



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ОЖИДАНИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ

Доклад НИУ ВШЭ



ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Москва, 2022

**К XXIII Ясинской
(Апрельской)
международной
научной конференции
по проблемам развития
экономики и общества**

2022 г.

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ОЖИДАНИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ

Доклад НИУ ВШЭ



Издательский дом
Высшей школы экономики
Москва, 2022

УДК 338.2:004
ББК 65.2/65.4+16.2
Ц75

Руководитель авторского коллектива
П.Б. Рудник

Редакционная группа:
Т.С. Зинина, П.Б. Рудник

Авторский коллектив:
*Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, М.А. Гершман,
Л.М. Гохберг, А.Ю. Гребенюк, Ю.Я. Дранев, А.Ч. Зиангиров, Т.С. Зинина,
Г.Г. Ковалева, Л.Б. Кузьмичева, Д.Д. Максименко, М.Р. Максименко,
Д.М. Мартынов, В.А. Нефедова, Е.Г. Нечаева, Е.С. Очирова, С.Г. Приворотская,
Л.Н. Проскуракова, П.Б. Рудник, Н.Н. Тарасова, Ю.В. Туровец, К.Е. Уяткина,
Е.В. Шкалева, П.О. Шпаров, А.А. Яконов*

при участии
А.И. Алтынова, М.С. Фролова, Р.Р. Хафизова, Е.Д. Чупахиной

Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. [Текст] / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, М. А. Гершман, Л. М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 221 с. — ISBN 978-5-7598-2658-3 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2468-8 (e-book).

В докладе, подготовленном коллективом Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, систематизированы глобальные тренды распространения цифровых технологий в ключевых отраслях экономики и социальной сферы, соответствующие российские инициативы в области цифровой трансформации. На основе данных федерального статистического наблюдения, мониторинга цифровой зрелости отраслей экономики и социальной сферы представлены количественные оценки параметров развития цифровой экономики в нашей стране до 2021 г. Даны первые обобщенные оценки последствий санкций, введенных весной 2022 г. против российского высокотехнологического сектора, а также рекомендации по мерам государственной политики цифровой трансформации ряда отраслей экономики и социальной сферы, актуальным в новых реалиях.

УДК 338.2:004
ББК 65.2/65.4+16.2

Опубликовано Издательским домом Высшей школы экономики
<http://id.hse.ru>

ISBN 978-5-7598-2658-3 (в обл.)
ISBN 978-5-7598-2468-8 (e-book)

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Цифровая трансформация и цифровая зрелость: сущность и измерение	9
Политика цифровой трансформации отраслей.....	14
Предложение цифровых технологий. Сектор ИКТ	18
Спрос отраслей на цифровые технологии	30
Промышленность	30
Топливо-энергетический комплекс	44
Сельское хозяйство	62
Строительство	77
Транспорт и логистика	91
Финансовые услуги.....	113
Здравоохранение.....	128
Наука	143
Образование.....	158
Ориентиры динамики спроса на цифровые технологии	178
Основные выводы	188
Источники.....	194
Авторы доклада	215

ВВЕДЕНИЕ

В последние более чем 10 лет в нашей стране довольно успешно развивались многие ключевые элементы цифровой экономики. Так, постоянно росли объемы производства товаров и оказания услуг, связанных с цифровыми технологиями. По оценкам НИУ ВШЭ, валовая добавленная стоимость (ВДС) сектора информационно-телекоммуникационных технологий (ИКТ) в 2021 г. почти на две трети превысила уровень 2010 г. (в постоянных ценах), что в 3 раза превосходит темп роста ВВП. Доля инновационной продукции в секторе ИКТ за этот же период выросла в 1,5 раза.

Российские товары и услуги, связанные с цифровыми технологиями, пользуются спросом и за рубежом. Экспорт ИКТ-товаров и услуг вырос по сравнению с 2010 г. более чем в 2 раза (в долларовом выражении), наиболее значительное увеличение продемонстрировали компьютерные услуги (в 4 раза, благодаря чему удалось достичь положительного сальдо по данной статье внешней торговли) [НИУ ВШЭ, 2021a].

Затраты на внедрение и использование товаров и услуг, связанных с цифровыми технологиями, увеличились в 2,5 раза (в постоянных ценах) по сравнению с 2010 г. [Там же], что отражает широкое распространение цифровых технологий в организациях. Так, доля потребителей облачных сервисов по сравнению с 2013 г. выросла в 2,3 раза. Сейчас их услугами пользуются четверть организаций, почти столько же (22,4%) применяют технологии сбора, обработки и анализа больших данных, 13–17% — интернет вещей, геоинформационные системы, цифровые платформы. Началось внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) — их используют 5,4% организаций. При этом уровень распространения интернета вещей и технологий ИИ сопоставим со среднеевропейским значением (18 и 7% соответственно). Более двух третей организаций применяют специальное программное обеспечение (ПО) в различных бизнес-процессах, что позволяет повысить эффективность управленческой и производственной деятельности.

Кардинальным образом за прошедший десяток лет изменилась и «цифровая реальность» повседневной жизни россиян. Доля пользователей интернета выросла в 1,8 раза — с 49,3% взрослого

населения в 2010 г. до 89,6% в 2020 г. Около 77% граждан использует интернет ежедневно, в том числе для коммуникаций, работы, организации и проведения досуга, приобретения товаров и услуг, включая игры, музыку, фильмы и другой цифровой контент [Там же].

Отражением этих достижений стало улучшение позиций России в ключевых международных рейтингах цифрового развития. Наша страна стабильно занимает позиции в первой трети, а в ряде рейтингов входит в топ-30. Самый высокий результат — 5-е место из 182 в Глобальном индексе кибербезопасности [НИУ ВШЭ, 2022б].

На страницах настоящего доклада будет приведено еще много примеров в основном позитивной в последние годы динамики показателей, характеризующих цифровую трансформацию экономики и социальной сферы. Информационную базу для этого обеспечивает целый ряд специализированных мониторингов, охватывающих как различные аспекты использования цифровых продуктов и услуг населением, так и проблематику цифровизации предприятий. Центральное место в системе наблюдения и количественной оценки процессов разработки, внедрения и использования цифровых технологий традиционно занимают статистические обследования, методология и инструментарий которых в течение многих лет разрабатываются при активном участии специалистов Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ.

Так, федеральное статистическое наблюдение по формам № 3-информ «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг» и № 1-3 «Анкета выборочного обследования рабочей силы» позволяет оценивать динамику цифровой трансформации по таким ключевым параметрам, как использование цифровых технологий и специализированного ПО, затраты организаций на цифровые технологии, в том числе на отечественное ПО, количество занятых в отраслях экономики специалистов по информационно-телекоммуникационным технологиям (ИКТ-специалистов), и многим другим. В рамках данных обследований обеспечиваются воспроизводимость расчетов, открытость, объективность, надежность и сопоставимость результатов в отраслевом разрезе и в динамике.

В то же время в последние два-три года появляются альтернативные источники данных о развитии цифровой экономики, по масштабам и широте наблюдаемых явлений вполне сопоставимые

со статистикой. Среди крупнейших из них — мониторинг показателей достижения национальной цели развития Российской Федерации до 2030 г. «Цифровая трансформация», установленной Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» (Указ № 474) [Президент РФ, 2020]. К числу данных показателей относятся, в частности: достижение цифровой зрелости ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления; увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в 4 раза по сравнению с показателем 2019 г. Они характеризуют важные аспекты цифровой трансформации отраслей экономики и социальной сферы.

В рамках планирования работы по достижению национальной цели «Цифровая трансформация» в 2021 г. Правительством Российской Федерации принято множество стратегических, программных и плановых документов. Утверждены более 60 ведомственных программ цифровой трансформации, 11 отраслевых стратегических направлений (стратегий) цифровой трансформации, стратегии цифровой трансформации всех субъектов Российской Федерации и др. Организован мониторинг достижения цифровой зрелости, который охватывает 12 ключевых отраслей экономики и социальной сферы, включая: развитие городской среды, транспорт и логистику, здравоохранение, общее образование, высшее образование и науку, государственное управление, промышленность, сельское хозяйство, строительство, энергетическую инфраструктуру, финансовые услуги, экологию и природопользование. При этом по пяти из них (развитие городской среды; транспорт и логистика; здравоохранение; общее образование; государственное управление) расчет показателей производится и в региональном разрезе.

Система оценки цифровой зрелости включает более 110 показателей, по многим из которых расчет осуществляется с ежемесячной периодичностью. При этом источниками данных являются государственные информационные системы. Применение административных данных профильных министерств и ведомств позволяет учесть отраслевую специфику и, в том числе, оценить ход реализации мер государственной поддержки в области циф-

ровизации. Фактически сформирована многоуровневая система управления, функционирующая в режиме реального времени. По масштабу этому трудно подобрать аналог в практике государственного управления последних лет, особенно с учетом числа и многообразия направлений деятельности вовлеченных ведомств и организаций.

Вместе с тем последовавшие весной 2022 г. экономические санкции, включая ограничения поставок высокотехнологичной продукции и временное прекращение деятельности на нашем рынке множества иностранных компаний, ставят под угрозу реализацию ранее намеченных планов. Еще предстоит найти ответы на возникающие стратегические вызовы, но уже сейчас очевидна необходимость оценить, в какой «форме» отечественная цифровая экономика встретила новые реалии, наметить пути решения возникающих проблем.

В настоящем докладе систематизированы глобальные тренды распространения цифровых технологий и российские отраслевые инициативы в области цифровой трансформации. На основе данных федерального статистического наблюдения, а также мониторинга цифровой зрелости отраслей экономики и социальной сферы представлены количественные оценки параметров развития цифровой экономики в нашей стране в период 2019–2021 гг. Даны первые обобщенные оценки негативных последствий экономических санкций, введенных рядом западных стран весной 2022 г. против российского высокотехнологичного сектора, а также рекомендации по мерам государственной политики цифровой трансформации ряда отраслей экономики и социальной сферы в текущих условиях.

Доклад продолжает серию публикаций НИУ ВШЭ по вопросам развития цифровой экономики в России и в мире:

«Технологическое будущее российской экономики» [НИУ ВШЭ, 2018];

«Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, изменение» [НИУ ВШЭ, 2019];

«Тенденции развития Интернета в России и зарубежных странах» [НИУ ВШЭ, 2020];

«Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты» [НИУ ВШЭ, 2021в];

«Цифровые технологии в российской экономике» [НИУ ВШЭ, 2021г];

«Тенденции развития Интернета: готовность экономики и общества к функционированию в цифровой среде» [НИУ ВШЭ, 2021б];

«Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: Белая книга» [НИУ ВШЭ, 2022а];

«Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности» [НИУ ВШЭ, 2022в];

«Россия в международных рейтингах цифрового развития» [НИУ ВШЭ, 2022б];

ежегодные сборники статистической информации, в том числе «Индикаторы цифровой экономики: 2021» [НИУ ВШЭ, 2021а], «Цифровая экономика: 2022» [НИУ ВШЭ, 2022г];

регулярные публикации экспресс-информации в сфере цифровой экономики [ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2022а] и серия бюллетеней iFORA-экспресс [ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2022б].

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ЦИФРОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ: СУЩНОСТЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

В настоящем докладе мы будем использовать понятия «цифровая трансформация» и «цифровая зрелость». В связи с этим следует представить соответствующие определения и связанные с ними методологические разъяснения.

Цифровая трансформация — качественные изменения в бизнес-процессах или способах осуществления экономической деятельности (бизнес-моделях) в результате внедрения цифровых технологий, приводящие к значительным социально-экономическим эффектам [НИУ ВШЭ, 2021].

Данное определение соотносится с существующими подходами к описанию цифровой трансформации:

- экономические и социальные последствия цифровизации и оцифровки [OECD, 2019b];
- непрерывный процесс мультимодального внедрения цифровых технологий, которые коренным образом меняют процессы создания, планирования, проектирования, развертывания и эксплуатации сервисов государственного и частного сектора [ITU, 2019];
- значительные изменения во всех секторах экономики и общества в результате внедрения цифровых технологий во все аспекты человеческой жизни [Desruelle et al., 2019];
- тип изменений, основанных на инновациях, которые затрагивают широкий круг отраслей, от наиболее передовых с точки зрения внедрения цифровых технологий (например, финансовых услуг) до более консервативного реального сектора, включая самые технологически инертные отрасли промышленности [Remane et al., 2017; Loonam et al., 2018; Caliskan et al., 2021].

Цифровая трансформация представляет собой следующую стадию развития после оцифровки, подразумевающей перевод аналоговых данных и процессов в машиночитаемый (цифровой) вид, и цифровизации, означающей использование цифровых технологий для повышения эффективности отдельных направлений

или видов деятельности (рис. 1). В основе цифровой трансформации лежит экосистема взаимозависимых цифровых технологий, постоянное развитие которых стимулирует экономические и социальные изменения [OECD, 2022].

Одним из критериев для оценки достижения целей цифровой трансформации является уровень цифровой зрелости отраслей, а также органов государственной власти [Pirannejad, Ingrams, 2022]. В исследованиях разрабатываются различные подходы к определению и измерению цифровой зрелости: как инструмента для сопоставления достигнутого уровня с целевым, так и для межотраслевого сравнения уровня распространения цифровых технологий. В частности, ОЭСР проводит оценку цифровой зрелости организаций предпринимательского сектора на основе трех параметров:

- возможности ИКТ (обучение цифровым навыкам сотрудников, наличие специалистов по ИКТ, внедрение цифровых технологий);
- расширенные функции ИКТ (информационная безопасность, адаптация ПО для управления бизнесом, собственные разработки);
- веб-зрелость (наличие веб-сайта с возможностями проведения электронной торговли, размещения онлайн-рекламы).

Для оценки цифровой зрелости правительства стран — членов ОЭСР применяют такие показатели, как наличие цифровых платформ, использование и хранение данных, открытость, управляемость со стороны пользователя. Всемирный банк разрабатывает индекс зрелости в категории GovTech (GovTech Maturity Index, GTMI), охватывающий функционирование государственных систем и их технические возможности, полноту оказываемых услуг, степень вовлеченности населения. Компания BCG использует индекс цифрового ускорения (Digital Acceleration Index, DAI), позволяющий оценить уровень развития цифровых компетенций в компании и провести сравнение с сопоставимыми конкурентами, среднеотраслевыми показателями, цифровыми лидерами в 36 категориях (таких как клиентские пути, цифровая цепочка поставок и персонализация маркетинга). Расчет индекса осуществляется на основе мнений руководителей предприятий из разных стран [BCG, 2021].

В нашей стране оценка цифровой зрелости ключевых отраслей экономики и социальной сферы как одного из показателей

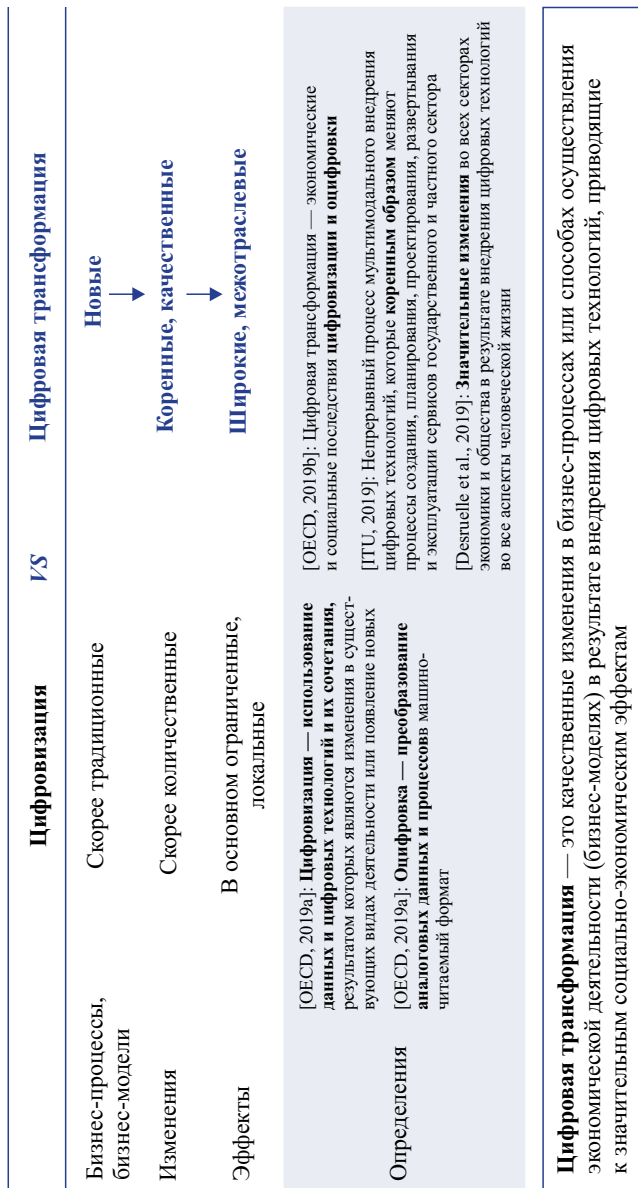


Рис. 1. Соотношение понятий «цифровизация» и «цифровая трансформация»

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

достижения национальной цели «Цифровая трансформация» осуществляется по трем составляющим: специалисты, интенсивно использующие ИКТ, занятые в экономике; расходы организаций на внедрение и использование современных цифровых решений; отраслевые индексы, включающие уникальный набор показателей для каждой отрасли (в среднем по 8–10 показателей на каждую из 12 отраслей) [Минцифры России, 2020]. Данные индикаторы позволяют отразить наиболее важные факторы достижения цифровой зрелости — ресурсы (кадры и инвестиции) и отраслевую специфику распространения цифровых технологий. Расчет ведется с ежемесячной (по России) и ежеквартальной (для регионов) периодичностью на основе данных федерального статистического наблюдения, а также административных данных федеральных органов исполнительной власти, формируемых в рамках автоматизированных информационных систем.

Наряду с этими показателями для комплексной оценки цифровой зрелости целесообразно также учитывать индикаторы, характеризующие использование в отраслях наиболее значимых цифровых технологий и специализированного ПО. В качестве источника данных может выступить федеральное статистическое наблюдение по форме № 3-информ, которая с 2020 г. включает необходимые сведения о применении организациями таких технологических решений:

- ИИ;
- анализ больших данных;
- интернет вещей;
- облачные сервисы;
- цифровые платформы;
- геоинформационные системы;
- цифровые двойники;
- аддитивные технологии;
- промышленные роботы / автоматизированные линии;
- технологии радиочастотной идентификации объектов (RFID);
- ПО для управления автоматизированным производством и (или) отдельными техническими средствами и технологическими процессами (в том числе MES-системы);
- ПО для проектирования / моделирования (CAD/CAE/CAM/CAO);

- ERP-системы;
- PLM/PDM-системы.

Это позволит оценивать масштабы распространения передовых цифровых технологий и ключевых видов ПО, сравнивать отрасли между собой и с соответствующими секторами экономики зарубежных стран. Подобные расчеты для ряда ключевых отраслей экономики и социальной сферы будут представлены в последующих разделах доклада.

ПОЛИТИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ

Оценку цифровой зрелости мы рассматриваем в контексте комплексной системы управления цифровой трансформацией. Отправной точкой ее формирования, по крайней мере в своих сегодняшних основных чертах, можно считать разработку и утверждение в 2019 г. национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Включенные в нее федеральные проекты нацелены на поддержку разработки и внедрения отечественных цифровых технологий, а также подготовку кадров для цифровой экономики, развитие инфраструктуры, обеспечение информационной безопасности, формирование системы цифрового государственного управления.

Среди последующих вех развития политики в области цифровой трансформации стоит отметить утверждение в ноябре 2021 г. — январе 2022 г. стратегических направлений (стратегий) цифровой трансформации отраслей до 2030 г. по 11 направлениям: здравоохранение, образование, госуправление, строительство (включая городское хозяйство и ЖКХ), транспорт, энергетика, наука, сельское хозяйство, промышленность, экология и социальная сфера. Стратегии определяют приоритеты внедрения цифровых технологий исходя из вызовов и проблем развития отраслей.

В ряде случаев отраслевые стратегии цифровой трансформации тесно взаимосвязаны с другими инициативами социально-экономического развития России до 2030 г., в том числе утвержденными в октябре 2021 г. проектами-маяками («Беспилотные логистические коридоры», «Персональные медицинские помощники», «Беспилотная аэродоставка грузов», «Электроавтомобиль и водородный автомобиль», «Электронный документооборот» и др.)¹.

Важное значение для цифровой трансформации отраслей имеют соглашения о намерениях между Правительством Российской Федерации и государственными корпорациями и компаниями с

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 г. № 2816-р.

государственным участием по развитию высокотехнологичных направлений [НИУ ВШЭ, 2022]. В их числе — ИИ, интернет вещей, мобильные сети связи 5G, новые поколения микроэлектроники и создание электронной компонентной базы, новые коммуникационные интернет-технологии, технологии распределенных реестров, новые производственные технологии, квантовые технологии.

Отраслевые стратегии цифровой трансформации призваны сыграть связующую роль между различными инициативами технологической политики. В системе документов планирования технологического развития именно стратегии определяют контуры отраслевого спроса с учетом задач государства и приоритетов бизнеса, разрывы между предлагаемыми на рынке решениями и потребностями секторов и предусматривают мероприятия по их преодолению.

При очевидных различиях в предпосылках цифровой трансформации отраслей (в том числе исходном уровне их цифровой зрелости, масштабе и значимости в экономике страны, специфике процессов и бизнес-моделей и др.) большинство стратегий предусматривают разработку, внедрение и распространение таких инструментов и цифровых решений, как:

- государственные информационные системы (ГИС);
- платформенные, экосистемные решения и маркетплейсы;
- электронный документооборот;
- цифровые каналы коммуникации с потребителями и получателями услуг;
- новые отраслевые бизнес-модели на базе цифровых технологий;
- кастомизированные интеллектуальные сервисы для потребителей и работников отрасли.

Технологическая база цифровой трансформации также схожа для всех отраслей. В большинстве из них предусмотрены планы внедрения ИИ, анализа больших данных, беспроводных технологий. В то же время есть и ряд специфических решений, дополняющих базовый перечень. Так, в рамках цифровой трансформации промышленности предполагается реализация проектов в области

Примеры проектов из стратегий цифровой трансформации отраслей

Промышленность: проект «Цифровой инжиниринг»

- Национальная система стандартизации и сертификации на базе технологий виртуальных испытаний.
- Универсальные маркетплейсы для создания и реализации продукции (от идеи до рынка).
- Единые форматы данных (библиотек).
- Внедрение на предприятиях цифровых двойников.

Энергетика: цифровой ассистент «Моя энергетика»

- Единый информационно-расчетный центр (единое окно) для коммуникации с клиентами и доступа ко всем поставщикам ресурсов и жилищно-коммунальных услуг.
- Разработка и утверждение стандартов качества обслуживания потребителей.
- Создание новых рынков управления спросом и микрогенерацией.

Образование: сервисы «Цифровой помощник ученика», «Цифровой помощник родителя», «Цифровой помощник учителя»

- Индивидуальные планы обучения в соответствии с интересами и способностями учеников.
- Управление образовательными траекториями в зависимости от уровня подготовки и интересов.
- Проактивные сервисы для организации и контроля образовательной деятельности обучающихся.
- Автоматизированная проверка домашних заданий и планирование образовательных программ с привлечением экспертных систем ИИ.

новых производственных технологий, робототехники и сенсорики, технологий виртуальной и дополненной реальности и др. В сельском хозяйстве, а также в сфере экологии и природопользования планируется использование беспилотных летательных аппаратов, дистанционного зондирования Земли и др. Основой цифрового развития в строительстве станут технологии информационного моделирования, пространственного анализа, телеметрии и др.

Предложенные ведомствами стратегические инициативы стали ответом на внутренние вызовы и барьеры, специфичные для каждой из отраслей. Среди них выделяются:

- экономические (например, актуальные для промышленности — низкая производительность труда, длительный цикл вывода продукции на рынок, высокие транзакционные издержки, сложность формирования кооперационных цепочек и др.);
- социальные (в том числе необходимость повышения доступности медицинской помощи или трудоемкость процесса получения социальной поддержки);
- инфраструктурные (к примеру, отсутствие возможности мониторинга состояния объектов инфраструктуры, низкая эффективность и привлекательность российских транспортно-логистических коридоров).

На фоне увеличившихся санкционных ограничений возросло значение общесистемных рисков, препятствующих успешной цифровой трансформации отраслей. В условиях высокой неопределенности эффективность реализации поставленных задач во многом зависит от возможности адаптации к изменившимся условиям.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. СЕКТОР ИКТ

Сектор ИКТ объединяет виды экономической деятельности, связанные с разработкой, производством и распространением цифровых технологий и товаров и услуг на их основе, обеспечивая цифровыми решениями отрасли экономики и социальной сферы и выступая драйвером их цифровой трансформации.

Сектор ИКТ — совокупность видов экономической деятельности, связанных с производством продукции, предназначенной для выполнения функции (или позволяющей выполнять эту функцию) обработки информации и коммуникации с использованием электронных средств, включая передачу и отображение информации.

Состав сектора ИКТ на основе ОКВЭД 2 утвержден приказом Минкомсвязи России от 7 декабря 2015 г. № 515.

В структуре сектора выделяются следующие сегменты:

производство ИКТ — производство элементов электронной аппаратуры и печатных схем (плат), компьютеров и периферийного оборудования, коммуникационного оборудования, бытовой электроники, незаписанных магнитных и оптических технических носителей информации (коды ОКВЭД 2 26.1, 26.20, 26.30, 26.40, 26.80);

оптовая торговля товарами, связанными с ИКТ — оптовая торговля информационным и коммуникационным оборудованием (46.5);

деятельность в сфере телекоммуникаций — деятельность по передаче голоса, данных, текста, звука, видео (61);

отрасль информационных технологий (ИТ-отрасль) — разработка компьютерного программного обеспечения, консультативная деятельность и работы в области компьютерных технологий, деятельность по управлению компьютерным оборудованием, по обработке данных, предоставлению услуг по размещению информации (62.01, 62.02, 62.03, 63.11);

прочие ИКТ-услуги — издание программного обеспечения, деятельность, связанная с использованием вычислительной техники и информационных технологий (кроме видов деятельности ИТ-отрасли), ремонт компьютеров и коммуникационного оборудования (58.2, 62.09, 63.12, 95.1).

Сектор ИКТ поступательно развивался на протяжении нескольких лет и по состоянию на 2021 г. достиг ВДС в объеме около 3,72 трлн руб.² Однако весной 2022 г. именно на него оказались нацелены, может быть, наиболее масштабные санкции со стороны ряда ведущих в технологическом отношении стран. В данном разделе представлен обзор досанкционных параметров сектора ИКТ и рисков его развития в новых условиях.

Динамика и роль сектора ИКТ в экономике до 2021 г.

Несколько лет подряд динамика развития российского сектора ИКТ опережала темпы роста ВВП. Этот сегмент экономики проявил устойчивость и в непростой «ковидный» 2020 год — объем ВДС увеличился на 6% в реальном выражении³ на фоне падения ВВП на 2,7%, что было связано с активным переходом организаций и населения в онлайн [НИУ ВШЭ, 2022б]. В 2021 г. реальный прирост сектора ИКТ ускорился до 9,3%. В целом за 2015–2021 гг. ВВП увеличился на 7%, в то время как сектор ИКТ — на 35% (все значения — в реальном выражении). В результате его доля в ВВП⁴ выросла с 2,8% в 2015 г. до 3,2% в 2021 г. В секторе ИКТ занято 1,24 млн чел. (по итогам 2020 г.), или 2,9% среднесписочной численности работников в экономике. При этом примерно половину из них составляют ИКТ-специалисты⁵. Сектор является доста-

² Здесь и далее в докладе расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата, ФТС России, Банка России.

³ Используется индекс физического объема ВДС.

⁴ Подразумевается ВДС в основных ценах.

⁵ Прямое сопоставление среднесписочной численности работников и численности ИКТ-специалистов не проводится в силу различий источников данных и методологии оценки.

точно капиталоемким — в основном за счет телеком-компаний, которые инвестируют в базовые станции, оптоволоконные сети, дата-центры и др. В результате вклад сектора ИКТ в инвестиции в основной капитал в экономике больше, чем его доля в ВВП, и составляет 4,15%.

По вкладу сектора ИКТ в ВВП Россия находится в третьем-четвертом десятке стран мира⁶ [НИУ ВШЭ, 2019; 2021]. Более высокая (4–7%) доля сектора ИКТ в экономике характерна как для крупных развитых стран (США, Великобритания, Германия, Франция, Япония) с большой емкостью внутреннего рынка, так и для меньших по размеру экономик мира либо для развивающихся стран, которые специализируются на экспорте ИКТ-товаров или ПО (например, Эстония, Ирландия, Индия — экспорт ПО, Республика Корея — экспорт электроники)⁷.

Таким образом, если исходить из сопоставления с другими странами, а также принимать во внимание тренды цифровой трансформации экономики, в нашей стране сохраняется заметный потенциал роста сектора ИКТ и его вклада в ВВП (по нашим оценкам, минимум в 2–3 раза). Такой рывок может быть реализован в первую очередь за счет ИТ-отрасли, которая только за последние три года увеличилась почти вдвое (с 0,81 трлн руб. в 2018 г. до 1,51 трлн руб. в 2021 г. ВДС в фактических ценах), что привело к росту вклада ИТ-отрасли с 31 до 41% и сделало ее самым крупным сегментом сектора ИКТ (рис. 2).

На телеком-компании в 2021 г. приходилось 28% ВДС сектора ИКТ, или свыше 1 трлн руб. (против 36% в 2018 г.). За прошедшие три года этот сегмент рос медленнее остальных (всего на 10%), поскольку рынок связи насыщен (прирост новых абонентов незначителен) и расширялся в основном за счет увеличения ARPU (средняя выручка на одного пользователя). В будущем ситуация может измениться за счет выхода телеком-компаний на новый рынок интернета вещей.

⁶ Позиция зависит от количества стран, по которым имеются данные для оценки за соответствующий период.

⁷ Оценки по США, Японии, Индии, Республике Корею основываются на данных за 2018 г.

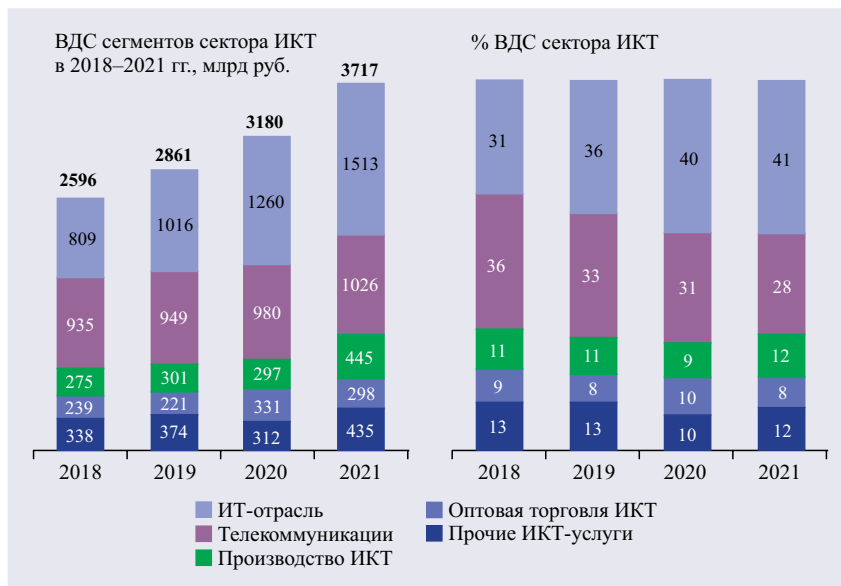


Рис. 2. ВДС сектора ИКТ и его сегментов в 2018–2021 гг.

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Производство ИКТ заметно расширилось за прошедшие три года (на 62%) и по итогам 2021 г. составляет 12%, или 445 млрд руб. в ВДС сектора ИКТ. Наряду с ИТ-отраслью это наиболее динамичный сегмент сектора ИКТ, что может свидетельствовать о некоторых успехах в локализации производства ИКТ-оборудования и электроники, в том числе при поддержке государства.

Оптовая торговля ИКТ резко выросла в 2020 г. на фоне увеличившегося спроса в период пандемии, но затем динамика замедлилась и в целом за период 2018–2021 гг. прирост ВДС оценивается в 25%. В 2021 г. на оптовую торговлю ИКТ приходилось 8% ВДС сектора ИКТ.

Динамика прочих ИКТ-услуг была нестабильна — в 2020 г. наблюдалось временное падение, но по итогам 2018–2021 гг. этот сегмент вырос на 28% и составляет 12% сектора ИКТ.

Динамика импорта ИКТ-товаров, компьютерных услуг и ПО

Развитие сектора ИКТ и внедрение цифровых технологий во всех сферах экономики и социальной сферы в последние несколько лет сопровождались увеличением импорта ИКТ-товаров и ПО (рис. 3).

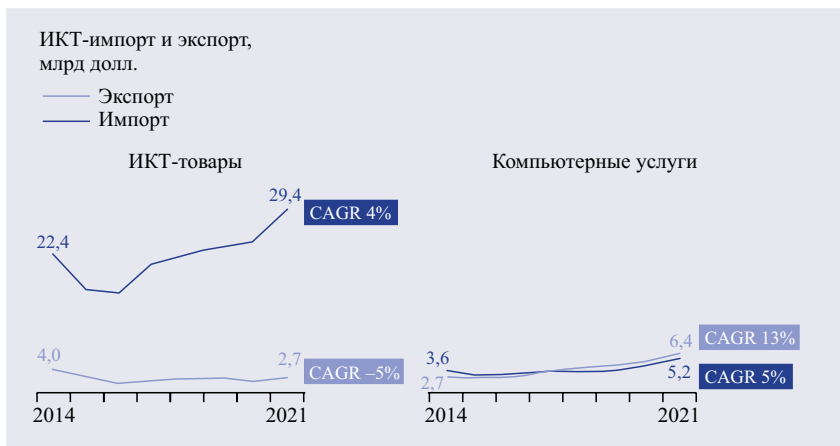


Рис. 3. Импорт и экспорт ИКТ-товаров и компьютерных услуг⁸ в 2014–2021 гг.

Источник: Расчеты НИУ ВШЭ по данным ФТС России, Банка России.

В период 2014–2021 гг. импорт ИКТ-товаров рос в долларовом выражении со среднегодовым темпом в 4% (в том числе в 2018–2021 гг. — 10% в год) и при этом в несколько раз превышал практически стагнирующий экспорт. В результате пассивное сальдо по ИКТ-товарам увеличилось с 18,4 млрд долл. в 2014 г. до 26,7 млрд долл. в 2021 г. Временное падение импорта ИКТ-товаров в долларовом выражении наблюдалось лишь в 2015–2016 гг., что преимущественно стало результатом более чем двукратного роста курса доллара и соответственно удорожания импорта для российских

⁸ Данные по компьютерным услугам за полный 2021 г. являются оценочными с учетом факта за девять месяцев 2021 г.

потребителей. В структуре импорта ИКТ-товаров в 2021 г. 37% занимают компьютеры и периферийное оборудование, закупки которых увеличивались быстрее всего — на 18% в год (в долларовом выражении) за 2018–2021 гг. Еще 39% приходится на оборудование связи (рост на 7% в год в тот же период), 10% — на потребительскую электронику (рост на 6% в год) и 14% — на прочие ИКТ-компоненты и товары (рост на 5% в год) [НИУ ВШЭ, 2021].

В части компьютерных услуг (фактически заказной разработки) ситуация была существенно лучше — в 2014–2021 гг. их экспорт рос в 2,5 раза быстрее, чем импорт (13% против 5% в год), в результате чего с 2017 г. поддерживалось положительное сальдо по данной статье внешней торговли. Дополнительно необходимо отметить некоторое улучшение ситуации с лицензиями на ПО — по оценкам⁹, в 2020 г. их импорт со стороны сектора информации и связи (включая ИТ-отрасль) составил около 1 млрд долл., экспорт — около 0,7 млрд долл. (в 2019 г. — 1,3 и 0,7 млрд долл. соответственно) [НИУ ВШЭ, 2021]. По данным за девять месяцев 2021 г. импорт и экспорт лицензий на ПО почти сравнялся, составив около 0,7 млрд долл. То есть отрицательное сальдо уменьшилось с 0,5 млрд долл. в 2019 г. до почти нулевого в 2021 г. (по предварительным оценкам). Данные оценки не учитывают импорт лицензий дистрибьюторами ПО.

Оценка зависимости от ИКТ-импорта и санкционные риски для развития передовых цифровых технологий

Степень зависимости российской экономики от ИКТ-импорта можно оценить, сопоставив его с ВДС сектора ИКТ. Так, в 2021 г. суммарный ИКТ-импорт составил около 35,5 млрд долл., включая 29,4 млрд долл. импорта ИКТ-товаров, 5,2 млрд долл. импорта

⁹ Оценивается по данным Банка России об экспорте (импорте) по статье «Плата за пользование интеллектуальной собственностью» со стороны российских резидентов, относящихся к «Разделу J. Деятельность в области информации и связи» ОКВЭД 2. В силу вида деятельности организаций данного раздела ОКВЭД 2 основной объем платы за пользование интеллектуальной собственностью, по оценкам, приходится именно на лицензии на ПО. Вместе с тем импорт лицензий на ПО также осуществляется дистрибьюторами ПО, которые, как правило, зарегистрированы с основным видом деятельности «46.51 Торговля оптовая компьютерами, периферийными устройствами к компьютерам и программным обеспечением», не входящим в раздел J ОКВЭД 2.

компьютерных услуг (преимущественно заказной разработки) и не менее 1 млрд долл. (оценочно) импорта лицензий на ПО. С учетом среднегодового курса доллара суммарный импорт ИКТ-товаров и услуг, включая ПО, можно оценить в 2,62 трлн руб. в 2021 г. Это около 70% от ВДС сектора ИКТ. Для сравнения: в 2019 г. данное соотношение составляло 64%, в 2020 г. — 67% (рис. 4).

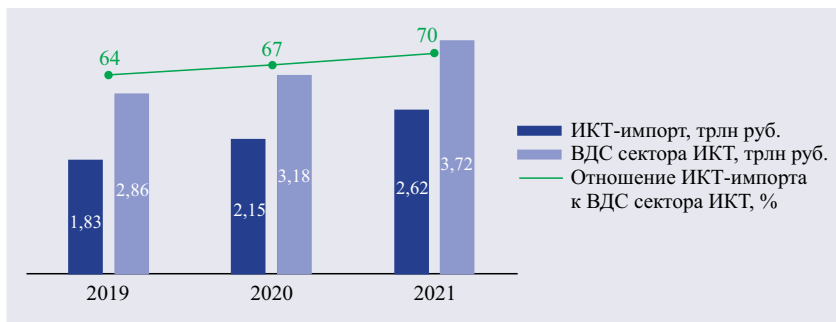


Рис. 4. Соотношение ИКТ-импорта и ВДС сектора ИКТ в 2019–2021 гг.

Источник: Расчеты НИУ ВШЭ по данным Росстата, ФТС России, Банка России.

Таким образом, необходимо отметить достаточно высокую и при этом растущую зависимость от ИКТ-импорта. Если отталкиваться от стоимостных показателей, это в основном обусловлено увеличивающимися закупками иностранного компьютерного, периферийного и телеком-оборудования, а также ПО.

С точки зрения санкционных рисков важна также география импорта. По данным статистики, компьютерные услуги и ПО Россия импортирует в основном из западных стран, со стороны которых весной 2022 г. был введен ряд санкций, в том числе в отношении ПО (лицензий) для российских пользователей (рис. 5). При этом зависимость российских организаций от иностранного ПО составляет около 68% (доля затрат на иностранное ПО в общем объеме затрат на ПО за 2020 г., по данным Росстата). Это касается почти всех классов как прикладного (ERP, CAD/CAM/CAE, PLM, MES-системы, офисные пакеты и др.), так и базового



Рис. 5. Структура импорта ИКТ-товаров и компьютерных услуг в Россию по странам

Источник: Расчеты НИУ ВШЭ по данным ФТС России, Банка России.

ПО (операционные системы, виртуализация, управление базами данных и др.).

География импорта ИКТ-товаров кардинально иная: почти 85% приходится на страны Азии, в том числе 65% — на Китай, 8,4% — на Вьетнам, 3,7% — на Тайвань. Однако в данном случае необходимо принимать во внимание несколько аспектов и «скрытых» источников санкционных рисков.

Так, в основе большинства производимого в Китае и других странах Азии ИКТ-оборудования и электроники лежат технологии и интеллектуальная собственность западных компаний, которые вправе накладывать ограничения на их экспорт из стран производства в Россию («вторичные санкции»).

Кроме того, в ИКТ-товары (по ТН ВЭД) не входит целый спектр оборудования с высокой долей встроенной электроники и программно-аппаратных комплексов для различных отраслей, например медицинское, лабораторное оборудование, автоматизирован-

ные линии и промышленные роботы. Подавляющее большинство их них импортируется, в том числе из стран ЕС и США.

Также необходимо учитывать зависимость от импорта микроэлектроники, которая критически значима для многих технологических цепочек и выпуска широкого спектра конечных продуктов. Так, сокращение поставок или полное отсутствие доступа к закупкам иностранных микрочипов может существенно усложнить функционирование даже тех отраслей, в которых благодаря локализации удалось добиться создания заметной добавленной стоимости на территории России (например, в автопроме).

Наконец, рост курсов иностранных валют и нарушение логистики поставок приводят к удорожанию импортных ИКТ-товаров, в том числе инвестиционных (системы хранения, серверы, базовые станции, прочее телеком-оборудование и аппаратное обеспечение и т.п.), и соответственно к сокращению реальных инвестиций сектора ИКТ и сложностям с обеспечением потребности рынка, например, в вычислительных мощностях [Коммерсант, 2022б].

Негативные последствия санкций весны 2022 г. проявляются не только в ограничениях на ИКТ-импорт. «Под удар» попадают и экспортно ориентированные ИТ-компании, которые работали преимущественно с западными заказчиками (так, на них приходилось минимум 70% экспорта компьютерных услуг в 2021 г., в том числе на США — 35%). По оценкам, среди ИТ-компаний в России примерно одна треть работала в том числе на внешний рынок [РУССОФТ, 2021]¹⁰.

Осложнение экономического положения, угрозы «профессиональной изоляции» (отключения от привычных глобальных ИТ-сервисов) и другие факторы, возникающие на фоне санкций, обостряют проблему миграции высококвалифицированных ИТ-кадров, дефицит которых и ранее оценивался в несколько сотен тысяч человек. По нашим оценкам, в условиях санкций резко повышается вероятность отъезда за рубеж 50–100 тыс. разработчиков ПО как наиболее мобильной и глобально конкурентоспособной категории специалистов. В основном речь идет о сотрудниках ИТ-компаний и фрилансерах, а также целых компаниях (включая

¹⁰ Аналогичные оценки получаются на основе соотношения объемов экспорта компьютерных услуг и лицензий на ПО и ВДС ИТ-отрасли.

стартапы), задействованных в проектах зарубежных заказчиков [Коммерсант, 2022б]. Для них миграция, во-первых, становится практически «вынужденной» из-за усложнившегося экспорта и взаимодействия с иностранными контрагентами, во-вторых, легко осуществима благодаря наличию работодателей и заказчиков за рубежом. Высокая востребованность за рубежом увеличивает риск оттока ИТ-специалистов, занимавшихся внедрением в России ПО глобальных вендоров (например, SAP, Oracle, Microsoft), сотрудников российских подразделений международных ИТ-компаний, а также контрибьюторов в международные open source проекты. Правительство уже предприняло ряд шагов по сохранению кадрового потенциала ИТ-отрасли. Однако из более чем 1,3 млн ИТ-специалистов в секторе ИКТ занято лишь около 450 тыс., а остальные — в отраслях — потребителях цифровых технологий. Риски релокации этой группы работников сложнее оценить количественно, но и они представляются довольно значительными. В связи с этим целесообразно предусмотреть пакет мер по поддержке улучшения условий работы ИТ-специалистов в отраслях экономики и социальной сферы.

Технологические санкции в отношении России создают угрозу для развития «триады» сквозных технологий, лежащих в основе цифровой трансформации, — ИИ, интернета вещей и сетей связи пятого поколения (5G).

Так, в части ИИ ключевым сдерживающим фактором будет ограниченность вычислительных мощностей, поскольку при создании суперкомпьютеров используются в том числе графические ускорители NVIDIA, Intel, AMD. В начале марта 2022 г. со стороны данных компаний поступили заявления о приостановке поставок в Россию, в том числе с заводов, расположенных в Китае, на Тайване [CNews, 2022b].

В части интернета вещей основная проблема также касается импортного аппаратного обеспечения и микроэлектроники, включая микроконтроллеры (она становится особенно критичной для развития TinyML, т.е. машинного обучения на периферии). Необходимо отметить, что традиционная для сферы электроники схема контрактного производства (с размещением заказа на заводах в Китае, на Тайване, в Республике Корея) становится рискованной для России. Примером служит сложившаяся в марте 2022 г.

ситуация, когда тайваньская компания TSMC прекратила выпуск отечественных процессоров «Байкал» и «Эльбрус» [CNews, 2022a]. По оценкам экспертов, перепроектирование процессоров под другие технологические нормы, например, для запуска производства в Китае, займет два-три года.

Что касается развития сетей связи 4G и 5G, то при аналогичных проблемах с зависимостью от импорта можно отметить два положительных аспекта: во-первых, в нашей стране уже есть разработки в части отдельных элементов комплексного решения 5G со сроком готовности в 2022–2023 гг. (как на базе ГК «Ростех», так и в рамках консорциума на базе архитектуры OpenRAN); во-вторых, в данном направлении имеется возможность партнерства с китайскими производителями (в частности, с Huawei), имеющими собственные разработки [НИУ ВШЭ, 2022a].

В настоящее время Правительство Российской Федерации предпринимает комплекс мер, нацеленных на уменьшение масштабов кризисных явлений в сфере цифровизации в связи с санкциями (в частности, набор первоочередных мер по обеспечению ускоренного развития ИТ-отрасли предусмотрен в Указе Президента Российской Федерации от 2 марта 2022 г. № 83). В их число входит расширение грантов на разработку отечественных цифровых решений (со снижением требований по доле внебюджетного софинансирования), льготные кредиты для ИТ-компаний (на разработку новых продуктов, пополнение оборотных средств, возмещение НДС и сохранение рабочих мест), обнуление ставки налога на прибыль для ИТ-компаний и смягчение требований к получателям льгот по страховым взносам и налогу на прибыль, освобождение от налоговых проверок, валютного контроля, прочего контроля на три года, консолидация и упрощения заказа госсектора и госкомпаний на отечественное ПО, создание маркетплейса российского ПО, упрощение ИКТ-импорта и обнуление таможенных пошлин, льготная ставка по ипотеке и отсрочка от армии для сотрудников ИТ-компаний. Параллельно реализовывается ряд мер для телеком-операторов, призванных снизить дефицит инвестиционных ресурсов и импортного ИКТ-оборудования из-за роста курса доллара и запрета (ограничений) поставок. В том числе: приостановка требований по хранению видеотрафика и наращиванию мощностей для этого, возможность совместного

использования инфраструктуры сети связи несколькими операторами, приостановка требований по покрытию дорог и малых населенных пунктов LTE и др. Кроме того, устанавливается запрет на приобретение иностранного ПО для объектов критической инфраструктуры¹¹.

Вместе с тем надо признать, что в настоящее время ни одна страна в мире не способна полностью обеспечить себя всеми необходимыми цифровыми технологиями. В связи с этим разрыв технологических цепочек и запрет на импорт вследствие санкций безусловно затормозит цифровую трансформацию отраслей. Потребуется значительное время на адаптацию технологических и бизнес-процессов, поиск новых поставщиков.

¹¹ Указ Президента Российской Федерации от 30 марта 2022 г. № 166.

СПРОС ОТРАСЛЕЙ НА ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Промышленность

Глобальные тренды цифровой трансформации

В основе цифровой трансформации промышленности лежат схожие концепции «Индустрия 4.0» и «Фабрики будущего», включая цифровые («безбумажное проектирование и производство») и умные («безлюдное производство») фабрики и распределенные сети из них — виртуальные фабрики [European Commission, 2018; НТИ, 2021]. Они предполагают цифровизацию всего жизненного цикла изделий — от идеи до утилизации [НТИ, 2021]. Цифровая трансформация промышленности опирается на целый спектр передовых технологий, в первую очередь виртуального моделирования, интернета вещей (IoT), робототехники, ИИ, больших данных, облачных вычислений, предиктивной аналитики, аддитивного производства и др.

Одним из важных элементов цифровой трансформации является внедрение технологий компьютерного и суперкомпьютерного моделирования и цифровых двойников изделий с последующим проведением виртуальных испытаний и оптимизацией. Базой для их применения являются программные продукты для проектирования и компьютерного инжиниринга на основе математического и имитационного моделирования (CAD, CAM, CAE и др.), управления жизненным циклом продукта (PLM).

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. Это 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; Ericsson, 2020]. На умных фабриках так-

же широко применяются роботы, аддитивные технологии (3D- и 4D-печать), промышленные аватары с управлением через нейроинтерфейсы и др.

Послепродажное обслуживание в настоящее время начинает восприниматься как отдельное ценностное предложение и самостоятельный источник дохода. Благодаря цифровым технологиям в нем обеспечивается переход на сервисную бизнес-модель («товар как услуга») и предиктивное обслуживание (от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию»). Это становится возможно, в том числе, за счет анализа больших данных о пользовательском опыте и данных с IoT-устройств, установленных на изделиях.

Цифровая трансформация промышленности не только ведет к снижению затрат и повышению производительности труда, качества продукции, но и позволяет сократить сроки вывода продуктов на рынок (time to market), обеспечить массовую кастомизацию и гибкое производство, быстро адаптируемое к внешним изменениям. Мировыми лидерами цифровой трансформации промышленности являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Япония, Южная Корея), Европейского союза (Германия, Франция), Великобритания, США и Канада [PwC, 2020]. В Германии 40% предприятий уже используют цифровые технологии, а 23% планируют их внедрение в ближайшие годы [Центр международной торговли, 2020]. В Дании 66% предприятий обрабатывающей промышленности используют технологии облачных сервисов, а 38% — промышленных роботов и автоматизированные линии. В Чехии активно внедряется интернет вещей — на 46% предприятий страны. Лидером среди стран Европы по использованию технологий ИИ, а также анализа больших данных является Ирландия — 22% промышленных предприятий уже используют ее [НИУ ВШЭ, 2022б].

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.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Различные отрасли промышленности отличаются между собой преобладающими в них бизнес-моделями, уровнем технологической и цифровой зрелости, готовностью организаций к изменениям, особенностями формирования и использования данных и другими параметрами.

Использование цифровых технологий

Российская обрабатывающая промышленность заметно опережает другие отрасли экономики по масштабам использования цифровых технологий (рис. 6).

Кейсы применения цифровых технологий в промышленности

Кейс 1. ПАО «Северсталь» и ВТБ разработали новый сценарий для отраслевого блокчейн-реестра сертификатов качества металлопродукции. Инициатива позволит ускорить отгрузку металлопродукции, а также осуществлять ее без привязки к банковским дням, включая выходные и праздники [Северсталь, 2021].

Кейс 2. В 2021 г. производитель кабельной продукции ГК «Москабельмет» на 10% увеличил эффективность производства после установки роботов-манипуляторов московского разработчика Agipix Robotics. Благодаря такой технологии производственный процесс ускорился, снизились количество простоев из-за человеческого фактора и процент брака, а также появилась возможность снять 13 рабочих с вредных для здоровья участков производства [RusCable.ru, 2022].

Кейс 3. В Кольской ГМК (входит в группу «Норникель») создают цифровой двойник производства: все здания и местность промышленной площадки компании переведены в 3D-модель. Технологии трехмерного моделирования активно используются при строительстве новых производств, наличие 3D-модели позволяет компании более точно проектировать здания и избегать возможных инженерных ошибок при монтаже технологических систем, оборудования и инженерных коммуникаций [Comnews, 2022].

Кейс 4. Перенос инфраструктуры и ИТ-систем в Облако «КРОК» помог пищевой компании «Грейн Холдинг» сделать управление ресурсами и ИТ-ландшафтом более удобным и гибким: сократились сроки отгрузки продукции и ее доставки, на всех площадках работают интегрированные системы расчета маршрутов транспорта. Также успешно реализуется проект по отслеживанию рецептов: если задано выпекание определенного вида хлеба, то вся линия и все оборудование автоматически подстраивает свои настройки именно под этот продукт (раньше сотруднику приходилось выставлять каждый параметр настройки самостоятельно) [Croc Cloud Services, 2020].

Наиболее «популярны» в 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. В числе наиболее роботизированных отраслей — автомобильная промышленность, химические и нефтехимические производства. RFID применяют 16,5% предприятий, в первую очередь в рамках систем контроля производственного цикла на конвейерах и работы оборудования. Цифровые платформы используют 16% компаний обрабатывающей промышленности. Меньше всего предприятиями промышленности используются цифровые двойники (3,3%, что, однако, в 3 раза выше среднего по экономике) и ИИ (3,6%, что ниже среднего по экономике) [НИУ ВШЭ, 2022а]. 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%.

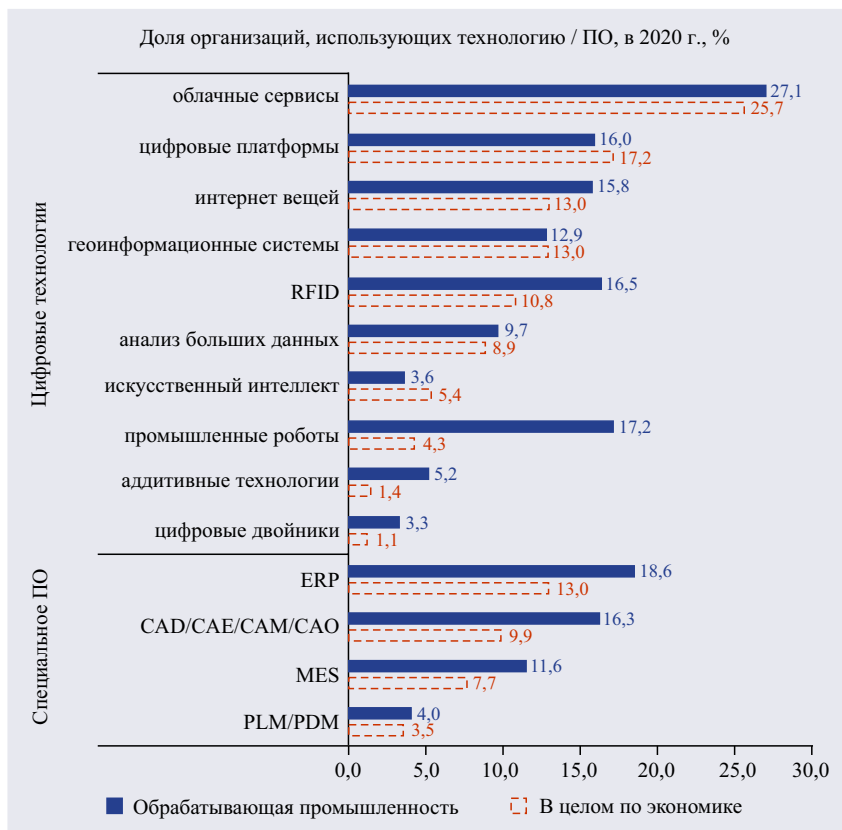


Рис. 6. Использование цифровых технологий и ПО организациями обрабатывающей промышленности

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Инвестиции в цифровизацию

Обрабатывающая промышленность вносит значительный вклад в общий объем затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий — 8,7%, или 256,6 млрд руб. в 2020 г. (рис. 7). Отношение затрат на цифровые технологии к ВДС промышленности ниже, чем в среднем по экономике, —

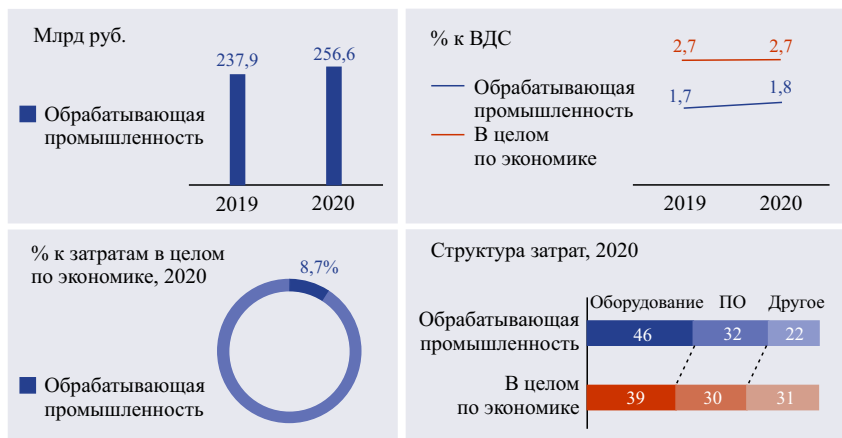


Рис. 7. Затраты организаций обрабатывающей промышленности на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

1,8% против 2,7% соответственно. В то же время в 2020 г., несмотря на кризисные явления, связанные с пандемией коронавируса, наблюдался рост этого показателя благодаря опережающему увеличению затрат в абсолютном выражении, составившему 8% относительно уровня 2019 г. Основная часть затрат на цифровые технологии в промышленности приходится на машины и оборудование (46%) и на ПО (32%), указанные доли несколько выше, чем в других отраслях.

Доля закупаемого отечественного ПО в обрабатывающей промышленности немного ниже, чем в среднем по экономике, — 30,4% против 31,8% соответственно. Отечественными являются преимущественно неспецифичные для отрасли продукты, такие как системы бухгалтерского учета, документооборота.

30,4% — доля затрат организаций обрабатывающей промышленности на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

Сохраняется высокая зависимость от практически всех видов промышленного и инженерного ПО (MES, SCADA, CAD, CAM,

САЕ, PLM, PDM и др.). В основном предприятия работают на иностранном ПО, кастомизированном под российского заказчика. Главный фактор, усложняющий переход на отечественное ПО, — это несовместимость его с иностранными аналогами и необходимость единовременной замены многих программных продуктов и их интеграции со всеми системами предприятия. При этом предложение отечественного промышленного и инженерного ПО на данный момент достаточно ограничено и не полностью отвечает потребностям компаний, в первую очередь по функциональности. Кроме того, даже в программных продуктах российских разработчиков высока доля иностранных составляющих (библиотек, «движков» и т.п.), что создает угрозы в условиях санкций, особенно для стратегически значимых объектов [Ведомости, 2021]. 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».

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в обрабатывающей промышленности было занято 270,7 тыс. ИКТ-специалистов, включая 144,4 тыс. ИТ-специалистов, что составляет 2,7 и 1,4% занятых в отрасли соответственно [НИУ ВШЭ, 2021]. По данным показателям промышленность значительно превосходит другие отрасли — потребители цифровых технологий (рис. 8).

За 2020 г. спрос на ИКТ-специалистов в промышленности вырос как в абсолютном выражении, так и относительно общей численности занятых. Вклад сферы промышленности в общее количество ИКТ-специалистов в экономике составляет 15,3% (11,1% — по ИТ-специалистам).

ИТ-специалисты на предприятиях осуществляют кастомизацию ИТ-решений, интеграцию продуктов внешних вендоров с внутренними системами и процессами на предприятии, дальнейшую поддержку и развитие ИТ-систем. Крупные ИТ-инсорсинговые компании или подразделения имеют, например, Росатом, Ростех, «Северсталь», «Сибур Холдинг», «ЕВРАЗ», НЛМК, «КАМАЗ» [TAdviser, 2021]. Собственные ИТ-команды необходимы для последовательной реализации проектов цифровой трансформации.

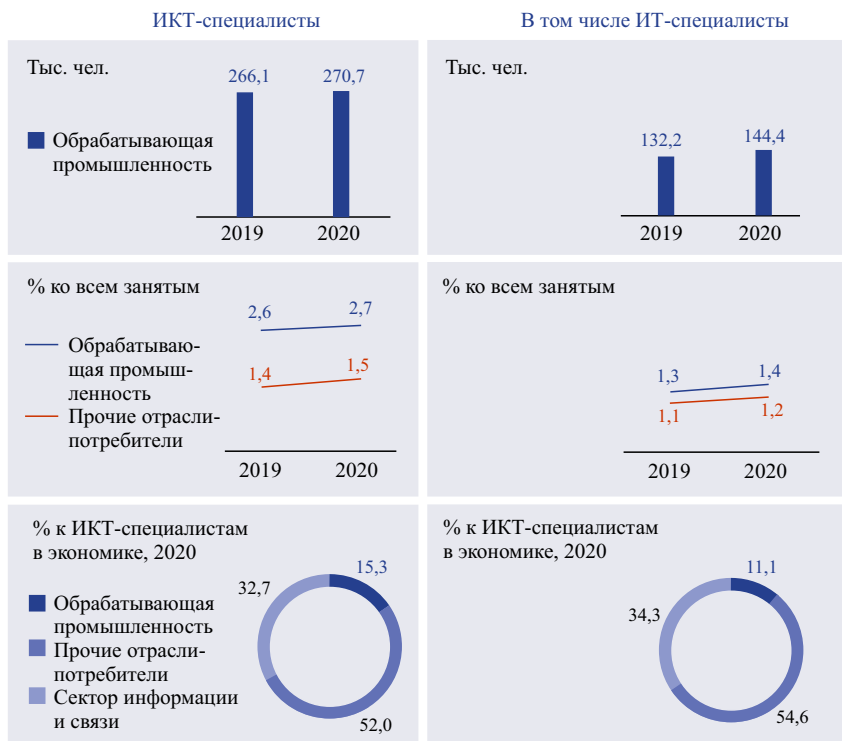


Рис. 8. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в обрабатывающей промышленности

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Политика цифровой трансформации

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 промышленности¹², которая в том числе направлена на достижение ее цифровой зрелости.

¹² Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности Российской Федерации до 2030 г.,

Стратегия цифровой трансформации

Цифровизация промышленности — один из ключевых приоритетов для ведущих зарубежных стран. Автоматизация и модернизация производства с помощью цифровых технологий являются первостепенными задачами в рамках стратегических документов ЕС, США, Китая, Южной Кореи, Японии. Поддержка цифровой трансформации промышленности осуществляется с помощью различных инструментов и мер государственной политики, например, предоставления грантов на проведение исследований и разработок в Великобритании [High Value Manufacturing Catapult, 2022], создания промышленно-технологических лабораторий в Нидерландах [Brainport Industries, 2022], развития кооперации и формирования кластеров с участием промышленных предприятий в Китае [The Information Office of Hangzhou Municipal People's Government, 2021].

В утвержденной стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности предусмотрено несколько приоритетных проектов.

Проект «Умное производство» решает задачи повышения эффективности использования основных фондов, сырья и материалов, расширения технологических возможностей предприятий, разработки и внедрения российского ПО по ключевым классам, а также повышения доли предприятий, использующих технологии предиктивной аналитики и промышленного интернета вещей.

Проект «Цифровой инжиниринг» обеспечит сокращение сроков вывода промышленной продукции на рынок, создание универсальных маркетплейсов с ресурсами для разработки и реализации продукции (от идеи до рынка), формирование единых форматов данных, а также повышение доли предприятий, использующих технологии цифровых двойников и виртуальные испытания.

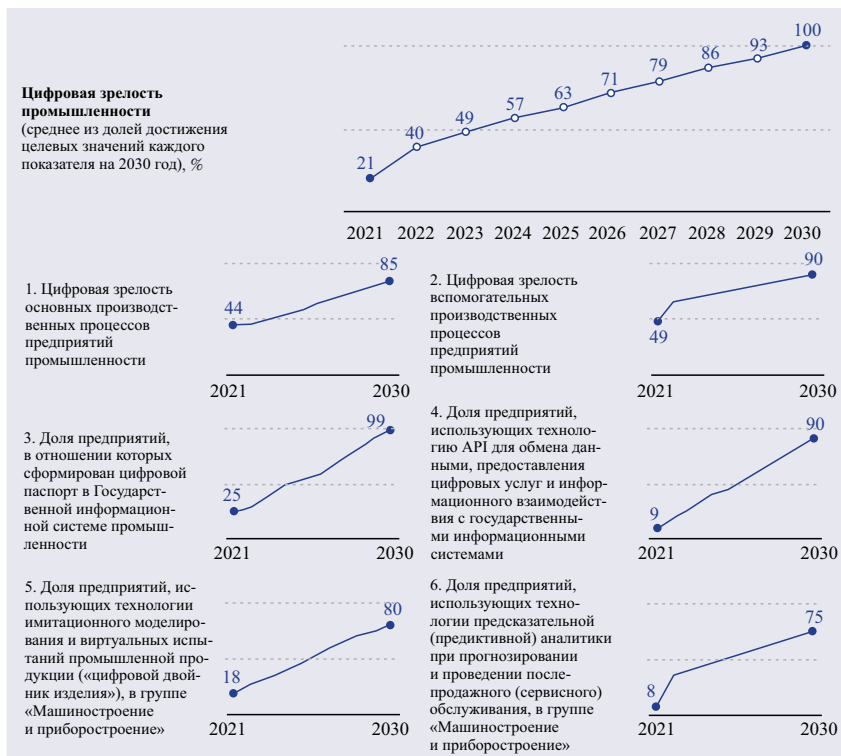
Проект «Продукция будущего» предполагает переход к модели гибкого конвейерного производства (кастомизация под клиента), внедрение технологии предиктивной аналитики для перехода от «ремонта по регламенту» к «ремонту по состоянию», а также внедрение сервисной модели реализации промышленной продукции и обеспечение широкого доступа к технологиям.

утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 ноября 2021 г. № 3142-р.

Проект «Новая модель занятости» нацелен на решение проблемы низкой производительности труда и нерационального использования ресурсов. В результате его реализации будут созданы биржи компетенций, а также сервисы, нивелирующие нехватку необходимых для цифровой трансформации компетенций и позволяющих обеспечить повышение производительности труда.

Цифровая зрелость

В рамках реализации Указа № 474 Минпромторг России осуществляет мониторинг цифровой зрелости обрабатывающей промышленности. В частности, на основе анкетирования системообразующих предприятий оценивается цифровая зрелость их основных и вспомогательных производственных процессов. В 2021 г. она находилась на уровне 44 и 49% соответственно (рис. 9).



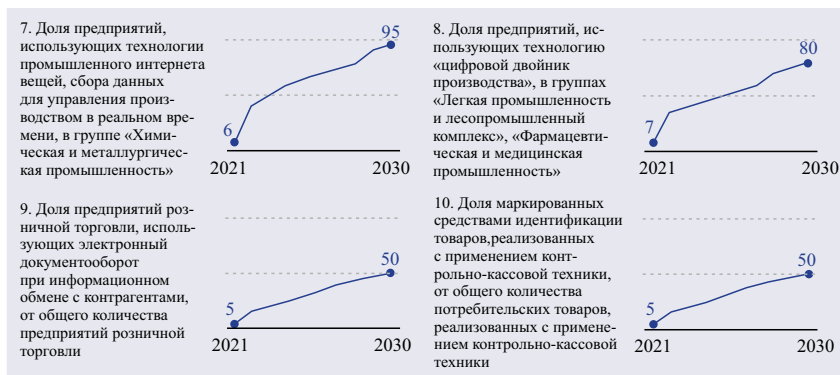


Рис. 9. Показатели оценки цифровой зрелости промышленности в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»¹³

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минпромторга России, Минцифры России.

Ряд показателей фокусируется на оценке использования предприятиями конкретных технологий — API, имитационное моделирование и виртуальные испытания, предиктивная аналитика, цифровые двойники, интернет вещей. При этом обеспечена дифференциация оценки в зависимости от того, для какой подотрасли промышленности соответствующая технология наиболее актуальна, — машиностроения, химической, металлургической, фар-

¹³ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Промышленность», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности. Расчет показателей 1–2, 4–8 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».

мацевтической и медицинской промышленности и (или) легкой промышленности и лесопромышленного комплекса. Доля предприятий, использующих те или иные цифровые технологии, по состоянию на 2021 г. находится в диапазоне от 6 до 18% (в рамках соответствующих подотраслей). К 2030 г. поставлены довольно амбициозные цели по достижению таких показателей — предполагается, что от 75 до 90% предприятий будут использовать цифровые технологии.

Также цифровая зрелость промышленности оценивается по доле предприятий с цифровым паспортом в Государственной информационной системе промышленности (25% по состоянию на 2021 г.), а для розничной торговли актуальны показатели использования электронного документооборота и доли маркированных средствами идентификации товаров, которые сейчас находятся на уровне 5% (цель — 50%).

Общее значение цифровой зрелости обрабатывающей промышленности составило 21% в 2021 г., а по итогам 2022 г. планируется достигнуть значения в 40%.

Согласованность приоритетов

Приоритеты политики цифровой трансформации российской промышленности в высокой степени соответствует глобальным трендам, охватывая практически весь жизненный цикл продукции (проектирование, производство, обслуживание), концепции умных фабрик, массовой кастомизации, сервисной модели реализации продукции, а также широкий спектр лежащих в их основе цифровых технологий (цифровые двойники изделий и процессов, виртуальные испытания, интернет вещей, предиктивная аналитика, цифровые платформы) (рис. 10). Особый акцент сделан на внедрении отечественного промышленного и инженерного ПО, развитии электронного документооборота, а также наращивании компетенций персонала, в том числе цифровых.

В то же время сегодня практически не уделяется внимание внедрению промышленных роботов и ИИ, а также аддитивных технологий, которые могут способствовать массовой кастомизации и ускорять разработку и испытания продукции, в первую очередь в машиностроении.

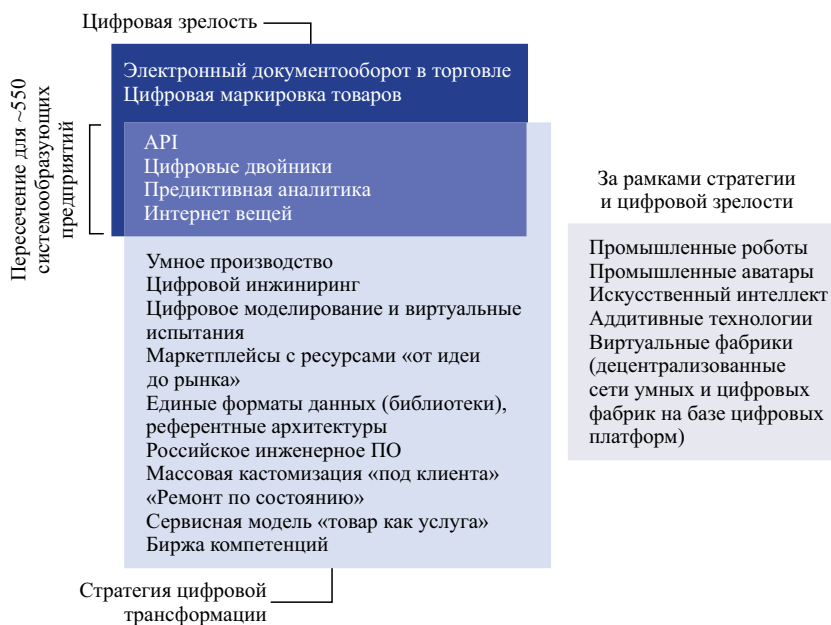


Рис. 10. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации промышленности

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Стоит отметить, что одна из ключевых сложностей реализации политики цифровой трансформации обрабатывающей промышленности состоит в обеспечении полного охвата предприятий — не только крупные системообразующие компании (включая госкомпании и госкорпорации), но и малый и средний частный бизнес должны пройти через трансформацию производственных и бизнес-процессов, что позволит создать новые, более эффективные производственные экосистемы на базе цифровых платформ (в том числе в рамках концепции виртуальных фабрик).

Таким образом, совершенствование политики и мер поддержки цифровой трансформации промышленности целесообразно сосредоточить на задачах «массовизации» внедрения цифровых

технологий предприятиями. Для этого необходимо преодолеть такие барьеры, как нехватка финансовых ресурсов, недостаток компетенций (как для управления проектами цифровой трансформации — у менеджмента, так и для использования цифровых технологий — у производственного и обслуживающего персонала), «лоскутная» автоматизация и цифровизация, проведенная на более ранних этапах на основе разрозненных ИТ-решений, причем в основном зарубежных, отсутствие практик и культуры работы с данными, риски информационной безопасности (для некоторых отраслей).

Риски для цифровой трансформации

Введенные весной 2022 г. санкции могут иметь неоднозначное влияние на российскую обрабатывающую промышленность. В краткосрочной перспективе негативное воздействие окажут приостановка продаж и обновлений зарубежного ПО, запрет поставок иностранных комплектующих, удорожание материалов и оборудования (в том числе из-за колебаний валютных курсов), рост процентных ставок по кредитам, снижение платежеспособного спроса и объемов экспорта произведенных товаров. В средне- и долгосрочной перспективе санкционное давление станет критическим стимулом для диверсификации цепочек поставок, поиска новых поставщиков, расширения номенклатуры импортозамещения.

Еще до последней волны санкций эксперты отмечали наличие «навеса» избыточной занятости в экономике — рабочих мест с низкой производительностью и соответственно оплатой труда, что можно было считать формой скрытой безработицы [ЦМАКП, 2022]. Однако на фоне санкций в условиях вынужденного простоя многих производств, в том числе из-за отсутствия импортных компонентов и комплектующих и (или) сокращения продаж (в первую очередь экспортных), вопрос избытка кадров встает еще острее. Внедрение систем автоматизации, роботизации может быть отложено, поскольку это усугубляет проблему высвобождения работников.

В отсутствие доступа к обновлениям и поддержке зарубежного ПО будут расти риски сбоев информационных систем предприя-

тий, а невозможность приобретения новых лицензий затормозит их масштабирование. Программные продукты, которые используются в промышленности, 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. В связи с этим в ближайшее время ИТ-команды промышленных предприятий должны будут обеспечить бесперебойную работу имеющихся решений в условиях возрастающих угроз кибербезопасности, связанных с отсутствием доступа к обновлениям ПО.

Достаточно сложная ситуация возникла и в микроэлектронике, поскольку сегодня невозможно обеспечить импортонезависимость по всему фронту прежнего импорта. По сравнению с ПО, в области микроэлектроники требуются несопоставимо большие объемы инвестиций, а также кадровые ресурсы для создания базовых технологий. Российские разработки и производство оборудования пока еще могут базироваться в основном только на импортных компонентах, микропроцессорах, полупроводниковых технологиях, системах автоматизированного проектирования.

В рамках государственной поддержки цифровой трансформации промышленности целесообразно обеспечить, в том числе, поддержку консорциумов по разработке промышленного и инженерного ПО, льготное кредитование импортозамещающих предприятий, изменение логистических схем, максимально благоприятные условия развития бизнеса, в том числе в части налоговых режимов.

Топливо-энергетический комплекс

Глобальные тренды цифровой трансформации

Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является одним из ключевых инструментов повышения эффективности отрасли и увеличения производительности энергетических компаний в условиях быстро меняющегося рынка, растущей конкуренции и ужесточения экологических требований.

Цифровые технологии обеспечивают сквозную интеграцию производственных процессов, автоматизацию рутинных и опасных операций, более гибкое управление. Цифровая трансформация сегодня затрагивает все сегменты ТЭК, меняя его архитектуру.

Технологии виртуальных поисковых и разведочных работ, дистанционное зондирование земли и геоинформационные системы на основе 3D-моделирования активно используются для разведки различных видов ископаемых энергоресурсов. Перевод в цифровую среду бизнес-процессов позволяет существенно сократить трудозатраты и снизить временные издержки, повысить клиентоориентированность (бизнес-модель «добыча как услуга», Mining-as-a-Service, MaaS).

Повышение эффективности добычи ресурсов — одна из ключевых задач в нефтегазовом секторе. По оценкам экспертов, на сегмент «upstream» приходится примерно 42% от всех цифровых решений, применяемых в нефтяной промышленности [Future Market Insights, 2022]. Расширяется применение цифровых платформ в сфере управления сбытом и цепочкой формирования добавленной стоимости — «цифровой downstream». Реализация проектов «цифрового месторождения» предполагает внедрение целого комплекса решений, в том числе цифровых двойников энергетических объектов. Такие технологии включают контроль жизненного цикла объектов, 3D-моделирование и визуализацию, дистанционное управление и платформенные решения на основе интернета вещей [Oilfield Technology, 2021].

Внедрение комплексных цифровых систем активно осуществляется и в угольной отрасли. В рамках решений по созданию цифровых шахт и цифровых рудников в единую сеть промышленного интернета объединяются роботизированная спецтехника, датчики, измерительные приборы и мобильные приложения для геолокации и управления безопасностью, применяются беспилотные летательные аппараты и решения в области цифрового моделирования [Hexagon, 2022].

Широкое распространение в электроэнергетике получили «умные» сети и микросети (smart grid, microgrid), системы энергообеспечения на базе возобновляемых источников энергии (renewable grid). Такие локальные распределительные сети могут работать в

автономном режиме, объединяя генерацию, передачу и хранение электроэнергии и перераспределяя ее потоки в зависимости от текущего спроса [IEEE Smart Grid, 2022].

Цифровизация ТЭК стимулирует развитие трендов на создание децентрализованных энергосистем, интеграцию «зеленой» энергетики и расширение спектра межотраслевых технологий (таких как Vehicle-to-Grid). При этом все большее внимание уделяется потребителям энергии: энергетические компании в рамках реализации бизнес-модели «энергия как услуга» (Energy-as-a-Service, EaaS) предлагают кастомизированные решения и услуги полного цикла, которые позволяют повысить энергоэффективность и обеспечить высокую прослеживаемость энергоресурсов [НИУ ВШЭ, 2021б].

В нашей стране ТЭК является одним из ключевых секторов экономики. Сегодня отрасль формирует более 17% ВВП [Росстат, 2021]. В связи с этим оптимизация и трансформация производственных и бизнес-процессов в ТЭК — заметный фактор социально-экономического развития.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Цифровые технологии применяются организациями ТЭК с целью увеличения добычи энергоресурсов, повышения безопасности, снижения потерь, сокращения временных и трудовых затрат. Достижение этих эффектов зависит от целого комплекса факторов, включая наличие необходимых компетенций и финансовых ресурсов для разработки и внедрения эффективных цифровых решений на энергообъектах.

Использование цифровых технологий

В 2020 г. интенсивность использования цифровых технологий в ТЭК в основном соответствовала картине по экономике в целом, при этом энергообеспечивающие компании несколько опережают добывающие (рис. 11).

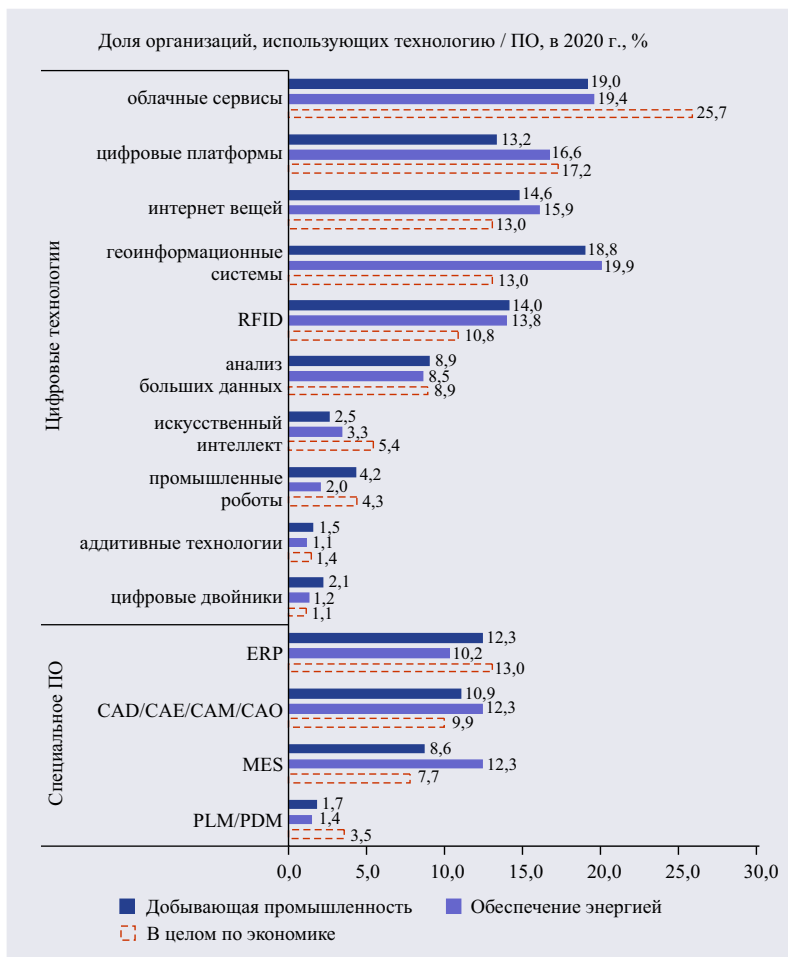


Рис. 11. Использование цифровых технологий и ПО организациями в добывающей промышленности (включая добычу угля, нефти, газа и сопутствующие услуги)¹⁴ и в сфере обеспечения энергией

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

¹⁴ Учитываются организации с основным кодом ОКВЭД 2, входящим в «Раздел В. Добыча полезных ископаемых». При этом на добычу угля, нефти, газа и сопутствующие услуги приходится около 90% отгрузки по данному разделу.

Среди наиболее широко применяемых технологий в обоих сегментах можно отметить облачные сервисы (их используют более 19% организаций), геоинформационные системы (более 18%, что на 5% превышает их распространенность в экономике в целом), интернет вещей (более 14%), цифровые платформы и RFID-технологии (более 13%) [НИУ ВШЭ, 2022].

В сегменте энергообеспечения важную роль также играют такие системы, как CAD и MES (по 12,3%). При этом менее распространенными, чем за рубежом, остаются ERP-системы — их применяют всего 10,2% российских энергообеспечивающих компаний против 92% в Словении, 84% в Португалии и 83% в Норвегии. В добывающей промышленности ERP-системы более популярны — их используют 12,3% компаний.

Большие данные в обоих сегментах используют не более 9% организаций, промышленных роботов — не более 5%, технологии ИИ — не более 4%, цифровые двойники — не более 3%, а аддитивные технологии и PLM/PDM-системы — не более 2%.

Вместе с тем указанные цифровые решения широко применяются зарубежными энергетическими компаниями. В частности, эксперты отмечают высокий потенциал распространения виртуальных рабочих мест и различных систем ИИ, включая предиктивную аналитику [Deloitte, 2021]. Решения для анализа больших данных широко используются в Нидерландах (37% компаний) и Скандинавских странах (около 35% — в Дании и Финляндии). Уже сегодня дополнительный доход, полученный благодаря применению системы поддержки принятия решений на базе ИИ в сегменте энергодобычи в ОАЭ, оценивается в более чем 1 млрд долл. [Abu Dhabi National Oil Company, 2021].

Кейсы применения цифровых технологий в ТЭК

Кейс 1. ПАО «ЛУКОЙЛ» в 2021 г. запустило в эксплуатацию самую масштабную цифровую модель нефтяного месторождения в России. Проект включает создание цифровых двойников для более чем 3 тыс. скважин, 12 объектов разработки и

охватывает всю производственную цепочку добычи — от пласта до входа в центральный пункт сбора и подготовки нефти. Сегодня в компании введена в промышленную эксплуатацию 61 интегрированная модель. За 2020 г. суммарный эффект от применения инструментов интегрированного моделирования на показатель EBITDA составил более 3 млрд руб. [Лукойл, 2021].

Кейс 2. ПАО «Татнефть» реализует проект по роботизации контроля добычи сверхвязкой нефти. Система мониторинга позволяет без участия человека проводить анализ телеметрических данных, выбирая оптимальный режим работы. По результатам интерпретации исследований искусственным интеллектом выстраивается цифровая прокси-модель месторождения, позволяющая обеспечить мониторинг 24 поднятий действующих месторождений сверхвязкой нефти с целевым уровнем добычи 3,2 млн т/год [Татнефть, 2021].

Кейс 3. «Распадская угольная компания» — лидер угольного рынка в России — установила автоматизированную цифровую систему управления и контроля на шахте «Распадская». В онлайн-режиме показатели уровня метана, оксида углерода, температуры, давления, скорости движения воздуха и других показателей выводятся на пульт оператора и горного диспетчера. Платформенное решение позволяет осуществлять управление удалением из горных выработок до 38 м³ метановоздушной смеси в секунду, что обеспечивает абсолютную безопасность при ведении подземных горных работ [Аргументы и факты, 2021].

Кейс 4. АО «СО ЕЭС» стала заказчиком первого в России решения по дистанционному управлению режимами работы солнечной электростанции. Проект реализован на Чкаловской СЭС. Технология дистанционного управления позволяет удаленно контролировать 100 тыс. фотоэлектрических модулей на 80 га, что существенно снижает трудозатраты и временные издержки, позволяя вырабатывать и отпускать в сеть 38,9 млн кВт · ч в год. Этого объема достаточно для электроснабжения более 120 тыс. домохозяйств [СО ЕЭС, 2021].

Инвестиции в цифровизацию

Организации ТЭК вносят относительно небольшой вклад в общий объем затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий — 3,9%, или 114,2 млрд руб. в 2020 г.

Добыча угля, нефти, газа. Доля затрат энергодобывающих предприятий в общем объеме затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2020 г. составила 1,6% (рис. 12). При этом, несмотря на снижение средней цены на российские энергоресурсы в 2020 г. по сравнению с 2019 г., в абсолютном выражении расходы сегмента добычи на цифровые решения увеличились с 41,6 до 46 млрд руб. Затраты на цифровые технологии в сегменте энергодобычи относительно ВДС остаются на низком уровне по сравнению с данным показателем по экономике в целом — 0,6% против 2,7% соответственно.

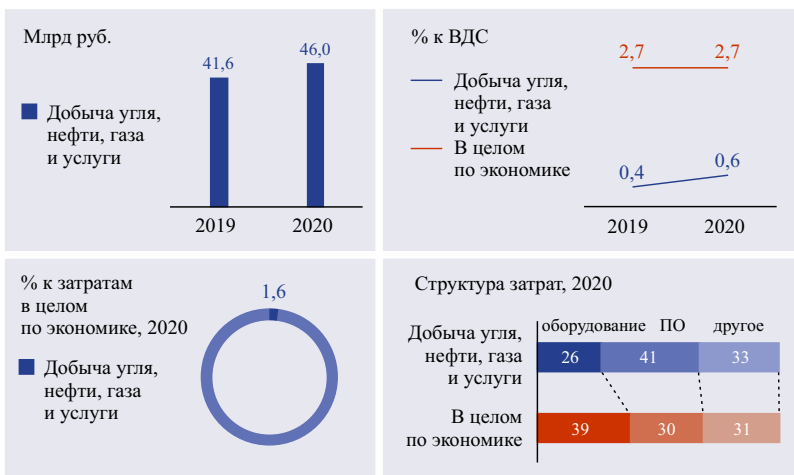


Рис. 12. Затраты организаций в сфере добычи угля, нефти, газа и сопутствующих услуг¹⁵ на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

¹⁵ Учитываются организации со следующими основными кодами ОКВЭД 2: «05 Добыча угля», «06 Добыча нефти и природного газа» и «09 Предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых».

Существенная часть затрат энергодобывающих организаций на цифровые технологии приходится на ПО (41%), что превышает уровень таких затрат в других отраслях. Доля покупаемого отечественного ПО в добыче выше, чем в среднем по экономике, — 35,1% против 31,8% соответственно.

Вместе с тем в сегменте энергодобычи можно констатировать высокую степень зависимости от зарубежного ПО. Отечественное применяется преимущественно для неспецифичных решений, таких как корпоративные системы управления и системы электронного документооборота (например, ERP-системы «Галактика»). Отсутствие отечественных аналогов и сложность адаптации и доработки отечественного ПО характерны для систем диспетчеризации и моделирования процессов перекачки нефти, нефтепродуктов и газа по магистральным трубопроводам [Нефть и капитал, 2021].

Обеспечение энергией. Доля затрат энергообеспечивающих организаций в общем объеме затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2020 г. оцениваются в 68,2 млрд руб., или 2,3% от общего объема (рис. 13).

Несмотря на кризисные явления, связанные с пандемией коронавируса, в 2020 г. они приблизились к средним значениям по экономике по отношению к ВДС и составили 2,6% против 2% в 2019 г. соответственно.

Основная часть затрат на цифровые технологии в сегменте обеспечения энергией приходится на машины и оборудование (41%) и ПО (31%), при этом указанные доли соответствуют аналогичным значениям в целом по экономике или немного их превышают.

Наиболее активно российские организации внедряют ERP-системы, системы электронного документооборота и ЕАМ. Доля покупаемого отечественного ПО энергообеспечивающими компаниями в 2020 г. составила 42,1%, что значительно выше, чем в целом по экономике (31,8%).

35,1% — доля затрат организаций в сфере добычи угля, нефти, газа и сопутствующих услуг на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2019 г.).

42,1% — доля затрат организаций в сфере обеспечения энергией на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).



Рис. 13. Затраты организаций в сфере обеспечения энергией¹⁶ на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Кадры цифровой трансформации

С 2019 по 2020 г. число ИКТ-специалистов, занятых в ТЭК, увеличилось более чем на 18%. Сегодня в почти 20% ключевых компаний ТЭК сформированы подразделения, ответственные за проведение цифровой трансформации. Ввиду специфики отрасли и в целях бесшовной интеграции цифровых решений организации ТЭК часто формируют собственные ИТ-компетенции. В качестве примера можно привести центр «Цифергауз» — технологическое пространство ПАО «Газпром нефть», объединяющее цифровые компетенции в области поиска и освоения месторождений углеводородов, дистанционного управления бурением, промышленной автоматизации и роботизации логистики [Газпром нефть, 2022].

¹⁶ Учитываются организации с основным кодом ОКВЭД 2, входящим в раздел D «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха».

Добыча угля, нефти, газа. В 2020 г. в сегменте энергодобычи было занято около 28 тыс. ИКТ-специалистов, из которых 15,1 тыс. чел. — ИТ-специалисты (рис. 14) [НИУ ВШЭ, 2021a].

Число ИКТ-специалистов выросло как в абсолютном выражении, так и относительно общей численности занятых. Доля ИКТ-специалистов, занятых в энергодобывающих компаниях, по отношению ко всем занятым в сегменте энергодобычи в 2019–

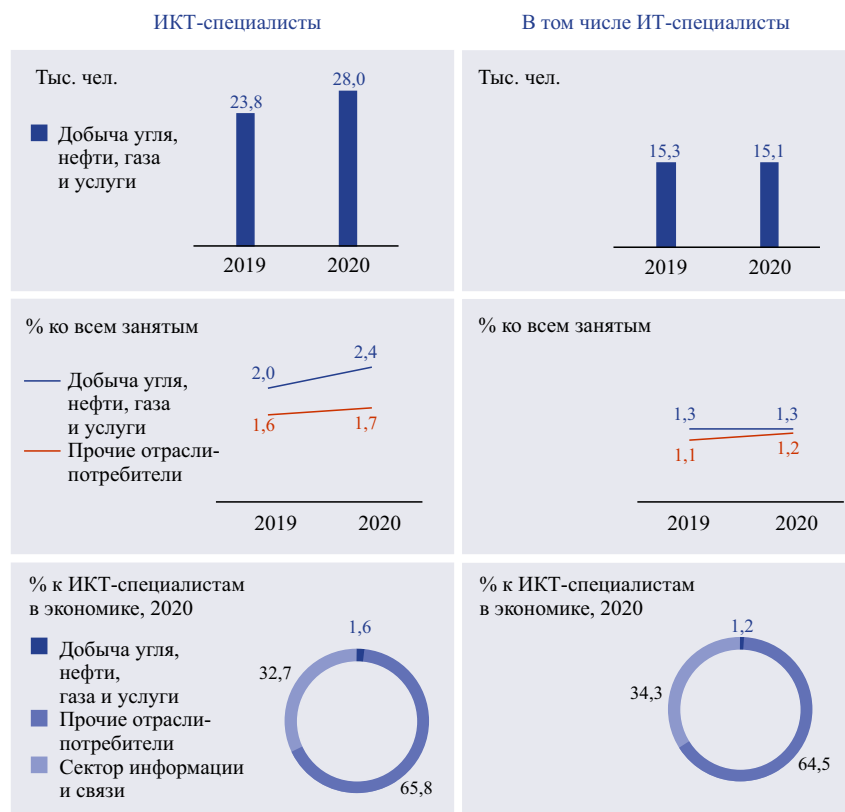


Рис. 14. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере добычи угля, нефти, газа и сопутствующих услуг

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

2020 гг. не превышала 2,4%. При этом по отношению ко всем ИКТ-специалистам, занятым в экономике, данный показатель составил 1,6%. Доля ИТ-специалистов, занятых в энергодобывающих компаниях, по отношению ко всем занятым в сегменте энергодобычи за указанный период не изменилась и составила 1,3% (1,2% по отношению ко всем ИТ-специалистам в экономике) [НИУ ВШЭ, 2021а].

Обеспечение энергией. В 2020 г. в сегменте обеспечения энергией, включая электроэнергетику, было занято 49,2 тыс. ИКТ-специалистов, из которых 21,2 тыс. чел. — ИТ-специалисты.

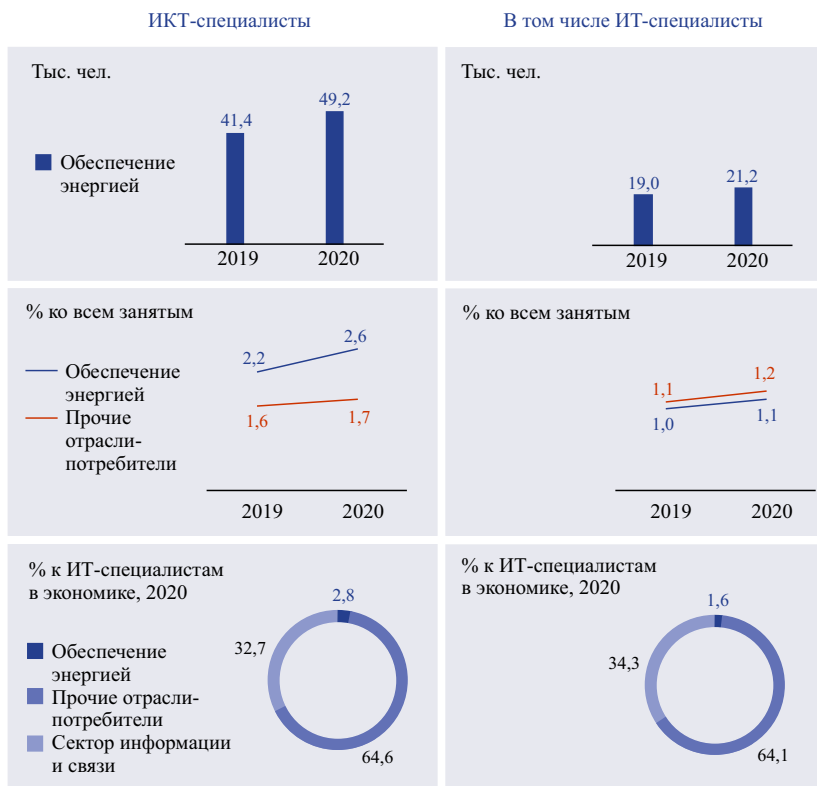


Рис. 15. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере обеспечения энергией

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Число ИКТ-специалистов увеличилось как в абсолютном выражении, так и в отношении к общей численности занятых. Доля ИКТ-специалистов, занятых в энергообеспечивающих компаниях, по отношению ко всем занятым в сегменте обеспечения энергией в 2019–2020 гг. не превышала 2,6%. При этом по отношению ко всем ИКТ-специалистам, занятым в экономике, данный показатель составил 2,8%.

Доля ИТ-специалистов, занятых в энергообеспечивающих компаниях, по отношению ко всем занятым в сегменте обеспечения энергией за указанный период изменилась незначительно и достигла 1,1% (1,6% по отношению ко всем ИТ-специалистам в экономике) [Там же].

Одним из сдерживающих факторов цифровой трансформации ТЭК является нехватка кадров с цифровыми компетенциями, причем далеко не только разработчиков цифровых решений, но и специалистов, занятых на энергообъектах.

Политика цифровой трансформации

Цифровизация энергетики является одним из приоритетных направлений политики развития отрасли таких ведущих зарубежных стран, как Китай, США, Канада, Япония, страны ЕС и др. Так, например, в мире активно осуществляется цифровизация электросетевой инфраструктуры, в том числе при генерации с помощью возобновляемых источников энергии: в Великобритании действует программа развития интеллектуального учета, в Германии особое внимание уделяется «умным» электросетям, а в Японии — внедрению в энергосистему солнечной генерации. Проекты в рамках данных инициатив субсидируются государством, разработчикам цифровых решений оказывается поддержка в форме грантов и налоговых стимулов.

Цифровая трансформация сегмента добычи энергоресурсов осуществляется преимущественно силами энергодобывающих компаний — лидеров рынка. Среди них Sinopec в Китае, Abu Dhabi National Oil Company в ОАЭ, британско-нидерландская компания Shell и др. Приоритеты корпоративных стратегий и программ — создание цифровых двойников, развитие систем предиктивной аналитики и поддержки принятия решений.

Стратегия цифровой трансформации

В Российской Федерации энергетика входит в число отраслей, по которым осуществляется мониторинг цифровой зрелости в рамках показателя национальной цели «Цифровая трансформация». Кроме того, в декабре 2021 г. утверждено стратегическое направление (стратегия) в области цифровой трансформации ТЭК¹⁷, которое в том числе направлено на достижение цифровой зрелости отрасли.

Данный документ предусматривает реализацию ряда ключевых инициатив в сфере цифровой трансформации ТЭК.

Инициатива «Активный потребитель» направлена на развитие рынка микрогенерации и управления спросом потребителей на розничном и оптовом рынке электроэнергии. Результатом реализации данного проекта в 2030 г. должно стать снижение затрат на электрическую энергию для потребителей, участвующих в новых секторах рынка, до 10%.

Проект «Цифровой ассистент “Моя энергетика”» предполагает формирование стандартов качества обслуживания клиентов и создание единого информационно-расчетного центра в формате «одного окна» для осуществления коммуникаций с потребителями и обеспечения доступа к информации поставщиков энергоресурсов и услуг в сфере ЖКХ.

Кроме того, стратегическим направлением предусмотрен ряд технологических инициатив, в том числе «Данные для роста — искусственный интеллект», «Роботизация в нефтегазовом комплексе» и «Цифровая промышленная безопасность». Их основные задачи включают формирование правового регулирования рынка промышленных данных, обеспечение их доступности, внедрение технологий ИИ и робототехнических решений (включая полностью автономные удаленные и «опасные» энергетические объекты), снижение аварийности и производственного травматизма посредством внедрения платформенных решений для анализа данных технического состояния оборудования и мониторинга работы персонала.

¹⁷ Стратегическое направление цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса, утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2021 г. № 3924-р.

Повышенное внимание в рамках стратегического направления уделяется импортозамещению, что представляется особенно важным в период действия санкций, так как высокая зависимость ТЭК от зарубежного оборудования и ПО в настоящее время является одним из ключевых барьеров для осуществления цифровой трансформации. Так, доля импорта зарубежного нефтегазового оборудования в 2020 г. составила более 40% [ЦДУ ТЭК, 2022].

В связи с этим стоит отметить, что в рамках проекта «Цифровая промышленная безопасность» уже в этом году предусмотрено увеличение доли применяемых «умных» средств индивидуальной защиты отечественного производства до 40%, а в ходе реализации проекта «Роботизация в нефтегазовом комплексе» — доведение доли произведенных в России робототехнических решений до 5%.

Цифровая зрелость

Цифровая трансформация — одна из важнейших задач развития ТЭК. Дополнительные доходы от внедрения современных цифровых решений в сегменте добычи оцениваются более чем в 150 млрд руб. ежегодно, к 2035 г. ожидается снижение затрат в разведке и добыче на 10–15% [TAdviser, 2022]. По оценкам, к 2024 г. цифровизация сегмента энергообеспечения позволит снизить количество аварий на сетях на 20% [TAdviser, 2021].

Начиная с 2020 г. в рамках реализации Указа № 474 Минэнерго России осуществляет мониторинг цифровой зрелости ТЭК. По соответствующим расчетам, в 2021 г. она составила 16% (рис. 16).

Оценка цифровой зрелости ТЭК фокусируется преимущественно на двух аспектах: модернизации систем обеспечения энергией и формировании условий для проведения цифровой трансформации ключевыми организациями ТЭК.

Первый блок показателей характеризует цифровизацию в сфере электро- и газоснабжения. Так, к 2030 г. планируется оснастить интеллектуальными приборами учета 42% потребителей газа и 48% потребителей электроэнергии. Сегодня схожие задачи решаются в Китае — за 2020 г. подано более 109 млн заявок на подключение «умных» электросчетчиков [Statista, 2022]. Еще одной ключевой задачей является снижение средней продолжительности перерыв-

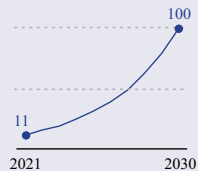
Цифровая зрелость энергетической инфраструктуры
(среднее из долей достижения целевых значений каждого показателя на 2030 год), %



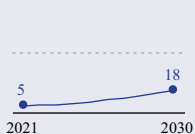
1. Доля оплаты услуг энергоснабжения домохозяйствами через цифровые каналы от общей оплаты домохозяйств за данные услуги



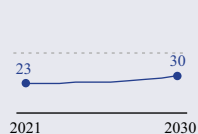
2. Доля ключевых организаций ТЭК, в которых реализованы цифровые трехмерные модели производственных объектов, от общего количества ключевых организаций ТЭК



3. Снижение количества длительных перерывов в электроснабжении, в том числе за счет применения цифровых технологий



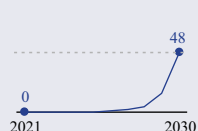
4. Снижение средней продолжительности перерывов в электроснабжении, в том числе за счет применения цифровых технологий



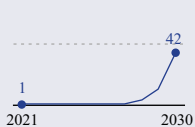
5. Доля производственного персонала, оснащенного цифровыми носимыми устройствами для обеспечения контроля проводимых работ и мониторинга производственных объектов, к совокупной численности производственного персонала



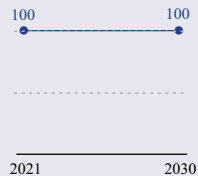
6. Доля потребителей, оснащенных интеллектуальными приборами учета электрической энергии



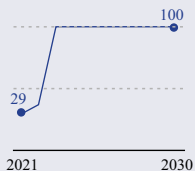
7. Доля потребителей, оснащенных интеллектуальными приборами учета газа



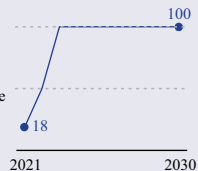
8. Доля организаций ТЭК, формирующих индекс технического состояния в автоматическом режиме, от общего количества организаций ТЭК



9. Доля организаций ТЭК, имеющих руководителей по цифровой трансформации



10. Доля организаций ТЭК, имеющих в структуре подразделения, ответственные за цифровую трансформацию



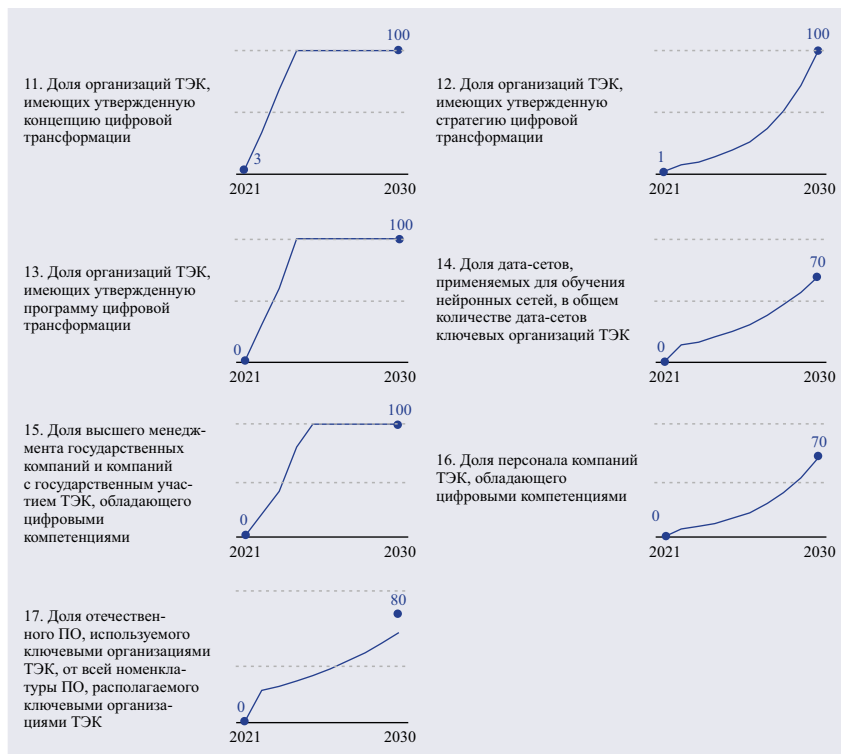


Рис. 16. Показатели оценки цифровой зрелости энергетической инфраструктуры в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»¹⁸

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минэнерго России, Минцифры России.

¹⁸ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Энергетическая инфраструктура», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

вов в электроснабжении (на 30% к 2030 г.). Важный показатель оценки цифровой зрелости розничного рынка электроэнергии — доведение доли оплаты услуг энергоснабжения домохозяйствами через цифровые каналы до 80%. Уже сегодня абсолютно все организации ТЭК формируют индекс своего технического состояния в автоматическом режиме.

Второй блок показателей охватывает создание организационно-управленческих условий для проведения цифровой трансформации. Он включает формирование специального подразделения и назначение руководителя по проведению цифровой трансформации для всех ключевых организаций ТЭК, утверждение концепции, стратегии и программы цифровой трансформации (для 100% ключевых организаций), а также наращивание цифровых компетенций персонала компаний ТЭК.

Среди показателей оценки цифровой зрелости производственных процессов — использование 3D-моделей производственных объектов всех компаний ТЭК, увеличение доли датасетов, используемых для обучения нейронных сетей, до 70%, оснащение цифровыми носимыми устройствами всего производственного персонала.

В целях снижения зависимости от зарубежного ПО предусмотрено доведение доли применяемого отечественного ПО до 80% к 2030 г.

В 2022 г. планируется корректировка состава показателей цифровой зрелости в целях его согласования с приоритетами и показателями стратегии цифровой трансформации ТЭК.

Согласованность приоритетов

Стратегические приоритеты цифровой трансформации российского ТЭК отвечают наиболее актуальным проблемам и вызовам отрасли — высокие операционные издержки, потери ресурсов, необходимость обеспечения безопасности на энергообъектах и недостаточно эффективное взаимодействие поставщиков и потребителей энергоресурсов. Стратегическое направление (стратегия) в области цифровой трансформации ТЭК и показатели цифровой зрелости фокусируются на «оцифровке» производственных и бизнес-процессов энергетических компаний с помощью внедрения 3D-моделирования, онлайн-мониторинга персонала, технологий

ИИ, робототехники и автоматизированной диагностики оборудования (рис. 17). При этом необходимо обеспечить взаимосвязанность устройств и решений для реализации концепции «умных» энергообъектов.

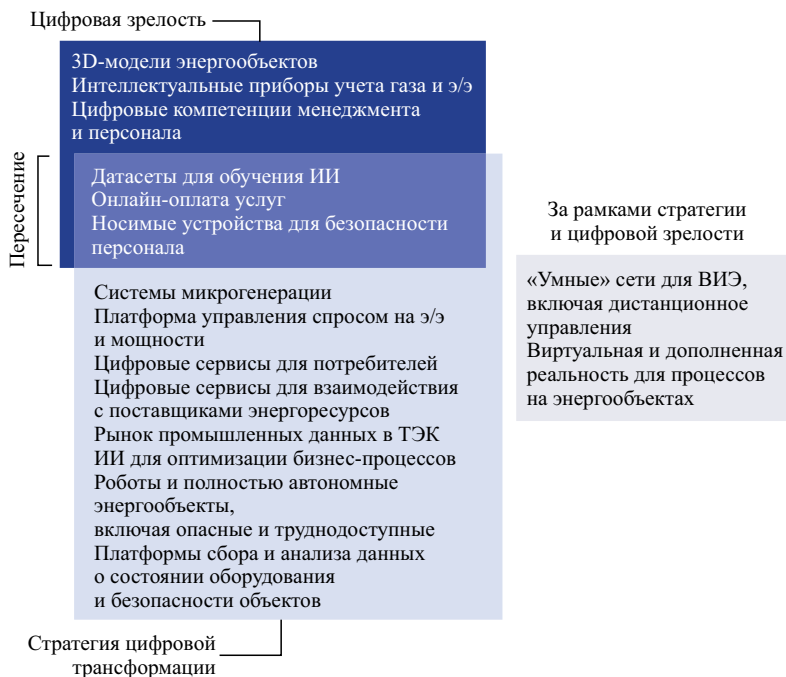


Рис. 17. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии глобальных трендов цифровой трансформации ТЭК

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Вне фокуса приоритетов политики пока остается тематика цифровизации сегмента возобновляемой энергетики. Вместе с тем за рубежом переход к «зеленой» энергетике в существенной мере связывается с внедрением систем ИИ на электростанциях, что позволяет осуществлять мониторинг накопления энергии, генерируемой с помощью возобновляемых источников энергии, и ее передачи в сеть [Smart Energy International, 2022].

Кроме того, в российских документах стратегического планирования не нашел отражения тренд на внедрение решений в области виртуальной и дополненной реальности для визуализации производственных процессов на энергообъектах.

Риски для цифровой трансформации

Санкции весны 2022 г., снижение объемов сырьевого экспорта, ограничения по транспортировке энергоресурсов и прекращение иностранных инвестиций в энергетику существенно снижают доходы энергетических компаний и, как следствие, могут оказать тормозящее воздействие на темпы цифровой трансформации ТЭК.

Ввиду высокой зависимости отрасли от зарубежного оборудования и ПО и отсутствия отечественных аналогов сокращение либо запрет их закупки сегодня являются ключевыми барьерами для дальнейшей цифровизации ТЭК. Необходимо иметь в виду и приостановку работы в России иностранных нефтесервисных компаний, которые являются «носителями» важных технологических компетенций.

В связи с этим направлениями мер поддержки цифровой трансформации ТЭК могут стать:

- льготное кредитование проектов по внедрению цифровых решений в организациях ТЭК, направленных на оптимизацию производственных и бизнес-процессов;
- поддержка межотраслевого трансфера технологий, в том числе в части цифровых решений, применяемых в промышленности;
- финансирование программ повышения квалификации в целях развития цифровых компетенций персонала, занятого на ключевых энергообъектах.

Сельское хозяйство

Глобальные тренды цифровой трансформации

Цифровизация сельского хозяйства охватывает всю цепочку создания стоимости — от генетики и селекции до дистрибуции готовой продукции. В основе цифрового сельского хозяйства лежат такие технологии, как машинное зрение, интернет вещей, анализ

больших данных и ИИ, облачные вычисления, автоматизация и роботизация, дистанционное зондирование Земли [BCG, 2021]. Все они достаточно давно начали применяться в агропромышленном комплексе (АПК). Вместе с тем достижение значительных эффектов от использования современных цифровых решений возможно только при их комплексном внедрении.

Применение цифровых технологий в АПК позволяет увеличивать урожайность, повышать производительность труда, оптимизировать затраты ресурсов, более точно прогнозировать объемы выпуска и реализации сельскохозяйственной продукции, улучшать планирование в АПК на всех этапах создания добавленной стоимости, контролировать ситуацию на производстве и в полной мере реализовать потенциал систем управления качеством [European Commission, 2022].

В растениеводстве с помощью сенсоров и мультиспектральной съемки с БПЛА и спутников осуществляется сбор данных о состоянии окружающей среды, почвы, экологической ситуации, росте сельскохозяйственных культур, вегетационном индексе. Анализ этих данных позволяет решать ряд задач, например, определения оптимальных сроков посева, ранней диагностики заболеваний растений, внесения удобрений и пестицидов, управления ирригацией и др.

В числе тенденций — внедрение робототехники, которая в сочетании с интернетом вещей и анализом данных позволяет создавать умные теплицы и умные фермы. Набирает обороты использование беспилотного транспорта при обработке и возделывании земель сельскохозяйственного назначения.

Одним из важнейших стимулов к развитию цифровых агротехнологий стал тренд на биологизацию сельского хозяйства. На этом фоне развиваются решения в области точного земледелия, снижения пестицидной нагрузки на почвы и сохранения биоразнообразия и др. Данный тренд, наряду с формированием в крупных агломерациях запроса на здоровое питание, подтолкнул развитие концепции городского сельского хозяйства с использованием автоматизированных вертикальных ферм. Планы развития АПК стран ЕС предусматривают снижение внесения пестицидов на 50%, удобрений — на 20% к 2030 г., в том числе благодаря использованию цифровых агротехнологий [European Commission, 2020].

Важное направление развития мировых продовольственных рынков — увеличение производства высокомаржинальной продукции с применением цифровых технологий. Среди ключевых тенденций в данной области следует отметить выстраивание умных цепочек поставок, рост производства персонализированного питания, развитие рынков альтернативных сырья и продукции (растительные и искусственные белки, биотопливо и др.).

Рост популярности сельскохозяйственного бизнеса среди молодежи и привлечение сектором непрофильных инвесторов стали стимулом для появления концепции Farming-as-a-Service (FaaS) — консультаций или полного аутсорсинга отдельных элементов ведения бизнеса (например, ветеринарии, агрономии или бухгалтерии). Среди фермеров получают распространение рекомендательные системы и виртуальные помощники на базе мобильных приложений.

Цифровые технологии помогают решить одну из важнейших проблем сельскохозяйственного бизнеса — формирование эффективных каналов сбыта продукции. Развитие маркетплейсов по всему миру привело к резкому росту объемов онлайн-торговли продовольствием и фермерской продукцией (как B2B, так и B2C).

Однако внедрение цифровых технологий в АПК усложняется рядом факторов, ключевые из них — дороговизна цифровых решений для малого бизнеса, часто отсутствие их адаптации под конкретные задачи небольших подотраслей сельского хозяйства, критическая нехватка квалифицированных кадров.

Наша страна занимает ведущие позиции на мировых рынках ряда сегментов АПК: зерновых, масложировой продукции, рыбы и морепродуктов и др. Отечественные сельхозпроизводители стремятся к увеличению добавленной стоимости продукции как для внутреннего потребления, так и в экспортно ориентированных направлениях. Для этого требуется перестройка производственных процессов, базирующаяся на внедрении передовых цифровых технологий по всей цепочке производства продукции. Цифровая трансформация отечественной сельскохозяйственной отрасли потребует от бизнеса не только активного внедрения новых технологических и управленческих решений, но также развития государственных платформ и расширения цифровых компетенций производителей продукции АПК.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Цифровые технологии предоставляют широкие возможности повышения эффективности бизнеса в АПК. В первую очередь в силу платежеспособности и высокой конкуренции наибольший спрос на новые технологии предъявляют крупные агрохолдинги. Однако несмотря на значительный потенциал интенсификации сельского хозяйства в результате цифровой трансформации информационные технологии пока играют сравнительно небольшую роль в создании добавленной стоимости. Их активное распространение в ближайшем будущем будет происходить как за счет коммерциализации перспективных технологий (например, цифровых геномных профилей), так и в результате включения в цифровые экосистемы малого агробизнеса.

Использование цифровых технологий

Сельскохозяйственные организации характеризуются более низким, чем в среднем по экономике, уровнем внедрения цифровых технологий (рис. 18).

Наиболее активно применяются в АПК ГИС-технологии: доля предприятий, использующих их, выше, чем в других отраслях (14,1%). Промышленных роботов используют 4,1% сельскохозяйственных организаций. Технологии больших данных (4,6%) и ИИ (2,2%) существенно менее востребованы сельскохозяйственными производителями [НИУ ВШЭ, 2022]. Удельный вес применяющих такие решения организаций — в 2 раза ниже, чем в экономике в целом.

Доля сельскохозяйственных организаций, использующих специализированное ПО, также ниже, чем во многих других отраслях экономики, — ERP, MES-системы в основном востребованы лишь крупными агрохолдингами. Для малого агробизнеса возможности выстраивания внутренней цифровой инфраструктуры и потребность в ней существенно ограничены, а обеспечение B2B-взаимодействия, как правило, строится на интеграции в существующие цифровые экосистемы крупных игроков. В то же время некоторые цифровые продукты востребованы со стороны нишевых производителей и предприятий малого и среднего бизнеса.

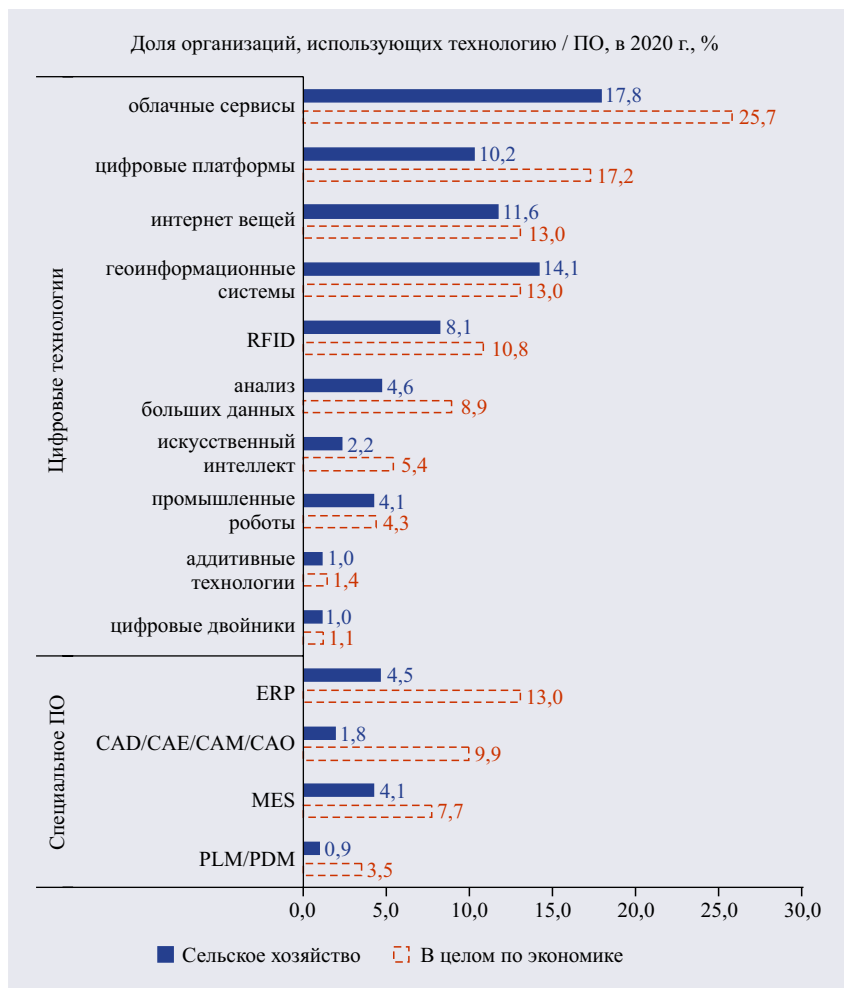


Рис. 18. Использование цифровых технологий и ПО организациями в сфере сельского хозяйства

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Кейсы применения цифровых технологий в сельском хозяйстве

Кейс 1. Компания Flyseeagro представляет комплексные решения в области точного земледелия с применением БПЛА. При помощи дронов производится обработка полей энтомофагами — насекомыми, поедающими вредителей растений, а также ультрамалообъемное опрыскивание, позволяющее повысить эффективность внесения удобрений и химикатов [Flyseeagro, 2022].

Кейс 2. Разработка VumbTech позволяет при помощи систем умных датчиков и машинного обучения производить мониторинг состояния ульев и пчелиных семей. Предлагаемый компанией продукт востребован пасаками, тепличными комбинатами и фруктовыми садами, в которых пчелы используются в качестве опылителей растений [Пчелиный дом, 2022].

Кейс 3. Стартап «Агробит» осуществляет внедрение роботизированных систем в птицеводстве. Разработка «АгроБот» позволяет в автономном режиме производить дезинфекцию, зоотехнические мероприятия, осуществляет мониторинг температуры, влажности, концентрации аммиака [Agrobit, 2022].

Кейс 4. Компания KSITEST занимается геномной селекцией крупного рогатого скота. На основе собранной обучающей выборки и алгоритмов BLUP и ss-gBLUP стартап производит аналитику племенной ценности стада и предоставляет обработанную информацию в удобном для пользователя формате [KSITEST, 2022].

Кейс 5. Компания «Черкизово», реализация проекта «завод-робот» в г. Кашира Московской области. Данный кейс является примером комплексной интеграции цифровых решений и автоматизации производства. Роботы, автоматические линии и системы (ERP, MES, WMS) работают в единой цепочке под общим управлением. Таким образом достигнут уровень безлюдного производства с полной автоматизацией всех процессов [Группа «Черкизово», 2019].

Инвестиции в цифровизацию

Сельское хозяйство характеризуется невысокими затратами на внедрение и использование цифровых технологий. В 2020 г. на отрасль пришлось лишь 0,3% от общего объема соответствующих расходов (рис. 19). Причем, если в большинстве секторов экономики в результате пандемии предприятия были вынуждены активно внедрять цифровые решения, в сельском хозяйстве в 2020 г. затраты на них сократились на 38% (в фактических ценах), в том числе из-за удорожания расходных материалов (ГСМ, агрохимикатов, посевного и генетического материала) и других «пандемийных» факторов, усложняющих планирование сезонных работ и сбыта.

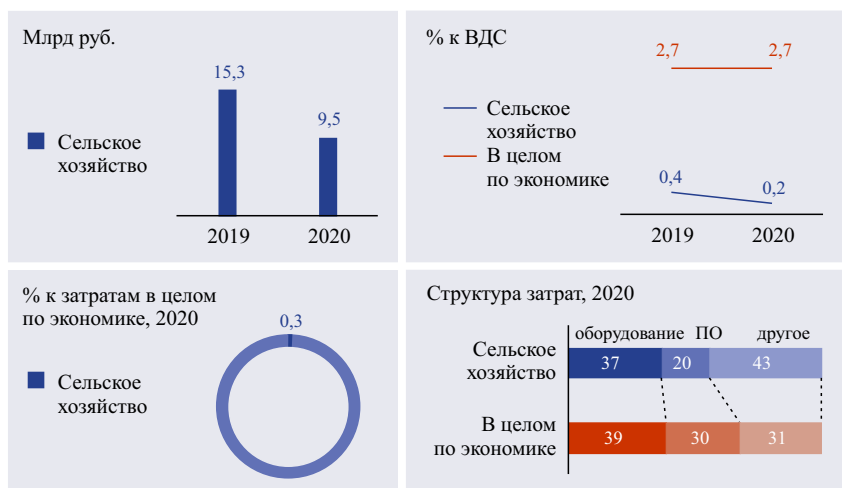


Рис. 19. Затраты организаций в сфере сельского хозяйства на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

По отношению затрат на внедрение и использование цифровых технологий к ВДС сельское хозяйство находится в числе аутсайдеров среди рассматриваемых в докладе отраслей экономики. В 2020 г. данное соотношение составило 0,2%, существенно сократившись относительно уровня 2019 г. При росте на четверть в 2020 г.

по сравнению с 2019 г. доли расходов на ПО ее уровень в АПК (20% в 2020 г.) остается существенно ниже среднего по экономике (30%).

В сельском хозяйстве доля затрат на покупку ПО, разработанного российскими компаниями, значительно выше, чем по экономике в целом (68,6% против 31,8% по другим рассматриваемым в докладе отраслям), что обусловлено, в том числе, необходимостью значительной индивидуализации ПО под нужды подотраслей, технологических процессов и особенности конкретных территорий, что затрудняет кастомизацию зарубежных решений. Сельскохозяйственными организациями наиболее востребованы отечественные разработки в отдельных нишах, например, геоинформационные системы.

68,6% — доля затрат организаций в сфере сельского хозяйства на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в отрасли работали 10,4 тыс. ИКТ-специалистов, из которых 6,8 тыс. чел. были специалистами в ИТ (рис. 20). С 2019 г. их количество в целом снизилось на 4,6%. Доля специалистов в ИТ, занятых в сельском хозяйстве, примерно в 6 раз ниже, чем в других отраслях. В 2020 г. на ИКТ-специалистов приходилось 0,24% занятых в сельском хозяйстве, в том числе 0,16% — на ИТ-специалистов. Вклад АПК в занятость специалистов в ИКТ также невелик. В 2020 г. в нашей стране 0,6 и 0,5% ИКТ- и ИТ-специалистов соответственно работали в сельском хозяйстве [НИУ ВШЭ, 2021].

Сравнительно невысокий спрос на специалистов в ИТ в сельском хозяйстве во многом связан с тем, что наиболее интенсивно внедрение цифровых технологий осуществляется в крупных компаниях. Малые формы хозяйствования зачастую не обладают ресурсами для формирования штата ИТ-специалистов, пользуясь «коробочными» технологическими решениями. Недостаток квалифицированных кадров с цифровыми компетенциями, выпускаемых аграрными вузами, также сдерживает увеличение числа ИКТ-специалистов, занятых в сельском хозяйстве. Для решения данной проблемы требуется увеличение объемов подготовки спе-

циалистов по направлениям, связанным с цифровыми технологиями, в отраслевых университетах.

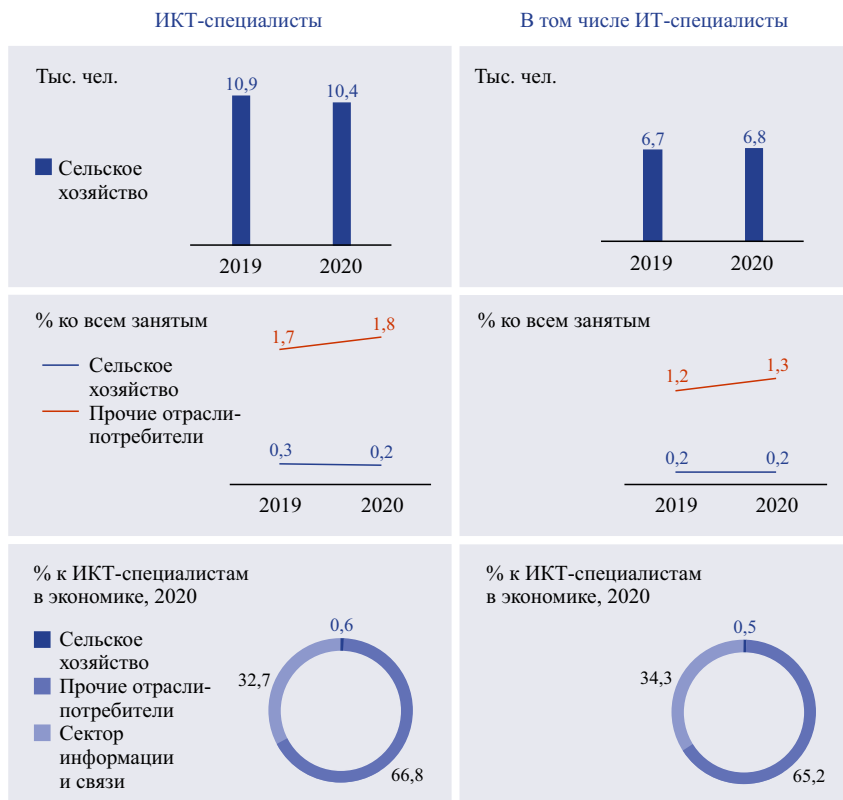


Рис. 20. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере сельского хозяйства

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Политика цифровой трансформации

Сельское хозяйство входит в число отраслей, по которым осуществляется оценка цифровой зрелости в рамках мониторинга достижения соответствующего показателя национальной цели

«Цифровая трансформация», установленной в Указе № 474. В декабре 2021 г. была утверждена стратегия цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов¹⁹, которая в том числе направлена на достижение их цифровой зрелости.

Стратегия цифровой трансформации

В силу консервативности отрасли, высокой стоимости внедрения некоторых ключевых ИКТ и большой доли малого бизнеса в структуре АПК цифровая трансформация данного сектора экономики требует поддержки государства. Стратегии и программы развития цифрового сельского хозяйства реализуются практически всеми странами — лидерами по производству сельскохозяйственной продукции — ЕС, США, Китаем и др. Цель подобных инициатив — увеличение продуктивности и снижение издержек сельскохозяйственной деятельности с помощью использования цифровых технологий, улучшение качества и оздоровление пищевой продукции (например, посредством снижения содержания в ней антибиотиков и пестицидов).

Так, аграрный блок европейской программы Horizon 2020 предусматривает инвестиции в размере 200 млн евро на исследования и инновации в АПК, в том числе 75 млн евро (38%) на проекты по разработке и пилотированию робототехники в сельском хозяйстве, 80 млн евро (40%) на проекты по развитию сети сельскохозяйственного интернета вещей.

Среди наиболее распространенных инструментов государственной поддержки цифровой трансформации в мире — предоставление субсидий на внедрение технологических решений (например, БПЛА), создание единой инфраструктуры данных для сельского хозяйства, повышение цифровой грамотности фермеров и популяризация внедрения инновационных решений.

Получателями поддержки обычно являются малые формы хозяйствования — относительно небольшие предприятия, которым внедрение цифровых решений помогает сократить отставание по издержкам от крупного бизнеса.

¹⁹ Стратегическое направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2021 г. № 3971-р.

В утвержденной стратегии цифровой трансформации российского агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов в качестве приоритетных определены следующие направления:

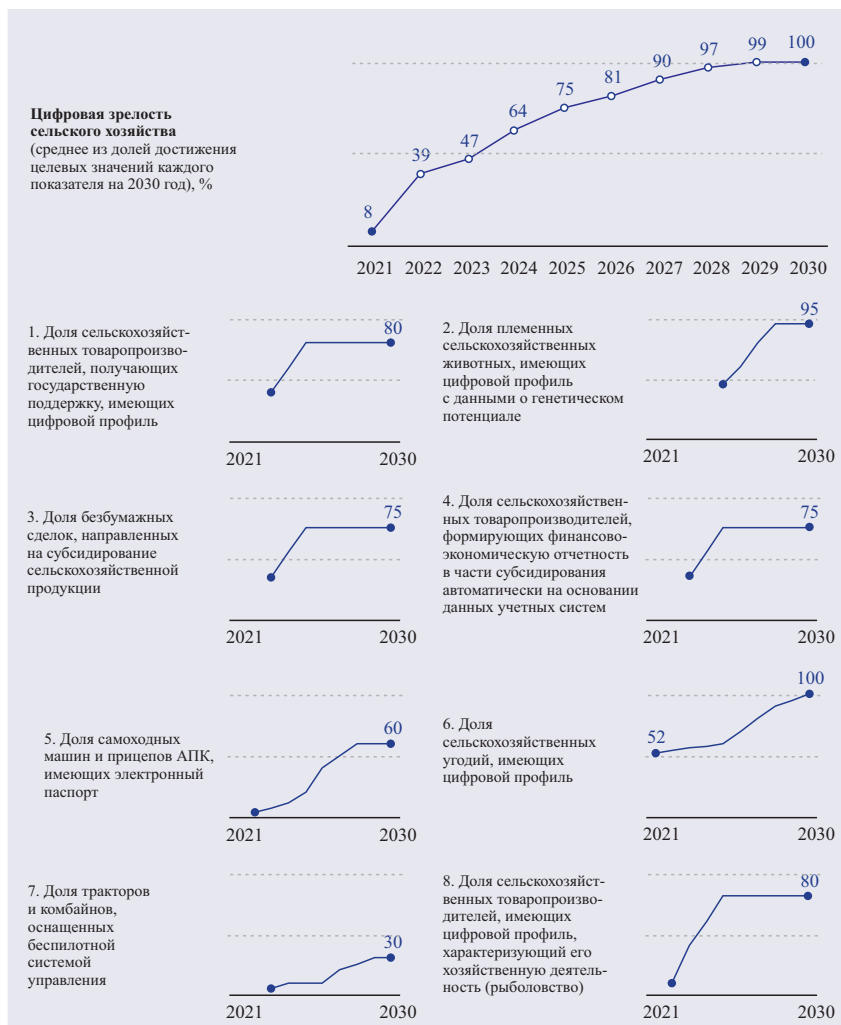
- внедрение и масштабное распространение цифровых технологий в основных сегментах АПК, в том числе систем электронного документооборота и цифровых профилей предприятий (включающих также данные о генетическом потенциале), технологий ИИ, интернета вещей, дистанционного зондирования Земли и спутниковых систем и др.;
- поддержка импортозамещения электронного оборудования и ПО, необходимых для цифровой трансформации АПК, для обеспечения продовольственной безопасности;
- содействие расширению возможностей сбыта продукции сельскохозяйственных производителей, внедрение систем прослеживаемости продукции (зерна и продуктов его переработки, животноводческой продукции), мониторинга рыбопромысловой деятельности, учета сельскохозяйственной деятельности и земель, обеспечение доступа к цифровым платформам, в том числе для малых форм хозяйствования (МФХ);
- повышение цифровой грамотности и развитие цифровых компетенций работников в целях увеличения скорости адаптации информационных технологий в АПК, включая создание новых и совершенствование действующих программ обучения и повышения квалификации.

В условиях разрывов устоявшихся цепочек добавленной стоимости в ближайшей перспективе будет расти значимость импортозамещения ключевых технологических решений. При этом возможности внедрения цифровых технологий сельскохозяйственными производителями будут лимитироваться нехваткой инвестиционных ресурсов. В связи с этим необходимы широкие меры государственной поддержки модернизации и цифровизации материальной базы агробизнеса, прежде всего в части МФХ.

Цифровая зрелость

Показатели оценки цифровой зрелости АПК в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация» преимущественно ориентированы на упрощение взаимодействия

бизнеса и государства, а также организацию электронных реестров данных. Достижение цифровой зрелости планируется осуществлять в основном за счет поэтапного внедрения государственных информационных систем (например, баз данных с цифровыми профилями сельскохозяйственных угодий и племенных животных) (рис. 21).



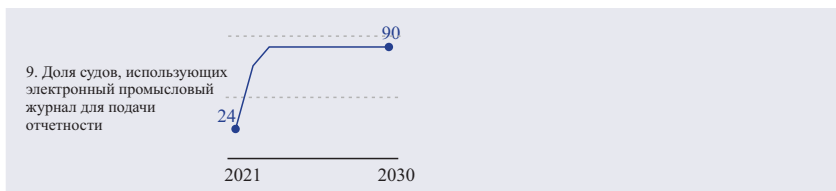


Рис. 21. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере сельского хозяйства в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»²⁰

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минсельхоза России, Минцифры России.

Для большинства показателей мониторинга предполагается достижение целевых значений в течение ближайших нескольких лет. Так, доля судов, использующих электронные промышленные журналы, должна вырасти с 24% в 2021 г. до 90% в 2023 г. Повсеместное внедрение электронного документооборота и создание цифровых профилей предприятий (на уровне 75 и 80% от общего числа организаций) запланировано к 2025 г.

Введение в эксплуатацию Государственной информационной системы учета сельскохозяйственных земель в полном объеме и размещение в ней региональных реестров землепользования запланированы в период после 2025 г. В результате масштабирования единой геоинформационной системы за 2025–2030 гг. доля сельскохозяйственных угодий с цифровыми профилями вырастет с 60 до 100%.

Геномные профили уже успешно используются на отдельных селекционных предприятиях. Широкое внедрение технологии учета и создание единых цифровых реестров племенных сель-

²⁰ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Сельское хозяйство», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности. Учет ряда показателей в расчете цифровой зрелости отрасли начинается после 2022 г.

скохозйственных животных запланированы на 2026–2028 г. В результате этого данные о геномном профиле будут собираться практически всеми племенными фермами в России (целевой показатель доли племенных животных с геномными профилями составляет 95% к 2030 г.).

Наименее амбициозные целевые показатели установлены в отношении использования сельскохозяйственными производителями беспилотных тракторов и комбайнов. Их доля на рынке сельскохозяйственной техники должна вырасти с 5% в 2023 г. до 30% в 2030 г. Внедрение беспилотных систем требует более значительных инвестиций со стороны сельскохозяйственных предприятий, чем другие направления достижения цифровой зрелости, а сама технология все еще находится в стадии выхода на рынок и масштабирования.

Среди основных препятствий для достижения цифровой зрелости сельского хозяйства — консервативность отрасли, недостаточное покрытие сельскохозяйственных территорий высокоскоростным интернетом, нехватка кадров с компетенциями, необходимыми для работы с цифровыми решениями, возросшие ограничения на импорт ПО, оборудования и техники.

Согласованность приоритетов

В стратегии цифровой трансформации сельского хозяйства в числе наиболее острых проблем отмечается высокая капиталоемкость затрат на реализацию цифровых технологий. Поэтому реализация ключевых целей цифровой трансформации — повышения производительности, организации эффективного сбыта продукции и др. — должна осуществляться с наименьшими затратами со стороны производителей. Технологии, обозначенные в числе приоритетных для цифровой трансформации отрасли, не требуют значительных капитальных вложений и перестройки бизнес-процессов.

В свою очередь, показатели цифровой зрелости отрасли ориентированы на выстраивание взаимодействия государства и бизнеса, повышение прозрачности функционирования АПК. Ее достижение планируется обеспечить в значительной мере внедрением администрируемых государством цифровых платформ (рис. 22).

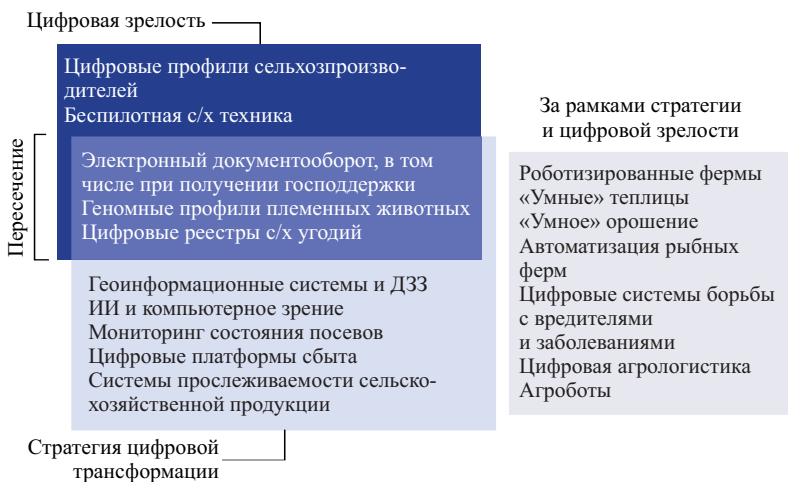


Рис. 22. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации сельского хозяйства

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Отнесенные к приоритетным для цифровой трансформации отрасли точечные решения и коробочные продукты, а также системы прослеживаемости и мониторинга, оператором которых является государство, могут быть адаптированы как крупным бизнесом, так и малыми формами хозяйствования. Именно поэтому они, как наиболее «дешевые» и простые в реализации, обладают высоким потенциалом широкого внедрения в непосредственной перспективе.

В то же время за рамками приоритетов цифровой трансформации пока остаются технологические решения, для реализации которых необходимо создание капиталоемких цифровых комплексов. Лишь ограниченный сегмент АПК, крупные агрохолдинги, обладают достаточными средствами и масштабами деятельности для запуска роботизированных производств полного цикла и создания на предприятиях внутренней цифровой инфраструктуры.

Риски для цифровой трансформации

В сельском хозяйстве усиливается цифровое неравенство. Малый и средний бизнес внедряет цифровые решения существенно медленнее, чем крупные агрохолдинги, что обусловлено, в том числе, их высокой стоимостью, сложностями интеграции, а также нехваткой квалифицированных кадров. На фоне усиления санкционного давления ситуация может усугубиться. Обеспеченность сельской местности современной цифровой инфраструктурой остается на сравнительно невысоком уровне. Расширение доступа к ней осложняется в условиях резкого сокращения импорта ПО и электроники, удорожания цифровых решений.

В условиях санкционного давления потребуются пересмотр сроков реализации отдельных задач стратегии цифровой трансформации (например, откладывание внедрения систем контроля и прослеживаемости в рамках снижения регуляторного давления на производителей).

Одной из ключевых задач цифровой трансформации АПК остается обеспечение квалифицированными кадрами. Требуется ускорить актуализацию образовательных программ подготовки в аграрных университетах и СПО, развитие цифровых компетенций работников (в том числе в области беспилотных технологий, ИИ, геоинформационных систем, интернета вещей и др.). Для эффективного привлечения ИКТ-специалистов в АПК необходима синхронизация инвестиционных проектов агробизнеса со стратегиями развития территорий.

Строительство

Глобальные тренды цифровой трансформации

Цифровая трансформация охватывает все этапы жизненного цикла объектов строительства: планирование, проектирование, возведение, эксплуатацию и снос. В основе цифровой трансформации отрасли лежат технологии информационного моделирования, или BIM-технологии (Building Information Model). BIM интегрирует множество слоев информации об объектах строитель-

ства, в том числе об используемых материалах, спецификациях, стоимости, план-графике строительных работ, функциональных и эксплуатационных характеристиках и даже условиях окружающей среды [Autodesk, 2022]. При этом изменение какого-либо из параметров здания влечет за собой автоматическую корректировку связанных с ним показателей и объектов. Следом за BIM стало активно применяться цифровое моделирование городов (City Information Modeling, CIM) — объединение BIM, GIS (геоинформационных систем) с цифровыми двойниками на базе интернета вещей, а также технологий оцифровки местности и городских объектов с помощью лазерного, ультразвукового сканирования. CIM (или цифровой двойник города) содержит пространственные и тематические данные.

Цифровизация затрагивает непосредственно работы на стройплощадке: автоматизируются или роботизируются рутинные или физически тяжелые операции, например, сварка, установка и скрепление арматуры, подъем и перемещение грузов, отделочные работы, укладка кирпичей и др. Внедряется беспилотная тяжелая строительная техника.

3D-печать как перспективный в долгосрочном периоде метод возведения зданий также основывается на цифровых технологиях. Трансформируется индустриальное домостроение, где все производственные, бизнес-процессы и логистика направлены на изготовление модулей на цифровых фабриках непосредственно по информационной модели здания.

Искусственный интеллект дает возможность оценивать эффективность, качество и безопасность работ, выявлять потенциальные риски на стройплощадке. Он применяется и на этапах планирования, проектирования, оценки стоимости проектов [S.O. Abioye et al., 2021].

Для мониторинга работ на стройплощадке используются системы компьютерного зрения, интернет вещей и носимые устройства, с помощью которых можно следить за наличием материалов, состоянием оборудования и действиями рабочих в режиме онлайн. С помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) осуществляется съемка и мониторинг хода строительных работ.

Широкое применение получают облачные цифровые решения для совместной работы в режиме реального времени, управления

строительными проектами и сопутствующего электронного документооборота.

За рубежом в число наиболее используемых в строительстве цифровых технологий входят дроны для мониторинга проектов и съемки — применяют 25% респондентов, системы электронного документооборота и онлайн-управления проектами (e-DMS) — 22%, цифровые инструменты управления закупками — 21%, технологии BIM 3D — 20%, программы для автоматизации оценки стоимости работ, материалов, подготовки смет — 19%, ERP-системы (IM/PS/MM-модули) — 18% [PwC, 2021]. В ближайшем будущем зарубежные компании планируют активно внедрять системы автоматизированной аналитики и управления проектами, решения для коммуникации и совместной работы. Технологии BIM 6D, включающие помимо самой 3D-модели слои данных об управлении строительным производством (4D), сметах (5D), а также аренде и управлении недвижимостью (6D), планируют внедрять или уже внедряют 37% организаций [Ibid.].

Ключевые параметры цифровой трансформации

Большинство из перечисленных выше решений находят применение в российской практике, однако в первую очередь это касается крупных компаний или сложных строительных проектов (например, создания промышленных объектов или объектов инфраструктуры).

Использование цифровых технологий

Сравнительная интенсивность использования цифровых технологий в строительстве в основном соответствует картине по экономике в целом (рис. 23). В то же время распространенность каждой из технологий в строительстве в среднем в 1,5–2 раза ниже, чем в других отраслях. Наиболее широко в строительстве используются облачные сервисы (их применяют 16% организаций), цифровые платформы (8,9%), технологии интернета вещей и геоинформационные системы (по 8,6%) [НИУ ВШЭ, 2022].

Большие данные используют 4,4% организаций, ИИ — 1,3%, промышленных роботов (в том числе при производстве модульных конструкций, сварке) — 1,5%, аддитивные технологии — 0,8%

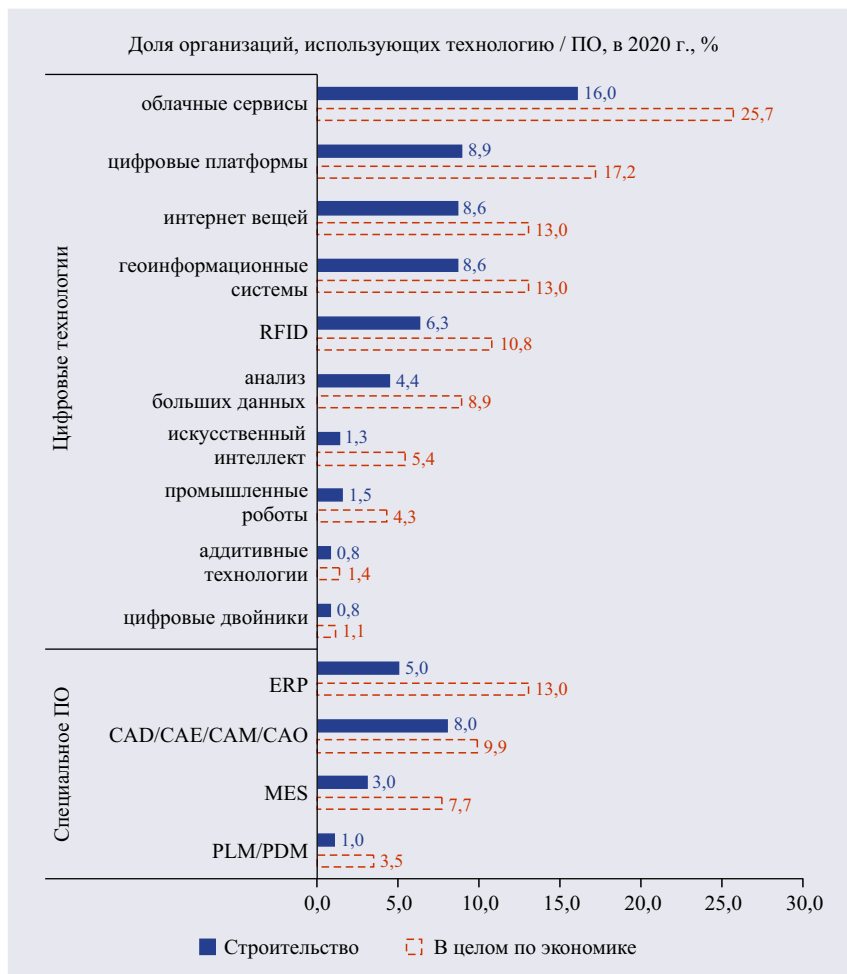


Рис. 23. Использование цифровых технологий и ПО организациями в сфере строительства

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

(что, вероятно, пока относится только к созданию макетов зданий, но не к 3D-печати самих домов), цифровых двойников — 0,8%.

Аналогичная ситуация в ПО, частично за исключением систем для информационного моделирования и проектирования (CAD-системы, лежащие в основе BIM-технологий), которые используются наиболее часто, — 8% организаций российской строительной отрасли²¹. Число организаций, применяющих ERP, MES, PLM/PDM-системы, не превышает 1–5%.

Кейсы применения цифровых технологий в строительстве

Кейс 1. Правительство Москвы реализует проект по созданию цифрового двойника Москвы. С помощью технологии имитационного моделирования можно планировать градостроительные решения и следить за ходом строительства. После формирования первой части цифрового двойника в 2022 г. будет создана фотограмметрическая 3D-модель города для территории Зеленоградского административного округа в 37,22 км² [Правительство Москвы, 2021].

Кейс 2. ООО «АМТ» — резидент Сколково и разработчик серийного производства порталных и мобильных строительных 3D-принтеров. Строит в Ярославской области первый в России поселок, состоящий из домов, возведенных с помощью технологии 3D-печати. Планируется возведение 12 домов среднего ценового сегмента. Принтер работает прямо на строительной площадке, что исключает необходимость проведения монтажных работ. Технология позволяет возводить 100 м² за 30 ч в автоматическом режиме. Заявленный нормативный срок эксплуатации жилых домов — 100–170 лет [Московский государственный строительный университет, 2021].

Кейс 3. ГК «Страна Девелопмент» — российский застройщик, реализующий проекты в пяти регионах страны, проводит практическое изучение возможностей экзоскелетов на своих строительных площадках в Москве, Санкт-Петербурге и Тюмени. Экзоске-

²¹ При этом следует учитывать, что в расчет не входят многие архитектурные и проектные бюро, формально не включаемые в строительную отрасль согласно кодам ОКВЭД.

леты помогают выполнить более 11 производственных операций, в том числе при производстве погрузочных и разгрузочных работ. Применение экзоскелетов позволяет снизить физическую нагрузку при подъеме веса в 2 раза. Среди заявленных эффектов — повышение производительности труда более чем на 20% [ГК «Страна Девелопмент», 2021].

Инвестиции в цифровизацию

Строительство вносит сравнительно небольшой вклад в общий объем затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий — 1,4%, или 41,6 млрд руб. в 2020 г. (рис. 24).

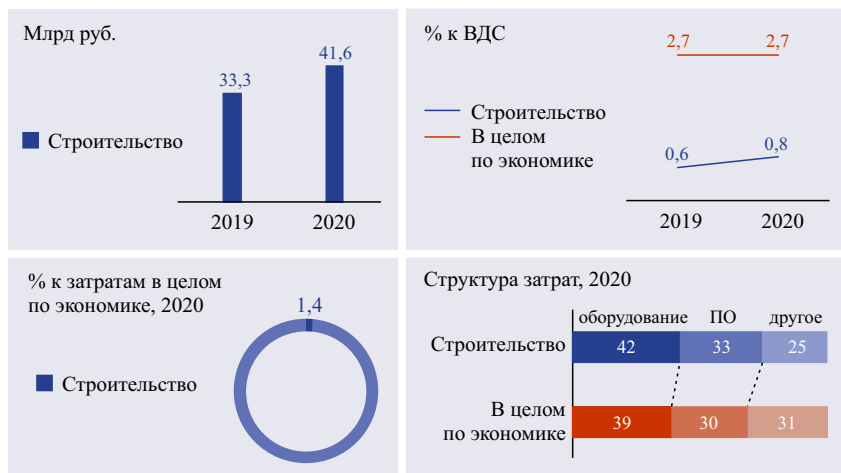


Рис. 24. Затраты организаций в сфере строительства на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Интенсивность затрат на цифровые технологии (относительно ВДС) в строительстве заметно ниже, чем в среднем по экономике, — 0,8% против 2,7% соответственно. В то же время в 2020 г., не-

смотря на кризисные явления, связанные с пандемией коронавируса, наблюдался рост этого показателя благодаря опережающему увеличению затрат в абсолютном выражении, составившему 25% относительно уровня 2019 г. Основная часть расходов на цифровые технологии в строительстве приходится на машины и оборудование (42%) и на ПО (33%), при этом указанные доли незначительно выше, чем в других отраслях.

Доля закупаемого отечественного ПО в строительстве выше, чем в среднем по экономике, — 42,2% против 31,8% соответственно. Отечественными являются преимущественно неспецифичные для отрасли продукты, такие как системы бухгалтерского учета, документооборота.

42,2% — доля затрат организаций в сфере строительства на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

В то же время наблюдается почти полная зависимость от иностранных программных пакетов, требующихся для информационного моделирования (в числе наиболее распространенных — ArchiCAD, Revit, Tekla). Имеющиеся российские решения обладают недостаточным функционалом и не в полной мере могут реализовать сам принцип информационного моделирования, заключающийся в «увязке» нескольких слоев данных и возможностях совместной работы участников над проектом в единой среде в онлайн-режиме. Вместе с тем можно отметить некоторые успешные нишевые продукты (например, napoCAD для проектирования различных инженерных систем, среда общих данных Pilot-BIM).

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в сфере строительства было занято 45,4 тыс. ИКТ-специалистов, включая 30,4 тыс. ИТ-специалистов, что составляет 1 и 0,7% занятых в отрасли соответственно (что, однако, почти в 2 раза ниже значения по другим отраслям — потребителям цифровых технологий) (рис. 25). За 2020 г. спрос на ИКТ-специалистов в строительстве вырос как в абсолютном выражении, так и относительно общей численности занятых. Вклад сферы строительства в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 2,6% (2,3% — по ИТ-специалистам) [НИУ ВШЭ, 2021].

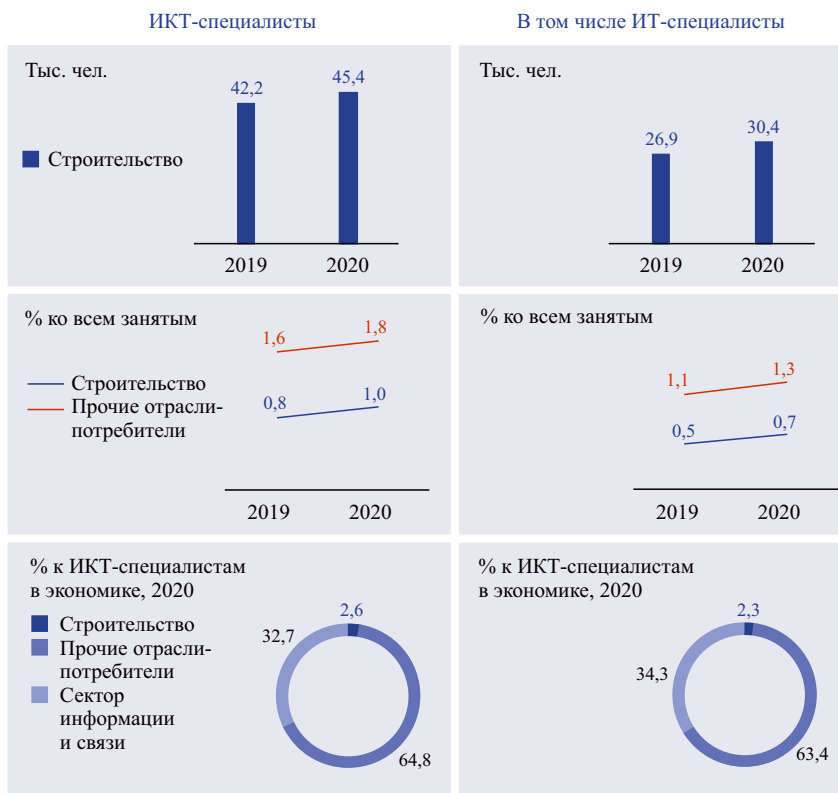


Рис. 25. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере строительства

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Следует отметить, что среди организаций сферы строительства ИТ-инсорсинг распространен довольно слабо и преимущественно приходится на крупные компании, реализующие полный цикл работ — проектирование, производство модульных строительных конструкций на собственных фабриках, логистика до стройплощадки (в том числе на принципах «точно в срок»), возведение зданий. Как правило, для увязки всех процессов недостаточно только имеющихся на рынке продуктовых решений, поэтому требуется

формировать собственные ИТ-компетенции. Так, например, можно отметить компанию-инсорсера «ПИК Digital», занимающуюся разработкой ИТ-систем, хранилищ данных, а также сайтов и мобильных приложений для потребителей.

Одним из барьеров цифровой трансформации строительства является нехватка кадров с цифровыми компетенциями — речь идет не столько об ИКТ-специалистах и разработчиках ПО, сколько о менеджменте, линейном персонале на производствах, стройплощадках (прорабы), которые могли бы работать с новыми цифровыми технологиями (например, беспилотной, роботизированной техникой, облачными решениями для управления проектами и электронного документооборота и др.).

Политика цифровой трансформации

Строительство входит в число отраслей, по которым осуществляется оценка цифровой зрелости в рамках мониторинга достижения соответствующего показателя национальной цели «Цифровая трансформация», установленной в Указе № 474. В декабре 2021 г. была утверждена стратегия цифровой трансформации строительной отрасли²², которая в том числе направлена на достижение ее цифровой зрелости.

Стратегия цифровой трансформации

В стратегии цифровой трансформации строительной отрасли определено несколько приоритетных инициатив, которые по тематике во многом пересекаются с показателями оценки цифровой зрелости.

Инициатива «Проектируем вместе» нацелена на внедрение технологий информационного моделирования на этапе государственной экспертизы проектов капстроительства, развитие цифровых сервисов ценообразования и определения сметной стоимости, а также выстраивание «цифровой вертикали» экспертизы в единой экосистеме, интегрированной в том числе с Единым порталом государственных услуг (ЕПГУ).

²² Стратегическое направление цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 г., утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2021 г. № 3883-р.

Наиболее широкой по набору предполагаемых мер является инициатива «Строим вместе». Ключевой проект в рамках инициативы предусматривает применение технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов строительства и в первую очередь в рамках B2G-взаимодействия, создание для этого единых форматов обмена информационными моделями, реестра машиночитаемых нормативно-технических документов. Обязательство использования информационных моделей с 2023 г. должно затронуть застройщиков многоквартирных домов, работающих с привлечением средств покупателей (эскроу-счетов). В числе задач также — разработка отечественных программных продуктов для информационного моделирования. Планируются пилотные проекты с применением BIM-технологий, в первую очередь реализуемые за счет бюджетных средств. В целом для проектов государственных заказчиков будет внедрена единая информационная система управления. Кроме того, запланировано создание на базе ЕПГУ суперсервиса «Цифровое строительство — стройка в 1 клик», в рамках которого все услуги, связанные со строительством, будут оказываться в электронном виде, в том числе проактивно по реестровой модели и с существенным сокращением сроков. Аналогичные планы и в отношении услуг технологического присоединения к сетям. В электронный машиночитаемый (xml) формат планируется перевести первичную учетную документацию, акты приемки, финансовые документы в рамках проектов капстроительства, что обеспечит возможность их автоматизированной проверки. Все основные процессы государственного строительного надзора также переводятся в электронный вид.

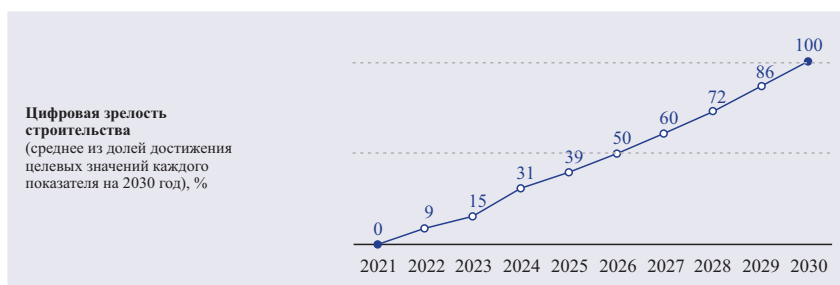
Кроме того, предусмотрены инициативы «Управляем вместе» (в рамках которой стоит отметить планы создания «цифровой вертикали» градостроительных решений (территориального планирования)) и «Планируем вместе» (предполагает формирование реестра нуждающихся в улучшении жилищных условий и обеспечение строительной отрасли трудовыми ресурсами, в том числе с необходимыми цифровыми навыками).

Цифровая зрелость

Оценка цифровой зрелости строительства в рамках мониторинга достижений национальной цели «Цифровая трансформа-

ция» фокусируется преимущественно на двух аспектах: внедрении технологий информационного моделирования (BIM) и электронного документооборота (рис. 26).

Половина показателей характеризует внедрение цифровых технологий преимущественно в рамках госсектора и в B2G. Так, к 2030 г. планируется обеспечить подготовку проектной документации в форме информационной модели для 50% объектов капитального строительства, проходящих государственную экспертизу. Для этого, в частности, с 1 января 2022 г. все государственные строительные заказы в России должны проектироваться в BIM²³. Данный подход в целом соответствует зарубежной практике, где активный переход на BIM-технологии с 2015–2017 гг. также начался с обязательства для застройщиков применять BIM в проектах, реализуемых за счет бюджета (примеры Великобритании, Сингапура). В рамках достижения цифровой зрелости планируется переход на машиночитаемый формат (xml) заданий на проектирование для 50% проектов капитального строительства. Не менее 70% госконтрактов и договоров на поставки в рамках капитального строительства должно заключаться в электронной форме. В числе достаточно амбициозных задач — применение предиктивной аналитики на алгоритмах ИИ для государственной экспертизы проектной документации (10% проектов к 2030 г.). Предполагается, что это может существенно сократить сроки экспертизы и снизить ее трудоемкость. Однако рост показателя запланирован только с 2024 г., поскольку требуется разработка и апробация соответствующих решений.



²³ В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 331.

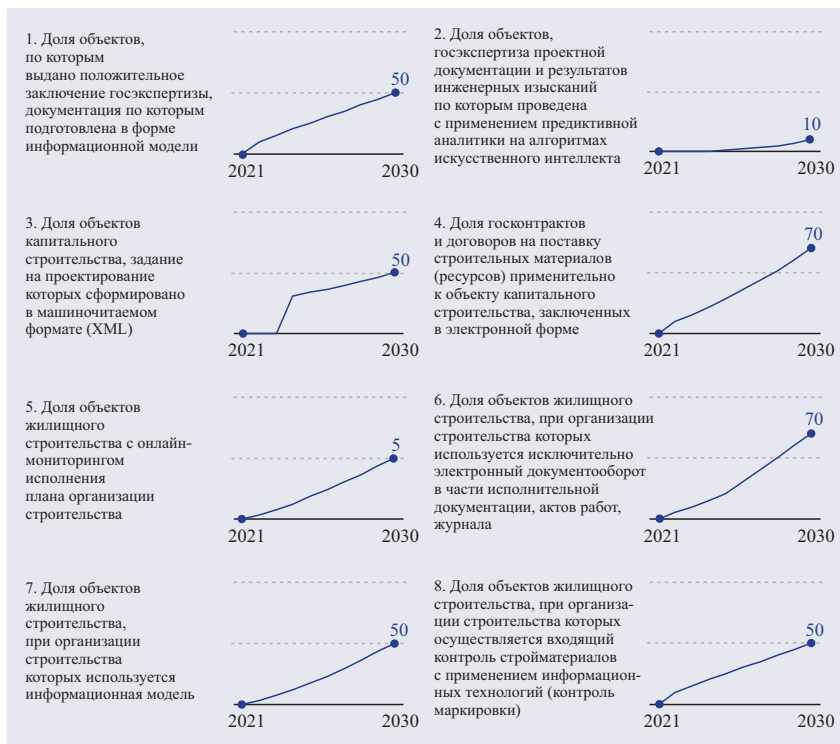


Рис. 26. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере строительства в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»²⁴

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минстроя России, Минцифры России.

²⁴ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Строительство», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

Второй блок показателей характеризует цифровизацию жилищного строительства, где также предусмотрено использование информационных моделей (цель — 50% объектов), электронный документооборот в части исполнительной документации (цель — 70%) и обеспечение входящего контроля стройматериалов с помощью информационных технологий (цель — 50%). Онлайн-мониторинг выполнения работ с публикацией фото- и видеоматериалов в открытом доступе (цель — 50% объектов к 2030 г.) особенно востребован с точки зрения информирования участников долевого строительства.

В 2022 г. планируется корректировка состава показателей цифровой зрелости в целях его согласования с приоритетами и показателями стратегии цифровой трансформации строительства.

Согласованность приоритетов

Приоритеты цифровой трансформации строительства отвечают на наиболее острые проблемы отрасли — высокую административную нагрузку, длительные циклы согласования, трудоемкость взаимодействия государства и бизнеса и при этом непрозрачность процессов. Отраслевая стратегия цифровой трансформации и показатели цифровой зрелости фокусируются на выстраивании единой цифровой среды для B2G- и G2G-взаимодействия в строительстве, в основе которой будут лежать BIM и электронные (машиночитаемые) документы (рис. 27).

За рамками приоритетов политики пока остается повышение эффективности производственных и бизнес-процессов самих строительных компаний. В частности, в стратегических документах не отражены такие направления цифровизации, как БПЛА для мониторинга, съемки и лазерного сканирования, автономная строительная техника, роботы на стройплощадках и на производствах, интернет вещей (носимые устройства для персонала, датчики для техники, датчики для мониторинга безопасности и др.), ИИ (для автоматической оценки прогресса по проекту, поддержки принятия решений, в том числе на этапе планирования и проектирования), 3D-печать, дополненная и виртуальная реальность, облачные мобильные приложения для онлайн-управления проектами.

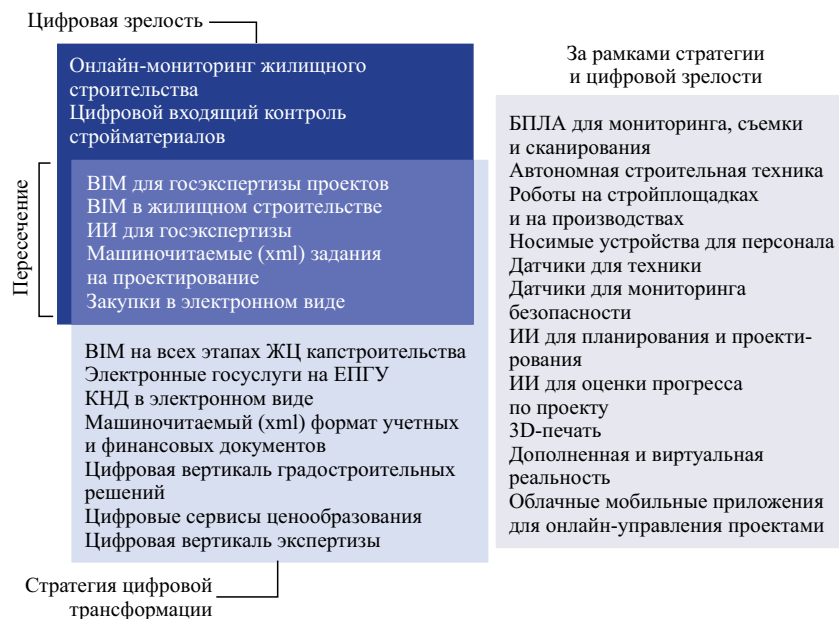


Рис. 27. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации строительства

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В дальнейшем в рамках актуализации приоритетов цифровой трансформации строительства целесообразно учесть перечисленные тренды²⁵ в целях повышения эффективности функционирования строительной отрасли.

²⁵ Некоторые из них отражены в Плане мероприятий («дорожная карта») по использованию технологий информационного моделирования при проектировании и строительстве объектов капитального строительства, а также по стимулированию применения энергоэффективных и экологических материалов, в том числе с учетом необходимости их производства в Российской Федерации, утвержденном распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2021 г. № 3719-р.

Риски для цифровой трансформации

Введенные весной 2022 г. санкции негативно влияют на строительную отрасль из-за снижения платежеспособного спроса (как потребительского, так и инвестиционного), удорожания материалов, комплектующих и оборудования иностранного производства, а также ухудшения условий кредитования проектов в связи с существенным ростом процентных ставок.

В данных условиях приоритеты цифровой трансформации, заложенные в стратегии, не теряют своей актуальности, поскольку направлены на снижение административной нагрузки, ускорение и упрощение процессов взаимодействия государства и бизнеса при реализации строительных проектов. Вместе с тем возросшие риски могут дестимулировать застройщиков внедрять какие-либо новые решения, поэтому меры поддержки должны быть направлены на снижение таких рисков. Наиболее остро стоит задача разработки российского ПО, в том числе для информационного моделирования, и его внедрения.

В данных условиях основными направлениями мер поддержки цифровой трансформации строительства могут быть:

- льготное кредитование под проекты внедрения цифровых технологий;
- программы обучения персонала цифровым навыкам;
- поддержка (субсидирование) консорциумов по разработке совместимых отечественных программных решений для проектирования и строительства, в первую очередь для информационного моделирования.

Транспорт и логистика

Глобальные тренды цифровой трансформации

Внедрение цифровых решений затрагивает все ключевые процессы, связанные с транспортировкой пассажиров и грузов, строительством и обслуживанием объектов транспортной инфраструктуры, планированием и управлением транспортными потоками, а также хранением и обработкой грузов²⁶.

²⁶ В настоящей главе рассматриваются виды деятельности по ОКВЭД 2, входящие в раздел Н «Транспортировка и хранение»: сухопутный и трубопро-

Важное направление развития отрасли — распространение беспилотного транспорта, что требует комплексных решений, включая разработку новых конструкций транспортных средств, строительство необходимой инфраструктуры и обслуживающих систем для них. Возрастающие требования к энергоэффективности и снижению влияния на окружающую среду приводят к появлению новых концепций транспорта (электромобили, автомобили с водородным двигателем, транспортные средства на альтернативных видах топлива и др.). На фоне роста нагрузки на транспортную систему на первый план выходит оптимизация маршрутов, более эффективное использование территорий и пространств, прежде всего городских. Это задача решается благодаря объединению в единую систему элементов транспортного комплекса и анализу больших массивов генерируемых данных. Участники отрасли стремятся к индивидуализации услуг и обеспечению мультимодальных перевозок, используя новые и удобные цифровые каналы связи с клиентами. Постепенно на уровне стран и регионов формируются транспортные коридоры, интегрирующие различные виды транспорта и торговые потоки. Однако внедрение цифровых решений на транспорте все более остро ставит вопросы информационной безопасности.

Наряду с общими ориентирами развития отрасли, в том числе упомянутыми выше, результативность и динамика ее цифровой трансформации во многом обусловлены спецификой отдельных сегментов.

В сфере авиационного транспорта, традиционно лидирующего по темпам цифровой трансформации, внедряются решения для управления воздушным трафиком, системы диспетчерского обслуживания на основе ИИ, предиктивной аналитики для технического обслуживания и ремонта воздушных судов, интеллектуального отслеживания и оптимизации расхода топлива, решения для улучшения ситуационной осведомленности, смарт-контракты для сертификации участников и оборудования и др. [IATA, 2018; 2021; Hermes Air Transport Organization, 2020]. При взаимодействии с клиентами востребованы биометрическая идентификация и

водный, водный, воздушный и космический транспорт, складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность, а также почтовая связь и курьерская деятельность.

аутентификация пассажиров в аэропортах, различные цифровые сервисы. В перспективе планируется использование беспилотных авиационных систем для доставки грузов. В части пассажирских перевозок в настоящее время разрабатывается несколько концепций, ключевой из которых является VTOL (vertical take-off and landing) — беспилотное воздушное судно с вертикальным взлетом для перевозки пассажиров.

В основе цифровой трансформации автомобильного транспорта лежат интеллектуальные транспортные системы. Они включают, в том числе, различные решения на основе ИИ, позволяющие следить за состоянием водителя, минимизировать риски возникновения опасного вождения или внештатной ситуации [ITF, 2021a]. Все большую популярность приобретает технология V2X (Vehicle-to-Everything), обеспечивающая автоматический обмен данными между транспортными средствами и иными объектами о состоянии дорожной ситуации, транспортном потоке, возникающих препятствиях и об иных условиях до того, как они появятся в поле зрения водителя, т.е. предсказывающая дорожную ситуацию и предлагающая ответные действия [GSMA, 2019]. В основе современных систем управления автопарком в онлайн-режиме лежат устройства интернета вещей и телематики. Они позволяют планировать загрузку транспорта и маршруты движения, своевременно заказывать запасные части и компоненты, проводить техническое обслуживание [IEEE, 2022]. В перспективе станет возможным радикально снизить количество ДТП благодаря переходу на высоко- и полностью автоматизированный автотранспорт.

На железнодорожном транспорте основное направление цифровизации — автоматизация операционных и бизнес-процессов. Так, внедряются автоматизированные системы управления перевозками, позволяющие своевременно спрогнозировать и минимизировать возможные риски возникновения аварийных ситуаций, цифровые системы сигнализации, интеллектуальные системы контроля движения. Зарождающийся тренд — токенизация подвижного состава на основе технологий распределенных реестров, однако пока масштабы его распространения невелики [McKinsey & Company, 2021; Global Railway Review, 2022b]. Перспективно применение дронов для обследования линий контактной сети и других элементов железнодорожной инфраструктуры [ITF, 2021b].

В пассажирских перевозках, как и ранее, реализуются проекты по созданию высокоскоростных поездов. Крупнейшие игроки отрасли тестируют решения для автономного управления поездами, в том числе уровня GoA4. Это самая высокая степень автоматизации, при которой управление подвижным составом осуществляется без присутствия человека в кабине машиниста [Global Railway Review, 2022a].

Трансформация морского и речного транспорта основывается на внедрении комплексных интеллектуальных информационных систем, интегрирующих большие массивы данных о судовладельцах, персонале и прочих участниках перевозочного процесса. Имеется высокий потенциал применения блокчейна и технологий распределенных реестров — решения на их основе позволяют снизить административные издержки в портах, на таможне и в процессе обработки большого объема разнородных данных о грузах [Hellen Shipping News, 2021]. Первый шаг для перехода на автономное судовождение — установка на уже действующие морские суда оборудования и систем дистанционного и (или) полностью автономного управления для тестирования в реальных условиях.

В логистике и складской деятельности среди ключевых направлений развития следует отметить роботизацию большинства рутинных функций, внедрение автоматизированных систем управления цепочками поставок (своевременный контроль остатков продукции, прогнозирование объемов логистических услуг, планирование маршрутов и др.). Удаленный мониторинг логистических процессов обеспечивается благодаря устройствам интернета вещей, которые позволяют отслеживать груз на всем пути следования от производителя до конечного потребителя. На фоне стремительного роста электронной торговли необходима отлаженная система регулярных поставок небольших по весу и габаритам грузов «последней мили». В связи с этим все большую популярность приобретает бизнес-модель 5PL (Fifth Party Logistics Model) [GEFCO, 2022]. Она предполагает предоставление и заказ услуг по транспортировке груза посредством цифровой платформы, объединяющей множество перевозчиков и сервисов. При этом оператор не владеет физическими активами (складская инфраструктура, техника и др.). Все это позволяет оптимизировать загрузку транспорта и связанные с этим расходы.

По мнению представителей транспортно-логистического бизнеса, в ближайшие годы развитие данной области будет строиться на таких технологиях, как облачные сервисы (71% опрошенных), интернет вещей (63%) и большие данные (58%), а также решениях на основе виртуальной, дополненной и смешанной реальности (46%), носимых устройствах (43%) [TeamViewer, 2021]. В более отдаленной перспективе (2025–2030 гг.) многие страны (ЕС, Китай) планируют обеспечить условия для широкого использования беспилотного автотранспорта, а также запустить наземные роботакси [Huawei, 2021].

Практически все актуальные для отрасли тренды прослеживаются и в нашей стране. Тем не менее пока инициативы цифровой трансформации наиболее активно реализуются лишь крупными участниками отрасли в каждом из сегментов, в том числе компаниями с государственным участием (ПАО «Аэрофлот», АО «Авиакомпания “Россия”», ОАО «РЖД», ПАО «Совкомфлот», АО «Почта России» и др.), а также частными транспортными и логистическими компаниями. Активно вовлечены во внедрение цифровых технологий логистики крупные маркетплейсы. В текущих условиях масштабные проекты, в том числе по переходу на беспилотный транспорт, целесообразно осуществлять в рамках государственно-частного партнерства.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Реализация планов внедрения цифровых решений требует устойчивой и безопасной инфраструктуры связи, для развития которой необходимы значительные инвестиции со стороны как государства, так и участников отрасли. В сравнении с иными отраслями данный фактор во многом определяет темпы цифровизации и возможности освоения передовых цифровых технологий.

Для большинства компаний отрасли цифровая трансформация — основной инструмент развития на фоне многочисленных вызовов, с которыми сталкиваются различные сегменты транспорта в последние годы и сегодня. С учетом особенностей транспортной системы и значительной протяженности территории нашей страны внедрение цифровых технологий позволяет пре-

одолеть обособленность различных видов транспорта и повысить пропускную способность действующих маршрутов.

Использование цифровых технологий

На транспорте и логистике применяется практически весь спектр цифровых технологий. За рубежом их распространенность несколько выше. В среднем более активно внедряются облачные сервисы, интернет вещей в связке с технологиями для анализа больших данных, ERP-системы. Интенсивность использования технологий ИИ в европейских странах также пока невысока (например, в Германии эти технологии использует лишь 7% организаций).

Востребованность цифровых технологий со стороны транспортного комплекса нашей страны в целом соответствует тенденциям их внедрения как за рубежом, так и в других рассматриваемых в докладе отраслях российской экономики (рис. 28). К числу наиболее распространенных относятся облачные сервисы (применяют 20,1% организаций) и цифровые платформы (14,8%). Вместе с тем уровень использования целого ряда технологий опережает средние значения по экономике, в том числе геоинформационных систем (15,8% против 13%), интернета вещей (13,6% против 13%), RFID (12,1% против 10,8%) и больших данных (9,5% против 8,9%) [НИУ ВШЭ, 2022]. Пока недостаточно широко внедряются технологии ИИ (3,7%). Тем не менее, согласно расчетам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, транспорт и логистика могут стать одним из ключевых потребителей решений на основе ИИ в перспективе до 2030 г.

Специальные программные средства в транспортном комплексе пока используются менее интенсивно по сравнению со средними значениями по экономике, за исключением систем управления производственными процессами (MES).

Приведенные выше характеристики отражают усредненный «профиль» применения цифровых технологий. Он может отличаться для отдельных видов транспорта в зависимости от различных особенностей.

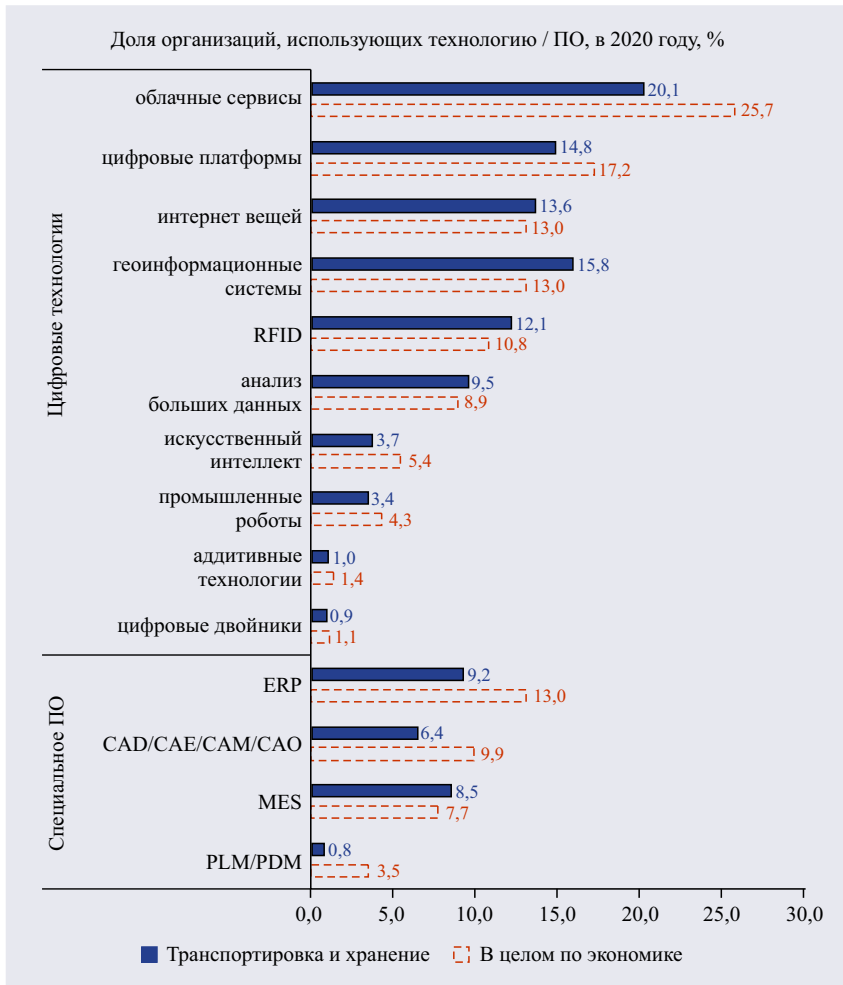


Рис. 28. Использование цифровых технологий и ПО организациями в сфере транспорта и логистики

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Кейсы применения цифровых технологий в сфере транспорта и логистики

Кейс 1. В 2021 г. на Московском центральном кольце (МЦК) протестирован электропоезд «Ласточка» с уровнем автоматизации GoA3+ (автоматическое управление пассажирским подвижным составом с машинистом в кабине). Такой высокий уровень автоматизации достигается с помощью системы, способной обнаруживать препятствие, устанавливать расстояние до него, принимать решение о торможении. Также предусмотрена возможность наблюдения за любым выявленным объектом на дороге и прогнозирования его поведения. Ожидается, что автономные поезда начнут курсировать на МЦК после 2024 г. [Гудок, 2021; АО «НИИАС», 2021].

Кейс 2. В госкорпорации «Росатом» разрабатывается Единая цифровая платформа для навигации по Северному морскому пути. С помощью платформы станут возможными синхронизация логистических операций и диспетчеризация флота, включающая обслуживание до 1,5 тыс. уникальных пользователей. Система не только позволит в оперативном порядке предоставлять информацию о навигационной, экологической, ледовой, гидрометеорологической обстановке, но и обеспечить круглогодичную навигацию [Росатом, 2022].

Кейс 3. Транспортно-логистическая компания «ПЭК» протестировала складских роботов Ronavi от компании Ronavi Robotics — ведущего российского разработчика и производителя серийных логистических роботов — для перемещения грузов по территории склада и их передачи из зоны хранения в зону выдачи клиенту. Робот может передвигаться в любом направлении и автономно выполнять задачи. В перспективе выполнение этих операций не потребует участия человека [RoboTrends, 2021].

Инвестиции в цифровизацию

Компании отрасли относятся к числу наиболее крупных инвесторов в цифровые решения. В 2020 г. объем затрат российских организаций транспортного комплекса на внедрение и использование цифровых технологий увеличился более чем вдвое в срав-

нении с предыдущим годом и достиг 220,9 млрд руб. (рис. 29). Это отразилось и на интенсивности затрат на цифровые технологии относительно ВДС, которая за названный период также показала двукратный рост, превысив средний уровень по экономике (3,6% против 2,7% соответственно). Такое существенное увеличение вложений относительно 2019 г. стало результатом реализации целого ряда проектов федерального масштаба по реконструкции и строительству объектов транспортной инфраструктуры (например, строительство автодороги ЦКАД-3 с применением передовых технологий управления движением), а также возросшего спроса на цифровые решения со стороны предприятий отрасли на фоне необходимости преодоления последствий пандемии COVID-19.

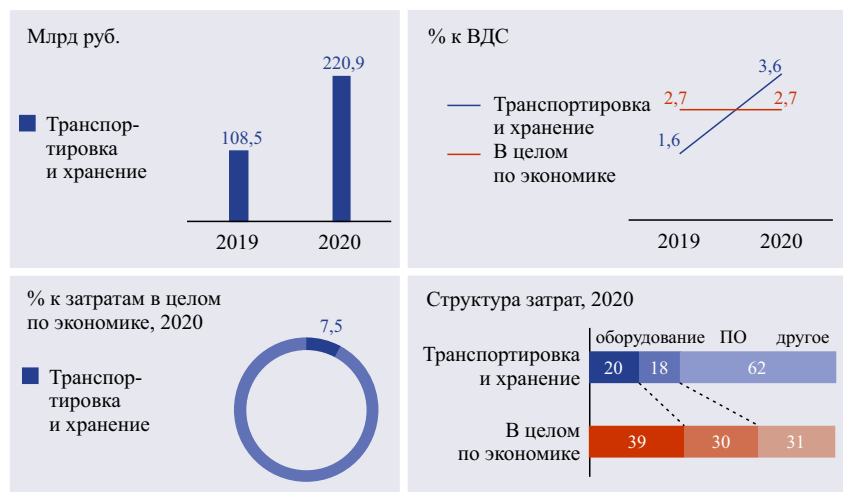


Рис. 29. Затраты организаций в сфере транспорта и логистики на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

В структуре затрат основная часть приходится на статьи, связанные с оплатой услуг электросвязи, труда специалистов в области ИКТ, обучения сотрудников с целью внедрения и использова-

ния цифровых технологий, приобретением цифрового контента и иными видами расходов (62%). Это значение практически в 2 раза выше, чем средний уровень по рассматриваемым в докладе отраслям. Именно изменения по таким статьям привели к росту совокупных затрат на внедрение и использование цифровых технологий в транспортном комплексе. Основной вклад в это внесли оплата услуг связи (рост в 5 раз) и приобретение цифрового контента (рост в 30 раз).

Доля закупаемого отечественного ПО в отрасли несколько ниже, чем в среднем по экономике, — 28% против 31,8% соответственно. Темпы и масштабы перехода на отечественные ИТ-решения зачастую сильно разнятся ввиду специфики отдельных видов транспорта.

28% — доля затрат организаций в сфере транспорта и логистики на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

Общая черта для всех сегментов отрасли — зависимость крупных игроков от зарубежных ERP-систем (SAP, IBM). Наиболее ярко это проявляется на авиатранспорте. Существенную долю занимают зарубежные программные решения для мониторинга, технического обслуживания и ремонта авиационной техники и оборудования, что во многом связано с преобладанием иностранных машин в самолетном парке российских авиакомпаний. Также используются зарубежные системы бронирования и регистрации на авиарейсы.

К отечественным относятся преимущественно системы заказа и продажи билетов, оплаты проезда, электронного документооборота, в том числе в сфере грузовых перевозок, а также программные решения для бухгалтерского учета, управления кадрами и других задач общего характера. Имеются собственные продукты в области позиционирования, навигации, геоинформационных сервисов, биометрических систем. В большинстве сегментов транспортной отрасли переход на российские решения возможен, но потребует времени и дополнительных ресурсов для адаптации. Наиболее сложная ситуация сложилась в сегменте авиационного транспорта. Здесь задачи перехода на российское ПО должны рассматриваться в увязке с развитием отечественного авиастроения.

Кадры цифровой трансформации

Транспортная отрасль — один из крупнейших работодателей в российской экономике наряду с обрабатывающей промышленностью и социальной сферой. В 2020 г. численность занятых в ней ИКТ-специалистов достигла 70,6 тыс., включая 43,1 тыс. ИТ-специалистов [НИУ ВШЭ, 2021]. Это составляет 1,1 и 0,7% занятых в отрасли соответственно, что, однако, почти в 2 раза ниже значения по другим отраслям — потребителям цифровых технологий (рис. 30). В 2020 г. вследствие пандемии в отрасли было зафиксировано снижение спроса на ИКТ-специалистов, а также доли данной категории работников в общей численности занятых в транспортном комплексе (по сравнению с уровнем 2019 г.). Вклад транспорта и логистики в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 4%, что сопоставимо с уровнем финансового сектора и сферы государственного управления. По ИТ-специалистам этот показатель (3,3%) значимо выше, чем, например, в строительстве и топливно-энергетическом комплексе.

Крупные игроки российской транспортной отрасли стремятся создать собственные заделы по ключевым цифровым технологиям, в том числе опираясь на собственную разработку (инсорсинг) и интеграцию. Наиболее активно эта модель реализуется на железнодорожном транспорте. В структуре ОАО «РЖД» представлен ряд ИТ-компаний, специализирующихся на отдельных направлениях цифровизации холдинга: ООО «ОЦРВ» (автоматизированные системы управления предприятиями, их сопровождение и обслуживание), ООО «РЖД-Технологии» (продукты и сервисы для цифровой трансформации, программные роботы), ООО «РЖД-ТехСервис» (техническая поддержка и обслуживание ПО и ИТ-инфраструктуры), АО «НИИАС» (интеллектуальные системы управления, системы обеспечения безопасности движения и др.). Свои ИТ-команды есть у аэропорта Домодедово, авиакомпании S7 [ТАAdviser, 2021].

Средние и малые транспортно-логистические компании заказывают разработку программных продуктов или готовые типовые решения у сторонних поставщиков. Одной из ключевых задач отраслевых ИКТ-команд является сочетание множества решений различных разработчиков, их интеграция с устройствами и обо-

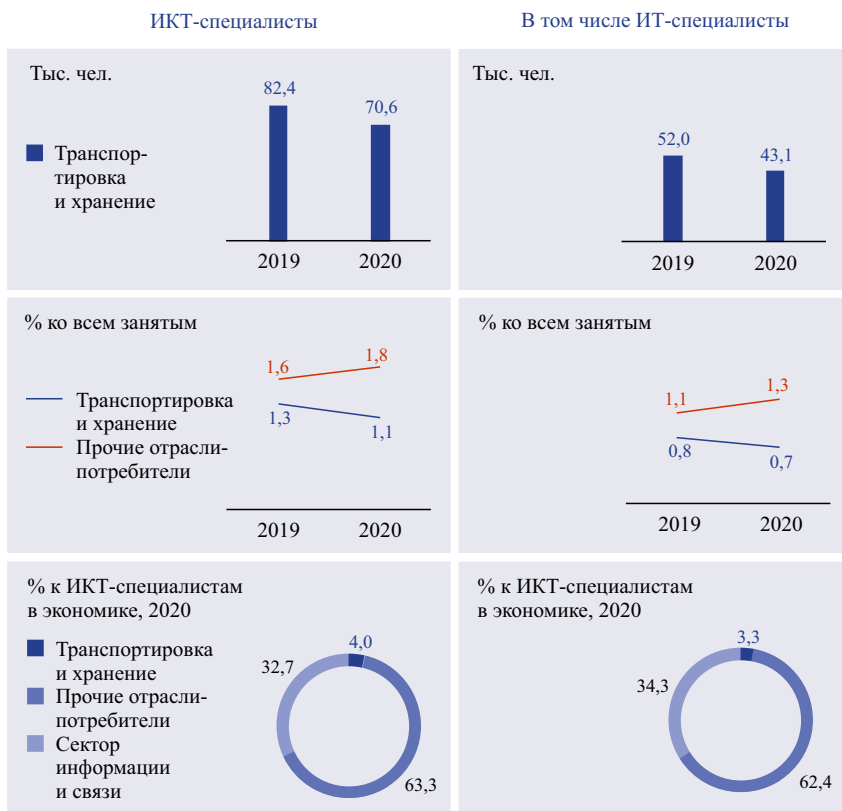


Рис. 30. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере транспорта и логистики

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

рудованием (датчиками, сенсорами, аппаратными комплексами и др.) для обеспечения безопасного обмена данными между всей совокупностью территориально распределенных участников. Это становится предпосылкой для формирования единого информационного пространства на транспорте, что определено Минтрансом России в качестве одной из ключевых задач цифровой трансформации отрасли.

На транспорте сохраняются нехватка ИТ-специалистов и недостаточный уровень цифровой грамотности персонала, занятого прежде всего на небольших и средних предприятиях. Внедрение новых цифровых решений зачастую сопровождается изменениями в бизнес-моделях и ИТ-архитектуре, что создает необходимость регулярного повышения квалификации сотрудников и развития их цифровых навыков.

Политика цифровой трансформации

В мире транспортный комплекс находится в числе лидеров по охвату участников и масштабности реализуемых проектов цифровой трансформации. Большинство из них носят инфраструктурный характер, в связи с чем процессы цифровизации более растянуты во времени в сравнении с иными отраслями. Ключевые инициативы реализуются правительствами стран совместно с крупными компаниями.

Стратегия цифровой трансформации

Государственные программы и проекты по цифровизации, как правило, встроены в комплексные стратегии развития транспорта и инфраструктуры. В частности, такие инициативы реализуются в Китае (Национальный план развития комплексной транспортной сети на 2021–2035 гг., План укрепления потенциала Китая в области транспорта), Германии (Инновационная программа в области логистики 2030), Европейском союзе (Транспортная стратегия в области умной и устойчивой мобильности), США (Закон об инвестициях в инфраструктуру и создании рабочих мест). Большинство из них охватывают задачи по развитию цифровой инфраструктуры на транспорте.

Наиболее амбициозные цели ставит перед собой Китай. Так, предусмотрены мероприятия по созданию телекоммуникационной инфраструктуры для сбора и обработки данных, внедрения технологий ИИ и высокопроизводительных вычислений. Это обеспечит основу для широкого распространения следующего поколения интеллектуальных систем, систем управления дорожным движением и парковкой, подключенных и автономных транспортных средств, грузовых беспилотных летательных аппаратов

и др. На железнодорожном транспорте, помимо расширения сети высокоскоростных поездов (до 400 км/ч), будет развиваться концепт поездов на основе магнитной левитации (до 600 км/ч). Особое место занимают стимулирующие инициативы по использованию собственной системы спутниковой навигации BeiDoo для отслеживания и картографирования, прогнозирования погоды, спасательных служб и др. [Transition China, 2019]. Прорабатывается реализация концепции интернета транспорта (Internet of Vehicles, IoV), при котором транспортные средства, подключенные к сетям связи, обеспечивают возможности автономного вождения, координацию движения транспортного средства и дороги [Transition China, 2021]. Под эти задачи разрабатываются нормы кибербезопасности.

Указанные технологические приоритеты в том или ином виде заявлены и в других странах. К этому перечню стоит добавить создание умного порта и модернизацию морских терминалов, что позволит обеспечить высокоавтоматизированные мультимодальные перевозки [European Commission, 2020; BMDV, 2020].

Для осуществления указанных инициатив задействуется широкий пакет инструментов государственной поддержки, включая гранты на разработку передовых решений, государственные закупки (транспортных средств, продуктов и сервисов), механизмы государственно-частного партнерства, «цифровые песочницы» и др. Активно увеличивается число тестовых полигонов для апробации новых решений, прежде всего для беспилотного транспорта.

В нашей стране в декабре 2021 г. утверждена стратегия цифровой трансформации транспортной отрасли²⁷. Среди приоритетных инициатив — проекты по созданию беспилотных логистических коридоров, автономному судовождению и беспилотной аэродоставке грузов. Кроме того, предусмотрены мероприятия по развитию цифровой системы управления транспортным комплексом, цифрового профиля пассажира, цифровых двойников объектов транспортной инфраструктуры и ряд других. Все проекты направлены на повышение безопасности перевозок, увеличение скорости доставки грузов

²⁷ Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г., утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3744-р.

и снижение эксплуатационных расходов. Большинство проектов носят комплексный характер и предполагают работы по созданию отечественных оборудования и программных средств.

В рамках проекта «Беспилотные логистические коридоры» планируется организовать движение беспилотных грузовых автомобилей на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 «Нева». Для этого потребуется обеспечить создание и вывод на рынок беспилотных грузовых автомобилей и перевозочных сервисов, а также разработку правовых основ тестирования и использования автономного грузового автотранспорта, инфраструктуры для его безопасной эксплуатации. Данная инициатива реализуется в формате экспериментальных правовых режимов — «цифровых песочниц». С 2022 г. планируется начать тестирование таких автомобилей. Регулярное коммерческое использование беспилотных грузовиков между Москвой и Санкт-Петербургом запланировано на 2024 г. Далее проект будет тиражирован на другие федеральные автодороги (трассы М-1 «Беларусь», М-4 «Дон», М-12 «Москва — Казань» и др.) [Минтранс России, 2021].

Россия — в числе стран-лидеров, развивающих беспилотный морской транспорт. В рамках проекта «Автономное судовождение» планируется создать инфраструктуру на основе e-Навигации, а также разработать соответствующее судовое и береговое оборудование, автономные морские и речные суда. Ведется работа над созданием технологической платформы для разработки решений безэкипажного судовождения на основе компьютерного моделирования, позволяющей проводить виртуальные испытания и обучение работе с автономными судами [Sitronics КТ, 2021]. В конце 2020 г. установлены условия и порядок проведения эксперимента по тестированию морских автономных судов под российским флагом. Использовать такие суда разрешено в целом ряде акваторий (Краснодарском, Приморском, Хабаровском краях, Астраханской, Калининградской, Магаданской, Ленинградской, Мурманской, Ростовской и Сахалинской областях, а также в Санкт-Петербурге) при условии оснащения судов автономными навигационными системами²⁸.

²⁸ Положение о проведении эксперимента по опытной эксплуатации автономных судов под Государственным флагом Российской Федерации, ут-

Первым для испытания автономных судов станет маршрут Усть-Луга — Балтийск. К настоящему времени в проекте задействовано два автомобильно-железнодорожных паромов [Росморпорт, 2021]. Ожидается, что внедрение систем автономного судовождения позволит снизить расходы по эксплуатации морского судна и повысить скорость перевозки грузов.

Работы по этой тематике ведутся в рамках направления «Маринет» Национальной технологической инициативы. В 2021 г. проведено первое испытание сухогруза, оснащенного системами e-Навигации в Азовском море.

Еще один флагманский проект — «Беспилотная аэродоставка грузов» для перевозки в труднодоступные районы. Его ключевым участником является АО «Почта России». Будут созданы технологии управления в рамках беспилотной логистики, линейка беспилотных авиационных систем (БАС), соответствующая инфраструктура, а также сформирована организационная модель эксплуатации БАС с большой частотой. Проект будет реализован в четырех регионах России (Чукотский автономный округ, Камчатский край, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ), в которых планируется сформировать экспериментальную маршрутную сеть для доставки «последней мили» с помощью беспилотных авиационных систем [Aeronext, 2021]. Осуществление проекта позволит выявить барьеры и ограничения на пути коммерческого внедрения БАС в грузовой логистике, в том числе регуляторные, и пути их решения.

Инициативы и проекты цифровой трансформации транспорта и логистики выстраиваются на комплексной основе с учетом ключевых трендов и технологических концепций, а по некоторым направлениям (например, автономное судовождение, цифровая железная дорога) наша страна находится в числе лидеров. Вместе с тем на фоне санкционного давления и нарушения цепочек поставок в 2022 г. требуется актуализация ранее утвержденных инициатив.

верженное Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2020 г. № 2031.

Цифровая зрелость

С 2020 г. Минтранс России осуществляет мониторинг цифровой зрелости транспорта и логистики (рис. 31). Из восьми показателей цифровой зрелости четыре характеризуют внедрение электронного документооборота и онлайн-услуг. В настоящее время высокие результаты по этому направлению демонстрирует сегмент железнодорожного транспорта. Так, доля перевозок грузов, оформляемых в электронном виде с использованием сервисов ОАО «РЖД», уже в 2021 г. достигла 85%, а в части перевозок пассажиров — 69%.

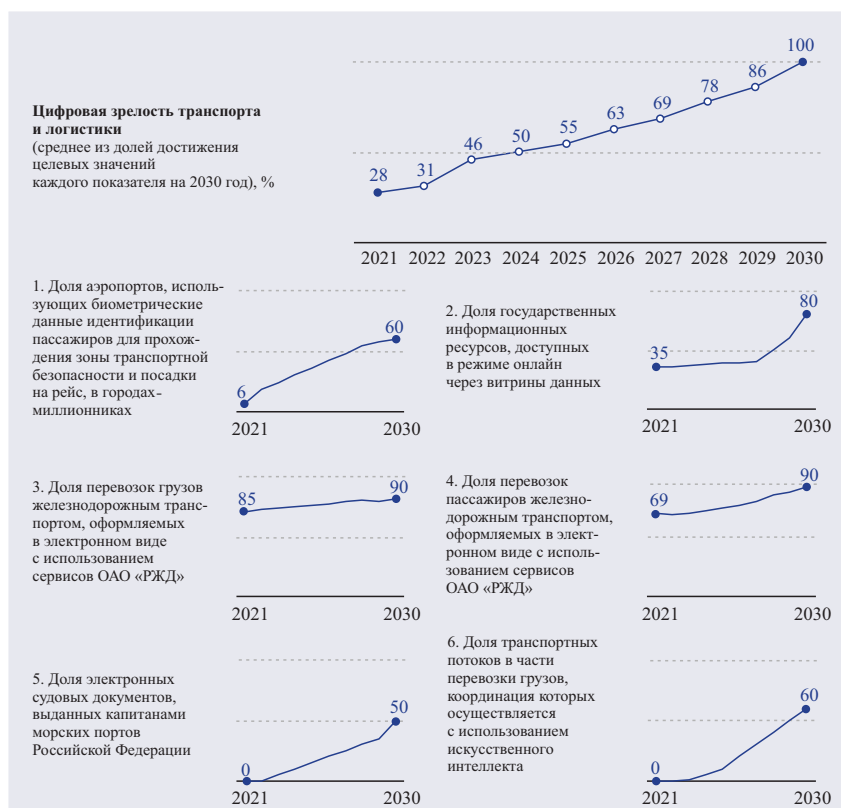




Рис. 31. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере транспорта и логистики в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»²⁹

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минтранса России, Минцифры России.

Для морского транспорта существенный прирост эффективности возможен благодаря цифровизации документооборота. Исходя из этого в качестве индикатора цифровой зрелости установлена доля электронных судовых документов, выданных капитанами морских портов Российской Федерации. К 2030 г. она должна составить не менее половины от всех судовых документов.

В сфере авиационного транспорта к этому времени до 60% свидетельств, выданных специалистам авиационного персонала гражданской авиации, будут оформляться на основании обращений заявителей в электронном виде.

Второй блок показателей характеризует автоматизацию процессов в сфере авиа- и автотранспорта. К 2030 г. в городах-миллионниках 60% аэропортов будет использовать биометрические данные идентификации пассажиров для прохождения зоны транспортной безопасности и посадки на рейс.

Автотранспорт в перспективе ожидает переход на беспилотное вождение. Для этого планируется оснастить автомобильные

²⁹ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Транспорт и логистика», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

дороги соответствующей инфраструктурой для взаимодействия с высоко- или полностью автоматизированными транспортными средствами. Такая инфраструктура будет построена фактически «с нуля» и к 2030 г. составит 85% вновь вводимых и реконструируемых участков опорной сети автомобильных дорог.

По итогам 2021 г. уровень цифровой зрелости отрасли составил 28%. В частности, уже созданы необходимые организационно-технические условия и ряд правовых основ для внедрения цифровых решений на отдельных видах транспорта.

Согласованность приоритетов

В транспортном комплексе уровень цифровой зрелости во многом определяется охватом цифровыми решениями базовых процессов (перевозка пассажиров, грузов, ремонтные и сервисные услуги, строительство и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры и др.). При этом возможности тиражирования цифровых решений зависят от структуры рынка. Так, в сфере железнодорожного транспорта ключевая роль принадлежит ОАО «РЖД» как крупнейшей компании, тогда как на автомобильном транспорте большая часть перевозчиков — представители малого и среднего бизнеса.

Характерные особенности отрасли — значительный объем генерируемых данных и высокие требования к обеспечению безопасности. Эти два фактора задают характер всех процессов цифровой трансформации и взаимодействия участников с государством, в том числе для оформления перевозочных документов, прохождения пограничного контроля и таможенных процедур, осуществления контрольно-надзорных мероприятий и др.

Необходимость обработки больших объемов данных и задачи оптимизации управления транспортными потоками требуют внедрения современных систем на основе ИИ, особенно в крупных городских агломерациях.

Отраслевая стратегия цифровой трансформации и показатели цифровой зрелости сфокусированы на формировании единой безопасной среды обмена данными (рис. 32). Это предполагает создание специализированных информационных систем и впо-

следствии их объединение в рамках цифровой платформы транспортного комплекса. В стратегии также предусмотрены инициативы по модернизации объектов инфраструктуры, что в условиях роста нагрузки на транспортную систему и сложности управления затруднительно без использования систем информационного моделирования.

Большинство проектов стратегии предполагают использование целого набора цифровых решений и создание новых моделей транспортных средств, что способно дать импульс развитию смежных отраслей, прежде всего транспортного машиностроения. Такой подход позволяет обеспечить долгосрочный спрос на отечественную высокотехнологичную продукцию.

Приоритеты политики цифровой трансформации на транспорте и в логистике отличаются широким охватом практически всех перспективных направлений — от государственных информационных систем до беспилотников всех видов (беспилотные авиационные системы, автономные авто-, железнодорожный транспорт, морские суда). В связи с этим за рамками стратегии остаются лишь некоторые узкие тематики по отдельным сегментам транспорта и логистики.

Некоторые цифровые решения, так или иначе упоминающиеся в стратегии, имеют более широкие в сравнении с планируемыми перспективы применения в транспортном комплексе. Исходя из мировой практики, следует отметить целесообразность внедрения инструментов компьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислений для планирования и управления транспортным комплексом. На всех видах транспорта востребованы системы интернета вещей, основой для которого является современная инфраструктура связи, в том числе на основе сетей 5G. В сфере технического обслуживания и ремонта в перспективе могут использоваться технологии 3D-печати для замены относительно небольших деталей и компонентов транспортных средств «на местах». Стимулирующий эффект может дать модернизация складских комплексов на основе автономной и роботизированной техники.

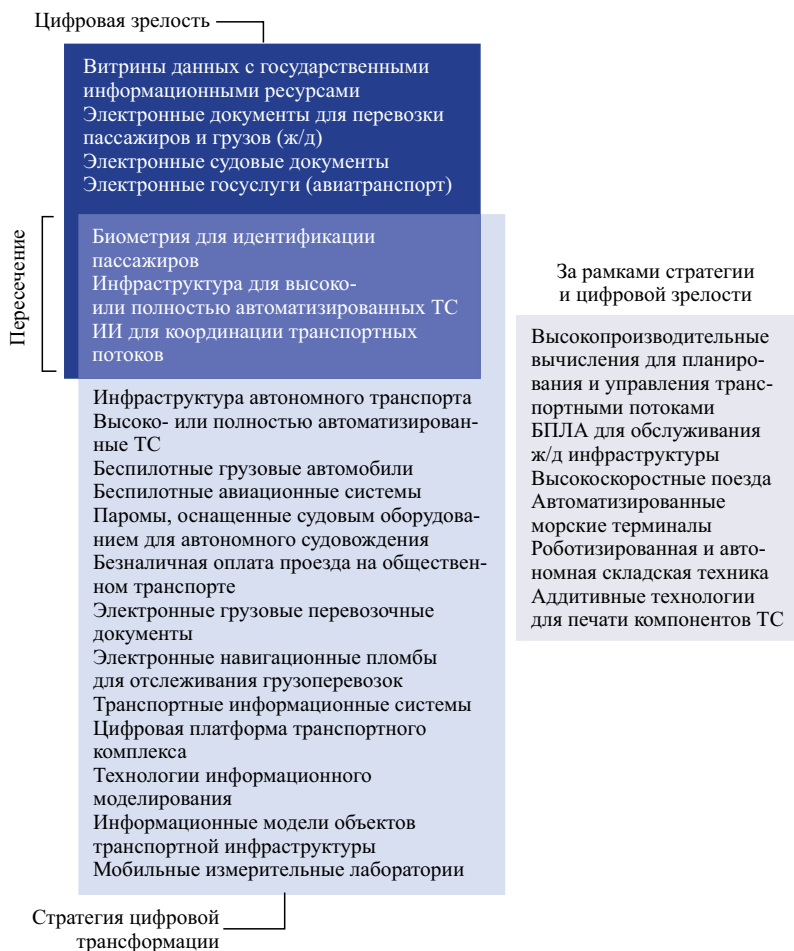


Рис. 32. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации транспорта и логистики

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Риски для цифровой трансформации

Весной 2022 г. транспортный комплекс столкнулся со значительным санкционным давлением и связанными с этим вызовами. Так, увеличилась стоимость доставки, возросли сроки отправки и получения грузов, удлинились маршруты, наблюдаются временные сбои в поставках, ужесточились требования таможенного контроля. Растет стоимость транспортных средств и их лизинга.

Введенные ограничения в разной степени отразились на сегментах отрасли. Вновь, как и во время пандемии, кризисные явления в первую очередь затронули морской транспорт. Из-за повышения ставок на морские перевозки и высокой неопределенности произошло перераспределение части грузов на железнодорожную сеть. В авиации запрет на лизинг и обслуживание зарубежных авиалайнеров привел к росту стоимости перевозок и сокращению полетов в ряд стран.

Потребуется изменения направлений и маршрутов, формирование новых цепочек поставок. В краткосрочной перспективе речь идет о переориентации грузов на наземный транспорт, в долгосрочной — о развитии внутренней маршрутной сети и логистических коридоров в направлении стран Азии. Именно цифровые технологии должны обеспечить бесперебойную работу систем управления транспортным комплексом в быстроменяющихся условиях.

Обозначенные ранее ориентиры цифровой трансформации транспорта и логистики в текущей ситуации приобретают еще большую значимость, однако требуют определенной актуализации. На первый план выходят задачи обеспечения кибербезопасности и бесперебойного функционирования всех основных и поддерживающих систем транспортного комплекса.

Взаимодействие в электронной среде позволит ускорить многие процессы оформления и контроля грузов, обмен данных между участниками отрасли и государством. Особого внимания требуют вопросы импортозамещения ПО в тех сегментах, где преобладают зарубежные решения. Важно обеспечить реализацию комплексных проектов, формирующих спрос на российскую высокотехнологичную продукцию (ПО, оборудование).

В новых реалиях в рамках государственной поддержки цифровой трансформации отрасли целесообразно предусмотреть: льготное кредитование и другие инструменты финансовой поддержки реализации проектов по внедрению цифровых технологий, прежде всего в сегменте МСП; ускоренную разработку стандартов использования цифровых решений на транспорте; устранение административных барьеров цифровой трансформации транспортного комплекса.

Финансовые услуги

Глобальные тренды цифровой трансформации

В последние годы финансовый сектор является лидером цифровой трансформации. Дополнительным драйвером его ускоренной цифровизации стала пандемия COVID-19, которая способствовала активному распространению мобильного банкинга, бесконтактных платежей, цифровых сервисов по управлению инвестиционными портфелями и др. Ведущую роль в цифровизации финансовых услуг играют крупнейшие банки и страховые компании. Новые финтех-компании³⁰ появлялись как в рамках крупных банковских экосистем, так и в качестве отдельных стартапов, самостоятельно предоставляющих финансовые услуги.

Цифровая трансформация финансового сектора осуществляется на основе интегрирования систем распределенного реестра, облачных технологий, анализа больших данных и ИИ. В результате применения цифровых технологий выстраиваются новые бизнес-модели. Например, широкое распространение получила система открытого банкинга (Open Banking), которая основана на технологиях API (Application Programming Interface) и предназначена для

³⁰ Термин «финтех» здесь и далее понимается в соответствии с Докладом о финансовых технологиях за 2017 г. Совета по обеспечению финансовой стабильности (Financial Stability Board, FSB) как «финансовые инновации, основанные на использовании технологий, которые могут привести к созданию новых бизнес-моделей, приложений, процессов или продуктов с соответствующим материальным воздействием на финансовые рынки, учреждения и предоставление финансовых услуг».

обмена информацией, необходимой для разработки финансовых продуктов и услуг [McKinsey & Company, 2021a]. Такая система позволяет нефинансовым организациям предлагать финансовые продукты и услуги, персонализированные под запросы конкретного клиента.

В рамках платформ «Банк как услуга» (Bank-as-a-Service, BaaS) лицензированные финансовые организации предоставляют доступ к своим системам и информации (как правило, через открытые API) для третьих лиц. При этом, в отличие от открытого банкинга, в бизнес-моделях BaaS нефинансовые организации интегрируют специализированные финансовые сервисы в свои собственные продукты [Jones et al., 2021]. С помощью BaaS возможно встроить необходимые финансовые продукты и услуги в различные бизнес-процессы, например, системы управления ресурсами предприятий (ERP). Платформы BaaS позволяют повысить количество и скорость финансовых операций.

Развитие новых технологий и финансовых инструментов в последнее десятилетие позволило организациям и потребителям стать активными участниками финансовых рынков. Распространение алгоритмической торговли, мобильных инвестиционных сервисов и роботизированных финансовых советников способствовало росту ликвидности на биржевых площадках.

Возросла роль электронных платежей. Ожидается, что объем соответствующего мирового рынка к 2026 г. может достигнуть порядка 13,8 трлн долл. [Statista, 2022]. Существенный вклад в развитие сегмента внесли онлайн-платежи в розничной торговле, которые за счет сокращения времени транзакции и надежности операций способствовали увеличению доходов и повышению операционной эффективности компаний. По всему миру наблюдается внедрение систем платежей, таких как PayPal, Samsung Pay, Apple Pay, AliPay и WeChat Pay, в мобильные приложения. Аналитики прогнозируют, что в ближайшие годы рост рынка электронных платежей составит до 30% в год благодаря изменению образа жизни потребителей и быстрому увеличению объемов электронной коммерции [OECD, 2020; McKinsey & Company, 2021b].

Россия является одним из лидеров цифровой трансформации финансового сектора [НИУ ВШЭ, 2021; ЕУ, 2019]. Высокий уровень цифровизации удалось обеспечить за счет широкого распространения мобильного банкинга и электронных платежей. Активное взаимодействие Банка России и крупнейших организаций финансового сектора, в том числе в рамках Ассоциации ФинТех, способствует быстрой адаптации и внедрению новых цифровых технологий, включая технологии распределенного реестра, ИИ и др.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Ускоренная цифровизация российского финансового сектора с использованием широкого спектра технологических решений обеспечивается за счет сравнительно высоких объемов затрат организаций на цифровые технологии и привлечения высококвалифицированных ИТ-специалистов.

Использование цифровых технологий

Как отмечалось выше, в российском финансовом секторе активно применяется большая часть ключевых цифровых технологий, в этом отношении ключевые тенденции фактически совпадают с общемировыми. Например, на базе технологий ИИ реализуются разнообразные продукты и услуги — от чат-ботов для обслуживания клиентов до автоматизации кредитных процессов и страхования. Согласно отраслевому опросу, 53% респондентов, знакомых с технологиями ИИ, отмечают, что их организации разрабатывают или уже запустили проекты использования ИИ [Deloitte, 2021]. В настоящее время активно распространяются технологии роботизации процессов (robotic process automation, RPA) в целях повышения эффективности принятия решений и автоматизации задач. В будущем RPA станут более тесно интегрированы с ИИ, что повысит их эффективность. Блокчейн-решения также быстро проникают в финансовый сектор. Около 40% опрошенных считают, что внедрение технологий распределенного реестра в организациях будет чрезвычайно востребованным на горизонте ближайших пяти лет.

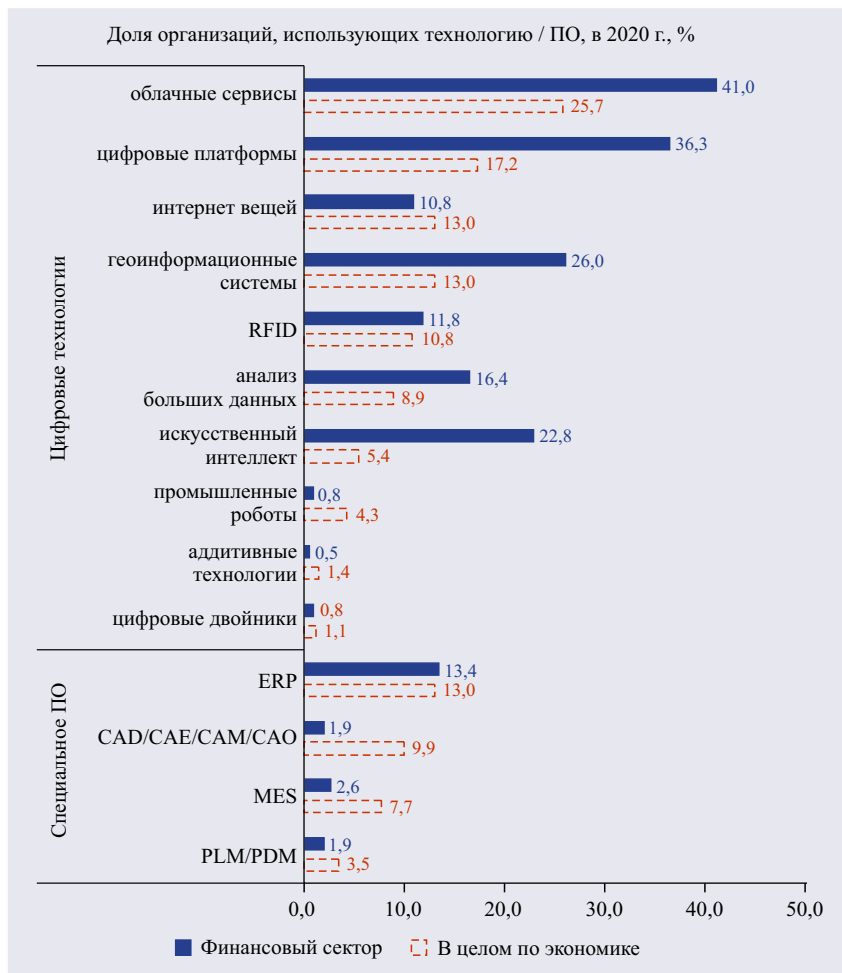


Рис. 33. Использование цифровых технологий и ПО организациями финансового сектора

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

В 2020 г. интенсивность использования цифровых технологий отечественными финансовыми организациями превышает в 1,5–2 раза значения по другим отраслям экономики (рис. 33) [НИУ ВШЭ, 2022].

Наиболее распространенными цифровыми технологиями являются облачные сервисы (их используют 41% организаций), цифровые платформы (36,3%), геоинформационные системы (26%) и ИИ (22,8%). Анализ больших данных применяют 16,4% организаций финансового сектора, что почти в 2 раза превышает значения в других отраслях. RFID-технологии, или метод автоматической бесконтактной идентификации объектов через радиосигнал, используются 11,8% финансовых организаций, интернет вещей — 10,8%, промышленных роботов и цифровых двойников — 0,8%, аддитивные технологии — 0,5% организаций [Там же].

В то же время интенсивность применения специального ПО в финансовом секторе в среднем в 2 раза ниже, чем в других отраслях. Исключением являются системы ERP, которые использовались в 2020 г. в 13,4% организаций финансового сектора, что соответствует значениям в целом по экономике. Интенсивность применения CAD, MES, PLM/PDM-систем не превышает 3%. Такие показатели объясняются применением ПО, специализированного для нужд сектора финансовых услуг, а также активной разработкой собственного ПО в крупных банках.

Кейсы применения цифровых технологий в финансовом секторе

Кейс 1. «Arenadata» — российская ИТ-компания, разработчик отечественной корпоративной платформы по хранению и обработке больших данных, основанной на свободном ПО с открытым исходным кодом. «Газпром нефть» в сотрудничестве с Arenadata реализовала проект по созданию современного «озера данных», ПАО ВТБ проводит «миграцию» данных на решения Arenadata [Arenadata, 2019; ВТБ, 2021].

Кейс 2. «Центр Финансовых Технологий» — российская ИТ-компания для финансового сектора. В декабре 2021 г. ЦБ РФ запу-

стил пилотный проект — платформа «Знай своего клиента» (ЗСК). «Центр Финансовых Технологий» разработал и вывел на рынок решение для взаимодействия банков с Платформой ЦБ РФ «ЗСК». Сервисом «ЦФТ» воспользовался ряд отечественных банков [ЦФТ, 2022].

Кейс 3. R-Style Softlab — российский разработчик и интегратор банковского ПО. В начале 2022 г. представило решение для компании агросектора: специализированный кредитный брокер — платформа финансовых услуг для фермеров, которая может встраиваться в электронную торговую площадку. На платформе будут доступны кредитные и страховые продукты для фермерских хозяйств [R-Style Softlab, 2022].

Кейс 4. Российская компания «Диасофт» разрабатывает решения для аналитических задач и автоматизации процессов. У компании имеется ряд платформ автоматизации финансового сектора. Например, в 2021 г. реализовала в МСП Банке проект по автоматизации бизнес-процессов, связанных с бюджетированием хозяйственной деятельности на платформе Digital Q*.ERP [Диасофт, 2021].

Инвестиции в цифровизацию

Вклад финансового сектора в общий объем затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий в 2020 г. составил 16,7% (рис. 34). При этом, по сравнению с 2019 г., в абсолютном выражении затраты сектора на цифровизацию сократились с 530,8 до 491,3 млрд руб. На протяжении последних лет финансовый сектор является лидером по затратам на цифровые технологии, и текущее снижение может быть связано с достижением организациями высокого уровня цифровизации, что ограничивает потенциал дальнейшего роста.

В 2020 г. уменьшилось соотношение затрат на цифровые технологии и ВДС финансового сектора с 12,5 до 10,1%, что все еще существенно превышает значение показателя в среднем по экономике, которое сохранилось на прежнем уровне (2,7%). Снижение интенсивности затрат на цифровизацию в финансовом секторе может быть связано, в том числе, с переходом значительной части

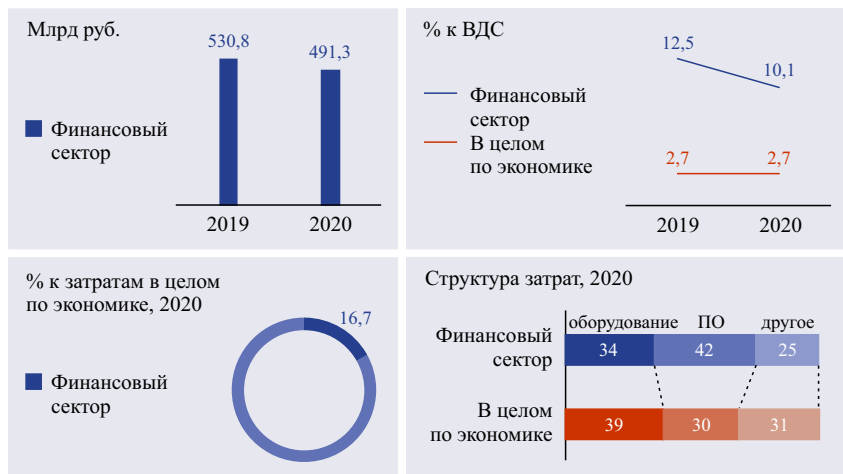


Рис. 34. Затраты организаций финансового сектора на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

сотрудников на удаленный режим работы в период пандемии в условиях достигнутого к тому времени высокого уровня цифровизации. Больше, чем в других отраслях (около 42% затрат финансового сектора на цифровые технологии), приходится на ПО. Затраты на машины и оборудование (34%) на 5% ниже, чем в целом по экономике.

Доля покупаемого отечественного ПО в финансовом секторе в 2020 г. составила 15,5%, что в 2 раза меньше, чем в среднем по экономике (31,8%). При этом использование отечественного ПО, как правило, связано с решением специфических отраслевых задач, носящих исключительно локальный характер.

15,5% — доля затрат организаций финансового сектора на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

Сохраняется зависимость российского финансового сектора от зарубежного ПО, прежде всего обусловленная доминирующим положением провайдеров Microsoft, SAP, Fiserv, FIS и Oracle на

рынке систем управления базами данных [Ведомости, 2021]. Высокая степень внедрения и интеграции иностранного ПО в российском финансовом секторе затрудняет полноценный переход на отечественное ПО. Тем не менее на российском рынке существуют решения, которые потенциально могут составить конкуренцию западным аналогам (например, решение компаний «Диасофт» и Arenadata EDP) [Банковское обозрение, 2021].

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в финансовом секторе было занято порядка 98,2 тыс. ИКТ-специалистов, при этом 95,2 тыс. чел. являются ИТ-специалистами (рис. 35).

По сравнению с другими отраслями — потребителями цифровых технологий доля ИКТ-специалистов в общей численности работников отрасли существенно больше — 6,2% против 1,6% в прочих отраслях в 2020 г. Спрос на ИКТ-специалистов вырос как в абсолютном, так и в относительном выражении к общей численности занятых. Вклад финансового сектора в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 5,3% (7,3% — по ИТ-специалистам) [НИУ ВШЭ, 2021].

На протяжении последних лет как в России, так и за рубежом отмечается дефицит высококвалифицированных кадров по всем направлениям применения цифровых технологий в финансовом секторе.

Политика цифровой трансформации

Цифровизация финансового сектора не может быть обеспечена без формирования необходимого регулирования. Основные инициативы в сфере цифровой трансформации разрабатывает Банк России совместно с крупнейшими участниками финансового рынка.

Стратегия цифровой трансформации

Зарубежный опыт цифровизации финансового сектора широко используется Банком России при подготовке новых законодательных предложений. В частности, регулирование систем открытого

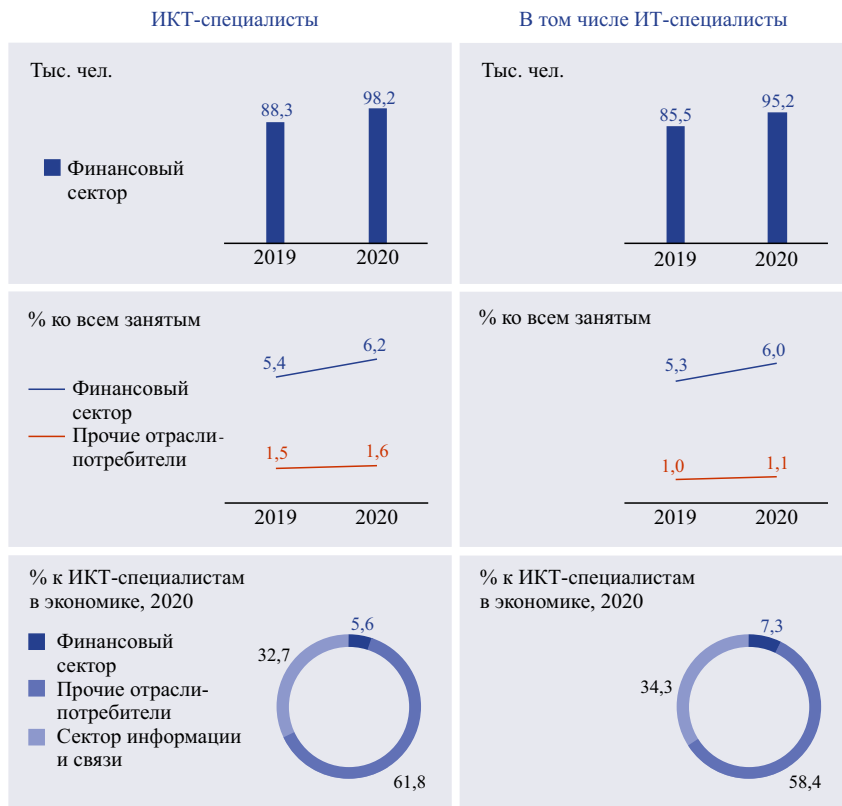


Рис. 35. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в финансовом секторе

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

банкинга во многом основывается на опыте и результатах внедрения в финансовых организациях ряда стран (ЕС, Великобритания) стандартов открытых API. Как и в других странах, ужесточается регулирование в отношении обращения и использования частных криптовалют. Наряду с другими мировыми центральными банками Банк России активно разрабатывает собственную цифровую валюту.

В ноябре 2021 г. проект основных направлений развития финансового рынка Российской Федерации на период 2022–2024 гг. был одобрен Советом директоров Банка России для представления в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации. В проекте доклада Банка России обозначены направления цифровизации финансового рынка [Банк России, 2021], включая: разработку правовых условий; развитие цифровой финансовой инфраструктуры; внедрение технологий в сфере регулирования и надзора (RegTech, SupTech); возможность установления экспериментальных правовых режимов; повышение информационной безопасности финансового сектора в целом.

Целью правового регулирования является обеспечение реализации законодательных инициатив, способствующих созданию условий для проведения цифровизации всех финансовых услуг. В рамках данных инициатив предусмотрена разработка и внесение соответствующих изменений в проекты федеральных законов, концепций, нормативных правовых актов и докладов Банка России по 14 направлениям. Например, планируется развитие правового обеспечения реализации Цифрового профиля, что необходимо для получения сведений о физических и юридических лицах при оказании им финансовых услуг. В настоящее время инфраструктура Цифрового профиля реализуется в качестве эксперимента. В 2022 г. Банк России планирует закрепить правовой статус Цифрового профиля гражданина. Еще одна важная правовая инициатива — развитие регулирования в области оборота обезличенных персональных данных. Сегодня финансовые организации сталкиваются с ограничениями в сфере обработки и оборота данных, связанными с отсутствием унифицированного регулирования. Согласно проекту, планируется закрепить подходы к обработке обезличенных данных, а также возможность их дальнейшего использования, в том числе третьими лицами. Кроме того, с учетом данной инициативы планируется развитие регулирования открытых API или обмена данными посредством открытых API в различных секторах экономики.

Запланированные Банком России организационно-технические мероприятия направлены на развитие цифровой идентификации клиентов, обмена данными цифровых платежных сервисов.

Среди приоритетных направлений можно выделить развитие Единой биометрической системы в целях перевода всех финансовых услуг в цифровой формат. Такая система позволит использовать технологии без создания собственных биометрических систем.

В ближайшее время планируется разработка и пилотирование платформы цифрового рубля. Так, в начале 2022 г. Банк России приступил к тестированию платформы цифрового рубля, в рамках которой будут подключены кредитные организации и реализованы С2С-операции.

В целом проект основных направлений развития финансовых технологий соответствует мировым тенденциям в финансовом секторе. Однако в связи с ужесточением санкционного давления в 2022 г. потребуются существенные корректировки стратегии цифровизации финансового сектора и направлений развития финансовых технологий.

Цифровая зрелость

В России, как и в мире, цифровая зрелость сектора финансовых услуг находится на высоком уровне по сравнению с другими отраслями экономики. Сектор финансовых услуг входит в число отраслей, по которым осуществляется оценка цифровой зрелости в рамках мониторинга достижения соответствующего показателя национальной цели «Цифровая трансформация», установленной в Указе № 474. Она определяется уровнем цифровизации предоставления банковских платежных и неплатежных услуг, а также небанковских услуг клиентам (рис. 36).

Цифровая зрелость в сфере финансовых услуг в целом составляет 86% на 2021 г. При этом уровень цифровизации предоставления банковских платежных услуг как физическим, так и юридическим лицам уже достаточно высокий — порядка 94 и 96% соответственно. Такие высокие значения объясняются широким распространением мобильного банкинга и электронных платежей в России, темпы роста использования которых опережают динамику в некоторых развитых странах. Учитывая такую степень распространения цифровых платежных сервисов, ожидается, что к 2030 г. показатель достигнет 97%.

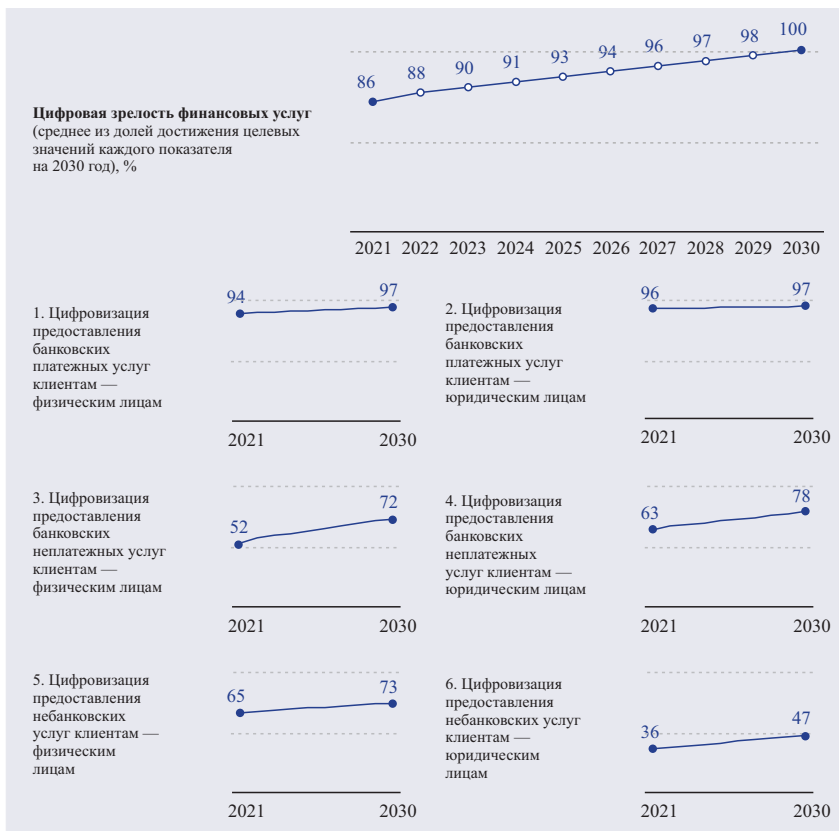


Рис. 36. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере финансовых услуг в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»³¹

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Банка России, Минцифры России.

³¹ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Финансовые услуги», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

Значительный потенциал цифровизации сохраняется в предоставлении банковских неплатежных и небанковских услуг населению и бизнесу. Наименьший уровень в 2021 г. у цифровизации предоставления небанковских услуг юридическим лицам — 36%. К 2030 г. показатель может вырасти на 11% и составить 47%. Доля цифровых небанковских услуг физическим лицам в 2021 г. составила порядка 65%. Планируется рост показателя до 73% к 2030 г. Развитие банковских экосистем может в значительной мере увеличить степень цифровизации неплатежных и небанковских услуг.

Как уже отмечено выше, цифровая зрелость финансового сектора определяется исходя из показателей цифровизации предоставления услуг. Фактически оценивается только клиентская часть бизнеса финансовых организаций. При этом не учитываются внедрение цифровых технологий в обеспечивающих и инфраструктурных подразделениях, цифровизация внутренних бизнес-процессов банков и финансовых компаний. Также с учетом уже достаточно высокой цифровой зрелости финансового сектора целесообразно отслеживать не только «валовые» показатели охвата цифровыми сервисами населения и юридических лиц, но и структуру портфеля соответствующих услуг, фокусируясь в том числе на наиболее инновационных и востребованных из них.

Согласованность приоритетов

Динамика цифровой трансформации финансового сектора в значительной степени зависит от инициатив Банка России. До недавнего времени приоритеты развития финансовых технологий, обозначенные российским центральным банком, в целом соответствовали потребностям финансового сектора. Одним из ключевых барьеров для цифровой трансформации являлось медленное развитие правового регулирования в области финансовых технологий, связанное с проблемами кибербезопасности и защиты персональных данных.

Основные направления цифровой трансформации и показатели цифровой зрелости ориентированы на предоставление всех финансовых услуг в цифровом формате (рис. 37).

Планы развития финансовых технологий, обозначенные Банком России, охватывают практически все ключевые аспекты цифровой

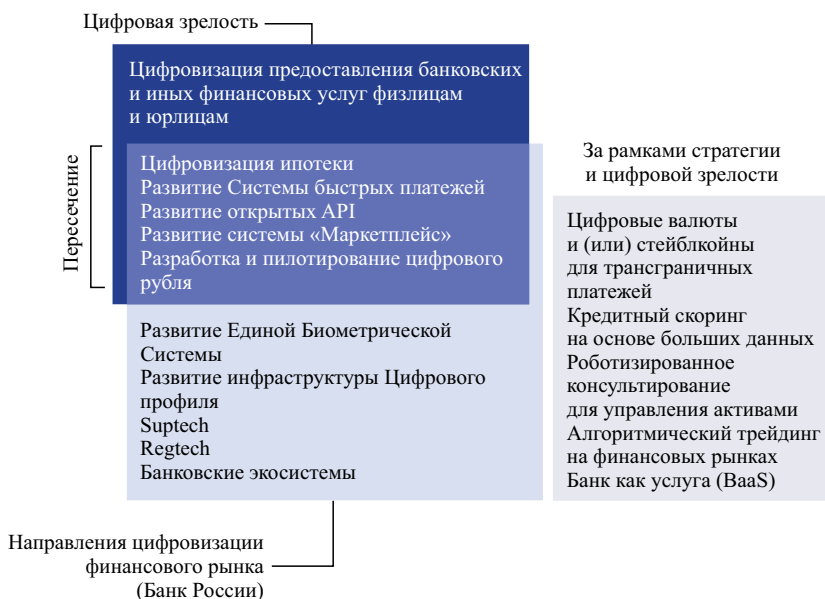


Рис. 37. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации финансового сектора

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

трансформации сектора финансовых услуг. Для внедрения некоторых технологий (цифровые валюты для обеспечения трансграничных платежей или рободвайзеры и др.) требуется разработка дополнительных законодательных актов, поэтому существенным фактором достижения цифровой зрелости финансового сектора является развитие правового регулирования в области финансовых технологий.

Риски для цифровой трансформации

В феврале и весной 2022 г. российский финансовый сектор столкнулся с беспрецедентными сложностями, которые привели к остановке торгов на Московской бирже, заморозке активов и

счетов, отключению от платежных систем и др. В таких условиях развитие финансовых технологий становится более сложным из-за высокой зависимости от иностранного ПО и оборудования. Вместе с тем возрастает потребность в финансовых технологиях для обеспечения бесперебойной работы российской финансовой системы и ее взаимодействия с финансовыми системами дружественных стран.

Несмотря на высокий уровень цифровой зрелости финансовых услуг сохраняются риски, реализация которых может сдерживать цифровую трансформацию финансового сектора. Зависимость сектора от зарубежных ИТ-решений, пробелы в законодательстве, возрастающие киберугрозы могут негативно повлиять на продолжение масштабной цифровой трансформации.

В результате санкционного давления во всех сегментах финансового сектора на первый план выходит необходимость развития обособленных национальных финансовых систем (платежных, карточных, биометрических и др.). При этом важным направлением остается разработка финансовых инструментов и технологических решений для обеспечения трансграничных платежей. В частности, возможно создание новых платформ цифровых валют, обеспеченных сырьевыми товарами, для торговли со странами-партнерами в условиях ограничений на использование долларовых и евросчетов в американских и европейских банках.

Потребуется значительные усилия по ускоренному переходу на отечественное ПО для снижения уязвимости российской финансовой системы. Ограничения на работу зарубежных облачных сервисов потребуют ускорения развития дата-центров и облачных решений для финансового сектора. Существенные риски создают ограничения на поставку и удорожание оборудования, необходимого для обеспечения деятельности финансовых организаций, в первую очередь серверов и систем хранения данных [Коммерсант, 2022].

В 2022–2023 гг. в финансовом секторе необходимо обеспечить ускоренное внедрение отечественных цифровых технологий, создание новых финансовых инструментов на их основе и законодательную поддержку технологических проектов и инициатив.

Здравоохранение

Глобальные тренды цифровой трансформации

Цифровая трансформация здравоохранения представляет собой процесс выстраивания новой модели работы медицинских организаций, органов управления здравоохранением и механизмов взаимодействия с пациентами, формируемой благодаря внедрению цифровых технологий. Она нацелена в первую очередь на укрепление здоровья населения за счет профилактики и ранней диагностики заболеваний и реализации принципа пациентоориентированности.

В рамках набирающей популярность концепции мобильного здравоохранения (mHealth) люди получают возможность самостоятельно отслеживать физиологические параметры, повышая уровень партисипативности и ответственности по отношению к собственному здоровью. Широкое использование носимых устройств способствует смещению фокуса с лечения заболеваний на их предотвращение или доклиническую диагностику. На основе собираемых медицинских данных обеспечивается персонализация лечения с учетом индивидуальных особенностей пациента.

Цифровая трансформация отрасли способствует снижению затрат, повышению качества и доступности медицинских услуг, росту их социальной и экономической эффективности [НИУ ВШЭ, 2022]. Объем инвестиций в цифровое здравоохранение в мире стремительно растет, в 2021 г. этот показатель составил рекордные 57,2 млрд долл. США [CNInsights, 2022], что в первую очередь связано с последствиями, вызванными новой коронавирусной инфекцией.

Спектр цифровых технологий, которые находят применение в отрасли, чрезвычайно широк. К революционным изменениям в системе оказания медицинской помощи приведет внедрение ИИ. На основе этой технологии разрабатываются системы поддержки принятия врачебных решений, которые позволяют не только значительно сократить число ошибок, но и ускорить постановку диагноза или подсказать наиболее подходящую терапевтическую стратегию для конкретного пациента. С помощью технологий компьютерного зрения разрабатывается ПО для анализа медицинских изображений, которое уже активно используется в диагностике.

Миниатюризация электроники, развитие сенсорных технологий привели к появлению широкого спектра приборов биомониторинга. Носимые медицинские устройства позволяют осуществлять непрерывный контроль жизненно важных показателей организма человека с минимальным вмешательством, что делает их важным элементом в медицинском прогнозировании, диагностике и выявлении аномалий. Они позволяют своевременно обнаружить начало патологических процессов и вовремя начать лечение для минимизации негативных последствий болезни. Появляются тераностические устройства, которые сочетают в себе функции диагностики и лечения, объединяя весь цикл оказания медицинской помощи. На базе технологий беспроводной передачи данных и медицинского интернета вещей (Internet of Medical Things, IoMT) такие приборы объединяются в целые медицинские экосистемы, позволяя врачу вести непрерывный мониторинг за состоянием пациента, что особенно важно для людей, страдающих хроническими заболеваниями, для своевременного выявления критических состояний. Ожидается, что к 2027 г. размер мирового рынка интернета вещей в здравоохранении составит 238,3 млрд долл. США, а среднегодовой темп прироста за период 2021–2027 гг. составит 20,4% [Market Statsville, 2021].

Широкое распространение медицинских устройств и развитие генетических технологий диагностики приводит к колоссальному росту объема медицинских данных (более 2 эксабайт в 2020 г.), анализируя которые возможно получить новые знания относительно причин возникновения отдельных заболеваний и возможностей для их эффективной профилактики и терапии. Совершенствование технологий управления данными позволит сократить расходы на оказание высокотехнологичной медицинской помощи.

Для удаленных медицинских консультаций активно используются телемедицинские системы. Мощным драйвером развития этого направления стала пандемия COVID-19, когда в условиях карантинных мер и социального дистанцирования возникла необходимость массового консультирования больных. Благодаря телемедицине совершенствуются и оптимизируются логистика и механизмы взаимодействия между различными уровнями системы здравоохранения, повышается эффективность использования интеллектуальных и материальных ресурсов [Московская медицина, 2021]. Ожидается, что этот рынок вырастет с 61 млрд долл. США в

2021 г. до 187 млрд долл. США к 2027 г. [Global Market Insights, 2021]. Во время первых месяцев пандемии в США 41% консультаций при лечении хронических заболеваний, 45% при оказании первичной медицинской помощи были проведены удаленно (в допандемийный период эти показатели находились на уровне 5–6%) [Deloitte, 2021].

Продолжается перевод в электронный вид многих процессов оказания медицинской помощи. Еще в 2019 г. все врачи первичной медико-санитарной помощи в Великобритании, Норвегии и Новой Зеландии использовали электронные медицинские записи в своей практике [Canadian Institute for Health Information, 2020]. В Австралии, Швеции и Нидерландах этот показатель варьировался в диапазоне 97–99%. В США в 2020 г. 84% всех рецептов на лекарственные препараты было выдано в электронном виде (на препараты строгого учета — только 38%), в Норвегии — 90% [Surescripts Network Alliance, 2021]. Внедрение юридически значимого электронного документооборота заметно повысило удобство записи на прием и упростило работу врачей, избавив их от части рутинных операций. Помимо этого, алгоритмы для анализа данных на основе информации в электронных медицинских картах позволяют своевременно предупреждать о необходимости пройти дополнительное обследование или выписать новый рецепт на лекарство.

На различных этапах предоставления медицинской помощи используются роботы, например, они уже применяются при дезинфекции лабораторных и операционных помещений, для ухода за пожилыми людьми и хроническими больными и выполнения широкого спектра операций в онкологии, кардиологии, офтальмологии, гинекологии и др.

В нашей стране наиболее значимыми направлениями цифровой трансформации здравоохранения в последние годы стали внедрение специализированных информационных систем в сфере здравоохранения, запуск электронных услуг и сервисов, развитие телемедицины, совершенствование механизмов дистанционного мониторинга состояния здоровья.

Ключевые параметры цифровой трансформации

В России цифровизация является одним из важнейших трендов развития здравоохранения. Информационные системы и

сервисы активно внедряются как государственными и муниципальными больницами, так и частными клиниками. Они широко востребованы населением, в частности услуги в сфере здравоохранения являются самыми популярными среди государственных электронных услуг.

Использование цифровых технологий

Цифровые технологии в здравоохранении используются достаточно широко (рис. 38). Наиболее распространенными являются облачные сервисы (применяют 32,6% организаций) и цифровые платформы (18,3%) [НИУ ВШЭ, 2022]. Первые дают возможность получить быстрый доступ к медицинским данным и повысить безопасность их обработки и хранения, что в целом способствует росту качества медицинских услуг. Цифровые платформы обеспечивают телемедицинские консультации, дистанционный мониторинг состояния здоровья и др.

Геоинформационные системы используют 15,8% организаций здравоохранения. Внедрение интернета вещей в здравоохранении долгие годы шло довольно медленно, однако по итогам 2020 г. он применяется почти в каждой седьмой организации здравоохранения (13,8%). RFID-метки и большие данные востребованы менее чем в 10% организаций. Наименее распространенными остаются аддитивные технологии — 0,9% и цифровые двойники — 0,8%.

Инвестиции в цифровизацию

Вклад отрасли в общий объем затрат организаций на внедрение и использование цифровых технологий оценивается на уровне 2,1%, или 60,8 млрд руб. в 2020 г. (рис. 39).

Доля затрат на цифровые технологии в ВДС здравоохранения ниже, чем в среднем по экономике, — 1,6% против 2,7% соответственно. В 2020 г., несмотря на кризисные явления, связанные с пандемией коронавируса, значение этого показателя не изменилось по сравнению с уровнем 2019 г. Основная часть затрат на цифровые технологии в здравоохранении приходится на машины и оборудование (45%). При этом доля затрат на ПО — одна из самых низких среди рассматриваемых в докладе отраслей (19%).

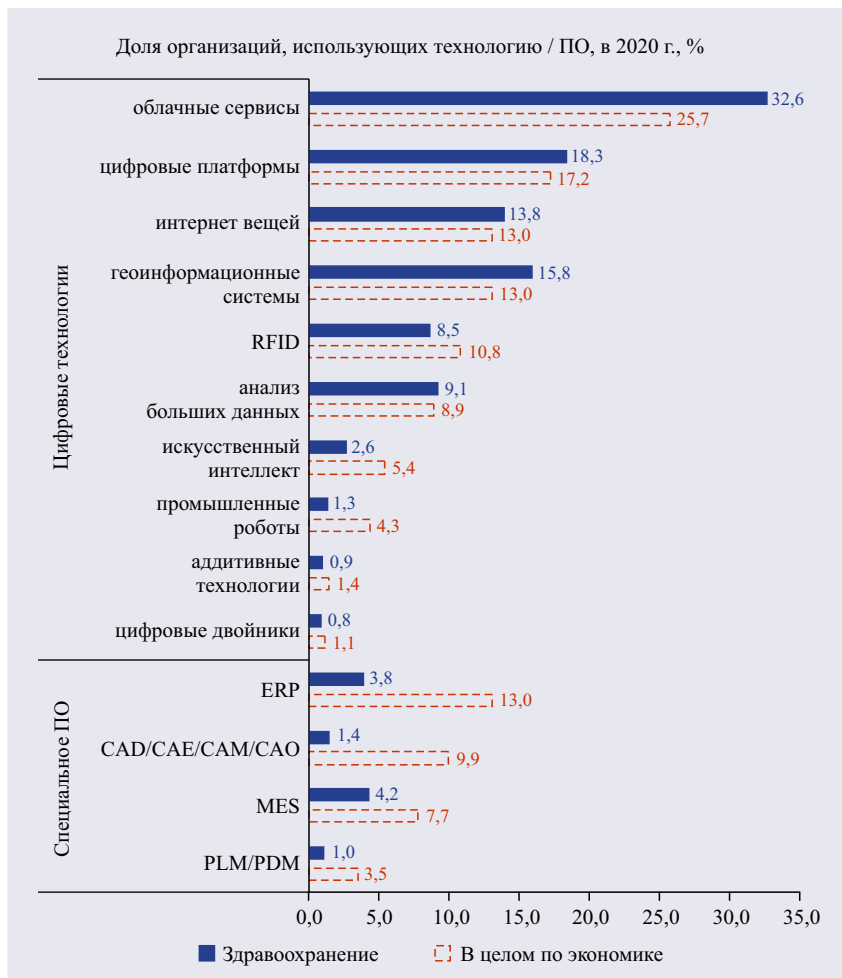


Рис. 38. Использование цифровых технологий и ПО организациями в сфере здравоохранения

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Кейсы применения цифровых технологий в здравоохранении

Кейс 1. Технологии беспроводной передачи данных являются одним из важнейших драйверов цифровизации отрасли. На базе Боткинской больницы совместно с Ростелекомом и ее дочерней компанией Теле2 был создан уникальный 5G-полигон для тестирования новых технологических решений. В частности, в рамках этого проекта будут апробированы инновационные хирургические системы виртуальной и дополненной реальности, которые помогают врачу с высокой точностью следовать плану операции и в случае необходимости использовать дополнительные данные (например, снимки обследований КТ и УЗИ, проведенных ранее) [Боткинская больница, 2021].

Кейс 2. SberMed AI разрабатывает широкий спектр систем поддержки принятия врачебных решений на базе алгоритмов ИИ. Например, компания представила сервис, который автоматически с помощью нейронных сетей подбирает три наиболее вероятных диагноза по данным медицинской карты пациента или собранному врачом анамнезу [SberMed AI, 2022].

Кейс 3. С появлением новой коронавирусной инфекции остро стал вопрос о необходимости удаленного оказания медицинской помощи населению. Для этого в марте 2020 г. в Москве был создан телемедицинский центр, специалисты которого ежедневно проводят до 6 тыс. консультаций. Если изначально врачи вели только больных коронавирусом, то затем было организовано сопровождение пациентов, прошедших обследование в павильонах «Здоровая Москва» и участников пострегистрационного исследования вакцины «Спутник V» [Официальный сайт Мэра Москвы, 2022].

Кейс 4. Роботы, создаваемые компанией Promobot, активно используются в диагностических целях, например, позволяют измерить объем легких, уровень сахара и кислорода в крови. Помимо этого, робот может пообщаться с пациентом и собрать первичный анамнез для экономии времени врача на приеме [Promobot, 2021].

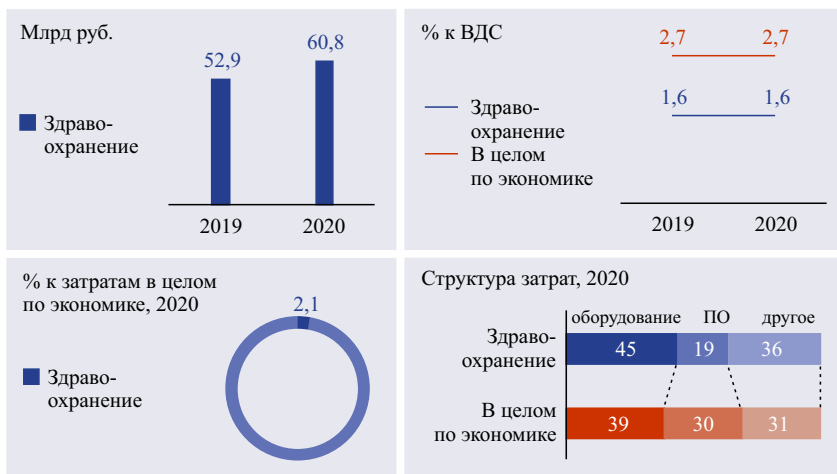


Рис. 39. Затраты организаций в сфере здравоохранения на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Объем затрат на внедрение и использование цифровых технологий в здравоохранении пока остается на сравнительно невысоком уровне. Однако прослеживается положительная динамика, в том числе в рамках реализации мероприятий по внедрению цифровых медицинских решений, которые формируют основу дальнейшей цифровизации отрасли.

Доля отечественного ПО, закупаемого организациями здравоохранения, выше, чем в среднем по экономике, — 58,4% против 31,8% соответственно. Российское ПО играет все большую роль. Это связано, в том числе, с появлением отечественных платформ, являющихся достойной заменой зарубежному ПО. К таким решениям относятся как неспецифические для отрасли продукты, например, платформы корпоративных коммуникаций, так и специализированное ПО, необходимое

58,4% — доля затрат организаций в сфере здравоохранения на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

медицинским организациям для взаимодействия с пациентом и между врачами.

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в сфере здравоохранения было занято 42,1 тыс. ИКТ-специалистов, включая 38,8 тыс. ИТ-специалистов, что составляет 0,8 и 0,7% занятых в отрасли соответственно (рис. 40). Численность ИКТ-специалистов в здравоохранении выше, чем в сфере образования, добывающей промышленности и сельском хозяйстве. Вклад здравоохранения в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 2,4% (3% — по ИТ-специалистам) [НИУ ВШЭ, 2021]. За 2020 г. доля ИКТ-специалистов в здравоохранении выросла незначительно.

Одним из значимых барьеров цифровой трансформации здравоохранения является нехватка специалистов, обладающих необходимыми цифровыми компетенциями. Это касается как медицинских работников, так и специалистов в сфере организации управления здравоохранением.

Политика цифровой трансформации

Цифровизация является важной составляющей развития всей системы здравоохранения. В декабре 2021 г. Правительством Российской Федерации было утверждено стратегическое направление (стратегия) цифровой трансформации здравоохранения³². Здравоохранение входит в число отраслей, по которым осуществляется оценка цифровой зрелости в рамках мониторинга достижения соответствующего показателя национальной цели «Цифровая трансформация», установленной в Указе № 474.

Стратегия цифровой трансформации

Вопросы цифровизации отрасли рассматриваются как на национальном, так и на общемировом уровне. В 2020 г. Всемирная организация здравоохранения приняла Глобальную стратегию по

³² Стратегическое направление цифровой трансформации здравоохранения, утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2021 г. № 3980-р.

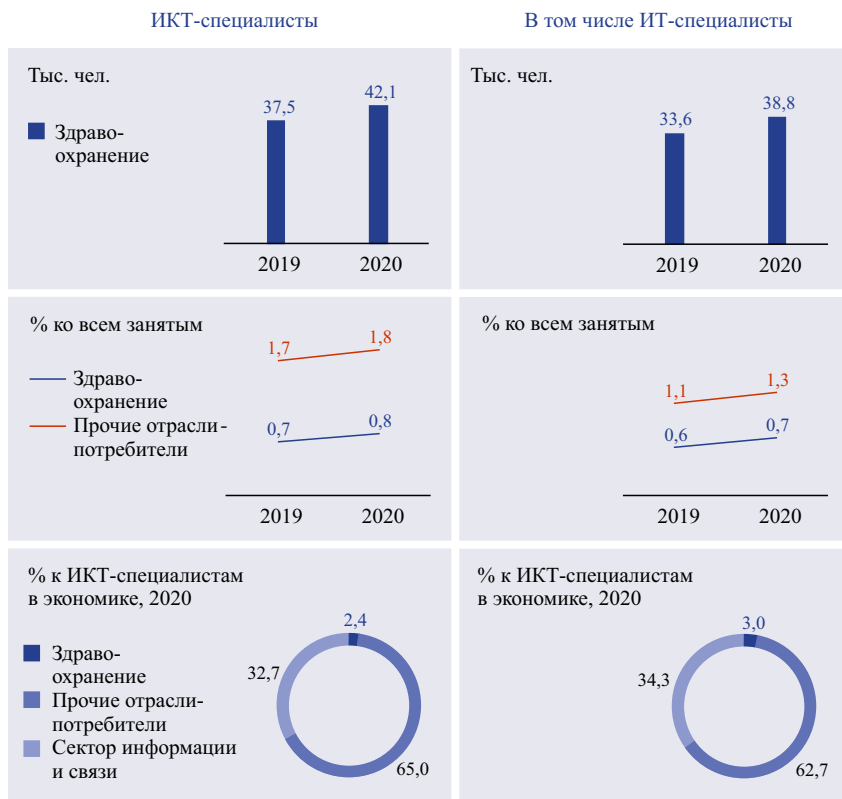


Рис. 40. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере здравоохранения

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

цифровому здравоохранению [World Health Organization, 2020], которая нацелена на поддержку стран в укреплении их систем здравоохранения за счет внедрения цифровых технологий для справедливого и всеобщего доступа к качественным медицинским услугам.

Стратегии цифровизации в зарубежных странах как правило предусматривают освоение широкого диапазона цифровых технологий. Например, в Великобритании в 2021 г. была утверждена программа внедрения ПО и систем на базе ИИ как медицинских

устройств [The Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency, 2021], которая предполагает разработку нормативной базы для инноваций в этой сфере. В США вопросами государственной политики в области цифрового здравоохранения занимается Центр передового опыта в сфере цифрового здравоохранения (Digital Health Center of Excellence), который, в частности, разрабатывает руководства для внедрения широкого круга цифровых решений, включая ПО, мобильные приложения, ИИ, системы поддержки принятия врачебных решений, беспроводные медицинские устройства и др. При этом во всех стратегических и программных документах особая роль отводится вопросам обеспечения безопасности данных.

Ключевыми задачами цифровой трансформации отечественного здравоохранения являются обеспечение преемственности оказания медицинских услуг, динамическое управление ресурсами здравоохранения, переход к электронному документообороту, формирование электронных баз знаний в области терапии, сокращение затрат времени медицинских работников на деятельность, не связанную с оказанием медицинской помощи.

Стратегическое направление (стратегия) цифровой трансформации здравоохранения предполагает реализацию двух крупных межведомственных проектов.

Проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» нацелен на повышение эффективности Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) за счет создания условий для эффективного электронного документооборота. В результате для пациентов повысится уровень доступности цифровых сервисов в области здравоохранения, включая электронную запись к врачу, выдачу электронных рецептов, получение электронных медицинских документов в личном кабинете. Медицинские организации смогут обмениваться данными пациентов между собой, а внедрение ряда современных технологических решений обеспечит высокий уровень защиты персональных данных граждан. Ожидается, что к 2024 г. 45 тыс. россиян будет пользоваться цифровыми сервисами в личном кабинете пациента «Мое здоровье», 63% всех записей на прием к врачу будет осуществляться дистанционно, 60% форм медицинских документов можно будет заполнять в электронном виде.

Проект «Медицинские платформенные решения федерального уровня» предполагает внедрение специализированных вертикально интегрированных медицинских информационных систем. К 2024 г. к ним будут подключены все государственные и муниципальные медицинские организации. Это позволит повысить качество и доступность оказываемой медицинской помощи за счет создания условий для ранней диагностики заболеваний, непрерывного наблюдения за больными, а также и своевременного выявления в рамках лечения отклонений от клинических рекомендаций.

Цифровая зрелость

Начиная с 2020 г. Минздрав России осуществляет мониторинг цифровой зрелости здравоохранения, который включает девять показателей, позволяющих отслеживать развитие федеральных и региональных информационных систем в сфере здравоохранения, и фокусируется на внедрении цифровых сервисов дистанционного получения услуг, обеспечении электронного обмена медицинскими документами, формировании централизованных подсистем ЕГИСЗ (рис. 41). Состав показателей оценки цифровой зрелости определен в соответствии с целями и задачами национального проекта «Здравоохранение».



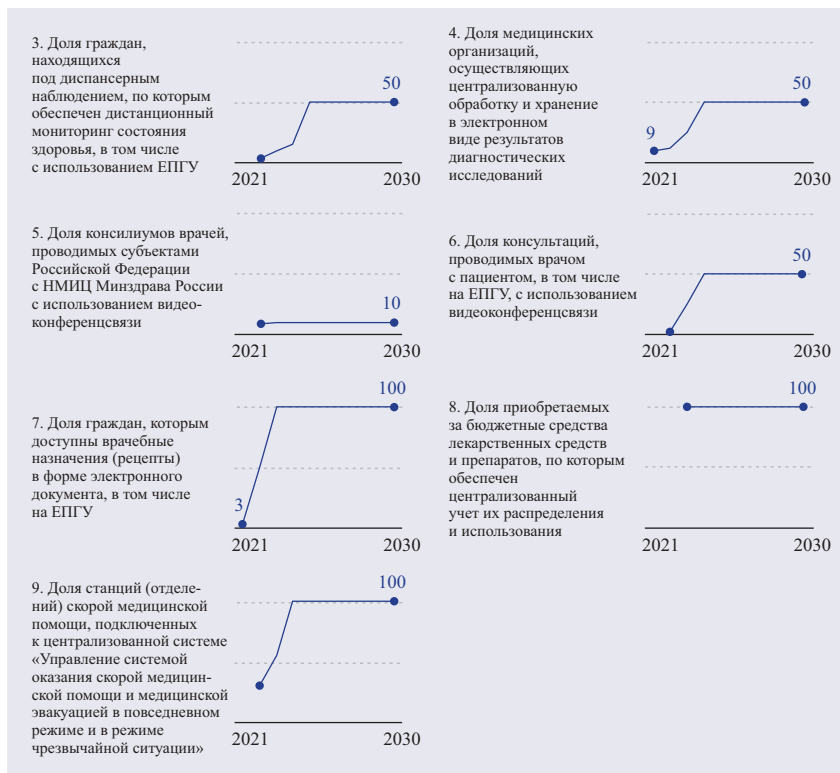


Рис. 41. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере здравоохранения в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»³³

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минздрава России, Минцифры России.

³³ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Здравоохранение», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности. В 2021 и 2022 гг. часть показателей не рассчитывается и не учитывается в расчете среднего по отрасли.

Реализация мероприятий по повышению цифровой зрелости здравоохранения предусматривается в рамках федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе ЕГИСЗ». Данный федеральный проект нацелен на повышение эффективности системы здравоохранения через распространение цифровых и платформенных решений. Основной задачей является внедрение отечественных ИТ-систем в медицинских организациях для развития телемедицинских консультаций, создания системы электронных рецептов, автоматизации управления, обеспечения лекарствами и др.

Часть показателей цифровой зрелости характеризует внедрение цифровых сервисов дистанционного получения услуг. Так, к 2030 г. планируется, что у всех граждан будут сформированы интегрированные электронные медицинские карты, доступные в том числе на ЕПГУ. Обеспечение дистанционного мониторинга состояния здоровья граждан, находящихся под диспансерным наблюдением, также является приоритетной задачей (50% граждан к 2030 г.). Предусмотрено развитие телемедицинских консультаций, как по принципу «врач — врач» (10% консилиумов врачей к 2030 г.), так и по принципу «врач — пациент» (50% консультаций к 2030 г.).

Другой блок показателей характеризует развитие информационных систем, обеспечивающих электронный обмен медицинскими документами. К 2030 г. для всех граждан России должны быть доступны врачебные назначения (рецепты) в форме электронного документа. Ожидается, что 50% медицинских организаций будут осуществлять централизованную обработку и хранение в электронном виде результатов диагностических исследований.

Оставшиеся показатели сфокусированы на формировании централизованных информационных систем. Одним из целевых показателей является подключение к 2030 г. 100% станций (отделений) скорой медицинской помощи к централизованной системе управления системой оказания скорой медицинской помощи.

В 2021 г. значение цифровой зрелости отрасли составило 26%, по итогам 2022 г. планируется достигнуть значения 37%.

Широкая линейка используемых показателей позволяет не только оценить уровень цифровой зрелости, но и выработать эффективную государственную политику в этой сфере для полномасштабного внедрения информационных технологий.

Согласованность приоритетов

На текущем этапе развития здравоохранения усилия государства сконцентрированы на обеспечении доступности и повышении скорости оказания медицинской помощи. Для этого активно развивается ЕГИСЗ, на базе которой создается единый цифровой контур, охватывающий все государственные и муниципальные медицинские организации. В результате это позволит обеспечить электронные коммуникации пациентов, врачей, отдельных организаций при соблюдении единых стандартов информационного взаимодействия.

Показатели оценки цифровой зрелости здравоохранения, а также цели стратегии цифровой трансформации отрасли сфокусированы преимущественно на развитии информационных систем, обеспечивающих обмен данными между различными участниками системы здравоохранения, а также на внедрении электронных сервисов (рис. 42).

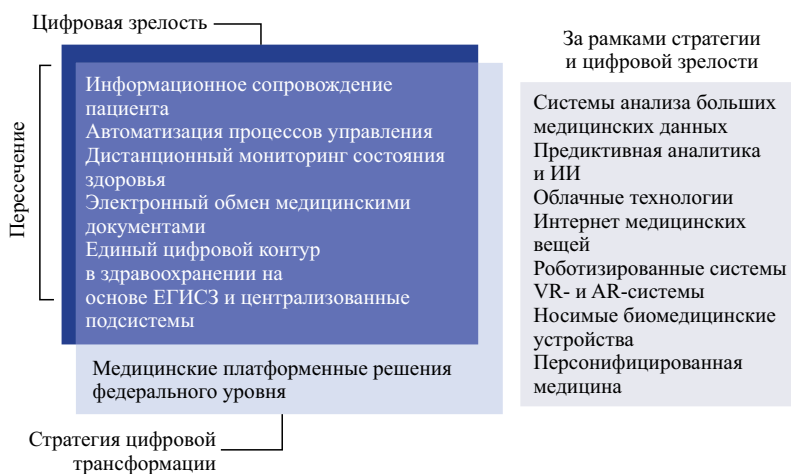


Рис. 42. Соотношение фокуса показателей цифровой зрелости в рамках Указа № 474, стратегии цифровой трансформации и глобальных трендов цифровой трансформации здравоохранения

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

В то же время за рамками приоритетов политики пока остается внедрение широкого спектра цифровых технологий, позволяющих кардинально повысить качество медицинской помощи. В их числе: носимые биомедицинские устройства, которые позволяют контролировать динамику отдельных показателей здоровья для хронических больных, вовремя диагностировать развитие критических состояний, а также повышают уровень комплаентности (приверженности лечению), роботизированные системы, облачные технологии, системы анализа больших медицинских данных, системы на основе ИИ, в том числе системы поддержки принятия врачебных решений, технологии медицинского интернета вещей, AR- и VR-технологии.

В дальнейшем актуализацию приоритетов цифровой трансформации здравоохранения целесообразно осуществлять с учетом отмеченных трендов.

Риски для цифровой трансформации

Продолжающаяся пандемия COVID-19 и ее последствия (борьба с долгосрочными нарушениями, в том числе психологическими, необходимость реабилитации и др.) требуют увеличения расходов на оказание медицинской помощи. При этом отрасль сильно зависит от импорта, в том числе технологий и оборудования, необходимого для ее цифровой трансформации.

Введенные весной 2022 г. рядом западных стран санкции окажут негативное влияние на этот процесс. Могут произойти задержки или отмены поставок в Россию необходимого оборудования и ПО. В результате колебаний курсов валют вырастут закупочные цены у иностранных поставщиков, а инфляция приведет к росту цен на отечественные ИТ-решения. В итоге увеличатся издержки организаций здравоохранения на внедрение и использование цифровых технологий. Из-за снижения платежеспособности населения и, как следствие, сокращения расходов граждан на мониторинг состояния здоровья и лечение ожидается повышение нагрузки на систему обязательного медицинского страхования.

Это требует разработки мер поддержки отечественных разработчиков ИТ-решений для медицины, в том числе с учетом роста угроз информационной безопасности. В частности, необходимо

развитие технологий распределенного реестра, которые обеспечат высокий уровень защиты медицинских данных. Другим важным условием для успешного внедрения цифровых технологий является повышение цифровой грамотности медицинского персонала, обучение их работе с высокотехнологичным оборудованием. Помимо этого, необходимо совершенствовать нормативную правовую базу, регулирующую внедрение цифровых технологий в здравоохранении, включая системы на базе ИИ, мобильные приложения, AR- и VR-системы и др. Дополнительным стимулом развития отечественных ИТ-решений в сфере здравоохранения должно стать предоставление налоговых льгот, субсидий и других форм государственной поддержки компаниям-разработчикам, включая предоставление доступа к медицинским датасетам для стартапов в сфере ИИ.

Наука

Глобальные тренды цифровой трансформации

В последние годы в сфере науки возрастают потребности в исследовательских данных, новых возможностях их формирования и использования. Увеличивается число масштабных, междисциплинарных и общественно значимых научных и инновационных проектов [ОЕСД, 2018]. В связи с этим все более актуальными становятся вопросы повышения эффективности научной деятельности, максимизации ее вклада в развитие экономики и общества, облегчения взаимодействия между участниками инновационных процессов.

Ключевым направлением решения подобных задач становится цифровизация науки. Для обеспечения сбора, обработки и хранения научной информации активно применяется высокопроизводительная цифровая инфраструктура, совершенствуются средства и методы работы с большими данными. Эффективность управления научными и научно-техническими проектами все в большей степени достигается за счет переноса различных элементов и стадий исследовательского процесса в цифровую среду [НИУ ВШЭ, 2018]. Распространяются такие современные форматы, как виртуальные лаборатории, репозитории, электронные библиотеки,

сервисы облачных вычислений и первичного анализа. Внедряются новые технологии и стандарты доступа к исследовательским данным, защиты интеллектуальной собственности, отчетности; появляются новые программные средства для исследовательской деятельности [OECD, 2020].

Традиционными инструментами информационной поддержки проведения исследований являются электронные библиографические и реферативные базы научных публикаций (Web of Science и Scopus), а также развивающиеся на их основе аналитические «надстройки» (InCites и SciVal соответственно). Все более востребованными становятся патентные базы, репозитории, электронные библиотеки, а также специализированные ресурсы, охватывающие патентную деятельность (Orbis), отдельные научно-технологические направления или типы объектов (Passport, Factiva, Ebrary, webCSD, PubMed и проч.). В частности, с ростом количества научных публикаций в мире увеличивается потребность в инструментах семантического анализа, которые бы помогали исследователям ориентироваться в научной повестке. Научное сообщество предъявляет высокий спрос на сервисы, позволяющие формировать экспертные сети или предоставляющие коммуникационные площадки для исследователей (ResearchGate, Academia.edu).

Многие ведущие страны успешно развивают информационные системы и базы данных в сфере науки. Некоторые из них (например, SICYTAR в Аргентине, NARCIS в Нидерландах, CRISin в Норвегии) представляют собой агрегаторы сведений об исследовательских проектах, их результатах, финансировании, кадровых ресурсах и документах научно-технической и инновационной политики. Такие системы носят преимущественно открытый характер и служат не только целям содействия принятию управленческих решений, но и целям предоставления ученым и общественности достоверных сведений о развитии науки в стране. Некоторые системы (SPIAS в Японии и Cogrus Viewer в Испании) позволяют также осуществлять семантический анализ больших данных для мониторинга хода реализации и оценки различных инструментов политики, их социально-экономических эффектов.

Цифровизация меняет способы проведения исследований. В научных проектах активно используется анализ больших дан-

ных, все чаще применяются облачные вычисления, технологии распределенного реестра и ИИ. Последние используются в сфере науки в большей степени как перспективный метод поиска, обработки и анализа данных [НИУ ВШЭ, 2018]. Без цифровых технологий были бы невозможны многие современные научные открытия и реализация проектов мегасайенс, например, в области расшифровки генома, исследований космоса, физики высоких энергий. К примеру, факультетом компьютерных наук НИУ ВШЭ была разработана интеллектуальная система мониторинга качества экспериментальных и симуляционных данных эксперимента LHCb в Европейской организации по ядерным исследованиям (CERN). Разработанные алгоритмы и модели обеспечивают повышение эффективности работы, улучшают качество собираемых данных и позволяют извлечь максимально значимый научный результат при имеющихся ограничениях на вычислительные, человеческие и материальные ресурсы.

В нашей стране направления цифровой трансформации науки в целом соответствуют мировым трендам. Развитие информационно-аналитических систем в сфере науки началось примерно с 2000-х годов, а с 2010-х годов государство стало уделять все больше внимания созданию сервисов, облегчающих мониторинг научной деятельности и учет ее результатов.

Ключевые параметры цифровой трансформации

Государственная политика цифровой трансформации российского сектора исследований и разработок нацелена на повышение эффективности принятия управленческих решений, модернизацию физической инфраструктуры, развитие цифровых сервисов, организацию учета и оценки научных результатов с применением цифровых технологий, усиление кадрового потенциала в этой сфере [Минобрнауки России, 2021].

Предусматривается внедрение передовых цифровых технологий, роботизированных решений, новых способов конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и ИИ. В связи с этим одним из важных индикаторов цифровой трансформации науки является доля организаций, использующих передовые информационные технологии.

Использование цифровых технологий

Сравнительная интенсивность использования каждой из ключевых цифровых технологий в сфере науки ниже, чем по экономике в целом, за исключением аддитивных технологий и цифровых двойников, которые применяются научными организациями примерно в 3 раза чаще (рис. 43).

Отчасти это обусловлено спецификой научной деятельности, которая зачастую требует применения специализированного научного оборудования. Наиболее востребованными со стороны исследователей являются облачные сервисы (используют 20,9% организаций), цифровые платформы (13,2%), RFID-технологии (11,2%), геоинформационные системы (10,9%), технологии интернета вещей (9,7%). ИИ применяют 3,9% организаций, промышленные роботы — 3%.

Интенсивность использования ПО в науке в целом выше средних значений по экономике. ERP-технологии применяются 15% организаций. Широко используются системы проектирования (CAD/ CAE/CAM-системы) (15,8% организаций), что, вероятнее всего, характерно для проектных организаций. Системы MES применяются примерно в той же степени (7,2%), что в других секторах.

Инвестиции в цифровизацию

Задачи цифровизации предполагают высокую степень оснащенности научных организаций оборудованием и ПО, осуществление расходов на их приобретение и обслуживание. В последние несколько лет в этом секторе наблюдается существенный рост затрат на приобретение оборудования и внедрение цифровых технологий.

Доля сектора исследований и разработок в общем объеме затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий составляет 2,9%, или 86,4 млрд руб. в 2020 г. (рис. 44). Отношение затрат на цифровые технологии к ВДС сектора более чем вдвое выше, чем в среднем по экономике, — 5,9% против 2,7% соответственно.

В 2020 г., несмотря на кризисные явления, связанные с пандемией коронавируса, затраты на цифровые технологии в секторе исследований и разработок практически удвоились относительно уровня 2019 г. Основная часть затрат на цифровые технологии в науке приходится на машины и оборудование (45%), что в среднем выше, чем в других отраслях, а также на ПО (28%), уступая соответствующим затратам по экономике в целом.

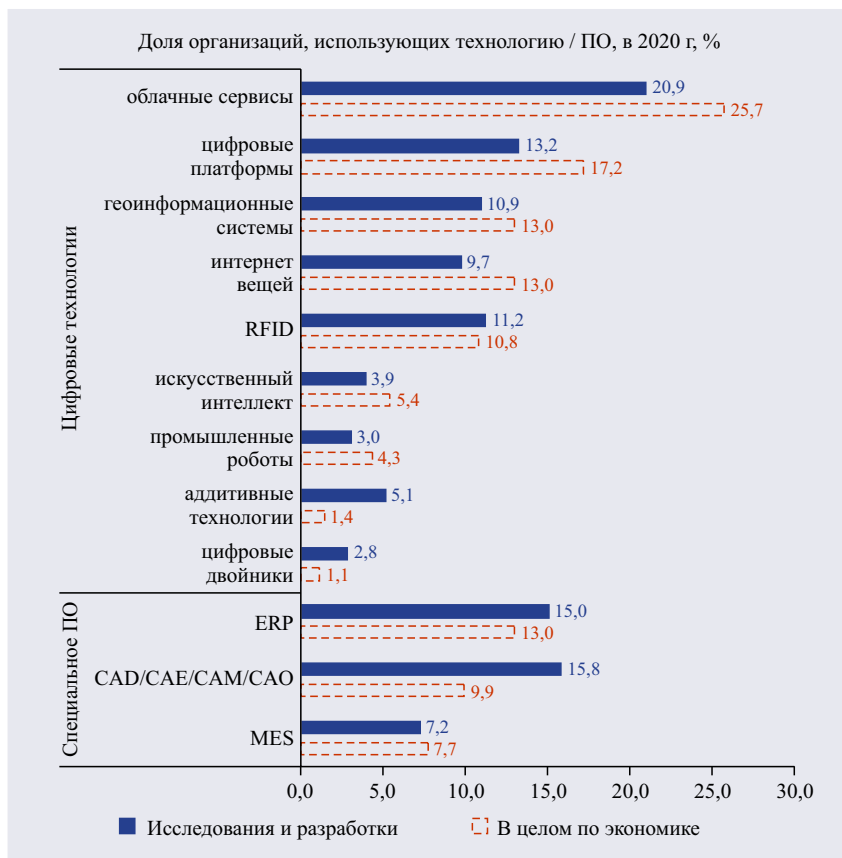


Рис. 43. Использование цифровых технологий и ПО организациями в секторе исследований и разработок³⁴ и в целом по экономике

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

³⁴ Здесь и далее под организациями сектора исследований и разработок понимаются организации с основным кодом ОКВЭД 2 «72 Научные исследования и разработки».

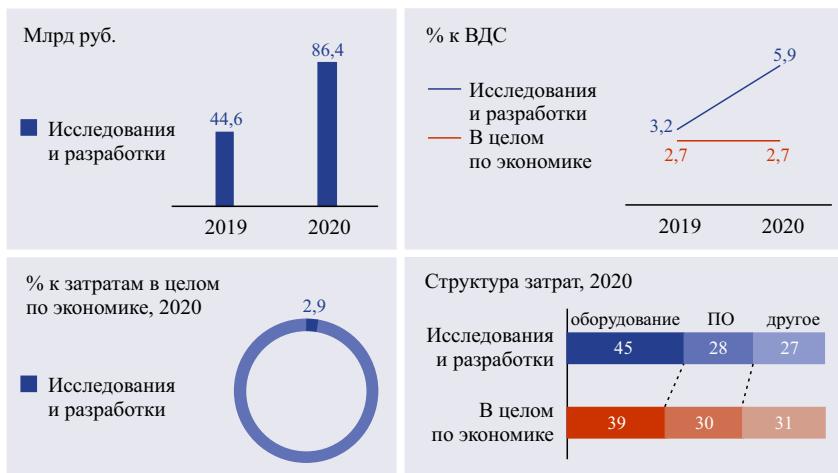


Рис. 44. Затраты организаций сектора исследований и разработок на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Доля закупаемого отечественного ПО в секторе исследований и разработок в целом соответствует среднему значению по экономике (30,3% против 31,8% соответственно).

30,3% — доля сектора исследований и разработок в общем объеме затрат на отечественное ПО в 2019 г.

Следует отметить, что ПО, используемое научными организациями, достаточно разнообразно и зачастую «привязано» к используемому оборудованию, специфичному для разных научных направлений.

Несмотря на то что задачи по разработке и реализации проектов, направленных на обновление ПО и модернизацию существующих информационно-аналитических систем, были поставлены еще в 2014 г.³⁵, в настоящее время еще наблюдается высокая зависимость от иностранных программных продуктов.

³⁵ В рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического

Кадры цифровой трансформации

Россия является одним из мировых лидеров по абсолютным масштабам занятости в секторе исследований и разработок [НИУ ВШЭ, 2022], при этом заметную долю формируют специалисты в сфере цифровых технологий (рис. 45).

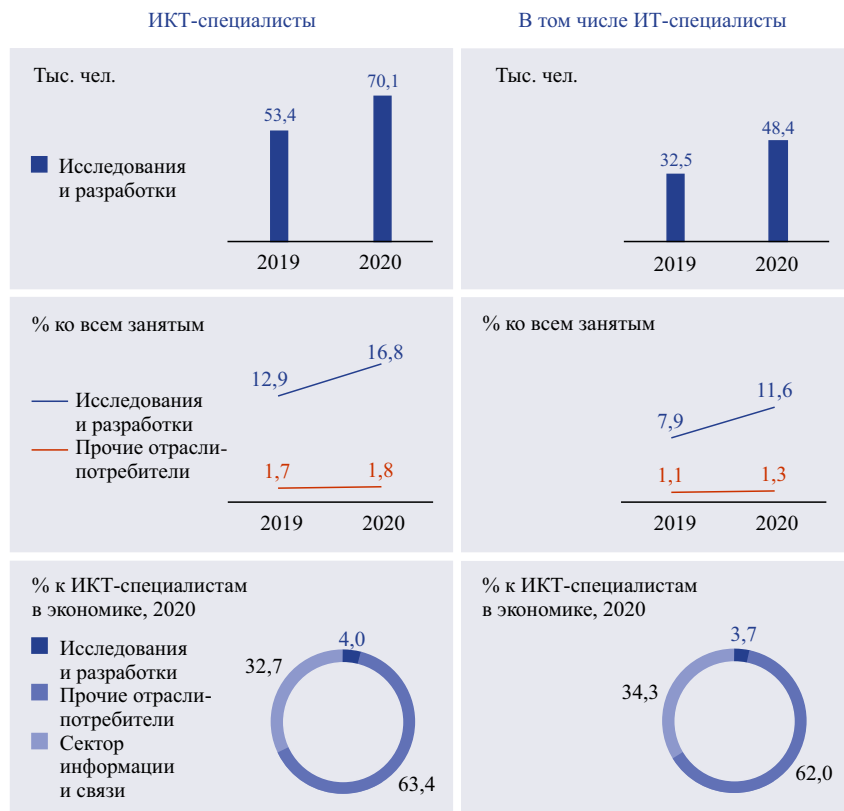


Рис. 45. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере исследований и разработок

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

комплекса России на 2014–2021 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426.

Так, в 2020 г. в сфере науки было занято 70,1 тыс. ИКТ-специалистов, включая 48,4 тыс. ИТ-специалистов, что составляет 16,8 и 11,6% занятых в отрасли соответственно (существенно выше значения по другим отраслям — потребителям цифровых технологий). За 2020 г. спрос на ИКТ-специалистов в науке вырос в абсолютном выражении более чем на 16 тыс. чел. Вклад сектора исследований и разработок в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 4% (3,7% — по ИТ-специалистам).

Широкое внедрение цифровых технологий требует не только достаточного количества ИКТ-специалистов, но и повышения уровня владения цифровыми навыками среди исследователей. При этом имеющиеся возрастные диспропорции (примерно каждый четвертый российский исследователь достиг пенсионного возраста [НИУ ВШЭ, 2022]) могут влиять на степень использования цифровых технологий, поскольку молодые ученые, как правило, отличаются более активным цифровым поведением и развитыми навыками в ИКТ-сфере.

Согласно опросу, проведенному ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в 2019 г., российские исследователи в целом не ощущают недостатка базовых цифровых навыков: абсолютное большинство (свыше 80%) на 4 или 5 баллов (по пятибалльной шкале) оценивают свое умение работать с текстовыми редакторами, искать данные и публикации в интернете, создавать презентации [Волкова, Шматко, 2019]. Заметно ниже доля уверенно владеющих MS Excel (71,8%), файлообменниками и облачными сервисами (49,6%), навыками базового статистического анализа (25,2%). Кроме того, свыше трети (35,2%) обладателей ученых степеней отметили, что не владеют инструментами статистического анализа данных даже на минимальном уровне.

Помимо базовых цифровых навыков, в секторе исследований и разработок все бóльшую роль играет владение продвинутыми технологиями для поиска и анализа данных, планирования научной деятельности и представления научных результатов. Большинство продвинутых цифровых компетенций узкоспециализированы и применяются только отдельными группами исследователей. Единственный навык, который считают необходимым в своей работе более половины исследователей (65,8%), — создание и редактирование изображений с помощью различных графических редакторов. При этом только 5,8% из тех, кто считает, что эта технология необходима им на рабочем месте, не владеют ею [Там же].

Политика цифровой трансформации

Политика цифровой трансформации сектора исследований и разработок фокусируется преимущественно на развитии цифровых научных платформ, создании сетевой информационной среды, внедрении передовых цифровых технологий. Государственные информационные платформы для сектора исследований и разработок охватывают все основные сферы научной деятельности, в том числе непосредственно проведение совместных исследований, учет полученных научных результатов, мониторинг функционирования научной инфраструктуры, результативности деятельности научных организаций и вузов и др.

Так, в 2013 г. в целях информационного обеспечения научной, научно-технической и инновационной деятельности была создана Единая государственная информационная система учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР, <https://rosrid.ru>). На этой информационной платформе в обязательном порядке размещаются сведения обо всех работах, выполняемых с привлечением средств федерального бюджета.

База данных БД РД НО (<https://sciencemon.ru>) содержит сведения об оценке и мониторинге результативности деятельности научных организаций, выполняющих НИОКР гражданского назначения, и используется при принятии решений об эффективном распределении финансовых средств на выполнение государственного задания в сфере науки.

В целях содействия трудоустройству исследователей создан портал вакансий «Ученые-исследователи.рф» — единая информационная система проведения конкурсов на замещение должностей научных работников.

Для обеспечения доступа широкому кругу пользователей к исследовательскому оборудованию научных организаций и университетов создан портал «Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации» (<https://ckp-rf.ru>), который включает информацию о 661 центре коллективного пользования, 400 уникальных научных установках, производителях научного оборудования, уровне его загрузки и др.

В целях предоставления российским научным и образовательным организациям возможностей для выполнения исследований и разработок на основе эффективного межсетевых обмена данными, а также для участия в крупных российских и международных научных проектах в 2019 г. в результате интеграции федеральной университетской компьютерной сети RUNNet и сети организаций Российской академии наук RASNet была создана Национальная исследовательская компьютерная сеть (НИКС). По своему масштабу НИКС охватывает более 300 организаций высшего образования и науки в 50 регионах России, общее число пользователей превышает 3 млн чел., что делает ее одной из крупнейших компьютерных сетей России и мира.

На базе единой цифровой платформы «ГосТех»³⁶ реализуется проект по созданию домена «Наука», предусматривающий разработку широкого набора сервисов для повышения эффективности научной работы и решения проблем исследователя на всем клиентском пути, включая управление научными проектами и командами, управление РИД, поиск мер поддержки, получение доступа к данным и литературе, коммуникации с бизнесом и др.

В нашей стране действуют и крупные негосударственные информационные системы в сфере науки. Примером служит созданный в 2005 г. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ, <https://elibrary.ru>), который на сегодняшний день представляет собой крупнейшую библиографическую базу данных научных публикаций отечественных исследователей. Обсуждается создание на его базе собственной системы оценки результативности научных исследований и разработок (в рамках поручения Правительства Российской Федерации от 7 марта 2022 г. № ДЧ-П28-3426кс).

Стратегия цифровой трансформации

Дальнейшая цифровизация сектора исследований и разработок является одной из важнейших задач государственной научной политики. Приоритеты Российской Федерации в области

³⁶ Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. № 1674 «О проведении эксперимента по созданию, переводу и развитию государственных информационных систем и их компонентов на единой цифровой платформе РФ ГосТех».

цифровой трансформации науки определены в соответствующем стратегическом направлении (стратегии), утвержденном в декабре 2021 г.³⁷

Согласно указанному документу цифровая трансформация отрасли предусматривает реализацию мероприятий и проектов в четырех ключевых направлениях: развитие цифровых сервисов; модернизация инфраструктуры; управление данными; управление кадровым потенциалом.

Комплексный процесс цифровой трансформации будет основываться на внедрении и широком применении технологий ИИ и больших данных (в целях поддержки принятия решений), систем распределенного реестра, облачных технологий и интернета вещей. Данные технологии станут основой для реализации ряда проектов, по результатам которых будет оцениваться цифровая зрелость сектора.

Стратегией предусмотрено семь проектов, по некоторым из которых задачи идентичны как для сектора науки, так и для сектора высшего образования, в первую очередь в части типовых бизнес-процессов. Из этих проектов для сектора исследований и разработок ключевым является создание единой экосистемы сервисов для ученых, позволяющей проводить совместные исследования и обеспечивающей доступ к научной инфраструктуре, международным базам данных и существующим мерам поддержки, — «Единой сервисной платформы науки».

Проект «Датахаб» предусматривает формирование системы управления, обработки и предоставления информации, которая упростит обмен данными между научными организациями и Минобрнауки России.

Задачей проекта «Архитектура цифровой трансформации» является создание системы сопровождения организаций в процессе их цифровой трансформации. Планируется автоматический мониторинг цифровой зрелости вузов и научных организаций.

Предполагается также создание информационной площадки («Маркетплейс программного обеспечения») для взаимодействия

³⁷ Стратегическое направление в области цифровой трансформации науки и высшего образования, утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3759-р.

научных и образовательных организаций и поставщиков оборудования и ПО, мониторинга состояния и обеспеченности организаций оборудованием и инфраструктурой.

Цифровая зрелость

Начиная с 2020 г. Минобрнауки России осуществляет оценку цифровой зрелости науки в рамках мониторинга достижения соответствующего показателя национальной цели «Цифровая трансформация». Следует отметить, что цифровая зрелость оценивается совместно с сектором высшего образования. Из шести показателей цифровой зрелости науки и высшего образования к показателям, характеризующим непосредственно сферу науки, относятся только два — доля объема НИОКР, реализуемых в сфере цифровых технологий, и доля ведущих научных и образовательных организаций, интегрированных с цифровой инфраструктурой Минобрнауки России (рис. 46). Их фактические значения в декабре 2021 г. составили 6,7 и 13,6% соответственно, а плановые к 2030 г. — 30 и 90%.

Специфика российского сектора исследований и разработок заключается в том, что существенную его часть представляют организации, относящиеся к государственному сектору науки и сектору высшего образования [НИУ ВШЭ, 2022]. Этим определяется целесообразность интеграции организаций в цифровую инфраструктуру, централизованно создаваемую Минобрнауки России. С учетом ограниченности состава показателей оценки цифровой зрелости прямая связь с ранее отмеченными приоритетами стратегии цифровой трансформации прослеживается в основном в части тематики модернизации инфраструктуры и управления данными.

В то же время планы широкого распространения ключевых цифровых технологий, в том числе ИИ, больших данных, систем распределенного реестра, облачных технологий и интернета вещей, пока не нашли своего отражения в рамках мониторинга цифровой зрелости науки.

Вместе с тем в 2022 г. планируется корректировка состава показателей оценки цифровой зрелости науки в целях его согласования с приоритетами и показателями стратегии цифровой трансформации.

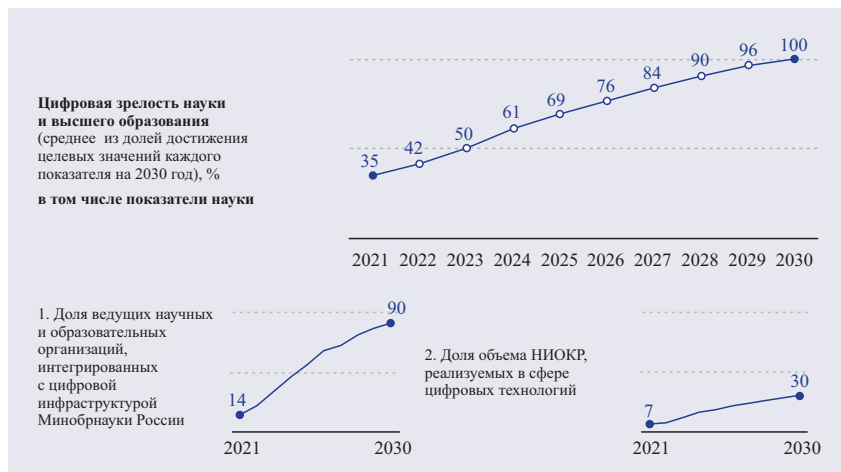


Рис. 46. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере науки в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»³⁸

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минобрнауки России, Минцифры России.

Согласованность приоритетов

Стратегией цифровой трансформации науки и высшего образования предусматривается реализация мероприятий по следующим направлениям: развитие цифровых сервисов; модернизация инфраструктуры; управление данными; управление кадровым потенциалом. В связи с этим предполагается создание единой цифровой среды посредством развития ряда информационных систем с разными наборами цифровых сервисов.

³⁸ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня «цифровой зрелости» отрасли «Образование и наука», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

В то же время в приоритетах политики недостаточно отражены некоторые тренды развития цифровых инструментов поддержки ученых (рис. 47).

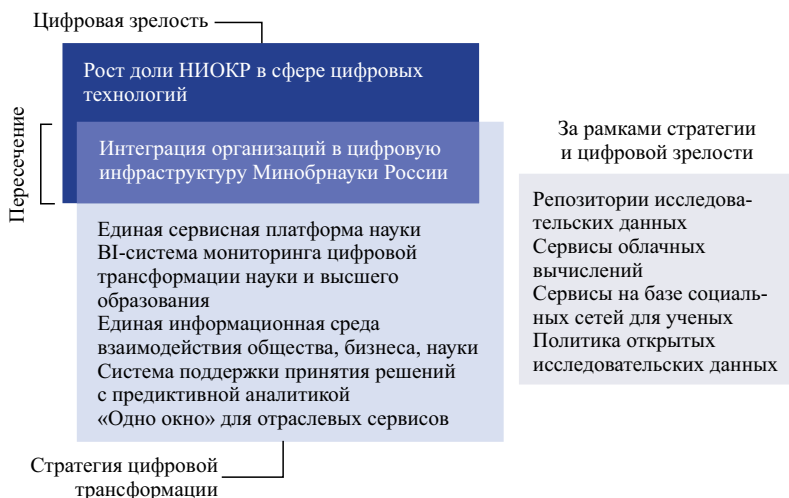


Рис. 47. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации науки

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

С учетом потенциально весомого вклада соответствующих мероприятий в решение проблем развития науки, в том числе в условиях санкционного давления, в дальнейшем целесообразно предусмотреть создание и совершенствование репозиториев исследовательских данных, сервисов для ученых на базе социальных сетей, а также инструментов реализации политики открытых исследовательских данных.

Риски для цифровой трансформации

Введенные весной 2022 г. рядом западных стран санкции негативно влияют на сферу науки, ограничивая поставки научного оборудования и комплектующих зарубежного производства, доступ к

международным ИТ-платформам, базам данных, лицензионному ПО, международную академическую мобильность.

В этих условиях приоритеты цифровой трансформации науки, заложенные в соответствующих стратегических документах, обретают еще бóльшую актуальность. Ввиду массовых ограничений доступа, а также возможной приостановки планового сервисного обслуживания научного оборудования, блокировки обновлений лицензионного ПО, повышается значимость задач импортозамещения в этой области, а также развития цифровых навыков исследователей, которые столкнутся с необходимостью переобучения работе с отечественными программными продуктами и базами данных.

Также целесообразна реализация таких направлений государственной поддержки цифровой трансформации сферы науки, как создание национальной системы индексирования и платформы для продвижения ведущих российских научных журналов [НИУ ВШЭ, 2021], увеличение вычислительных мощностей ведущих вузов и научных организаций для обработки и анализа больших массивов исследовательских данных, создание комплексной инфраструктуры исследовательских данных (включая высокопроизводительные базы данных в области социальных и гуманитарных наук). Но стоит отметить, что развитие вычислительных мощностей (в том числе суперкомпьютеров) в ближайшее время будет затруднительно в условиях отказа зарубежных компаний от поставок критически значимой электроники (в частности, графических ускорителей), а также резкого удорожания ИКТ-импорта. В данных условиях особую актуальность приобретает задача максимально эффективного использования имеющегося оборудования центров коллективного пользования.

Кроме того, необходимо будет обеспечить непрерывный доступ российских исследователей к международным источникам научно-технической информации для предотвращения их изоляции от глобальной научной повестки.

Наконец, в условиях санкционных ограничений усиливаются потребности и открываются новые возможности по разработке и внедрению российских цифровых технологий в реальный сектор. В связи с этим необходимо совершенствование инструментов поддержки научно-производственной кооперации и трансфера результатов интеллектуальной деятельности.

Образование

Глобальные тренды цифровой трансформации

Цифровая трансформация образования направлена на повышение эффективности передачи и усвоения знаний с помощью новых форматов и цифровых средств обучения. Она подразумевает новый уровень организации учебной работы, административной деятельности и взаимодействия всех участников образовательного процесса. Цифровизация образования подготавливает обучающихся к жизни и работе в цифровой среде.

Цифровая трансформация является одним из важнейших направлений развития образования, а в связи с пандемией COVID-19 эта повестка приобрела еще большую актуальность. Существенно меняются традиционные модели образовательных систем и методов преподавания, внедряются: электронное обучение (e-learning); обучение с использованием дистанционных образовательных технологий; смешанное обучение (blended learning), сочетающее очное и онлайн-обучение; обучение, построенное на сценариях (Scenario-Based Learning, SBL); модель «перевернутого урока» (Flipped Class); модель BYOD (Bring Your Own Device), предполагающая использование личных мобильных устройств в рабочем процессе; обучение с использованием социальных сетей для развития образовательной коммуникации и интерактивного обучения.

В целях повышения доступности и качества образования все более активно применяются в обучении открытые образовательные ресурсы [UNESCO, 2018].

Основу цифровой трансформации образования составляют современные цифровые технологии и процессы:

- использование технологий ИИ для адаптивного обучения, диагностических инструментов отслеживания и мониторинга, автоматизированных систем оценивания и обучающих приложений;
- геймификация образования, предполагающая переход к массовому использованию цифровых обучающих игр и цифровых симуляторов, позволяющих достичь высокой степени вовлечения обучающихся в образовательный процесс;
- применение симуляторов в качестве цифровой имитации процессов или деятельности, которые трудно или дорого организовать в реальной жизни;

- внедрение робототехники, предполагающее использование роботов в качестве наставников, ассистентов учителей, учеников-партнеров;
- развитие решений дополненной реальности и технологий визуализации VR/AR (как и симуляторы, они позволяют выполнять из дома или из компьютерной лаборатории действия, которые были бы дорогостоящими, опасными или невозможными в иных условиях);
- расширение использования облачных технологий в целях накопления и системного обновления баз данных образовательного контента;
- внедрение прокторинговых систем (систем контроля при проведении онлайн-тестирований);
- использование технологий интернета вещей;
- применение CRM для получения периодически обновляющихся данных об успеваемости студентов, в том числе для просмотра истории взаимодействия студентов с преподавателями;
- использование ERP для планирования потребностей образовательных организаций в оборудовании, персонале и других ресурсах;
- внедрение процессов автоматизации на основе современных технологических решений для радикального упрощения отчетности и сокращения рутинных видов работы для педагогов и руководителей;
- развитие системы контент-фильтрации (создание фильтров-поисковиков для рекомендации и продвижения наиболее безопасных и качественных открытых онлайн-ресурсов) [OECD, 2021; UNESCO, 2018; ИИТО ЮНЕСКО, 2020].

В российской практике в рамках цифровой трансформации образования находят применение большинство из перечисленных выше решений.

Ключевые параметры цифровой трансформации

В нашей стране ключевые направления цифровой трансформации образования включают развитие цифровой инфраструктуры образовательных организаций, расширение применения цифровых технологий, развитие цифровых сервисов, разработку и

распространение новых моделей организации учебного процесса, актуализацию специальностей и направлений подготовки с учетом тенденций изменения рынка труда, формирование образовательных программ на основе гибких образовательных траекторий, развитие концепции непрерывного образования, развитие цифровых навыков всех участников образовательного процесса.

Использование цифровых технологий

В высшем образовании применяется широкий спектр цифровых технологий. Интенсивность их использования существенно выше, чем в экономике в целом (рис. 48).

Наиболее востребованы облачные сервисы (применяют 45,9% организаций), цифровые платформы (35,6%), RFID-технологии (26,2%), геоинформационные технологии (19,5%), технологии интернета вещей (17,1%), аддитивные технологии (17%). Большие данные используют 12,4% организаций, ИИ — 8,4%, цифровых двойников — 4,9%, промышленных роботов — 4,6% [НИУ ВШЭ, 2022б].

Интенсивность использования ПО в высшем образовании в целом соответствует среднему уровню по экономике в отношении ERP-систем (применяют 13,3% образовательных организаций) и существенно выше средних значений по экономике в части применения CAD/CAE/CAM/CAO-систем (25,8%, приходящихся, вероятно, в основном на инженерные вузы) и MES (11,9%). Интенсивность применения PLM/PDM-систем ниже среднего и составляет 2,5%.

Цифровые решения внедряются во все сферы деятельности образовательных организаций. Так, по данным опроса руководителей ИКТ-блоков государственных вузов в рамках проекта «Мониторинг экономики образования», распространены цифровые системы и сервисы для бухгалтерских, кадровых и правовых вопросов — они применяются более чем в 90% вузов. Среди информационных систем и сервисов, используемых для образовательной деятельности, преобладают такие, как электронно-информационная образовательная среда (LMS, MOODLE и др.) (95,7% вузов), единый личный кабинет сотрудника, студента (79,1%), учетно-аналитические системы управления учебным процессом (70,5%), системы планирования расписания занятий (58,8%) [Волкова и др., 2021].

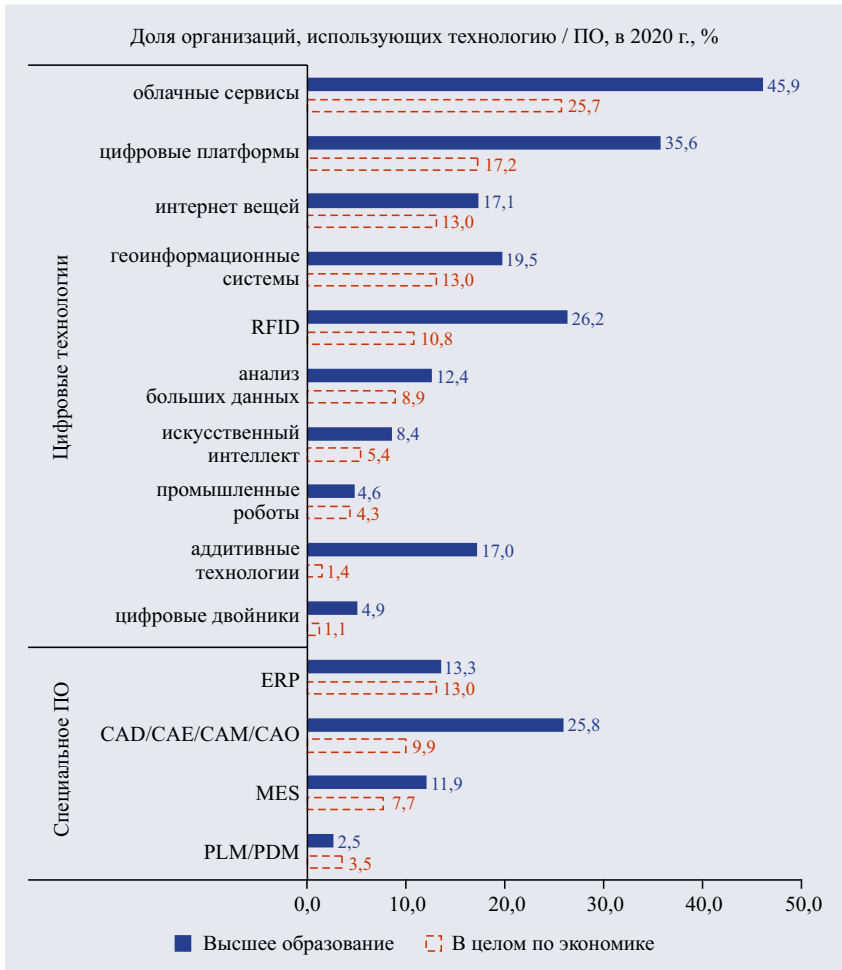


Рис. 48. Использование цифровых технологий и ПО организациями в сфере высшего образования

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

В 2020 г. введение ограничительных мер в условиях пандемии оказало влияние на развитие дистанционных образовательных технологий и электронного обучения с целью повышения качества

и доступности образования. На начало 2021/2022 учебного года 53,2% студентов обучались по программам высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (на начало 2019/2020 учебного года их доля составляла 13%), а с применением электронного обучения — 45,3% (соответственно 20,5%) [Минобрнауки России, 2022].

В сфере высшего образования центральной информационной платформой является государственная информационная система «Современная цифровая образовательная среда» (ГИС СЦОС), которая выполняет роль агрегатора онлайн-курсов разных платформ и вузов, позволяет решать задачи по осуществлению единой аутентификации с использованием ГИС «Единая система идентификации и аутентификации», поиск онлайн-курсов, оценку качества контента и его рейтингование, а также формирование цифровых портфолио слушателей и признание результатов онлайн-обучения образовательными организациями и работодателями [Федеральный портал «Мое образование» (ГИС СЦОС), 2022].

При прохождении онлайн-курсов слушатели формируют личный «цифровой след» — статистику по просмотрам видеоматериалов, выполнению заданий и полученным результатам. Такие массивы данных хранятся на платформе и анализируются в автоматическом режиме.

Платформа наделена функционалом создания и направления работодателям и образовательным организациям цифровых портфолио студентов и обеспечивает возможность ознакомления работодателей с результатами обучения по онлайн-курсам, олимпиад, выполненных проектов, формирования резюме с фиксацией полных данных об образовании и личных достижениях студентов.

Российскими образовательными организациями высшего образования в настоящее время размещены 1,6 тыс. онлайн-курсов на 70 образовательных онлайн-платформах, представленных в ГИС СЦОС (<https://online.edu.ru>).

В сфере общего образования в настоящее время предусматриваются как комплекс мероприятий по поддержке существующих цифровых платформ и технологий, так и создание условий для возникновения новых. Это реализуется в рамках создания цифровой образовательной среды (ЦОС) для обеспечения равных условий качественного образования учащихся вне зависимости от

Кейсы применения цифровых технологий в высшем образовании

Кейс 1. Цифровой симулятор педагогической деятельности — совместный проект Набережночелнинского государственного педагогического университета и Университета Реймса Шампань — Арденны (Франция). Симулятор позволяет соединить теорию и практику в области подготовки учителей. Работа с симулятором дает возможность погрузиться в среду, в которой восприятие учебного сценария приближается к проживанию в реальной ситуации [Официальный сайт города Набережные Челны, 2022].

Кейс 2. В Финансовом университете при Правительстве Российской Федерации разработано четыре бизнес-симулятора и диалоговых тренажера, которые позволяют учитывать разную степень подготовки учащихся на основе настроек игровых сценариев, организовать командные и проектные работы для совместного решения управленческих задач и выработки стратегии эффективного взаимодействия, моделировать управленческую деятельность, тренировать soft skills и hard skills [РЭГУ имени Г.В. Плеханова, 2021].

Кейс 3. В Поволжском государственном университете телекоммуникаций и информатики ПГУТИ начнут изучать сервисную робототехнику на российских роботах Promobot. Образовательный комплекс состоит из робота модели Promobot V.4 и уникальной методики обучения: робот будет проводить лабораторные работы без помощи «живого» преподавателя вуза [ПГУТИ, 2021].

места их проживания. Предусматривается внедрение информационных систем и информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, входящих в состав платформы ЦОС; оснащение школ материально-технической и информационно-телекоммуникационной инфраструктурой (интернетом, компьютерным, мультимедийным, презентационным оборудованием и ПО в соответствии с утвержденным стандартом, видеоконференцсвязью в помещениях школ); развитие технологий и решений обработки и управления данными участников образовательных отношений на базе портала госуслуг; обеспечение возможности реализации образовательных программ с использованием дистанционных образовательных

технологий и электронного обучения и применением портала госуслуг, информационной системы Минпросвещения России и информационно-коммуникационной образовательной платформы и др. [Энтерфин, 2020].

Образовательный процесс трансформируется, в него активно внедряются системы электронного документооборота и планирования финансово-хозяйственной деятельности, электронных дневника, журнала, расписания, электронного учета освоения дополнительных программ и достижений обучающихся по результатам их участия в олимпиадах и иных интеллектуальных мероприятиях.

На конец 2020 г. электронный журнал и электронный дневник использовали 82,7% образовательных организаций, обучающие компьютерные программы по отдельным предметам или темам — 59,4%, электронные версии учебных пособий — 53,5%, электронные версии справочников, энциклопедий, словарей и т.п. — 52,6%, электронные версии учебников — 45,9%, электронные библиотеки — 23,2% [НИУ ВШЭ, 2022а].

Обеспеченность персональными компьютерами, используемыми в учебных целях, в расчете на 100 обучающихся составляла на конец 2020 г. 15,9 ед. (на конец 2019 г. — 14,7 ед.). Использовали интернет со скоростью 100 Мбит/с и выше 20,7% образовательных организаций (на конец 2019 г. — 14,6%) [НИУ ВШЭ, 2021б; 2022а].

Сложная эпидемиологическая обстановка, связанная с коронавирусной инфекцией COVID-19, привела к увеличению доли обучающихся по программам начального, основного и среднего общего образования с применением электронного обучения (с 16,3% на начало 2019/2020 учебного года до 20,5% на начало 2021/2022 учебного года) и дистанционных образовательных технологий (соответственно с 4,8 до 17%) [Минпросвещения России, 2022; НИУ ВШЭ, 2022а].

Инвестиции в цифровизацию

Доля сектора высшего образования в общем объеме затрат российских организаций на внедрение и использование цифровых технологий составляет 1,1%, или 31,9 млрд руб. в 2020 г. (рис. 49). Интенсивность затрат на цифровые технологии относительно

Кейсы применения цифровых технологий в общем образовании

Кейс 1. Образовательный ресурс ЯКласс.рф — один из лучших школьных проектов «Сколково», включающий бесконечный интернет-тренажер, базу электронных рабочих тетрадей и учебные пособия. Сегодня площадкой пользуются 11 млн школьников из 60 тыс. школ 12 стран [Инновационный центр «Сколково», 2022].

Кейс 2. Цифровая платформа «Территория интеллекта» представляет собой онлайн-пространство, интегрирующее все доступные образовательные ресурсы Томской области, помогает выстраивать индивидуальные траектории развития школьников на основе 20 перспективных профессиональных направлений. Успешно реализуется в 130 образовательных организациях региона [АСИ Смартка, 2021].

Кейс 3. Образовательная платформа Минпросвещения России «Моя школа», разрабатываемая в рамках внедрения ЦОС специалистами Федерального института цифровой трансформации в сфере образования, предусматривает автоматизированный процесс анализа образовательных результатов и достижений каждого школьника, основанный на использовании технологии ИИ, которая поможет учитывать цифровые следы пользователя, его интересы и достижения [Федеральный портал «Российское образование», 2021].

Кейс 4. Программный продукт HoloStudy — образовательное приложение для Microsoft HoloLens российской компании HoloGroup, включает MR-уроки (Mixed Reality), где изучаемые объекты и явления представлены в виде 3D-голограмм в пространстве рядом с учеником [HoloGroup, 2020].

ВДС высшего образования более высокая, чем в среднем по экономике, — 4,3% против 2,7% соответственно. В 2020 г. наблюдался рост этого показателя благодаря опережающему увеличению затрат в абсолютном выражении, составившему 31,8% относительно уровня 2019 г. Основная часть затрат на цифровые технологии в высшем образовании приходится на оборудование и составляет 45%, что выше, чем в других отраслях. Вместе с тем доля затрат на ПО (25%) ниже, чем в целом по экономике.



Рис. 49. Затраты организаций в сфере высшего образования на внедрение и использование цифровых технологий

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Доля закупаемого отечественного ПО в секторе высшего образования пока ниже, чем в среднем по экономике, — 25% против 31,8%.

В 2021 г. на базе МГТУ им. Баумана, Минцифры России и подведомственного ему ФГАУ НИИ «Восход» впервые выполнялся крупный пилотный проект по импортозамещению ПО в сфере науки и высшего образования [Минцифры России, 2021]. Предусматривается, что отечественное ПО будет включать как продукты, обеспечивающие учебную деятельность (браузеры, антивирусы), так и программы, применяемые непосредственно в образовательном процессе (офисное и наукоемкое инженерное ПО, сервисы для работы с графикой). По результатам пилотного проекта на российское ПО планируется перевести большинство университетов и научных организаций страны.

25% — доля затрат организаций в сфере высшего образования на отечественное ПО (в общих затратах на ПО в 2020 г.).

В сфере общего образования линейка отечественных цифровых продуктов покрывает широкий спектр сервисов, среди которых — цифровые платформы, онлайн-курсы, видеоконференцсвязь, мобильные приложения и др. Представлены как крупные («Сбер», «Яндекс», Mail.ru и др.), так и средние компании и стартапы: Skillbox, GeekBrains, Нетология и др.

Наряду с повсеместным применением преимущественно зарубежного ПО, обеспечивающего видеоконференцсвязь (Zoom, Teams, Discord, Skype и др.), в рамках создания ЦОС внедряется информационно-коммуникационная образовательная платформа «Сферум». Она предназначена как для организации информационно-технологического взаимодействия участников образовательных отношений (обучающихся, родителей, педагогических работников), так и для реализации образовательных программ с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного обучения.

Кадры цифровой трансформации

В 2020 г. в сфере образования было занято 40,8 тыс. ИКТ-специалистов, включая 39,4 тыс. ИТ-специалистов, или 0,6% занятых в отрасли для обеих категорий, что в 3 раза (для ИКТ-специалистов) и в 2 раза (для ИТ-специалистов) ниже значения по другим отраслям — потребителям цифровых технологий (рис. 50). За 2020 г. численность ИКТ-специалистов в образовании снизилась в абсолютном выражении на 2,9 тыс. чел., при этом относительно общей численности занятых осталась на уровне 2019 г. В 2020 г. вклад сектора образования в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составил 2,3% (3% по ИТ-специалистам) [НИУ ВШЭ, 2021a].

Учитывая высокую востребованность ИКТ-специалистов на рынке труда, образовательные организации находятся в условиях жесткой конкуренции за кадры. Руководители ИКТ-блоков российских государственных вузов отмечают неконкурентоспособность своих подразделений по уровню оплаты труда специалистов в сравнении с другими организациями ИТ-сферы [Волкова и др., 2022].

Важным условием цифровой трансформации образования является формирование компетентных команд управления процессом цифровой трансформации образовательных организаций, повышение уровня цифровых компетенций педагогических кадров.

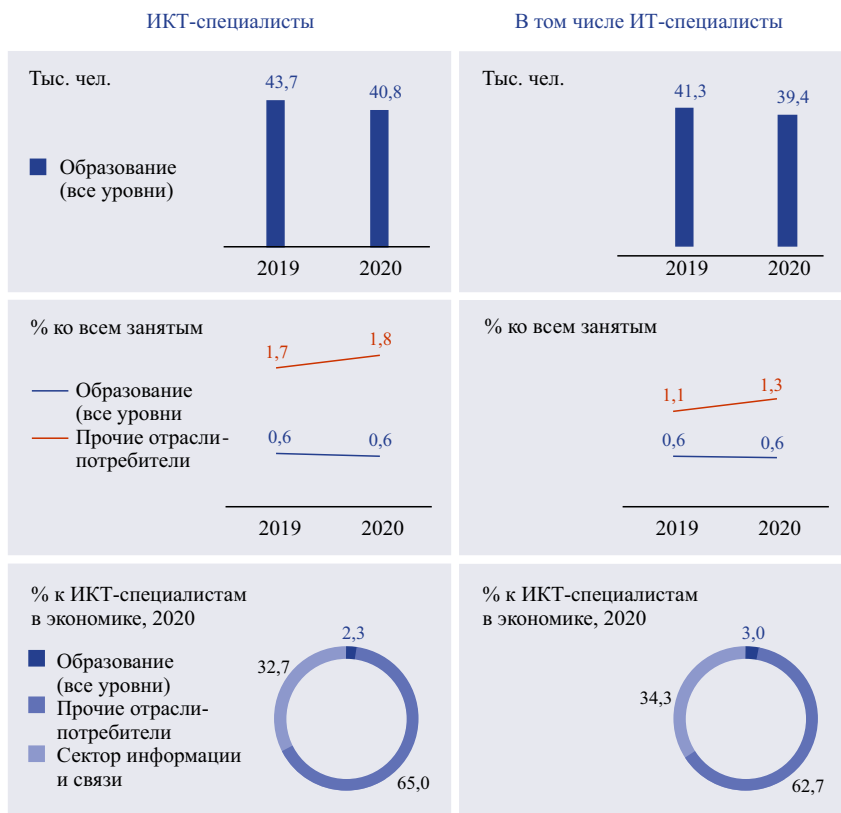


Рис. 50. ИКТ-специалисты (включая ИТ-специалистов), занятые в сфере образования (всех уровней)

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

В рамках проекта «Мониторинг экономики образования» НИУ ВШЭ в 2020 г. проведена оценка цифровой грамотности преподавателей по данным опроса профессорско-преподавательского состава (ППС) в вузах. В основу измерения цифровых навыков положена методика Евростата [Eurostat, 2021]. Согласно данной оценке, большинство преподавателей вузов имеет как минимум базовые навыки работы с ПО (98% опрошенных), цифровые коммуникационные навыки (97%) и цифровые навыки работы с ин-

формацией (92%). Эти показатели обусловлены чаще всего умением выполнять базовые действия, более продвинутые операции пока все же доступны более ограниченному кругу работников этой группы. В частности, подавляющее большинство может выполнять какие-либо операции с контентом в офисных приложениях, тогда как владение языками программирования доступно меньшинству среди ППС. В части коммуникационных навыков более простые действия (загрузка файлов в интернет, общение через социальные сети) освоены широким кругом преподавателей, но хуже ситуация с освоением специальных программных приложений для обмена информацией и совместной работы, сервисов для создания и проведения онлайн-мероприятий, которые предоставляют гораздо более разнообразные возможности для организации учебного процесса. Наибольшие дефициты оказались по навыкам решения задач — как минимум базовый уровень навыков установки и настройки цифровых устройств, операционной системы или ПО имеют примерно 60% ППС. Таким образом, значительная доля ППС не имеет опыта выполнения этих операций и нуждается в восполнении дефицита этих навыков [Шугаль и др., 2022].

Согласно общероссийскому опросу учителей школ, проведенному НИУ ВШЭ в рамках проекта «Мониторинг экономики образования» в 2020 г., основная часть учителей (50–60%) владеют различными видами ПО на среднем уровне (могут выполнять операции по имеющимся шаблонам и алгоритмам). Это касается почти всех видов универсального ПО. Со специализированными программами для анализа и обработки данных никогда не работали 41% учителей, а высокий уровень навыков работы с ними имеют лишь 4% учителей. Вместе с тем многие педагоги (из способных выполнять сложные операции с ПО) умеют создавать электронные презентации (31%). Сравнительно меньшие доли учителей владеют на продвинутом уровне текстовыми редакторами (21%) и ПО для работы с электронными таблицами (14%) [Там же].

Три четверти учителей (76%) оценивают свои навыки работы в формате онлайн-обучения как базовые, 7% не обладают такими навыками. Разрабатывать онлайн-уроки на базовом уровне могут две трети (65%) учителей, не имеют таких навыков 26%. Отсутствуют навыки работы в электронной информационно-образовательной среде (электронный журнал, электронное расписание

занятий, онлайн-тесты), а также с открытыми информационными ресурсами у 4–5% учителей, а базовый уровень таких навыков отмечают порядка 70% педагогов [Шугаль и др., 2022].

Политика цифровой трансформации

В Российской Федерации фокус внимания на цифровизацию образовательного процесса обусловлен стратегическими целями повышения доступности и качества образования. Высшее и общее образование входят в число отраслей, по которым осуществляется мониторинг цифровой зрелости в рамках показателя национальной цели «Цифровая трансформация».

В декабре 2021 г. Правительством Российской Федерации утверждены стратегические направления (стратегии) в области цифровой трансформации образования³⁹, которые в том числе направлены на достижение цифровой зрелости высшего и общего образования.

Стратегия цифровой трансформации

Утвержденные стратегические документы в области цифровой трансформации образования предусматривают реализацию мероприятий и проектов по четырем основным направлениям: оснащение (обновление) цифровой инфраструктуры; развитие цифровых сервисов; повышение цифровых компетенций; построение эффективной системы управления образовательными организациями с использованием цифровых технологий.

Комплексный процесс трансформации высшего образования будет основываться на внедрении и широком применении технологий ИИ и больших данных (в части поддержки принятия решений), систем распределенного реестра, облачных технологий и интернета вещей.

³⁹ Стратегическое направление в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2021 г. № 3427-р; Стратегическое направление в области цифровой трансформации науки и высшего образования, утвержденное распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3759-р.

В сфере высшего образования в рамках реализации основных направлений запланировано осуществление шести проектов, по некоторым из которых задачи идентичны как для высшего образования, так и для науки. К числу таких проектов относятся: проект «Датахаб», предусматривающий создание системы управления данными для эффективного принятия решений; «Архитектура цифровой трансформации» — создание системы сопровождения организаций в процессе их цифровой трансформации; «Маркетплейс программного обеспечения и оборудования» — создание информационной площадки для взаимодействия образовательных организаций и поставщиков оборудования и ПО; «Сервис хаб» — создание единой информационной системы управления бизнес-процессами организаций сферы образования, «одного окна» для предоставления отраслевых сервисов.

Для сферы образования ключевыми являются проекты «Цифровой университет» и «Цифровое мышление». Внедрение модели цифрового университета позволит сформировать единую экосистему сервисов и услуг, предоставляемых участникам образовательного процесса, обеспечить использование технологий цифрового портфолио и индивидуальных образовательных траекторий, организовать сетевое взаимодействие между организациями высшего образования в части интеграции сервисов и содержания образования. Проект «Цифровое мышление» направлен на повышение уровня цифровых компетенций обучающихся и педагогов, а также формирование компетентных команд для управления процессом цифровой трансформации образовательных организаций.

В сфере общего образования в рамках реализации стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Мипросвещения России, запланировано шесть проектов.

Проект «Библиотека цифрового образовательного контента» предусматривает внедрение облачных технологий в целях создания сервиса, позволяющего использовать современный верифицированный цифровой образовательный контент всем участникам образовательных отношений, реализовывать образовательные программы углубленного уровня, выстраивать индивидуальные образовательные траектории, повышать уровень профессиональной компетенции педагогических работников.

Реализация проектов «Цифровой помощник ученика», «Цифровой помощник родителя», «Цифровой помощник учителя» предусматривает использование технологий ИИ для формирования эффективной системы выявления, развития и поддержки талантов у детей, снижения административной нагрузки на педагогических работников.

Создание и внедрение сервиса «Цифровое портфолио ученика» с использованием систем распределенного реестра обеспечит обучающимся возможность управления образовательной траекторией, академическими и личностными достижениями, формировать пакет документов для их подачи на обучение по программам среднего профессионального и высшего образования.

Использование методов интеллектуального анализа значительных объемов информации при реализации проекта «Создание и внедрение системы управления в образовательной организации» направлено на расширение возможности принятия управленческих решений и повышение качества данных.

Цифровая зрелость

Высшее образование. С 2020 г. Минобрнауки России осуществляет оценку цифровой зрелости сферы высшего образования в рамках мониторинга цифровой зрелости отрасли «Образование (высшее) и наука». По состоянию на конец 2021 г. совокупная цифровая зрелость обоих указанных секторов составила 35%, а по итогам 2022 г. планируется достичь значения в 42% (рис. 51).

Сферу высшего образования характеризуют четыре показателя из шести используемых. Оценка цифровой зрелости высшего образования фокусируется преимущественно на наличии у участников образовательного процесса цифровых компетенций и активности их применения. По итогам 2021 г. доля сотрудников образовательных организаций высшего образования, прошедших за последние три года повышение квалификации и (или) профессиональную переподготовку по использованию информационных и коммуникационных технологий, составила 13%, а к 2030 г. уже 90% сотрудников должны обладать цифровыми компетенциями.

В 2020 г. в России заработал суперсервис «Поступление в вуз онлайн» посредством федеральной государственной информаци-

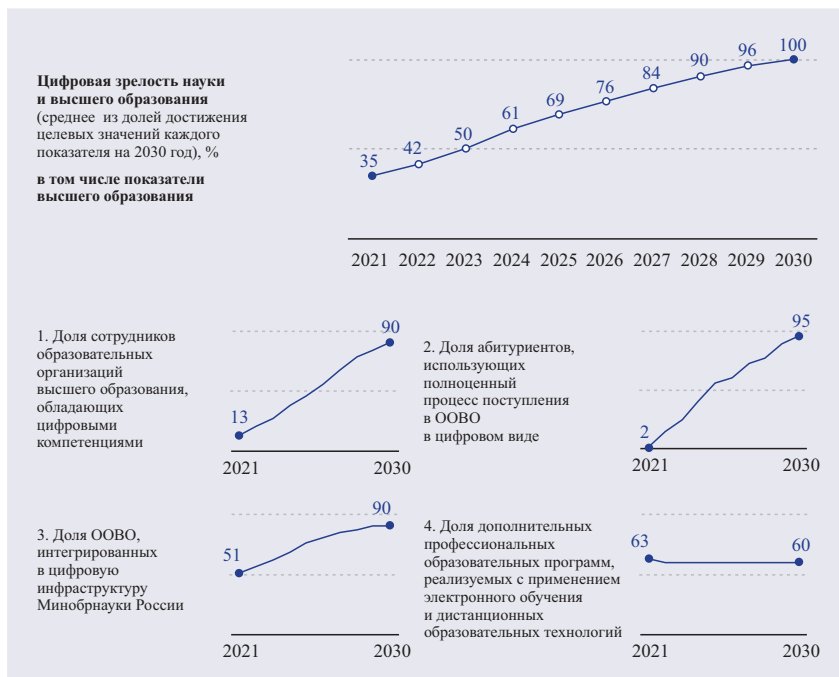


Рис. 51. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере высшего образования и науки в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»⁴⁰

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минобрнауки России, Минцифры России.

онной системы «Единый портал государственных и муниципальных услуг», который позволяет абитуриентам подать документы

⁴⁰ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Образование и наука», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

в вузы без личного посещения приемных комиссий [Минцифры России, 2020]. В 2021 г. полноценный процесс поступления в вуз в цифровом виде использовали 2% абитуриентов, к 2030 г. предусмотрено увеличение их доли до 95%.

Использование электронного обучения и дистанционных образовательных технологий позволяет сделать дополнительное профессиональное образование более доступным, а систему организации, сопровождения и контроля учебного процесса более эффективной. При установленном на 2030 г. плановом значении доли дополнительных профессиональных образовательных программ, реализуемых с применением таких форм обучения, на уровне 60% по итогам 2021 г. фактически эта доля составила 63%.

Еще один показатель сфокусирован на интеграции образовательных организаций высшего образования в цифровую инфраструктуру Минобрнауки России. Подключение к ГИС «Современная цифровая образовательная среда» позволяет образовательным организациям использовать различные цифровые технологии в единой образовательной и технологической логике. Ожидается, что к 2030 г. доля таких организаций составит 90% (51% по состоянию на 2021 г.).

В 2022 г. планируются корректировка и расширение состава показателей оценки цифровой зрелости высшего образования с целью его согласования с приоритетами стратегии цифровой трансформации.

Общее образование. Также начиная с 2020 г. Минпросвещения России осуществляет мониторинг цифровой зрелости сферы общего образования, оценка которой фокусируется на развитии ЦОС (рис. 52).

Часть показателей характеризует обеспечение доступа к цифровому образовательному контенту: к 2030 г. ожидается, что все педагогические работники получат возможность использования верифицированного цифрового образовательного контента и цифровых образовательных сервисов, а также все учащиеся будут иметь возможность бесплатного доступа к верифицированному цифровому образовательному контенту и сервисам для самостоятельной подготовки. В 2021 г. значения этих показателей составили 70 и 58% соответственно.



Рис. 52. Показатели оценки цифровой зрелости в сфере общего образования в рамках мониторинга достижения национальной цели «Цифровая трансформация»⁴¹

Источник: Расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Минпросвещения России, Минцифры России.

⁴¹ По состоянию на 31.03.2022 согласно проектам приказов Минцифры России, вносящим корректировки в приказы Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 и № 601, а также согласно методике расчета показателей, входящих в оценку уровня цифровой зрелости отрасли «Образование (общее)», утвержденной президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

Другой блок показателей характеризует формирование в цифровой образовательной среде персонального цифрового следа обучающихся. К 2030 г. предусмотрено ведение цифрового профиля всех учащихся, а для 80% учащихся будут предложены рекомендации по повышению качества обучения и формированию индивидуальных траекторий с использованием данных цифрового портфолио (по итогам 2021 г. фактические значения составили 76 и 16% соответственно).

Еще один показатель отражает изменение нагрузки на учителей за счет использования цифровых технологий. Доля заданий в электронной форме для учащихся, проверяемых с использованием технологий автоматизированной проверки, к 2030 г. должна составить 70% (в 2021 г. — 62%).

Общее значение цифровой зрелости отрасли достигло в 2021 г. 63%, по итогам 2022 г. планируется достигнуть значения 63,5%.

В 2022 г. предполагается скорректировать состав показателей оценки цифровой зрелости общего образования с целью его согласования с приоритетами стратегии цифровой трансформации.

Согласованность приоритетов

Действующие приоритеты цифровой трансформации высшего и общего образования направлены на решение наиболее актуальных проблем: это недостаточный уровень цифровых компетенций всех участников образовательного процесса; неравномерность цифровой оснащенности; отсутствие централизованного, учитывающего интересы пользователей подхода при разработке, внедрении, технической поддержке цифровых сервисов; медленное и неэффективное внедрение сквозных технологий в деятельность образовательных организаций; отсутствие системных мер по управлению данными в сфере образования (рис. 53).

Приоритеты цифровой трансформации образования фокусируются на формировании единой образовательной платформы для каждого уровня образования с цифровыми инструментами для наиболее эффективного взаимодействия всех участников образовательного процесса и оказания персонализированных образовательных услуг на основе учета потребностей обучающихся.

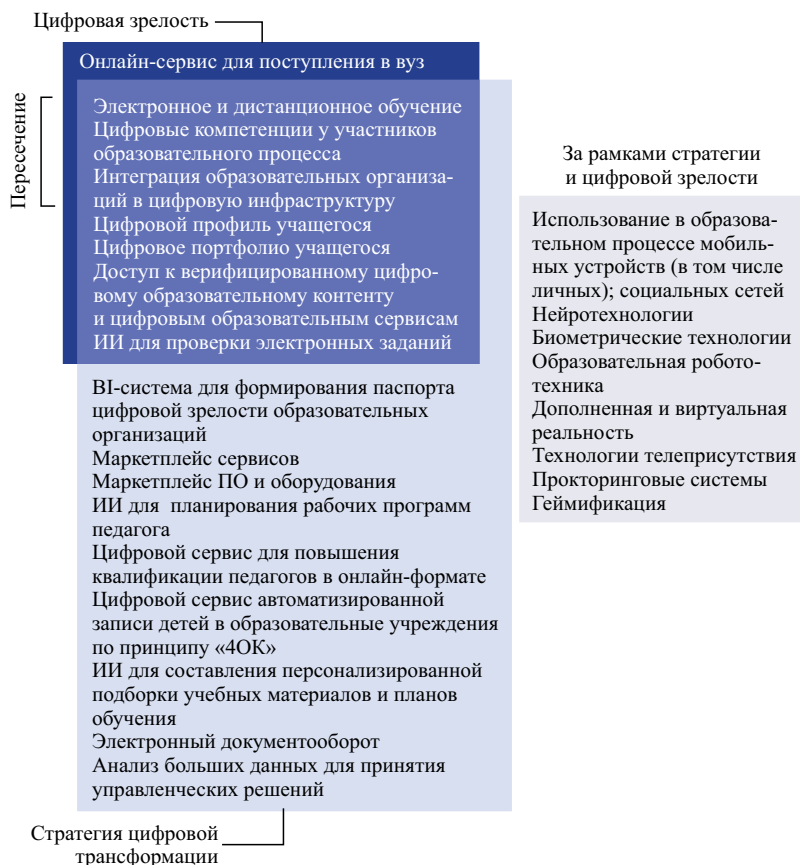


Рис. 53. Соотношение показателей цифровой зрелости, стратегии и глобальных трендов цифровой трансформации высшего и общего образования

Источник: Составлено ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Вместе с тем в рамках приоритетов политики недостаточно отражены такие направления цифровизации, как использование в образовательном процессе мобильных устройств (в том числе личных), социальных сетей, применение нейротехнологий, биометрических технологий, технологий телеприсутствия, дополненной

и виртуальной реальности, образовательной робототехники, прокторинговых систем, а также геймификация образования. В дальнейшем при актуализации приоритетов цифровой трансформации высшего и общего образования целесообразно восполнить отмеченные пробелы.

Риски для цифровой трансформации

Весной 2022 г. сфера образования столкнулась с санкционными проблемами, сдерживающими цифровую трансформацию отрасли. Необходим переход в кратчайшие сроки на отечественные ПО и оборудование, связанное с цифровыми технологиями, при этом потенциальные препятствия для решения этой задачи связаны с неготовностью российского рынка, возможным удорожанием ИКТ-товаров и услуг, в том числе отечественных. Кроме того, санкции зарубежных операторов интернет-сервисов негативно сказываются на реализации образовательных программ с применением электронной формы обучения и дистанционных образовательных технологий.

В данных условиях возможными направлениями поддержки отрасли могут быть: осуществление централизованной закупки Минобрнауки России и Минпросвещения России отечественных ПО и оборудования, в которых образовательные организации нуждаются в первую очередь, субсидирование образовательным организациям разницы между стоимостью закупаемых отечественных ПО и оборудования в фактических ценах с их стоимостью в до-санкционных ценах, а также содействие в переобучении педагогов и учеников работе с отечественным ПО (взамен «привычному» иностранному).

Важное условие цифровой трансформации образования — подготовка специалистов для преодоления усиливающегося в текущей ситуации дефицита ИТ-кадров.

Ориентиры динамики спроса на цифровые технологии

Согласно расчетам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата, в 2021 г. расходы российских организаций на внедрение и использо-

вание цифровых технологий составили 3,7 трлн руб. (оценочно), что на 26% выше уровня 2020 г. В свою очередь, в 2020 г. рост составил 6,7% по отношению к 2019 году. Введение санкций сильно повлияет на динамику затрат организаций на цифровые технологии в 2022 г. и в дальнейшей перспективе.

Целый ряд факторов повлечет сокращение расходов в реальном выражении (физический объем приобретаемого оборудования, заказной разработки и лицензий на ПО и др.).

Так, прогнозируется резкое снижение инвестиционной активности организаций (по некоторым оценкам, до 28% в реальном выражении в 2022 г.⁴²), в том числе по причинам ухудшения их финансового положения в результате удорожания импортных комплектующих (машиностроение и др.), сокращения объемов производства из-за ограничения поставок иностранных компонентов и материалов (автопром, химическая промышленность и др.), роста процентных ставок по кредитам. Это отрицательно скажется и на инвестициях в цифровые технологии.

Кроме того, приостановка продаж ПО крупнейшими иностранными вендорами (Oracle, SAP, Microsoft, Autodesk и др.), часто занимающими монопольное положение в отдельных рыночных нишах, приведет к прекращению приобретения новых и продлению действующих лицензий на использование ПО и услуг по его внедрению и сопровождению. Отметим, что зависимость российских организаций от иностранного ПО оценивается в 68% (доля затрат на зарубежное ПО в общем объеме затрат на ПО за 2020 г. по данным Росстата). В структуре импорта компьютерных услуг и ПО более 90% приходится на страны, со стороны которых введены санкции.

Ограничение со стороны некоторых крупных компаний на поставку ИКТ-оборудования, электронной компонентной базы и оборудования с встроенными цифровыми технологиями (автоматизированные линии, станки с числовым программным управлением и др.) приведет к перебоям их закупок. Это может коснуться не только импорта из стран ЕС и США, но и поставок из стран Азии (на них приходится 85% импорта ИКТ-товаров) — из-за рис-

⁴² С учетом прогноза ЦМАКП, опубликованного 14 апреля 2022 г. <<http://www.forecast.ru/Forecast/Fore042022.pdf>>.

ков «вторичных санкций». Смягчат негативные эффекты параллельный импорт и ряд других адаптационных решений.

Как следствие отмеченных факторов, могут быть приостановлены многие проекты цифровой трансформации, особенно предполагающие использование «подсанкционных» иностранного ПО, ИКТ-оборудования и электроники, как минимум до момента появления российских или зарубежных альтернатив.

Вместе с тем из-за ряда особенностей текущей ситуации в ограниченные периоды времени может наблюдаться и рост затрат организаций на цифровые технологии в рублевом выражении в фактических ценах.

В частности, этому способствует повышение в 1,5–2 раза рублевых цен на ИКТ-импорт, в первую очередь на оборудование (компьютеры, периферийное и телеком-оборудование, серверы, системы хранения данных (СХД) и др.) и электронику — из-за колебаний курсов валют, разрывов в логистических цепочках, что, в том числе, приводит к необходимости использования новых маршрутов доставки через третьи страны. Масштабы ИКТ-импорта достаточно велики — около 35,5 млрд долл. В этом объеме мы не можем точно определить доли затрат населения и организаций, но последняя представляется значительной и может существенно превосходить половину, особенно с учетом того, что, например, в 2020 г. общий объем затрат организаций на цифровые технологии составил около 2,9 трлн руб., а зависимость от импорта ИКТ-товаров достаточно большая, как было отмечено в предшествующих разделах доклада.

Еще одна предпосылка локальных всплесков затрат — массовая миграция на отечественное ПО, усиливаемая смещением «графика» спроса из будущего в настоящее время. Многие компании, которые бы в обычных условиях продолжали работать на имеющемся иностранном ПО (в том числе недавно приобретенном), будут в срочном порядке заменять его на отечественное. Увеличение спроса на российские ИТ-решения (в реальном выражении) будет сопровождаться ростом цен на них.

Кроме того, одним из устойчивых драйверов роста расходов организаций на цифровые технологии будет повышение цен на услуги связи — тарифов телеком-операторов. В структуре затрат оплата услуг связи занимает около 15%. Как ожидается, тарифы

могут расти вместе с инфляцией (их индексация предусмотрена в пакете мер поддержки телекома).

По нашим предварительным оценкам, под влиянием всех отмеченных выше факторов в 2022 г. затраты организаций на цифровые технологии в реальном выражении (по индексу физического объема) снизятся не менее чем на 26% к уровню 2021 г. (табл. 1). В 2023 г. можно ожидать падение еще на 5%, в 2024 г. — восстановительный рост на 7% к уровню 2023 г., в том числе из-за более активного внедрения отечественного ПО, налаживания поставок ИКТ-оборудования.

Таблица 1. Структура и динамика расходов организаций на цифровые технологии в 2022–2024 гг.

	Стоимостная структура (2020), %	Индекс физического объема, % к предыдущему году*		
		2022	2023	2024
Расходы организаций на цифровые технологии, в том числе:	100	74	95	107
оборудование	39	65	90	110
ПО	30	70	95	110
услуги связи	15	100	100	102
прочее	16	90	100	102

* Оценка авторов.

Данные ориентиры определены исходя из структуры затрат организаций на ИКТ-товары и услуги, которую составляют четыре группы.

Наиболее крупная из них — расходы на ИКТ-оборудование, доля которых в общем объеме затрат организаций на цифровые технологии в 2020 г. достигла 39%. Сокращение физического объема закупок оценивается нами приблизительно в 35% — запасы ранее закупленного импортного оборудования, имеющегося у поставщиков, будут распроданы в I полугодии 2022 г., далее можно ожидать уменьшения импорта ИКТ-оборудования, вплоть до 50%.

В 2023 г. прогнозируется дальнейшее снижение физического объема закупок ИКТ-оборудования ориентировочно на 10% от уровня 2022 г. Такая динамика обусловливается сокращением возможностей поставок, включая разрывы в логистических цепочках, а также сложностями предоплаты, особенно ощутимыми в малом и среднем бизнесе. В 2024 г. ожидается восстановительный рост закупок ИКТ-оборудования на 10% к объему 2023 г.

Второй по величине статьей затрат российских организаций на цифровые технологии являются расходы на ПО (30% расходов в 2020 г.). В 2022 г. прогнозируется сокращение физического объема закупок приблизительно на 30%. Даже если учесть, что многие организации «законтрактовывают» свои потребности в ПО в предшествующий его внедрению год, и предположить, что обязательства по контрактам 2021 г. исполняются в полном объеме, влияние таких факторов снижения расходов, как прекращение импорта ПО из западных стран и запрет на закупку зарубежного ПО для объектов критической информационной инфраструктуры, представляется достаточно сильным. В 2023 г. ожидается дальнейшее уменьшение физического объема закупок ПО приблизительно на 5% от показателя 2022 г. Сокращение возможностей импорта ПО не удастся полностью компенсировать за счет создания отечественных аналогов. Вместе с тем в 2024 г. прогнозируется восстановительный рост, в том числе вследствие расширения номенклатуры импортозамещения, — к этому времени будет завершена разработка многих конкурентоспособных российских программных продуктов.

Услуги связи и прочие виды расходов в 2020 г. составляли соответственно 15 и 16% в структуре затрат организаций на цифровые технологии. По услугам связи в 2022 г. не ожидается существенных изменений физического объема потребления, а в 2023–2024 гг. оно будет увеличиваться с учетом динамики реального ВВП. Что касается прочих расходов, то в 2022 г. сокращение физического объема соответствующего потребления оценивается ориентировочно в 10%, в том числе по причине тесной взаимосвязи с закупками ИКТ-оборудования и ПО, по которым прогнозируется снижение физических объемов. В 2023–2024 гг. ожидается рост прочих затрат на ИКТ-товары и услуги в соответствии с изменением реального ВВП.

Уменьшение объема доступных инвестиционных ресурсов приведет к снижению расходов на цифровые технологии в 2022 г.

даже в фактических ценах. Сокращение бюджетов организаций на ИКТ-товары и услуги коснется секторов экономики и социальной сферы, которые формировали значимую часть спроса на цифровые технологии (табл. 2), — финансовый сектор (16,7% общего объема затрат организаций на цифровые технологии), обрабатывающая промышленность (8,7%), транспорт (7,5%), энергетика (2,3%), добывающая промышленность (1,9%). Дополнительным фактором снижения расходов на ПО в этих секторах, а также в сфере госуправления (7,5% затрат) станет и ограничение на закупку иностранного ПО для объектов критической информационной инфраструктуры.

То же самое касается и сектора информации и связи (телеком и ИТ-отрасль, 24,6% затрат). Снижение расходов на ИКТ-оборудование и ПО будет связано, в том числе, с оптимизацией использования имеющихся серверных мощностей, например, за счет ребалансировки нагрузок, виртуализации. Однако возможен и несколько иной сценарий: в условиях растущих сложностей с закупкой оборудования и создания собственной ИТ-инфраструктуры, дефицита ИТ-специалистов организации отраслей экономики будут снижать долю инсорсинга и увеличивать аутсорсинг (в частности, это стимулируют налоговые льготы и иные меры поддержки ИТ-компаний) и использование облачных сервисов. В таком случае основной объем капитальных расходов (в первую очередь на серверы, СХД) ляжет на сектор информации и связи. Однако при любом сценарии ожидается снижение расходов организаций на цифровые технологии в целом по экономике.

При описанных выше оценках соотношение расходов организаций на цифровые технологии в 2022 г. к ВВП⁴³ может снизиться до 2,7% (в 2021 г. — до 3,1%), т.е. примерно до уровня 2019 г. В условиях бюджетных ограничений организации будут склонны откладывать реализацию проектов развития, в том числе внедрение цифровых технологий. Инвестиции будут осуществляться преимущественно в критически значимую ИКТ-инфраструктуру и ПО, которые необходимы для функционирования основных производственных и бизнес-процессов.

⁴³ С учетом оценок Банка России согласно опросу, проведенному 13–19 апреля 2022 г. <https://cbr.ru/statistics/ddkp/mo_br/>.

Таблица 2. Спрос отраслей на цифровые технологии, риски и барьеры для цифровой трансформации в условиях санкций

Отрасль (раздел ОКВЭД2)	Расходы на цифровые технологии, 2020		Численность ИТ-специалистов, 2020		Доля зару- бежного ПО, 2020, %	Риски и барьеры для цифровой трансформации в условиях санкций
	млрд руб.	%	тыс. чел.	%		
Информация и связь (телеком, ИТ- отрасль) (J)	725,0	24,6	445,4	34,3	73,0	Дефицит и удорожание обо- рудование (серверы, СХД, базовые станции и др.), нехватка вычисли- тельных мощностей. Ограничения доступа к иностранному базовому ПО и средствам разработки
Финансы и страхование (К)	491,3	16,7	95,2	7,3	84,5	Ограничения доступа к иностран- ным СУБД, ERP-, CRM-, BI-системам. Дефицит и удорожание серверов и СХД
Обработываю- щие производ- ства (С)	256,6	8,7	144,4	11,1	69,6	Ограничения доступа к зарубежно- му промышленному и инженерному ПО (MES, SCADA, CAD, CAM, CAE, PLM). Необходимость комплексного пере- хода на российские решения из-за низкой их совместимости с зарубеж- ным ПО и аппаратным обеспече- нием. Дефицит микроэлектроники, в том числе для ПОТ. Снижение

Продолжение табл. 2

Отрасль (раздел ОКВЭД2)	Расходы на цифровые технологии, 2020		Численность ИТ-специалистов, 2020		Доля зару- бежного ПО, 2020, %	Риски и барьеры для цифровой трансформации в условиях санкций
	млрд руб.	%	тыс. чел.	%		
Научная и тех- ническая дея- тельность (М)	242,2	8,3	133,4	10,3	52,6	мотивации к автоматизации на фоне угрозы роста безработицы Ограничения доступа к зарубежному инженерному ПО (CAD, CAM, CAE, PLM). Невозможность апгрейда вычислительных мощностей, включая суперкомпьютеры, из-за ограничений поставок микропроцессоров, графических ускорителей и др. Ограничения на импорт научного оборудования и комплектующих, приостановка техподдержки. Отключение от международных баз научно-технической информации
Транспорти- ровка и хранение (Н)	220,9	7,5	43,1	3,3	72,0	Ограничения доступа к зарубежным ERP-системам. Риски для развития беспилотного транспорта (дефицит ЭКБ). Прекращение обновлений зарубежного ПО, в том числе для мониторинга, техобслуживания. Зарубежные комплектующие в спутниках ГЛОНАСС

Продолжение табл. 2

Отрасль (раздел ОКВЭД2)	Расходы на цифровые технологии, 2020		Численность ИТ-специалистов, 2020		Доля зару- бежного ПО, 2020, %	Риски и барьеры для цифровой трансформации в условиях санкций
	млрд руб.	%	тыс. чел.	%		
Госуправление, сообщество (O)	220,4	7,5	70,7	5,4	34,2	Дефицит вычислительных мощностей для развития ГИС. Ограничения доступа к зарубежным СУБД
Торговля опто- вая и розничная (G)	193,9	6,6	113,6	8,7	76,0	Крупные ритейлеры — ограничения доступа к зарубежным СУБД, ERP-, CRM-, BI-системам; дефицит и удорожание серверов и СХД
Обеспечение энергией (D)	68,2	2,3	21,2	1,6	57,9	Ограничения поставок, удорожание ПО и ЭКБ для «умных» сетей и IoT-устройств, включая «умные» счетчики
Здравоохра- нение (Q)	60,8	2,1	38,8	3,0	41,6	Задержка или отмена поставок медицинское оборудование и сопутствующего ПО
Добыча полез- ных ископае- мых (B)	54,6	1,9	17,9	1,4	67,6	Отсутствие отечественных аналогов зарубежного оборудования и ПО (в том числе систем диспетчеризации и моделирования процессов перекачки нефти и газа и др.). Приостановка работы иностранных нефтесервисных компаний с уникальными технологиями

Окончание табл. 2

Отрасль (раздел ОКВЭД2)	Расходы на цифровые технологии, 2020		Численность ИТ-специалистов, 2020		Доля зару- бежного ПО, 2020, %	Риски и барьеры для цифровой трансформации в условиях санкций
	млрд руб.	%	тыс. чел.	%		
Строительство (F)	41,6	1,4	30,4	2,3	57,8	Отсутствие полнофункциональных российских аналогов для зарубежных систем информационного моделирования зданий (BIM)
Образование (P)	31,9*	1,1	39,4	3,0	75,0*	Ограничения доступа к зарубежным цифровым образовательным платформам. Невозможность апгрейда суперкомпьютеров
Сельское хозяйство (A)	9,5	0,3	6,8	0,5	31,4	Усиление цифрового неравенства между МФХ и крупными агрохолдингами, в том числе из-за снижения доступности и роста стоимости цифровых решений
Прочее	325,0	11,0	98,7	7,8	—	—
Итого	2942	100	1299	100	68,2	—

* Только в части высшего образования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Представленные в настоящем докладе данные свидетельствуют об устойчиво положительной динамике ключевых показателей сектора ИКТ и цифровизации наиболее значимых отраслей экономики и социальной сферы, сложившейся в последние годы. Можно сказать, что цифровой сегмент экономики встречает санкционные вызовы на многолетнем пике своего развития.

В то же время сохраняется сильная зависимость от иностранного ПО почти всех классов — как прикладного (ERP, CAD/CAM/CAE, PLM, MES-системы и др.), так и базового (операционные системы, виртуализация, управление базами данных и др.), — а также от электронной компонентной базы и телекоммуникационного оборудования. Высокую значимость ИКТ-импорта для российской экономики характеризует его соотношение с ВДС отечественного сектора ИКТ. Так, в 2019 г. данное соотношение составляло 64%, в 2020 г. — 67%, а в 2021 г. оно достигло 70% (2,62 трлн руб. ИКТ-импорта против 3,72 трлн руб. ВДС). Судя по стоимостным показателям, такая динамика обусловлена увеличением закупок иностранного компьютерного, периферийного и телеком-оборудования, ПО. Причем именно компьютерные услуги и ПО импортируются в основном из западных стран, которые весной 2022 г. ввели ограничения на продажу ПО (лицензий). При этом доля затрат на иностранное ПО в общем объеме затрат на ПО российских организаций в последние годы оставалась на весьма высоком уровне, достигнув по итогам 2020 г. отметки в 68%.

География импорта ИКТ-товаров кардинально иная — почти 85% приходится на страны Азии, в том числе 65% — на Китай, 8,4% — на Вьетнам, 3,7% — на Тайвань. Однако в основе большинства производимого в странах Азии ИКТ-оборудования и электроники лежат технологии западных компаний, которые могут накладывать ограничения на их поставки в Россию («вторичные санкции»). Кроме того, в категорию ИКТ-товаров (по ТН ВЭД) не входит целый спектр оборудования с высокой долей встроенной электроники и программно-аппаратных комплексов, например, медицинское, лабораторное оборудование, автоматизированные линии и промышленные роботы. Его подавляющее большинство

импортируется, в том числе из стран ЕС и США. Доминирующее, а зачастую и монопольное рыночное положение ряда зарубежных компаний, в том числе технологических гигантов (Cisco, IBM, Intel, Microsoft, NVIDIA, Oracle, SAP, Siemens и ряда других), на сегодняшний день оставляет безальтернативным использование соответствующей продукции. Это создает угрозы замедления развития таких передовых направлений, как ИИ, мобильные сети связи 5G, суперкомпьютерные и квантовые технологии, интернет вещей, робототехника и сенсорика и др. В связи с этим в определенных сегментах (суперкомпьютеры, дата-центры и др.) целесообразно обеспечить максимально эффективное использование закупленного ранее оборудования, в том числе профильных центров коллективного пользования. Еще одна возможность — организация «шеринга» уникального и широко востребованного оборудования, принадлежащего государственным организациям и компаниям с государственным участием.

Следует отметить и ряд других негативных факторов, в том числе производных от ограничений доступа на рынки ИКТ-товаров и услуг. Так, под угрозой сворачивания могут оказаться некоторые инфраструктурные проекты, в том числе по расширению доступа к высокоскоростному интернету и развитию мобильных сетей связи 5G. Ввиду недоступности передовых зарубежных решений может принять массовый характер распространение технологий предыдущего поколения, что приведет к снижению цифрового потенциала как сектора ИКТ, так и других отраслей (хотя такой даунгрейд можно рассматривать и как вынужденный шаг для фиксации менее эффективных, но все же приемлемых технологических уровней). Замкнутость бизнеса на внутреннем рынке повлечет расхождения национальных и международных технологических стандартов, что усилит «цифровую изоляцию».

Рост стоимости инвестиционных ресурсов из-за повышения процентных ставок на фоне резкого удорожания продуктов и услуг, связанных с цифровыми технологиями, в том числе вследствие колебаний валютного курса, также повлечет снижение темпов и объемов внедрения цифровых технологий. Даже в 2015–2016 гг., когда масштабы ограничений на поставку ИКТ-товаров и услуг были несравнимо меньше сегодняшних, вследствие более чем двукрат-

ного роста курса доллара и соответственно удорожания импорта для российских потребителей наблюдалось временное сокращение импорта ИКТ-товаров в долларом выражении.

Еще один значительный риск — нехватка квалифицированных ИКТ-специалистов, в том числе в отраслях — потребителях цифровых технологий. Особенно это затрагивает ИТ-специалистов, прежде всего программистов, как наиболее мобильную и глобально конкурентоспособную категорию работников. Ухудшение их экономического положения, угрозы «профессиональной изоляции» (отключения от привычных глобальных ИТ-сервисов) и другие факторы обостряют проблему миграции российских разработчиков, которая наблюдалась и ранее, хоть и в значительно меньших размерах. По нашим оценкам, в среднесрочном периоде резко повышается вероятность релокации за рубеж 50–100 тыс. ИТ-специалистов. В основном речь идет о сотрудниках ИТ-компаний и фрилансерах, работавших в проектах зарубежных заказчиков. Для них миграция часто вынужденная из-за усложнившегося экспорта и взаимодействия с иностранными контрагентами и упрощена благодаря наличию за рубежом работодателей и заказчиков. Последнее касается и специалистов, занимавшихся внедрением в России ПО глобальных вендоров (например, SAP, Oracle, Microsoft), сотрудников российских подразделений международных ИТ-компаний (некоторые из них полностью релоцируются за рубеж) и контрибьюторов в международные проекты разработки открытого ПО (open source).

Правительство уже предприняло ряд шагов по сохранению кадрового потенциала отрасли ИТ. Но предельная эффективность инициатив поддержки занятости в перспективе может снижаться, даже вплоть до отрицательных значений. Если не уравновесить льготы, предоставляемые ИТ-компаниям, более или менее симметричными действиями по отношению к другим высокотехнологичным отраслям и группам специалистов (инженеры, технологи, исследователи, отраслевые ИТ-специалисты и др.), может возникнуть долгосрочный дисбаланс на рынке труда, включая отток квалифицированных кадров в отрасль ИТ, обескровливающий не менее важные направления научно-технологического развития. Так, из более чем 1,3 млн ИТ-специалистов в секторе ИКТ занято лишь около 450 тыс., а остальные работают в отраслях — по-

требителях цифровых технологий. Риски релокации этой группы работников сложнее оценить количественно, но и они могут быть довольно значительными, по крайней мере в некоторых секторах экономики. В этой связи целесообразно предусмотреть пакет мер по поддержке улучшения условий работы ИТ-специалистов в отраслях экономики и социальной сферы.

Однако экономические санкции весны 2022 г., включая ограничения доступа на рынки цифровых продуктов и услуг, несут не только негативные последствия. Блокируя цифровое развитие по ранее устоявшейся модели, во многом основанной на импорте ИКТ-оборудования, электронной компонентной базы и ПО, они в то же время открывают новые возможности, которые раньше не представлялись достижимыми.

Так, приостановка деятельности на российском рынке американских и европейских цифровых корпораций освобождает многие рыночные ниши, которые до сих пор были недоступны для отечественных компаний. Крупнейшие российские потребители цифровых продуктов и услуг, находившиеся в условиях запертости (locked-in) в экосистемах зарубежных разработчиков, будут вынуждены замещать многие решения, прежде всего ПО, на доступные аналоги. Санкционные шоки послужат мобилизации внутренних ресурсов цифровой трансформации.

В связи с этим необходим детальный анализ научно-производственных цепочек. Многие из них будут в той или иной степени затронуты волной технологических санкций, и для их восстановления зачастую потребуются индивидуальные решения и адаптационные инвестиции. Некоторые из негативных последствий введенных ограничений могут иметь отложенный, каскадный характер, так что еще потребуется время на их выявление и формирование ответов на соответствующие вызовы. Одной из перспективных мер может стать создание консорциумов с участием компаний, университетов и научных организаций, нацеленных на проведение исследований и разработок наиболее значимых цифровых технологий и ПО.

Тут нужно подчеркнуть, что широкий охват почти одновременно введенных санкций фактически исключает возможности реагирования на них в режиме ручного управления. Прежде всего требуются системные институциональные меры, направленные

на развитие внутреннего рынка ИКТ-товаров и услуг, — как поддерживающие предложение, так и, что не менее важно, стимулирующие спрос. Должны быть минимизированы транзакционные издержки, включая создание безбарьерной среды взаимодействия компаний сектора ИКТ с ключевыми потребителями с наиболее устойчивыми и долгосрочными планами закупок цифровых продуктов и сервисов (компании с государственным участием и органы власти). Так, гарантированный заказ на разработки отечественных компаний со стороны крупного бизнеса и государственных организаций, если его удастся реализовать в достаточных объемах, может стать действенным рычагом сохранения и усиления потенциала сектора ИКТ в долгосрочной перспективе.

Эффективный внутренний рынок — необходимое, но не достаточное условие восполнения разрывов в цепочках поставок продуктов и услуг, связанных с цифровыми технологиями. За последние полтора-два года реализован ряд действенных мер поддержки компаний — разработчиков ИТ, включая первый (налоговый маневр) и второй пакеты мер поддержки отрасли ИТ. Были значительно расширены реестр отечественного ПО и перечень аккредитованных ИТ-компаний. В настоящее время Правительство Российской Федерации предпринимает комплекс мер, нацеленных на уменьшение масштабов кризисных явлений в сфере цифровизации в связи с санкциями (в частности, набор первоочередных мер по обеспечению ускоренного развития ИТ-отрасли предусмотрен в Указе Президента Российской Федерации от 2 марта 2022 г. № 83).

Принимаемые меры государственной поддержки позволят смягчить санкционные шоки в секторе ИКТ и отраслях — потребителях цифровых продуктов и услуг. Но в обозримой перспективе вряд ли удастся полностью заместить импорт цифровых продуктов и сервисов отечественными решениями. Сегодня ни одна страна в мире не обладает полным «цифровым суверенитетом», не может обеспечить себя всем спектром цифровых технологий. Уход с рынка ключевых зарубежных компаний-разработчиков затормозит цифровую трансформацию отраслей. Потребуется время на адаптацию технологических и бизнес-процессов, включая обеспечение бесперебойной работы имеющихся решений в отсутствии доступа к обновлениям ПО, поиск новых поставщиков. В краткосрочной перспективе целесообразно предпринять шаги по активизации

сотрудничества в цифровой сфере со странами-партнерами, в том числе ближнего зарубежья, что поможет частично возместить потери сектора ИКТ, связанные с оттоком иностранных компаний и высококвалифицированных кадров, и сформировать новые цепочки поставок. Несколько смягчающими факторами также станут параллельный импорт и развитие собственных разработок на базе открытого ПО.

В условиях увеличившегося внешнего давления на высокотехнологичные отрасли, сохраняющейся неопределенности и множества управленческих развилочек любой прогноз может носить лишь сценарный характер. Вместе с тем 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.

ИСТОЧНИКИ

Введение

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2022а). Серия бюллетеней «Цифровая экономика». <https://issek.hse.ru/express_digiteconomy> (дата обращения: 24.03.2021).

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2022б). Серия бюллетеней iFORA-экспресс. <https://issek.hse.ru/ifora_express> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2018). Технологическое будущее российской экономики: докл. к XIX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и о-ва / гл. ред. Л.М. Гохберг. <https://issek.hse.ru/data/2018/04/19/1150483972/Technology_future_of_Russian_economy.pdf> (дата обращения: 06.03.2022).

НИУ ВШЭ (2019). Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и о-ва / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. <https://issek.hse.ru/data/2019/04/10/174567204/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf> (дата обращения: 08.03.2022).

НИУ ВШЭ (2020). Тенденции развития интернета в России и зарубежных странах: аналит. докл. / Г.И. Абдрахманова, О.Е. Баскакова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». <https://cctld.ru/upload/iblock/e06/trends_2019.pdf> (дата обращения: 04.03.2022).

НИУ ВШЭ (2021а). Индикаторы цифровой экономики: 2021 / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг, О.В. Демидкина и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/484533334.pdf>> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2021б). Тенденции развития интернета: готовность экономики и общества к функционированию в цифровой среде: аналит. докл. / Г.И. Абдрахманова, М.Д. Ванюшина, К.О. Виш-

- невский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/442916108.pdf>> (дата обращения: 24.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2021в). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и о-ва. Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; науч. ред. Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021г). Цифровые технологии в российской экономике / К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, В.В. Дементьев и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://publications.hse.ru/books/420071117>> (дата обращения: 12.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022а). Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: Белая книга / Т.Л. Броницкий, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, Т.С. Зинина и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/565446894.pdf>> (дата обращения: 24.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022б). Россия в международных рейтингах цифрового развития / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, О.В. Демидкина и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ.
- НИУ ВШЭ (2022в). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 24.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022г). Цифровая экономика: 2022: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf>> (дата обращения: 24.03.2021).

Президент РФ (2020). Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

Цифровая трансформация и цифровая зрелость: сущность и измерение

BCG (2021). The Leaders' Path to Digital Value. <<https://www.bcg.com/publications/2021/digital-acceleration-index>> (дата обращения: 04.03.2022).

Caliskan A., Ozkan-Özen Y.D., Ozturkoglu Y. (2021). Digital Transformation of Traditional Marketing Business Model in New Industry Era // Journal of Enterprise Information Management. Vol. 3. No. 4. P. 1252–1273.

Desruelle P. (ed.). (2019). Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration / Baldini G., Barboni M., Bono F., Delipetrev B., Duch Brown N., Fernandez Macias E., Gkoumas K., Joossens E., Kalpaka A., Nepelski D., Nunes De Lima M., Pagano A., Prettico G., Sanchez Martin J., Sobolewski M., Triaille J., Tsakalidis A., Urzi Brancati M. EUR 29782 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

ITU (2019). Digital Transformation and the Role of Enterprise Architecture. Geneva: ITU. <https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-DIG_TRANSF-2019-PDF-E.pdf> (дата обращения: 04.03.2022).

Loonam J., Eaves S., Kumar V., Parry G. (2018). Towards Digital Transformation: Lessons Learned from Traditional Organizations // Strategic Change. Vol. 27. No. 2. P. 101–109.

OECD (2019a). Fostering Science and Innovation in the Digital Age. <<https://www.oecd.org/sti/inno/fostering-science-and-innovation.pdf>><<https://www.oecd.org/going-digital/fostering-science-and-innovation.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

OECD (2019b). Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives. P.: OECD Publishing. <<https://www.oecd.org/publications/going-digital-shaping-policies-improving-lives-9789264312012-en.htm>> (дата обращения: 04.03.2022).

OECD (2022). Going Digital Project. <<https://www.oecd.org/digital/going-digital-project>> (дата обращения: 04.03.2022).

Pirannejad A., Ingrams A. (2022). Open Government Maturity Models: A Global Comparison.

Remane G., Hanelt A., Nickerson R.C., Kolbe L.M. (2017). *Discovering Digital Business Models in Traditional Industries // Journal of Business Strategy*. Vol. 38. No. 2. P. 1–51.

Минцифры России (2020). Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 18 ноября 2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития российской федерации “Цифровая трансформация”» / ред. от 14 января 2021 г. № 9.

НИУ ВШЭ (2021). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества. Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; науч. ред. Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

НИУ ВШЭ (2022). Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: аналит. докл. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/565446894.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

Правительство Российской Федерации (2021). Стратегии цифровой трансформации российской экономики / одобр. президиумом Правительств. комиссии по цифровому развитию, использованию инф. технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимат. деятельности: протокол от 26 июня 2021 г. <<http://government.ru/news/42623>> (дата обращения: 07.03.2022).

Политика цифровой трансформации отраслей

НИУ ВШЭ (2022). Развитие отдельных высокотехнологичных направлений: Белая книга / Т.Л. Броницкий, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, Т.С. Зинина и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/565446894.pdf>> (дата обращения: 20.03.2022).

Предложение цифровых технологий. Сектор ИКТ

CNews (2022a). Производство и отгрузка российских «Байкалов» и «Эльбрус» полностью прекращены. <<https://www.cnews.ru/news/>

- top/2022-02-27_rossijskie_bajkaly_i_elbrusy> (дата обращения: 14.03.2021).
- CNews (2022b). Российскому майнингу конец. Nvidia прекратила работу в России. <https://www.cnews.ru/news/top/2022-03-07_rossijskomu_majningu_konets> (дата обращения: 14.03.2021).
- Коммерсант (2022a). IT-компании экспортируют сотрудников. <<https://www.kommersant.ru/doc/5237954>> (дата обращения: 14.03.2021).
- Коммерсант (2022b). Подразверстка. <<https://www.kommersant.ru/doc/5258236>> (дата обращения: 20.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2019). Индикаторы цифровой экономики: 2019: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2019>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: ст. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022a). Развитие отдельных высокотехнологических направлений: анализ. докл. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/565446894.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022b). Цифровая экономика: 2022: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- РУССОФТ (2021). Экспорт российской индустрии разработки программного обеспечения: 18-е ежегод. исслед. <https://russoft.org/analytics/rossiyskaya_softvernaya_otrasl_2021/> (дата обращения: 14.03.2021).

Промышленность

- Brainport Industries (2022). Innovation Program “Factory of the Future”. <<https://www.brainportindustries.com/en/factoryofthefuture>> (дата обращения: 12.03.2022).
- Comnews (2022). В Кольской ГМК создают цифровой двойник производства. <<https://www.comnews.ru/digital-economy/content/218643/2022-02-03/2022-w05/kolskoj-gmk-sozdayut-cifrovoy-dvoynik-proizvodstva>> (дата обращения: 12.03.2022).

- Croc Cloud Services (2020). Хлебопечение плюс цифровизация и роботизация отрасли. <<https://cloud.croc.ru/blog/success-stories/khleborochenie-plyus-tsifrovizatsiya-i-robotizatsiya-otrasli/>> (дата обращения: 12.03.2022).
- Ericsson (2020). Unlock the Value of Industry 4.0. <<https://www.ericsson.com/en/industry4-0>> (дата обращения: 12.03.2022).
- European Commission (2018). Smart Manufacturing. <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/smart-manufacturing>> (дата обращения: 12.03.2022).
- High Value Manufacturing Catapult (2022). 2020/21 in Numbers. <<https://hvm.catapult.org.uk/annual-review-2021/2020-21-in-numbers>> (дата обращения: 12.03.2022).
- ITU (2019a). Digital Skills Insights. <<https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/Digital%20Skills%20Insights%202019%20ITU%20Academy.pdf>> (дата обращения: 12.03.2022).
- ITU (2019b). Focus Group on Technologies for Network 2030. <<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>> (дата обращения: 12.03.2022).
- PwC (2020). Digital Factories 2020. Shaping the Future of Manufacturing. <<https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf>> (дата обращения: 12.03.2022).
- RusCable.ru (2022). Кабельный завод повысил эффективность производства на 10 процентов благодаря роботам столичного разработчика. <https://mobile.ruscable.ru/news/2022/3/5/Kabelnyuj_zavod_povysil_effektivnosty_proizvodstva> (дата обращения: 12.03.2022).
- TAdviser (2021). Крупнейшие ИТ-инсорсинговые компании в России. <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%88%D0%B8%D0%B5_%D0%98%D0%A2-%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%08%D0%B8#.2A2021:_.D0.A2.D0.BE.D0.BF-30_.D1.80.D0.BE.D1.81.D1.81.D0.B8.D0.B9.D1.81.D0.BA.D0.B8.D1.85_.D0.98.D0.A2-.D0.B8.D0.BD.D1.81.D0.BE.D1.80.D1.81.D0.B5.D1.80.D0.BE.D0.B2_.D0.A0.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B8>

- D0.B5_.D0.B8_.D0.B2.D1.8B.D0.B7.D0.BE.D0.B2.D1.8B_.D0.B2_.D0.BA.D0.BE.D0.B2.D0.B8.D0.B4.D0.BD.D0.BE.D0.B9_.D1.80.D0.B5.D0.B0.D0.BB.D1.8C.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B8> (дата обращения: 12.03.2022).
- The Information Office of Hangzhou Municipal People's Government (2021). China (Hangzhou) Artificial Intelligence Town. <http://www.ehangzhou.gov.cn/2021-09/10/c_272077.htm#> (дата обращения: 12.03.2022).
- Ведомости (2021). Российскую промышленность срочно избавят от иностранного ПО. <<https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/07/27/879777-rossiiskii-soft-promishlennosti>> (дата обращения: 12.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022a). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022b). Цифровая экономика: 2022: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- НТИ (2021). Фабрики будущего. <<https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Северсталь (2021). «Северсталь» и ВТБ создали новый блокчейн-сценарий для ускорения отгрузки металлопродукции. <<https://www.severstal.com/rus/media/news/document73439.phtml>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Центр международной торговли (2020). Цифровизация в Германии. <<https://corp.wtcmoscow.ru/services/international-partnership/analytics/tsifrovizatsiya-v-germanii>> (дата обращения: 04.03.2022).
- ЦМАКП (2022). О некоторых параметрах среднесрочного прогноза: адаптация условиям санкций. <http://www.forecast.ru/_Archive/analytics/DB/foreparam2022.pdf> (дата обращения: 22.03.2022).

Топливо-энергетический комплекс

- Abu Dhabi National Oil Company (2021). ADNOC Wins Industry Technology Award for Its Panorama Digital Command Center. <<https://adnoc.ae/news-and-media/press-releases/2021/adnoc-wins-industry-technology-award-for-its-panorama-digital-command-center>> (дата обращения: 03.03.2022).
- Deloitte (2021). Tech Trends 2021 Oil, Gas and Chemicals (OG&C) Companies Are Using Technology to Recover and Reimagine the Future. <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-tech-trends-ogc-2021.pdf>> (дата обращения: 05.03.2022).
- Future Market Insights (2022). Digital Oilfield Solution Market Outlook. <<https://www.futuremarketinsights.com/reports/digital-oilfield-solutions-market>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Hexagon (2022). Case Studies. <<https://hexagonmining.com/resources/case-studies>> (дата обращения: 03.03.2022).
- IEEE Smart Grid (2022). How Flexibility Can Support Power Grid Resilience. <<https://smartgrid.ieee.org/bulletins/february-2022/how-flexibility-can-support-power-grid-resilience>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Oilfield Technology (2021). Globaldata: Digital Oilfield Technologies Taking Industry Closer to Unmanned Operations. <<https://www.oilfieldtechnology.com/digital-oilfield/06122021/globaldata-digital-oilfield-technologies-taking-industry-closer-to-unmanned-operations>> (дата обращения: 03.03.2022).
- Smart Energy International (2022). Smart Grid AI Centre of Excellence Launched in Canada. <<https://www.smart-energy.com/industry-sectors/smart-grid/smart-grid-ai-centre-of-excellence-launched-in-canada/>> (дата обращения: 03.03.2022).
- Statista (2022). Number of Smart Electricity Meter Tenders in China 2016–2021. <<https://www.statista.com/statistics/1277814/china-number-of-smart-electricity-meter-tenders/>> (дата обращения: 05.03.2022).
- TAdviser (2021). Российский рынок цифровизации ТЭК. <https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Российский_рынок_цифровизации_ТЭК> (дата обращения: 06.03.2022).
- TAdviser (2022). Цифровые технологии в топливно-энергетическом комплексе России. <<https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:>

- Цифровые_технологии_в_топливно-энергетическом_комплексе_России> (дата обращения: 06.03.2022).
- Аргументы и факты (2021). На шахте «Распадская» заработала новая газоотсасывающая установка. <https://kuzbass.aif.ru/hitech/na_shahte_raspadskaya_zarabolata_novaya_gazootsasyvayushchaya_ustanovka/> (дата обращения: 04.03.2022).
- Газпром нефть (2022). Центр цифровой трансформации «Цифергауз». <<https://www.gazprom-neft.ru/technologies/centres/ziferhaus/>> (дата обращения: 06.03.2022).
- Лукойл (2021). Лукойл создал самую большую цифровую модель нефтяного месторождения в России. <<https://lucoil.ru/PressCenter/Pressreleases/Pressrelease?rid=561008>> (дата обращения: 05.03.2022).
- Нефть и капитал (2021). Отечественный софт по дороге в ТЭК. <<https://oilcapital.ru/article/general/31-03-2021/otechestvennyy-soft-po-doroge-v-tek>> (дата обращения: 06.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021a). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2021б). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. <<https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/463148459.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Росстат (2021). Произведенный ВВП. <https://www.gks.ru/bgd/free/b04_03/isswww.exe/stg/d02/60.htm> (дата обращения: 04.03.2022).
- СО ЕЭС (2021). Системный оператор и компания «Хевел» реализовали первый в Оренбургской энергосистеме проект дистанционного управления мощностью СЭС. <<https://www.so-ups.ru/odu-ural/news/odu-ural-news-view/news/16668/>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Татнефть (2021). Татнефть роботизировала скважины СВН. <<https://www.tatneft.ru/press-tsentr/press-relizi/more/8389/?lang=ru>> (дата обращения: 04.03.2022).

ЦДУ ТЭК (2022). Ориентир на отечественное оборудование. <https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/973/> (дата обращения: 06.03.2022).

Сельское хозяйство

Agrobit (2022). Агробот. Роботизация птицеводства. Рекордная конверсия. Тотальный контроль. <<https://agrobit.ru>> (дата обращения: 10.03.2022).

AgroCode (2021). AgroCode Awards — первая AgroTech-премия страны. <<https://agro-code.ru/awards/>> (дата обращения: 10.03.2022).

BCG (2021). The Digital Agriculture Revolution Will Take More Than Innovation. <<https://www.bcg.com/publications/2021/digital-agriculture-and-development>> (дата обращения: 22.03.2022).

European Commission (2020). Reinforcing Europe's Resilience: Halting Biodiversity Loss and Building a Healthy and Sustainable Food System. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_884> (дата обращения: 03.03.2022).

European Commission (2022). Digitisation of the European Agricultural Sector: Activities in Horizon 2020. <<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digitisation-agriculture-horizon-2020>> (дата обращения: 03.03.2022).

Flyseeagro (2022). Биологическая защита растений с применением энтомофагов. <<https://flyseeagro.ru>> (дата обращения: 10.03.2022).

KSITEST (2022). KSITEST — геномная селекция. <<https://ksitest.ru>> (дата обращения: 10.03.2022).

Группа «Черкизово» (2019). Группа «Черкизово» получила глобальную премию SAP Innovation Awards за мясоперерабатывающий завод-робот в Кашире. <<https://cherkizovo.com/press/#/press/company-news/12401/>> (дата обращения: 10.03.2022).

НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).

НИУ ВШЭ (2022). Цифровая экономика: 2022: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

Пчелиный дом (2022). Комплекс «Пчелиный дом». <<https://bumbtech.com>> (дата обращения: 10.03.2022).

Строительство

Abioye S.O. et al. (2021). Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities and Future Challenges // Journal of Building Engineering. Vol. 44. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221011578>> (дата обращения: 03.03.2022).

Autodesk (2022). BIM. <<https://www.autodesk.ru/solutions/bim>> (дата обращения: 03.03.2022).

PwC (2021). PwC's Construction Industry Vision 2025: Towards a Digital Future. <<https://www.pwc.in/assets/pdfs/industries/capital-projects-and-infrastructure-publications/pwcs-construction-industry-vision-2025-towards-a-digital-future.pdf>> (дата обращения: 03.03.2022).

ГК «Страна Девелопмент» (2021). Застройщик «Страна Девелопмент» впервые в России применил экзоскелеты на стройке. <http://www.press-release.ru/branches/realestate/zastroyshchik_strana_development_vpervye_v_rossii_primenil_ekzoskelety_na_stroyke_02_09_2021_14_38> (дата обращения: 04.03.2022).

Московский государственный строительный университет (2021). В России происходит рывок в строительстве 3D-домов. <<https://mgsu.ru/news/Universitet/VRossiiproiskhoditryvokvstroitelstve3Ddomov>> (дата обращения: 04.03.2022).

НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).

НИУ ВШЭ (2022). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

Правительство Москвы (2021). Цифровой двойник Москвы стал лауреатом всероссийской премии «Проф-IT.2021». <<https://www.mos.ru/news/item/96288073>> (дата обращения: 04.03.2022).

Транспорт и логистика

- Aeronext (2021). Почтовый маяк укажет путь развития беспилотной авиации. <https://aeronext.aero/press_room/news/301997> (дата обращения: 11.03.2022).
- BMDV (2020). Logistics 2030 Innovation Programme. <<https://www.bmvi.de/EN/Topics/Mobility/Freight-Transport-Logistics/Logistics-2030-Innovation-Programme/logistics-2030-innovation-programme.html>> (дата обращения: 18.03.2022).
- European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Sustainable and Smart Mobility Strategy — Putting European Transport on Track for the Future. <https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF> (дата обращения: 18.03.2022).
- GEFCO (2022). Difference 1pl 2pl 3pl 4pl 5pl. <<https://www.gefco.net/en/glossary/definition/difference-1pl-2pl-3pl-4pl-5pl/>> (дата обращения: 14.03.2022).
- Global Railway Review (2022a). Developing Technologies for Autonomous Railway Management. <<https://www.globalrailwayreview.com/article/130296/developing-technologies-for-autonomous-railway-management>> (дата обращения: 14.03.2022).
- Global Railway Review (2022b). Tokenisation of Train Control / Train Management. <<https://www.globalrailwayreview.com/article/130310/tokenisation-of-train-control-train-management/>> (дата обращения: 14.03.2022).
- GSMA (2019). Connecting Vehicles. Today and in the 5G Era with C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything). <<https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2019/08/Connecting-Vehicles-Today-and-in-the-5G-Era-with-C-V2X.pdf>> (дата обращения: 14.03.2022).
- Hellen Shipping News (2021). Blockchain and Shipping: Can It Work? <<https://www.hellenicshippingnews.com/blockchain-and-shipping-can-it-work/>> (дата обращения: 14.03.2022).
- Hermes Air Transport Organization (2020). Digitalization, AI in Aviation and the Human Factor. <<https://hermes.aero/wp-content/uploads/2020/05/R20-R.pdf>> (дата обращения: 12.03.2022).

- Huawei (2021). Intelligent World 2030. <https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/giv/Intelligent_World_2030_en.pdf> (дата обращения: 10.03.2022).
- IATA (2018). Blockchain in Aviation: Exploring the Fundamentals, Use Cases, and Industry Initiatives. <<https://www.iata.org/contentassets/2d997082f3c84c7cba001f506edd2c2e/blockchain-in-aviation-white-paper.pdf>> (дата обращения: 15.03.2022).
- IATA (2021). Digital & Data Think Tank: White Paper. <<https://www.iata.org/globalassets/iata/programs/innovation-hub/2021-ddtt-wp---final.pdf>> (дата обращения: 12.03.2022).
- IEEE (2022). How the IoT Will Transform the Transportation Industry. <<https://innovationatwork.ieee.org/how-the-iot-will-transform-the-transportation-industry/>> (дата обращения: 15.03.2022).
- ITF (2021a). Artificial Intelligence in Proactive Road Infrastructure Safety Management. <<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/artificial-intelligence-road-infrastructure-safety-management.pdf>> (дата обращения: 12.03.2022).
- ITF (2021b). Ready for Take-Off? Integrating Drones into the Transport System. <<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/take-off-integrating-drones-transport-system.pdf>> (дата обращения: 11.03.2022).
- McKinsey & Company (2021). The Internet of Things: Catching Up to an Accelerating Opportunity. <<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/iot%20value%20set%20to%20accelerate%20through%202030%20where%20and%20how%20to%20capture%20it/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf>> (дата обращения: 11.03.2022).
- RoboTrends (2021). Пилотный проект роботизации склада транспортной компании ПЭК. <<http://robotrends.ru/pub/2123/pilotnyu-proekt-robotizacii-sklada-transportnoy-kompanii-pek>> (дата обращения: 11.03.2022).
- Sitronics КТ (2021). Sitronics КТ создает платформу для разработки технологий безэкипажного судовождения. <<https://sitronics-kt.ru/news/26/>> (дата обращения: 15.03.2022).
- TAdviser (2021). Крупнейшие ИТ-инсорсинговые компании в России. <https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Крупнейшие_ИТ-инсорсинговые_компании_в_России> (дата обращения: 15.03.2022).

- TeamViewer (2021). Europe-Wide Study: High Potential for Digitalization of Logistics. <<https://www.teamviewer.com/en/company/press/europe-wide-study-high-potential-for-digitalization-of-logistics>> (дата обращения: 03.03.2022).
- Transition China (2019). Outline for Building China's Strength in Transport — How China Wants to Become a Global Transport Superpower. <<https://transition-china.org/mobilityposts/outline-for-building-chinas-strength-in-transport-how-china-wants-to-become-a-global-transport-superpower/>> (дата обращения: 18.03.2022).
- Transition China (2021). National Comprehensive Three-Dimensional Transportation Network Planning Outline. <<https://transition-china.org/wp-content/uploads/2021/03/Outline-of-the-National-Comprehensive-TDT-network.pdf>> (дата обращения: 18.03.2022).
- АО «НИИАС» (2021). «Ласточка» видит препятствия. <<http://www.niias.ru/press-centre/431-lastochka-vidit-prepyatstviya>> (дата обращения: 14.03.2022).
- Гудок (2021). Поезд замкнул кольцо. По МЦК проехала первая в Европе «Ласточка» с машинным зрением. <https://gudok.ru/content/science_education/1591139/> (дата обращения: 15.03.2022).
- Минтранс России (2021). Минтранс России запустит тестирование беспилотных грузовиков с 2022 года. <<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10020>> (дата обращения: 03.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Росатом (2022). Росатомфлот заказал создание единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути. <<http://rosatomflot.ru/press-centr/novosti-predpriyatiya/2022/02/08/11418-rosatomflot-zakazal-sozdanie-edinoy-platformy-cifrovyyh-servisov-severnogo-morskogo-puti/page,1>> (дата обращения: 11.03.2022).

Росморпорт (2021). ФГУП «Росморпорт» презентовало проект внедрения технологий автономного судовождения. <<https://www.rosmorport.ru/news/company/40286/?q=%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>> (дата обращения: 15.03.2022).

Финансовые услуги

Arenadata (2021). ПАО «Газпром нефть» построило озеро данных на Arenadata Hadoop. <<https://arenadata.tech/projects/gazprom>> (дата обращения: 24.03.2022).

Deloitte (2021). Disruptive Digital Technologies in the Financial Services Industry. <<https://www2.deloitte.com/us/en/pages/financial-services/articles/disruptive-digital-technologies-in-the-financial-services-industry.html>> (дата обращения: 04.03.2022).

EY (2019). Россия стала одним из мировых лидеров по уровню проникновения финтех-услуг. <https://www.ey.com/ru_ru/news/2019/11/news-ey-fintech-survey-2019> (дата обращения: 15.03.2022).

Jones D., Pardiwalla A., Zanichelli S. (2021). The Rise of Banking As a Service / Oliver Wyman. <<https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2021/mar/the-rise-of-banking-as-a-service.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).

McKinsey & Company (2021a). Seven Technologies Shaping the Future of Fintech. <<https://www.mckinsey.com/cn/our-insights/our-insights/seven-technologies-shaping-the-future-of-fintech>> (дата обращения: 04.03.2022).

McKinsey & Company (2021b). Why Retail Outperformers Are Pulling Ahead. <<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/why-retail-outperformers-are-pulling-ahead>> (дата обращения: 06.03.2022).

OECD (2020). COVID-19 and the Retail Sector: Impact and Policy Responses. <<https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-retail-sector-impact-and-policy-responses-371d7599/#figure-d1e104>> (дата обращения: 06.03.2022).

R-Style Softlab (2022). R-Style Softlab рассказал о разработке финансового скоринга для агрокомплекса. <<https://www.softlab.ru/press/news/2021/6675/>> (дата обращения: 24.03.2022).

- Statista (2022). Digital Payments. <<https://www.statista.com/outlook/dmo/fintech/digital-payments/worldwide>> (дата обращения: 06.03.2022).
- Банк России (2021). Проект Основных направлений цифровизации финансового рынка на период 2022–2024 годов. <https://www.cbr.ru/analytics/fintekh/#a_131360file> (дата обращения: 06.03.2022).
- Банковское обозрение (2021). Импортозамещение к лучшему. <<https://bosfera.ru/bo/importozameshchenie-k-luchshemu>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Ведомости (2021). Готова ли российская IT-инфраструктура к цифровому рублю. <<https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2021/07/02/876591-gotova-rossiiskaya-it-infrastruktura>> (дата обращения: 24.03.2022).
- ВТБ (2021). ВТБ наращивает российскую ИТ-инфраструктуру. <<https://www.vtb.ru/o-banke/press-centr/novosti-i-press-relizy/2021/04/2021-04-22-vtb-narashchivaet-rossiyskuyu-it-infrastrukturu>> (дата обращения: 24.03.2022).
- Диасофт (2021). В МСП Банке завершен масштабный проект автоматизации системы подготовки обязательной отчетности на платформе Digital Q.Reporting от компании «Диасофт». <<https://www.diasoft.ru/about/news/20302/>> (дата обращения: 24.03.2022).
- Коммерсант (2022). Безопасность продается на «Авито». <<https://www.kommersant.ru/doc/5270346?tg>> (дата обращения: 23.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- ЦФТ (2022). ЦФТ подключает банки к платформе ЦБ РФ «Знай своего клиента». <<https://www.cft.ru/presscenter/news/8381>> (дата обращения: 24.03.2022).

Здравоохранение

- Canadian Institute for Health Information (2020). How Canada Compares. Results from the Commonwealth Fund's 2019 International Health Policy Survey of Primary Care Physicians. <<https://www.cihi.ca/sites/default/files/document/cmwf-2019-accessible-report-en-web.pdf>> (дата обращения: 09.03.2022).
- CNInsights (2022). State of Digital Health 2021 Report. <<https://www.cbinsights.com/research/report/digital-health-trends-2021/>> (дата обращения: 09.03.2022).
- Deloitte (2021). Virtual Health Accelerated: How Can Health Care Organizations Take Advantage of the Current Momentum? <https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/articles/7062_Virtual-health-accelerated/DI_Virtual-health-accelerated.pdf> (дата обращения: 09.03.2022).
- Global Market Insights (2021). Telemedicine Market. <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/telemedicine-market>> (дата обращения: 09.03.2022).
- Market Statsville (2021). IoT in Healthcare Market 2021. <<https://www.marketstatsville.com/iot-in-healthcare-market>> (дата обращения: 09.03.2022).
- Promobot (2021). Российский робот будет помогать врачам в онкодиспансере Калуги. <<https://promo-bot.ru/news/rossijskij-robot-budet-pomogat-vracham-v-onkodispensere-kalugi/>> (дата обращения: 24.03.2022).
- SberMed AI (2022). Системы поддержки принятия врачебных решений. <<https://sbermed.ai/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B-%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%BA%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%8F-%D0%B2%D1%80%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D1%8B/?>> (дата обращения: 24.03.2022).
- Surescripts Network Alliance (2021): Surescripts 2020 National Progress Report. <https://surescripts.com/docs/default-source/national-progress-reports/2020-national-progress-report.pdf?sfvrsn=8f9171ca_6> (дата обращения: 09.03.2022).
- The Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (2021). Software and AI As a Medical Device Change Programme. <<https://www>.

- gov.uk/government/publications/software-and-ai-as-a-medical-device-change-programme> (дата обращения: 12.03.2022).
- World Health Organization (2020). Global Strategy on Digital Health 2020–2025. <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/344249/9789240020924-eng.pdf>> (дата обращения: 15.03.2022).
- Боткинская больница (2021). Первый в России 5G-полигон заработал в Москве на базе Боткинской больницы. <<https://botkinmoscow.ru/news/pervyj-v-rossii-5g-poligon-zarabotal-v-moskve-na-baze-botkinskoj-bolnicy/>> (дата обращения: 24.03.2022).
- Московская медицина (2021). Мировые технологические тренды в медицине и здравоохранении. <<https://niiioz.ru/upload/iblock/6fa/6fa4af27737ee8a3fb70f906c0a37168.pdf>> (дата обращения: 11.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2021). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2022). Тенденции развития интернета: от цифровых возможностей к цифровой реальности / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; АНО «Координационный центр национального домена сети Интернет»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/547012877.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Официальный сайт Мэра Москвы (2022). Сергей Собянин: В Москве провели более 1,8 миллиона телемедконсультаций для пациентов с COVID-19. <https://www.mos.ru/mayor/themes/18299/8025050/?utm_source=search&utm_term=serp> (дата обращения: 24.03.2022).

Наука

- OECD (2018). OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption. P.: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en> (дата обращения: 20.03.2022).
- OECD (2020). The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies. P.: OECD Publishing. <<https://doi.org/10.1787/b9e4a2c0-en>> (дата обращения: 20.03.2022).

- Волкова Г.В., Шматко Н.А. (2019). Базовые и продвинутые цифровые навыки российских исследователей. <https://issek.hse.ru/data/2019/12/20/1525992915/NTI_N154_20122019.pdf> (дата обращения: 21.03.2022).
- Минобрнауки России (2021). Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования. <<https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf>> (дата обращения: 21.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2018). Технологическое будущее российской экономики: докл. к XIX Апр. междунар. научн. конф. по проблемам развития экономики и о-ва. Москва, 10–13 апр. 2018 г. / гл. ред. Л.М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
- НИУ ВШЭ (2021). Научно-технологическая политика России в условиях постпандемии: поиск новых решений: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и о-ва. Москва, 13–30 апр. 2021 г. / С.В. Бредихин, В.В. Власова, М.А. Гершман и др.; науч. ред. Л.М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики.
- НИУ ВШЭ (2022). Индикаторы науки: 2022: стат. сб. / Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, М.Н. Коцемир и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ.

Образование

- Eurostat (2021). Individuals Who Have Basic or Above Basic Overall Digital Skills by Sex. <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/tep-sr_sp410_esmsip2.htm#indicator1552656414946> (дата обращения: 01.03.2022).
- HoloGroup (2020). HOLOSTUDY — серия образовательных приложений для очков HOLOLENS. <<https://holo.group/portfolio/holostudy-seriya-obrazovatelnykh-prilozheniy-dlya-ochkov-hololens/>> (дата обращения: 05.03.2022).
- OECD (2021). OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the Frontiers with Artificial Intelligence, Blockchain and Robots. P.: OECD Publishing. <<https://doi.org/10.1787/589b283f-en>> (дата обращения: 09.03.2022).

- UNESCO (2018). ICT Competency Framework for Teachers. <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265721>> (дата обращения: 15.03.2022).
- АСИ Смартека (2021). Цифровая платформа по выстраиванию индивидуальных траекторий развития «Территория интеллекта». <<https://smarteka.com/practices/cifrova-a-platforma-po-vystraivaniu-individual-nyh-traektorij-razvitia-territoria-intellekta>> (дата обращения: 05.03.2022).
- Волкова Г.Л., Пермякова В.А., Шматко Н.А.* (2021). Организация цифровой коммуникации между подразделениями, преподавателями и студентами: инф. бюл. / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. (Мониторинг экономики образования; № 11).
- Волкова Г.Л., Демьянова А.В., Шматко Н.А.* (2022). Кадры для цифровой трансформации высшего образования: сотрудники ИКТ подразделений: инф. бюл. / Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. (Мониторинг экономики образования; № 9 (26)).
- ИИТО ЮНЕСКО (2020). Искусственный интеллект в образовании: Изменение темпов обучения: аналит. зап. ИИТО ЮНЕСКО / С. Даггэн; ред. С.Ю. Князева; пер. с англ. А.В. Паршаковой. М.: Ин-т ЮНЕСКО по инф. технологиям в образовании < <https://iite.unesco.org/publications/iskusstvennyj-intellekt-v-obrazovanii-izmenenie-tempov-obucheniya/> > (дата обращения: 15.03.2022).
- Инновационный центр «Сколково» (2022). ЯКласс: проекты. <<https://navigator.sk.ru/orn/1120942>> (дата обращения: 05.06.2022).
- Минобрнауки России (2022). Статистическая информация. Высшее образование. <<https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/>> (дата обращения: 01.03.2022).
- Минпросвещения России (2022). Статистика. Общее образование. <https://edu.gov.ru/activity/statistics/general_edu> (дата обращения: 01.03.2022).
- Минцифры России (2020). На Госуслугах запущен суперсервис «Поступление в вуз онлайн». <<https://digital.gov.ru/ru/events/39922/>> (дата обращения: 03.03.2022).
- Минцифры России (2021). Чернышенко: опыт перевода МГТУ им. Баумана на российское ПО масштабируют на другие вузы. <<https://digital.gov.ru/ru/events/40794/>> (дата обращения: 11.03.2022).

- НИУ ВШЭ (2021а). Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. <<https://www.hse.ru/primarydata/ice2021>> (дата обращения: 12.03.2021).
- НИУ ВШЭ (2021б). Образование в цифрах: 2021: крат. стат. сб. / Л.М. Гохберг, О.К. Озерова, Е.В. Саутина и др. <<https://www.hse.ru/mirror/pubs/share/516715423.pdf>> (дата обращения: 03.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022а). Индикаторы образования: 2022: стат. сб. / Н.В. Бондаренко, Л.М. Гохберг, О.А. Зорина и др. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/557472415.pdf>> (дата обращения: 03.03.2022).
- НИУ ВШЭ (2022б). Цифровая экономика: 2022: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ. <<https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/552091260.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Официальный сайт города Набережные Челны (2022). Проект НГПУ стал победителем премии в области IT «Цифровые вершины». <<http://nabchelny.ru/news/46172>> (дата обращения: 21.03.2022).
- ПГУТИ (2021). Робот-преподаватель в ПГУТИ. <<https://www.psuti.ru/ru/news/robot-prepodavatel-v-pguti>> (дата обращения: 06.03.2020).
- РЭГУ имени Г.В. Плеханова (2021). Тенденции в развитии высшего образования в мире и в России: аналит. докл.-дайджест. <<https://www.rea.ru/ru/org/managements/Nauchno-issledovatel'skij-institut-razvitiya-obrazovaniya.pdf>> (дата обращения: 04.03.2022).
- Федеральный портал «Мое образование» (ГИС СЦОС) (2022). <<https://online.edu.ru/public/promo>> (дата обращения: 21.03.2022).
- Федеральный портал «Российское образование» (2021). Технологии искусственного интеллекта помогут школьникам выстроить индивидуальный маршрут обучения. <<https://edu.ru/news/glavnye-novosti/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-pomogut-shkol/>> (дата обращения: 21.03.2022).
- Шугаль Н.Б. и др.* (2022). Цифровая среда в образовательных организациях различных уровней: инф. бюл. (Мониторинг экономики образования) (ожидается в печать).
- Энтерфин (2020). До конца 2022 года в отдельных регионах РФ проведут эксперимент по внедрению цифровой образовательной среды. <<https://enterfin.ru/do-konca-2022-goda-v-otdelnyh-regionah-rf/>> (дата обращения: 05.03.2022).

АВТОРЫ ДОКЛАДА

Абдрахманова Гульнара Ибрагимовна

Кандидат экономических наук, директор Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Алтынов Артём Игоревич

Стажер-исследователь Лаборатории исследований науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Васильковский Сергей Алексеевич

Ведущий эксперт Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Вишневский Константин Олегович

Кандидат экономических наук, доцент, директор Центра исследований цифровой экономики, старший научный сотрудник Лаборатории исследований науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Гершман Михаил Анатольевич

Кандидат экономических наук, директор Центра научно-технической, инновационной и информационной политики Ин-

ститута статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Гохберг Леонид Маркович

Доктор экономических наук, профессор, первый проректор, директор Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Гребенюк Анна Юрьевна

Заместитель директора Форсайт-центра, главный эксперт кафедры исследований будущего ЮНЕСКО Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Дранев Юрий Яковлевич

PhD, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом количественного моделирования Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Зиангиров Артур Чулпанович

Заместитель директора Центра стратегий и программ Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Зинина Тамара Сергеевна

Заместитель директора Центра стратегий и программ Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Ковалева Галина Геннадьевна

Главный эксперт Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Кузьмичева Любовь Борисовна

Главный эксперт отдела статистики образования Центра статистики и мониторинга образования Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Максименко Даниил Дмитриевич

Заведующий отделом анализа пространственных данных Центра промышленной политики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Максименко Михаил Романович

Стажер-исследователь Центра промышленной политики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Мартынов Денис Михайлович

Ведущий инженер редакционно-издательского отдела Центра обработки социально-экономической информации Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Нефедова Вероника Андреевна

Главный эксперт отдела аналитических исследований Центра стратегий и программ Института статистических исследова-

ний и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Нечаева Елена Георгиевна

Кандидат экономических наук, директор Центра обработки социально-экономической информации Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Очирова Елена Сергеевна

Эксперт отдела количественного моделирования, приглашенный преподаватель департамента образовательных программ Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Приворотская Софья Григорьевна

Кандидат экономических наук, ведущий эксперт Центра исследований цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Проскурякова Лилиана Николаевна

Кандидат политических наук, доцент, заместитель заведующего Лабораторией исследований науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Рудник Павел Борисович

Кандидат экономических наук, заместитель директора Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Тарасова Нина Николаевна

Директор Центра промышленной политики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Туровец Юлия Валерьевна

Ведущий эксперт Центра исследований цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Утягина Кристина Евгеньевна

Ведущий эксперт Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Фролов Михаил Сергеевич

Стажер-исследователь Лаборатории исследования науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Хафизов Рустам Рамильевич

Ведущий эксперт отдела аналитических исследований Центра стратегий и программ Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Чупахина Елена Дмитриевна

Ведущий экономист Московской дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД»

Шкалева Елена Викторовна

Заведующая отделом статистики образования Центра статистики и мониторинга образования Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Шпарова Полина Олеговна

Заведующая отделом отраслевых исследований Центра промышленной политики Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Яконов Алексей Алексеевич

Директор департамента по работе с органами государственной власти ООО «УК «Интергео» Группы ОНЭКСИМ

Научное издание

**Цифровая трансформация:
ожидания и реальность**

Доклад НИУ ВШЭ

Формат 60×88/16
Гарнитура Newton. Усл. печ. л. 13,5. Уч.-изд. л. 11,8
Изд. № 2629

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285



При поддержке Фонда целевого капитала НИУ ВШЭ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
РАДИОПАРТНЕР



ГЛАВНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



Российская Газета



ПОЛИТ.РУ



журнал
стратегия

ЭКОНОМИКА
и ЖИЗНЬ



InScience.News

