

Научная статья

<https://doi.org/10.21202/2782-2923.2023.3.532-547>

УДК 004:330.34:338.2:338.45

JEL: L16, L6, L86, O1, O14, O25

Н. С. Селиверстова<sup>1</sup>,

О. Н. Шкутько<sup>2</sup>,

О. В. Григорьева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup> Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова, г. Казань, Россия

## Структурные изменения среднетехнологичных отраслей экономики в условиях цифровой трансформации промышленности

Контактное лицо:

**Селиверстова Наталья Сергеевна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической теории и эконометрики, Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: nat-grig17@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5146-2502>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/F-9231-2015>

eLIBRARY ID: SPIN-code: 1416-3100, Author ID: 688895

**Шкутько Оксана Николаевна**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры мировой экономики, декан факультета международных экономических отношений, Белорусский государственный экономический университет

E-mail: Oksana.Shkutko@inbox.ru

eLIBRARY ID: SPIN-code: 6438-8326, Author ID: 778104

**Григорьева Ольга Витальевна**, кандидат биологических наук, доцент, декан факультета психологии и педагогики, Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова

E-mail: g-pf@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2412-9314>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/U-4219-2017>

eLIBRARY ID: SPIN-код: 6930-2509, Author ID: 303577

### Аннотация

**Цель:** описание некоторых структурных изменений в промышленности под влиянием цифровизации.

**Методы:** общенаучные, абстрактно-логический, диалектический, феноменологический методы, наблюдение, описание.

**Результаты:** показана общая статистическая характеристика цифровизации в обрабатывающей промышленности на базе мета-анализа НИУ ВШЭ и анализа данных Росстата; выявлены два направления структурных изменений в промышленности под влиянием цифровизации: рост цифровой зрелости и объемов использования отечественных решений в сфере программного обеспечения и информационно-телекоммуникационных технологий в целом, включая соответствующее оборудование; цифровизация коммуникационных процессов в сфере устойчивого развития. Выделены две технологические особенности цифровизации промышленности, а именно: платформенный характер и использование отечественных технологических решений для дальнейшей цифровизации промышленности.

**Научная новизна:** предложено рассматривать показатели цифровой зрелости в качестве интегрального индикатора развития однородной группы экономических агентов; показаны два направления структурных изменений в промышленном секторе среди отраслей средней степени технологичности: во-первых, рост цифровой зрелости и объемов использования отечественных решений в сфере программного обеспечения и информационно-телекоммуникационных технологий оборудования; во-вторых, цифровизация коммуникационных процессов в сфере устойчивого развития.

© Селиверстова Н. С., Шкутько О. Н., Григорьева О. В., 2023

**Практическая значимость:** подобное уточнение взаимосвязей между процессами цифровизации и развитием промышленности позволит не только более структурированно подойти к разработке программ исследований промышленной политики для среднетехнологичных отраслей промышленности, но и создаст основу для углубления имеющихся знаний в этой сфере (что может использоваться как в самих промышленных компаниях, так и в региональных, федеральных, межгосударственных проектах по цифровой трансформации).

### Ключевые слова

Региональная и отраслевая экономика, промышленность, цифровизация, цифровая экономика, цифровая зрелость, ИКТ, структурный сдвиг, устойчивое развитие

Статья находится в открытом доступе в соответствии с Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), предусматривающем некоммерческое использование, распространение и воспроизводство на любом носителе при условии упоминания оригинала статьи.

**Как цитировать статью:** Селиверстова, Н. С., Шкутько, О. Н., Григорьева, О. В. (2023). Структурные изменения среднетехнологичных отраслей экономики в условиях цифровой трансформации промышленности. *Russian Journal of Economics and Law*, 17(3), 532–547. <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2023.3.532-547>

### Scientific article

**N. S. Seliverstova<sup>1</sup>,**

**O. N. Shkutko<sup>2</sup>,**

**O. V. Grigoryeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup> Belarus State Economic University, Minsk, Belarus

<sup>3</sup>Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov, Kazan, Russia

## Structural changes of medium-tech economic sectors under digital transformation of industry

### Contact:

**Natalya S. Seliverstova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economics and Econometrics, Kazan (Volga region) Federal University

E-mail: [nat-grig17@yandex.ru](mailto:nat-grig17@yandex.ru)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5146-2502>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/F-9231-2015>

eLIBRARY ID: SPIN-code: 1416-3100, Author ID: 688895

**Oksana N. Shkutko**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Global Economy, Dean of the Faculty of International Economic Relations, Belarus State Economic University

E-mail: [Oksana.Shkutko@inbox.ru](mailto:Oksana.Shkutko@inbox.ru)

eLIBRARY ID: SPIN-code: 6438-8326, Author ID: 778104

**Olga V. Grigoryeva**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Psychology and Pedagogy, Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov

E-mail: [g-pf@yandex.ru](mailto:g-pf@yandex.ru)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2412-9314>

Web of Science Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/U-4219-2017>

eLIBRARY ID: SPIN-code: 6930-2509, Author ID: 303577

## Abstract

**Objective:** to describe certain structural changes in industry influenced by digitalization.

**Methods:** general scientific, abstract-logical, dialectical, phenomenological methods, observation, and description.

**Results:** the general statistical characteristics of digitalization in the processing industry are shown, based on the meta-analysis by HSE and Rosstat; two directions of structural changes in industry influenced by digitalization are identified: the growing digital maturity and increased use of the Russian solutions in the field of software and information-telecommunication technologies in general, including the respective equipment; and digitalization of communication processes in the field of sustainable development. Two technological features of industry digitalization are identified, namely: the platform nature and the use of the Russian technological solutions for further industry digitalization.

**Scientific novelty:** it is proposed to consider the digital maturity indicators as an integral indicator of the development of a homogeneous group of economic agents; two directions of structural changes in the industrial sector among medium-tech industries are shown: firstly, the digital maturity growth and the increased use of the Russian solutions in the field of software and information-telecommunication technologies equipment; secondly, digitalization communication processes in the field of sustainable development.

**Practical significance:** the clarification of the interrelationships between the processes of digitalization and industrial development will not only allow a more structured approach to the development of industrial policy research programs for medium-tech industries, but will also create a basis for deepening existing knowledge in this area (which can be used both in industrial companies themselves and in regional, federal, and international projects on digital transformation).

## Keywords

Regional and sectoral economy, industry, digitalization, digital economy, digital maturity, ICT, structural shift, sustainable development

The article is in Open Access in compliance with Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), stipulating non-commercial use, distribution and reproduction on any media, on condition of mentioning the article original.

---

**For citation:** Seliverstova, N. S., Shkutko, O. N., & Grigoryeva, O. V. (2023). Structural changes of medium-tech economic sectors under digital transformation of industry. *Russian Journal of Economics and Law*, 17(3), 532–547. (In Russ.). <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2023.3.532-547>

---

## Введение

Несмотря на то, что цифровизация экономики становится вектором развития всей системы социально-экономических отношений в современных экономических системах, в промышленности многих развивающихся стран она продолжает носить лоскутный характер. Так, согласно докладу Высшей школы экономики (ВШЭ) 2022 г., «в России передовые цифровые технологии внедряются преимущественно крупными промышленными предприятиями. Однако у большинства из них пока нет комплексной программы цифровизации – компании реализуют пакеты пилотных проектов по внедрению отдельных и часто разрозненных цифровых решений» (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 31). При этом в развитых странах в производстве широкое распространение получают умные фабрики, которые характеризуются высоким уровнем автоматизации всех процессов и управлением в режиме реального времени с учетом постоянно изменяющихся условий, что достигается в первую очередь благодаря комбинации технологий интернета вещей, анализа больших данных и информационных систем управления производственными и бизнес-процессами (MES, ICS, ERP, EAS и др.) (ITU, 2019a; 2019b; 2019c; Erisson, 2020). Предполагается что, глубина цифровизации многих промышленных предприятий ниже по сравнению с аналогичными компаниями в странах Центральной Европы и США.

Исследователи из разных стран изучают отдельные аспекты цифровизации промышленности, предлагая лоскутные решения. Например, M. Comuzzi и A. Patel (2016) предлагают авторскую модель зрелости больших данных с упором не на технические характеристики их сбора и обработки, а на их влияние на результирующие показатели деятельности компании (в том числе финансовые, конкурентные). Это является

востребованным для многих организаций реального сектора экономики, в том числе в промышленности. И. Л. Авдеева, А. В. Полянин, Т. А. Головина (2019) рассматривают цифровые платформы как важный инструмент межотраслевой трансформации.

Н. Л. Кулик (2019), Л. В. Глезман с соавторами (2020), В. Г. Гусаков (2021) рассматривают цифровизацию промышленности как долгосрочный, многомерный и многофакторный процесс с точки зрения достижения технологических, экономических, социальных и иных целевых результатов. Цифровизация промышленности действительно требует комплексного подхода. Как отмечает, В. Ф. Карпович, «реализация мероприятий по цифровой трансформации промышленного производства в Республике Беларусь и управления ей требует разработки научно обоснованных подходов в части определения и конкретизации приоритетных направлений внедрения цифровых технологий, в соответствии с особенностями производственного цикла, уровнем развития технологий и техническим уровнем конкретного предприятия, готовности руководства и специалистов к цифровой трансформации, включая вопросы кадрового обеспечения цифровизации специалистами необходимого уровня подготовки в области практического использования цифровых технологий на производстве» (Карпович, 2023).

Например, D. T. Matt, G. Pedrini, A. Bonfanti, G. Orzes (2023, с. 47) отмечают необходимость более тонкой концептуализации промышленной цифровизации, потенциальную эволюцию одной или нескольких цифровых технологий в категорию «технологии общего назначения», а также разработки моделей межфирменного сотрудничества между цифровыми производителями и разработки решений, способных гарантировать совместимость промышленной цифровизации с принципами этики и устойчивости.

И. В. Макарова, Г. В. Лепеш, О. Д. Угольникова, Ю. В. Мелешко отмечают, что «Российская Федерация и Республика Беларусь ставят своей стратегической целью адаптацию общества, экономики и промышленности к новым реалиям цифровизации» (Макарова и др., 2021, с. 153).

Тем не менее даже лоскутный характер цифровизации в промышленности является существенным для российской экономики, поскольку поддерживает внутренний спрос на продукты и услуги цифровой экономики, так как «российская обрабатывающая промышленность заметно опережает другие отрасли экономики по масштабам использования цифровых технологий» (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 32), а значит, и по спросу на них.

Проблемы цифровизации промышленности рассматриваются в трудах отечественных ученых. А. В. Боговиз с соавторами (Bogoviz et al., 2017) указывают, что традиционный подход к использованию бюджетных ресурсов регионов России противоречит общегосударственному курсу на развитие информационной экономики, так как не стимулирует формирование информационного общества и развитие информационно-технологической сферы. А. Issa с соавторами (2018) отмечают, что на практике организации сталкиваются с многочисленными барьерами в реализации таких подходов, как «Индустрия 4.0» для промышленности, потому что «Индустрия 4.0» – это скорее концепция, чем готовое к реализации решение. Его сложность препятствует успешному внедрению конкретных технических решений, эксплуатация которых позволяет трансформировать деятельность предприятия. Г. В. Федотова (2019) указывает на то, что вопросы цифровизации промышленного сектора до сих пор являются малоизученными. П. С. Кузьмин приводит перечень барьеров для более широкого использования информационно-телекоммуникационных технологий (далее – ИКТ) на промышленных предприятиях. И первыми двумя (из 12) барьерами являются инвестиционные (финансовые) ограничения (Кузьмин, 2021). Другие исследователи отмечают значимость ограничений со стороны человеческого капитала, связанных с инертностью человеческой природы (например, И. А. Зубрицкая (2021) и др.). Причем этот фактор определяет не только ограничения для цифровизации бизнес-процессов предприятий, но и для их экологизации, и для прогрессивных изменений в других сферах. Так, например, П. А. Дегтярев отмечает, что «достаточно часто проблема внедрения инструментов устойчивого развития заключается не в недостатке финансовых ресурсов, а скорее связана с кадровыми ограничениями, определенной консервативностью руководства, непониманием конкретных выгод от следования принципам устойчивого развития, а также некой инертностью сотрудников предприятия» (Дегтярев, 2023, с. 15). Это характерно, на наш взгляд, и для решений в сфере цифровизации и автоматизации бизнес-процессов в промышленности.

В этих условиях представляется актуальным выявить наличие или отсутствие скоординированной политики по цифровизации промышленности, описать некоторые структурные изменения в промышленности,

вызванные цифровизацией и ростом цифровой зрелости как предприятий промышленного сектора экономики, так и органов государственного управления, которые во многом могут влиять на промышленную политику.

Тем более что направленность хозяйствующих субъектов из разных стран на определение новых форматов многостороннего интеграционного сотрудничества увеличивается с приоритетным развитием внутриинтеграционных связей по отношению к внеинтеграционным связям (Шкутько, 2022).

Целью статьи является описание структурных изменений в промышленности под влиянием повышения уровня цифровой зрелости субъектов промышленного и государственного секторов экономики.

Для достижения цели были сформулированы задачи:

1. Описать статистическую характеристику цифровизации на примере промышленности России.
2. Выявить некоторые структурные изменения в промышленности, вызванные цифровизацией.
3. Описать технологические особенности цифровизации промышленности.

Под *цифровой трансформацией в промышленности* мы в рамках настоящей статьи будем понимать долгосрочный, комплексный процесс модернизации технологических средств поддержки осуществления процессов на предприятиях (как основных, так и вспомогательных, управленческих), с одной стороны, и повышения уровня цифровой зрелости институционального окружения этих процессов (сотрудников предприятий, сотрудников государственных надзорных ведомств, сотрудников организаций-партнеров) – с другой. Иными словами, на наш взгляд, речь идет о цифровизации внутренней и внешней среды деятельности промышленного предприятия.

Структурные изменения в промышленности под влиянием ее цифровой трансформации представляют собой существенные изменения ее качественных показателей, началом которых чаще всего служат кратные изменения количественных показателей деятельности предприятия (доля оцифрованных операций, инвестиции в использование ИКТ и пр.).

С целью упрощения мы будем рассматривать виды деятельности, относящиеся к среднему уровню технологичности, чтобы повысить однородность объекта исследования. Согласно Росстату, к среднетехнологичным видам экономической деятельности относятся химическое производство за вычетом производства фармацевтической продукции, производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов), производство электрических машин и электрооборудования, производство автомобилей, нефтепродуктов, резиновых и пластмассовых изделий, металлургическое производство и др.<sup>1</sup>

Для сбора научных фактов использовались общенаучные эмпирические методы: наблюдение и описание. Общенаучные методы теоретических исследований: формализация (абстрагирование форм различных по содержанию процессов от их содержания для уточнения понятий и терминов), гипотетико-дедуктивный, исторический методы.

Информационной базой исследования послужили научные труды отечественных и зарубежных исследователей, публикации профильных отраслевых порталов и данные Федеральной службы государственной статистики, НИУ ВШЭ.

## 1. Статистическая характеристика цифровизации в промышленности

Цифровизация промышленности является комплексным явлением, и для упрощения его рассмотрения многие исследователи, например, A. Schumacher, T. Nemeth, W. Sihn (Schumacher et al., 2019) придерживаются ряда допущений. Во-первых, классические ИТ-системы (*ERP, MES, ACU* ТП) на многих промышленных предприятиях уже внедрены. Во-вторых, традиционные офисные ИТ-продукты (например, пакеты программных продуктов *Microsoft Office* и аналоги) также внедрены. Объектом исследования чаще всего становится внедрение решений по технологиям Индустрии 4.0 и новым подходам к ведению бизнеса в контексте устойчивого развития, цифровой логистики и т. п.

Измерением цифровой трансформации экономики занимаются в России Федеральная служба государственной статистики, федеральные профильные министерства, несколько национальных исследовательских

<sup>1</sup> См., например, комментарий к паспорту показателя: <https://www.fedstat.ru/indicator/50156#>

организаций (НИУ ВШЭ и другие, часть исследований проводят ИТ-компании, например, КРОК<sup>2</sup> и другие; есть сборники «Цифровая экономика» (НИУ ВШЭ в партнерстве с Минцифры России и Росстатом), сборник «Информационное общество в Российской Федерации 2020»<sup>3</sup> Росстата и другие, проекты – такие как Цифробанк<sup>4</sup> и др.), в Республике Беларусь подобную информацию агрегирует Национальный статистический комитет (более чем по 15 показателям).

На наш взгляд, в целом существует дефицит информации о цифровой трансформации отдельных предприятий и отраслей, что затрудняет проведение структурного анализа. Вероятно в перспективе целесообразно расширять статистические сведения о цифровизации промышленности новыми разрезами данных.

S. A. Tolkachev с соавторами (Tolkachev et al., 2020) отмечают, что суть процесса цифровизации в условиях развертывания Четвертой промышленной революции заключается в процессе проникновения инфокоммуникационных технологий в механизмы и бизнес-процессы реального сектора экономики. А ключевым компонентом цифровой трансформации производственных отраслей является внедрение киберфизических систем. Таким образом, цифровизация обеспечивает большую связанность между материальными активами и программными продуктами, которые используются в бизнес-процессах предприятий.

К вопросам цифровизации промышленные компании подходят взвешенно и зачастую с позиций оценки экономической эффективности их внедрения и последующей эксплуатации. Доказано (например, Chudaeva et al., 2019), что изменение практически всех процессов предприятия за счет цифровизации упрощает и удешевляет одни из них, но усложняет и удорожает другие, а также приводит к появлению новых процессов на предприятиях, что, в свою очередь, порождает новые риски и угрозы, а также дополнительные затраты. Таким образом, для большинства частных промышленных предприятий цифровизация является инструментом повышения операционной эффективности, а не самоцелью.

Как отмечают исследователи ВШЭ, «наиболее “популярны” в российской промышленности облачные сервисы (их использует 27,1 % организаций), которые обеспечивают обработку постоянно растущего объема данных о производственных и бизнес-процессах, генерируемых на предприятиях (в том числе с IoT-устройств). На 2-м месте – промышленные роботы (17,2 %), за счет которых достигается сокращение издержек на персонал, стабильно высокое качество продукции, а также увеличение технологической гибкости производства» (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 33). Меньше всего в промышленности используются «цифровые двойники» (3,3 %, что, однако, в три раза выше среднего по экономике) и искусственный интеллект (3,6 %, что ниже среднего по экономике) (Абдрахманова и др., 2022). Среди специального ПО преобладает ERP – 18,6 %. По объективным причинам также высок уровень использования ПО для проектирования и моделирования изделий – 16,3 %, систем управления производственными процессами (MES) – 11,6 %, в меньшей степени используются PLM/PDM – 4 % (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 33).

Затраты организаций обрабатывающей промышленности России на внедрение и использование цифровых технологий составляют 1,7–1,8 % (2019 и 2020 гг. соответственно) от валовой добавленной стоимости, что ниже, чем по экономике в целом (2,7 % в 2019, 2020 гг.). С одной стороны, это может свидетельствовать о потенциале роста, с другой – вероятно, является следствием иной структуры затрат организаций обрабатывающей промышленности в целом по сравнению с другими организациями в экономике.

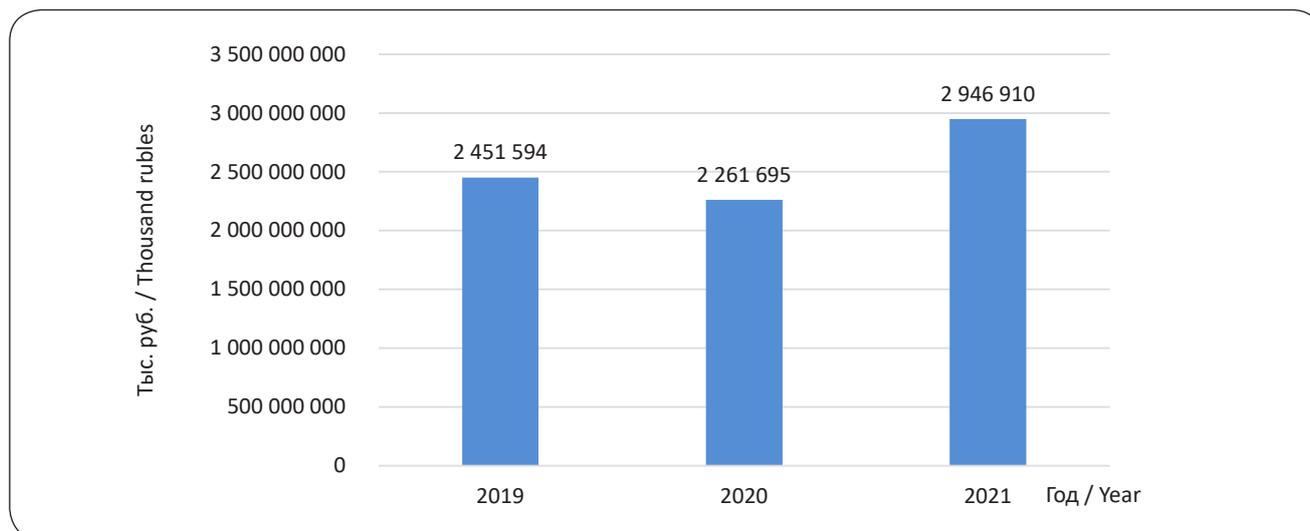
При этом общий тренд роста внутренних затрат в экономике России на развитие цифровой экономики остается стабильным (рис. 1) и снижение показателя в 2020 г. представляется нам статистически незначимым в связи с пандемией Covid-19 и общим ростом неопределенности.

Исходя из плановых показателей национальной цели «Цифровая трансформация» для обрабатывающей промышленности, очевидно, что как минимум системообразующие предприятия ждут структурные сдвиги. Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневецкий, М. А. Гершман, Л. М. Гохберг и другие исследователи отмечают, что «в условиях увеличившегося внешнего давления на высокотехнологичные

<sup>2</sup> См., например, «КРОК» презентовал исследование по цифровизации пищевой промышленности. (2022, 26 мая). <https://companies.rbc.ru/news/63e0932c-6397-4d36-a7ac-7e9cd4ccbfa3/krok-prezentoval-issledovanie-po-tsifrovizatsii-pischevoj-promyishlennosti/>

<sup>3</sup> См., например, <https://rosstat.gov.ru/folder/154885?print=1>

<sup>4</sup> <https://cdo2day.ru/cases>



**Рис. 1. Внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех источников, по России, 2019–2021 гг.**

Источник: составлено по данным Внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех источников. ЕМИСС. <https://www.fedstat.ru/indicator/59982>

**Fig. 1. Domestic expenses for developing digital economy from all sources, all over Russia, 2019–2021**

Source: compiled by the data “Domestic expenses for developing digital economy from all sources”. EMISS. <https://www.fedstat.ru/indicator/59982>

отрасли, <...> очевидно, что сектор ИКТ в ближайшем будущем ожидает реструктуризация с усилением рыночного положения российского бизнеса, а также компаний из стран, не присоединившихся к западным санкциям. В конечном счете это отразится в траекториях цифровой трансформации экономики и социальной сферы» (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 193).

Потенциальные выгоды от цифровизации основных производственных бизнес-процессов и вспомогательных бизнес-процессов велики – это, прежде всего, снижение временных затрат (рост эффективности, производительности), формирование новых источников дохода и расширение границ экономических возможностей предприятия и региона, страны в целом. Такой экономический подъем приводит к повышению глобальной конкурентоспособности и улучшению жизненных условий населения.

Однако не в последнюю очередь цифровизация промышленности будет определяться динамикой цифровой зрелости как самих промышленных предприятий, так и органов государственной власти, которые во многом определяют промышленную политику.

## 2. Некоторые структурные изменения в промышленности, вызванные цифровизацией

Несмотря на имеющиеся финансовые и нефинансовые барьеры в сфере цифровизации промышленности, на национальном уровне в России ведется скоординированная политика по цифровизации промышленности, разрабатываются и развиваются методики оценки цифровой зрелости (например, анкета *Digital Maturity Assessment Tool (DMAT)*; методики, разработанные *Deloitte, KPMG*; методика Министерства промышленности и торговли России (далее – Минпромторг России)<sup>5</sup> и др.).

Мы рассматриваем изменение в уровне цифровой зрелости как интегральный показатель динамики цифровизации деятельности однородных групп экономических субъектов (как в промышленности, так и в органах государственного управления). В рамках настоящей статьи мы изучаем методики и показатели цифровой зрелости для двух однородных групп экономических агентов – для промышленных предприятий, охваченных Министерством промышленного развития и торговли Российской Федерации, а также для органов государ-

<sup>5</sup> См., например, <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf>

ственной власти, статистические данные по цифровой зрелости которых агрегируются структурами Росстата (Федеральной службы государственной статистики России). Выбор объектов исследования в данном случае обоснован наличием статистических данных.

Методики оценки цифровой зрелости основываются частично на экспертных оценках. Так, федеральная методика оценки цифровой зрелости для промышленных предприятий, разработанная Минпромторгом России, основывается на самооценке предприятий по вопросам специализированной анкеты. Обрабатывающая промышленность входит в число отраслей, по которым осуществляется мониторинг цифровой зрелости в рамках достижения национальной цели «Цифровая трансформация». В ноябре 2021 г. утверждена стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности до 2030 г. (Цифровая трансформация: ожидания и реальность..., 2022, с. 31), которая в том числе направлена на достижение ее цифровой зрелости.

Расчет показателей ведется только в контуре из 552 системообразующих предприятий, вносящих отчетность в Государственной информационной системе промышленности, включая 206 предприятий группы «Машиностроение и приборостроение», 77 предприятий группы «Химическая и металлургическая промышленность» и 90 предприятий групп «Легкая промышленность и лесопромышленный комплекс», «Фармацевтическая и медицинская промышленность». Осуществляется мониторинг использования промышленными предприятиями более 130 видов программного обеспечения (далее – ПО), ключевые из них – системы классов: CAD, CAE, PLM, MES, SCADA<sup>6</sup>. Предпосылкой к росту объемов использования аккредитованных в качестве отечественных решений в сфере ПО и ИКТ оборудования в бизнес-процессах являются и технологические тренды. В более ранних наших работах было показано, что «экономические стимулы в виде сокращения стоимостных и временных затрат, увеличение отдачи от инвестиций определяют направление технологического развития в сфере технологий работы с данными в целом от централизации к децентрализации (с 2019–2020-х гг. по настоящее время) и большей автоматизации» (Селиверстова, 2023).

Таким образом, по результатам проведенного анализа научной литературы выявлено, что структурные изменения в современной промышленности России в результате цифровизации включают в себя:

- Рост объемов использования аккредитованных в качестве отечественных решений в сфере ПО и ИКТ оборудования в бизнес-процессах, что является как результатом, так и предпосылкой роста цифровой зрелости хозяйствующих субъектов.

- Цифровизацию коммуникационных процессов в сфере устойчивого развития (рассматривается как отдельный структурный сдвиг в связи с выделением отдельных стимулов в виде положений государственной промышленной политики, решений Банка России, решений крупнейших компаний).

Рассмотрим их подробнее.

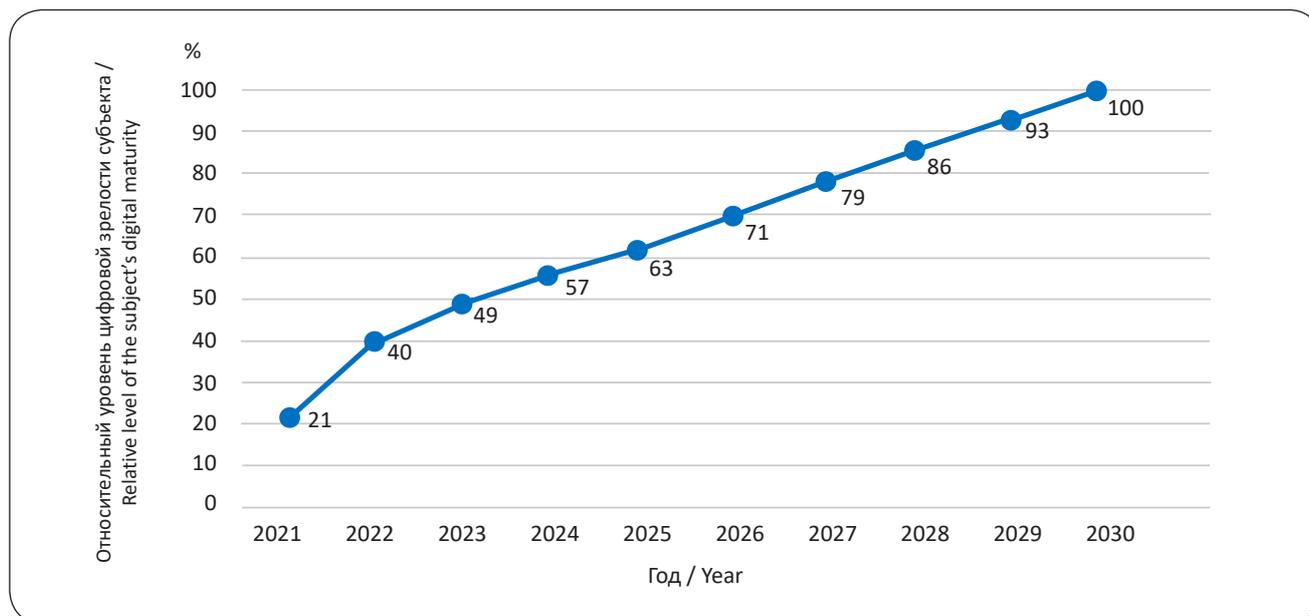
По апробированной в январе 2021 г. Методике Минпромторга России по оценке цифровой зрелости отрасли «Промышленность», средний уровень цифровой зрелости по полученным 150 анкетам составил 53,89 %<sup>7</sup>. Согласно расчетам исследователей ВШЭ на основании открытой официальной информации изменения по 10 оцениваемым показателям представляются кратными исходным значениям. Целевая динамика общего показателя приведена на рис. 2.

На основе анкетирования системообразующих предприятий оценивается цифровая зрелость их основных и вспомогательных производственных процессов. В 2021 г., по данным российских исследователей, она находилась на уровне 44 и 49 % соответственно из 100 % возможных.

Цифровизация промышленности происходит в том числе под влиянием цифровизации органов государственной власти и в рамках проводимой государственной промышленной политики. Так, «цифровая зрелость» органов государственной власти растет. По доступным в 2023 г. статистическим данным по России, за 2022 и 2021 гг. виден рост среднего значения при сохранении параметров вариации, т. е. регионы пока не становятся более однородными в части цифровой зрелости и цифровизации, уровень надежности для расчетов 95 % ( $\alpha = 0,05$ ) (табл. 1, по 85 субъектам РФ).

<sup>6</sup> См., например, *Показатели цифровой зрелости отрасли «Промышленность»: презентация Минпромторга России*. <https://www.economy.gov.ru/material/file/371da805d6a083111877a2ac0f9f9b29/Minpromtorg.pdf>

<sup>7</sup> См. там же.



**Рис. 2. Цифровая зрелость промышленности, плановые значения на 2022–2030 гг.**

*Источник:* составлено по данным (Цифровая трансформация: ожидания..., 2022).

**Fig. 2. Digital maturity of industry, planned values for 2022–2030**

*Source:* compiled by the data (Digital transformation: expectations..., 2022).

На наш взгляд, результаты расчетов, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что деятельность по цифровизации органов государственной власти хорошо скоординирована, поскольку показатели вариации – дисперсия выборки и стандартное отклонение – остались в 2022 г. на уровне 2021 г., а общая положительная динамика вызвана системными усилиями, а не «эффектом низкой базы». Если бы регионы с низким уровнем цифровой зрелости существенно продвинулись на этом пути за год, показатели вариации должны были бы статистически значимо уменьшиться.

Работы В. И. Абрамова, В. Д. Андреева также подтверждают скоординированную работу регионов России в направлении цифровизации и цифровой трансформации: «... в России, согласно методике оценки цифровой зрелости, осуществлен первый этап цифровой трансформации государственного и муниципального управления, в рамках которого происходит перевод процессов в электронный формат. Тогда как в экономически и технически развитых странах в настоящее время цифровая трансформация государственного и муниципального управления проходит второй этап с организацией механизма сбора и управления данными в реальном времени и третий этап, подразумевающий реализацию механизма воздействия на реальный мир через цифровую макросреду органами власти, бизнесом и гражданами с соответствующими стратегически значимыми преимуществами социального и экономического характера» (Абрамов, Андреев, 2023).

Что касается роста объемов использования ИКТ в промышленности России, то следует особо отметить развитие системы нормативных требований к цифровизации объектов критической инфраструктуры, к информационной безопасности промышленных предприятий. С учетом возросшего внешнего давления экономические стимулы к развитию получили отечественные производители программного обеспечения, а у многих предприятий появилась возможность участия в грантах на внедрение отечественного ПО. Начиная с 2023 г. практически весь бюджет заказчиков на средства защиты информации в государственном и корпоративном секторах будет потрачен на продукцию российских вендоров, что дает возможность роста этой части рынка со 113 млрд руб. в 2021 г. до 446 млрд руб. в 2026 г. (в 4 раза)<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Прогноз развития рынка кибербезопасности в Российской Федерации на 2022–2026 годы. (2022). ЦСР. <https://www.csr.ru/upload/iblock/13f/ufleu9rg5zc3ldu66sqrt3a89j0mrve5.pdf>

**Описательная статистика данных о «цифровой зрелости» органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в сфере здравоохранения, образования, городского хозяйства и строительства, общественногo транспорта, подразумевающая использование ими отечественных информационно-технологических решений**

**Descriptive statistics of the data on “digital maturity” of the state authorities of the Russian subjects, local self-government bodies and organization in the spheres of healthcare, education, communal service and construction, public transport, implying their use of the Russian information-technological solutions**

	Год / Year	
	2021	2022
Среднее / Average	52,394118	Среднее / Average 68,76824
Стандартная ошибка / Standard error	1,2251672	Стандартная ошибка / Standard error 1,234696
Стандартное отклонение / Standard deviation	11,295483	Стандартное отклонение / Standard deviation 11,38333
Дисперсия выборки / Sample dispersion	127,58794	Дисперсия выборки / Sample dispersion 129,5803
Интервал / Interval	53,5	Интервал / Interval 54,5
Минимум / Minimum	27	Минимум / Minimum 45,2
Максимум / Maximum	80,5	Максимум / Maximum 99,7

*Источник:* составлено авторами на основе данных ЕМИСС. <https://www.fedstat.ru/indicator/61933#>

*Source:* compiled by the author based on the data of EMISS. <https://www.fedstat.ru/indicator/61933#>

Рост объемов использования ИКТ в промышленности определяется современной промышленной политикой, а также внешними угрозами, в частности, угрозами информационной безопасности. Количество утечек данных растет (по данным *Group IB*, в 2022 г. в России пик пришелся на август); 100<sup>9</sup> баз данных российских компаний выложили в Сеть. Прирост инвестиций в основной капитал в сфере отечественного производства ИКТ в России за 2022 г. составил +5,9 % (и 10,9 % по сектору ИКТ в целом) (Абдрахманова и др., 2022), прирост инвестиций запланирован на 2023 г., что приведет к структурным изменениям в отрасли. Это существенные качественные изменения отрасли производства ИКТ в России, поскольку глобальное производство ИКТ отличается высокой концентрацией. «Экспорт товаров ИКТ имеет высокую степень концентрации: на долю 10 ведущих экспортеров приходилось 99,6 % от общей стоимости» (Нагорный, 2021, с. 73).

Обзор зарубежной англоязычной научной литературы также показал, что большинство авторов трактуют устойчивое развитие как фактор структурных сдвигов в промышленности в связи с проблемами изменения климата. В различных исследованиях отмечается, что процесс технического прогресса и структурных изменений является решающим фактором реализации зависимости между уровнем ВВП и выбросами парниковых газов, известной как *Environmental Kuznets Curve* (ЕКС (Panayotou et al., 2000)) (Shafik & Bandyopadhyay, 1992; Villanthenkodath et al., 2021).

В России до конца 2010-х гг. наблюдался ряд разрозненных активностей в сфере расширения масштабов внедрения практик устойчивого развития. В 2020–2021 гг. наблюдались события, свидетельствовавшие о росте внимания к вопросам устойчивого развития в экономике России, которая характеризуется высоким уровнем «углеродного следа».

Во-первых, экологическая катастрофа в Норильске в 2020 г. стала одной из отправных точек для массового развития ESG-практик в крупном бизнесе России.

Во-вторых, был дан ряд поручений на федеральном уровне с целью обеспечения поддержания финансовой стабильности в экономике России. Например, «власти России, экономика которой характеризуется высоким уровнем „углеродного следа“, задумались о рисках выхода глобальных инвесторов из компаний с ESG-рисками»<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> См., например, Быстрова, Е. (2022, 7 сентября). Август побил антирекорд мая по утечкам данных. *Ideco*. <https://www.anti-malware.ru/news/2022-09-07-111332/39486>

<sup>10</sup> См., например, Власти России задумались о рисках падения спроса на активы с ESG-рисками. (2021, 5 марта). *Журнал АО*. <https://ao-journal.ru/vlasti-rossii-zadumalis-o-riskah-padeniya-sprosa-na-aktivy-s-esg-riskami>

В-третьих, появились корпоративные примеры использования зеленых финансовых инструментов. Так, в 2021 г. «российская авиакомпания „Аэрофлот“ впервые привлекла кредит с привязкой к ESG-рейтингу <...> ПАО „Аэрофлот“ и ПАО „Совкомбанк“ подписали соглашение, согласно которому ставка по возобновляемой кредитной линии в размере 320 млн долл. привязана к ESG-рейтингу Аэрофлота международного агентства *MSCI ESG*»<sup>11</sup>.

В-четвертых, Банк России расширяет рекомендации в области нефинансовой отчетности – раскрытии информации в сфере устойчивого развития ПАО. Российские компании все чаще публикуют нефинансовую отчетность.

В-пятых, происходит совершенствование требований к нефинансовой отчетности и появляются цифровые ресурсы для коммуникаций по вопросам устойчивого развития. Появляются умные цифровые решения для экологической устойчивости. Появляются и первые зарубежные опытные космические ESG-проекты, одним из примеров которых может служить совместный проект *Nestle* и *Airbus. Defence & Space* для мониторинга динамики роста посаженных лесов из космоса (150 000 деревьев на фермах, где *Nestle* закупает кофе).

Устойчивое развитие становится массовым явлением в корпоративном секторе экономик развитых и развивающихся стран с середины 2010-х гг., и даже больше – в начале 2020-х гг., в то время как цифровые технологии и цифровизация начали массово распространяться на 10–15 лет раньше, что обеспечило более широкое проникновение информационных технологий в социально-экономические отношения. Это позволяет предположить, что принимаемые в настоящее время меры в направлении дальнейшего распространения практик устойчивого развития приведут в дальнейшем к существенным качественным изменениям в промышленности России, к структурным сдвигам.

На наш взгляд, это может вызвать в перспективе увеличение показателей использования технологий в сфере устойчивого развития в промышленности России.

### 3. Технологические особенности цифровизации промышленности России

Что касается использующихся в промышленности программных продуктов, то следует отметить, что они «тесно взаимосвязаны, заменить только их часть и совместить российское ПО с зарубежным достаточно сложно, поэтому возникает необходимость полного перехода на собственные совместимые продукты. Однако в ближайшем будущем по многим направлениям это не представляется реалистичным» (Цифровая трансформация: ожидания..., 2022, с. 44). Темпы цифровой трансформации также различаются для высокотехнологичных, среднетехнологичных и низкотехнологичных видов экономической деятельности в силу структуры активов, статей затрат, конкурентных факторов.

Санкционные шоки позволили мобилизовать внутренние ресурсы цифровой трансформации в российской экономике с учетом существующих ограничений. Исследователи ВШЭ отмечают, что «даже в программных продуктах российских разработчиков высока доля иностранных составляющих» – библиотек функций, элементов, составляющих ядро компьютерных программ, аппаратных компонентов, и «для решения этой проблемы Правительством Российской Федерации в 2021 г. была утверждена дорожная карта по созданию единой экосистемы промышленного ПО при участии ГК „Росатом“ и ГК „Ростех“» (Цифровая трансформация: ожидания..., 2022, с. 34). Проект получил название «Модульная мультисервисная промышленная платформа» (далее – ММПП), и его планируется завершить в 2024 г.

Также, рассуждая о технологических особенностях цифровизации промышленности России, целесообразно обратить внимание на статистические показатели развития сектора ИКТ, и в частности, производства ИКТ.

Отмечается интересная динамика производства ИКТ в последние годы по сравнению, например, с 2015 г. Так, по исследованиям ВШЭ, наиболее весомый прирост валовой добавленной стоимости в секторе ИКТ можно наблюдать в производстве ИКТ-оборудования (прирост на 39,3 %), «позволивший преодолеть пятилетнее отставание от объемов ВДС 2015 г. (2020 г. к 2015 г. – 89 %, 2021 г. к 2015 г. – 124 %). Это произошло за счет заметного расширения производства бытовой электроники (рост в 1,9 раза) и коммуникационного

<sup>11</sup> Аэрофлот подписал кредитное соглашение с привязкой к ESG-рейтингу. (2021, 27 мая). *Журнал АО*. <https://ao-journal.ru/aeroflot-podpisa-kreditnoe-soglashenie-s-privyazkoy-k-esg-reytingu>

оборудования (в 1,5 раза). О положительных тенденциях в развитии сегмента свидетельствует двукратный рост инвестиций в основной капитал за 2021 г. (в том числе в производство электронной компонентной базы) (Абдрахманова и др., 2022). В 2022 г. рост инвестиций в основной капитал в производстве ИКТ в России продолжился и составил 5,9 %, запущено создание нескольких новых производств (в частности, строительство нового завода ГК ICL в Татарстане по поверхностному монтажу печатных плат и сборке готовых изделий до 1 млн изделий в год<sup>12</sup>). С одной стороны, такие изменения означают существенные структурные изменения в производстве ИКТ в России и увеличение потенциальных возможностей использования в российской промышленности оборудования отечественного производства. Это сложно было представить еще несколько лет назад, поскольку, согласно статистическим данным, прибыль компаний, производящих электронику и компьютерное оборудование, в последние годы (рассматривая относительно стабильный период до 2020 г.) росла относительно низкими темпами и не покрывает капитальных затрат на исследования и разработки, которые растут гораздо быстрее. Так, в период с 2010 по 2017 г. средний объем таких затрат для крупных ИКТ-компаний составил 13,6 % выручки, или около 21 % от ВДС, что на 10–11 % больше полученной прибыли (Ganichev & Koshovets, 2019).

В области устойчивого развития также создаются предпосылки к появлению в дальнейшем платформенного решения на базе разрабатываемых государственных информационных систем (далее – ГИС). По состоянию на середину 2023 г. в России разрабатывается несколько ГИС в области экологии в России, а именно:

1. ФГИС УТКО (Управление твердыми коммунальными отходами) – данные для федеральных и региональных органов власти по текущему и перспективному состоянию обращения с ТКО.
2. ФГИС УОИТ (Учет отходов от использования товаров). Держатель – Минприроды, система заменит сервис Росприроднадзора по сбору отчетности.
3. ФГИС ОПВК (Учет и контроль обращения с отходами I и II классов опасности).
4. ФГИС ЛК (Единый цифровой ресурс о лесе).

Как показало исследование К. Н. Бояковой (Боякова, 2022), институциональная структура цифровизации российской промышленности является в большей степени закрытой и имеет большой уровень государственного участия в лице представителей федеральных органов власти. Это в целом характерно для многих развивающихся стран, в том числе и для Республики Беларусь.

Таким образом, на основании проведенного анализа научной литературы нами могут быть выделены следующие технологические особенности цифровизации промышленности России на примере среднетехнологичных видов экономической деятельности:

1. *Платформенный характер технологий сбора и обработки данных промышленных предприятий на базе ММПП.* Оркестратором платформы выступают федеральные государственные структуры.
2. *Использование отечественных (и аккредитованных в качестве таковых федеральными государственными реестрами данных решений из дружественных стран) технологических решений для дальнейшей цифровизации промышленности (или аккредитованных отечественными федеральными реестрами данных решений дружественных стран).* Что вызвано возросшим внешним давлением, государственной политикой по обеспечению технологического суверенитета. Важно отметить, что промышленная политика опирается на создание для предприятий не только правовых, регуляторных, но и экономических стимулов к выбору отечественных технологических решений для цифровизации бизнес-процессов.
3. *Ограничения отечественного ИКТ по номенклатуре серийной продукции и емкости сектора ИКТ.*

## Заключение

Развитие российской промышленности идет поступательными темпами благодаря скоординированной стимулирующей промышленной политике. В рамках промышленной политики реализуется комплекс мер по цифровизации промышленности, особенно основной массы отраслей, которые относятся к видам деятельности среднего уровня технологичности.

<sup>12</sup> См., например, ICL построит завод с объемом производства до 1 млн изделий в год. (2022, 17 мая). CNews. [https://www.cnews.ru/news/top/2022-05-17\\_tatarstane\\_poyavitsya\\_novyj](https://www.cnews.ru/news/top/2022-05-17_tatarstane_poyavitsya_novyj)

Статистическая характеристика цифровизации промышленности демонстрирует широкий набор решений ИКТ, востребованных отечественными предприятиями.

Поступательными темпами идет развитие объемов сборки и производства компонентной базы ИКТ-товаров благодаря Государственной программе поддержки микроэлектронной промышленности, запущенной в 2015 г. и получившей новые финансовые инструменты поддержки в 2022–2023 гг. Все это согласуется с выводами отечественных и зарубежных исследователей о комплексном характере развития процессов цифровой трансформации в экономике (Карпович, 2023; Глезман и др., 2020), о связанности этих процессов на предприятиях разных видов деятельности.

На современном этапе развития значимыми факторами структурных сдвигов для среднетехнологичных отраслей промышленности, на наш взгляд, выступают конвергентные технологии, наиболее существенными из которых являются:

1. Цифровизация.
2. Экологизация (в том числе ESG-трансформация).

3. Политика по созданию экономических стимулов экономического развития хозяйствующих субъектов (государственная промышленная политика, развитие инструментов внутриинтеграционных связей и др.).

В качестве структурных сдвигов в промышленности под влиянием и во взаимосвязи с цифровизацией нами в рамках данной статьи выделены и описаны:

– Рост объемов использования аккредитованных в качестве отечественных решений в сфере ПО и ИКТ оборудования в бизнес-процессах, что является как результатом, так и предпосылкой роста цифровой зрелости хозяйствующих субъектов.

– Цифровизация коммуникационных процессов в сфере устойчивого развития.

Развитие процессов цифровой трансформации промышленности Республики Беларусь происходит по схожему пути, поскольку, как отмечали И. В. Макарова, Г. В. Лепеш, О. Д. Угольников, Ю. В. Мелешко, при анализе «стратегических документов развития информационного общества и цифровой экономики России и Беларуси выявлено, что их перечень и содержание практически идентичны, исключая меры и механизмы государственной поддержки, что обусловлено различной структурой промышленности...» (Макарова и др., 2021).

Поэтому сделанные выводы на основании анализа данных по экономике России могут быть экстраполированы (с определенной осторожностью) на экономику Республики Беларусь и некоторых других стран.

## Список литературы

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневецкий, К. О., Гершман, М. А., Гохберг, Л. М. и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник. (2022). *Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества*. Москва: Изд. дом Высшей школы экономики.

Абдрахманова, Г. И., Васильковский, С. А., Вишневецкий, К. О., Гохберг, Л. М. и др. (2022). *Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности: аналитический доклад*. Москва: НИУ ВШЭ. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2602-6>

Абрамов, В. И., Андреев, В. Д. (2023). Анализ стратегий цифровой трансформации регионов России в контексте достижения национальных целей. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 1, 89–119. <https://doi.org/10.17323/1999-5431-2023-0-1-89-119>

Авдеева, И. Л., Полянин, А. В., Головина, Т. А. (2019). Цифровизация промышленных экономических систем: проблемы и последствия современных технологий. *Известия Саратовского университета. Нов. сер. Серия Экономика. Управление. Право*, 19(3), 238–245. (In Russ.). <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2019-19-3-238-245>

Боякова, К. Н. (2022). Политика регулирования цифровой трансформации промышленности в России. *Бизнес. Общество. Власть*, 44–45, 126–140. <https://www.hse.ru/data/2022/08/31/1694799245/%D0%91%D0%9E%D0%92%2044-45%202022-126-140.pdf>

Глезман, Л. В., Буторин, С. Н., Главацкий, В. Б. (2020). Цифровизация промышленности как фактор технологического развития региональной пространственно-отраслевой структуры. *Вопросы инновационной экономики*, 10(3), 1555–1570. <https://doi.org/10.18334/vinec.10.3.110762>

Гусаков, В. Г. (2021). Белорусская наука на пути к новым точкам роста. *Наука и инновации*, 11, 4–11.

- Дегтярев, П. А. (2023). *Совершенствование бизнес-процессов промышленных предприятий на основе принципов устойчивого развития (ESG)*: автореф. ... дис. канд. экон. наук. <https://hub.sfedu.ru/storage/1/1308839/682ca610-0b1d-4164-8e30-1125491f5a44/>
- Зубрицкая, И. А. (2021). *Экономическая оценка цифровой трансформации обрабатывающей промышленности Республики Беларусь*: дис. ... канд. экон. наук. Минск.
- Карпович, В. Ф. (2023). Направления цифровизации деятельности промышленных организаций в Беларуси. *Экономические исследования и разработки*, 2. <http://edrj.ru/article/19-02-23>
- Кузьмин, П. С. (2021). Цифровизация промышленности: эмпирическая оценка цифровой зрелости предприятий. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(3), 220–235. <https://doi.org/10.17747/2618-947x-2021-3-220-235>
- Кулик, Н. Л. (2019) Формирование и развитие новых профессий в условиях цифровизации экономики Республики Беларусь. *Вестник Полоцкого государственного университета*, 14, 27–30.
- Макарова, И. В., Лепеш, Г. В., Угольников, О. Д., Мелешко, Ю. В. (2021). Анализ директивных и программных документов по цифровой индустриализации Российской Федерации и Республики Беларусь. *Научные сообщества*, 1, 150–172. [https://vgmu.hse.ru/data/2021/03/15/1399132335/PAI\\_1-2021\(7\).pdf](https://vgmu.hse.ru/data/2021/03/15/1399132335/PAI_1-2021(7).pdf)
- Нагорный, Д. А. (2021). *Цифровая трансформация мировой экономики: тенденции и перспективы*: дис. ... канд. экон. наук. Москва.
- Селиверстова, Н. С. (2023). Эволюция подходов по работе с данными под влиянием экономических стимулов. *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*, 25(1), 104–115.
- Федотова, Г. В. (2019). Проблемы цифровизации промышленного сектора. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 15(2), 273–283. <https://doi.org/10.24891/ni.15.2.273>
- Шкутько, О. Н. (2022). Многоформатное интеграционное взаимодействие стран на рынке услуг. В сб. *Материалы форума «Перспективы евразийской экономической интеграции», посвященного 10-летию Евразийской экономической комиссии в рамках 18-го Международного научного семинара «Мировая экономика и бизнес-администрирование»*: материалы XX Международной научно-технической конференции (с. 99–101). Минск: Четыре четверти.
- Vogoviz, A. V., Ragulina, Y. V., Komarova, A. V. et al. (2017). Modernization of the Approach to Usage of Region's Budget Resources in the Conditions of Information Economy Development. *European Research Studies Journal*, 20(3), 570–577.
- Chudaeva, A. A., Mantulenko, V. V., Zhelev, P., & Vanickova, R. (2019). Impact of Digitalization on the Industrial Enterprises Activities. *SHS Web Conf.*, 62, 03003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196203003>
- Comuzzi, M., & Patel, A. (2016). How organisations leverage big data: A maturity model. *Industrial Management & Data Systems*, 116(8), 1468–1492.
- Ericsson. (2020). *Unlock the Value of Industry 4.0*. <https://www.ericsson.com/en/industry4-0>
- Ganichev, N. A., & Koshovets, O. B. (2019). Integrating Russia into the global project of digital transformation: Opportunities, problems and risks. *Stud. Russ. Econ. Dev.*, 30, 627–636.
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 Roadmap: Framework for Digital Transformation Based on the Concepts of Capability Maturity and Alignment. *Procedia CIRP*, 72, 973–978.
- ITU. (2019a). *Digital Transformation and the Role of Enterprise Architecture*. Geneva. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/str/D-STR-DIG\\_TRANSF-2019-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-DIG_TRANSF-2019-PDF-E.pdf)
- ITU. (2019b). *Digital Skills Insights*. <https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/Digital%20Skills%20Insights%202019%20ITU%20Academy.pdf>
- ITU. (2019c). *Focus Group on Technologies for Network 2030*. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>
- Matt, D. T., Pedrini, G., Bonfanti, A., & Orzes, G. (2023). Industrial digitalization. A systematic literature review and research agenda. *European Management Journal*, 41(1), 47–78. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.01.001>
- Panayotou, T., Peterson, A., & Sachs, J. (2000). Is the Environmental Kuznets Curve Driven by Structural Change? What Extended Time Series May Imply for Developing Countries?. *CAER II Discussion Paper*, 80.
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihn, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time-series and Cross-country Evidence*. World Bank Publications.
- Tolkachev, S. A., Bykov, A. A., Morkovkin, D. E., Borisov, O. I., & Gavrilin, A. V. (2020). Digitalization of manufacturing in Russia, Belarus and the European Union. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032041>
- Villanthenkodath, M. A., Ansari, M. A., Shahbaz, M., & Vo, X. V. (2021). Do tourism development and structural change promote environmental quality? Evidence from India. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01654-z>

## References

- Abdrakhmanova, G. I., Vasilkovskii, S. A., Vishnevskii, K. O., Gershman, M. A., Gokhberg, L. M. et al.; P. B. Rudnik (head of the authors' collective) (2022). *Digital transformation: expectations and reality: report for the 23<sup>rd</sup> Yasin (April) International scientific conference on the problems of economy and society development*. Moscow: Higher School of Economics Publishers.
- Abdrakhmanova, G. I., Vasilkovskii, S. A., Vishnevskii, K. O., Gokhberg, L. M. et al. (2022). *Trends of the Internet development: from digital opportunities to digital reality: analytical report*. Moscow: HSE University. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2602-6>
- Abramov, V., & Andreev, V. (2023). Analysis of strategies for digital transformation of Russian regions in the context of achieving national goals. *Public Administration Issues*, 1, 89–119. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/1999-5431-2023-0-1-89-119>
- Avdeeva, I. L., Polyanin, A. V., & Golovina, T. A. (2019). Industrial Economic Systems' Digitalization: Problems and Consequences of Modern Technologies. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Economics. Management. Law*, 19(3), 238–245. (In Russ.). <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2019-19-3-238-245>
- Bogoviz, A. V., Ragulina, Y. V., Komarova, A. V. et al. (2017). Modernization of the Approach to Usage of Region's Budget Resources in the Conditions of Information Economy Development. *European Research Studies Journal*, 20(3), 570–577.
- Boiakova, K. (2022). Regulatory policy for digital transformation of industry in Russia. *Biznes. Obshchestvo. Vlast*, 44–45, 126–140. <https://www.hse.ru/data/2022/08/31/1694799245/%D0%91%D0%9E%D0%92%2044-45%202022-126-140.pdf>
- Chudaeva, A. A., Mantulenko, V. V., Zhelev, P., & Vanickova, R. (2019). Impact of Digitalization on the Industrial Enterprises Activities. *SHS Web Conf.*, 62, 03003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196203003>
- Comuzzi, M., & Patel, A. (2016). How organisations leverage big data: A maturity model. *Industrial Management & Data Systems*, 116(8), 1468–1492.
- Degtyarev, P. A. (2023). *Improving business processes of industrial enterprises based on sustainable development principles (ESG): abstract of the thesis for a Candidate Degree in Economics*. <https://hub.sfedu.ru/storage/1/1308839/682ca610-0b1d-4164-8e30-1125491f5a44/>
- Ericsson. (2020). *Unlock the Value of Industry 4.0*. <https://www.ericsson.com/en/industry4-0>
- Fedotova, G. V. (2019). Digitization issues of the manufacturing sector. *Economic Policy of the State*, 15(2), 273–283. <https://doi.org/10.24891/ni.15.2.273>
- Ganichev, N. A., & Koshovets, O. B. (2019). Integrating Russia into the global project of digital transformation: Opportunities, problems and risks. *Stud. Russ. Econ. Dev.*, 30, 627–636.
- Glezman, L. V., Butorin, S. N., & Glavatskiy, V. B. (2020). Tsifrovizatsiya promyshlennosti kak faktor tekhnologicheskogo razvitiya regionalnoy prostranstvenno-otraslevoy struktury. *Russian Journal of Innovation Economics*, 10(3), 1555–1570. <https://doi.org/10.18334/vinec.10.3.110762>
- Gusakov, V. G. (2021). Belorussian science on the way to new growth points. *Nauka i innovatsii*, 11, 4–11.
- Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A., & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 Roadmap: Framework for Digital Transformation Based on the Concepts of Capability Maturity and Alignment. *Procedia CIRP*, 72, 973–978.
- ITU. (2019a). *Digital Transformation and the Role of Enterprise Architecture*. Geneva. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/str/D-STR-DIG\\_TRANSF-2019-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-DIG_TRANSF-2019-PDF-E.pdf)
- ITU. (2019b). *Digital Skills Insights*. <https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/Digital%20Skills%20Insights%202019%20ITU%20Academy.pdf>
- ITU. (2019c). *Focus Group on Technologies for Network 2030*. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>
- Karpovich, V. F. (2023). Directions of digitalization of industrial organizations in Belarus. *Economic Development Research Journal*, 2. <http://edrj.ru/article/19-02-23>
- Kulik, N. (2019). Formation and development of new professions in the context of digitalization of economy of the Republic of Belarus. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 14, 27–30.
- Kuzmin, P. S. (2021). Industrial digitalization: an empirical assessment of the digital maturity of enterprises. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(3), 220–235. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-3-220-235>
- Makarova, I. V., Lepesh, G. V., Ugolnikova, O. D., & Meleshko, J. V. (2021). Analysis of Directive and Policy Documents on Digital Industrialization of the Russian Federation and the Republic of Belarus. *Public Administration Issues*, 1, 150–172. (In Russ.). [https://vgmu.hse.ru/data/2021/03/15/1399132335/PAI\\_1-2021\(7\).pdf](https://vgmu.hse.ru/data/2021/03/15/1399132335/PAI_1-2021(7).pdf)
- Matt, D. T., Pedrini, G., Bonfanti, A., & Orzes, G. (2023). Industrial digitalization. A systematic literature review and research agenda. *European Management Journal*, 41(1), 47–78. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.01.001>
- Nagornyi, D. A. (2021). *Digital transformation of the global economy: trends and prospects: thesis for a Candidate Degree in Economics*. Moscow.
- Panayotou, T., Peterson, A., & Sachs, J. (2000). Is the Environmental Kuznets Curve Driven by Structural Change? What Extended Time Series May Imply for Developing Countries?. *CAER II Discussion Paper*, 80.
- Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihm, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>

Seliverstova, N. S. (2023). Evolution of Approaches to Data Processing Under the Influence of Economic Incentives. *Journal of Volgograd State University. Economics*, 25(1), 104–115. (In Russ.).

Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time-series and Cross-country Evidence*. World Bank Publications.

Shkut'ko, O. N. (2022). Multi-format integration interaction of countries in the services market. In *Works of the Forum "Prospects of Eurasian economic integration" devoted to the 10<sup>th</sup> anniversary of the Eurasian economic commission within the 18<sup>th</sup> International scientific seminar "Global economy and business administration"*: works of the 20<sup>th</sup> International scientific-technical conference (pp. 99–101). Minsk: Chetyre chetverti.

Tolkachev, S. A., Bykov, A. A., Morkovkin, D. E., Borisov, O. I., & Gavrilin, A. V. (2020). Digitalization of manufacturing in Russia, Belarus and the European Union. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 421(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032041>

Villanthenkodath, M. A., Ansari, M. A., Shahbaz, M., & Vo, X. V. (2021). Do tourism development and structural change promote environmental quality? Evidence from India. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01654-z>

Zubritskaya, I. A. (2021). *Economic estimation of the digital transformation of processing industry of the Republic of Belarus*: thesis for a Candidate Degree in Economics. Minsk.

---

## Вклад авторов

Н. С. Селиверстова проводила обзор литературы, сбор и анализ данных и интерпретацию ключевых результатов.

О. Н. Шкутько дополняла материалы по теме статьи анализом работ ученых из Республики Беларусь.

О. В. Григорьева подготовила рукопись и содействовала формированию вопросов исследования.

## The author's contributions

N. S. Seliverstova performed a literature review, collected and analyzed data and interpreted the key results.

O. N. Shkutko complemented the article materials with the analysis of the works by Belarus scholars.

O. V. Grigoryeva prepared the manuscript and assisted in forming the research questions.

## Конфликт интересов / Conflict of Interest

Авторами не заявлен / No conflict of interest is declared by the authors

## История статьи / Article history

Дата поступления / Received 02.07.2023

Дата одобрения после рецензирования / Date of approval after reviewing 02.08.2023

Дата принятия в печать / Accepted 10.08.2023