

Анализ современных трендов цифровой трансформации мировой и российской промышленности

Климачев Тимур Денисович

Магистрант

ORCID: 0009-0006-4082-1315, e-mail: klimachev.2020@gmail.com

Корсаков Михаил Николаевич

Канд. экон. наук, доц. каф. экономики предприятия

ORCID: 0000-0002-4548-0154, e-mail: mnkorsakov@mail.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация

Проведено исследование современных трендов цифровой трансформации в мировой и российской промышленности, а также разработаны сценарии развития трендов цифровой трансформации отечественной промышленности до 2030 г. Даны определение и характеристика цифровой трансформации промышленности, а также ее трендов. Акцентируется внимание на влиянии внедрения трендовых технологий Индустрии 4.0 на достижение технологического суверенитета государства. Проанализирован мировой рынок технологий Индустрии 4.0, выделены ключевые тренды их внедрения в мировой промышленности по регионам. На основе статистических данных изучена динамика внедрения цифровых технологий в российской промышленности за 2020–2023 гг., описаны перспективные трендовые технологии ее цифровой трансформации. На основе проведенного анализа разработаны сценарии прогноза развития трендов цифровой трансформации российской промышленности до 2030 г., включая глобальный кризис, базовый и благоприятный сценарии. По итогам исследования сделан вывод о несоответствии трендов цифровой трансформации отечественной промышленности по отношению к мировой. Выдвинуто предположение о возможности реализации четвертого сценария развития трендов цифровой трансформации промышленного базиса Российской Федерации.

Ключевые слова

Цифровая трансформация, цифровизация, цифровые технологии, технологический суверенитет, промышленность, автоматизация, Индустрия 4.0, санкционные ограничения, тренды, сценарии

Для цитирования: Климачев Т.Д., Корсаков М.Н. Анализ современных трендов цифровой трансформации мировой и российской промышленности // Вестник университета. 2025. № 8. С. 127–141.

Analysis of current trends in digital transformation of global and Russian industry

Timur D. Klimachev

Graduate Student

ORCID: 0009-0006-4082-1315, e-mail: klimachev.2020@gmail.com

Mikhail N. Korsakov

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Enterprise Economy Department

ORCID: 0000-0002-4548-0154, e-mail: mnkorsakov@mail.ru

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Modern digital transformation trends in global and Russian industry has been studied, and scenarios for developing digital transformation trends in domestic industry until 2030 have been considered. The definition and characteristics of industrial digital transformation, as well as its trends, have been given. Attention has been focused on the impact of implementing trending technologies of Industry 4.0 on the achievement of Russian technological sovereignty. The global market of Industry 4.0 technologies has been analyzed, and the key trends of their implementation in the global industry by region have been highlighted. Based on statistical data, the dynamics of implementing digital technologies in the Russian industry for 2020-2023 has been studied, and promising trend technologies of its digital transformation have been described. Based on the analysis, scenarios have been considered for predicting digital transformation trends development in the Russian industry until 2030, including the global crisis and baseline and favorable scenarios. Based on the study results, it has been concluded that there is a discrepancy between the domestic industry digital transformation trends and the global one. An assumption has been made about the possibility of implementing the fourth scenario for developing trends in the digital transformation of the Russian industrial base.

Keywords

Digital transformation, digitalization, digital technologies, technological sovereignty, industry, automation, Industry 4.0, sanctions restrictions, trends, scenarios

For citation: Klimachev T.D., Korsakov M.N. (2025) Analysis of current trends in digital transformation of global and Russian industry. *Vestnik universiteta*, no. 8, pp. 127–141.

ВВЕДЕНИЕ

XXI в. ознаменовался началом масштабной цифровизации всех сфер общественной жизни. Цифровые технологии позволяют моментально обмениваться информацией, автоматизировать рутинные операции, быстрее разрабатывать и внедрять новые бизнес-решения, повышать доступность товаров и услуг, а также делать промышленное производство более эффективным. Последнее особенно актуально для обеспечения прорывного развития технологически суверенной экономики. Применение трендовых цифровых технологий Индустрии 4.0 на промышленном предприятии является важнейшим фактором повышения его экономической эффективности и конкурентоспособности в условиях глобальных вызовов. Можно выделить трендовые цифровые технологии, которые наиболее форсированно внедряются в промышленном секторе технологически развитых стран Запада и Востока. Однако российская промышленность зависит от импорта высоких технологий, что тормозит ее цифровую трансформацию и переход к технологически суверенной экономике. Встает вопрос о степени ее соответствия промышленности глобальным трендам цифровой трансформации. Дальнейшее развитие цифровой трансформации промышленности Российской Федерации (далее – РФ, Россия) и ее трендов находится под вопросом ввиду влияния множества макроэкономических и глобальных факторов. Следовательно, необходимо рассмотреть ее ключевые факторы и возможные сценарии.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью анализа и определения степени зависимости трендов цифровой трансформации российской промышленности от мировой, а также проведением сценарного прогноза использования перспективных трендовых цифровых технологий Индустрии 4.0 промышленными предприятиями России для оценки возможных путей достижения государством технологического суверенитета в условиях глобальных геополитических вызовов.

МЕТОДОЛОГИЯ И ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ

При проведении исследования использовались следующие методы: анализ и синтез (для исследования показателей использования технологий в промышленности), сравнение (для сопоставления показателей использования технологий по отраслям промышленности), системный анализ (для выявления факторов сценариев), регрессионный анализ (для количественного обоснования прогноза трендов внедрения перспективных технологий Индустрии 4.0 в промышленности до 2030 г.), сценарный метод (для определения возможных вариантов цифровой трансформации промышленности России), метод трендового анализа (для изучения динамики использования трендовых технологий Индустрии 4.0 в российской и мировой промышленности).

Теоретической основой настоящего исследования являются научные труды отечественных и зарубежных ученых в сфере цифровой трансформации промышленности. Общие вопросы цифровой трансформации промышленности и ее мировые тренды рассматриваются в трудах следующих исследователей: X. Guo, X. Chen, X. Wang, Y. Gu, M. Ahmad, C. Xue, X. Meng, X. Gong, Y. Zhang, M. Fanoro, M. Božanić, S. Sinha, Е.Н. Смирнов, М.Ю. Антопова, Г.В. Лепеш [1–7]. Вопросы цифровой трансформации российской промышленности исследуются в работах А.В. Зимовец, Т.Д. Климачева, Р.И. Хабибуллина, И.Н. Иванова, И.Н. Орловой, Г.М. Сундуковой [8–10].

Информационно-эмпирическую базу исследования составили официальные данные статистических сборников Высшей школы экономики, прогнозы Market Data Forecast, Fortune Business Insights, данные Precedence Research, публикации в зарубежных и отечественных научных периодических изданиях, а также результаты исследований и расчетов авторов.

Анализ научных трудов по проблематике исследования показал, что в них имеется недостаточная глубина проработки и анализа зависимости цифровой трансформации российской промышленности от мировых трендов. Также замечено, что не уделяется достаточное внимание разработке сценарных прогнозов цифровой трансформации российской промышленности с учетом влияния геополитических и внешнеэкономических факторов. Исходя из этого выбрано данное направление исследования.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На предприятиях промышленности применение цифровых технологий играет ключевую роль в обеспечении их высокотехнологичного развития, экономической эффективности и завоевании лидирующих позиций на рынке. Сам процесс внедрения цифровых технологий в бизнес-процессы промышленного предприятия принято называть цифровой трансформацией.

Цифровая трансформация промышленности – это революционные изменения в производстве, связанные с разработкой и адаптацией как существующих, так и инновационных бизнес-моделей к условиям цифровой экономики на основании внедрения цифровых технологий [8]. Цифровые технологии способствуют развитию инновационной организационной формы производства, постоянному изменению режима производства, сокращению издержек, повышению качества управления бизнес-процессами, обеспечению мощного потенциала роста, повышению эффективности управления организационными знаниями, что в свою очередь способствует инновациям продуктов, процессов и приносит конкурентные преимущества компаниям. В итоге оцифровка производства позволяет создавать добавленную стоимость [1; 2]. При этом цифровая трансформация способствует инновационному развитию промышленности за счет повышения общего уровня использования информационно-технологических решений в производстве, увеличения технологического уровня выпуска инноваций для промышленного предприятия и создания высококачественной инновационной продукции [3]. Таким образом, цифровая трансформация промышленности позволяет повысить эффективность инновационной деятельности, улучшить качество продукции, оптимизировать распределение ресурсов, эффективно понимать динамически меняющиеся потребности клиентов [4].

Стоит отметить, что в основе цифровой трансформации мировой промышленности лежит концепция «Индустрия 4.0» (Четвертая промышленная революция). Она заключается в создании нового мира, в котором виртуальные и физические системы будут гибко взаимодействовать между собой как на отдельном «умном» заводе, так и на мировом уровне, что делает возможным создание новых материалов, высокотехнологичных товаров и услуг, которые будут иметь низкую себестоимость и одновременно высокое качество. При этом они будут выходить как на местные, так и мировые рынки посредством цифровых платформ [11].

Концепция Индустрии 4.0 отражает развитие большинства новых трендовых технологий новой промышленной революции: Интернет вещей (IoT), аддитивное производство (3D-печать), облачные хранилища (в том числе облачные вычисления), большие данные, искусственный интеллект (далее – ИИ), роботизированная автоматизация процессов (RPA), виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR), блокчейн, цифровые двойники и т.д. [8; 9]. Данные технологии посредством реализации технологических проектов объединяются в цифровую экосистему, которая обеспечивает синергетический эффект от цифровой трансформации, что в итоге выражается в увеличении доли наукоемкой продукции в валовом внутреннем продукте и т.д.

Взаимозависимость внутри компаний, между ними, а также между компаниями и клиентами все больше зависит от цифровых связей [5]. При этом роботизация промышленности как материально-техническая база становится наиболее используемым методом цифровой трансформации, что означает новый этап научно-технического прогресса, ставшего ключевым трендом развития мировой промышленности [6]. Таким образом, технологии Индустрии 4.0 являются драйвером инновационного экономического развития и являются трендами цифровой трансформации промышленности.

Тренды цифровой трансформации промышленных предприятий – это передовые цифровые технологии, которые все чаще и в больших масштабах используются промышленными предприятиями в рамках временного ряда и отражаются в линии восходящего тренда. При этом трендовые цифровые технологии – это наиболее актуальные и быстро развивающиеся цифровые инновации (технологии Индустрии 4.0), которые максимально стимулируют повышение производительности, эффективности, рентабельности, устойчивости и конкурентоспособности в промышленности на основе глобального технологического прогресса, спроса рынка и стратегических приоритетов. Ключевую трендовую технологию позволяет определить более быстрое увеличение ее мирового рынка по сравнению с другими технологиями. Мировые тренды цифровой трансформации определяются технологически развитыми странами-лидерами, которые имеют достаточные ресурсы для разработки и массового внедрения прорывных технологий, чтобы сохранить свои конкурентные преимущества на мировом рынке и обеспечить инновационный экономический рост. Следовательно, стратегической задачей для национальной экономики является включение ее в современные мировые тренды технологического развития, завоевание прочных позиций на глобальных рынках наукоемкой и высокотехнологичной продукции [10].

Внедрение трендовых цифровых технологий играет ключевую роль в обеспечении технологического суверенитета государства. Технологический суверенитет – это способность государства самостоятельно разрабатывать, поддерживать и использовать критически важную цифровую инфраструктуру

и высокотехнологические решения без опоры на импорт. Государство может достичь его с помощью проведения активной протекционистской политики, реализации политики импортозамещения, увеличения инвестиций в сектор высоких технологий, разработки национальных проектов по развитию промышленного базиса, государственной поддержки стратегически важных отраслей экономики и т.д. Достижение независимости от импорта высоких технологий имеет решающее значение для обеспечения национальной безопасности, экономической безопасности, промышленной конкурентоспособности и устойчивости к геополитическим потрясениям. В контексте мировой цифровой трансформации промышленности зависимость от импортных технологий приводит к сбоям в цепочке поставок или риску потери доступа к критически важным технологиям, который вызван введением санкций. Таким образом, способствуя развитию национального производства и внедрению трендовых цифровых технологий, государства могут заложить базис для достижения технологического лидерства. Промышленности России необходимо соответствовать мировым трендам цифровой трансформации.

ТРЕНДЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проведем более детальный анализ для выявления трендов цифровой трансформацией промышленности. Начнем с анализа трендов мирового рынка Индустрии 4.0. В 2024 г. его объем оценивался в 160,74 млрд долл. США. По прогнозам он достигнет 884,84 млрд долл. США к 2034 г. при среднегодовом темпе роста 18,6 % с 2024 по 2034 г.¹. Динамика роста мировых рынков технологий Индустрии 4.0 представлена в табл. 1.

Таблица 1

Динамика мировых рынков технологий Индустрии 4.0

Технология	Объем рынка в 2024 г., млрд долл. США	Среднегодовой темп роста, %	Прогнозируемый объем рынка в 2032 г., млрд долл. США
Дополненная реальность и виртуальная реальность	620,00	63,30	31 348,00
Блокчейн	23,55	45,20	465,29
Цифровой двойник	26,14	36,94	323,28
Искусственный интеллект	233,46	29,20	1 771,62
Интернет вещей	714,48	24,30	4 062,34
3D-печать	23,16	22,50	117,44
Облачные технологии	676,29	16,50	2 291,59
Большие данные	199,63	12,44	510,03
Промышленная автоматизация	168,56	8,89	333,16

Составлено авторами по материалам источников^{2,3,4,5,6,7,8,9,10}

¹ Industry 4.0 Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034. Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/industry-4-0-market> (дата обращения: 11.04.2025).

² Augmented and Virtual Reality Market Share & Growth, 2032. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/augmented-and-virtual-reality-market> (дата обращения: 11.04.2025).

³ Blockchain Market Size, Share, Trends & Growth, 2032. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/blockchain-market> (дата обращения: 11.04.2025).

⁴ Digital Twin Market Size, Share, Growth & Analysis, 2032. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/digital-twin-market> (дата обращения: 11.04.2025).

⁵ Artificial Intelligence Market Size, Share, Growth Report, 2032. Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-intelligence-market-100114> (дата обращения: 11.04.2025).

⁶ Internet of Things Market Size, Share, Growth, Trends, 2032. Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iiot-market-100307> (дата обращения: 11.04.2025).

⁷ 3D Printing Market Size, Analysis, Growth Report, 2024 to 2029. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/3d-printing-market> (дата обращения: 11.04.2025).

⁸ Cloud Computing Market Size, Share, Growth & Forecast, 2032. Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/cloud-computing-market-102697> (дата обращения: 11.04.2025).

⁹ Big Data Market Size, Share, Trends & Analysis, 2032. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/big-data-market> (дата обращения: 11.04.2025).

¹⁰ Industrial Automation Market Size, Share & Growth, 2032. Режим доступа: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/industrial-automation-market> (дата обращения: 11.04.2025).

Технологии Индустрии 4.0 являются ключевыми трендами цифровой трансформации как мировой промышленности, так и предприятий других сфер экономики. При этом наиболее заметен тренд на использование (увеличение мирового рынка): AR и VR (в 50,6 раз), блокчейна (в 19,6 раз), цифровых двойников (в 12,4 раз), ИИ (в 7,6 раз) и Интернета вещей (в 5,7 раз). Это говорит о широких перспективных использования данных технологий. В промышленности наиболее широко применяются ИИ, промышленный Интернет вещей, цифровые двойники. При этом, несмотря на небольшой среднегодовой рост, внедрение промышленных роботов является ключевым для создания «умной» фабрики, что определяет перспективность данной технологии. AR и VR свойственны игровой индустрии, но могут применяться для виртуального обучения персонала, инспекций, ремонтов, а также общего сокращения производственных рисков и повышения эффективности производства. Блокчейн, несмотря на быстрый рост рынка, применяется преимущественно в финансовой сфере (в основном криптовалюты), но имеет перспективы использования для обеспечения прозрачности производства, создания цифрового реестра и сокращения издержек на транзакции.

Необходимо отметить, что следование трендам цифровой трансформации мировой промышленности неравномерно по регионам и имеет следующие ее особенности.

1. Северная Америка (Соединенные Штаты Америки (далее – США) и Канада). Доля мирового рынка Индустрии 4.0 – 37 % в 2023 г. В североамериканской промышленности наблюдается тренд на роботизацию производства, внедрение беспилотной техники, использование технологий ИИ и облачной аналитики. США являются глобальным лидером и наращивают присутствие цифровых корпораций на местных рынках. Следовательно, именно США задают тренды цифровой трансформации мировой промышленности.

2. Европа (особенно Германия, Франция, Великобритания). Доля мирового рынка Индустрии 4.0 – 32,0 % в 2023 г. Данный регион исторически является центром промышленных революций. Тем не менее эти страны отстают от США (например, в сфере ИИ).

3. Азиатско-Тихоокеанский регион (в основном Китай, Южная Корея, Япония и Тайвань). Доля мирового рынка Индустрии 4.0 – 23,0% в 2023 г. Высокие темпы его роста вызваны высоким спросом на автоматизацию производства, низкой себестоимостью продукции, наличием финансирования со стороны правительств стран, получающих сверхприбыль от инновационного сектора. В итоге Азиатско-Тихоокеанский регион становится новой точкой доступа на рынке цифровой трансформации. При этом Китай быстро догоняет США в технологическом лидерстве и определяет тренды цифровой трансформации мировой промышленности.

4. Остальные регионы. Доля мирового рынка Индустрии 4.0 – 8 % в 2023 г. Развитие Индустрии 4.0 находится еще на начальной стадии. Технологии зачастую импортные и внедряются несистемно. Сюда относится и Россия [6; 7]¹¹.

Оценка представленных данных позволяет сделать вывод о концентрации высокотехнологичного цифрового промышленного производства в 11 передовых странах Северной Америки, Западной Европы и Азии. На их долю приходится около 92 % мирового рынка технологий Индустрии 4.0, поэтому данные страны задают тренды цифровой трансформации мировой промышленности.

Главным препятствием соответствия российской промышленности трендам являются санкционные ограничения на импорт продукции сектора высоких технологий. Например, суперкомпьютеры, полупроводники, графических ускорителей, программное обеспечение, 3D-принтеры, оборудование для проведения квантовых вычислений, электронные и атомно-силовые микроскопы, катализаторы для нефтепереработки, электропроводящие полимеры, датчики, радиолокационное и навигационное оборудование и т.д. [11]. Таким образом, важнейшими задачами для российской промышленности и вообще всей экономики являются соответствие данным мировым трендам цифровой трансформации и технологического развития, а также достижение технологического суверенитета через успешную реализацию политики импортозамещения высоких технологий.

ТРЕНДЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Для выявления ключевых трендов цифровой трансформации проведем анализ динамики масштабов использования в российской промышленности цифровых технологий Индустрии 4.0. Начнем с добывающей промышленности (рис. 1).

¹¹ Industry 4.0 Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034. Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/industry-4-0-market> (дата обращения: 11.04.2025)



Составлено авторами по материалам источников [12–15]

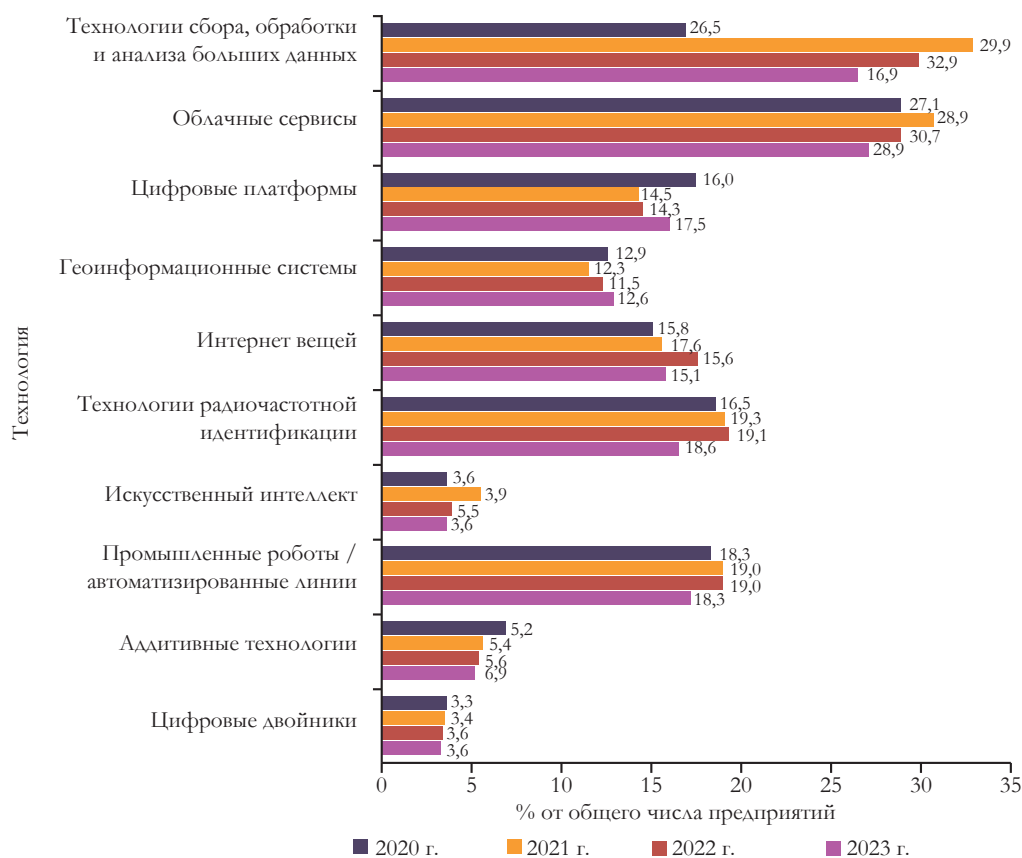
Рис. 1. Динамика использования российскими предприятиями добывающей промышленности технологий за 2020–2023 гг.

Заметных трендов цифровой трансформации в добывающей промышленности за четыре года не наблюдается. Наоборот, санкционное давление (особенное в отношении высоких технологий), пандемийный кризис и общее ухудшение макроэкономической обстановки привели к снижению доли предприятий, использующих технологии Индустрии 4.0. Например, в 2023 г. по отношению к 2020 г. на 9,0 п.п. снизилась доля предприятий, использующих аналитику больших данных. За тот же рассматриваемый период на 1,4 п.п. компании меньше стали использовать Интернет вещей, а на 0,5 п.п. – облачные сервисы. Доля предприятий, использующих цифровые двойники, аддитивные технологии, промышленные роботы и ИИ, колебалась в диапазоне 1,0–4,2 %, что крайне мало. Доля внедрения остальных технологий (за исключением технологий радиочастотной идентификации – RFID) не претерпело положительных изменений по отношению к 2020 г. Отсюда можно сделать вывод о наличии отрицательной динамики практически по всем технологиям.

Для объективного выделения трендов проведем анализ динамики масштабов использования цифровых технологий на предприятиях обрабатывающей промышленности (рис. 2).

В обрабатывающей промышленности можно выделить три заметных тренда. Так, за 2020–2023 гг. доли предприятий, использующих цифровые двойники, аддитивные технологии и цифровые платформы, увеличились на 0,3, 1,7 и 1,5 п.п. соответственно. По другим технологиям (промышленные роботы, RFID, облачные сервисы) стабильного восходящего тренда не наблюдается по причине наличия нестабильности долей использования технологий. Например, доля предприятий, использующих облачные сервисы, в 2023 г. к 2020 выросла на 1,8 п.п., но упала также на 1,8 п.п. по отношению к 2022 г. Далее неблагоприятные внешние и макроэкономические факторы привели к снижению доли предприятий, использующих цифровые технологии. Например, в 2023 г. по отношению к 2020 г. больше всего на 9,6 п.п. (к 2022 г. вообще почти в два раза) снизилась доля предприятий, использующих аналитику больших данных. За тот же период на 0,6 п.п. компании меньше стали использовать геоинформационные системы, а на 0,7 п.п. – Интернет вещей. Доля предприятий, использующих ИИ, осталась на уровне 3,6 % в 2023 г. (нет изменения, если сравнивать с 2020 г.). Таким образом, не наблюдается стабильный восходящий тренд по всем технологиям, за исключением цифровых двойников,

аддитивных технологий и цифровых платформ. Первые две технологии относятся к Индустрии 4.0, что говорит о частичном соответствии трендов цифровой трансформации российской обрабатывающей промышленности мировым трендам.



Составлено авторами по материалам источников [12–15]

Рис. 2. Динамика использования российскими предприятиями обрабатывающей промышленности технологий за 2020–2023 гг.

Исходя из проведенного анализа динамики внедрения передовых цифровых технологий в российской промышленности можно сделать вывод о том, что в общем она не соответствует мировым трендам цифровой трансформации. Следовательно, остается неопределенным прогноз дальнейшего развития трендов цифровой трансформации российской промышленности. Из этого следует необходимость разработки сценариев прогноза применения перспективных трендовых технологий в российской промышленности с учетом макроэкономической нестабильности, геополитических факторов, эффективности реализации государственных программ и человеческого капитала.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ТРЕНДОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В рамках исследования следует рассмотреть три сценария – базовый, благоприятный и рисковый (возможность глобального кризиса) – для оценки возможных путей развития цифровой трансформации российской промышленности. При их составлении учтены базовые факторы:

- макроэкономические факторы;
- геополитические факторы;
- политика импортозамещения;
- человеческий капитал.

Описание данных базовых факторов с учетом особенностей каждого сценария и его характеристик представлено в табл. 2.

Таблица 2

Сценарии развития трендов цифровой трансформации российской промышленности

Сценарий	Факторы	Характеристика
Глобальный кризис (вероятность 25 %)	Экономический кризис: усиление экономического кризиса ведет к резкому падению валового внутреннего продукта, увеличению уровня инфляции, росту финансовых издержек для промышленности и общему ухудшению макроэкономической ситуации, что приводит к сокращению инвестиций во внедрение технологий Индустрии 4.0. Усиление геополитической напряженности: потенциальная война Китая с Тайванем (срыв 90 % мирового производства микропроцессоров) и введение новых санкций (в том числе Европейским союзом) в отношении параллельного импорта приводит к дефициту необходимых импортных технологий. Недостаточная реализация политики импортозамещения: государство неэффективно реализует национальные проекты (например, «Экономика данных и цифровая трансформация государства»), оказывается недостаточной государственная поддержка высокотехнологичных предприятий, антисанкционные меры провальны. Это приведет к усилению зависимости России от параллельного импорта, что тормозит цифровую трансформацию промышленности. Дефицит квалифицированных специалистов в сфере Индустрии 4.0: недостаточные инвестиции в образовательные программы по приоритетным направлениям и рост «утечки мозгов» приводят к нехватке квалифицированных кадров	В этом сценарии российская экономика сталкивается с масштабным структурным кризисом, который подрывает цифровую трансформацию промышленности. Она сталкивается с сокращением использования технологий Индустрии 4.0, усилением технологического устаревания, снижением конкурентоспособности, резким спадом производства и увеличением рисков экономической безопасности. В итоге экономика России не становится технологически суверенной
Базовый (вероятность 45 %)	Относительная экономическая стабильность: экономический кризис постепенно идет на спад, средний уровень инфляции, умеренный рост валового внутреннего продукта поддерживает постепенные инвестиции в развитие цифровых технологий, предприятия имеют ограниченные финансовые ресурсы для проведения цифровой трансформации. Умеренная геополитическая напряженность: предполагается сохранение или незначительное увеличение санкционного давления, параллельный импорт значительно не нарушен, глобальных конфликтов не происходит, возможно появление локальных точек напряженности в мире. Сотрудничество России с Китаем продолжается, что помогает получить доступ к высоким технологиям. Посредственная реализация политики импортозамещения: национальные проекты последовательно реализуются, но они недостаточно эффективны для проведения успешной цифровой трансформации промышленности. При этом государство оказывает умеренную поддержку высокотехнологичным предприятиям, антисанкционные меры частично эффективны. Это приводит к медленным темпам цифровой трансформации промышленности.	При таком сценарии экономика имеет более или менее стабильный рост, что позволяет государству поддерживать цифровую трансформацию промышленности, но ее темпы недостаточны для соответствия мировым трендам. Промышленность сталкивается с недостаточным ростом производительности, недостаточной конкурентоспособностью, сокращением использования некоторых технологий Индустрии 4.0, умеренными рисками экономической безопасности. В итоге Россия не становится технологически суверенной, но ее промышленность частично соответствует мировым трендам цифровой трансформации

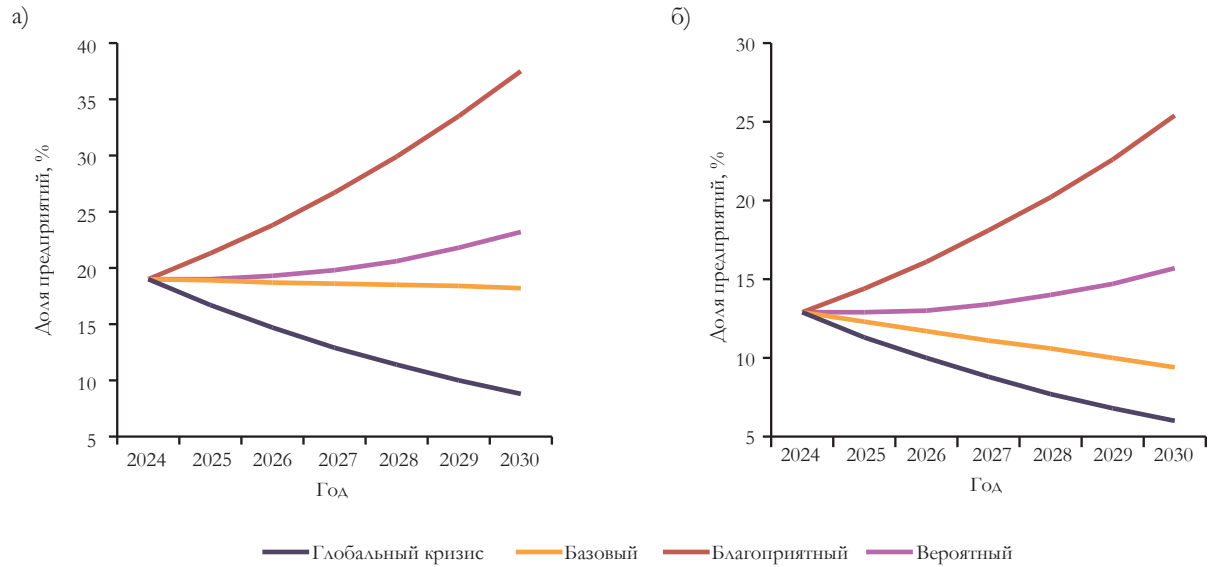
Сценарий	Факторы	Характеристика
	Недостаточная квалификация специалистов в сфере Индустрии 4.0: «утечка мозгов» минимальна, государство наращивает инвестиции в образовательные программы по приоритетным направлениям, но цифровые компетенции недостаточны для проведения форсированной цифровой трансформации уровня Индустрии 4.0	
Благоприятный (вероятность 30%)	Инновационный экономический рост: отсутствие экономического кризиса, низкий уровень инфляции, рост валового внутреннего продукта за счет сектора высоких технологий, значительное государственное финансирование цифровых трансформаций в промышленности, у промышленных предприятий имеются достаточные финансовые ресурсы для перехода к «умному» производству. Благоприятная геополитическая обстановка: предполагается частичное или полное снятие санкций, деэскалация конфликтов, возобновление сотрудничества России с западными гигантами сферы информационных технологий, наращивание партнерства с Китаем. Перенятие зарубежного опыта проведения цифровой трансформации и открытый доступ к мировому рынку высоких технологий позволит ускорить масштабное внедрение технологий Индустрии 4.0. Успешная реализация политики импортозамещения: высокие инвестиции в сектор высоких технологий, успешная реализация национальных проектов (особенно «Экономики данных и цифровой трансформации государства») и стратегий позволяет разработать отечественные альтернативы технологиям, что обеспечивает практически полную независимость от иностранного импорта. Развитие высококвалифицированных специалистов: высокие инвестиции в приоритетные образовательные программы, успешная реализация программ по привлечению зарубежных специалистов, обеспечение партнерства между промышленностью и наукой	В этом сценарии российская экономика достигает прорывного инновационного развития и становится технологически суверенной в среднесрочной перспективе. Промышленность полностью соответствует мировым трендам цифровой трансформации и сама их задает для менее развитых стран. Также она становится мировым лидером по внедрению отдельных технологий Индустрии 4.0

Составлено авторами по материалам исследования

Три сценария существенно различаются по своим последствиям для национальной экономики, цифровой трансформации российской промышленности и обеспечения технологического суверенитета. Базовый сценарий предполагает более консервативный прогноз на начало 2025 г. с сохранением умеренного роста валового внутреннего продукта, риском технологической стагнации и крайне низкой вероятностью обретения Россией технологического суверенитета. Благоприятный сценарий предполагает инновационный экономический рост, мировое лидерство в области высоких технологий, достижение технологического суверенитета в среднесрочной перспективе. Сценарий глобального кризиса несет риски мирового военного конфликта, экономического кризиса, промышленного спада и невозможности достичь технологического суверенитета. Возможным может стать реализация четвертого вероятного сценария, который будет совмещать факторы всех остальных.

Реализация определенного сценария может оказать существенное влияние на динамику использования предприятиями перспективных трендовых технологий Индустрии 4.0 (облачные сервисы, Интернет вещей, промышленные роботы, технологии ИИ). Данные технологии способны создать эффективную цифровую экосистему и принести наибольший экономический эффект для промышленного предприятия. При этом они соответствуют мировым трендам цифровой трансформации промышленности.

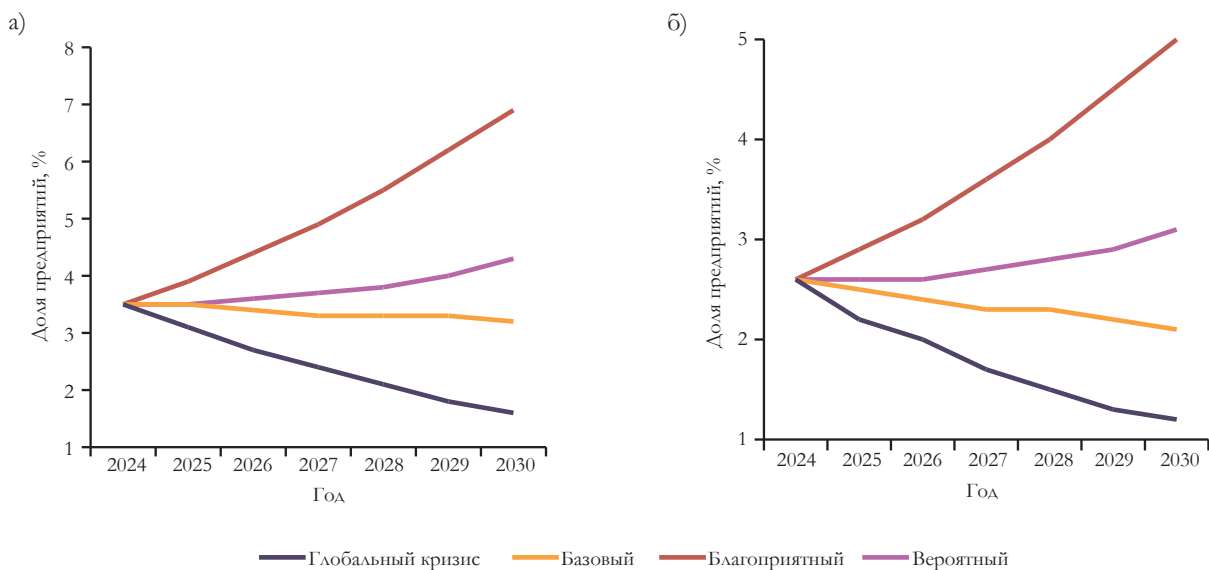
Рассмотрим сценарии прогноза трендов внедрения перспективных технологий Индустрии 4.0 на предприятиях добывающей промышленности. Сценарии прогноза трендов внедрения облачных сервисов и Интернета вещей на российских предприятиях добывающей промышленности показаны на рис. 3.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 3. Сценарии прогноза трендов внедрения а) облачных сервисов и б) Интернета вещей на российских предприятиях добывающей промышленности до 2030 г.

Сценарии прогноза трендов внедрения промышленных роботов/автоматизированных линий и ИИ на российских предприятиях добывающей промышленности показаны на рис. 4.

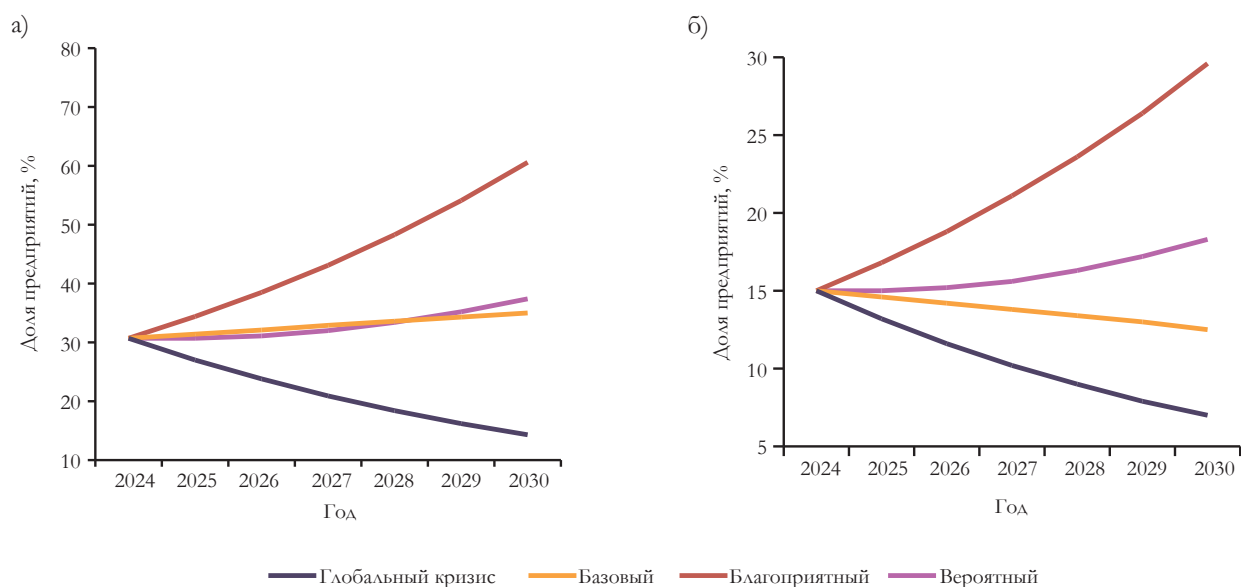


Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Сценарии прогноза трендов внедрения а) промышленных роботов/автоматизированных линий и б) ИИ на российских предприятиях добывающей промышленности до 2030 г.

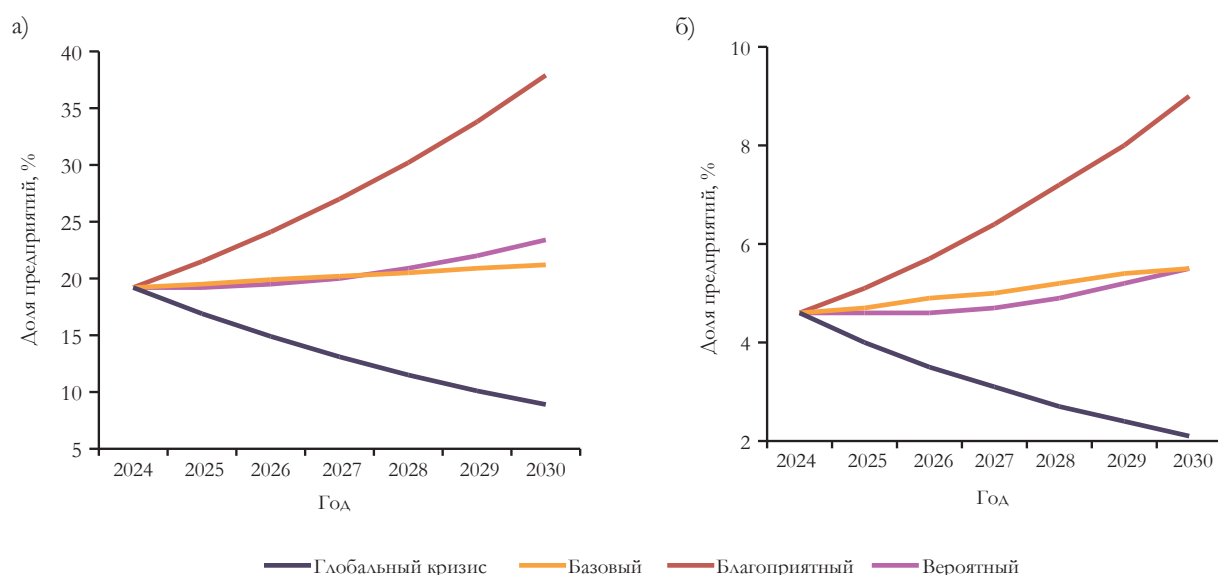
Рассмотрим сценарии прогноза трендов внедрения перспективных технологий Индустрии 4.0 на предприятиях обрабатывающей промышленности. Сценарии прогноза трендов внедрения облачных сервисов и Интернета вещей на данных предприятиях показаны на рис. 5.

Сценарии прогноза трендов внедрения промышленных роботов/автоматизированных линий и ИИ на российских предприятиях обрабатывающей промышленности показаны на рис. 6.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис 5. Сценарии прогноза трендов внедрения а) облачных сервисов и б) Интернета вещей на российских предприятиях обрабатывающей промышленности до 2030 г.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис 6. Сценарии прогноза трендов внедрения а) промышленных роботов/автоматизированных линий и б) ИИ на российских предприятиях обрабатывающей промышленности до 2030 г.

Предполагается, что факторы реализации сценариев будут происходить в 2025 г. При этом линейные тренды использования промышленными предприятиями перспективных технологий Индустрии 4.0 в четырех сценариях были спрогнозированы до 2030 г. на основе данных за 2020–2024 гг. методом регрессионного анализа для количественного обоснования прогноза. Также структура регрессионной модели включает:

- зависимую переменную – доля предприятий, внедряющих технологии Индустрии 4.0;
- независимые переменные (предикторы) – макроэкономические факторы (валовой внутренний продукт, инфляция, государственные инвестиции), геополитические факторы (санкции, международные конфликты), политика импортозамещения (национальные проекты, антисанкционные меры) и человеческий капитал (инвестиции в образование, «утечка мозгов»), которые выбраны исходя из их влияния на темпы внедрения технологий Индустрии 4.0.

Использование данного набора предикторов позволило регрессионной модели учесть различные внешние факторы, которые могут повлиять на процесс цифровой трансформации российской промышленности.

Проведем оценку качества регрессионной модели на основе коэффициента детерминации (R^2):

- базовый сценарий ($R^2 = 1,000$);
- глобальный кризис ($R^2 = 0,988$);
- благоприятный сценарий ($R^2 = 0,991$);
- вероятный сценарий ($R^2 = 0,890$).

Высокие значения R^2 показывают, что регрессионная модель в большей части объясняет всю вариацию данных, что повышает качество прогноза.

Далее рассмотрим сценарии и их влияние на достижение Россией технологического суверенитета.

В базовом сценарии при текущих тенденциях предполагается медленное сокращение использования добывающими предприятиями всех перспективных технологий Индустрии 4.0. При этом в обрабатывающей промышленности, которая традиционно чаще внедряет инновации, наблюдается положительный тренд на использование облачных сервисов, промышленной автоматизации и ИИ. Таким образом, в базовом сценарии промышленные предприятия ограниченно внедряют технологии Индустрии 4.0 при стабильном экономическом росте, умеренной геополитической напряженности, посредственной реализации политики импортозамещения с упором на параллельный импорт, что не позволяет России достичь технологического суверенитета.

В сценарии глобального кризиса предполагается, что происходит глобальный военный конфликт, который приведет к массовому сокращению производства микропроцессоров в мире и вызовет экономический кризис в России, а также станет причиной полного провала политики импортозамещения при практически полной невозможности получить высокие технологии с помощью параллельного импорта. В итоге это вызовет быстрое сокращение на 12,0 % в год (средний процент сокращения долей промышленных предприятий, внедряющих технологии Индустрии 4.0 в 2023 г. к 2022 г. как результат влияния неблагоприятных факторов) долей промышленных предприятий, внедряющих все перспективные технологии Индустрии 4.0. По выбытию технологии будет нельзя будет заменить импортом. Следовательно, Россия в технологическом развитии откатится назад на десятилетие.

В благоприятном сценарии предполагается, что будут сняты все или большинство санкций (особенно на импорт высоких технологий), произойдет деэскалация военных конфликтов, политика импортозамещения будет успешна в сочетании с быстрым инновационным экономическим ростом и Россия будет наращивать партнерство с Китаем. Данные факторы приведут к росту на 12,0 % в год (эффект будет зеркально противоположен сценарию глобального кризиса) долей промышленных предприятий, внедряющих перспективные технологии Индустрии 4.0, что позволит достичь технологического уровня развитых стран Европы к 2030 г. и обеспечить технологический суверенитет в среднесрочной перспективе.

Тем не менее представляется возможным, что разнообразное сочетание факторов трех сценариев приведет к появлению четвертого вероятного сценария. В него могут входить введение новых санкций на параллельный импорт, успешная реализация национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (или неуспешная) при умеренной геополитической напряженности и увеличении инвестиций в инновации, а также стабильная макроэкономическая ситуация. Увеличение долей промышленных предприятий, использующих перспективные технологии Индустрии 4.0, может быть рассчитано как среднее число между изменениями долей предприятий в сценарии глобального кризиса и благоприятном сценарии. Таким образом, наблюдается положительный тренд по всем технологиям. При вероятном сценарии Россия выйдет на уровень развитых европейских стран к 2040–2050 гг. Достижение ей технологического суверенитета в этом сценарии возможно только в долгосрочной перспективе.

В итоге России для обеспечения соответствия национальной промышленности мировым трендам цифровой трансформации и, следовательно, технологического суверенитета необходимо прилагать усилия для возникновения факторов благоприятного сценария. Его реализация позволит ей достичь инновационного экономического роста и глобального технологического лидерства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трендовые технологии Индустрии 4.0 являются драйвером инновационного развития современной экономики и цифровой трансформации ее промышленного базиса. Также проведение цифровой трансформации мировой промышленности проводится на основе внедрения технологий Индустрии 4.0, которые являются трендовыми и обеспечивают технологический суверенитет для страны, которая их разрабатывает и внедряет. Следование отечественной промышленности мировым трендам цифровой трансформации мировой промышленности необходимо для обретения Россией технологического суверенитета.

Анализ трендов цифровой трансформации мировой промышленности показал, что ее основными трендами являются применение блокчейна, ИИ, AR и VR, Интернета вещей, цифровых двойников и промышленных роботов. При этом проведение исследования применения цифровых технологий в промышленности России за 2020–2023 гг. показало, что по их большинству она не соответствует мировым трендам цифровой трансформации ввиду импортозависимости экономики России.

Проведение сценарного прогноза внедрения перспективных трендовых технологий в российской промышленности до 2030 г. позволило выявить сценарии: глобальный кризис, базовый и благоприятный. Основными факторами их реализации выделены изменение макроэкономической ситуации, степень геополитической напряженности, эффективность реализации политики импортозамещения и уровень развития человеческого капитала. На основе сценарного прогноза можно заключить, что в России вероятна реализация четвертого сценария, который будет сочетать некоторые факторы трех других сценариев. Предварительный прогноз развития цифровой трансформации достаточно оптимистичный для России с учетом возможных рисков. Однако при текущих тенденциях для страны достижение технологического суверенитета в среднесрочной и долгосрочной перспективах не представляется возможным.

Список литературы

1. Guo X., Chen X. The impact of digital transformation on manufacturing-enterprise innovation: empirical evidence from China. *Sustainability*. 2023;4(15):3124. <https://doi.org/10.3390/su15043124>
2. Wang X., Gu Y., Ahmad M., Xue C. Impact of digital capability on manufacturing company performance. *Sustainability*. 2022;10(14):6214. <https://doi.org/10.3390/su14106214>
3. Meng X., Gong X. Digital transformation and innovation output of manufacturing companies – an analysis of the mediating role of internal and external transaction costs. *PloS one*. 2024;1(19):e0296876. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296876>
4. Zhang Y. Research on the impact of digital transformation on the high-quality development of enterprises: a case study of the manufacturing industry. *Advances in economics, Management and political sciences*. 2024;1(80):216–221. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/80/20241837>
5. Fanoro M., Božanić M., Sinha S. A review of 4IR/5IR enabling technologies and their linkage to manufacturing supply chain. *Technologies*. 2021;4(9). <https://doi.org/10.3390/technologies9040077>
6. Смирнов Е.Н., Антропова М.Ю. Масштабы и тенденции цифровой трансформации мировой промышленности. *Вестник университета*. 2022;5:53–60. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-5-53-60>
7. Лепеш Г.В. Цифровая трансформация промышленного сектора экономики. *ТТПС*. 2022;2(60):3–15.
8. Зимовец А.В., Климачев Т.Д. Цифровая трансформация производства на российских предприятиях в условиях политики импортозамещения. *Вопросы инновационной экономики*. 2022;3(12):1409–1426. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.116297>
9. Хабибуллин Р.И. Цифровизация промышленности как ключевой приоритет экономической политики России. *Economics*. 2021;1(48):22–25.
10. Иванов И.Н., Орлова А.В., Сундукова Г.М. Промышленность Российской Федерации в условиях цифровой трансформации. *Вестник университета*. 2022;1:57–62. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-1-57-62>
11. Климачев Т.Д., Карасев А.А. Исследование практики и системных проблем применения технологий четвертой промышленной революции в различных отраслях российской промышленности. *Вопросы инновационной экономики*. 2023;4(13):2005–2024. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119582>
12. Абдрахманова Г.И., Васильковский С.А., Вишневский К.О., Гершман М.А., Гохберг А.М. Цифровая трансформация: ожидания и реальность. М.: Изд. дом Высшей школы экономики; 2022. 221 с.
13. Абдрахманова Г.И., Васильковский К.О., Вишневский и др. Цифровая экономика: 2023. М.: НИУ ВШЭ; 2023. 120 с.
14. Абашкин В.А., Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Гохберг А.М. и др. Цифровая экономика: 2024. М.: ИСИЭЗ ВШЭ; 2024. 124 с.

15. *Абашкин В.Л., Абдрахманова Г.И., Вишнеvский К.О., Гокберг Л.М. и др.* Цифровая экономика: 2025. М.: ИСИЭЗ ВШЭ; 2025. 120 с.

References

1. *Guo X., Chen X.* The impact of digital transformation on manufacturing-enterprise innovation: empirical evidence from China. *Sustainability*. 2023;4(15):3124. <https://doi.org/10.3390/su15043124>
2. *Wang X., Gu Y., Ahmad M., Xue C.* Impact of digital capability on manufacturing company performance. *Sustainability*. 2022;10(14):6214. <https://doi.org/10.3390/su14106214>
3. *Meng X., Gong X.* Digital transformation and innovation output of manufacturing companies—An analysis of the mediating role of internal and external transaction costs. *PloS one*. 2024;1(19):e0296876. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296876>
4. *Zhang Y.* Research on the impact of digital transformation on the high-quality development of enterprises: a case study of the manufacturing industry. *Advances in economics, management and political sciences*. 2024;1(80):216–221. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/80/20241837>.
5. *Fanoro M., Božanić M., Sinha S.* A review of 4IR/5IR enabling technologies and their linkage to manufacturing supply chain. *Technologies*. 2021;4(9):77. <https://doi.org/10.3390/technologies9040077>
6. *Smirnov E.N., Antropova M.Yu.* The scale and trends of the digital transformation of the world industry. *Vestnik universiteta*. 2022;5:53–60. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-5-53-60>
7. *Lepesh G.V.* Digital transformation of the industrial sector of the economy. *TIPS*. 2022;2(60):3–15. (In Russian).
8. *Zimovets A.V., Klimachev T.D.* Digital transformation of production at Russian enterprises in the context of import substitution policy. *Issues of Innovative Economics*. 2022;3(12):1409–1426. (In Russian). <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.116297>
9. *Khabibullin R.I.* Digitalization of industry as a key priority of Russia's economic policy. *Economics*. 2021;1(48):22–25. (In Russian).
10. *Ivanov I.N., Orlova L.V., Sundukova G.M.* Industry of the Russian Federation in the context of digital transformation. *Vestnik universiteta*. 2022;1:57–62. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2022-1-57-62>
11. *Klimachev T.D., Karasev D.A.* Study of the practice and systemic problems of applying technologies of the fourth industrial revolution in various sectors of the Russian industry. *Issues of Innovative Economics*. 2023;4(13):2005–2024. (In Russian). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119582>
12. *Abdrakhmanova G.I., Vasilkovsky S.A., Vishnevsky K.O., Gershman M.A., Gokhberg L.M.* Digital transformation: expectations and reality. Moscow: Higher School of Economics Publ. House; 2022. 221 p. (In Russian).
13. *Abdrakhmanova G.I., Vasilkovsky S.A., Vishnevsky K.O., et al.* Digital economy: 2023. Moscow: Higher School of Economics Publ. House; 2023. 120 p. (In Russian).
14. *Abashkin V.L., Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M., et al.* Digital economy: 2024. Moscow: Higher School of Economics Publ. House ; 2024. 124 p. (In Russian).
15. *Abashkin V.L., Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M., et al.* Digital economy: 2025. Moscow: Higher School of Economics Publ. House ; 2025. 120 p. (In Russian).