

# ЛОГИСТИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ

И. Ф. Жуковская<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
(Владимир, Россия)

## АННОТАЦИЯ:

**Введение.** Четвертая промышленная революция привела к тому, что новые технологии Индустрии 4.0 оказали влияние не только на развитие реального сектора экономики, но и практически всех отраслей и секторов экономики, а также к преобразованию бизнес-моделей в цифровые бизнес-модели. Не миновало это и сферу логистики. Социально-экономическая и политическая нестабильность последних лет наглядно продемонстрировала необходимость внесения радикальных изменений в логистику с целью повышения производительности и эластичности.

**Материалы и методы.** В качестве методологической базы исследования применялись методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, причинно-следственных связей, сравнения, описания, логического мышления.

**Результаты.** В ходе проведенного исследования были выделены этапы развития логистики — от Логистики 1.0 до Логистики 4.0 и дана их характеристика. Установлено, что за последние десятилетия логистическая сфера развивалась под воздействием разнонаправленных факторов, а в период пандемии, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2 (Covid-19), ускорилось внедрение цифровых технологий и роботизация логистики на несколько лет вперед, в результате чего рождается Логистика 4.0. Также рассмотрены основные цифровые технологии и инновации, применяемые современными логистическими предприятиями.

**Обсуждение.** На основе проведенного анализа различных исследований была выявлена взаимосвязь между предыдущими промышленными революциями и связанными с ними изменениями в логистике, сделан вывод о том, что в современных условиях происходит ускорение внедрения технологий Индустрии 4.0 в логистику. Также дано определение Логистики 4.0, обладающее элементами новизны как клиентоориентированного бизнеса в цепочках создания стоимости, основанного на комплексном подходе к организации и управлению материальными и информационными потоками, обладающего цифровыми моделями, соответствующими научно-технологическим требованиям и положениям Индустрии 4.0. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего исследования Логистики 4.0 с точки зрения ее концептуализации и оценки ее эффективности в практической плоскости.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** логистика, эволюция логистики, Логистика 4.0, цифровые технологии и инновации, цепочка создания стоимости

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Жуковская И. Ф. Логистика в условиях цифровой трансформации экономики // Вопросы управления. 2024. Т. 18, № 5. С. 5-18. EDN: JDCZHY. DOI: 10.22394/2304-3369-2024-5-5-18.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Жуковская Ирина Феодосиевна** — кандидат экономических наук, доцент; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, д. 87) — *доцент кафедры коммерции и гостеприимства*; ateya33@mail.ru. SPIN-код: 7475-6829, ORCID: 0000-0002-2824-0247, Scopus: 57210602445, Researcher: AAG-1148-2019.

Статья поступила 21.03.2024; рецензия получена 25.05.2024; принята к публикации 25.06.2024.

## LOGISTICS IN THE CONTEXT OF DIGITAL ECONOMIC TRANSFORMATION

I. F. Zhuckovskaya<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs  
(Vladimir, Russia)

**ABSTRACT:**

**Introduction.** The Fourth Industrial Revolution has led to the significant influence of Industry 4.0 technologies not only on the development of the real sector of economy but also on nearly all industries and economic sectors, transforming traditional business models into digital ones. Logistics is not an exception from this transformation. Socio-economic and political instability of the recent years has revealed the urgent need for radical changes in logistics to enhance productivity and flexibility.

**Materials and methods.** The research methodology is grounded in the methods of analysis and synthesis, induction and deduction, cause-and-effect relationships, comparison, description, and logical reasoning.

**Results.** The research identified the stages of logistics development - from Logistics 1.0 to Logistics 4.0 and provided their characteristics. It has been found that in recent decades, the logistics sector has evolved under the influence of diverse factors, and during the SARS-CoV-2 (Covid-19) pandemic, the adoption of digital technologies and the automation of logistics accelerated by several years, giving rise to Logistics 4.0. The study also examined key digital technologies and innovations employed by modern logistics companies.

**Discussion.** Based on the analysis of various studies, a relationship between previous industrial revolutions and associated changes in logistics was identified. The research concludes that in the current environment, the adoption of Industry 4.0 technologies in logistics is accelerating. A definition of Logistics 4.0 is provided, introducing elements of novelty as a customer-oriented business within value chains, founded on a comprehensive approach to the organization and management of material and information flows, and featuring digital models that align with the scientific and technological requirements of Industry 4.0. The results obtained are of interest for further research into Logistics 4.0, regarding its conceptualization and evaluation of its practical effectiveness.

**KEYWORDS:** logistics, evolution of logistics, Logistics 4.0, digital technologies and innovations, value chains

**FOR CITATION:** Zhuckovskaya, I. F. (2024). Logistics in the context of digital economic transformation. *Management Issues*, 18(5), 5-18. <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2024-5-5-18>.

**AUTHORS' INFORMATION:**

**Irina F. Zhuckovskaya** — Candidate of Science (Economics), *Associate Professor*; Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs (87, Gorky st., Vladimir, 600000, Russia) — *Associate Professor Department of Commerce and Hospitality*; ateya33@mail.ru. SPIN: 7475-6829, ORCID: 0000-0002-2824-0247, Scopus: 57210602445, Researcher: AAG-1148-2019.

The article was submitted 21/03/2024; reviewed 25/05/2024; accepted for publication 25/06/2024.

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Четвертая промышленная революция, именуемая как Индустрия 4.0, подразумевает интенсивное применение решений, направленных на повышение уровня технико-технологического оснащения, потенциала инноваций и новых поколений цифровых технологий с целью улучшения экономических показателей и повышения конкурентоспособности бизнеса.

Цифровая трансформация производственных процессов, интенсивные технологические изменения, направленные на повышение эффективности и производительности, стали диктовать необходимость совершенствования системы глобальных цепочек поставок и глобальных цепочек добавленной стоимости.

Логистика представляет собой часть цепочек поставок, включающую в себя сложную сеть транспортировки, складирования, управления запасами и информационных систем, основная роль которой заключается в соединении производства, распределения и потребления с целью повышения эффективности и интенсивности обмена.

В условиях развития Индустрии 4.0 возросший спрос на индивидуальную продукцию, на более короткие сроки жизни товаров, лучший уровень обслуживания, укрупнение цепочек поставок, усложнение материальных и информационных потоков привели к тому, что сектор логистики был вынужден адаптироваться и использовать технологические достижения, разрабатываемые для промышленности, что привело к цифровой революции в практике обработки грузов и управления цепочками поставок.

Во время пандемии, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2 (Covid-19), когда правительствами большинства стран мира были введены жесткие ограничения на перемещения, цифровая трансформация ускорила. В этот период логистические компании поняли, что традиционно используемые методы и инструменты не могут обеспечить достаточную гибкость цепочек поставок согласно потребностям и требованиям рынка. Для улучшения результатов деятельности цепочек поставок, повышения удовлетворенности клиентов в своевременности, качестве и местах доставки логистический сектор стал еще более активно интегрировать технологии и принципы четвертой промышленной революции в бизнес-процессы.

Цель статьи – анализ эволюции логистики под влиянием промышленных революций,

тенденций ее цифровизации в настоящее время и переход к Логистике 4.0.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Развитие Индустрии 4.0 и цифровой трансформации предоставило новые возможности для различных секторов экономики и на различных этапах цепочки создания стоимости. Влияние современных технологий на экономику в целом, в том числе и на логистику, нашло отражение в работах многих исследователей. В частности, часть работ, опубликованных в допандемийный период, была посвящена анализу умных продуктов [1] или умному производству [2 и др.], глобальным цепочкам поставок в Индустрии 4.0 [3, 4 и др.], а также организационным факторам, способствующим использованию интеллектуальных цепочек поставок [5, 6, 7 и др.].

В этот период также появляются отдельные работы, отражающие формирование отдельных «умных» подсистем в логистике, соответствующих требованиям Индустрии 4.0. В частности, Фредерико и др. вводят термин «Цепочка поставок 4.0» [8] и выделяют следующие технологии в качестве технологического рычага Индустрии 4.0: «Интернет вещей (IoT), интеллектуальные продукты (SP), интеллектуальные машины (SM), кибербезопасность и блокчейн (CSB), искусственный интеллект (AI), анализ больших данных (BDA), облачные технологии (CT), межмашинная связь (M2M), радиочастотная идентификация (RFID), сенсорные технологии (ST), цифровизация (Dt), робототехника (Rb), омниканальность (OC), системы оптимизации (OS), бизнес-аналитика (BI), 3D-печать, мобильные приложения (MA), планирование ресурсов предприятия (ERP), дополненная реальность (AR) и нанотехнологии (Nt). Впоследствии они были дополнены и другими технологиями: Интернет услуг (IoS), киберфизические системы (CPS), общение человека с человеком (H2H) и человека с машиной (H2M) через Интернет, интегрированное управление взаимоотношениями с клиентами (ICRM) – CRM и социальные сети (SocM), аддитивное производство (AM), виртуальная реальность (VR), технология визуализации (VT) в сочетании с 3D-печатью (3-DP)» [9].

Часть исследователей указывают на большой потенциал отдельных цифровых технологий и их положительное влияние на повышение эффективности принятия решений [10] и устойчивость логистического бизнеса [11],

управления цепочками поставок [12], их прозрачность [13] и необходимость формирования единой цифровой экосистемы [14].

К сожалению, в отечественной литературе проблемы цифровизации логистики в целом пока не рассматриваются, большая часть работ посвящена проблемам цифровизации цепочек поставок и транспортной логистике [например, 15, 16, 17, 18, 19, 20 и др.].

Ускорение цифровизации в период пандемии привело к революционным преобразованиям в сфере логистики и к появлению терминов Логистика 4.0 [21, 22, 23] и интралогистика [24, 25]. Однако большая часть работ пока представляет собой обзор исследований и публикаций, в которых так или иначе упоминается взаимосвязь логистики и технологий Индустрии 4.0, а также упоминается термин Логистика 4.0. Однако четкого определения Логистики 4.0 пока не дано.

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 1. Эволюция логистики

Для того, чтобы понять, что собой представляют сегодня революционные преобразования в сфере логистики, рассмотрим предшествующие этапы ее развития.

История логистики уходит своими корнями в далекое прошлое, когда она развивалась как военная дисциплина по организации работы тыловых подразделений с целью обеспечения войск всем необходимым.

Первый прорыв в экономике начался в середине XVIII века. Он был связан с первой промышленной революцией – переходом от ручного производства к машинному на фабриках, массовому производству изделий на паровом оборудовании.

Во время второй промышленной революции, получившей название «технологическая», стало развиваться массовое производство недорогих продуктов в огромных масштабах [26]. Внедрение электричества в качестве источника энергии, изобретение телеграфа и расширение железных дорог способствовали сокращению времени, необходимого для по-

ездок, транспортировки товаров и передачи информации.

Однако вплоть до середины XX века логистика широко применялась только в военной сфере и сместилась в сторону предпринимательской деятельности только в 1960-е гг.

В 1964 г. логистика впервые была представлена как бизнес-процесс и получила название бизнес-логистики, которая рассматривала вопросы оптимизации транспортировки и перемещения грузов (товаров). Таким образом, Логистика 1.0 занималась оптимизацией трех «Р»<sup>1</sup>:

– Place – местоположение и пункт назначения – создание ценности для покупателя путем перемещения товаров между местами, которые принесут наибольшую пользу покупателям;

– Period and Pace – период и темп – создание ценности для клиентов путем сосредоточения внимания на времени, управление запасами наряду с потоком товаров;

– Pattern – форма заказа (шаблон) – создание ценности посредством заказа с упором на желаемую форму товара.

К концу 1960-х гг. Индустрия 2.0 осознала важность массового производства, что потребовало введения автоматизации процессов обработки грузов и погрузо-разгрузочных работ и обозначило переход к Логистике 2.0.

В 1980-е гг. компании начали тесно сотрудничать друг с другом в области управления и координации материальных потоков как внутри своих организаций, так и за их пределами, появляется термин «Управление цепочками поставок», которое «включает в себя планирование и управление всеми видами деятельности, связанными с поиском поставщиков и закупками, конверсией и всеми видами деятельности по управлению логистикой. Важно отметить, что это также включает координацию и сотрудничество с партнерами по каналам сбыта, которыми могут быть поставщики, посредники, сторонние поставщики услуг и заказчики. По сути, управление цепочками поставок объединяет управление спросом внутри компаний и между ними»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Sheffi Y., Klaus P. (1997) Logistics at large: jumping the barriers of the logistics function. In Proceedings of the Twenty-sixth Annual Transportation and Logistics Educators Conference, no. October, 1-21. URL: [https://www.researchgate.net/publication/266603079\\_Logistics\\_at\\_Large\\_Jumping\\_the\\_Barriers\\_of\\_the\\_Logistics\\_Function](https://www.researchgate.net/publication/266603079_Logistics_at_Large_Jumping_the_Barriers_of_the_Logistics_Function).

<sup>2</sup> Council of Supply Chain Management Professionals. CSCMP. Supply Chain Management Definitions and Glossary. URL: [https://cscmp.org/CSCMP/Academia\\_and\\_Awards/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](https://cscmp.org/CSCMP/Academia_and_Awards/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921) (дата обращения: 20.02.2024).

Шеффи и Клаус определили управление цепочками поставок как логистику четырех «Р», добавив к трем предыдущим координацию процессов или управление партнерствами – Process Coordination or Partnerships management.

Третья промышленная революция ознаменовала переход к Индустрии 3.0 – от механических и аналоговых технологий к цифровой электронике (широкое распространение вычислительной техники, проникновение Интернета во все сферы жизнедеятельности, массовое применение персональных портативных коммуникационных устройств и т. д.).

Начиная с 1990-х гг. логистика проникла во все отрасли экономики. Этот этап характеризуется внедрением автоматизированных складских комплексов, активизацией кон-

тейнерных перевозок грузов, применением в логистических системах единых стандартов тары и упаковки. Происходит объединение функций предприятий-производителей и их партнеров в логистическую цепь: закупка – производство – продажа, а появление программного обеспечения в виде разнообразных систем управления логистикой ознаменовало в XXI в. переход к Логистике 3.0 и введение пятой «Р» – «пластичность» или «гибкость» («pliancy» or «agility»). Кроме того, в мире постепенно растет объем логистических услуг, передаваемых на аутсорсинг 3 PL-провайдером.

Таким образом, сравнивая трансформацию экономики и логистики, можно сделать вывод о том, что сфера логистики эволюционировала не одновременно с промышленными революциями, а после них (табл. 1).

**Таблица 1** – Временные шкалы промышленных революций и логистики

**Table 1** – Timelines of industrial revolutions and logistics

| Индустрия 1.0                    | Индустрия 2.0                        | Индустрия 3.0                    | Индустрия 4.0          |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| с XVIII в. – 1-я половина XIX в. | 2-я половина XIX в. – середина XX в. | с 1960-х гг. – начало 2000-х гг. | с 2010-х гг. (2016 г.) |
| Логистика 1.0                    | Логистика 2.0                        | Логистика 3.0                    | Логистика 4.0          |
| 1960–1970-е гг. (1964 г.)        | 1980-е гг.                           | 1993–1997 гг.                    | с 2020-х г.            |

Источник: составлено автором

Концепция четвертой промышленной революции была изложена Клаусом Швабом в его одноименной книге 2016 г.<sup>3</sup> Индустрия 4.0 предполагает массовое внедрение киберфизических систем (CPS), существующих как в физическом, так и в киберпространстве в производство и обслуживание человеческих потребностей. Это предполагает трансформацию всех активов предприятия в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости: от разработки продуктов, закупок, производства, сбыта (продаж) до логистики и обслуживания.

По оценкам экспертов, объем мирового рынка логистики в 2023 г. составил 9,66 трлн долл. США и к 2028 г. достиг-

нет 13,77 трлн долл. США, увеличившись в среднем на 6,23 %<sup>4</sup>.

По своей структуре логистический сектор включает в себя четыре основных сегмента: транспортные перевозки (наземного, водного и воздушного транспорта) и экспедирование, услуги складирования, управления запасами, администрирование и поставки. На большую долю на рынке традиционно занимают транспортно-экспедиторские услуги (55 %) и услуги складирования (25,6 %). Растет и сектор сторонней логистики – логистический аутсорсинг.

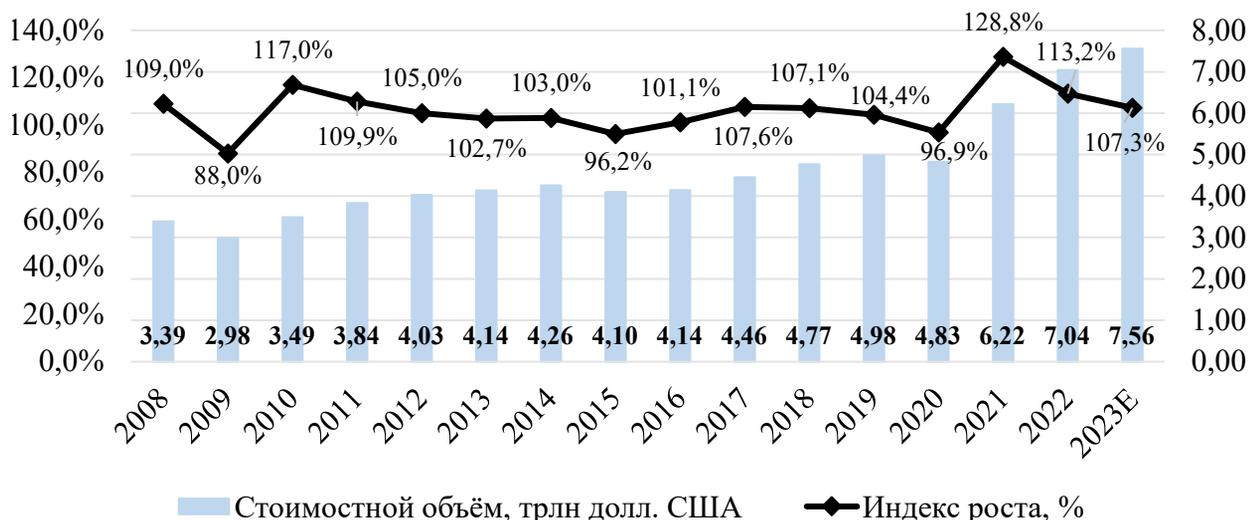
Однако на протяжении последних 15 лет современная экономическая система в целом и международная логистика в частности развивалась не только под воздействи-

<sup>3</sup> Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016. Geneva. Switzerland. 172 p. URL: [https://law.unimelb.edu.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/3385454/Schwab-The\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution\\_Klaus\\_S.pdf](https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf) (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>4</sup> Global Logistics Market Report and Forecast 2024-2032. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5775157/global-logistics-market-report-forecast> (дата обращения: 10.03.2024).

ем смены технологических укладов, но и разнонаправленных трендов, участвовавших катаклизмов и кризисных явлений, что привело к нарастанию неустойчивости

и неопределенности, смене роста и падений. Особенно это заметно на колебаниях, происходящих на рынке транспортно-логистических услуг (ТЛУ) (рис. 1).



Источник: М. А. Research<sup>5</sup>

**Рис. 1.** Динамика объемов мирового рынка ТЛУ (трлн долл. США) и темпов его роста (% к предыдущему году)

**Fig. 1.** Dynamics of the volume of the global TLS market (trillion US dollars) and its growth rate (% compared to the previous year)

В начале XXI в. значительный рост товарооборота способствовал развитию и рынка транспортно-логистических услуг. На фоне глобального экономического кризиса (2009 г.), падения объемов производства, сокращения глобального экспорта и импорта произошло снижение спроса на логистические услуги. Восстановительный период, начавшийся в конце 2009 г., привел к росту поставок и оживлению рынка ТЛУ. Однако масштабные санкции, введенные против России странами ЕС и США в 2014 г., а также значительное снижение цен на мировом топливно-сырьевом рынке вызвали кризисные явления в глобальной экономике, в том числе и в логистическом секторе. Восстановительный период, начавшийся в 2016 г., был остановлен кризисом, вызванным новой коронавирусной инфекцией.

В первые месяцы пандемии в цепочках поставок происходили отдельные сбои (особенно при транспортировке медицинских препаратов и средств индивидуальной защиты). Однако крупные логистические цепочки оказались более устойчивыми в кризисной ситуации, что позволило им сыграть значительную роль в восстановлении экономики. Это касается, например, торговли деталями для производства легковых автомобилей, где сокращение объемов было значительно меньшим по сравнению с торговлей самими легковыми автомобилями.

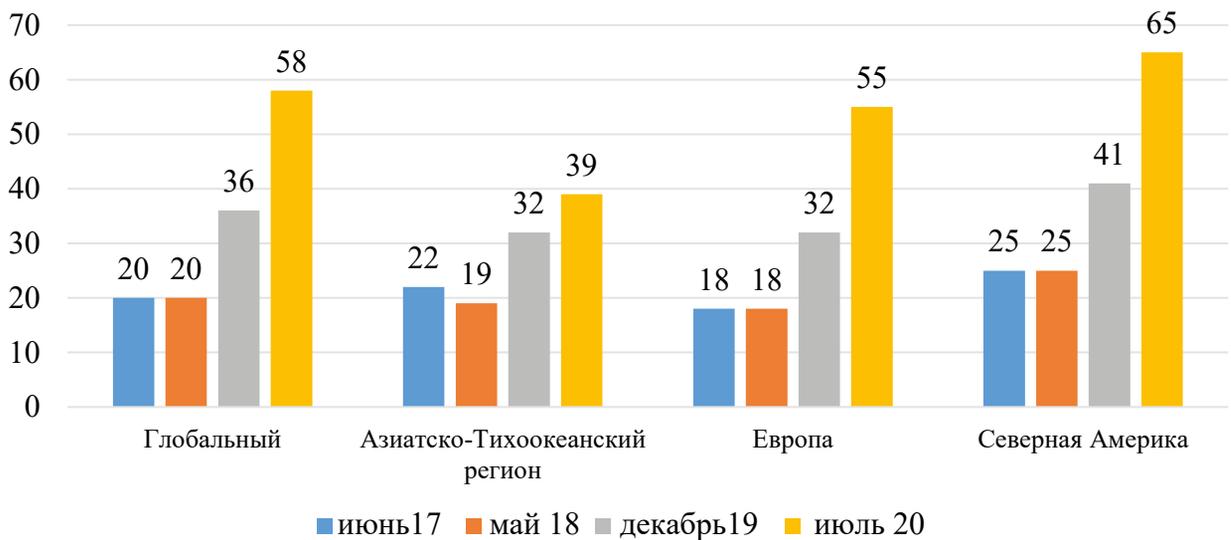
Локдауны, переход на самоизоляцию и перевод работников многих компаний на удаленную работу во время пандемии обусловили расширение онлайн-операций на B2B, B2C и D2C рынках, что привело к росту спроса на услуги логистического

<sup>5</sup> Рынок логистического аутсорсинга: итоги 2022 г., оценка 2023 г. и прогноз до 2026 г. URL: <https://ma-research.ru/research/item/395-rynok-logisticheskogo-aoutsorsinga-itogi-2022-g-otsenka-2023-g-i-prognoz-do-2026-g.html> (дата обращения: 10.03.2024).

аутсорсинга. Рост объемов операций в онлайн-секторе потребовал от бизнеса расширить внедрение цифровых технологий, что привело к качественной трансформации не только на микро-, но и мезоуровнях.

До пандемии логистика внедряла цифровые инновации гораздо медленнее, чем другие отрасли, о чем было отмечено на Всемирном экономическом форуме<sup>6</sup>. Однако пандемия ускорила эти процессы. Так, например, результаты опроса компаний,

проведенного McKinsey в 2020 г., показали, что внедрение инноваций и цифровых технологий в период пандемии по своим показателям «на годы опережают показатели, которые были на момент проведения предыдущих опросов, и даже больше в развитой Азии, чем в других регионах (рис. 2). Сейчас респонденты в три раза чаще, чем до кризиса, говорят, что по крайней мере 80 процентов их взаимодействий с клиентами носят цифровой характер»<sup>7</sup>.



Источник: McKinsey

**Рис. 2.** Средняя доля взаимодействия с клиентами в цифровом формате (%)

**Fig. 2.** Average share of customer interactions that are digital (%)

Логистическая отрасль начала оправляться от экстремальных последствий пандемии, вызванной коронавирусом Covid-19 в 2021 г. Однако в 2022 г. ей пришлось столкнуться с новыми проблемами, вызванными санкциями, введенными со стороны стран коллективного Запада в отношении России и конксанциями – резким ростом цен на сырьевые товары и другие энергоносители, рекордно высокой для многих стран инфляцией, а также колебаниями спроса (частично вызванными низкими потребительскими расходами). Возникли сложности и при перевозке грузов практи-

чески всеми видами транспорта – удлинение маршрутов, рост тарифов и страховых взносов. По мнению The Logistics World<sup>8</sup> в мировой экономике, в том числе и логистике, со второй половины 2022 г. возникли четыре существенные проблемы – рост издержек, сбои в цепочках поставок, нехватка рабочей силы, высокий уровень конкуренции.

Кроме того, согласно опросу, проведенному Oxford Business среди руководителей 127 предприятий, геополитические риски, связанные с военными конфликтами на Украине и Ближнем Востоке, а также угрозы развязы-

<sup>6</sup> World Economic Forum 2016. Digital Transformation of Industries: Logistics Industry. URL: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-logistics-industry-white-paper.pdf>.

<sup>7</sup> McKinsey & Company. How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>8</sup> The Logistics World. URL: <https://thelwi.com/> (дата обращения: 20.02.2024).

вания войн с Южной Кореей, Россией, Китаем, Тайванем, негативно повлияют на бизнес-операции и цепочки поставок. Так думают 36 % опрошенных<sup>9</sup>.

Рост издержек и рисков привел к тому, что логистический сектор стал перестраиваться и еще более активно внедрять цифровые технологии. Согласно опросу McKinsey, 90 % опрошенных руководителей предприятий цепочек поставок с 2021 г. инвестировали в цифровые технологии управления цепочками поставок, а 80 % намерены продолжить инвестировать и в дальнейшем для поддержки эффективности<sup>10</sup>. А Gartner также выявила, что 83 % компаний придают первостепенное значение удовлетворенности клиентов путем улучшения обслуживания клиентов в рамках своей тактики управления цифровыми цепочками поставок. Растет и роботизация складов. Согласно выводам Gitnux, объем мирового рынка автоматизации складов приблизится к 30 млрд долл. США благодаря оптимальной поддержке быстрого производства<sup>11</sup>.

Таким образом, благодаря интенсивному использованию цифровых технологий и инноваций Индустрии 4.0 осуществляется переход от Логистики 3.0 к Логистике 4.0 гораздо быстрее, чем ранее.

## 2. Применение технологических новаций в логистике: переход к Логистике 4.0

Большинство технологий Индустрии 4.0 используются в сфере логистики, ключевыми из которых являются Интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные и др. Рассмотрим некоторые из них.

Применение технологий Интернета вещей в логистике способствует повышению эффективности, прозрачности и видимости товаров в режиме реального времени на всех этапах цепочки поставок, эффективности управления запасами. Например, это облегчает мониторинг температуры и влажности для чувствительных грузов, обеспечивая ка-

чество продукции и соответствие нормативным стандартам во время транспортировки. По оценкам экспертов, технологии Интернета вещей являются самыми распространенными (17 %), особенно в деятельности как давно функционирующих предприятий, так и среди Startup-компаний<sup>12</sup>.

Искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения позволяют логистическим компаниям реагировать на изменения спроса, осуществлять прогнозирование и планирование в цепочках поставок, сокращать потери запасов, оптимизировать маршруты и осуществлять консолидацию грузов. Чат-боты и виртуальные помощники, управляемые искусственным интеллектом, улучшают обслуживание клиентов и оптимизируют коммуникацию в цепочке поставок. Кроме того, системы оценки рисков на основе искусственного интеллекта и обнаружения мошенничества повышают безопасность в логистических операциях, сокращая финансовые потери.



Источник: составлено автором по данным StartUs<sup>13</sup>

**Рис. 3.** Лучшие инновации и тенденции в логистической отрасли (%)

**Fig. 3.** The best innovations and trends in the logistics industry (%)

<sup>9</sup> Logistics Statistics 2024 — 21 Key Figures. URL: <https://procurementtactics.com/logistics-statistics/> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>10</sup> McKinsey & Company. The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>11</sup> Logistics Statistics 2024 — 21 Key Figures. URL: <https://procurementtactics.com/logistics-statistics/> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>12</sup> Explore the Top 10 Logistics Trends in 2024. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-logistics-industry-trends-innovations-in-2021/> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>13</sup> Explore the Top 10 Logistics Trends in 2024. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-logistics-industry-trends-innovations-in-2021/> (дата обращения: 20.02.2024).

Использование робототехники в логистике способствует повышению производительности, скорости и точности осуществления процессов в цепочках создания стоимости. Так, например, для сбора заказов и транспортировки товаров на складах используются физические роботы. Это могут быть как роботы, применяемые для совместной работы (cobot), так и автономные мобильные роботы (AMR). Программные роботы применяются для выполнения рутинных операций. Роботы и дроны на базе искусственного интеллекта используются для выполнения таких задач, как подсчет запасов и доставка «последней мили», повышая эффективность и снижая трудозатраты. Однако роботы полностью не заменяют людей, а скорее сотрудничают с ними, повышая эффективность деятельности предприятия.

Автоматизированные складские технологии включают автоматизированные управляемые транспортные средства (AGV), роботизированные системы комплектации, автоматизированные системы хранения и поиска (ASR) и сборку на месте. За счет сокращения количества ошибок и повышения производительности автоматизация склада гарантирует, что продукты точно подобраны, упакованы и готовы к транспортировке. В конечном итоге автоматизация склада становится неотъемлемой частью более широкой логистической экосистемы.

Децентрализованная система учета на блокчейне обеспечивает целостность и неизменяемость записей транзакций. Это удовлетворяет потребность в надежной документации, защищенной от несанкционированного доступа, в сложной логистической цепочке поставок, повышая безопасность, прозрачность и эффективность. Благодаря блокчейну заинтересованные стороны в логистических операциях получают доступ к точной информации о движении и статусе товаров в режиме реального времени. Смарт-контракты (ключевая функция блокчейна) автоматизируют и оптимизируют различные аспекты логистики, включая таможенное оформление и обработку платежей, позволяют ускорить согласование и сократить время обработки на контрольно-пропускных пунктах, ускоряя всю цепочку поставок.

Применение технологий (BDA) для обработки больших данных и аналитики расширяет возможности для принятия обоснован-

ных стратегических решений и оптимизации процессов, позволяет оптимизировать отношения с поставщиками, корректировать ценовые стратегии, более эффективно управлять запасами и др. Логистические компании используют большие данные для мониторинга местоположения и погодных условий в режиме реального времени. Это позволяет им вносить динамичные корректировки в маршруты и улучшать планирование доставки, что сокращает время транспортировки и расход топлива. Кроме того, BDA позволяет создавать комплексные отчеты по управлению рисками, а также выявлять аномалии и тенденции, позволяет предприятиям активно устранять потенциальные сбои и уязвимости в цепочках поставок.

Облачные технологии позволяют оптимизировать управление логистикой на макроуровне. Многие логистические компании внедряют облачные платформы для совместной работы с партнерами, тем самым снижая потребность в значительных капиталовложениях в ИТ-инфраструктуру. Команды по всей цепочке поставок легко обмениваются данными и информацией, улучшая координацию и оперативность реагирования за счет обеспечения централизованной коммуникации. Кроме того, облачная интеграция облегчает сбор данных из различных систем управления для анализа и оптимизации общих процессов. Этот подход сводит к минимуму финансовые риски, позволяет компаниям более эффективно распределять ресурсы, приводит к более эффективному принятию решений, повышению эффективности и улучшению обслуживания клиентов.

Автономные транспортные средства – новый тренд в логистике. Они позволяют обеспечить быстроту и гибкость поставок, особенно в городских агломерациях. Используются и на дальнемагистральных маршрутах. Они находят применение как в операциях доставки «первая миля», так и «последняя миля». Более того, автономные транспортные средства используют технологии, основанные на искусственном интеллекте, для оптимизации маршрутов, избежания пробок и выбора наиболее эффективных маршрутов для снижения расхода топлива.

Таким образом, внедрение цифровых технологий повышает не только эффективность логистики, но и ее эластичность. Эластичная

логистика позволяет предприятиям быстро реагировать на изменения спроса. В пиковые сезоны компании могут наращивать свои производственные, транспортные, складские мощности для удовлетворения растущих потребностей клиентов и заказов, а при снижении спроса – сокращать масштабы во избежание ненужных затрат. Эластичная логистика позволяет решать и проблемы затоваривания на складах, снижать транспортные расходы и риск морального износа активов.

Однако, несмотря на ускоренное внедрение цифровых технологий (72 % взаимодействий организаций с клиентами в настоящее время являются цифровыми), бизнес сталкивается с определенными проблемами, так как не может полностью обеспечить подключенного взаимодействия с пользователями. Причины: существование множества устаревших кодов и систем, разрозненных данных и нехватка квалифицированных кадров. По оценкам экспертов MuleSoft, проводивших опрос, стоимость отключенного взаимодействия означает, что компании могут потерять в среднем 7 млн долл. США, не сумев завершить инициативы по цифровой трансформации<sup>14</sup>. Кроме того, у более половины компаний отсутствует управление рисками, связанными с внедрением генеративного искусственного интеллекта<sup>15</sup>. Существуют и проблемы неравенства во внедрении современных технологий Логистики 4.0 среди различных стран.

Что касается логистической отрасли России, то можно сказать, что развитие цифровых технологий, как и во всем мире, здесь активно продолжается. Это позволяет компаниям оптимизировать цепочки поставок и повышать эффективность своих операций. Особенное внимание уделяется внедрению систем управления складом (WMS – Warehouse Management System) и транспортировкой (TMS – Transportation Management System). Однако проблемы российской логистики состоят в том, что в связи с введенными санкциями она вынуждена была перейти на импортоза-

мещение иностранного программного обеспечения. По итогам 2022 г. объем рынка систем управления складом увеличился на 25 % (по сравнению с 2021 г.) и достиг 3,1 млрд руб., а в 2023 г. – 3,7 млрд руб. Крупнейшими поставщиками систем управления складом стали такие российские компании, как Axelot, ЕМЕ и Solvo<sup>16</sup>.

Также осуществляется и переход на электронный документооборот. Лидером рейтинга крупнейших поставщиков этих систем в 2022 г. стала компания «Синтеллект». Делается акцент и на развитие умного спутникового мониторинга, электронных платформ для взаимодействия поставщиков и перевозчиков<sup>17</sup>, которые также повышают конкурентоспособность отдельных грузоотправителей, логистических операторов и в целом способствуют развитию всей логистической отрасли в России.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Появление новых технологий в процессе развития общественного производства привело к тому, что логистика была вынуждена реагировать на новые потребности рынка и адаптировать свою деятельность. Происходило это в четыре этапа: Логистика 1.0 была ориентирована на механизацию перевозок, Логистика 2.0 – на автоматизацию грузовых систем, Логистика 3.0. – на использование информационных систем, Логистика 4.0 – на автоматизацию материальных и информационных потоков. И если на трех этапах логистика эволюционировала после промышленных революций, то на нынешнем – четвертом этапе – практически одновременно с ней.

У части исследователей Логистика 4.0 определяется как сочетание традиционной логистической деятельности с инновациями и технологиями Индустрии 4.0 (главным образом киберфизических систем) [10 и др.].

Другие исследователи описывают Логистику 4.0 как объединение Интернета вещей, информационных технологий и роботов с логистической деятельностью, которые улучша-

<sup>14</sup> 70 % of customer interactions are now digital and most companies are not ready. URL: <https://www.zdnet.com/article/70-percent-of-customer-interactions-are-now-digital-and-most-companies-are-not-ready/> (дата обращения: 29.02.2024).

<sup>15</sup> McKinsey & Company. The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year> (дата обращения: 20.02.2024).

<sup>16</sup> Российский рынок систем управления складом (WMS). 2023. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Аналитика\\_TAdviser](https://www.tadviser.ru/index.php/Аналитика_TAdviser)

<sup>17</sup> Результаты исследования применения на практике электронных платформ предприятием среднего бизнеса отражены в статье: Жуковская И. Ф., Тобиен М. А. Совершенствование системы перемещения грузов: необходимость дальнейшей цифровизации // Проблемы теории и практики управления. 2022. № 3. С. 52-71.

ют материальный и информационный потоки между участниками, создавая стоимость на каждом этапе [21, 23 и др.]

Малагон-Суарес К. и Орхуэла-Кастро Х. определяют Логистику 4.0 как «управление потоками материалов и информации по цепочке поставок от точки добычи до конца жизненного цикла продукта и его окончательной утилизации, что включает в себя создание стоимости в каждом звене цепочки поставок, путем реализации инновации и технологии Индустрии 4.0» [27].

Однако данные определения не учитывают особенностей, складывающихся на мировом рынке логистических услуг. Меняющаяся геополитическая ситуация, формирование многополярного мира, изменение логистических маршрутов, расширение и формирование некоторыми странами (в том числе и Россией) собственного флота для контейнерных и танкерных перевозок, рост спроса на услуги логистических провайдеров (за последние пять лет доля 3PL-услуг на мировом рынке ТЛУ выросла до 20 %, а в России – до 7 %) способствовали росту уровня конкуренции на рынке логистических услуг, что обуславливает необходимость повышения клиентоориентированности в логистическом бизнесе, а также дальнейшего внедрения технологий Индустрии 4.0.

Исходя из вышеизложенного дадим определение Логистики 4.0: «Логистика 4.0 представляет собой клиентоориентированный бизнес в цепочках создания стоимости, основанный на комплексном подходе к организации и управлению материальными и информационными потоками, и обладающий цифровыми моделями, соответствующими научно-технологическим требованиям и положениям Индустрии 4.0».

Особенностями Логистики 4.0 являются:

- оцифровка всех: клиентов, поставщиков и других партнеров, бизнес-процессов, продукции, услуг;
- формирование новых бизнес-моделей, ориентированных на всю цепочку создания стоимости;
- построение цифровой экосистемы вокруг компании;
- превращение цепочек поставок в цепочки создания стоимости;
- омниканальность взаимодействия с клиентами и партнерами;
- клиентоориентированность;
- гибкость и эластичность и др.

Следует отметить, что формирование новых бизнес-моделей в условиях продолжающейся цифровой трансформации обязывает 3PL и 4PL провайдеров сместить фокус с традиционных бизнес-моделей управления на бизнес-модели, ориентированные на всю цепочку создания стоимости, и позволит осуществить переход к уровню 5PL.

Таким образом, в условиях интенсивной цифровизации, применения современных технологий, а также постоянных инноваций происходит дальнейшее развитие всей логистической системы и ее отдельных элементов. Проведенный в ходе нашего исследования анализ показал, что смена технологических укладов способствует эволюции логистики, а внедрение инноваций и технологий Индустрии 4.0 обусловили зарождение новой эпохи в логистике – Логистики 4.0. Кроме того, можно констатировать, что способность к инновациям и доступность новейших технологий вносят прямой вклад в развитие общих и отдельных элементов логистической системы, налицо ее гибкость и эластичность.

Проведенное теоретическое исследование позволило нам сформулировать определение Логистики 4.0, обладающее новизной, в котором основное внимание уделено переходу от оптимизации цепочек поставок, поддержания гибкости потоков к цепочкам создания стоимости и клиентоориентированности. Такой переход, на наш взгляд, позволит компаниям эффективно позиционировать себя внутри цепочек создания стоимости путем анализа компетенций всех организаций, входящих в данную цепочку, а также потребностей клиентов.

В заключение отметим, что внедрение современных технологий в логистические системы осуществлено не всеми компаниями на уровне Логистики 4.0. Хуже всего ситуация складывается в развивающихся странах, где компании сталкиваются с различными барьерами в доступе к технологиям и образованию, что влияет на их конкурентные преимущества. Применение санкционного давления еще более усугубляет данную ситуацию на глобальном логистическом рынке. В этих условиях поддержка со стороны государства, вклад научных кругов и промышленности становится необходимым условием для принятия концепции и технологий Логистики 4.0. ●

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kahle, J. H., Marcon, É., Ghezzi, A., & Frank, A. G. (2020). Smart Products value creation in SMEs innovation ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change*, 156, 120024. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120024>.
2. Tabim, V. M., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2021). Implementing vertical integration in the industry 4.0 journey: Which factors influence the process of information systems adoption? *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10220-x>.
3. Han, L., Hou, H., Bi, Z. M., Yang, J., & Zheng, X. (2021). Functional requirements and supply chain digitalization in industry 4.0. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10173-1>.
4. Shao, X.-F., Liu, W., Li, Y., Chaudhry, H. R., & Yue, X.-G. (2021). Multistage implementation framework for smart supply chain management under industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120354. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120354>.
5. Gupta, S., Drave, V. A., Bag, S., & Luo, Z. (2019). Leveraging smart supply chain and information system agility for supply chain flexibility. *Information Systems Frontiers*, 21(3), 547-564. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09901-5>.
6. Yang, M., Fu, M., & Zhang, Z. (2021). The adoption of digital technologies in supply chains: Drivers, process and impact. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120795. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120795>.
7. Ali, S. B. (2022). Industrial Revolution 4.0 and Supply Chain Digitization. *South Asian Journal of Social Review*. 1(1), 21-41. <https://doi.org/10.57044/SAJSR.2022.1.1.2205>.
8. Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar, V. (2020). Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 262-282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>.
9. Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1923-1924. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085>.
10. Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>.
11. Abdul Rahman, N. S. F., Lirn, N. -C., Hamid, A. A., & AlKalbani, K. S. S. (2023). Logistics Business Sustainability Incorporating National Logistics Strategy and Industry Revolution 4.0. *Operations and Supply Chain Management*, 16 (3), 341-351. <https://doi.org/10.31387/oscm0540394>.
12. Белокрылов К. А. Цифровизация управления цепочками поставок // Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности. 2020. № 9. С. 90-94. EDN: CLJJNL.
13. Zhu, X. N., Peko, G., Sundaram, D., & Piramuthu, S. (2021). Blockchain-based agile supply chain framework with IoT. *Information Systems Frontiers*, 24, 563-578. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10114-y>.
14. Завгородний А. Ф., Горохов А. Д. Цифровая трансформация современных цепочек поставок и их переход к единой цифровой экосистеме // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 3-1 (85). С. 95-99. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-3-1-95-99. EDN: NEJFXJ.
15. Бахатов Р. М. Цифровизация отрасли транспорта и логистики в России на современном этапе // Russian Economic Bulletin. 2023. Т. 6, № 1. С. 271-275. EDN: VPFOOM.
16. Mochalov, A. I., Palagin, Yu. I., Ivanova, N. V., & Ruohomaa H. (2022). Logistic Digital Ecosystem of the Multimodal Freight Terminal Networks. *Intellectual Technologies on Transport*, 4 (32), 64-70. <https://doi.org/10.24412/2413-2527-2022-432-64-70>.
17. Дыбская В. В., Сергеев В. И., Сергеев И. В. Цифровая трансформация цепей поставок предприятий сетевой розницы // Логистика и управление цепями поставок. 2019. № 4. С. 3-16. EDN: SCSTMR.
18. Жуковская И. Ф., Тобиен М. А. Совершенствование системы перемещения грузов: необходимость дальнейшей цифровизации // Проблемы теории и практики управления. 2022. № 3. С. 52-71. EDN: FJCVHV.
19. Сергеев В. И., Дыбская В. В. Эволюция концепций контроля и мониторинга цифровых цепей поставок // Экономика железных дорог. 2023. № 8. С. 98-103. EDN: OKAAVU.
20. Тиверовский В. И. Складская логистика на пути цифровизации и автоматизации // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2022. № 10.

C. 41-46. DOI: [10.36535/0236-1914-2022-10-7](https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-10-7). EDN: OKNBYS.

21. Albrecht, T., Baier, M. S., Gimpel, H., Meierhöfer, S., Röglinger, M., Schlüchtermann, J., & Will, L. (2024). Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. *Information Systems Frontiers*, 26, 755–774. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10394-6>.

22. Benayoune, A., Hamid, A. A., Rahman, N. S. F. A., Kalbani, K.A., & Slimi, Z. (2021). Logistics 4.0 skills requirements: evidence from a developing country. *Canadian Journal of Business and Information Studies*, 4(2), 24-36. <https://doi.org/10.34104/cjbis.022.024036>.

23. Bugarčić, F. Ž., Mijušković, V. M., & Aćimović, S. (2024). Innovation and New Technologies as Determinants of Logistics 4.0. *Politička ekonomie*, 72(1), 102-121. <https://doi.org/10.18267/j.polek.1422>.

24. Taş, Ü. (2023). Case Study of Intralogistics in the Framework of Logistics 4.0. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 7 (1), 18-24. <https://doi.org/10.30939/ijastech..1215381>.

25. Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2022). Job satisfaction: An explorative study on work characteristics changes of employees in Intralogistics 4.0. *Journal of Business Logistics*, 43(3), 343-367. <https://doi.org/10.1111/jbl.12296>.

26. Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2017). Industry 4.0: A way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5, 311-320. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0204-7>.

27. Malagón-Suárez, C. P., & Orjuela-Castro, J. A. Challenges and Trends in Logistics 4.0. *Ingeniería*, 28 (Suppl), e18492. <https://doi.org/10.14483/23448393.18492>.

## REFERENCES

1. Kahle, J. H., Marcon, É., Ghezzi, A., & Frank, A. G. (2020). Smart Products value creation in SMEs innovation ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change*, 156, 120024. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120024>.

2. Tabim, V. M., Ayala, N. F., Frank, A. G. (2021). Implementing vertical integration in the industry 4.0 journey: Which factors influence the process of information systems adoption? *Information Systems Frontiers*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10220-x>.

3. Han, L., Hou, H., Bi, Z. M., Yang, J., & Zheng, X. (2021). Functional requirements and supply chain digitalization in industry 4.0. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10173-1>.

4. Shao, X.-F., Liu, W., Li, Y., Chaudhry, H. R., & Yue, X.-G. (2021). Multistage implementation framework for smart supply chain management under industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120354. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120354>.

5. Gupta, S., Drave, V. A., Bag, S., & Luo, Z. (2019). Leveraging smart supply chain and information system agility for supply chain flexibility. *Information Systems Frontiers*, 21(3), 547–564. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09901-5>.

6. Yang, M., Fu, M., & Zhang, Z. (2021). The adoption of digital technologies in supply chains:

Drivers, process and impact. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120795. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120795>.

7. Ali, S.B. (2022) Industrial Revolution 4.0 and Supply Chain Digitization. *South Asian Journal of Social Review*. 1(1), 21-41. <https://doi.org/10.57044/SAJSR.2022.1.1.2205>.

8. Frederico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar, V. (2020). Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 262-282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>.

9. Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 59(6), 1923-1924. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085>.

10. Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>.

11. Abdul Rahman, N. S. F., Lirn, N. -C., Hamid, A. A., & AlKalbani, K. S. S. (2023). Logistics Business Sustainability Incorporating National Logistics Strategy and Industry Revolution 4.0. *Operations and Supply Chain Management*, 16 (3), 341-351. <https://doi.org/10.31387/oscm0540394>.

12. Belokrylov, K. A. (2020). Digitalization of supply chain management. *Enterprise strategy in*

*the context of increasing its competitiveness*, 9, 90-94. <https://elibrary.ru/item.asp?id=43786692>.

13. Zhu, X. N., Peko, G., Sundaram, D., & Piramuthu, S. (2021). Blockchain-based agile supply chain framework with IoT. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10114-y>.

14. Zavgorodniy, A. F., & Gorokhov, A. D. (2022). Digital transformation of modern supply chains and their transition to a single digital ecosystem. *Economy and Business: Theory and Practice*, 3-1 (85), 95-99. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-3-1-95-99>.

15. Bakhatov, R. M. (2023). Digitalization of the transport and logistics industry in Russia at the present stage. *Russian Economic Bulletin*, 6 (1), 271-275. <https://elibrary.ru/item.asp?id=50256163>.

16. Mochalov, A. I., Palagin, Yu. I., Ivanova, N. V., & Ruohomaa, H. (2022). Logistic Digital Ecosystem of the Multimodal Freight Terminal Networks. *Intellectual Technologies on Transport*, 4 (32), 64-70. <https://doi.org/10.24412/2413-2527-2022-432-64-70>.

17. Dybskaya, V. V., Sergeev, V. I., & Sergeev, I. V. (2019). Digital transformation of retail supply chains. *Logistics and supply chain management*, (4), 3-16. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41582808>.

18. Zhuckovskaya, I. F., & Tobien, M. A. (2022). Improving the cargo movement system: the need for further digitalization. *Problems of management theory and practice*, (3), 52-71. <https://elibrary.ru/item.asp?id=48677067>.

19. Sergeev, V. I., Dybskaya, V. V. (2023). The evolution of the concepts digital supply chain control and monitoring. *The Railway Economics*, (8), 98-103. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54365166>.

20. Tiverovsky, V. I. (2022). Warehouse logistics on the way to digitalization and automation.

*Transport: science, equipment, management. Scientific information collection*, (10), 41-46. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49843651>.

21. Albrecht, T., Baier, M. S., Gimpel, H., Meierhöfer, S., Röglinger, M., Schlüchtermann, J., & Will, L. (2024). Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. *Information Systems Frontiers*, 26, 755-774. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10394-6>.

22. Benayoune, A., Hamid, A. A., Rahman, N. S. F. A., Kalbani, K. A., & Slimi, Z. (2021). Logistics 4.0 skills requirements: evidence from a developing country. *Canadian Journal of Business and Information Studies*, 4(2), 24-36. <https://doi.org/10.34104/cjbis.022.024036>.

23. Bugarčić, F. Ž., Mijušković, V. M., & Aćimović, S. (2024). Innovation and New Technologies as Determinants of Logistics 4.0. *Politická ekonomie*, 72(1), 102-121. <https://doi.org/10.18267/j.polek.1422>.

24. Taş, Ü. (2023). Case Study of Intralogistics in the Framework of Logistics 4.0. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 7 (1), 18-24. <https://doi.org/10.30939/ijastech..1215381>.

25. Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2022). Job satisfaction: An explorative study on work characteristics changes of employees in Intralogistics 4.0. *Journal of Business Logistics*, 43(3), 343-367. <https://doi.org/10.1111/jbl.12296>.

26. Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2017). Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5, 311-320. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0204-7>.

27. Malagón-Suárez, C. P., & Orjuela-Castro, J. A. Challenges and Trends in Logistics 4.0. *Ingeniería*, 28 (Suppl), e18492. <https://doi.org/10.14483/23448393.18492>.