XXII
АПРЕЛЬСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ПРОБЛЕМАМ РАЗВИТИЯ
ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА
2021

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ: СТАРТОВЫЕ УСЛОВИЯ И ПРИОРИТЕТЫ

Доклад НИУ ВШЭ

Москва, 2021

К XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества

13–30 апреля 2021 г.

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ: СТАРТОВЫЕ УСЛОВИЯ И ПРИОРИТЕТЫ

Доклад НИУ ВШЭ

Издательский дом
Высшей школы экономики
Москва, 2021

УДК 338.2:004
ББК 65.2/65.4+16.2
Ц75

Научные редакторы:
Л.М. Гохберг, П.Б. Рудник, К.О. Вишневский, Т.С. Зинина

Авторский коллектив:
Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, А.Ю. Гребенюк, Ю.Я. Дранев, Т.С. Зинина, Д.Д. Максименко, А.А. Назаренко, Л.Н. Проскурякова, С.Г. Приворотская, П.Б. Рудник, А.Б. Суслов, Н.Н. Тарасова, Ю.В. Туровец, К.Е. Утятина, П.О. Шпарова

при участии
А.И. Алтынова, А.А. Еременко, Г.Г. Ковалевой, И.И. Кучина, Е.И. Левен, М.Р. Максименко, В.А. Нефедовой, А.Ю. Снегирева

Руководитель авторского коллектива — *П.Б. Рудник*

Ц75 **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. ; рук. авт. кол. П. Б. Рудник ; науч. ред. Л. М. Гохберг, П. Б. Рудник, К. О. Вишневский, Т. С. Зинина ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. — 239, [1] с. — ISBN 978-5-7598-2510-4 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book).

В докладе, подготовленном коллективом Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, освещаются ключевые вопросы цифровой трансформации экономики и общества — сущность происходящих изменений, возможности измерения и отраслевая специфика цифровой трансформации. Рассмотрены семь ключевых отраслей российской экономики и социальной сферы — промышленность, топливно-энергетический комплекс, сельское хозяйство, строительство, транспорт и логистика, финансовый сектор, здравоохранение. Для каждого сектора показано, в чем заключается цифровая трансформация, каковы ключевые тренды и возможные эффекты, какие технологические решения играют наиболее значимую роль, как ускорить процессы трансформации и какая поддержка государства особенно важна.

УДК 338.2:004
ББК 65.2/65.4+16.2

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

ISBN 978-5-7598-2510-4 (в обл.)
ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book)

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Используемые сокращения 4

Введение 8

Что такое цифровая трансформация? 11

Измерение цифровой трансформации 16

Цифровая трансформация сегодня. Важные особенности 19

Отраслевая специфика цифровой трансформации 27

- Промышленность 38
- Топливно-энергетический комплекс 60
- Сельское хозяйство 82
- Строительство 99
- Транспорт и логистика 118
- Финансовый сектор 146
- Здравоохранение 175

Некоторые риски (вместо заключения) 199

Источники 202

Авторы доклада 235

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АПК — агропромышленный комплекс

БАС — беспилотные авиационные системы

БПЛА — беспилотные летательные аппараты

ВВП — валовой внутренний продукт

ВДС — валовая добавленная стоимость

ВИЭ — возобновляемый источник энергии

ГИС — государственная информационная система

ГИСП — государственная информационная система промышленности

ГЛОНАСС — глобальная навигационная спутниковая система

ДТП — дорожно-транспортное происшествие

ЕАЭС — Евразийский экономический союз

ЕГИСЗ — Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения

ЕПГУ — Единый портал государственных и муниципальных услуг

ЕС — Европейский союз

ЕСИА — Единая система идентификации и аутентификации

ЕЭК — Евразийская экономическая комиссия

ИИ — искусственный интеллект

ИКТ (ICT) — информационно-коммуникационные технологии

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ — Институт статистических исследований и экономики знаний Научного исследовательского университета «Высшая школа экономики»

ИТ — информационные технологии

ИТС — интеллектуальные транспортные системы

КИН — коэффициент извлечения нефти

КТ — компьютерная томография

КФХ — крестьянско-фермерские хозяйства

ЛПХ — личные подсобные хозяйства

МИС — медицинские информационные системы

МРТ — магнитно-резонансная томография

МСП — малое и среднее предпринимательство

МФХ — малые формы хозяйствования

НИУ ВШЭ — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

НПЗ — нефтеперерабатывающий завод

НСПК — национальная система платежных карт

НТИ — Национальная технологическая инициатива

ОКС — объекты капитального строительства

ОЭСР (OECD) — Организация экономического сотрудничества и развития

ПО — программное обеспечение

ППС — перспективная платежная система

РТК — робототехнический комплекс

СБП — система быстрых платежей

СМП — Северный морской путь

СППР — системы поддержки принятия решений

ТЭК — топливно-энергетический комплекс

УЗИ — ультразвуковое исследование

ЦОД — центр обработки данных

ЦПТК — цифровая платформа транспортного комплекса

ШПД — широкополосный доступ

ЭВМ — электронно-вычислительная машина

ЭЦТК — экосистема цифровых транспортных коридоров

5G — пятое поколение мобильной связи

AR (augmented reality) — технологии дополненной реальности

B2B (Business-to-Business) — «бизнес для бизнеса»

B2C (Business-to-Consumer) — «бизнес для потребителя»

BIM (Building Information Model) — технологии информационного моделирования

CAD (Computer-aided design) — система автоматизированного проектирования

CAE (Computer-aided engineering) — система автоматизированных инженерных расчетов

CAM (Computer-aided manufacturing) — система автоматизированного производства

CIM (City Information Model) — цифровое моделирование городов

CRM (Customer Relationship Management) — система управления взаимоотношениями с клиентами

EAS (Enterprise Application Systems) — информационные системы управления предприятием

ERP (Enterprise Resource Planning) — системы планирования ресурсов предприятия

GPS (Global Positioning System) — система глобального позиционирования

ICS (Industrial Control System) — промышленная система управления

KYC (Know Your Customer) — «знай своего клиента»

LPWAN (Low Power Wide Area Network) — энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия

MaaS (Mobility-as-a-Service) — мобильность как услуга

MES (Manufacturing Execution System) — система управления производственными процессами

NFC (Near Field Communication) — технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия

PAN (Personal Area Network) — персональная сеть

PLM (Product Lifecycle Management) — система управления жизненным циклом изделия

RegTech (Regulatory Technology) — технологии упрощения выполнения финансовыми организациями регуляторных требований

RFID (Radio Frequency Identification) — радиочастотная идентификация

SupTech (Supervisory Technology) — технологии контроля и надзора за деятельностью участников финансового рынка

UX (user experience) — пользовательский опыт

VR (virtual reality) — технологии виртуальной реальности

WAN (Wide Area Network) — технологии глобальной вычислительной сети

Wi-Fi (Wireless Fidelity) — стандарт беспроводной локальной связи

WLAN (Wireless Local Area Network) — технологии беспроводной локальной сети

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие и распространение цифровых технологий в последние годы значительно меняют облик ключевых отраслей экономики и социальной сферы. Все больше организаций стремятся перенести бизнес-процессы в цифровую среду, тем самым существенно снижая транзакционные издержки и значительно увеличивая объемы экономической деятельности. В Интернете формируется гигантский, фактически безбарьерный, рынок с по-настоящему глобальной конкуренцией и очень высокой динамикой всех своих элементов (компании, продукты и услуги, потребители). В таких условиях важным фактором конкурентного преимущества становится способность обработки и анализа больших объемов данных. Устойчивость и перспективы развития бизнеса определяются способностью в разы быстрее, чем еще каких-нибудь 20–30 лет назад, реагировать на изменяющиеся потребности клиентов и быстро выводить на рынок новую продукцию и услуги через электронные каналы продаж. Сегодня рыночная стоимость многих компаний во многом определяется «цифровыми активами» (размеры и лояльность интернет-аудитории, узнаваемость и репутация бренда в киберпространстве и т.п.). Их значимость иллюстрирует тот факт, что в последние годы именно цифровые гиганты (Facebook, Google, Microsoft, Apple, Amazon) достигли рекордной рыночной капитализации, а их совокупная стоимость составляет значительную долю от всего биржевого индекса S&P 500.

Столь сильные рыночные изменения связаны с распространением бизнес-моделей, основанных на цифровых технологиях. Вот только некоторые примеры таких моделей:

- цифровые платформы и экосистемы, позволяющие ускорить и удешевить доступ потребителей к товарам и услугам;
- новые системы финансирования, включая краудфандинг;
- монетизация персональных данных и профилей, обеспечивающая таргетированное предложение, включая ценообразование и формирование индивидуализированных пакетов продуктов и услуг;
- сервисные модели предоставления ресурсов — например, Bank-as-a-Service (BaaS), Infrastructure-as-a-Service (IaaS).

В то же время масштаб освоения новых бизнес-моделей сильно различается по отраслям экономики. В сфере финансовых услуг и ретейле они широко используются уже более 10 лет, и пандемия только усилила данный тренд. А вот в некоторых более «консервативных» отраслях платформенным решениям еще только предстоит найти применение, и это потребует не только технологической адаптации, но и значительных организационных изменений, перестройки традиционных способов ведения бизнеса.

Несмотря на существенные отраслевые особенности и неравномерность внедрения цифровых технологий, практически все исследователи и эксперты сходятся в самых высоких оценках значимости цифровизации для социально-экономического развития. Многие авторы отмечают фактически безальтернативность этого процесса даже в самых технологически инертных отраслях. Более того, в последнее время получил распространение более «сильный» термин «цифровая трансформация», что, с нашей точки зрения, отражает растущие ожидания радикальных сдвигов и эффектов от внедрения нового поколения цифровых технологий. Как следствие, в последние годы в Европейском союзе, Великобритании, США, Канаде, Японии, Республике Корея и некоторых других странах было принято множество отраслевых стратегий цифровой трансформации. Они представляют собой новый этап повестки формирования цифровой экономики, объединяя планы развития отдельных технологий с их конкретными приложениями. Благодаря различным мерам поддержки со стороны государства, в том числе последнего поколения (регуляторные песочницы, живые лаборатории, виртуальные тестовые полигоны и др.), появляются новые прорывные решения. Так, в Великобритании в рамках программы катапульт-центров предоставляется инфраструктура для прототипирования и демонстрации новых технологий, включая виртуальные производственные площадки, тестовые полигоны для апробации устройств для Интернета вещей [OECD, 2019*d*]. Это, в свою очередь, расширяет возможности для кооперации участников на разных этапах жизненного цикла цифровых продуктов и услуг.

В настоящем докладе систематизированы современные подходы к определению понятия «цифровая трансформация», ее измерению, ключевые особенности явлений, которые обобщенно

характеризуются как цифровая трансформация, факторы, определяющие ее специфику в различных отраслях экономики и социальной сферы. Важные особенности цифровой трансформации рассматриваются на примере семи крупных отраслей экономики и социальной сферы, а именно промышленности, топливно-энергетического комплекса (ТЭК), сельского хозяйства, строительства, транспорта и логистики, финансового сектора и здравоохранения, на которые, по оценке ИСИЭЗ НИУ ВШЭ на основе данных Росстата, в совокупности приходится порядка половины ВВП России [Росстат 2021*а*].

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, измерение» [НИУ ВШЭ, 2019];
- «Тенденции развития Интернета в России и зарубежных странах» [НИУ ВШЭ, 2020*б*];
- ежегодные сборники статистической информации, в том числе «Индикаторы цифровой экономики: 2020» [НИУ ВШЭ, 2020*а*];
- «Тенденции развития Интернета: готовность экономики и общества к функционированию в цифровой среде» [НИУ ВШЭ, 2021*б*];
- регулярные публикации экспресс-информации в сфере цифровой экономики [ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2021].

ЧТО ТАКОЕ ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ?

Само понятие «цифровая трансформация» (digital transformation), равно как и некоторые смежные, например, «цифровая зрелость» (digital maturity) и цифровизация (digitalization), относительно недавно вошло в употребление в профессиональной среде. Общепринятого его определения пока не сложилось ни в научной литературе, ни в международных руководствах по статистическому измерению, ни в государственных документах (табл. 1).

Из приведенных в таблице примеров определений видно, что понятие «цифровая трансформация» очень многогранно и может трактоваться крайне широко. Оно формируется как обобщение довольно большого многообразия явлений, а конкретный смысл в значительной степени зависит от контекста употребления понятия. К примеру, цифровая трансформация предприятия затрагивает производственные, вспомогательные и управленческие процессы; в экономике — обеспечивает новые способы взаимодействия между контрагентами; в обществе — порождает новые форматы коммуникации для решения целого спектра задач. Да и внутри этих групп понимание цифровой трансформации может очень сильно варьироваться, в том числе в свете отраслевой специфики.

«Размытость» содержания понятия «цифровая трансформация» усугубляется еще и тем, что оно характеризует сравнительно новые, в значительной мере еще не изученные и очень динамичные явления. Многие исследователи рассматривают цифровую трансформацию как процесс изменения (преобразования) устоявшихся экономических и общественных институтов в связи с внедрением цифровых технологий. Однако сами цифровые технологии развиваются настолько стремительно и порой непредсказуемо, что становится крайне трудно, зачастую практически невозможно даже в общих чертах предвидеть последствия их распространения. Причем эта неопределенность очень быстро нарастает, если мы пытаемся удлинить горизонт прогнозирования или планирования на средне- и тем более долгосрочный период. Само по себе понятие «цифровая трансформация» не содержит конкретных инструкций с четко определенным маршрутом от какого-то начального к определенному конечному состоянию, а скорее задает ориентиры.

Таблица 1. Примеры определений цифровой трансформации

Источник	Определение
World Bank Group, 2018*a*	Проявление качественных, революционных изменений, заключающихся не только в отдельных цифровых преобразованиях, но и в принципиальном изменении структуры экономики, в переносе центров создания добавленной стоимости в сферу выстраивания цифровых ресурсов и сквозных цифровых процессов
OECD, 2019*b*	Использование данных и цифровых технологий для создания новых или изменения существующих видов деятельности; цифровая трансформация — совокупность экономических и социальных эффектов в результате цифровизации
ITU, 2018	Применение инновационных разработок на основе информационных и телекоммуникационных технологий для решения различных задач
UNCTAD, 2019	Направления радикального влияния цифровых продуктов и услуг на традиционные секторы экономики
ITU, 2019*a*	Непрерывный процесс мультимодального внедрения цифровых технологий, которые коренным образом меняют процессы создания, планирования, проектирования, развертывания и эксплуатации сервисов государственного и частного сектора, делая их персонализированными, безбумажными, безналичными, устраняя требования физического присутствия, на основе консенсуса сторон
European Commission, 2019*a*	Значительные изменения во всех секторах экономики и общества в результате внедрения цифровых технологий во все аспекты человеческой жизни

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

Несмотря на отмеченные особенности, теоретическая и аналитическая проработка рассматриваемого понятия идет параллельно как в академической, так и в деловой среде. В научной литературе, различных аналитических докладах и периодических изданиях тематика цифровой трансформации рассматривается многопланово. Наряду с анализом содержания цифровой трансформации, авторы пытаются спрогнозировать ее эффекты и долгосрочные последствия. Большинство исследований сводится к нескольким ключевым вопросам:

- Что такое цифровая трансформация, каковы ее границы?
- Каковы ключевые характеристики цифровой трансформации?
- Какие факторы способствуют цифровой трансформации?
- На что направлена цифровая трансформация, каковы ее последствия?

В практике ведущих стран цифровая трансформация подразумевает отраслевой принцип поддержки внедрения новых технологий. При этом программы и проекты могут выстраиваться как по принципу внедрения какой-либо одной перспективной группы технологий в нескольких отраслях, где это особенно актуально, так и, обратно, предусматривать цифровую трансформацию определенной отрасли посредством форсированного внедрения множества технологически разнородных решений, востребованных в данном секторе экономики или социальной сферы.

Примером первого подхода является программа развития искусственного интеллекта (ИИ) в Сингапуре, которая предполагает реализацию пяти секторальных проектов: это интеллектуальное планирование грузовых перевозок, бесшовное предоставление государственных услуг, ранняя диагностика и прогнозирование хронических заболеваний, персонализация образовательных траекторий и автоматизация миграционных процедур [Smart Nations, 2019].

Второй подход ярко иллюстрируют многочисленные программы, инициированные в 2020 г. в сфере здравоохранения в связи с необходимостью борьбы с пандемией COVID-19. Так, в США реализована программа поддержки сервисов телемедицины объемом 200 млн долл. [Federal Communications Commission, 2020]; Европейский союз направил 55,2 млн евро на поддержку инновационных проектов по борьбе с пандемией [European Commission, 2021*a*]; Министерство здравоохранения ФРГ выделило 3 млрд евро на внедрение высокотехнологичных решений, дистанционных сервисов для пациентов, медицинской робототехники, а также повышение информационной безопасности [Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD, 2020].

Цифровая трансформация затрагивает самый широкий спектр отраслей и организаций, от наиболее передовых по уровню внедрения цифровых технологий (например, финансовые услуги) до более консервативного реального сектора. В первом случае при-

мером может служить пакет мер в Европейском союзе, направленный на поддержку финтех-компаний и снятие регуляторных барьеров для криптоактивов [European Commission, 2020*a*]. Во втором — проекты цифровой трансформации сельского хозяйства (к примеру, программа «Агро 4.0» по внедрению технологий 4.0 на фермах и предприятиях агропромышленного комплекса (АПК) в Бразилии [Governo do Brasil, 2020]) или промышленности (программа Великобритании по оптимизации производственных процессов и цепочек поставок на сумму 170 млн евро [Made Smarter, 2020]).

С нашей точки зрения, ключевой признак цифровой трансформации, отграничивающий ее от схожих понятий, в частности цифровизации (хотя часто это очень трудно сделать!), — это качественные изменения в бизнес-процессах и моделях деятельности, прежде всего возникающие в рамках цифровых платформ, и значительные социально-экономические эффекты от их реализации. Цифровая трансформация — это не только внедрение цифровых технологий, но и преобразование множества горизонтальных и вертикальных бизнес-процессов, оптимизация операционных процедур, изменение устоявшихся моделей и форматов взаимодействия между участниками цепочек создания добавленной стоимости. Новые технологические решения требуют комплементарных инвестиций в совершенствование организационных практик, развитие компетенций сотрудников, культуры работы с данными и цифровыми решениями.

Цифровая трансформация способствует решению системных проблем в отраслях, реорганизации труда и автоматизации рутинных задач. Так, в электроэнергетике сокращается количество аварий на объектах инфраструктуры, в строительстве — уровень травматизма на стройплощадке. Благодаря цифровым продуктам улучшается координация внутри и между организациями, сокращаются транзакционные издержки. Например, платформенные решения в логистике снижают роль посредников, одновременно расширяя возможности для коммуникации с конечными потребителями. В электроэнергетике потребители становятся просьюмерами, т.е. самостоятельно генерируют электроэнергию и получают возможность продавать ее излишки [Joint Research Centre of European Commission, 2020].

С учетом приведенных выше соображений мы предлагаем следующее определение цифровой трансформации — ***это качественные изменения в бизнес-процессах или способах осуществления экономической деятельности (бизнес-моделях) в результате внедрения цифровых технологий, приводящие к значительным социально-экономическим эффектам***.

ИЗМЕРЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В нашей стране сегодня широко обсуждаются меры государственной политики, направленные на цифровую трансформацию наиболее значимых отраслей экономики и социальной сферы [Президент Российской Федерации, 2020*а*]. Цифровая трансформация закреплена в качестве одной из национальных целей развития страны на период до 2030 г. [Там же, 2020*б*]. При этом мониторинг хода реализации данной цели осуществляется на основе четырех показателей: достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы; увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, до 95%; рост доли домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к Интернету, до 97%; увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в 4 раза по сравнению с показателем 2019 г. Эта система показателей вполне отражает приоритеты и ключевые направления работы правительства и в этом смысле пока не подвергается широкой критике. Однако для всесторонней количественной оценки цифровой трансформации как явления, пронизывающего все сферы жизни, этого явно недостаточно.

Примером комплексного описания измерения цифровой трансформации является исследование ОЭСР «Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future» [OECD, 2019*c*]. В данной работе процесс цифровой трансформации рассматривается сквозь призму внедрения и использования передовых цифровых технологий — Интернета вещей, искусственного интеллекта, блокчейна, облачных решений и др. Отдельное внимание уделяется вопросам сбора и анализа доступной информации (в том числе больших массивов данных), а также структурным изменениям спроса на цифровые компетенции. При этом сохраняют актуальность показатели широкополосного подключения к сетям передачи данных. Влияние экономических преобразований на общество оценивается показателями, характеризующими благосостояние.

Популярный в последнее время доказательный подход к принятию решений (evidence-based approach) формирует запрос на ко-

личественные оценки процесса цифровой трансформации, обычно с точки зрения:

- структуры (организационные, управленческие и операционные процессы);
- управления данными и информацией;
- инновационной деятельности (разработка и внедрение новых цифровых технологий, управление информационными технологиями);
- качества товаров и услуг;
- окружения/среды (ресурсы предприятия, регулирование);
- безопасности инфраструктуры и данных;
- финансирования (затраты, возврат на инвестиции);
- этических аспектов (отношение к новым цифровым технологиям).

Каждый из рассмотренных аспектов в конечном счете может характеризоваться собственными показателями и метриками. Некоторые из них уже многие годы используются в статистике (для их измерения выработаны общепринятые определения и подходы, представленные в методических рекомендациях ведущих международных организаций), другие — только формируются (их измерение пока еще не стандартизовано). Однако принципиально отметить, что ни один из них в отдельности не отражает явления цифровой трансформации в его целостности.

В связи с распространенными в обществе опасениями относительно сохранности персональных данных и цифровой неприкосновенности частной жизни, а также ввиду отмеченной выше неопределенности результатов цифровой трансформации (каким будет мир, пронизанный цифровыми технологиями?) особенную важность приобретает выявление и измерение результатов и эффектов цифровой трансформации. В основе такой оценки должны лежать показатели, характеризующие, в том числе: вовлеченность граждан и организаций в цифровую трансформацию, включая формирующиеся при этом поведенческие и бизнес-модели, новые кросс-отраслевые цепочки создания стоимости; способы и масштабы использования передовых цифровых технологий (в том числе квантовых, ИИ и других передовых цифровых технологий) в отраслях экономики и социальной сферы, включая развитие

онлайн-платформ как ключевого элемента цифровой трансформации, новых сервисов и цифровых каналов взаимодействия населения с бизнесом и государством; развитие индустрии данных и новых практик их вовлечения в оборот в рамках экономической деятельности и др.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕГОДНЯ. ВАЖНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Как бы мы ни определяли цифровую трансформацию, можно обоснованно говорить о том, что за последние несколько десятков лет подавляющее большинство отраслей прошло через ряд подобных периодов. Не вдаваясь в подробности, стоит отметить такие этапы, как распространение применения ЭВМ для решения прикладных индустриальных задач в 1950–1960-е годы, первая волна автоматизации производства в 1970–1980-е годы, появление персональных компьютеров в 1980–1990-е годы, развитие Интернета в 2000–2010-е годы. Все они значительно изменили облик отраслей экономики и социальной сферы и даже сыграли каталитическую роль в появлении ряда новых секторов, включая, собственно, сектор информационно-телекоммуникационных технологий. Вместе с тем на текущем этапе имеется определенная специфика.

1. Новый виток технологического развития. Важнейший катализатор нового этапа цифровой трансформации — растущие успехи в развитии передовых технологических направлений, включая ИИ, робототехнику, блокчейн, технологии виртуальной и дополненной реальности и ряд других. Эти технологии предоставляют потребителям уникальные возможности, в том числе высокую точность прогнозирования и принятия управленческих решений, основанных на данных, кратное снижение издержек, обеспечение лучшего качества «потребительского опыта». Как следствие, при общей положительной динамике вложений в информационно-телекоммуникационные технологии (ИКТ) все больше инвестиций приходится именно на технологии нового поколения (рис. 1).

Доля передовых цифровых технологий в общем объеме затрат неуклонно растет и может достичь 23,4% к 2023 г. В 2020 г. в результате пандемии наметились еще более ощутимые сдвиги: инвестиции отраслей в передовые технологии выросли за год на 16%, в то время как расходы на традиционные ИКТ (включая программное обеспечение, оборудование, информационные и телекоммуникационные сервисы) сократились на 3%.

Российская повестка развития цифровых технологий в целом соответствует глобальным трендам. В число приоритетных высо-

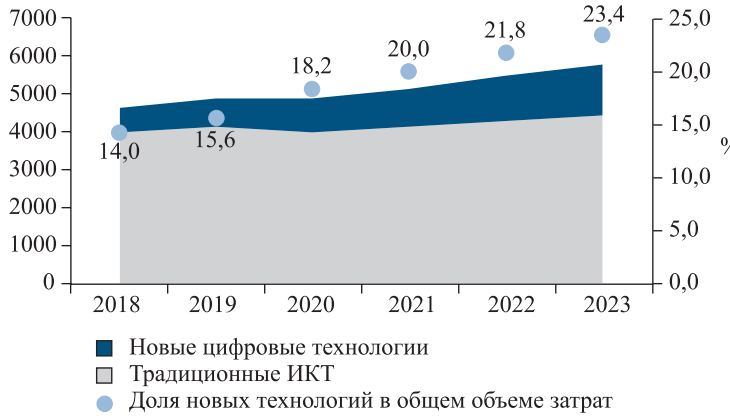


Рис. 1. Динамика затрат на новые и традиционные ИКТ в мире, млрд долл.

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ на основе данных IDC [IDC, 2020*a*].

котехнологичных областей входят 11 цифровых технологий, развитие которых наиболее активно поддерживается в ведущих странах: ИИ; новые производственные технологии; робототехника и сенсорика; Интернет вещей; мобильные сети связи пятого поколения (цифровые сервисы); новые коммуникационные интернет-технологии; технологии виртуальной и дополненной реальности; технологии распределенных реестров; квантовые коммуникации; квантовые сенсоры; квантовые вычисления [Правительство Российской Федерации, 2020*a*].

Вместе с тем отмеченный перечень технологий не исчерпывает глобальную цифровую повестку. В частности, целесообразно отметить следующие перспективные технологические направления, которые пока еще не попадают в фокус внимания в нашей стране, но в то же время активно развиваются за рубежом: геоинформационные и навигационные технологии (пространственные данные); технологии фотоники; технологии облачных, туманных, граничных, росистых вычислений; кибербиологические системы (в том числе нейротехнологии); технологии аутентификации и идентификации (в том числе биометрические технологии); суперкомпьютерные и грид-технологии. В целом необходима регулярная актуа-

лизация приоритетов, в том числе на основе профессиональных форсайт-исследований и анализа больших данных.

2. Беспрецедентный рост спроса на цифровые технологии. В последнее время все больше людей признают очевидными преимущества применения цифровых технологий в самых разных видах деятельности. Во многом это связано с тем, что сами продукты и сервисы стали простыми и интуитивно понятными в использовании и зачастую не требуют от пользователей существенных затрат времени и ресурсов на освоение необходимых навыков. Сегодня уже 46% руководителей российских организаций планируют расширить применение цифровых технологий, при этом каждый третий — в течение ближайших 5 лет[1]. В мире такого же мнения придерживаются более половины топ-менеджеров крупных компаний (54% по итогам 2020 г. и 56% — в 2021 г.) [Statista, 2020*b*]. Подтверждает это и динамика затрат: глобальные расходы на цифровые технологии последние 10 лет росли ежегодно на 10–15%, в России — в среднем на 17,3% (достигнув 2452,9 млрд руб., или 2,2% ВВП в 2019 г.) [IDC, 2020*b*; ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2020*a*]. Этот рекордный всплеск интереса к цифровым технологиям и массового спроса на них практически во всех отраслях не имеет аналогов в истории.

3. Сокращение жизненного цикла технологий. Резкий рост спроса привел к сокращению сроков «выхода передовых технологий из лабораторий». Характерный пример — быстрый прогресс квантовых технологий. Как ожидается, в перспективе (3–5 лет) их развитие обеспечит новый уровень скорости и надежности вычислений и передачи данных. При этом отдельные эффективные решения применяются уже сейчас, в том числе для решения самых актуальных задач. Так, исследования по борьбе с COVID-19 в Канаде проводились с использованием облачных квантовых вычислений компании D-Wave.

Дальнейшие технологические достижения будут определяться способностью формировать и применять уникальные знания на пересечении фундаментальных исследований и прикладных раз-

[1] Согласно результатам опроса руководителей 1784 организаций из 30 регионов России, проведенного ИСИЭЗ НИУ ВШЭ.

работок, в том числе в русле развития глубинных технологий на самых ранних стадиях жизненного цикла (DeepTech). Перспектива коммерциализации повышает привлекательность этой сферы для венчурных инвестиций: сегодня каждая пятая компания-«единорог» — представитель DeepTech [SOSV, 2020].

Новый всплеск ускоренного создания и выхода на рынок продуктов и услуг, как ожидается, будет связан с комбинированием в одном решении разработок различных технологических направлений. Наглядная иллюстрация — динамичное развитие систем на основе «цифровых двойников», включающих элементы ИИ, Интернета вещей, технологий беспроводной связи, сенсорики и других технологий. Ежегодный прирост этого рынка с 2020 по 2026 г. составит порядка 58% [Markets and Markets, 2020].

Зарождающиеся технологии приведут к новому прорыву на базе уже более зрелых. Среди примеров появления перспективных решений на стыке технологий: квантовый Интернет вещей, квантовый ИИ и др. Создание квантовых нейронных сетей позволит существенно сократить срок обучения моделей, на которое сегодня уходит несколько лет. В результате станет возможным решение нетривиальных задач, таких как моделирование белков с учетом их изменяющейся структуры для создания лекарств (в том числе персонализированных) или оптимизация молекулярной структуры веществ для разработки новых видов материалов и топлива [CB Insights, 2020]. Позиции России в области квантовых технологий существенно сильнее в фундаментальных исследованиях (10-е место в мире по числу научных публикаций, удельный вес — 4,9%), тогда как прикладные разработки развиты в меньшей степени (доля в мировом объеме патентных заявок — лишь 0,93%) [НИУ ВШЭ, 2021*а*].

На горизонте 5–10 лет беспроводные сети пятого (5G) и шестого (6G) поколения за счет высокой скорости связи и низкой задержки кардинально изменят коммуникационные возможности (вплоть до реализации тактильного Интернета, телеприсутствия и передачи 3D-голограмм) и создадут «точки роста» в различных секторах. Получат широкое распространение новые области применения: мониторинг и управление процессами производства в реальном времени через иммерсивные аудиовизуальные каналы, дистанционная роботизированная хирургия и передача тактиль-

ных ощущений для отслеживания состояния пациента, полное «оцифровывание» всех элементов фермерского хозяйства, выполнение рутинных операций дистанционно управляемыми роботами в режиме реального времени и др.

4. Новые импульсы цифровизации вследствие пандемии. Распространение COVID-19 спровоцировало как количественные, так и качественные изменения глобальных технологических трендов. Одним из ключевых драйверов дальнейшей цифровизации теперь становятся изменившиеся потребности отраслей и населения. В 2020 г. не только появились новые области применения цифровых технологий (CovidTech), но и произошла переоценка их роли в жизни людей: в центре внимания оказались повседневные потребности человека вне зависимости от местонахождения с необходимостью предоставления кастомизированных дистанционных сервисов. Кроме того, существенно возрос темп изменений: за несколько месяцев пандемии совершен прорыв по уровню цифровизации внутренних процессов и продуктовых линеек в разных секторах экономики, сопоставимый с аналогичными изменениями за предыдущие 3–4 года [McKinsey&Company, 2020*c*]. В первую очередь активизировалось внедрение более зрелых, уже апробированных технологий, которые стали быстрым и эффективным ответом на новые социально-экономические вызовы в отраслях.

Социальное дистанцирование, удаленная работа и обучение и другие «пандемические» реалии 2020 г. изменили наше представление о комфортной и безопасной среде для жизни, катализировали тенденцию к слиянию цифровой и физической реальности (концепция phygital). Цифровые каналы и сервисы дали потребителю возможность получать очень широкий спектр услуг даже на пике локдауна. Речь идет не только о дистанционных услугах, продемонстрировавших существенный рост (за последний год объемы электронной торговли выросли на 25%, онлайн-доставки еды — на 27%, дистанционных занятий спортом — на 30%), но и о передовых цифровых решениях (мониторинг контактов и прогнозирование развития пандемии с помощью ИИ, молекулярный дизайн лекарств и вакцин, стерилизация помещений автономными роботами, доставка дронами биоматериалов из удаленных локаций, создание прозрачных цепочек поставок лекарств на базе блокчейна и др.) [Statista, 2020*a*].

Изменение образа жизни людей способствовало появлению радикально новых решений для городских пространств (например, использование робособак Boston Dynamics для соблюдения дистанции в парках Сингапура или автономных роботов-курьеров «Яндекс.Ровер» для доставки еды в Москве). В целом в 2020 г. рост глобальных вложений в решения для «умного города» составил 11,7% [BBC, 2020; РБК, 2021*б*; Statista, 2020*с*]. В других секторах экономики цифровизация также обеспечила возможности минимизировать риски и создать комфортные для человека условия за счет роботизации процессов обслуживания и ремонта оборудования (в том числе в труднодоступных или опасных для человека локациях), предиктивного анализа управленческих процессов, систем автоматизированной диагностики с помощью беспилотных летательных аппаратов, удаленных экспертных консультаций, обучения с использованием технологий виртуальной реальности и др.

Новый виток развития тренда персонализации (и даже гиперперсонализации) и проактивного предоставления услуг — распознавание настроения человека и его эмоциональных реакций и отклика в тексте, голосе, мимике и жестах. Это уже не теоретическая концепция, а реально работающий инструмент, способный принести ощутимые эффекты в отраслях за счет лучшего понимания потребителя: мировой рынок аффективных вычислений[2] составляет сегодня порядка 87 млрд долл. [CB Insights, 2021]. В здравоохранении такие функции становятся важной частью диагностики и лечения, давая возможность отследить дискомфорт или другие реакции пациента в ходе обследований и медицинских вмешательств. Недавним примером в финансовом секторе стал опыт Сбера, который начал использовать технологию распознавания эмоций для создания сценария диалога оператора банка с клиентом [РБК, 2021*а*].

На этом фоне усиливается роль искусственного интеллекта. По оценкам экспертов, распространение этих технологий в отраслях экономики и социальной сферы принесет прирост добавленной стоимости от 3,5 до 5,8 трлн долл. США [McKinsey Global Institute, 2018]. Вместе с тем на этом пути наметились и определен-

[2] Системы распознавания, интерпретации, обработки и моделирования реакций человека.

ные ограничения, среди которых — крайне высокая потребляемая мощность моделей машинного обучения и соответствующие экологические ограничения, этические вопросы и проблема «черного ящика». Для их преодоления создаются новые модели, в том числе вычисления на распределенной сети конечных устройств (Edge AI) и нейроморфные вычисления, а также концепции объяснимого (Explainable AI) и ответственного (Responsible AI) ИИ.

5. Возрастающие технологические и социальные риски. Цифровая трансформация несет не только позитивные эффекты, но и целый ряд рисков. Наиболее остро стоит проблема кибербезопасности. Уже сегодня многие процессы либо полностью осуществляются в цифровой среде, либо имеют цифровых двойников. Переход на удаленный режим работы выявил необходимость расширения мер кибербезопасности: на 40% выросло число личных устройств для обмена корпоративными данными с недостаточным уровнем киберзащиты [Statista, 2021*b*]. В период карантинных ограничений в апреле 2020 г. среди цифровых технологий лидером по темпам роста затрат стали решения в области кибербезопасности (84%). Для сравнения: показатель по гибридным и облачным хранилищам данных достиг 74%, по системам ИИ — 59% [Ibid.]. Одним из приоритетов должна стать защита инфраструктуры здравоохранения.

Второй риск, вызывающий заметную тревогу в обществе, — сокращение рабочих мест вследствие цифровизации. По оценкам ОЭСР, доля рабочих мест, которые могут существенно трансформироваться в результате внедрения новых технологий, может достигнуть 32% [OECD, 2019*g*]. Прежде всего это может коснуться отраслей, где преобладают рутинные процедуры (промышленность, строительство и др.) [European Centre for the Development of Vocational Training, Cedefop, 2018; European Commission, 2020*b*]. Помимо этого, определенную озабоченность на рынке труда вызывает несколько более специфический риск алгоритмической дискриминации [ILO, 2018]. Благодаря распространению средств мониторинга трудовой деятельности, в том числе с помощью носимой электроники, осуществляется сбор данных, контроль движений сотрудника, на основе которых принимаются решения об эффективности работы отдельного человека с помощью алгоритма [Ibid.].

Многие из имеющихся рисков должны существенно снизиться за счет введения новых норм регулирования. По оценке Международного союза электросвязи, именно законодательные нормы играют решающую роль для цифровой трансформации. Однако сегодня лишь 8% стран имеют комплексную систему регулирования [ITU, 2020*b*].

ОТРАСЛЕВАЯ СПЕЦИФИКА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

На основе передовых цифровых технологий формируется широкий спектр решений, которые применяются едва ли не во всех отраслях экономики и социальной сферы. Некоторые цифровые технологии имеют четко выраженную отраслевую специфику (BIM, промышленные роботы и др.), другие могут быть использованы повсеместно для решения общих задач. Часть решений внедрены уже сейчас (умные счетчики для сбора данных о потреблении воды и электроэнергии и др.), часть — еще не получили широкого распространения и требуют комплексной модернизации («интеллектуальные сети», «цифровая подстанция», «интеллектуальное месторождение» в топливно-энергетическом комплексе, «цифровой завод», «цифровая верфь» — в промышленности).

Результаты экспертного опроса, проведенного НИУ ВШЭ в 2020 г.[3], показывают неравномерное развитие спроса на передовые цифровые технологии по секторам экономики и социальной сферы России (табл. 2). По нашим оценкам, они наиболее востребованы в ТЭК, здравоохранении и финансовом секторе. Цифровизация энергетики связана с распространением распределенных интеллектуальных энергосистем и соответствующих моделей потребления ресурсов. Высокий спрос в здравоохранении в значительной степени обусловлен необходимостью решения насущных задач борьбы с пандемией. Опережающему росту цифровой зрелости компаний финансового сектора способствует активное внедрение цифровых технологий крупными российскими финансовыми организациями.

В большинстве секторов российской экономики и социальной сферы цифровизация находится на сравнительно раннем этапе. До сих пор в структуре инвестиций организаций разных видов деятельности, на которые приходится две трети внутренних затрат на цифровую экономику, преобладает оборудование

[3] Опрос проведен ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в июле 2020 г. В опросе приняли участие более 100 экспертов из ведущих организаций в области цифровых технологий. 50,5% респондентов — представители компаний, 36,6% — вузов, 12,9% — научных организаций, ассоциаций и других организаций.

Таблица 2. Спрос на передовые цифровые технологии в секторах экономики и социальной сферы в Российской Федерации, %, усредненная доля ответов респондентов*

Цифровые технологии	Сельское хозяйство	Топливно-энергетический комплекс	Промышленность	Строительство	Финансовый сектор	Транспорт и логистика	Здравоохранение
Искусственный интеллект	5,3	10,4	8,0	2,7	38,0	12,5	23,2
Квантовые технологии	2,4	26,7	2,4	2,8	29,8	14,2	21,7
Новые производственные технологии	13,0	25,5	14,5	22,5	11,0	8,4	5,0
Робототехника	15,3	9,6	16,1	7,5	2,4	23,6	25,5
Системы распределенного реестра	2,6	14,6	5,3	14,8	32,8	14,8	15,1
Технологии беспроводной связи	1,7	37,5	10,8	5,8	14,2	22,5	7,5
Виртуальная и дополненная реальность	4,2	19,3	4,2	31,6	1,3	6,3	33,1
В среднем по всем цифровым технологиям	**6,4**	**20,5**	**8,8**	**12,5**	**18,5**	**14,6**	**18,7**

* Более темный цвет соответствует большему спросу на цифровые продукты и сервисы со стороны секторов экономики и социальной сферы в соответствии с мнением опрошенных экспертов.

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

[ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2020*a*]. В ведущих странах предел экономического роста за счет физического капитала достигнут. В последние годы новым драйвером цифровизации стали нематериальные (цифровые) активы компаний — такие как размеры и лояльность интернет-аудитории, узнаваемость и репутация бренда в киберпространстве, цифровые платформы, программные продукты и связанная с ними интеллектуальная собственность.

Несмотря на зачастую довольно схожие предпосылки, барьеры и ожидаемые эффекты, цифровая трансформация отраслей осуществляется неравномерно. Так называемый цифровой разрыв в уровне освоения цифровых технологий имеется как между отраслями, так и внутри каждой из них — между лидерами этого процесса и организациями-аутсайдерами [European Investment Bank, 2020]. Среди основных факторов дифференциации темпов и моделей цифровой трансформации различных отраслей отметим следующие.

1. Повестка развития, имеющиеся проблемы и задачи. Каждая отрасль играет свою уникальную роль в экономике или социальной сфере. В любой из них складывается индивидуальный, во многом исторически обусловленный набор наиболее значимых проблем, вызовов и задач, формируется своя собственная повестка развития. Тут можно привести массу очевидных примеров. Так, для ТЭК и химической промышленности остро стоит задача снижения негативного воздействия на окружающую среду. Для ее решения востребованы определенные цифровые решения, в том числе обеспечивающие мониторинг и контроль экологической обстановки и оперативное реагирование на возникающие внештатные ситуации. В электроэнергетике одна из особенностей — неравномерное потребление электроэнергии. Новые цифровые решения для управления энергосистемами и технологии распределенной энергетики помогают балансировать спрос и предложение, более эффективно и оперативно распределять энергию. Сельское хозяйство существенно зависит от погодных и природных условий. Интеллектуализация сельского хозяйства (например, за счет внедрения концепций точного земледелия, глубокой переработки, умных ферм и др.) позволяет сгладить возрастающие агроклиматические риски. Такого рода отраслевая специфика во многом определяет особенности цифровизации, а также преобладающую траекторию и скорость цифровой трансформации.

2. Бизнес-модели и место в цепочке создания стоимости. Сегодня цифровая трансформация в большей степени ассоциируется с рынками конечного потребителя, где неотъемлемым требованием конкуренции выступает совершенствование потребительского опыта, в том числе за счет персонализации продуктов и сервисов. Именно в этих условиях получили быстрое распространение цифровые платформы и экосистемы, а также основанные на них ради-

кально новые бизнес-модели, с которыми связано само появление понятия «цифровая трансформация». Однако в последнее время в большинстве отраслей растет значимость конечного потребителя и создания нацеленного на него «ценностного предложения». Компании становятся клиентоориентированными, развивают новые сервисы и цифровые каналы взаимодействия с клиентами и контрагентами. Эта тенденция теперь уже затрагивает не только организации и отрасли, напрямую взаимодействующие с потребителями (B2C), но и те, которые традиционно были ориентированы на предпринимательский сектор (B2B). И все же для отраслей B2B основные выгоды цифровой трансформации пока еще находятся в плоскости экономической эффективности и институциональных изменений (например, оптимизация цепочек поставок). Такие отрасли, как правило, характеризуются высокой ресурсоемкостью и длительными инвестиционными циклами. В связи с этим эффекты цифровой трансформации становятся ощутимы лишь в сравнительно длительной перспективе.

3. Технологический уровень и цифровая зрелость. Цифровая трансформация требует освоения новых технологий и соответствующего переструктурирования бизнес-процессов. Переход к передовым решениям происходит постепенно и возможен только при наличии обновленной материально-технической базы. У нас в стране уже достаточно широко распространены сравнительно зрелые цифровые технологии, развита инфраструктура. В частности, широкополосный доступ к Интернету имеют более 70% организаций. При этом среди отраслей, рассматриваемых в следующих разделах настоящего доклада, минимальная доля организаций с ШПД — в сельском хозяйстве (74,3%), максимальная — в финансовом секторе и здравоохранении (93,8 и 92,4% соответственно). Вместе с тем новейшие технологии распространяются в отраслях значительно медленнее (рис. 2).

Даже среди секторов-лидеров не более 38,5% организаций используют облачные сервисы, 29,6% — ERP-системы, 19,6% — электронные продажи и лишь 12% — RFID-технологии. При этом уровень внедрения перечисленных технологий по отдельным направлениям различается между лидирующими и отстающими секторами в разы, что говорит о росте рисков «цифрового неравенства».

4. Готовность организаций к изменениям. Внедрение цифровых технологий в отраслях зачастую лимитируется низкой осведом-

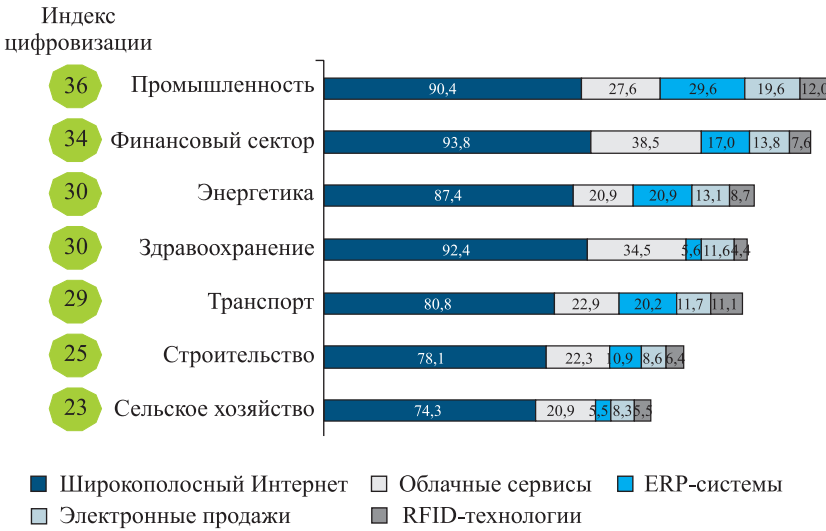


Рис. 2. Индекс цифровизации и интенсивность использования цифровых технологий в 2019 г., доля организаций, использующих цифровые технологии, %

Примечание. Индекс цифровизации, разработанный ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, характеризует уровень распространения ряда цифровых технологий (широкополосного Интернета, облачных сервисов, RFID-технологий, ERP-систем, технологий электронной торговли) в организациях различных отраслей экономики и социальной сферы. Значение интегрального показателя (слева на рис. 2) рассчитывается по каждой отрасли как среднеарифметическое долей организаций, использующих каждую из указанных технологий (с округлением до целого значения).

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

ленностью о существующих решениях и потенциальных эффектах их использования. Различия в восприятии цифровых технологий хорошо видны на примере ИИ. Результаты обследования, проведенного ИСИЭЗ НИУ ВШЭ в 2020 г., показывают, что готовность к использованию этой ключевой технологии существенно различается по отраслям. Наиболее широко ИИ применяется организациями добывающего комплекса (66,7%), финансового сектора (46,4%), энергетики (40%). При этом в отдельных отраслях (например, в сельском хозяйстве, строительстве) весь спектр технологий ИИ востребован приблизительно в равной степени. В других

же, напротив, отмечается повышенный интерес к отдельным, более узким технологическим решениям. Так, в нефтегазовой отрасли значительно чаще используют технологии компьютерного зрения и роботизации производственных процессов. Готовность к цифровой трансформации в значительной степени определяется экономическими стимулами, в том числе остротой конкуренции, особенно неценовой, возможностями повышения эффективности деятельности, включая увеличение производительности труда, а также, что имеет принципиальное значение, нацеленностью топ-менеджеров и собственников компаний на технологические инновации.

5. Особенности формирования и использования данных. Объем генерируемых и обрабатываемых данных растет колоссальными темпами. Их вовлечение в оборот позволяет повысить эффективность экономики, качество продукции и услуг в самых разных сферах. По оценкам Ассоциации больших данных, развитие рынка больших данных может привести к экономическому эффекту в 3 трлн руб. к 2024 г. В период пандемии возросло внимание правительств ведущих стран к большим данным, особенно в сфере медицины. Так, многие инновационные продукты и сервисы можно создать только на основе объединения данных множества пациентов (например, снимков для обучения ИИ распознавать заболевания). Страны-лидеры разрабатывают отдельные стратегии по работе с данными: Великобритания — National Data Strategy (2020), Германия — Data Strategy of the German Federal Government (2021), ЕС — European Data Strategy (2020) [Government of the UK, 2020; German Federal Government, 2021; European Commission, 2019*b*].

Владельцы («производители») данных и те, кто может их эффективно использовать для создания новых продуктов и сервисов, обучения ИИ, — это, как правило, разные организации. Поэтому в мире активно развивается рынок данных, в рамках которого обеспечиваются купля-продажа, обмен массивами данных и их обогащение участниками рынка. Причем данные, создаваемые в одних отраслях (например, транспортном или телекоммуникационном секторе), эффективно применяются для извлечения прибыли в других — финансах, ретейле, строительстве и др. Для этого создается межотраслевая инфраструктура (платформы) и регуляторная среда.

Данные становятся одним из ключевых элементов создания ценности: 46% компаний отмечают их влияние на результативность компаний, но при этом не все компании, которые генерируют данные, готовы размещать их в публичном пространстве (58%) [European Data Portal, 2020]. В то же время растет доступность открытых данных, потенциал которых по-разному реализуется в отраслях. В Европейском союзе уже сейчас открытые данные составляют почти половину в общем объеме используемых данных.

Именно различия в типах и объемах данных, которые генерируются и используются компаниями, во многом обусловливают расхождения в траекториях цифровой трансформации на отраслевом уровне [OECD, 2019*a*]. В нашей стране значительный объем данных формируется в сфере госуправления, в том числе в рамках ГИС, организациями образования, здравоохранения, компаниями (энергетика, транспорт, промышленность, телекоммуникации и др.), городскими службами, сферой ЖКХ. Однако они, как правило, слабо оцифрованы, не систематизированы; доступ к ним обычно отсутствует или ограничен. Правовое регулирование в этой сфере не сформировано. Растут опасения граждан по поводу сохранности персональных данных.

В настоящее время правительством прорабатываются отдельные меры по развитию рынка данных, в том числе по предоставлению доступа к государственным данным, замене обязательной отчетности бизнеса на доступ к данным, созданию облака обмена электронными данными. Однако для полноценного его развития необходим комплексный подход, в том числе по следующим направлениям:

- «озера данных»: поддержка создания «озер данных», в том числе для обучения искусственного интеллекта (медицинские данные, данные о городской среде, данные промышленного Интернета вещей и др.), включая создание инфраструктуры (хранилища, дата-центры, суперкомпьютерные сети, интерфейсы для доступа), налоговые стимулы для наполнения «озер» организациями, генерирующими данные, и обеспечение доступа к данным, в том числе для МСП;
- «доступные государственные данные»: оцифровка государственных данных, налаживание сбора и разметки данных, создание механизмов вовлечения государственных данных в коммерческий оборот;

- регулирование рынка данных: устранение избыточных ограничений на обработку, обмен, продажу, взаимное обогащение массивов данных с учетом их характера и правового статуса; регулирование использования персональных данных (критерии деперсонализации, согласие на несколько целей использования[4] и др.);
- навыки и культура работы с данными: массовое обучение навыкам работы с данными выпускников вузов и специалистов в отраслях, включая государственное управление.

6. Структура отрасли и экономическая ситуация. В России, как и в ведущих странах, лидерами по цифровизации являются крупные компании. Напротив, малые и средние предприятия отстают по темпам внедрения новых цифровых решений. В целом отрасли с высоким уровнем концентрации, в которых преобладает крупный бизнес с доступом к значительным инвестиционным ресурсам, демонстрируют больший прогресс в цифровизации.

Вместе с тем в различных отраслях внедрение цифровых технологий и тем более цифровая трансформация требуют разных, в том числе по объемам и срокам осуществления, инвестиций. К примеру, в ретейле, где наряду с крупными игроками работает огромное количество малых и средних компаний, зачастую не требуется крупных вложений в создание сервисов электронной торговли, что открывает широкому кругу предприятий возможности внедрения новых бизнес-моделей взаимодействия с потребителями. В то же время во многих секторах экономики с высокой концентрацией цифровая трансформация сопряжена с довольно высокими затратами. И все же это не позволяет говорить об уравнивании возможностей крупных и малых компаний. У первых они, безусловно, значительно больше. Что касается социальной сферы (образование, здравоохранение), государственного управления, осуществление цифровой трансформации здесь в сравнительно большей мере зависит от бюджетного финансирования.

---

[4] 16 февраля 2021 г. Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации приняла в первом чтении законопроект, устанавливающий возможность предоставления согласия на обработку персональных данных (ПД) сразу в различных целях и несколькими лицами по поручению оператора ПД, в том числе в дополнительных целях, отличающихся от первоначальных целей сбора персональных данных.

Существенное влияние на темпы цифровой трансформации оказывает социально-экономическая ситуация. Уже в 2019 г. в большинстве отраслей наблюдалась тенденция к стагнации или снижению инвестиций в основной капитал, за исключением здравоохранения и промышленности, где рост составил 13,4 и 3,8% соответственно [Росстат, 2021*б*]. По уровню затрат на цифровые продукты и сервисы лидерами являются финансовый сектор и промышленность (рис. 3), при этом именно финансовые организации инвестируют наиболее интенсивно — суммарные вложения составили 8,9% ВДС отрасли в 2019 г.

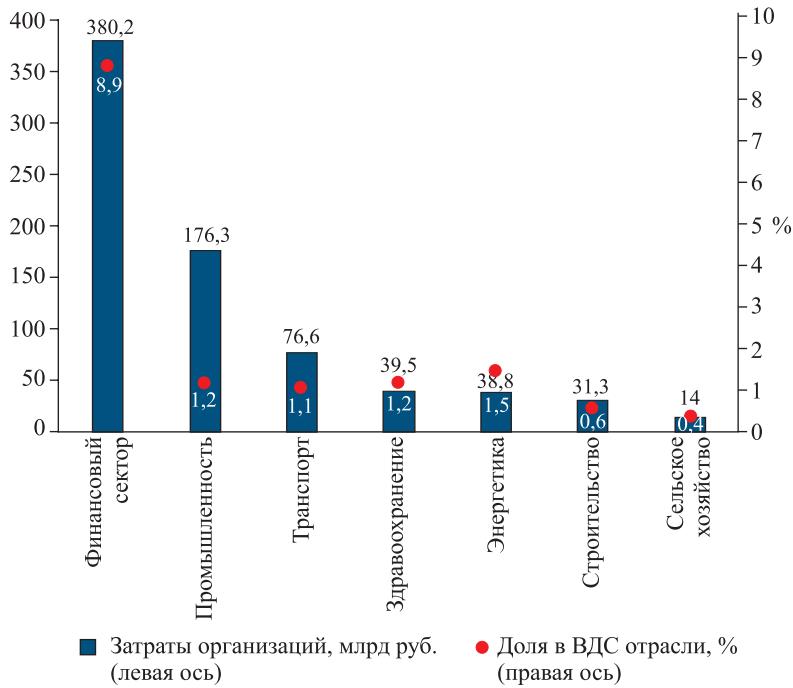


Рис. 3. Затраты организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг по отраслям, 2019 г.

Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата.

Те же отрасли лидируют по индексу цифровизации. Таким образом, неравномерность финансирования в значительной степени определяет различия в достигнутом уровне цифровизации.

7. Развитие регулирования. Динамика распространения передовых технологий в различных отраслях, как правило, опережает скорость трансформации нормативной правовой базы. Здесь возникает двойственная задача. С одной стороны, необходимо создавать прозрачные и стабильные «правила игры», а с другой — обеспечить гибкость регулирования и тем самым его устойчивость и актуальность в быстро меняющихся условиях. Исходя из этого, можно условно выделить два подхода к развитию регулирования, которые не взаимоисключают, а наоборот, часто дополняют друг друга.

Первый нацелен на выстраивание устойчивой системы регулирования отношений в сфере цифровизации и повышение конкурентоспособности национальной юрисдикции за счет снятия правовых барьеров, минимизации рисков для участников рынка, формирования эффективных механизмов налогообложения и стимулирования ИТ-компаний, разработки и адаптации стандартов в сфере цифровых технологий. Недавним примером создания таких условий в России может служить реализация «налогового маневра» в ИТ-отрасли.

Второй предполагает создание гибких регуляторных механизмов, которые позволяют ускорить процесс тестирования и коммерциализации цифровых решений в отраслях. Одним из таких инструментов являются экспериментальные правовые режимы (или регуляторные песочницы), доступные в нашей стране в таких сферах, как телемедицина, беспилотный транспорт, сельское хозяйство, промышленность, финансы, дистанционная торговля, строительство, государственные услуги. Другой пример — живые лаборатории, в рамках которых осуществляется пилотирование технологий с высоким уровнем готовности для решения отраслевых задач и обеспечения их быстрой коммерциализации.

Радикальные и быстрые изменения в сфере цифровых технологий порождают регуляторные вызовы, актуальные для всех отраслей. Одну из сквозных развилок можно охарактеризовать как «безопасность» (для граждан) vs. «свобода эксперимента» (для технологических компаний). Здесь речь идет и о национальной

безопасности, и о защите персональных данных, и об этических вопросах, связанных, в том числе, с распространением ИИ. Регуляторные условия в рамках данной дилеммы могут как стимулировать, так и блокировать развитие отдельных направлений, чему есть ряд примеров в российской и международной практике. Так, при обработке данных видеокамер в мире формируются два противоположных вектора: масштабное применение технологий компьютерного зрения для распознавания лиц граждан (Китай) и полный запрет на распознавание лиц (Сан-Франциско). Обеспокоенность вопросами этики в связи с этим спровоцировала волну регуляторных изменений: более 60 юрисдикций в мире сформировали новые подходы к обеспечению сохранности личных данных вслед за введением Общего регламента о защите данных (GDPR) Евросоюза.

Специфические задачи регулирования вытекают из особенностей конкретных отраслей. К примеру, распространение электронного документооборота (одно из базовых условий цифровизации) наталкивается на нормативные ограничения в отдельных секторах. В здравоохранении при внедрении цифровых платформ для обработки медицинской информации на первый план выходит конфиденциальность персональных данных. В транспортной отрасли такие ограничения становятся барьером для мультимодальных перевозок: разные виды транспорта, разное регулирование и круг участников затрудняют унификацию транспортных документов.

В совокупности рассмотренные факторы определяют уникальную траекторию цифровой трансформации секторов — то, каким образом технологические тренды реализуются и формируют добавленную стоимость в приложении к бизнес-задачам. Интегральная картина по каждой анализируемой в докладе отрасли представлена ниже и дает ответы на следующие вопросы:

- Какие технологические тренды и перспективные бизнес-модели лягут в основу цифровой трансформации?
- Что это даст отраслям?
- С какими препятствиями предстоит столкнуться?
- Как можно ускорить распространение цифровых технологий, какая поддержка требуется?

Промышленность

В чем заключается цифровая трансформация? На какие технологические решения опирается?

индустрия 4.0
цифровые, умные, виртуальные фабрики
жизненный цикл продукта
промышленный Интернет вещей (IIoT)
компьютерное моделирование
виртуальные испытания
цифровые двойники
киберфизические системы
цифровые платформы
предиктивное обслуживание
промышленные аватары
аддитивные технологии

В основе цифровой трансформации промышленности лежат схожие концепции «Индустрия 4.0» (Industry 4.0) и «фабрики будущего», включая цифровые (digital), умные (smart) и виртуальные (virtual) фабрики [European Commission, 2018; НТИ, 2021]. Они предполагают цифровизацию всего жизненного цикла изделий (от концепт-идеи, проектирования, производства, эксплуатации, сервисного обслуживания и до утилизации), использование цифровых моделей (двойников) как новых проектируемых изделий, так и производственных процессов, а также распространение цифровых платформ [НТИ, 2021]. Указанные концепции опираются на целый спектр передовых технологий, в первую очередь, виртуального моделирования, Интернета вещей, робототехники, ИИ, больших данных, облачных вычислений, предиктивной аналитики, аддитивного производства и др.

Важнейшим элементом цифровой трансформации промышленности, в первую очередь машиностроения, на этапе разработки продукта является внедрение технологий компьютерного и суперкомпьютерного моделирования и «умных» цифровых моделей (цифровых двойников), создаваемых с учетом целевых характеристик продуктов, с одной стороны, и ресурсных ограничений —

с другой, с последующим проведением виртуальных испытаний, оптимизацией и даже виртуальной сертификацией. Базой для их применения является семейство программных продуктов для проектирования и компьютерного инжиниринга на основе математического и имитационного моделирования (CAD, CAM, CAE и др.), управления жизненным циклом продукта (PLM).

Умные фабрики характеризуются полностью автоматизированным (роботизированным) производством, где управление всеми процессами осуществляется в режиме реального времени и с учетом постоянно изменяющихся условий. Это достигается, в первую очередь, благодаря комбинированию технологий Интернета вещей, анализа больших данных (в том числе генерируемых IoT-устройствами) и информационных систем управления производственными и бизнес-процессами (MES, ICS, ERP, EAS и др.) [ITU, 2019b; ITU, 2019c; Ericsson, 2020]. Киберфизические системы создают виртуальные копии реальных производств, контролируют физические процессы и принимают децентрализованные решения. Такие системы могут самообучаться, самонастраиваться, объединяться в одну сеть [UNIDO, 2019]. Достижение эффекта от воплощения концепции «Индустрия 4.0» возможно только при наличии хорошо налаженных процессов получения и анализа данных, а также обмена ими [European Commission, 2020*d*]. На умных фабриках также широко применяются роботы (в том числе коллаборативные), аддитивные технологии (3D- и 4D-печать), промышленные аватары с управлением через нейроинтерфейсы и другие решения.

В послепродажном обслуживании, которое стали воспринимать как отдельное ценностное предложение и самостоятельный источник дохода, благодаря цифровым технологиям происходит 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 в конечном счете ведет к созданию гибкого и высокоэффективного распределенного сетевого производства на основе цифровых платформ, объединяющих всех участников цепочки создания стоимости в единую экосистему.

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- Индустрия 4.0, или четвертая промышленная революция, — массовое внедрение киберфизических систем в производство.
- «Фабрики будущего» — это определенный тип системы бизнес-процессов, способ комбинирования бизнес-процессов, который имеет следующие характеристики: создание цифровых платформ, разработка системы цифровых моделей как новых проектируемых изделий, так и производственных процессов, и цифровизация всего жизненного цикла изделий [НТИ, 2021].
- Цифровые фабрики (Digital Factory) — системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения начиная со стадии исследования и планирования, когда закладываются базовые принципы изделия, и заканчивая созданием цифрового макета, цифрового двойника (Smart Digital Twin), опытного образца или мелкой серии («безбумажное производство», «всё в цифре») [НТИ, 2021; European Commission, 2018].
- Умные фабрики (Smart Factory) — системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения от заготовки до готового изделия, отличительными чертами которого является высокий уровень автоматизации и роботизации, исключающий человеческий фактор и связанные с этим ошибки, ведущие к потере качества («безлюдное производство») [НТИ, 2021; European Commission, 2018].
- Виртуальные фабрики (Virtual Factory) — объединение цифровых и (или) умных фабрик в распределенную сеть, в том числе на основе информационных систем управления предприятием (Enterprise Application Systems, EAS), позволяющих разрабатывать и использовать в виде единого объекта виртуальную модель всех организационных, технологических,

логистических и прочих процессов на уровне глобальных цепочек поставок и (или) на уровне распределенных производственных активов [НТИ, 2021; European Commission, 2018].

- Сервисная бизнес-модель — бизнес-модель, основанная на сервисных контрактах, предполагающих комплексное предложение изделия и связанных с ним услуг, создающее дополнительную ценность как в момент продажи, так и на протяжении всего срока службы изделия.
- Предиктивное обслуживание — обслуживание, которое предлагает прогнозирование будущего состояния оборудования. На основе данных, полученных опытным путем и в моделях обучения, прогнозируется срок проведения обслуживания или замены компонентов.

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

сокращение издержек
увеличение технологической гибкости
оптимизация бизнес-процессов
ускорение процессов
сокращение срока вывода на рынок
экономия сырья
минимизация отходов

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 (быстро адаптируемое к внешним изменениям) производство.

В сравнении с традиционными подходами, предполагающими изготовление физического прототипа и проведение натурных испытаний, разработка продуктов на основе технологии «цифрового двойника» помогает снизить число ошибок при проектировании и может обеспечивать снижение временны́х, финансовых и иных ресурсных затрат до 10 раз и более [Рабочая группа «Новые производственные технологии», 2019]. Цифровое моделирование и

цифровые двойники также позволяют закладывать в изделия характеристики глобальной конкурентоспособности и высокие потребительские требования, повысить уровень кастомизации.

Промышленное VR-тестирование позволяет оптимизировать время и стоимость разработки, а также улучшать качество продукции. Так, благодаря внедрению цифровых испытаний самолетов на виртуальных полигонах Объединенной авиастроительной корпорации (ПАО «ОАК») удалось почти в 2 раза сократить количество полетов для отладки бортовых систем. Компания «Нортек» также использует виртуальное моделирование в целях контроля качества шин и прогнозирования возможных повреждений.

Применение технологии цифровых двойников производственных процессов позволяет уменьшить число сбоев, избежать простоев и оптимизировать работу предприятий. Благодаря внедрению цифровых двойников можно с 95%-ной точностью прогнозировать реакцию оборудования на эксплуатационные нагрузки, на 5–10% снизить эксплуатационные расходы сложных индустриальных комплексов [OECD, 2019*c*]. Так, ПАО «Газпром нефть» создала цифровые двойники установки гидроочистки бензина каталитического крекинга на Московском НПЗ и установки первичной переработки нефти на Омском НПЗ. Экономический эффект от внедрения системы на НПЗ компании оценивается более чем в 700 млн руб. в год.

Анализ больших данных, в том числе полученных с устройств Интернета вещей, используется для принятия (улучшения) решений, повышения эффективности промышленного производства и логистики, мониторинга состояния основных фондов и их предиктивного обслуживания.

За счет использования промышленных роботов достигается сокращение издержек на персонал, обеспечение стабильно высокого качества продукции, а также увеличение технологической гибкости производства. К примеру, завод Philips по производству бритв (Нидерланды) представляет собой неосвещенное помещение, где установлены 128 роботов, а персонал завода состоит всего из девяти работников.

Главными преимуществами внедрения 3D-печати в промышленности являются увеличение скорости производства и прототипирования, экономия сырья и минимизация отходов. Например, Объединенная двигателестроительная корпорация (АО «ОДК») с 2019 г. использует установку 3D-печати крупногабаритных де-

талей для промышленных газотурбинных двигателей. Основные точки роста 3D-печати в ближайшие годы — это создание новых материалов и 3D-печать металлами.

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

Анализ интенсивности внедрения цифровых технологий для 12 стран из различных регионов мира[5] показал, что для большинства отраслей обрабатывающей промышленности характерен средний и высокий уровень их распространения [OECD, 2019*c*]. Мировыми лидерами в области цифровой трансформации промышленности являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Япония, Южная Корея), Великобритания, страны Европейского союза (Германия, Франция), США и Канада. Так, например, среди крупнейших немецких компаний 91% заявляют об инвестициях в создание цифровых фабрик [PwC, 2020*a*].

Первенство в области роботизации производства и 3D-печати принадлежит странам Азиатско-Тихоокеанского региона и США. Для организации производства широко используются технологии промышленного Интернета вещей (часто применяется при производстве электронного оборудования, например, на заводах General Electric в США) и распределенного реестра (используются для планирования ресурсов промышленных предприятий, в частности, в авиационной промышленности шведской компанией IFS) [OECD, 2020*d*]. Технологии цифровых двойников изделия более распространены в отраслях машиностроения, приборостроения, а технологии цифровых двойников производства — в фармацевтической и медицинской промышленности. Растет спектр областей применения ИИ. Например, данная технология широко применяется в странах Европейского союза для контроля качества лекар-

[5] Исследование проводилось для Австралии, Австрии, Дании, Финляндии, Франции, Италии, Японии, Нидерландов, Норвегии, Швеции, Великобритании и США. В качестве индикаторов использовались: доля инвестиций в оборудование и программное обеспечение по отношению к инвестициям в основной капитал, интенсивность закупок промежуточных товаров и услуг в области ИКТ по отношению к выпускаемой продукции, количество роботов на одного сотрудника, число специалистов в области ИКТ и вовлеченность в электронную торговлю.

ственных средств и поддержки принятия решений в авиационной промышленности.

В России обрабатывающая промышленность является одним из лидеров цифровизации (среди всех отраслей) — согласно оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, индекс ее цифровизации составляет 36 пунктов из 100[6]. В частности, широкополосный доступ к Интернету применяют 90,4% предприятий промышленности, облачные сервисы — 27,6%, ERP-системы — 29,6%, электронные продажи — 19,6%, RFID-технологии — 12%. Вместе с тем по значению индекса цифровизации промышленности мы занимаем лишь 21-е место среди 27 стран, по которым формируются соответствующие данные. Затраты на внедрение и использование цифровых технологий в обрабатывающей промышленности России по итогам 2019 г. составили 158,2 млрд руб. Лидерами по инвестициям в цифровизацию стали предприятия машиностроительного и металлургического комплексов с затратами 82,2 и 49,1 млрд руб. соответственно.

Направления развития российских промышленных компаний соответствуют общемировым трендам, однако темпы реализации цифровых инициатив заметно отстают от темпов ведущих стран. Задержка России в освоении цифровых технологий, по разным оценкам, составляет около 5–10 лет, что обусловлено в том числе негативным влиянием санкций, которые затруднили доступ к передовым зарубежным технологиям.

Лидерами по внедрению и использованию цифровых технологий в обрабатывающей промышленности России стали производство автотранспортных средств, лекарственных средств, металлургическое производство, производство бумаги и бумажных изделий, производство компьютеров, электронных и оптических изделий, электрического оборудования, химических веществ и продуктов. Наиболее роботизированные отрасли в России — автомобильная промышленность, химические и нефтехимические производства. Так, на Тихвинском вагоностроительном заводе для выполнения сварочных

[6] Индекс цифровизации, разработанный ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, характеризует уровень распространения ряда цифровых технологий (широкополосного Интернета, облачных сервисов, RFID-технологий, ERP-систем, технологий электронной торговли) в организациях различных отраслей экономики и социальной сферы. Значение индекса (интегрального показателя) рассчитывается по каждой отрасли как среднеарифметическое долей организаций, использующих каждую из указанных технологий (с округлением до целого значения).

работ, покраски, чистки кузовов перед покраской вагонов применяются более 80 промышленных роботов [TAdviser, 2020*a*]. Компания ПАО «Газпром нефть» заключила с ЦНИИ РТК соглашение о сотрудничестве в области разработки робототехники и систем беспилотного управления. Уже используется робот для загрузки нефтепродуктов в аэродромный топливозаправщик [Газпром нефть, 2021*a*].

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир

Цифровая модель для кластерного производства детской одежды в Китае. Цифровизация деятельности целого кластера легкой промышленности проводилась в рамках Партнерского плана действий по цифровой трансформации — 2020. При поддержке властей города Хуэйчжоу компания Alibaba развернула промышленную интернет-платформу для производства детской одежды, полностью трансформировав традиционное производство в городе. Платформа уже сегодня доступна для 20 тыс. производителей детской одежды, на долю которых приходится половина выручки Китая от продаж в этом секторе. В рамках платформы предусмотрены возможность обмена данными между поставщиками и производителями, реализация закупочных процедур, управление складским хозяйством

Россия

Полностью автоматизированное производство каркасов кабин для грузовиков в городе Набережные Челны (совместное производство ПАО «КамАЗ» и Mercedes — «Даймлер КамАЗ Рус»). Производственная площадка является ярким примером создания настоящей цифровой фабрики: абсолютно все процессы на предприятии (от принятия управленческих решений до контроля технического состояния станков) автоматизированы. Мощность площадки — 55 тыс. кабин в год. Сегодня работу производства обеспечивают всего лишь около 700 человек, хотя, по данным «Ростеха», основного акционера ПАО «КамАЗ», ранее для обслуживания такого же производства потребовалось бы порядка 4 тыс. человек [TAdviser, 2020*a*].

«Цифровой завод» в Ростовской области. Новочеркас-

и продажами. После внедрения указанного цифрового решения ожидается увеличение объема среднегодовых продаж кластера более чем в 1,5 раза: с 63 млрд (8,8 млрд долл. США) до 100 млрд юаней (14,1 млрд долл. США) [The Diplomat, 2020].

Разработка новых моделей автомобилей в Японии. На заводе Nissan технологии виртуальной реальности с помощью 130 миниатюрных механизмов создают тактильные ощущения с учетом выбранной формы и материалов для проектирования автомобиля, а также разрабатывают новые модели, используя технологии графического вывода. Цифровая трансформация позволила сократить временны́е издержки и снизить затраты на создание физических прототипов автомобилей [VentureBeat, 2019].

Автоматизация работы роботизированных систем на производстве электроники в Германии. Интеграционная платформа, осуществляющая обработку данных о производстве, технологии промышленного Интернета вещей и беспроводной связи, позволили заводу Bosch наладить полностью автоматизированную работу ский электровозостроительный завод реализует проект «Цифровой завод» начиная с 2018 г. В настоящее время уже полностью оцифрована конструкторская и технологическая документация, роботизирован ряд рабочих мест и создана система цифрового моделирования технологических операций. В ней особое место уделяется реинжинирингу: оператор надевает костюм с датчиками обратной связи и эталонно выполняет операции, что впоследствии позволяет смоделировать их в виртуальном пространстве. В дальнейшем запланированы работы по реализации проекта умный склад, созданию цифрового двойника завода, внедрению систем вибродиагностики, компьютерного зрения и решений в области промышленного Интернета вещей для мониторинга технического состояния оборудования. Решение задач отладки оборудования позволит на 30% снизить временны́е затраты на подготовку производства [Управление производством, 2020].

логистического цеха, ускорить производство и получить дополнительный доход в размере 1,5 млрд евро [Enterprise IoT Insights, 2019].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ спрос сектора обрабатывающей промышленности на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 41,5 млрд руб. с перспективой роста в 14 раз к 2030 г. до 587,5 млрд руб. (рис. 4).

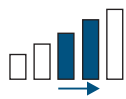
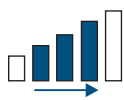


Рис. 4. Спрос на передовые цифровые технологии в обрабатывающей промышленности в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

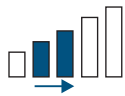
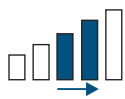
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

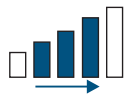
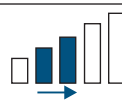
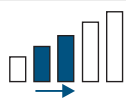
Среди наиболее востребованных промышленным сектором передовых цифровых технологий в будущем — нейротехнологии и ИИ, технологии беспроводной связи, новые производственные технологии и технологии виртуальной и дополненной реальности (табл. 3).

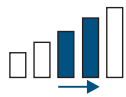
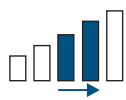
Таблица 3. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в обрабатывающей промышленности

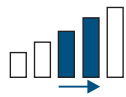
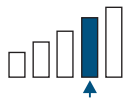
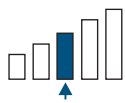
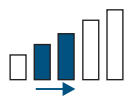
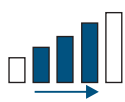
Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		В последние годы наблюдается большой интерес к использованию систем компьютерного зрения в различных промышленных приложениях. Возможности применения компьютерного зрения варьируются от сложных задач проверки или мониторинга до предоставления точной информации о положении и ориентации для конвейерных систем или роботизированных манипуляторов. Компьютерное зрение произведет революцию в производстве в двух областях: контроль персонала в части выполнения требований техники безопасности и адаптивный контроль роботов. Оба направления уже сейчас находятся в разработке или функционируют на промышленных предприятиях. Поскольку человеческое зрение является одним из важнейших сенсорных органов для получения информации об окружающей среде и принятия решений, компьютерное зрение становится основным искусственным органом чувств в областях обеспечения качества в промышленности и контроля траектории мобильных роботов.
Обработка естественного языка		В последнее время приложения для обработки естественного языка стали очень популярными для использования в промышленности. Примерами таких приложений являются

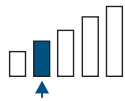
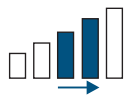
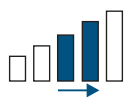
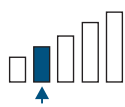
[7] График означает интенсивность изменения уровня использования решений на базе цифровых технологий в отрасли — от очень низкого до очень высокого значения. Стрелка в низу графика показывает направление этого изменения.

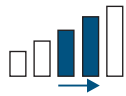
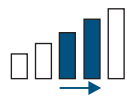
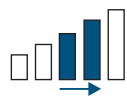
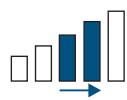
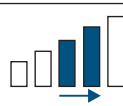
Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
		«семантические» корпоративные поисковые системы, классификаторы документов, распознаватели речи и разговорные ИИ-агенты, также известные как виртуальные помощники, или чат-боты. Последние очень востребованы в сфере обслуживания клиентов для оказания круглосуточной поддержки.
Распознавание и синтез речи		Распознавание и синтез речи в промышленности может быть применен для решения нескольких задач: • голосовое управление роботами и другими устройствами промышленного Интернета вещей; • голосовые отчеты с возможностью их автоматической транскрибации без необходимости задействовать руки сотрудников — могут применяться там, где критически важно одновременно использовать обе руки человека для каких-либо действий и при этом описывать голосом, что происходит.
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		В области автоматизации промышленных предприятий рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений имеют самые широкие возможности применения. Такие системы могут использоваться на верхнем уровне принятия решений в контуре комплексной автоматизации предприятия для предоставления стратегических и оперативных рекомендаций по управлению предприятием во всех аспектах — от материально-технического снабжения и сбыта готовой продукции до управления проектами и процессами, управления кадрами и общего стратегического управления. Вместе с тем можно отметить отдельные задачи для применения этой технологии: • управление роботизированным производством и гибкими производственными системами вплоть до построения заводов-автоматов;

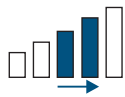
Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
		• управление промышленными отходами и защитой окружающей среды; • прогнозирование, предотвращение и интеллектуальный контроль процессов ликвидации последствий инцидентов и аварий на промышленных предприятиях.
Перспективные методы и технологии в ИИ		Технологии ИИ продолжают использоваться во всех отраслях промышленности для улучшения качества продукции и услуг и снижения затрат. На промышленных предприятиях ИИ сделал скачок от использования полуавтономных роботов-манипуляторов на гибких производственных линиях до управления автономными транспортными средствами, перемещающимися в цехах и между цехами. Перспективные методы и технологии в ИИ позволят превратить промышленные предприятия в заводы-автоматы, выстроенные в виде производственно-экономических цепочек для оптимизации отраслей промышленности.
Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг		Перспективными направлениями использования нейротехнологий в промышленности являются оперативное управление сложными промышленными объектами, создание поддерживающих инструментов для распределенных групп. Для опасных производств или мест, куда человек по физическим причинам попасть не может, прогнозируется использование виртуальных человекоподобных персонажей — так называемых аватаров — в промышленных приложениях.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных. Технологии обеспечения целостности		Уже сегодня промышленность активно внедряет технологии распределенного реестра в свои бизнес-проекты. К примеру, они применяются такими компаниями, как «Газпром нефть», «Полипластик», «Сургутнефтегаз» и Объединенная металлургическая компания, «Норникель», Petroleum Trading, и рядом других.

Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
и непротиворечивости данных (консенсус). Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)		Средний уровень текущего использования решений на базе таких технологий обусловлен сложностью интеграции имеющихся на предприятиях разнородных систем (PLM, PDM, CAM, CAD и др.), а также отсутствием высококвалифицированных кадров (ИТ-директоров, директоров по цифровому развитию). С учетом перспективных задач в области формирования цифровой экономики и выполнения приоритетных национальных проектов потребуется интеграция систем на основе новых архитектур и стандартов для создания цифровых предприятий.
Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)		Средний уровень текущего использования решений на базе таких технологий обусловлен сложностью интеграции имеющихся на предприятиях разнородных систем (ERP, MES, MDM и др.), а также потребностью в высококвалифицированных кадрах (ИТ-директоров, директоров по цифровому развитию). С учетом перспективных задач в области формирования цифровой экономики и выполнения приоритетных национальных проектов потребуется интеграция систем на основе новых архитектур и стандартов для создания цифровых предприятий.

Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
Манипуляторы и технологии манипулирования		В настоящее время технологии манипулирования широко используются на промышленных предприятиях. В связи с развитием цифровой экономики и «Индустрии 4.0» в перспективе будет достигнут высокий уровень использования манипуляторов на цифровых предприятиях и производствах.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Уже в настоящее время средства коллаборативной робототехники активно используются в промышленности. Использование коботов в одном рабочем пространстве повышает скорость производственных процессов. Такого рода системы используются при сборке и заклепке. Увеличение доли рынка может происходить за счет повышения автономизации роботов и их интеллектуализации.
Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования		Точное позиционирование и формирование движений роботов-манипуляторов используются на производствах. Большинство фирм-производителей либо уже использует, либо планирует использовать робототехнические комплексы данного класса.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		Использование сенсоров в технологической цепочке позволит в полной мере применять новые производственные технологии, включая Индустрию 4.0, а также бережливое производство. Формирование перестраиваемых производственных роботизированных ячеек позволит быстро переналаживать производство на другие виды продукции и отслеживать качество продукции за счет обработки разнородных сенсорных данных
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Использование сетей WAN на базе сетей 5G лицензируемого спектра является единственным возможным вариантом поддержки беспроводной связи для реализации качественно

Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
		новых услуг в промышленности по автоматизации производств. Текущие реализации на базе сетей WLAN нелицензируемого спектра не имеют возможности поддержки критических услуг.
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Развитие LPWAN в ближайшей перспективе будет происходить органично. Разные сети LPWAN имеют разные особенности, поэтому могут эффективно взаимодействовать и дополнять друг друга, позволяя комбинировать выполнение сценариев и задач, в том числе обеспечение беспроводного доступа в нелицензируемом спектре для приложений, связанных с нишевыми услугами, где необходима передача телеметрии.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Использование сетей WLAN в России де-факто уже является стандартом в промышленности. Сети WLAN развернуты на большом количестве заводов и фабрик, 2021 г. станет годом взрывного роста. Сегодня большинство сетей используется для передачи данных на последней миле, однако присутствует устойчивая тенденция к развертыванию систем автоматизации производства на базе сетей WLAN.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Технологии RFID достаточно широко применяются в различных отраслях промышленности, и масштабы их применения стабильно увеличиваются. Такие технологии все чаще используются в комбинации с решениями WLAN и прочими, что позволило существенным образом расширить области их применения.
Спутниковые технологии связи (СТС)		Применение передачи данных при помощи СТС в области промышленности достаточно ограничено в силу технико-экономических показателей. Высокого роста в данном сегменте не ожидается, в связи с чем оценка роли технологии в дальнейшем развитии этого сектора экономики является низкой.

Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Средства разработки VR/AR-контента и технологии совершенствования пользовательского опыта (UX) со стороны разработчика		Высокая востребованность конечных технологий VR/AR будет способствовать увеличению спроса на универсальные среды разработки и инструменты комплексного создания решений для VR/AR, а также универсальные форматы представления данных.
Платформенные решения для пользователей: редакторы создания контента и его дистрибуции		В расширении использования VR/AR-технологий на промышленных предприятиях важную роль играет создание универсальных инструментов для создания, редактирования и доставки контента в VR/AR, включая библиотеки шаблонов и цифровых объектов, способствующих упрощению и ускорению создания VR/AR-контента и его дистрибуции.
Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии		Технологии захвата движений и в VR/AR, и в фотограмметрии обладают высокими перспективами использования при построении пространственных моделей, что обусловливает ожидаемое повышение спроса на них в будущем.
Интерфейсы обратной связи и сенсоры для VR/AR		Примерно треть разработчиков VR/AR фокусируется на образовательных продуктах, в соответствии с чем ожидается повышение спроса на интерфейсы обратной связи для решений в области обучения персонала как важнейших компонентов повышения результативности образовательных программ.
Технологии графического вывода		С расширением внедрения VR-решений на промышленных предприятиях станет особо актуальным вопрос качественного графического вывода, так как существующие VR-шлемы существенно ограничены по времени пребывания в симуляции (менее 1 ч), качеству изображения

Технология	Изменение спроса[7]	Экспертное обоснование
		(эффект москитной сетки), комфорту восприятия 3D-объектов с помощью варифокальности.
Технологии оптимизации передачи данных для VR/AR		Учитывая, что при растущем спросе на VR/AR-технологии на промышленных предприятиях существующие средства связи и протоколы передачи данных не способны обеспечить задержку ниже необходимой для комфортного пребывания в VR/AR-симуляции (менее 20 мс), ожидается повышение спроса на решения по оптимизации передачи данных для VR/AR.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

единая цифровая среда (ГИСП)
регуляторика
проектная поддержка (заемное финансирование)
субсидирование цифровых платформ и продуктов
НТИ «Технет»

На сегодняшний день сформирована система мер поддержки цифровизации промышленности, включая:

- ведомственный проект «Цифровая промышленность», предусматривающий развитие регуляторной среды, возможностей платформы ГИСП [Минпромторг России, 2020];
- программу Фонда развития промышленности «Цифровизация промышленности», по которой предоставляется заемное финансирование конкретных проектов на сумму от 20 до 500 млн руб. по льготной ставке от 1 до 3% [ФРП, 2020];
- субсидирование возмещения части затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов [ГИСП, 2021], по которой планируется выделять по 2 млрд руб. в год.

С учетом внебюджетных источников совокупное финансирование реализованных и реализуемых в настоящее время профильных проектов цифровизации промышленности составляет около 430 млрд руб. (из них: около 57 млрд руб. — средства бюджетов различных уровней, около 374 млрд руб. — средства предприятий и око-

ло 11 млрд руб. — заемные средства) [Минпромторг России, 2020]. Однако эффективность бюджетных ассигнований на задачи цифровой трансформации промышленности определяется не только внебюджетным обеспечением этих ассигнований, но и наличием принципиальных условий создания цифровой экосистемы предприятия, интегрированной структуры, отрасли и сектора экономики.

Важную роль в цифровой трансформации российской промышленности и создании фабрик будущего играет Национальная технологическая инициатива. В рамках «дорожной карты» «Технет» ведется работа над формированием тестовых полигонов (TestBeds), экспериментально-цифровых центров сертификации, информационных систем планирования и диспетчеризации производства, открытой облачной программной платформы проектирования, платформы предсказательной аналитики для индустриального Интернета вещей и др.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации отрасли

1. 10 показателей, входящих в оценку «цифровой зрелости» отрасли «Промышленность» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», федеральные проекты «Нормативное регулирование цифровой среды» и «Цифровые технологии» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2019].

3. Ведомственный проект «Цифровая промышленность» (проект) [Минпромторг России, 2020].

4. План мероприятий («дорожная карта») «Технет 4.0» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы [Президиум Совета при Президенте РФ, 2017; МРГ при Правкомиссии, 2021].

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

консервативность
высокая стоимость проектов

недостаточная зрелость текущих процессов
низкий уровень автоматизации
низкая оцифровка данных
риск информационной безопасности

Цифровизация охватывает многие отрасли промышленности, однако некоторые из них еще не готовы к цифровой трансформации.

На скорость внедрения цифровых технологий на промышленных предприятиях влияют как внутренние возможности организации (кадровый потенциал, технологический уровень производства и др.), так и внешние — уровень конкуренции в индустрии, доступность технологий и капитала, а также развитие законодательства.

Ключевым барьером, препятствующим полномасштабному внедрению на производстве цифровых технологий, стала нехватка у предприятий финансовых ресурсов и высокая стоимость проектов в этой сфере. Сочетание этих двух факторов делает затруднительным для компаний увеличение расходов с целью интенсивного запуска цифровой трансформации.

Кроме того, довольно значимые препятствия — это недостаточная цифровая зрелость текущих процессов, низкий уровень автоматизации, отсутствие компетенций и низкий уровень ИТ-грамотности сотрудников. Промышленные предприятия также отмечают недостаточный уровень развития автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Сдерживающим фактором также является низкий уровень развития практик работы с данными. Как правило, на предприятиях данные собираются, обрабатываются и используются в сравнительно небольших объемах, их отличает в целом довольно плохое качество. Зачастую на производственных предприятиях данные хранятся в собственных уникальных или устаревших форматах либо зашифрованы, что значительно усложняет получение полезной информации из них. В будущем управление данными станет критичным для цифровой трансформации промышленности.

Один из барьеров, тормозящих цифровую трансформацию, — консервативность некоторых отраслей промышленности. При том что широкомасштабное внедрение цифровых технологий открывает массу новых возможностей и перспектив, в авиастрое-

нии, к примеру, подобные изменения внедряются постепенно и очень осторожно, так как слишком велики ответственность и цена ошибки.

Также среди препятствий цифровой трансформации — риски информационной безопасности, снижение количества рабочих мест и временное ухудшение управляемости на производстве. Тем не менее большинство руководителей промышленных предприятий считают, что цифровая трансформация влечет за собой гораздо больше возможностей, чем угроз.

Как ускорить? Какая поддержка критична?

внедрение технологий Индустрии 4.0
подготовка кадров
инфраструктура цифрового взаимодействия
стимулирование полноценной локальной цифровизации
гибкий мониторинг проблем и успехов цифровизации
активный диалог с производством

В промышленность входит множество отраслей, различающихся между собой по преобладающим бизнес-моделям и месту в цепочке создания стоимости, технологическому уровню и цифровой зрелости, готовности организаций к изменениям, особенностям формирования и использования данных, экономической ситуации и другим параметрам. Это требует дифференцированных подходов к государственной поддержке цифровой трансформации различных отраслей промышленности, учитывающих специфику каждой из них. Кроме того, зачастую цифровая трансформация может осуществляться только через последовательное прохождение необходимых этапов внедрения цифровых технологий на пути к полноценной «цифровой зрелости» предприятия и секторов в целом.

Задача осложняется еще и тем, что многие взаимосвязанные цифровые технологии должны внедряться одновременно. Так, для организации эффективного производства с большим количеством переделов и многократной интеграцией конечного продукта (самолетостроение, судостроение, автомобилестроение и т.д.) крайне важно внедрение PLM, MES и ERP-систем. Однако эффективные

ERP-системы невозможно внедрить без масштабного развертывания MES-систем[8].

Кроме того, цифровая трансформация промышленности часто требует встраивания целого комплекса новых технологий в неадаптированные инфраструктурные условия. Например, прорыв по отдельным технологическим направлениям (электромобильность и т.д.) может быть нивелирован отсутствием городской, дорожно-транспортной (и иной) инфраструктуры для их реализации, с одной стороны, и низкой заинтересованностью конечного потребителя в самом продукте — с другой.

Для ускорения цифровой трансформации промышленности целесообразна реализация таких мер, как:

- стимулирование полноценного развертывания «локальной» цифровизации (внедрение и практическая оптимизация цифровых технологий во всех базовых производственных процессах каждого конкретного предприятия);
- снятие проблем ацикличной цифровизации (проектная помощь предприятиям в устранении пробелов внедрения цифровых технологий в их производственных и обеспечивающих циклах);
- обеспечение гибкого мониторинга проблем и успехов цифровизации и активного диалога с производством;
- для российского бизнеса — это разработка стратегии внедрения цифровых технологий, наем и обучение профильных кадров, сотрудничество с цифровыми компаниями и исследовательскими центрами. При внедрении цифровых технологий сначала необходимо определить, какого результата нужно достичь, а также определить источники создания ценности, а затем переходить к выбору конкретной технологии для внедрения, т.е. исходить из бизнес-задач;
- для государства — создание единой долгосрочной стратегии модернизации промышленности с применением технологий Индустрии 4.0, подготовка цифровых кадров, содействие развитию цифровых компаний;

[8] Именно внедрение ERP-систем обусловливает масштаб отставания индекса цифровизации обрабатывающей промышленности России от индексов ведущих стран Европы (расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ на основе данных Росстата).

- построение инфраструктуры цифрового взаимодействия всех субъектов промышленного производства на межотраслевом уровне. Такое решение позволило бы объединить технологии и сервисы, востребованные субъектами промышленного производства и потребителями продукции.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в обрабатывающей промышленности на 20,2% до 2030 г. (накопленным итогом).

Топливно-энергетический комплекс

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

цифровой upstream
цифровое месторождение
цифровой downstream
цифровая шахта
цифровой карьер
цифровая подстанция
умные сети

Цифровая трансформация ТЭК представляет собой ключевой инструмент повышения эффективности в условиях быстро меняющегося рынка, растущей конкуренции и ужесточения экологических требований. Цифровизация — не новое явление для отрасли, однако ее новый виток меняет сложившуюся архитектуру взаимодействия между участниками. Происходящие процессы обеспечивают автоматизацию рутинных и опасных операций, перевод в цифровую среду физических и бизнес-процессов, сквозную интеграцию всех процессов и более гибкое управление. При этом цифровая трансформация имеет свои особенности в каждом из сегментов ТЭК.

Для разведки различных видов ископаемых энергоресурсов применяют технологии виртуальных поисковых и разведочных работ, дистанционного зондирования земли и новые геоинформационные системы на основе 3D-моделирования.

В нефтегазовом секторе цифровая трансформация ориентирована на сохранение уровня добычи ресурсов, а также повышение маржинальности и снижение затрат при их переработке. В этом сегменте реализуются такие проекты, как «цифровой upstream» (например, когнитивные системы поддержки экспертных решений), «цифровое месторождение» (с фокусированием на трудноизвлекаемых запасах) и «цифровой downstream» (например, интегрированное управление цепочкой создания стоимости) [Infosys, 2019]. Так, реализация проектов «цифрового месторождения» предполагает цифровизацию всех основных производственных объектов: механизированного фонда скважин, трубопроводного транспорта, системы подготовки нефти, системы управления заводнением нефтяного пласта, системы мониторинга трубопроводов, системы мониторинга и управления различными объектами отрасли. Для этого используется комплекс технологических решений, включающий 3D-визуализацию, цифровых двойников, удаленное управление технологическими объектами, устройства Интернета вещей с функцией передачи данных для обеспечения безопасности работников — «умные» каски, газоанализаторы, датчики окружающей среды, датчики пульса и местоположения.

В угольной отрасли стоит задача оптимизации производственной цепочки от добычи до поставки ресурсов потребителю. Реализуются проекты «цифровая шахта», «цифровой карьер», «цифровое управление цепочкой поставок» [Barnewold, Lottermoser, 2020]. Инфраструктура коммуникаций и обработки данных может включать корпоративную сеть Wi-Fi с технологиями геолокации и газоизмерительными приборами для удаленного мониторинга работников, оборудования и качества воздуха в руднике [Dprom.online, 2020]. Полученные с объектов данные и математические модели используют для принятия решений при поддержке технологий ИИ. В перспективе планируется внедрение гибких роботизированных систем.

В электроэнергетике цифровая трансформация направлена на повышение надежности электроснабжения, ограничение роста цен на электроэнергию, а также развитие новых форматов (сервисов) взаимодействия с потребителями. Основным направлением в этом сегменте является поэтапное формирование умных сетей на национальном и местном уровне. Генерация, распределение, пе-

редача и потребление энергии отслеживаются в режиме реального времени благодаря умным устройствам, поставщики и потребители энергии тестируют различные схемы «управления спросом». Также реализуются проекты в сфере управления и мониторинга надежности энергоснабжения; создаются платформы для сбора, обработки и использования больших данных (для прикладных и исследовательских целей); решаются задачи прогнозного стратегического и инвестиционного планирования [DNV GL, 2019].

Широкое распространение в электроэнергетике получили цифровые подстанции — системы с высоким уровнем автоматизации управления технологическими процессами, оснащенные передовыми информационно-технологическими и управляющими системами и средствами. В такой подстанции все процессы информационного обмена между внутренними элементами и с внешними системами, а также управление работой подстанции осуществляются в цифровом виде [Цифровая подстанция, 2018].

Цифровизация усиливает появившиеся ранее тренды, связанные с развитием децентрализованных энергосистем, интеграцией больших объемов «зеленой» электроэнергии в сеть и расширением спектра межотраслевых технологий (таких как Vehicle-to-Grid). Более важную роль начинают играть потребители энергии, а энергетические компании предлагают кастомизированные решения и услуги полного цикла (Energy-as-a-Service). Это обеспечивает высокую прослеживаемость энергоресурсов — будь то нефть или «зеленая» электроэнергия.

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- «Энергия как услуга» (Energy-as-a-Service) — новая бизнес-модель обслуживания полного цикла, в рамках которой клиенту предоставляется аппаратное и программное обеспечение и энергетические услуги [Deloitte, 2019*б*].
- «Умная микросеть» — локальная распределительная электроэнергетическая сеть, которая может работать в том числе автономно, объединяет все элементы (генерацию, передачу и хранение) и способна реагировать на динамические изме-

нения в поставках энергии благодаря когенерации и управлению спросом [Avancini et al., 2019].

- «Добыча как услуга» (Mining-as-a-Service) — модель, при которой сервисная компания осуществляет добычу и переработку полезных ископаемых, а владелец прав на ресурсы — их продажу конечному покупателю. Важной характеристикой модели является построение широкой партнерской сети [Dunbar et al., 2020].

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

энергоэффективность
оптимизация производства
снижение издержек
снижение потерь
снижение аварийности
снижение трудозатрат
увеличение добычи
повышение КИН

Цифровая трансформация направлена прежде всего на повышение конкурентоспособности отраслей ТЭК. Цифровые технологии применяются с целью увеличения добычи ископаемых энергоресурсов, снижения потерь по всей производственной цепочке, минимизации издержек и трудозатрат, повышения безопасности, сокращения негативного воздействия на окружающую среду и климат.

По результатам пилотных цифровых проектов электроэнергетические компании-пионеры добились увеличения выручки на 2–3%, снижения капитальных затрат на 4–5%, операционных расходов — на 2–7% (в зависимости от категории) [Roland Berger, 2020]. К 2024 г. цифровая трансформация в российской электроэнергетике, как ожидается, приведет к снижению продолжительности перерывов электроснабжения и средней частоты технологических нарушений на 5%, снижению аварийности на объектах на 20% благодаря повышению уровня технического состояния произ-

водственных фондов [Минэнерго России, 2019*б*]. Среди неочевидных эффектов — усиление конкуренции вследствие устранения монополий.

В целом снижение себестоимости добычи на умном месторождении оценивается от 7–10 до 20% за счет оптимизации работ и снижения недоборов, а также обеспечения оптимального технологического режима добычи [Нефтегазовая вертикаль, 2018]. В отечественном нефтегазовом комплексе на «цифровых месторождениях» ожидается повышение коэффициента извлечения нефти (КИН) на 5–10%, снижение операционных затрат на 10% и капитальных затрат — до 15%. Дистанционное управление объектами позволяет добывающим компаниям повышать энергоэффективность процессов добычи и снижать логистические издержки.

«Цифровая шахта» позволяет повысить безопасность процессов и принимать решения на основе анализа данных в режиме реального времени. В угольной промышленности России цифровые технологии обеспечат увеличение добычи подземным и карьерным способом на 5–7% и повышение уровня безопасности ведения горных работ [Минэнерго России, 2019*б*].

Внедрение единой системы сбора и анализа данных технического состояния инфраструктуры и персонала ТЭК позволит предотвращать внештатные ситуации, а в случае их возникновения — принимать оперативные решения. Использование систем предиктивного анализа позволит сократить операционные затраты компаний на 10% [Минэнерго России, 2018*а*; Минэнерго России, 2019*б*].

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

Ведущие энергетические компании мира продолжают инвестировать в цифровые решения и к настоящему времени вышли на новый уровень трансформации. Если первый этап цифровизации в электроэнергетике был связан с развитием отдельных направлений, то следующий характеризуется сквозным внедрением цифровых решений вдоль всей технологической цепочки. Цифровые технологии используются для прогнозирования и моделирования различных процессов, объектов и событий; проектирования (дизайна) и мо-

дернизации оборудования; эксплуатации и управления энергетической инфраструктурой; развития кадрового потенциала.

Текущая повестка цифровизации в электроэнергетике связана с установкой умных счетчиков второго поколения. Ожидается, что в мире к 2028 г. в шести из десяти домохозяйств будут установлены умные приборы учета электроэнергии [Nordic Semiconductor, 2020]. Важной особенностью рынка таких устройств является необходимость их периодического обновления. Первая волна внедрения умных счетчиков началась более 15 лет назад, однако не во всех странах к настоящему времени достигнут 100%-ный охват домохозяйств [Energy Digital, 2020]. Интеллектуализация устройств учета является частью более масштабной концепции Интернета энергии, которая направлена на интеграцию всех участников отрасли на основе современных цифровых решений.

Системная цифровая трансформация предусматривает рост объема чистых источников энергии, декарбонизацию ТЭК, появление децентрализованных (автономных) энергосистем и инфраструктуры в смежных отраслях (например, умной мобильности), расширение спектра цифровых сервисов. В странах — лидерах цифровой трансформации применяется широкий спектр новых решений, включая алгоритмы машинного обучения для предиктивной аналитики, автоматизацию взаиморасчетов между производителями и потребителями энергии с помощью систем распределенных реестров, цифровые сервисы для торговли энергоресурсами [Catapult Energy Systems, 2019; Adeyemi et al., 2020], современные системы энергетического менеджмента и межотраслевые платформенные решения [Di Vaio et al., 2021; Menzel, Teubner, 2020]. В процессы цифровизации вовлекаются все субъекты: потребители, поставщики и партнеры энергетических компаний из смежных областей.

Глобальным трендом, который также начинает проявляться в России, стало объединение энергетических компаний с организациями из других отраслей для разработки инновационных цифровых решений, в том числе в сфере предоставления и оплаты услуг энергоснабжения. В электроэнергетике ведется разработка платформенных решений, позволяющих организовать такое взаимодействие. Значительное внимание уделяется надежности цифровых решений, так как от них зависит безопасность энергетических объектов и надежность энергоснабжения.

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир

Электроэнергетика

Национальная сетевая компания KHP China's State Grid Corp (SGCC) использует цифровые решения для корпоративного управления, повышения эффективности передачи энергии и энергоснабжения, управления спросом.

Анонсировано создание умной электроэнергетической сети на базе Интернета вещей. Кроме того, реализуются проекты по созданию цифровых платформ для сетевого диспетчирования, спотовой торговли (торги на поставку электроэнергии на сутки вперед) электроэнергией, управления спросом, разработки приложений (с использованием больших данных и облачных вычислений) для учета «зеленой» электроэнергии, использования транспортных (электромобилей) и финансовых услуг.

Запускается сеть городских центров обработки данных (ЦОД) для создания интегрированной корпоративной

Россия

Нефтегазовый сектор

«Газпром нефть» реализует комплекс цифровых решений в сфере добычи, переработки, логистики (поставок топлива) и развития персонала. Разработка цифровых проектов осуществляется кросс-функциональными командами из единого центра «Цифергауз», расположенного в Санкт-Петербурге. Помимо проектов, находящихся на этапе реализации или планирования, проводятся исследования и разработки в области ИИ, управления роботами и беспилотниками, 3D-печати, создания промышленных гаджетов и датчиков телеметрии.

В области добычи реализуются цифровые решения для поиска и освоения месторождений углеводородов, технологии удаленного управления бурением, промышленной автоматизации и др. К примеру, компания создает интегрированную цифровую модель Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения, которая объединит блок геологии и разработки

информационной системы и облачной платформы. Собственные ЦОД позволят перевести различные процессы в защищенную облачную среду, ускорят и автоматизируют обработку данных [Huawei, 2018].

Новые решения компании реализуются не только внутри страны, но и за рубежом. К примеру, в соответствии с соглашением с ПАО «Россети» компания SGCC будет содействовать реализации цифровых решений в российской электроэнергетической сети, а также обеспечит локализацию производства необходимого для развития активно-адаптивной сети оборудования [РИА Новости, 2020].

месторождения, блок добычи, к которому относятся конструкции и глубинное оборудование скважин, и блок наземной инфраструктуры.

В области логистики оператор авиатопливного бизнеса компании «Газпромнефть-Аэро» создал собственную цифровую блокчейн-платформу Smart Fuel, которая позволяет проводить моментальную оплату авиазаправки, сокращая время взаиморасчетов с 4–5 дней до 15 с. Проект реализуется совместно с партнерами: авиакомпанией Smartavia и банками ВТБ и Райффайзенбанк [Газпром нефть, 2021*а*].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос ТЭК на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 30,7 млрд руб. с перспективой роста в 13,5 раза к 2030 г. до 413,8 млрд руб. (рис. 5).

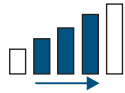
Среди наиболее востребованных в ТЭК передовых цифровых технологий в будущем — ИИ, системы распределенного реестра и новые производственные технологии, технологии беспроводной связи (табл. 4).

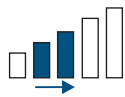
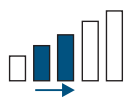


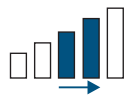
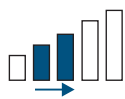
Рис. 5. Спрос на передовые цифровые технологии в ТЭК в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

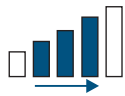
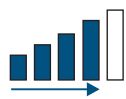
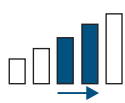
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

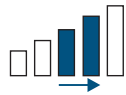
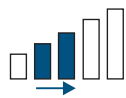
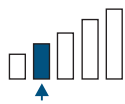
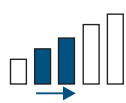
Таблица 4. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в ТЭК

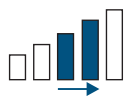
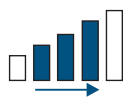
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		Одной из сфер применения данной технологии является автоматизация контроля исполнения требований техники безопасности персоналом электростанций и сотрудниками, обслуживающими линии электропередач. Решения на основе компьютерного зрения востребованы при обследовании робототехническими системами помещений и участков карьеров, месторождений, трубопроводов, линий электропередач и электростанций для

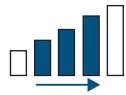
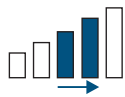
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		поиска различного рода проблем, в особенности в опасных или недоступных для людей местах. Помимо этого, дальнейшее развитие ожидается в сфере транспортировки энергоресурсов — для контроля состояния линий электропередач и трубопроводов при помощи дронов. В перспективе технологии компьютерного зрения будут применяться для контроля состояния всех объектов инфраструктуры, а также для мониторинга погоды при помощи анализа спутниковых снимков. Основной задачей использования данной технологии станет формирование системы предиктивного обслуживания инфраструктурных объектов на основе указанных данных.
Обработка естественного языка		На объектах энергетической инфраструктуры существует потребность в модернизации системы диспетчеризации электропитания и повышения эффективности мониторинга информации. Существующие системы получают множество сложных и нерегулярных сигналов, однако не способны их правильно интерпретировать. Современные методы компьютерной обработки естественного языка, в том числе с помощью нейронных сетей, обеспечивают мониторинг объектов и транспорта (передачи) энергоресурсов, а также выявление внештатных ситуаций благодаря точному анализу характеристик информационного сообщения, их предварительной обработке и формированию модели идентификации события. Еще одной сферой применения данной технологии является автоматизация обеспечивающих процессов при помощи чатботов, что требует наличия специализированных словарей. В дальнейшем рынок решений в отрасли будет расти умеренными темпами.
Распознавание и синтез речи		Одна из немногих задач применения данной технологии в энергетике — «высвобождение» рук рабочего, находящегося на высотных работах на опоре электропередачи или в шахте,

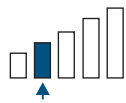
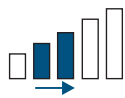
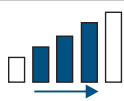
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		которому необходимо одновременно фиксировать какую-либо информацию. Для этого может использоваться мобильное устройство с возможностью распознавания речи, которое сразу переводит слова в текст и передает их в центральную систему управления для использования в процессах поддержки принятия решений.
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		В ТЭК рекомендательные системы и системы поддержки принятия решений используются для оптимизации распределения электроэнергии по сетям и потребителям, управления мощностями для хранения и транспортировки электроэнергии, мониторинга работы оборудования и его ремонта «по состоянию», оптимизации процессов добычи ископаемых энергоресурсов и сокращения простоев в работе добычного оборудования. В перспективе использование данных технологий в отрасли расширится.
Перспективные методы и технологии ИИ		Энергетические компании (например, в угольной отрасли) используют полученные с помощью умных датчиков и других приборов данные с объектов и математические модели для принятия решений на основе технологий ИИ. Интернет энергии позволяет обеспечить гибкое взаимодействие между потребителями и поставщиками энергии, в том числе без участия человека. В последнее время технологии ИИ также используют для системного моделирования, прогнозирования, оптимизации процессов. Передовые решения на основе ИИ позволят снизить волатильность выработки электроэнергии из возобновляемых источников, повысить качество прогнозирования выработки электроэнергии (на основе метеоданных), ее спроса и предложения, а также повысить эффективность использования объектов энергетической инфраструктуры, включая микросети.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных. Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус). Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		Указанные технологии позволяют осуществлять торговлю мощностями, планировать потребление, вводить штрафные санкции за нарушение установленных требований. На сегодняшний день энергетические компании отличаются высоким уровнем автоматизации процессов, что позволяет сократить цикл планирования и управления производственными процессами, сократить и автоматизировать цикл планирования, включать в цепочку поставок новые небольшие компании. Блокчейн-платформы позволяют быстро планировать потребление и поставки энергии, осуществлять расчеты за энергоснабжение и поставки топлива, в том числе на уровне отдельных потребителей, обеспечивая безопасность каждой транзакции. В дальнейшем спрос на технологии распределенных реестров возрастет.
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые вычисления		В перспективе квантовые методы расчетов могут быть востребованы в энергетике. Создание квантовых алгоритмов среди прочего ускорит решение задач атомной энергетики, в том числе моделирование процессов, создание материалов, решение логистических задач. Основным барьером развития квантовых технологий является низкий уровень готовности технологий.
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или про-		Данные технологии применяются для проектирования и эксплуатации сложных технических объектов, таких как месторождения, электростанции и др. Цифровые двойники позволяют оптимизировать работу и обслуживание инфраструктуры. В перспективе, учитывая сложность технических объектов, уровень использования данной технологии существенно возрастет.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
дукции (Smart Design)		
Технологии умного производства (Smart Manufacturing)		В последние годы темпы внедрения технологий умного производства в области проектирования и эксплуатации объектов энергетической инфраструктуры возрастают. Организации ТЭК используют системы автоматизации (ERP, MES, MDM) и технологии управления жизненным циклом объектов энергетической инфраструктуры. Они позволяют в единой среде интегрировать работу всех участников, включая производственные объекты, конструкторские и строительные компании, сервисные компании. В дальнейшем обозначенные тенденции сохранятся.
Манипуляторы и технологии манипулирования		Манипуляторы в энергетике используют на сложных объектах, работа на которых сопряжена с высокими рисками для работников, а также в случае возникновения аварий и инцидентов. Манипуляторы широко используются в нефтегазовой отрасли, например, для инспекции и очистки промышленных сооружений.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Добыча энергоресурсов и обслуживание объектов энергетической инфраструктуры (например гидроэлектростанций) могут быть сопряжены с высокими рисками для персонала, что стимулирует использование робототехнических решений. Для решения этих задач могут использоваться интерфейсы для человеко-машинного взаимодействия, которые расширяют контроль использования роботов. В перспективе уровень использования указанной технологии увеличится, но не существенно.
Технологии сенсорно-моторной координации		Технологии представляют большой интерес для добывающих и электроэнергетических компаний, чьи промышленные объекты распределены по территории всей страны.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
и пространственного позиционирования		Решения пространственного позиционирования позволяют точно определять координаты предмета, их использование возможно для контроля перемещения сотрудников, техники и обеспечения безопасности. Внедрение таких технологий в комплексе позволит полностью исключить пребывание человека в определенных зонах, оптимизировать эксплуатацию техники, осуществлять добычу на опасных участках. Однако робототехнические средства в энергетике требуют развития систем сбора и обработки данных в реальном времени, а также средств симуляции и эмуляции происходящих процессов.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		Возникающая потребность в местных источниках энергии, включая возобновляемые, обусловливает необходимость развития цифровых платформ для обработки информации, включая объединение и синхронизацию данных, получаемых с сенсоров, установленных у производителей и потребителей энергии.
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Использование сетей WAN (и WLAN) на базе 5G востребовано для корпоративных сетей энергетических компаний, городской энергетической инфраструктуры и «умных» объектов добывающей отрасли. Сети WAN позволят обеспечить безопасную работу операционных решений и надежное соединение не только в городских, но и в удаленных районах, сложных условиях работы. Основным драйвером распространения этих технологий станет появление новых способов генерации и сбора данных в операционной среде с распределенным местоположением. На промышленных объектах сети беспроводной связи являются ключевым элементом, обеспечивающим внедрение систем удаленного управления и автопилотирования техники на основе сети сенсоров, датчиков и контроллеров. Развитие

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		новых протоколов связи дает доступ к нужным сведениям в режиме реального времени, позволяя оперативно реагировать на происходящие события. В перспективе технологии 5G позволят объединять технологические системы, используемые на месторождении, в единую цифровую среду (умное месторождение, умная шахта).
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Технология LPWAN станет основной для развертывания Интернета энергии. Данная концепция подразумевает подключение приборов учета к единой сети для расчета расходов и контроля уровня потребления. Применение LPWAN позволит контролировать практически все параметры различных компонентов умных сетей. Технология используется в крупнейших городах России и в ближайшие годы будет внедряться в большинстве регионов. В добывающей промышленности сети LPWAN являются основой для цифрового месторождения и цифровой шахты, так как позволяют организовать связь между различными элементами на большом расстоянии, в том числе в пересеченной местности и на море.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Создание «умных городов» и умных сетей стимулирует энергетические компании к внедрению умных устройств учета и технологий автоматизации, в том числе на промышленных объектах. Бесперебойное функционирование данных устройств потребует развития технологий беспроводной связи. Решения на основе технологии WLAN позволят развернуть сети для беспроводной передачи данных при помощи сетей Wi-Fi на промышленных объектах, позволяющих подключать не только умные устройства, но и беспилотную технику, роботизированные комплексы.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Технологии RFID на данный момент применяются на объектах энергетической инфраструктуры для осуществления удаленного контроля работников, оборудования и техники. Для быстрого и эффективного проведения данных операций каждый объект, подлежащий учету, маркируется RFID-меткой. Несмотря на возможности RFID-технологий для обеспечения контроля проведения технического обслуживания и ремонта в режиме реального времени, не ожидается существенного роста спроса на данную технологию со стороны ТЭК.
Спутниковые технологии связи (СТС)		Применение технологий передачи данных при помощи спутниковых систем связи в ТЭК ограничено. На рынке присутствуют решения по созданию спутниковых сетей связи для автоматизации систем диспетчерско-технологического управления удаленными объектами энергетической инфраструктуры и информационного взаимодействия сотрудников подразделений и выездных бригад. Однако высокого роста в данном сегменте не ожидается. В перспективе основным направлением для применения может стать использование этих технологий в труднодоступных районах. Ключевыми потребителями станут добывающие компании, которые занимаются разработкой месторождений в удаленных районах.
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Технологии виртуальной и дополненной реальности		Основным направлением развития технологии является создание образовательного контента для подготовки персонала к работе с опасными производственными объектами или к чрезвычайным ситуациям в условиях, приближенных к реальным. Для приобретения пользовательского опыта все чаще применяются инструменты геймификации, т.е. новые, игровые подходы для решения бизнес-задач. Технология дает возможность

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		персоналу отрабатывать навыки работы в карьерах, на месторождениях, нефтеперерабатывающих заводах и нефтебазах, электростанциях. В перспективе ключевой сферой применения станут виртуальные площадки, позволяющие реализовывать различные производственные сценарии и создавать учебные программы. Электроэнергетические и добывающие компании реализуют отдельные проекты по внедрению данных технологий для развития систем удаленного консультирования работников на промышленных объектах. Дальнейшая адаптация решений в этой сфере под нужды организаций ТЭК позволит сократить расходы на профильных специалистов, так как один специалист сможет консультировать нескольких сотрудников, занятых обслуживанием промышленного оборудования. Основным барьером является необходимость обучить сотрудников всех категорий и возрастов. Технологии могут использоваться и для обслуживания энергетической инфраструктуры. Наложение 3D-моделей на детали или оборудование в режиме реального времени позволит снизить временны́е затраты на ремонт и обслуживание объектов. Работники получат возможность мгновенного доступа к оперативной документации, раскрывающей тип актива, историю техобслуживания, набор необходимых действий и др. Внедрение данной технологии значительно упростит эксплуатационные процессы. В перспективе технологии дополненной реальности будут сопряжены с решениями в сфере Интернета энергии, а одновременный сбор данных позволит повысить качество предоставляемой информации для реагирования сотрудников на сбои в работе оборудования. Технологии дополненной реальности все чаще используются в качестве дополнитель-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		ных для существующих цифровых решений (технологий распознавания изображений, вычислительных технологий, устройств Интернета энергии, алгоритмов машинного обучения). Основной задачей станет создание систем постоянного мониторинга эффективности работы оборудования. Технологии оптимизации передачи данных в AR станут ключевыми для обеспечения возможностей выявления поломок и контроля работы оборудования в режиме реального времени. В перспективе важным направлением станет развитие технологий оптимизации передачи данных между различными цифровыми решениями, например, системами дополненной реальности и алгоритмами ИИ. Развитие данной сферы необходимо для расширения возможностей работников по мониторингу состояния оборудования.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

система координации цифровой трансформации
создание условий
инвентаризация энергоресурсов
модернизация оборудования
повышение эффективности
снижение зависимости от импорта
платформенные решения
подготовка кадров
повышение энергообеспеченности

Цифровая трансформация в ТЭК должна внести вклад в решение ключевых стратегических задач развития отрасли по обеспечению потребностей страны в энергетических услугах. Новый этап развития энергосистемы страны будет реализован на основе интеллектуализации процессов и внедрения передовых цифровых решений. Также целесообразны снижение зависимости от импор-

та и разработка российских цифровых технологий для целей энергетики [Правительство Российской Федерации, 2020*г*].

Приоритеты государства включают создание универсальной цифровой платформы инвентаризации, учета и контроля состояния всех видов энергоресурсов имущественных комплексов государственной и муниципальной форм собственности, а также жилищно-коммунального комплекса (в том числе технологии сбора данных посредством Интернета вещей). Предполагается развитие и внедрение интеллектуальных систем управления централизованными энергосистемами, включая модернизацию генерирующих мощностей тепловых, атомных и гидроэлектростанций. Кроме того, планируется разработка Генеральной схемы развития сетей связи и инфраструктуры хранения и обработки данных Российской Федерации, учитывающей планы развития энергетической инфраструктуры. Цифровая трансформация ТЭК имеет свои особенности в каждой из отраслей комплекса: нефтегазовой, угольной, электроэнергетической, а также в части создания условий для развития цифровых сервисов и платформенных решений для ТЭК в целом. Общие направления развития связаны с созданием системы координации цифровой трансформации, формированием условий для создания и развития единой информационной среды, обеспечением подготовки высококвалифицированных кадров и организацией контрольно-надзорной деятельности в отраслях ТЭК [Минэнерго России, 2019*б*].

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации ТЭК

1. 18 показателей, входящих в оценку «цифровой зрелости» отрасли «Энергетическая инфраструктура» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2019].

3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. [Правительство Российской Федерации, 2020*г*].

4. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года: федеральные проекты «Технологии освоения трудноизвлекаемых углеводородов», «Гарантированное обеспечение доступной электроэнергией» и «Гарантированное обеспечение транспорта нефти, нефтепродуктов, газа и газового конденсата» [Правительство Российской Федерации, 2018*б*].

5. Ведомственный проект Минэнерго России «Цифровая энергетика» [Минэнерго России, 2019*а*].

Ключевые направления цифровой трансформации нашли отражение в корпоративных стратегиях, а также в программах различных ассоциаций и объединений (например, Национальная технологическая инициатива по направлению «Энерджинет»).

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

зависимость от импорта
недостаток компетенций
негативная конъюнктура
неготовность нормативной базы
нехватка стимулов для инвестиций

Приоритеты цифровой трансформации в России соответствуют мировым трендам, но имеют и свою специфику. Глобальный экономический спад, вызванный пандемией, способствовал ускоренной цифровой трансформации отраслей ТЭК. Внедрение цифровых решений направлено на рост технологической и экономической эффективности компаний, повышение точности планирования и снижение аварийности. Задачи цифровизации ТЭК во многих странах гармонизированы с принципами зеленого роста и климатическими целями. Особенно заметны приоритеты зеленого развития в электроэнергетике, включая ускоренный рост доли возобновляемых источников энергии в общем объеме генерации

электроэнергии. Кроме того, в мире расширяется территория децентрализованного энергоснабжения, что также способствует применению цифровых технологий на местном уровне (умные мини- и микросети). В России это направление пока менее развито [Туровец и др., 2021].

Международное сотрудничество в энергетике, особенно с традиционными партнерами в Европе и Америке, сегодня в определенной мере сдерживает ряд ограничений. В этих условиях происходит частичная переориентация технологического взаимодействия на страны Азии (прежде всего КНР), которые также формируют мировой спрос на ископаемые энергоресурсы.

К барьерам цифровой трансформации ТЭК в России относятся:

- неготовность единой национальной системы координации цифровой трансформации;
- ограничения нормативно-правовой базы (отсутствие закрепленных в документах мер регулирования и упрощенных процедур и др.);
- отсутствие возможности внутриотраслевого и межотраслевого сбора и передачи данных;
- недостаток регулирования в области кибербезопасности;
- нехватка квалифицированных кадров;
- ограничения международного научно-технологического сотрудничества и импорта;
- сложные процедуры привлечения государственных инвестиций и недостаточность стимулов для частных инвестиций в цифровизацию ТЭК.

Во многих развитых странах цифровая трансформация направлена на формирование клиентоориентированных энергетических систем, в которых активные потребители и просьюмеры получают возможность выбора различных схем потребления и оплаты. Основой реализации этих задач являются умные системы учета в сегментах генерации, передачи, снабжения и потребления энергии; массовое появление просьюмеров (в том числе среди домохозяйств) и создание автономных энергосистем. В России данное направление находится на начальном этапе развития.

Как ускорить? Какая поддержка критична?

научно-техническая политика
отраслевые меры поддержки
межотраслевые решения
привлечение инвестиций
стандартизация
интеграция данных

Центральной задачей для энергетики является повышение эффективности процессов и удовлетворение потребностей бизнеса и населения в современных услугах энергоснабжения. Для придания дополнительного стимула цифровизации ТЭК целесообразна реализация комплекса мер:

- обеспечение цифрового документооборота;
- актуализация и разработка новых нормативно-правовых и нормативно-технических актов для внедрения цифровых технологий и управления рисками;
- создание систем и сервисов для внутриотраслевого и межотраслевого сбора и обмена данных (в том числе за счет дополнительного функционала ГИС ТЭК), интеграции приложений с использованием защищенных облачных технологий;
- упрощение процедур привлечения государственных инвестиций и создание системы стимулов для частных инвестиций в цифровизацию ТЭК;
- реализация научно-технической политики в интересах цифровой трансформации ТЭК, в том числе частичная переориентация международного научно-технического сотрудничества на страны Азии;
- планирование мер поддержки с учетом отраслевой специфики ТЭК;
- снятие законодательных и финансовых ограничений на привлечение инвестиций;
- формирование политики стандартизации в области сквозных технологий;
- развитие школ подготовки специалистов и центров компетенций.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в ТЭК на 13,38% до 2030 г. (накопленным итогом).

Сельское хозяйство

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

точное земледелие
БПЛА
сенсоры
роботизация
электронные карты полей
беспилотная сельхозтехника
умная ферма
шеринг сельхозтехники
Farming-as-a-Service
Urban Farming

Цифровая трансформация сельского хозяйства во многом основана на комплексном внедрении ряда цифровых технологий в рамках взаимосвязанных концепций точного земледелия и умного сельского хозяйства. Несмотря на то что отдельные элементы точного земледелия используются уже более 20 лет, только сейчас обретают массовое практическое применение интегрированные решения в области устойчивого ресурсосберегающего растениеводства, объединяющие различные типы сенсоров, технологии Интернета вещей, автоматизированную и беспилотную технику, роботизированные производственные системы, платформенные технологии обработки больших данных и машинного обучения.

Ключевой задачей цифровой трансформации сельского хозяйства является извлечение ценности из собираемых больших данных о внутренней и внешней среде. Основой для этого являются облачные платформы и решения в области обработки больших данных, а также технологии предиктивной аналитики и системы поддержки принятия решений. К концу 2020 г. в мире насчитывалось уже 75 млн сельскохозяйственных устройств Интернета вещей, а к 2050 г. средняя ферма будет генерировать 4,1 млн ед. данных (data point) в день [World Government Summit, 2018]. Удешевление и повышение точности сенсорного оборудования (полевые датчики, датчики контроля состояния производственных

помещений, сельхозоборудования и техники, датчики контроля здоровья скота и проч.) позволят большому числу сельхозпредприятий перейти к непрерывному сбору и анализу информации и интегрировать три уровня мониторинга агросистем (наземный, воздушный и космический) на уровне отдельных фермерских хозяйств, регионов и стран в целом [USDA, 2021].

Важнейшими технологиями, позволяющими осуществить переход к цифровым системам земледелия, являются дистанционное зондирование земли с помощью спутниковых систем для формирования электронных карт полей и применение БПЛА с мультиспектральными камерами для удаленного мониторинга состояния окружающей среды, почвы, экологической ситуации, роста сельскохозяйственных культур, определения вегетационного индекса, ранней диагностики заболеваний растений, управления ирригацией и др. [Australian Bureau of Statistics, 2020].

Драйвером цифровизации сельского хозяйства являются достижения в области робототехники, которые приводят к распространению автономных роботизированных систем, умных теплиц и умных ферм. Набирает обороты использование беспилотного транспорта при обработке и возделывании земель сельскохозяйственного назначения. Роботизированные комплексы, технологии Интернета вещей, а также интеллектуальные системы на основе анализа больших данных используются и в животноводстве для управления жизненным циклом животных, непрерывного мониторинга состояния здоровья, корректирования откорма и ухода.

Важной тенденцией цифровой трансформации сельского хозяйства в мире является распространение среди малых сельхозпроизводителей цифровых платформ и виртуальных помощников для управления фермерскими хозяйствами. Данные решения предоставляют фермерам рекомендации и практические советы по планированию работ, выбору культур, экономической целесообразности производства, а также по ведению бухгалтерского учета и управлению финансами.

Цифровые решения применяются в логистике и продажах сельскохозяйственной продукции и включают системы прослеживаемости и контроля качества сельскохозяйственной продукции, смарт-контракты, а также маркетплейсы для продвижения на рынок и сбыта сельскохозяйственной продукции малыми предприятиями.

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- Точное земледелие — комплексное применение технологий точного посева, внесения удобрений, орошения с использованием автономной сельхозтехники и оборудования на основании результатов обработки больших данных о параметрах производственного процесса в режиме реального времени.
- Farming-as-a-Service (FaaS) — инновационные государственные и коммерческие сервисы по управлению фермой, инструменты для сбора и анализа информации, точного земледелия, специализированные финансовые, страховые, логистические услуги по подписке или модели с оплатой по факту использования.
- Шеринг сельхозтехники, или «Uber тракторов и комбайнов» — сервисы по совместному использованию сельскохозяйственной техники и оборудования на базе цифровых платформ.
- Urban Farming — технологии городского сельского хозяйства и автоматизированных вертикальных ферм.

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

снижение себестоимости
повышение урожайности
рациональное природопользование
устранение цифрового неравенства
продовольственная безопасность
эффективные цепочки поставок

Цифровая трансформация сельского хозяйства направлена на преодоление ряда глобальных вызовов, таких как:

- увеличение потребности в продовольствии (на 60% к 2050 г.) в результате роста численности населения и повышения качества жизни [UN DESA, 2021];

- истощение продуктивных сельскохозяйственных земель, рост экологической нагрузки (70% потребления водных ресурсов и 30% выбросов углекислого газа в настоящее время приходятся на мировое сельское хозяйство) и сокращение площадей, пригодных для ведения сельского хозяйства;
- изменение агроклиматических условий и рост частоты природных катаклизмов, повышающих волатильность на сельскохозяйственных рынках;
- трансформация потребительских предпочтений и развитие модели устойчивого и экологичного потребления.

Комплексное применение технологий точного земледелия способно обеспечить прирост урожайности на 70% [TechRepublic, 2018]. Оперативное реагирование на изменение внешних условий и корректировка параметров работы оборудования позволяют сократить расходы на семенной материал, удобрения и топливо, снизить временны́е издержки на полевые работы.

Технологии аналитики больших данных и ИИ способны повысить эффективность процессов селекции и разработки новых эффективных кормов и удобрений, обеспечивать прогнозирование урожайности и выбор оптимальной стратегии выращивания сельскохозяйственных культур [United Nations Global Compact, 2017].

Применение беспилотной техники существенно снижает затраты на выполнение отдельных видов работ. Например, использование БПЛА для посадки семян способно снизить затраты на данную операцию на 85% [World Government Summit, 2018]. По оценкам американской ассоциации фермеров, сокращение издержек вследствие роботизации сельскохозяйственных операций достигнет 40% [Robotics Business Review, 2019]. Растет при этом и производительность труда — так, одна роботизированная система сбора урожая способна заменить 30 работников фермы.

Благодаря цифровизации у потребителей и контролирующих органов появится возможность полностью прослеживать происхождение продукции [OECD, 2018*b*], что повысит ее безопасность, а также станет дополнительным фактором развития потребительской культуры. Цифровые технологии будут способствовать снижению экологической нагрузки на сельское хозяйство, повышению эффективности использования природных ресурсов, росту устойчивости к неблагоприятным агроклиматическим явлениям [World Bank Group, 2019].

Цифровизация позволяет достичь ряда косвенных и социальных эффектов, включая снижение диспропорций качества жизни между городом и селом, обеспечение экономической и социальной интеграции мелких сельхозпроизводителей в продовольственные системы и цепочки поставок (в том числе за счет различных маркетплейсов), предоставление сельским жителям инструментов повышения цифровой грамотности и расширения набора компетенций.

В России потребность в цифровой трансформации отрасли вызвана в первую очередь низкой производительностью труда, технологическим отставанием от стран-конкурентов и необходимостью развивать глубокую переработку сельскохозяйственной продукции для наращивания и повышения качества экспорта. Наибольший спрос на цифровые технологии в России формирует крупный бизнес, обладающий свободными ресурсами для развития цифровой инфраструктуры. Автоматизация производственных процессов и интеллектуальные системы управления предприятиями способствуют снижению издержек на фоне жесткой конкуренции и повышению конкурентоспособности, в том числе на внешних рынках. По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, внедрение российскими сельхозтоваропроизводителями цифровых решений для агротехнических и логистических процессов обеспечат снижение себестоимости продовольствия в отдельных подотраслях на 15% и более.

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

До настоящего времени цифровизация в сельском хозяйстве преимущественно сводилась к автоматизации отдельных видов деятельности (мониторинга состояния посевов, контроля здоровья животных, автоматизации сбора урожая и проч.) и бизнес-процессов (сбыт сельхозпродукции через маркетплейсы и др.). На современном этапе развития расширяются возможности «умной» автоматизации и применения комплексных систем точного земледелия, осуществляющих сбор данных и принятие решений по управлению производственными процессами и сельскохозяйственной техникой. Мировой рынок технологий точного земледе-

лия к 2025 г. превысит 12 млрд долл. [Bersani et al., 2020], а наибольшие темпы роста (более 14% в год) демонстрируют решения в области точного опрыскивания, удаленного мониторинга полей и управления большими данными предприятий.

Растет мировой рынок мобильных сервисов по управлению малыми фермерскими хозяйствами — ожидается, что в 2021 г. он достигнет 2,9 млрд долл. [Statista, 2021*a*]. Например, в Индии за несколько месяцев к агроботу подключилось более 2 млн фермеров.

Российский рынок цифровых технологий в сельском хозяйстве в 2018 г. составил 360 млрд руб. [Алтухов, 2020]. По распространению цифровых технологий в сельском хозяйстве Россия отстает от передовых стран. По индексу цифровизации бизнеса, рассчитываемому ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, в 2019 г. сельское хозяйство оказалось на последнем месте.

В силу своей специфики цифровизация отрасли в России происходит скачкообразно и характеризуется внедрением отдельных элементов цифрового сельского хозяйства с наименьшими сроками окупаемости (тактика быстрых побед) как альтернативой комплексной цифровизации всех элементов цепочки создания стоимости. Например, наиболее востребованы в настоящее время технологии спутникового позиционирования сельхозтехники и оборудования, системы мониторинга и контроля качества выполненных работ, систем учета и контроля ресурсов. Малый сельскохозяйственный бизнес в настоящее время в основном является потребителем цифровых сервисов, нацеленных на решение проблем продвижения и сбыта продукции, например маркетплейсов.

К 2026 г. ожидается рост российского рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве в 5 раз, в том числе за счет поддержки агротех-стартапов [ТАСС, 2018]. Среди наиболее востребованных решений выделяются: системы поддержки принятия решений, приложения точного земледелия, системы управления производством, контроля здоровья растений и животных; пользовательские интерфейсы и единые платформы, интегрирующие различные инструменты управления сельскохозяйственным предприятием, в том числе на основе облачной среды; автоматизированные системы для сбора урожая и обеспечения деятельности животноводческих ферм; интеллектуальные системы анализа и управления цепочками поставок.

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир

Мониторинг состояния животных

Китайская компания Tequ Group разработала систему индивидуального мониторинга перемещений и состояния здоровья свиней. Экономия труда за счет оптимизации условий роста и откорма животных достигла 30–50%. По оценкам китайских ученых, внедрение аналогичных систем во всех свиноводческих хозяйствах Китая позволит сэкономить 7,5 млрд долл. США [Shao, 2019].

Вертикальные фермы

Современные технологии вертикальных ферм, разработанные в Великобритании, позволяют на 550 кв. м площади производить более 20 тыс. кг салатов в год, или, в случае развития аквакультуры, — более 4 тыс. кг рыбы [РБК, 2020*а*].

Россия

Автономные комбайны

В рамках совместного проекта Cognitive Pilot, Сбера и агрохолдинга «Русагро» предполагается внедрение систем автономного управления сельскохозяйственной техникой. Система будет установлена на 242 зерноуборочных комбайнах в Белгородской, Тамбовской, Курской и Орловской областях в течение уборочных кампаний 2020–2021 гг., что позволит снизить себестоимость зерна на 3–5% и сократить потери при уборке до 2 раз [Сбер, 2020].

Интеллектуальное управление кормлением скота

Программа Eco.Feed, внедряемая холдингом «ЭкоНива», позволяет оптимизировать кормление крупного рогатого скота. В результате регуляции режима кормления и сочетания кормов достигаются повышение надоев и производительности труда и сокращение издержек [ЭкоНива, 2020].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос сельскохозяйственного сектора на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 20,4 млрд руб. с перспективой роста в 15,8 раза к 2030 г. до 321,5 млрд руб. (рис. 6).

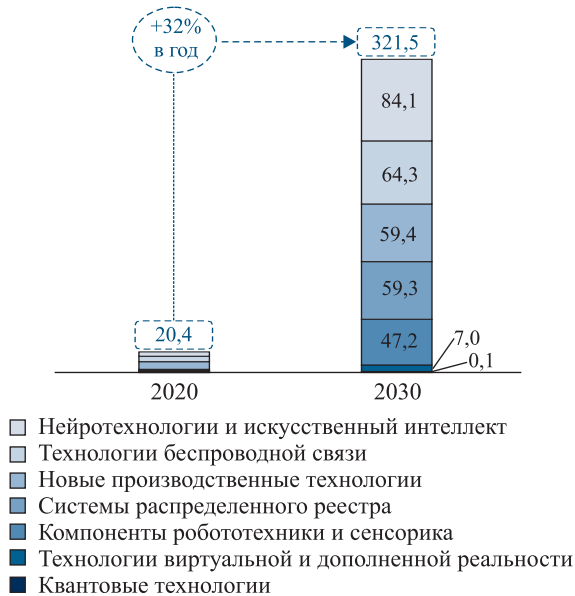
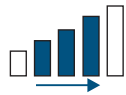
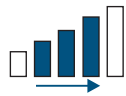
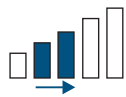
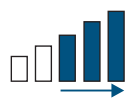
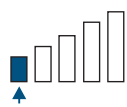
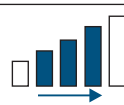


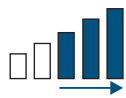
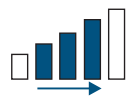
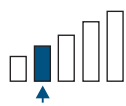
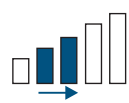
Рис. 6. Спрос на передовые цифровые технологии в сельском хозяйстве в 2020 и 2030 гг.

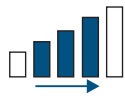
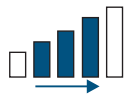
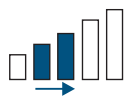
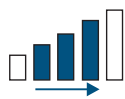
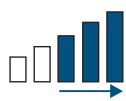
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

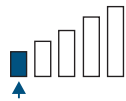
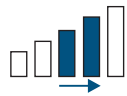
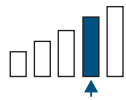
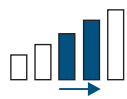
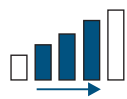
Среди наиболее востребованных в сельском хозяйстве передовых цифровых технологий в будущем — нейротехнологии и ИИ, технологии беспроводной связи, новые производственные технологии, системы распределенного реестра (табл. 5).

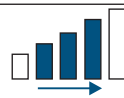
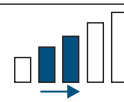
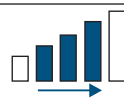
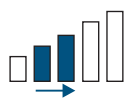
Таблица 5. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в сельском хозяйстве

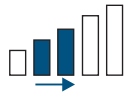
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		Системы на базе компьютерного зрения начинают широко использоваться для мониторинга состояния посевов и животных, контроля использования техники и работы сотрудников, контроля качества выпускаемой продукции.
Обработка естественного языка		Рост спроса на технологии NLP в сельском хозяйстве будет связан с распространением диалоговых систем и интерактивных сервисов типа «виртуальный помощник», позволяющих фермерам получать информацию о ведении сельскохозяйственной деятельности и советы по управлению хозяйством.
Распознавание и синтез речи		Технологии распознавания речи будут использоваться в интерактивных диалоговых системах для голосового управления приложениями по управлению фермерским хозяйством и сельскохозяйственным оборудованием.
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		Интеллектуальные системы поддержки принятия решений используются для выполнения задач прогнозирования урожайности и выбора оптимальной стратегии выращивания сельскохозяйственных культур, корректирования откорма и ухода за животными.
Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг		В настоящее время рынок не сформирован ввиду недостаточной функциональности решений и востребованности их в сельском хозяйстве.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных		Уже сейчас внедряются государственные ИС, построенные на технологии СРР, и платформы, открывающие доступ фермерам к активному участию в отраслевых процессах, обес-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		печивая высокую прозрачность тендеров и закупок, а также позволяя выставлять собственную продукцию на продажу онлайн.
Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус)		Технологии распределенного реестра позволяют верифицировать происхождение продукции, обеспечить свободный доступ потребителей к надежной информации о сельскохозяйственной продукции.
Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		Смарт-контракты способны обеспечить доступ малых форм хозяйствования к сельскохозяйственным рынкам наряду с крупными производителями. Смарт-контракты значительно упрощают процесс страхования урожая фермерами и взаимодействия со страховыми компаниями по вопросам возмещения ущерба.
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые вычисления		В перспективе технологии квантовых вычислений смогут использоваться при решении задач повышения эффективности процессов селекции за счет учета генетических и фенотипических параметров и разработки новых эффективных кормов и удобрений.
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)		Ожидается рост значимости группы технологий и их использования крупными агрохолдингами для максимизации эффективности и прогнозирования управления производством (математические модели сельскохозяйственных предприятий и полей), тем не менее уровень применения указанной технологии останется существенно ниже, чем в промышленности.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Технологии умного производства (Smart Manufacturing)		Системы, интегрирующие различные инструменты управления сельскохозяйственным предприятием, в том числе на основе облачной среды, будут не только распространены среди крупных агрохолдингов, но и адаптированы под нужды малых форм хозяйствования.
Манипуляторы и технологии манипулирования		Технологии манипулирования будут все шире применяться в условиях автоматизации сельскохозяйственных процессов (обработки посевов, сбора урожая, ухода за скотом). Долгосрочные тенденции цифровой трансформации сельского хозяйства связаны с созданием автономных, роботизированных сельскохозяйственных объектов.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Развитие данного направления будет связано с системами умных теплиц, которые за счет глубокой автоматизации смогут обеспечить рост качества взаимодействия с человеком.
Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования		Активно развиваются два направления применения — перевод из ручного режима управления сельскохозяйственными средствами в дистанционный и учет особенностей траекторий перемещения рабочих элементов робототехнического комплекса в физической среде.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		В будущем удешевление и повышение точности сенсорного оборудования (полевые датчики, датчики контроля состояния производственных помещений, состояния сельхозоборудования и техники, здоровья скота, потребления водных ресурсов, сточных вод и проч.) позволят большему числу предприятий перейти к непрерывному сбору и анализу данных внутренней и внешней среды

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		в режиме реального времени и управлению производственными процессами на их основе.
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Использование сетей WAN на базе сетей 5G лицензируемого спектра не является критичным для цифровизации сельского хозяйства. Более того, в перспективе как минимум 5 лет развертывание сетей 5G вне городов-миллионников будет ограничено.
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Технологии LPWAN имеют оптимальные технико-экономические параметры для применения в сельском хозяйстве в целях синхронизации производственных систем на предприятиях.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Использование сетей WLAN в России уже является стандартом де-факто в сельском хозяйстве. В связи с достаточно простыми условиями распространения сигнала технологии WLAN, работающие в нелицензионном спектре, стали удобным каналом передачи данных на предприятии.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Маркировка продукции с использованием RFID — один из самых быстрорастущих технологических сегментов и уже широко применяется в сельском хозяйстве. Некоторые процессы автоматизации реализуются на технологиях PAN (например, система мониторинга и регистрации состояния здоровья животных с помощью бесконтактных датчиков).
Спутниковые технологии связи (СТС)		Рост в данном сегменте ожидается благодаря распространению спутниковых систем мониторинга состояния полей, GPS- и ГЛОНАСС-навигации с онлайн-контролем для мониторинга и управления производственными процессами и систем спутникового мониторинга сельскохозяйственной техники и автотранспорта, широкому использованию систем

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		дистанционного зондирования земли в цифровом сельском хозяйстве.
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Средства разработки VR/AR-контента и технологии совершенствования пользовательского опыта (UX) со стороны разработчика		Перспективы роста спроса на средства разработки VR/AR-контента связаны с развитием сегмента обучающих приложений и интерактивных образовательных программ. С помощью VR/AR-симуляторов можно отработать навыки использования и обслуживания сельскохозяйственной техники и оборудования, основы ветеринарии.
Платформенные решения для пользователей: редакторы создания контента и его дистрибуции		Рост спроса на решения будет связан с бурным развитием фермерских маркетплейсов, интеграция элементов VR/AR в которые станет эффективным маркетинговым инструментов привлечения новых клиентов.
Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии		Перспективы развития рынка связаны с применением на сельскохозяйственных предприятиях беспилотной техники, развитием удаленной ветеринарии. Инструменты виртуальной и дополненной реальности помогут ветеринарам ставить диагнозы и осуществлять лечение животных на расстоянии, снизить затраты на осуществление повседневной ветеринарной помощи.
Технологии графического вывода		Пилотные проекты в области использования VR-очков на молочных фермах для создания благоприятных условий содержания коров и улучшения их самочувствия оказали положительное влияние на количество и качество производимого молока. VR/AR-технологии также нашли применение на птицефермах: воссоздание эффекта «свободного содержания» повышает качество мяса цыплят, а также способствует более гуманному отношению к птицам.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Технологии оптимизации передачи данных для VR/AR		Рост спроса связан с распространением и широким применением цифровых решений на базе технологий VR/AR в сельском хозяйстве, которые способствуют росту потребности в быстрой и безопасной передаче данных.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

системы мониторинга
прослеживаемость продукции
цифровизация документооборота
цифровая платформа
дистанционное образование

В России внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сельском хозяйстве направлено на обеспечение технологического прорыва и достижение стратегических целей развития АПК, в том числе удвоения объемов экспорта к 2030 г. В рамках выполнения ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» к 2024 г. предполагается вдвое повысить производительность труда в сельском хозяйстве [Минсельхоз России, 2019].

Приоритетом государства в сфере цифровизации сельского хозяйства является создание и внедрение национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство». Предполагается, что все данные об объектах сельскохозяйственных ресурсов (земли сельскохозяйственного назначения, рабочий и продуктивный скот, сельскохозяйственная техника), сельскохозяйственном сырье и готовой продукции будут оцифрованы и включены в цифровую платформу (созданы их цифровые профили). Затем на основе этих данных с помощью технологий ИИ, машинного обучения, анализа больших данных будет осуществляться прогнозирование и моделирование развития АПК с целью поддержки принятия решений.

Кроме того, запланировано внедрение интеллектуального отраслевого планирования («Эффективный гектар»), создание нового цифрового канала взаимодействия в отрасли («Умные контракты»), масштабирование отечественных типовых цифровых решений для предприятий АПК, в том числе «Умная ферма», «Умное поле», «Умная теплица» и др. Деятельность государства также направлена на развитие цифровых систем контроля качества и происхождения продукции, сокращение доли теневого сектора. В рамках проекта «От поля до порта» планируется оптимизация логистических цепочек при поставках продукции на экспорт, упрощение документооборота.

Кадровое обеспечение цифровизации отрасли является первостепенной задачей в условиях низкой цифровой грамотности. Непрерывная подготовка специалистов сельскохозяйственных предприятий должна быть организована в рамках электронной образовательной среды «Земля знаний».

АО «Россельхозбанк», как институт развития в сфере сельского хозяйства, также способствует внедрению цифровых сервисов. Так, в 2020 г. банк запустил цифровую экосистему «Свое фермерство», работающую по модели Farming-as-a-Service.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации отрасли

1. 15 показателей, входящих в оценку цифровой зрелости отрасли «Сельское хозяйство» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [Минсельхоз России, 2019].

3. Ведомственная программа цифровой трансформации Минсельхоза России [Минсельхоз России, 2020].

4. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [Правительство Российской Федерации, 2017].

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

компетенции
финансирование
Интернет в сельской местности
технологический разрыв
преобладание МФХ
высокая доля теневого сегмента

Одним из основных ограничений для развития цифрового сельского хозяйства является цифровое неравенство между городом и селом, прежде всего в части подключения к Интернету (в России только 74,3% сельскохозяйственных предприятий имеют к нему широкополосный доступ), и острый дефицит кадров с цифровыми компетенциями в отрасли. Качественный рывок в цифровизации АПК в ближайшее десятилетие возможен с появлением сплошного интернет-покрытия на сельских территориях и ростом обеспеченности сельского населения смартфонами, планшетами и подобными устройствами. Это, с одной стороны, поможет развитию кадрового потенциала, а с другой — откроет сельхозпроизводителям доступ к различным цифровым платформам, решениям на основе анализа больших данных.

Для России характерна достаточно высокая доля малых форм хозяйствования (МФХ) в структуре производства сельхозпродукции (по данным Росстата по состоянию на 2019 г., личные подсобные хозяйства (ЛПХ) и крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ) совокупно производят 42,3% сельскохозяйственной продукции в стоимостном выражении). Недостаток финансовых ресурсов и управленческих знаний, неразвитость инфраструктуры, консерватизм и отсутствие цифровых компетенций и навыков усиливают отставание МФХ от агрохолдингов в темпах цифровизации. По данным ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, более трети МФХ не обладают достаточной информацией о целесообразности внедрения цифровых технологий, а более 45% не имеют планов внедрения современных агротехнологий в течение ближайших 5 лет (при условии отсутствия дополнительной господдержки).

Основной экономический эффект от цифровизации для сектора достигается при наличии эффективной цифровой экосистемы данных, позволяющей осуществлять планирование и управление сельскохозяйственной деятельностью. В то же время российский АПК характеризуется высокой долей теневого сегмента, достигающей 80% МФХ (по расчетам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ), и неготовностью производителей как предоставлять свои исходные данные, так и встраиваться в государственные информационные системы и цифровые платформы.

Как ускорить?
Какая поддержка критична?

импортозамещение
платформенные решения
интеллектуальные системы
поддержка МФХ

Ключевой задачей становится импортозамещение в области цифровых технологий в АПК, разработка отечественных продуктов и сервисов и стимулирование сельхозпроизводителей к внедрению комплексных российских решений.

Переход к технологически продвинутому сельскому хозяйству в России должен быть основан не только на внедрении тех или иных цифровых решений по управлению сельскохозяйственной деятельностью, но и на формировании цифровой экосистемы всех участников рынка, развитии цифровых платформ в области транспортно-логистических услуг, сбыта продукции, формировании кооперации и оптимизации цепочек поставок.

Важнейшей задачей государства является разработка мер финансовой и нефинансовой поддержки МФХ с целью стимулирования спроса, обеспечения доступа к цифровым решениям, включая обучение, — это приведет к повышению стабильности локальных рынков и улучшению качества жизни сельского населения.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в сельском хозяйстве на 15,6% до 2030 г. (накопленным итогом).

Строительство

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

BIM
CIM
цифровые двойники
слои данных
бережливое строительство
облачные решения для совместной работы
роботизация
дроны и беспилотная техника
префабрикация и цифровые фабрики
DIMC

Цифровая трансформация охватывает все этапы жизненного цикла объектов строительства: планирование, проектирование, возведение, эксплуатацию и снос.

«Ядром» цифровой трансформация отрасли являются технологии информационного моделирования, или BIM-технологии (Building Information Model), начало внедрения которых приходится на 2000-е годы. BIM — это не просто компьютерная 3D-модель здания, пришедшая на смену двумерным бумажным чертежам. Помимо «геометрии», BIM интегрирует множество слоев информации в разрезе элементов объекта, в том числе об используемых материалах, спецификациях, стоимости, плане-графике строительных работ, функциональных и эксплуатационных характеристиках и даже условиях окружающей среды [Autodesk, 2021]. При этом изменение какого-либо из параметров здания влечет за собой автоматическое изменение связанных с ним показателей и объектов. BIM позволяет передавать виртуальную информационную модель от команды разработчиков генеральному подрядчику и субподрядчикам, а затем владельцам или операторам здания.

Цифровое моделирование городов (City Information Modeling, CIM) — сравнительно новый тренд, который появился благодаря объединению BIM, GIS (геоинформационных систем) с цифровыми двойниками на базе Интернета вещей, а также совершенство-

ванию технологий оцифровки местности и городских объектов с помощью лазерного, ультразвукового сканирования [НИУ ВШЭ, ДОМ.РФ, 2021]. CIM (или цифровой двойник города) содержит пространственные и тематические данные. Первые описывают физическую структуру города и формируют его 3D-модель, включая цифровую модель местности, CAD- или BIM-модели зданий, инфраструктуры, инженерных систем и т.д. Тематические данные охватывают социальные, экономические и экологические параметры территории — данные переписи населения, сведения о транспортных потоках, ежедневных перемещениях жителей по данным сотовых операторов, реестры объектов, техническую информацию и проч.

Бережливое строительство (Lean Construction, LC) — одно из направлений повышения эффективности управления строительными проектами, что достигается, в том числе, посредством сбора и максимального использования полезной информации о проектах (сегодня собирается лишь 5% проектных данных), а также применения таких методов, как поставки «точно в срок», «последний планировщик» (Last Planner System) и др. [Lean Construction Institute, 2021]. Развитие цифровых технологий содействует реализации принципов LC [BCG, 2018]. Так, с помощью компьютерного зрения, Интернета вещей и носимых устройств можно следить за наличием материалов, состоянием оборудования и действиями рабочих в режиме онлайн. Искусственный интеллект дает возможность оценивать эффективность, качество и безопасность работ, выявлять потенциальные риски на стройплощадке.

Широкое применение получают облачные цифровые решения для совместной работы в режиме реального времени и управления строительными проектами, доступные через мобильные приложения или со специальных планшетов. Они создают единую среду взаимодействия всех участников (включая архитекторов, проектировщиков, инженеров, прорабов, мастеров, поставщиков и подрядчиков), возможность распределения и мониторинга исполнения задач на стройплощадке, обмена документацией, размещения отчетности о ходе работ (включая фотографии), совместного редактирования документов, формирования планов-графиков и др. [Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, 2020].

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 и др. Тестируются роботизированные комплексы для укладки кирпичей [Construction Executive, 2021]. Внедряется беспилотная тяжелая строительная техника. С помощью дронов осуществляется мониторинг хода строительных работ. 3D-печать как перспективный в долгосрочном периоде метод возведения зданий также основывается на цифровых технологиях.

Трансформируется индустриальное, или модульное, домостроение. Все более широко применяется принцип DIMC (designing for industrialized methods of construction) — дизайн для индустриального производства, в рамках которого в проект изначально закладываются возможности использования элементов (модулей), изготовленных на цифровых фабриках непосредственно по информационной модели здания.

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- BIM 5D и выше в сочетании с DIMC и цифровыми фабриками — бесшовное роботизированное производство элементов (модулей) здания непосредственно по его информационной модели, данным о компонентах, материалах и их стоимости.
- Бережливое строительство, LC, на основе ИИ и обработки данных обо всей цепочке поставок, логистике, производстве материалов и комплектующих и процессах непосредственно на стройплощадке.

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

ускорение процессов
оптимизация
информированность и согласованность при принятии решений

управление на жизненном цикле ОКС
снижение издержек
снижение трудоемкости
безопасность
повышение качества
массовая кастомизация

Цифровые технологии потенциально могут решить множество традиционных проблем строительной отрасли.

Применение BIM-технологий снизит до 40% вероятность ошибок и погрешностей в проектной документации в сравнении с традиционными методами проектирования, на 20–50% сократит время на разработку проекта, в 6 раз уменьшит время на его проверку, до 90% сократит сроки координации и согласования проекта [Минстрой России, 2016]. Согласно опросам, более 60% российских организаций строительной сферы отмечают в числе основных эффектов от внедрения BIM улучшенное понимание проекта всеми участниками, более высокое качество проекта, доступность информации, быструю передачу данных и обмен информацией. У 81% организаций эффект от использования BIM, реально полученный во время работы с проектами, превзошел ожидания [Concurator, МГСУ, 2019].

CIM помогают планировать застройку, минимизировать градостроительные ошибки, определять нагрузку на инфраструктуру (коммунальную, транспортную, социальную и др.) и необходимость создания новых объектов, в том числе с учетом особенностей ландшафта, расположения зданий и дорог, роста населения и потребностей жителей. CIM также позволяет оценивать в режиме реального времени и анализировать состояние городских объектов и систем, управлять процессами онлайн, оценивать реакцию на возможные изменения.

Бережливое строительство сокращает издержки и дает возможность преодолеть ряд типичных для строительной отрасли проблем, таких как задержка поставок материалов, срыв сроков, оперативное внесение изменений в план работ и т.д. Сейчас только 50% проектов укладывается в график, а с применением LC, основанного на цифровых технологиях, эта доля может вырасти до 70% [BCG, 2018].

Автоматизация, роботизация, использование дронов, беспилотной строительной техники и префабрикация позволяют преодолеть специфические проблемы развития строительного комплекса — высокую трудоемкость, физическую сложность операций на стройплощадке, а также высокий уровень травматизма. Указанные решения также ускоряют строительство, помогают снизить издержки. По нашим оценкам, в перспективе до 50% работ в строительной отрасли может быть автоматизировано.

Сочетание цифровых фабрик, BIM, принципа модульного дизайна (DIMC) и новых экологичных материалов (в том числе CLT-панелей из древесины) способно трансформировать малоэтажное жилищное строительство, реализовав в нем принцип массовой кастомизации, снизив при этом себестоимость и одновременно повысив качество и уровень стандартизации.

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

В развитых странах уже более 50% строительных организаций применяют BIM-технологии, что зачастую обусловлено введением опережающих требований со стороны государства. Так, в Великобритании уровень внедрения BIM в 2019 г. составил 70%, в то время как в 2011 г. — только 10% [NBS, 2020]. Такой резкий рост связан с тем, что правительство Великобритании утвердило требование об использовании «fully collaborative 3D BIM» в государственных проектах. В Сингапуре уже с 2015 г. применение инструментов BIM признано обязательным при разработке и реализации строительных проектов площадью от 5 тыс. кв. м. По информации Минстроя России, лишь 5–7% российских компаний использовали BIM в 2017 г., по большей части в крупных городах и для реализации мегапроектов. Однако к настоящему времени количество BIM-проектов заметно выросло, что связано с развитием нормативной правовой базы, непосредственно с ростом спроса со стороны заказчиков проектов и со снижением стоимости внедрения данной технологии. Так, если ранее проектирование с использованием BIM стоило в 2–3 раза дороже, чем обычное, то сейчас разница в стоимости составляет около 30% [CNews, 2020*a*]. Во многом это связано с развитием баз стандартизированных элементов

информационных моделей, плагинов. В 2019 г. доля пользователей BIM среди российских организаций инвестиционно-строительной сферы оценивалась в среднем в 22% [Concurator, МГСУ, 2019]. При этом основная доля применения приходится на стадию проектирования — 80%, в то время как на стадию строительства — 15%, а на стадии эксплуатации — только 5% [PwC, 2020*b*].

Цифровые модели (CIM) есть у многих городов (Сингапура, Бостона, Хельсинки, Роттердама, Стокгольма, Ренна, Антверпена, Джайпура и др.). Так, при поддержке правительства Сингапура создан цифровой двойник города, который охватывает почти 95% его площади [National Research Foundation, 2021]. В России есть примеры использования CIM для развития отдельных районов, например, при реконструкции улиц со строительством трамвайной линии в Екатеринбурге, оцифровке зданий ВДНХ, в проекте развития территории г. Кронштадта [CNews, 2020*a*; 2021].

Использование различной робототехники, дронов и беспилотной техники на стройплощадках набирает обороты в таких странах, как Китай, Германия, Великобритания, Япония, Южная Корея, США. В России есть пилотные проекты, в основном по мониторингу хода строительства с помощью дронов.

Следует отметить определенный прогресс в цифровизации производственных и бизнес-процессов индустриального строительства в России — например, крупнейшие компании используют программы-планировщики для оптимизации логистики и поставки «точно в срок», облачные решения для мониторинга работ на стройплощадке и постановки задач, роботизируют производства железобетонных фасадных панелей [Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, 2020].

Цифровая трансформация затрагивает не только существующие в отрасли компании, но и сопровождается появлением новых стартапов. Так, по оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, около 57% мировых стартапов в сфере жилищного строительства непосредственно связаны с развитием и внедрением цифровых технологий (преимущественно программного обеспечения и ИТ-приложений для проектирования и совместного управления проектами)[9]. Еще

[9] Отобраны технологические стартапы — компании, созданные не ранее 2000 г., разработавшие новые для рынка технологии, продукты и сервисы и

около 10% новых компаний внедряют передовые методы возведения домов (в первую очередь малоэтажных), также основанные на цифровых технологиях, включая 3D-печать. В России уже есть примеры стартапов в данном направлении (в частности, Apis Cor).

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир	Россия
Полностью роботизированное строительство музея в Южной Корее	*Большие данные для оптимального использования земли и недвижимости*
Сферическое здание музея робототехники в Сеуле планируется открыть в 2022 г. Над строительством музея с 2020 г. работают две команды роботов: первая команда занимается возведением фасада здания на основе информационной модели, самостоятельно обрабатывая металлические пластины, а вторая команда обеспечивает создание окружающего ландшафта при помощи 3D-принтеров, печатающих бетоном. Для мониторинга строительных работ используются компактные дроны. Внедрение цифровой технологии позволило существен-	Девелоперская компания MR Group и Mail.ru Group заключили стратегическое партнерство в области цифровизации. Цель партнерства — применение MR Group облачных сервисов и технологий предиктивной аналитики для анализа земельных участков и готовых объектов недвижимости с целью определения оптимального пути их использования. В оценке будут учитываться рыночная конъюнктура, ожидаемая доходность, затраты, возможные риски, градостроительные ограничения и другие показатели, определенные на

позиционирующие их как применимые в жилищном строительстве. Использовалась система анализа больших данных iFORA (правообладатель — ИСИЭЗ НИУ ВШЭ) и данные крупных агрегаторов сделок на рынке венчурных инвестиций (Crunchbase, PitchBook, CB Insights, Tech in Asia), а также авторитетные СМИ, отраслевая периодика и аналитика в области бизнеса, технологий и инноваций.

но сократить временны́е, производственные и трудозатраты [Dezeen, 2019].

3D-печать жилых домов в Нидерландах

Строительная компания Houben & Van Mierlo Architecten совместно с Технологическим университетом Эйндховена с помощью 3D-печати осуществляет строительство новых жилых домов для горожан в Эйндховене (Нидерланды), где располагается большое число компаний, занимающихся развитием высоких технологий. Используемый в строительстве этих домов 3D-принтер является большим роботом-манипулятором, который слой за слоем наносит специальный раствор цемента.

Такое решение обеспечило возможность размещения в стенах инженерных коммуникаций, электропроводки и беспроводных датчиков «умного дома». Данный проект призван значительно сократить финансовые издержки города [Archi Expo E-Mag, 2020].

основе аналитики больших данных [MR Group, 2021].

Роботизация в индустриальном домостроении

Производство домостроительного комбината группы компаний «ПИК» в Наро-Фоминске практически полностью автоматизировано. Завод производит все детали, необходимые для строительства панельных жилых домов. Готовые изделия впоследствии отвозят на строительную площадку и собирают как конструктор. Специальные роботы выкладывают на паллет опалубку, создают рисунок и текстуру фасада. Благодаря применению робототехники производительность труда на заводе повысилась примерно в 2,5 раза [Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, 2018].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос строительного сектора (включая операции с недвижимостью) на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 14,9 млрд руб. с перспективой роста в 20 раз к 2030 г. до 296,7 млрд руб. (рис. 7).

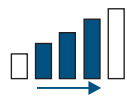
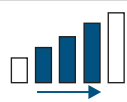
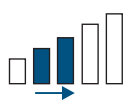


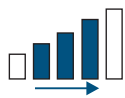
Рис. 7. Спрос на передовые цифровые технологии в строительстве в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

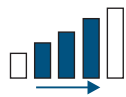
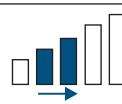
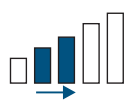
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

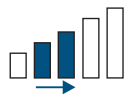
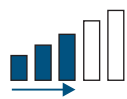
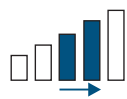
Среди наиболее востребованных строительным сектором передовых цифровых технологий в будущем — технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR), ИИ, технологии беспроводной связи и новые производственные технологии (табл. 6).

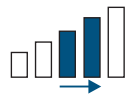
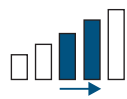
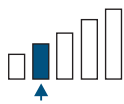
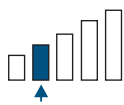
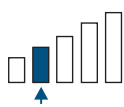
Таблица 6. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в строительстве

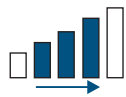
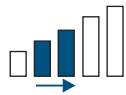
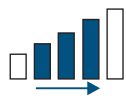
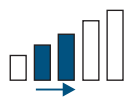
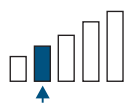
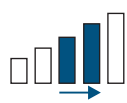
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		Компьютерное зрение применяется на этапах проектирования и реализации строительных объектов. Данная технология позволяет собирать, обрабатывать и анализировать цифровые изображения, а также получать многомерные данные об объектах реального мира. Компьютерное зрение применяется в строительстве для выявления повреждений и фиксации дефектов строительных конструкций, мониторинга безопасности сооружений и оценки прогресса выполнения строительных проектов. Уровень технологической готовности постепенно повышается, количество применяемых в отрасли решений растет.
Обработка естественного языка		Строительная индустрия — это хорошо структурированная сфера деятельности: большинство процессов ясно описаны, хорошо документируются и выполняются в рамках четких регламентов и стандартов. Проектная документация, технические задания, акты и формы проверки качества, эксплуатационная документация, заявления и формы фиксации инцидентов могут анализироваться с помощью указанной технологии. Масштаб применения огромный, на данный момент глубина проникновения технологий в данной области низкая.
Распознавание и синтез речи		Помимо стандартной области применения технологий распознавания речи, где приложения на базе данной технологии используются для голосового ввода информации при создании разного типа документов, развивается область голосового управления. Достижения в области создания автономных транспортных средств позволяют спрогно-

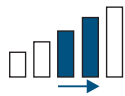
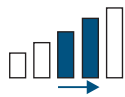
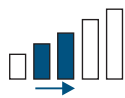
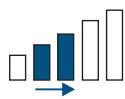
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		зировать, что вскоре строительная техника будет выполнять задачи без участия оператора. При этом подобная техника по-прежнему требует наличия методов взаимодействия с людьми. Недавние улучшения в распознавании речи означают, что использование естественного голосового интерфейса возможно и эффективно.
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР) активно применяются в области строительства на разных этапах. Качество решений на базе данной технологии совершенствуется. *Проектирование строительных объектов* Методы и инструменты ИИ, такие как системы, основанные на знаниях (СОЗ), нечеткая логика, нейронные сети, генетические алгоритмы, метод Монте-Карло в области создания имитационных моделей, генеративный дизайн, могут использоваться на ранней стадии проектирования, чтобы улучшить процесс принятия решений и оптимизировать как процесс проектирования, так и сам проект. *Финансовое планирование* Анализ затрат может быть автоматизирован с помощью пятимерного информационного моделирования зданий (5D BIM). Методологическая основа для анализа денежных потоков и финансирования проектов учитывает типы контрактов и затрат на оборудование, заработную плату и материалы. Для проверки предлагаемых решений используются сценарии «что, если». *Управление строительством* Существующие методы поддержки принятия решений на основе BIM используются для

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		быстрого создания альтернатив, оценки нескольких показателей и визуализации альтернативных планов до фактического строительства. Такие методы были в основном направлены на проектирование и строительство зданий. Но в последнее время их применение расширяется и на генеральное планирование крупномасштабных проектов. *Управление закупками, выбор поставщиков и материалов* Инструменты поддержки принятия решений, которые объединяют информационное моделирование зданий и картографические сервисы для выбора надежных источников закупки строительных материалов.
Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг		Элементы управления на базе нейроинтерфейсов могут значительно повысить способность строительной техники справляться с крупномасштабными бедствиями и авариями. Далее область применения может быть расширена на строительство объектов в недоступных или опасных для человека местах, и, более того, строительство сложных объектов в более широком смысле может проходить с использованием такой техники для обеспечения безопасности и комфорта работников — операторов строительной техники.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных		Технологии организации и синхронизации данных применяются при государственной регистрации договоров участия в долевом строительстве (например, в Ленинградской области зарегистрировано 1006 сделок с недвижимостью по технологии СРР).
Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости		Алгоритм консенсуса математически формирует условия, при применении которых подделка данных невозможна. Данная технология в настоящее время не нашла широкого применения в строительной индустрии,

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
данных (консенсус)		вместе с тем указанная технология может обеспечить защиту данных от несанкционированных транзакций в случае долевого финансирования строительных проектов на ранних этапах.
Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		Данная технология не пользуется высоким спросом в строительной индустрии в настоящее время. Вместе с тем технологии смарт-контрактов обладают высоким потенциалом и могут применяться при долевом финансировании строительных проектов в целях отслеживания транзакций при использовании механизма эскроу и анализа исполнения заключенных договоров.
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые вычисления		В настоящее время задача синтеза новых строительных материалов может решаться с применением методов квантовой химии. Квантовые вычислительные методы не используются из-за отсутствия соответствующих устройств. В перспективе должен быть сформулирован перечень необходимых строительных материалов с заданными свойствами, а главное, разработаны конкретные алгоритмы расчета спектров химических молекул/веществ, удовлетворяющих этим свойствам.
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)		Высокие темпы развития строительства и производства строительных материалов инициируют применение указанных технологий, прежде всего в области проектирования зданий (BIM-технологии). В перспективе, учитывая сложность технологий строительства и инженерного обеспечения строительных объектов, уровень применения данной технологии будет существенно повышен.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Технологии умного производства (Smart Manufacturing)		Высокие темпы развития строительства и производства строительных материалов инициируют применение указанных технологий, однако в сфере строительства и эксплуатации строительных объектов эти технологии в настоящее время используются в меньшей степени, чем в промышленности. В перспективе спрос будет существенно повышен.
Манипуляторы и технологии манипулирования		В настоящее время в строительстве технологии манипулирования используются в основном при производстве строительных материалов на соответствующем оборудовании. В перспективе с развитием BIM-технологий и автоматизацией процессов строительства ручная работа будет практически исключена — большинство процессов будут выполнять манипуляторы.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Активное развитие новых форм строительства — использование роботов-каменоукладчиков и аддитивных роботов — в настоящее время не подкреплено нормативно-правовым регулированием, кроме того, для использования аддитивных роботов (3D-печати) необходимо привлечение других технологий, в том числе создание новых материалов.
Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования		Сенсомоторная координация и пространственное позиционирование для строительства используются недостаточно активно. Вместе с тем данная технология может в дальнейшем быть использована для быстровозводимых конструкций.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		Существующие методы использования сенсоров ограничиваются, как правило, статистическими элементами. Перспективным является развитие направления по робототехническим средствам строительства и аддитивным технологиям, однако в настоящее

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		время они используются только на вспомогательных этапах, как постройка легковозводимых конструкций.
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Использование сетей WAN на базе сетей 5G лицензируемого спектра является критичным для автоматизации процессов при строительстве.
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Обеспечение беспроводного доступа в нелицензируемом спектре для широкого спектра приложений, связанных телеметрией. Применение LPWAN в строительстве позволит контролировать ряд некритических параметров.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Сети WLAN в России используются в строительстве мало, в основном для организации передачи данных на последней миле. При повышении уровня автоматизации строительства, оцифровывания процессов и т.п. возникнет высокий спрос на беспроводные технологии WLAN, поскольку большое количество процессов не критичны, и могут быть использованы технологии нелицензируемого спектра.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Технологии RFID на данный момент уже применяются в строительстве. Прогноз роста применения технологий PAN в этой области скромен.
Спутниковые технологии связи (СТС)		Применение передачи данных при помощи СТС в области строительства достаточно ограничено из-за технико-экономических показателей. Высокого роста в данном сегменте не ожидается, в связи с чем оценка роли технологии в дальнейшем развитии этого сектора экономики низкая.
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Средства разработки VR/AR-контента и технологии		В настоящее время средства разработки VR/AR-контента применяются на этапе проектирования зданий. Вместе с тем важно отметить, что расширение применения

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
совершенствования пользовательского опыта (UX) со стороны разработчика		BIM-технологий — ключевая предпосылка для дальнейшего развития виртуальных 3D-моделей и увеличения спроса на данную технологию.
Платформенные решения для пользователей: редакторы создания контента и его дистрибуции		Платформенные решения на основе технологий виртуальной и дополненной реальности применяются для сопровождения проектирования с использованием дополненной реальности, при осуществлении строительного надзора и при обучении специалистов. Технология обладает высоким потенциалом.
Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии		Для технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии характерна начальная стадия внедрения. Данные технологии применяются при решении задач по территориальной и ландшафтной планировке, реализации архитектурных проектов зданий и сооружений, а также при использовании VR-симуляторов для обучения инженеров.
Технологии графического вывода		Для технологий графического вывода в настоящее время характерна недостаточная функциональность решений. Решения на основе данной технологии применяются при проектировании с использованием дополненной реальности, а также при обучении персонала.
Технологии оптимизации передачи данных для VR/AR		Использование данной технологии в настоящее время ограничено применением сетей пятого поколения. В строительстве реализуются отдельные решения по организации работы беспроводных интерфейсов передачи данных для шлемов виртуальной реальности.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

информационное моделирование для ОКС в госсекторе
библиотеки и стандарты

электронные госуслуги
сокращение сроков и упрощение процедур
электронный документооборот

Приоритетными для государства направлениями поддержки цифровой трансформации строительства являются:

- внедрение технологии информационного моделирования (BIM) объектов капитального строительства (ОКС) на всех этапах жизненного цикла, а также информационных моделей территорий для обеспечения градостроительной деятельности и планирования территорий;
- формирование единого цифрового пространства за счет перевода процедур в сферах строительства в электронный вид и формирования цифровых массивов данных и информационных ресурсов градостроительной информации, общедоступных поисково-справочных платформ и библиотек данных.

Последовательно в течение более чем 5 лет обновляется нормативно-правовая база применения BIM-технологий. Уже с 2015 г. ведется формирование национального словаря строительных терминов и BIM-ориентированного классификатора строительной информации. В 2019 г. в Градостроительном кодексе Российской Федерации закреплено понятие информационного моделирования, в 2020 г. утверждены Правила формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства [Правительство Российской Федерации, 2020*б*]. С 1 января 2022 г. становится обязательным применение BIM при строительстве зданий и сооружений за счет бюджетных средств [Правительство Российской Федерации, 2021].

Меры государственной поддержки фокусируются на упрощении организационной и юридической составляющих деятельности ключевых участников сектора (онлайн-взаимодействие и электронный документооборот на всех этапах жизненного цикла зданий), унификации стандартов, ускорении процесса выдачи разрешений, упрощении проведения открытых конкурсных торгов и т.д. В частности, планируется запуск суперсервиса «Цифровое строительство» и достижение к 2024 г. 100%-ного взаимодействия «застройщик — государство» в электронной форме.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации строительства

1. 8 показателей, входящих в оценку цифровой зрелости отрасли «Строительство» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Национальный проект «Жилье и городская среда» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2018*а*].

3. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», федеральные проекты «Нормативное регулирование цифровой среды» и «Цифровое государственное управление» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2019].

4. Ведомственный проект цифровизации городского хозяйства «Умный город» [Минстрой России, 2018].

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

интероперабельность
координация и информационный обмен
недостаток компетенций
МСП и низкая конкуренция на региональных рынках

Несмотря на в целом позитивные глобальные тенденции, цифровая трансформация строительства осложняется рядом факторов, таких как:

- острый недостаток квалифицированных кадров для работы с новым оборудованием и цифровыми решениями, включая программное обеспечение для BIM;
- длительность перестройки производственных и бизнес-процессов, которая осложняется отсутствием четкого понимания экономических эффектов на краткосрочном горизонте планирования;
- отсутствие общепринятых стандартов использования цифровых решений и их низкая функциональная совместимость с имеющимся парком машин и оборудования;

- сложность совмещения информационных моделей, созданных несколькими командами с помощью различных программных инструментов (что частично решается в рамках концепции OpenBIM, предполагающей взаимодействие больших команд без привязки к конкретному программному обеспечению [PwC, 2020*b*]);
- сложность координации различных участников в комплексных проектах создания CIM, наполнения слоев данных, развития механизмов обмена ими (рынок данных);
- различный уровень цифровой зрелости крупных строительных компаний и МСП, являющихся субподрядчиками.

В нашей стране в строительном секторе преобладают малые и средние компании, локализованные на региональных рынках. В силу отсутствия инвестиционных ресурсов, квалифицированных кадров и прямых стимулов для цифровизации большинство из них оказываются фактически «запертыми» на низком технологическом уровне.

Как ускорить? Какая поддержка критична?

обучение и консультирование
демонстрационные проекты
финансовая поддержка для МСП
городские платформы и интеграция данных

Для осуществления полномасштабной цифровой трансформации в строительстве необходимо преодолеть информационные, нормативные, кадровые и финансовые барьеры. Для этого целесообразна реализация таких мер, как:

- актуализация и разработка новых нормативно-технических документов для внедрения цифровых технологий в строительстве и установления ограничений на использование устаревших;
- корректировка нормативной базы в сфере градостроительства, развитие цифровых платформ и механизмов обмена данными, необходимых для обеспечения возможности создания качественных информационных моделей городов, принятия решений в сфере градостроительства и планирования развития территорий;

- формирование сети региональных центров обучения и консультирования по вопросам внедрения цифровых технологий в строительстве, в том числе на базе профильных вузов;
- демонстрационные проекты строительства и эксплуатации жилья с применением цифровых технологий (BIM, роботы, «умный дом» и др.) со свободным доступом к технико-экономической и другой информации (информирование застройщиков об успешном опыте применения цифровых технологий);
- субсидирование приобретения цифровых решений малыми и средними строительными компаниями (в первую очередь в регионах);
- льготные банковские продукты для застройщиков и покупателей жилья с применением цифровых технологий (система «Умный дом», в том числе датчики и сенсоры для мониторинга конструкций, управления освещением, отоплением, вентиляцией).

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в строительстве на 13,16% до 2030 г. (накопленным итогом).

Транспорт и логистика

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

мультимодальные перевозки
подключенный транспорт
беспилотные автомобили и умное полотно
цифровая железная дорога
автономные и высокоскоростные поезда
автономные морские суда и умный порт
беспилотные воздушные суда
умный склад

Цифровая трансформация транспорта и логистики — многоплановый процесс, охватывающий авиационные, автомобильные железнодорожные, морские перевозки, а также все логистические процессы вдоль цепочки поставок. Будучи связующим звеном

между различными отраслями экономики, транспортный комплекс абсорбирует широкий спектр цифровых решений. Общая направленность изменений — развитие мультимодального, подключенного, автоматизированного, безопасного, более экологичного и в конечном счете беспилотного транспорта.

Первым и необходимым шагом является переход на безбумажный документооборот. Транспортные (перевозочные) документы, форматы и требования к ним существенно различаются в силу разного регулирования, тарифной политики и иных аспектов развития отдельных видов транспорта. Их синхронизация и перевод в электронный вид позволят многократно ускорить процессы обработки, регистрации, контроля и прослеживаемости грузов.

Мультимодальный транспорт предполагает объединение в единую среду различных видов транспорта путем совмещения информационных, организационных, технических элементов и участников перевозочного процесса. Для этого в каждом из сегментов отрасли используется комплекс решений.

Связанность, или подключенность, автотранспорта технически обеспечивают современные интеллектуальные транспортные системы (ИТС) за счет взаимодействия дорожного полотна, объектов инфраструктуры (светофоров, видеокамер, систем освещения и др.), транспортных средств, приложений для оперативного управления дорожным движением и т.п. Подсистемы регулирования скорости движения позволяют оптимизировать и перераспределить транспортные потоки как в условиях городской застройки, так и на скоростных магистралях.

Беспилотный транспорт — ключевой тренд развития отрасли, в основе которого лежит комплекс передовых систем ИИ. В сегменте автомобильных перевозок системы беспилотного (высокоавтоматизированного/автономного) вождения взаимодействуют с окружающей средой, осуществляют выбор оптимального пути и движения, заменяя собой водителя [Wevolver, 2020].

Умное полотно (smart road) является базовым условием повсеместного распространения автономного транспорта. Новые и действующие магистрали оснащаются сенсорными сетями, системами цифрового картирования и др. Более высокий уровень безопасности обмена данными и сохранности персональных данных должны обеспечить технологии коммуникации между транспорт-

ными средствами (Vehicle-to-Vehicle) и с объектами умной инфраструктуры (Vehicle-to-Infrastructure). Набирающий популярность курс на электрификацию транспорта не может быть реализован без соответствующей зарядной инфраструктуры.

Концепция цифровой железной дороги предполагает внедрение автономных поездов и передовых систем управления железнодорожным движением [IEA, 2019*a*]. В будущем работы по инспекции и ремонту объектов инфраструктуры (туннелей, мостов, дорог) будут вестись с помощью интеллектуальных робототехнических систем, а их техническое обслуживание будет осуществляться удаленно с использованием систем предиктивной аналитики [Arup, 2019]. Приоритетное направление — строительство высокоскоростных магистралей, связывающих ключевые экономические центры, с помощью технологий информационного моделирования (BIM). Новые концепции высокоскоростной железной дороги, например Hyperloop, пока уступают по своим характеристикам традиционным решениям как по стоимости, так и по числу перевезенных пассажиров [European Commission, 2020*c*].

В беспилотных (автономных) морских судах функции экипажа судна заменяются системами автономного или дистанционного управления. Комплексные системы автономного судовождения затрагивают функции навигации (системы рулевого управления, управления скоростью, поддержки принятия решений по предотвращению столкновений, системы метеонаблюдения и др.), управления движением, судовым оборудованием и ряд других. В части инфраструктуры на морском транспорте системный характер носит концепция умного порта, пронизывающая все процессы и объекты портовой деятельности и смежных с ней областей [Ship Technology, 2021]. Создание умного порта требует сквозной интеграции судостроителей, судоходных компаний, портов, провайдеров услуг, а также иных участников, при которой достигается эффективность не только отдельных обеспечивающих процессов, но и всей цепочки в целом [Marine Digital, 2021].

Беспилотные авиационные средства (БАС, БПЛА), или беспилотники, — уже довольно «зрелый» тренд в сфере грузовых авиаперевозок. Текущие проекты требуют участия человека для дистанционного управления в пределах прямой видимости. Из-за соображений безопасности беспилотники не допускаются в воз-

душное пространство совместно с пассажирскими воздушными судами. По этой причине набирают популярность вертипорты. Это небольшие местные аналоги воздушных ворот (аэропортов) для приема и отправления, обслуживания небольших БАС, обеспечивающие доставку продукции по принципу «последней мили». В странах Европейского союза, к примеру, создается сеть из портов для беспилотников, которая в перспективе объединит 35 хабов [Air Cargo News, 2020*a*]. Дальнейшее встраивание беспилотников в регулярные воздушные линии возможно, но потребует более четких регуляторных правил для всех участников [Air Cargo News, 2020*b*; Lux Research, 2020].

В логистике быстрый рост электронной торговли, дополнительный импульс которой придала пандемия COVID-19, способствует сквозной цифровизации цепочек поставок и скоростной доставке, в том числе с использованием беспилотников (умный склад). Постепенно цифровые платформы и интернет-площадки вытесняют традиционные сервисы благодаря формированию единого информационного пространства, созданию удобного интерфейса и операционной гибкости. Широко востребованы цифровые платформы на основе технологий распределенных реестров (в том числе блокчейна) для осуществления сделок и оформления грузовых перевозок. Интернет вещей в логистике объединяет данные и устройства в единую среду, позволяя отслеживать движение грузов на всех этапах цепочки поставок, а также совмещать различные виды транспорта в зависимости от типа товара, дорожной ситуации и т.п. Оптимизация управления запасами происходит благодаря использованию передовых инструментов аналитики.

Цифровые инструменты моделирования транспортных систем позволяют создавать более экологичный транспорт, работающий на нетрадиционных видах топлива, регулировать уровень выбросов и управлять транспортным средством на протяжении всего жизненного цикла. Становится возможным непрерывный мониторинг негативного воздействия транспорта на окружающую среду и управление объектами инфраструктуры в режиме реального времени. Увеличиваются срок и эффективность эксплуатации транспорта благодаря системам предиктивной аналитики, которые планируют ремонт и техническое обслуживание исходя из текущего состояния транспортного средства.

В отрасли ежедневно генерируется значительный массив данных, использование которых позволяет оптимизировать работу пассажирских и грузовых перевозок. Для этого разрабатываются стандарты сбора, обработки, хранения и передачи данных в интегрированной цифровой среде. С учетом того, что передаваемая транспортными средствами информация может содержать персональные данные, необходимы отдельные требования по обращению с ними.

Существенно меняется концепция общественного транспорта. В условиях загруженного городского движения вероятным сценарием является беспилотное управление, например, небольшие персональные городские автобусы. Они могут соединять узловые пункты городской агломерации (аэро-, железнодорожные вокзалы и др.), а также применяться на шеринговых принципах. В последние годы в крупнейших городах наметился тренд на микромобильность (например, использование проката велосипедов и самокатов для перемещения на короткие расстояния).

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- «Мобильность как услуга» (Mobility-as-a-Service, MaaS) — развитие гибких транспортных систем и снижение негативного влияния на окружающую среду за счет состыковки спроса и предложения на транспортные услуги. Данная концепция предполагает предоставление комплексной услуги, предусматривающей подключение к сервисам транспортной системы напрямую, возможность раннего планирования и прогнозирования условий поездки и пересадок в режиме реального времени.
- Шеринговая мобильность — совместное использование различных автотранспортных средств взамен персональных автомобилей. Объединяет сервисы мобильности с водителем, при которых пассажиры используют одно и то же транспортное средство (например, такси и мини-автобусы), и шеринговые транспортные системы, при которых пользователь не разделяет поездку с иными пассажирами (каршеринг, велосипеды, мотоциклы, скутеры). Их интеграция и

возможность переключения с одного типа на другой обеспечивают мультимодальные поездки [OECD/ITF, 2020].

- Карпулинг или райдшеринг — поиск попутчиков для совместной поездки на автомобиле в пределах городской среды или на дальние расстояния. К преимуществам относится более эффективное использование автотранспорта, экономия расходов на топливо и техническое обслуживание, а также снижение выбросов углекислого газа [Ibid.].
- Пулинг — организация логистических процессов, при которой с помощью онлайн-платформ участники отрасли получают доступ к агрегированной в одном месте необходимой информации для более эффективного совместного использования логистических мощностей и ресурсов [Tompkins, 2020].
- 5PL (Fifth Party Logistics Model) — подход к предоставлению логистических услуг, при котором провайдеры формируют экосистему по предоставлению полного пакета транспортно-логистических услуг на основе платформенных решений, не обладая при этом физическими мощностями [Logistics Glossary, 2021].

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

оптимизация транспортных потоков
управление трафиком
безопасность движения
снижение сроков и стоимости доставки
сокращение рутинных и опасных операций
экологичность
новые сервисы

Цифровая трансформация транспорта призвана обеспечить реализацию ключевых задач по обеспечению связанности территорий, повышению безопасности на транспорте, эффективности перевозок, снижению экологической нагрузки, а также совершенствованию качества предоставляемых услуг.

Мультимодальность дает возможность раннего планирования условий поездки и (или) перевозки товаров в режиме реального времени, позволяя сократить издержки и время доставки пассажиров и грузов. Благодаря большей коммуникации между различными видами транспорта повышается эффективность процессов в отраслях — потребителях транспортных услуг, которая ведет к увеличению добавленной стоимости в масштабах всей экономики.

Подключенный автомобильный транспорт способствует оптимизации транспортных потоков, повышая тем самым безопасность перевозок. По оценкам Европейской комиссии, внедрение интеллектуальных транспортных систем позволит снизить долю ДТП со смертельным исходом на 1,3–6,9%, долю травм в результате ДТП — на 1,1–7%. Общий эффект для ЕС-27 и Великобритании от снижения числа ДТП может достигнуть 98 млрд евро в период 2020–2035 гг. [European Parliament, 2020]. В России в рамках недавно созданной цифровой платформы автомобильного транспорта «Автодата» сбор данных о резком торможении автомобилей может привести к сокращению числа ДТП на 20–30% [НТИ, 2020].

Переход на беспилотный автотранспорт на принципах шеринга способен многократно усилить приведенные выше эффекты. В городской среде он призван снизить трафик, заторы, сократить потребность в парковочных местах. Наряду с этим автономный транспорт может привести к росту числа междугородних путешествий и поездок в сельской местности [Victoria Transport Policy Institute, 2021].

Цифровизация существенно меняет железнодорожный транспорт. Общемировые тренды связаны с цифровизацией подвижного состава, модернизацией и унификацией сигнальных систем и систем контроля, управления трафиком, автоматизацией поездов. Одно из важных преимуществ цифровизации — возможность увеличения пропускной способности без наращивания физической инфраструктуры. Выявление узких мест и мониторинг загрузки дорог позволяет реорганизовать процессы для максимально эффективного использования физических объектов. Так, внедрение компьютерного зрения на подвижном составе российской железной дороги позволит увеличить пропускную способность на 15–20% [Транспорт России, 2020]. Для стран со значительной

территорией развитие высокоскоростных дорог способствует межрегиональной связанности при высоком уровне безопасности, комфорта, точности и регулярности транспортного сообщения [ADBInstitute, 2019].

На морском транспорте эксплуатация беспилотных судов может сократить количество аварийных ситуаций, основной причиной которых являются ошибки экипажа, повысить безопасность и надежность транспортировки, что в свою очередь влияет на стоимость доставки. На текущий момент именно человеческий фактор является основной причиной происшествий на море (доля соответствующих инцидентов в целом по миру — 75–96%) [Lloyd's Maritime Academy, 2019].

Использование беспилотников для грузоперевозок позволяет решить проблему «последней мили», т.е. этапа доставки конечному потребителю, в том числе в труднодоступные регионы. Они востребованы уже сейчас при отсутствии наземной инфраструктуры, в особенности для доставки небольших грузов. Также беспилотники могут осуществлять доставку медицинских препаратов, инспектировать транспортную инфраструктуру и решать иные узкие задачи. Общее снижение операционных расходов может достигать 70% [Gartner, 2020]. В России потенциальный эффект от использования гражданских беспилотников на транспорте может составить 40 млн долл. ежегодно при условии дальнейшего расширения их внедрения [EY, 2020].

В мировой логистике автоматизация процессов и использование передовых решений в области аналитики кардинально меняет облик сектора. Использование дополненного интеллекта (совмещение компетенций сотрудников и преимуществ средств аналитики на основе ИИ) способно обеспечить выгоду в размере 6,2 млрд ч производительного труда. Это достигается за счет ускорения процессов, сокращения ошибок и более оптимального распределения рабочих задач [Transmetrics, 2019]. Системы распределенных реестров обеспечивают прозрачность взаимодействия между участниками благодаря электронному документообороту, безопасному проведению транзакций и управлению активами.

Немаловажную роль при планировании развития транспорта играют экологические аспекты. На автомобильный транс-

порт приходится три четверти всех выбросов транспорта в мире [European Commission, 2019*c;* Our World in Data, 2020]. По оценкам Международного энергетического агентства, системные меры цифровизации вносят наибольший вклад в снижение спроса автомобильного транспорта на энергоресурсы на горизонте до 2050 г., что может позволить сократить выбросы углекислого газа на 10% [IEA, 2020; TAdviser, 2020*b*].

Меняются подходы к мобильности, уделяется большее внимание людям и их потребностям, снижается негативное влияние на окружающую среду. Цифровые технологии привели к появлению целого ряда новых сервисов и кастомизации существующих. Появляются гибкие тарифные предложения, персонализированные для каждого пользователя в зависимости от характера использования услуг общественного транспорта, частоты поездок, маршрутов и видов транспорта.

В России значительные синергетические эффекты может принести реализация инициативы евразийских транспортных коридоров. Предварительные оценки показывают значительное превышение ожидаемых эффектов (154 млрд руб.) над совокупными затратами по формированию экосистемы цифровых транспортных коридоров (ЭЦТК) (10 млрд руб.) до 2025 г. [Российская газета, 2020].

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

В России, как и за рубежом, темпы проникновения цифровых технологий в деятельность различных видов транспорта сильно различаются.

Наиболее «цифровизированным» сегментом можно назвать авиаперевозки. Внедрение цифровых решений призвано стать инструментом преодоления негативных последствий коронакризиса для отрасли. Ведущие авиакомпании используют широкий набор цифровых инструментов на земле и в воздухе, включая облачные сервисы, беспроводные сервисы для экипажа, автоматическое управление данными и др. [SITA, 2020]. ПАО «Аэрофлот» занимает 4-е место в мире в рейтинге авиаперевозчиков по уровню цифровизации [Аэрофлот, 2019].

Одним из наиболее актуальных трендов является биометрическая идентификация при прохождении контроля в крупных аэропортах. Соответствующие инициативы реализуются в крупнейших воздушных гаванях мира (Великобритания, Германия, США и др.). В ближайшие годы в России также планируется введение биометрической идентификации и аутентификации в крупнейших аэропортах. Основой сервиса станет действующая с 2018 г. Единая биометрическая система [Минкомсвязь России, 2018; РБК, 2021*в*].

В пассажирской авиации тестируются беспилотные воздушные суда. Однако пока большинство пассажиров (58%) не готовы летать самолетами, управляемыми только искусственным интеллектом [Simple Flying, 2020]. В мире к 2026 г. более 1 млн беспилотников будут задействовано для доставки товаров (сейчас — порядка 20 тыс.) [Gartner, 2020].

Развитие беспилотного автотранспорта также определяется регуляторной средой. В топ-5 стран[10], в которых нормативные правила в наибольшей мере обеспечивают эксплуатацию беспилотных автомобилей, входят Сингапур, Великобритания, Новая Зеландия, Финляндия, Нидерланды [European Commission, 2019*c*]. Позиции России пока скромнее (22-е место), однако в последние годы запущен целый ряд государственных инициатив, позволяющих ускорить развитие законодательных основ использования беспилотного транспорта. В частности, создаются регуляторные песочницы для тестирования технологий, вводятся экспериментальные режимы на дорогах общего пользования. По уровню готовности к автономному автотранспорту лидируют Сингапур, Нидерланды, Норвегия, США и Финляндия. Среди 30 стран, по которым представлены оценки, Россия занимает 26-е место со сравнительно низким уровнем внедрения передовых решений [KPMG, 2020*a*].

В области морских перевозок Россия находится среди стран, в которых тестируются автономные суда. Пионером является Норвегия, где с 2017 г. ведутся такие испытания [Safety4Sea, 2019]. Дополнительный импульс придало разработанное в 2019 г. Международной морской организацией руководство по тестированию

[10] Из числа стран, которые оценивались Европейской комиссией в рамках соответствующего исследования.

автономных морских судов [IMO, 2019]. Пока речь идет об апробации таких систем в реальных условиях. Намеченное на 2020 г. тестирование одного из первых в мире полностью автономных судов Yara Birkeland было отложено из-за пандемии COVID-19 на 2021 г. [Safety4Sea, 2020].

В 2020 г. Российский морской регистр судоходства одобрил набор технических решений для автоматической навигации, что создает регуляторную основу для тестирования беспилотных судов. В рамках эксперимента до 2025 г. разрешено применение систем автономного вождения для судов, плавающих под российским флагом [Правительство Российской Федерации, 2020*в*]. Пока участники отрасли опираются на смешанный подход, предполагающий использование совместно традиционных и новых систем управления судном [Digital Ship, 2020*a*; 2020*b*].

Железнодорожный транспорт стал «первопроходцем» в области беспилотного управления. Первые автономные составы метро запущены еще в 1981 г. в г. Кобе (Япония) и к настоящему моменту составляют порядка 7% сетей метро во всем мире [IEA, 2019*b*]. В отличие от закрытых подземных линий полностью автономные поезда на открытых пространствах для городского и междугороднего сообщения пока находятся на этапе апробации. Крупнейшие мировые компании (Deutsche Bahn, SNCF и др.) уже объявили о запуске полуавтономных или полностью автономных железнодорожных составов в ближайшие несколько лет [ALSTOM, 2020]. В Китае в 2020 г. запущен самый быстрый в мире автономный скоростной поезд, способный развивать скорость до 350 км/ч [McKinsey&Company, 2020*b;* The Guardian, 2020].

Получивший широкую популярность в крупных городах каршеринг (совместное использование транспортных средств) имеет все шансы на реализацию и в сельской местности. По мере его распространения встает вопрос о возможности полноценного встраивания шеринговых услуг в единую транспортную систему городов и регионов. Однако пандемия COVID-19 и связанные с ней ограничения внесли некоторые изменения в отношение людей к шеринговым услугам — в крупных городах оно стало немного более настороженным.

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли[11]

Мир

Роботакси в Гуанчжоу

В Гуанчжоу (Китай) тестируются роботакси как часть MaaS-платформы. Услуга объединяет автономные такси, автобусы, мини-автобусы, электромобили на основе системы ИИ (более 40 транспортных средств). Жители города могут заказывать услугу через приложение и планировать различные сценарии поездки. Также транспортные средства используются и для иных функций, включая санитарную обработку, патрулирование улиц и др. [Intelligent Transport, 2021].

Автономный мини-автобус в Германии

Компания Volkswagen планирует выпустить мини-автобус четвертого уровня автономности[10] к 2025 г. Автобус будет предоставляться клиентам в рамках модели райдшеринга [Car and Driver, 2021].

Россия

Персонализированные перевозки в Москве

На территории г. Москвы в рамках концепции MaaS планируется тестирование сервиса персонализированных перевозок на небольших автобусах, рассчитанных на 8–16 человек. Через мобильное приложение «Московский транспорт» пользователь получает информацию о прибытии автобуса на нужную остановку в радиусе 500 м от пользователя, может забронировать место в автобусе и оплатить поездку. Реализация пилотного проекта состоится в Троицком и Новомосковском административных округах при перевозке школьников [ICT. Moscow, 2021].

«Умная дорога» в Московском регионе

ЦКАД-3 — умная автомобильная дорога и часть международного транспортного коридора «Европа — Западный Китай». Особенностью проекта является система

[10] Четвертый уровень автономности означает, что автобус сможет функционировать без вмешательства человека, но на ограниченной территории.

«Живая лаборатория» для беспилотного транспорта в Германии

В Германии на федеральной трассе А9 запущен цифровой испытательный полигон в формате «живой лаборатории» (Digital Motorway Test Bed) для тестирования цифровых технологий в реальных условиях. Для этого на участке дороги были созданы технические условия, позволяющие проводить испытания одновременно по двум направлениям — развитие интеллектуальной инфраструктуры и автономное вождение [BMVI, 2018].

безостановочной оплаты проезда «Свободный поток». Это передовое решение не только для России, но и для мира. С помощью различных устройств и камер ведется мониторинг и анализ обстановки, погодных условий, состояния дорожного полотна. На основе этих данных определяется стоимость оплаты за участок платной трассы и формируются счета на оплату [Автодор, 2021; Российская газета, 2021; Технологии распознавания, 2020].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос отрасли транспорта и логистики на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 89,4 млрд руб. с перспективой роста в 7 раз к 2030 г. до 626,6 млрд руб. (рис. 8).

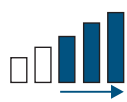
Среди наиболее востребованных строительным сектором передовых цифровых технологий в будущем — технологии беспроводной связи, ИИ, системы распределенного реестра (табл. 7).

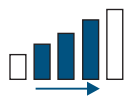
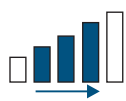


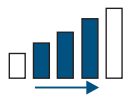
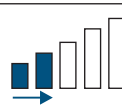
Рис. 8. Спрос на передовые цифровые технологии в транспорте и логистике в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

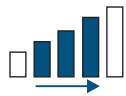
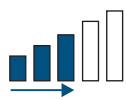
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

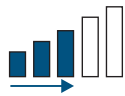
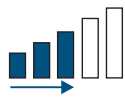
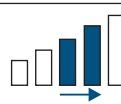
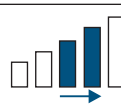
Таблица 7. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в транспорте и логистике

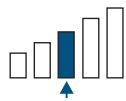
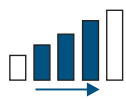
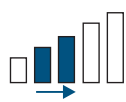
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		Компьютерное зрение — центральная технология ИИ, активно применяющаяся в транспортной сфере. Различные устройства компьютерного зрения адаптированы к внешней среде и позволяют получать и анализировать трехмерные данные об оперативной обстановке (от иных транспортных средств, дорожного полотна, светофоров и др.).

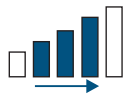
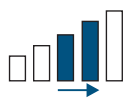
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		Получаемая с помощью устройств информация об обстановке позволяет обеспечить безопасность на дорогах, поддержку деятельности дорожных служб, фотовидеофиксацию нарушений, контроль расхода ресурсов, мониторинг сокращения вредных выбросов и др. Значительная экономия может быть достигнута благодаря применению систем мониторинга, диагностики и технического обслуживания транспортных средств, сетей коммуникаций и объектов дорожно-транспортной инфраструктуры. К настоящему времени технология достигла достаточного уровня зрелости. В дальнейшем спрос на системы компьютерного зрения может возрасти в связи с реализацией масштабных проектов беспилотного транспорта.
Обработка естественного языка		Различные виды транспорта, объекты транспортной и логистической инфраструктуры генерируют значительные объемы данных. Для извлечения из них полезной информации необходимы современные автоматизированные инструменты обработки. Эти технологии направлены на решение сквозных задач по сбору, учету и хранению информации, ее анализу и визуализации, а также автоматизированной обработке перевозочных документов. В условиях развития MaaS все более востребованными становятся решения для коммуникации с пассажирами. В логистике интегрированные системы взаимодействия с клиентами позволяют агрегировать на одной платформе данные по параметрам доставки, владельцам продукции, ценовым и иным условиям, обеспечивая гибкость и эффективность цепочек поставок.
Распознавание и синтез речи		Решения на основе распознавания и синтеза речи на транспорте в основном применяются для автоматического анализа голосовых сообщений, определения их содержания и эмоциональной составляющей, в специализи-

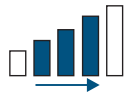
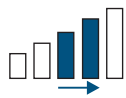
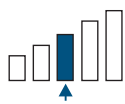
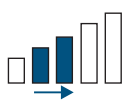
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		рованных голосовых помощниках для интерактивных карт, диспетчерского обслуживания транспорта, взаимодействия с различными службами и др. Также они могут быть востребованы при организации работы центров по обращению граждан, в том числе при возникновении непредвиденных ситуаций или дорожно-транспортных происшествий. Дальнейшее развитие технологии в транспортной отрасли также связано с расширением использования голосовой аутентификации пассажиров (например в авиаперевозках).
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		Урбанизация и рост нагрузки на транспортную инфраструктуру стимулируют интерес к рекомендательным системам. Они позволяют оптимизировать транспортные потоки, автоматизировать логистические процессы. Определить необходимость ремонта транспортных средств становится возможным при помощи систем предиктивного технического обслуживания. Системы поддержки принятия решений позволяют повысить эффективность многих внутренних бизнес-процессов, в том числе управления персоналом, процедур найма новых сотрудников. Пассажирами востребованы системы персональных рекомендаций по построению оптимального маршрута с использованием интеллектуальных карт. Масштаб применения подобных систем будет расширяться в связи с переходом к мультимодальным перевозкам, требующим учета множества факторов, построения наиболее оптимальных маршрутов передвижения для всех участников и эффективной эксплуатации транспортных сетей.
Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг		Нейроинтерфейсы на транспорте применяются для решения ряда узких, но важных задач. Автотранспорт со встроенными нейроинтерфейсами (нейромобили) позволит упростить управление автомобиля для людей

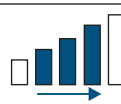
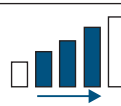
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		с ограничениями по здоровью. В перспективе системы на основе обработки сигналов мозга могут найти применение в авиации при обучении пилотов.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных. Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус). Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		Различные системы распределенных реестров широко востребованы в грузовых перевозках и логистике. Они позволяют отслеживать грузы, осуществлять сделки (например, заправка топливом) и управление активами, обеспечивают безопасную передачу транспортно-перевозочных документов. Блокчейн и иные подобные технологии могут использоваться для ведения отраслевых реестров и баз данных, а также автоматизации исполнения регуляторных требований. Необходимость обеспечить прозрачность процессов для участников способствует широкому использованию систем распределенных реестров в контейнерных перевозках. В результате ускоряются и упрощаются процессы обработки транспортных документов, снижается число рутинных/повторяющихся процедур с высокой долей ошибки, сокращаются общие затраты и время на перевозку грузов. Платформы, в том числе на блокчейне, могут применяться и для взаимодействия с пассажирами. В перспективе спрос на решения указанных технологий продолжит расти.
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые коммуникации		В настоящее время решения на основе квантовых коммуникаций находятся на этапе разработки. В перспективе они могут использоваться для защиты каналов связи, по которым передаются данные с железнодорожного транспорта, в том числе беспилотного, а также для создания систем безопасности критически важных объектов транспортного комплекса.

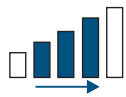
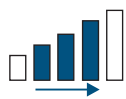
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Квантовые вычисления		На текущий момент решения на основе квантовых вычислений находятся на этапе разработки. Перспективным направлением является моделирование и прогнозирование параметров развития отрасли и отдельных видов транспорта с учетом региональных особенностей, природно-климатических условий и иных требований.
Квантовые сенсоры		В настоящее время решения на основе квантовых коммуникаций находятся на этапе разработки. В перспективе квантовые сенсоры могут быть использованы среди прочего для совершенствования систем навигации автомобильного транспорта в целях оптимизации транспортных потоков. В морских грузоперевозках квантовые сенсоры могут улучшать характеристики систем сопоставления карт в условиях затрудненного доступа к иным устройствам и сетям связи. Драйвером более широкого использования указанной технологии станет развитие беспилотного транспорта.
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)		В настоящее время информационное моделирование (BIM) применяется для проектирования сетей железнодорожных и автомобильных дорог, объектов инфраструктуры. Расширению применения цифрового проектирования будет способствовать строительство новых наземных транспортных маршрутов и реализация крупных проектов по строительству транспортных магистралей. Востребованность таких систем также возрастает при необходимости создания умного дорожного полотна для беспилотного автотранспорта.
Технологии умного производства (Smart Manufacturing)		Организации отрасли широко используют различные системы умного производства для повышения уровня автоматизации бизнес-процессов и управления жизненным циклом сложных объектов. Внедряются системы

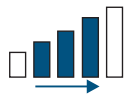
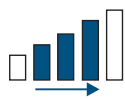
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		интеллектуальной поддержки технического обслуживания транспортных средств, платформы управления перевозочным процессом, транспортно-логистическими узлами и др. В перспективе отрасль будет осваивать передовые инструменты автоматизации, расширяя компетенции по управлению данными. Важной задачей является интеграция всех элементов и подсистем за счет управляющей системы полного цикла.
Манипуляторы и технологии манипулирования		В настоящее время на транспорте манипуляторы используются для технического обслуживания и ремонта транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры (например, для заправки самолетов), автоматизации рутинных и повторяющихся операций в логистике (сортировка, упаковка, загрузка, разгрузка и др.). С развитием мультимодальных транспортно-логистических комплексов спрос на манипуляторов в транспортной отрасли вырастет, но незначительно.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		На транспорте предъявляются повышенные требования безопасности при взаимодействии человека с роботизированным транспортным средством. В перспективе драйверами роста спроса на технологию выступят автоматизация управления транспортом и развитие транспортных сервисов для бизнеса и населения.
Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования		По мере автоматизации транспорта стоит задача определения положений и траекторий перемещения транспортных средств, получения обратной связи, моделирования и расчета движения, в том числе с учетом режимов реального времени. Одна из важных сфер применения, востребованность которой возрастет, — дистанционный контроль транспортных объектов повышенной опасности.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Сенсоры и обработка сенсорной информации		Транспортная отрасль генерирует значительный объем быстро меняющихся данных. Переход в перспективе на высокоавтоматизированный и беспилотный транспорт потребует интеграции различных платформ данных и совершенствования сенсоров для их сбора. Современные сенсоры позволяют отслеживать выполнение экологических требований, в том числе уровень загазованности, объем выбросов и др. Они являются важным элементом систем по обеспечению противогололедной обстановки, управлению наружным освещением, а также диагностических приборов для мониторинга функционирования инфраструктуры трубопроводного транспорта. В дальнейшем роль сенсоров и сенсорных сетей как основы для Интернета вещей существенно возрастет.
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		В настоящее время сети WAN являются ключевым компонентом современного транспорта. В дальнейшем наибольшие эффекты связаны с сетями связи пятого поколения (5G). Использование сетей WAN на базе сетей 5G является критичным для полномасштабной реализации концепции современной городской среды. Они обеспечат возможность эксплуатации умной дорожной инфраструктуры, интеллектуальных транспортных систем и в конечном счете беспилотного наземного транспорта. Среди основных сфер применения — также удаленный мониторинг транспортных средств, беспроводная связь в высокоскоростных поездах, функционирование систем V2X (Vehicle-to-Everything) для обмена данными автотранспортного средства с различными объектами, сбор данных о текущей дорожной ситуации, а также целый ряд новых сервисов для пассажиров. В логистике сети 5G позволяют использовать беспилотники как для доставки товаров конечному покупателю, так и для транспортировки в логистические центры.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Технологии LPWAN обеспечивают беспроводной доступ для широкого набора приложений, связанных с телеметрией и Интернетом вещей на транспорте. Они позволяют передавать данные на значительные расстояния при низком энергопотреблении и используются для удаленного мониторинга и контроля состояния транспортных средств, объектов транспортной инфраструктуры, контроля грузов. В дальнейшем применение LPWAN возрастет в связи с реализацией задач по построению единой информационно-телекоммуникационной среды, что обеспечит контроль практически всех параметров элементов интегрированной транспортной среды.
WLAN (Wireless Local Area Network)		В настоящий момент системами Wi-Fi оснащены различные виды общественного транспорта, обеспечивающие доступ пассажиров в сеть Интернет, а также функционирование различных обеспечивающих систем (видеонаблюдение, мониторинг транспортного средства, регулярное обновление систем и др.). В дальнейшем развертывание сетей WLAN увеличится в связи с реализацией стратегий «умного города» и расширением набора сервисов для пассажиров.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Технология RFID-меток на данный момент является достаточно зрелой и применяется на объектах транспортной инфраструктуры, например, в системах контроля и управления доступом, для отслеживания логистических процессов. Дальнейшие перспективы ее использования связаны с автоматизацией процессов в торговле и логистике на основе маркировки товаров для оптимизации затрат, однако рост будет небольшим.
Спутниковые технологии связи (СТС)		На данный момент спутниковые технологии используются для обеспечения доступа к сетям связи в труднодоступных регионах, на территориях со сложными природно-климатическими условиями (например, на терри-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		тории Арктической зоны России), а также в малонаселенных районах «последней мили». В морских перевозках пока наиболее распространена спутниковая связь — в силу особенностей данного вида транспорта. Она обеспечивает мониторинг и определение местонахождения грузов (например, контейнеров в морских перевозках). Системы спутниковой связи (ГЛОНАСС) применяются для навигации транспортных средств, передачи данных о транспортных средствах, управления перевозками опасных и специальных грузов, обеспечения безопасности движения поездов, мониторинга состояния объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и др. В перспективе драйвером расширения использования данной технологии станут крупные проекты транспортных маршрутов.
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Средства разработки VR/AR-контента и технологии совершенствования пользовательского опыта (UX) со стороны разработчика		На текущий момент уровень использования средств разработки VR/AR-контента и технологий совершенствования пользовательского опыта в транспортной отрасли невысок ввиду несовершенства конечных технологий. В дальнейшем отмечается востребованность более функциональных решений и среди прочего — приложений дополненной реальности для обучения персонала различным навыкам управления транспортными средствами. Так, в авиации такие решения могут применяться для тренировки пилотов и иного участвующего в обеспечении полетов персонала.
Платформенные решения для пользователей: редакторы создания контента и его дистрибуции		В настоящее время реализуются отдельные проекты по разработке платформенных решений для пользователей. В дальнейшем возрастет потребность в конечных технологиях VR/AR для моделирования транспортной системы в 3D-реальности, прогнозирования дорожной ситуации и транспортных потоков,

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		проектирования объектов транспортной инфраструктуры, что позволит существенно повысить качество организации дорожного движения. Эта технология также может стать частью систем помощи водителю в оценке обстановки на дороге, поддержке принятия решения в режиме реального времени.
Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии		На сегодняшний день технология находится на начальном этапе внедрения. В перспективе она может применяться среди прочего для создания симуляторов и приложений дополненной реальности, позволяющих отрабатывать навыки управления различными видами транспорта и специальной техники. Алгоритмы фотограмметрии и распознавания объектов могут быть востребованы при автоматизированном построении пространственных моделей объекта по снимкам. Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии как часть интеллектуальных транспортных систем позволяют повысить безопасность дорожного движения за счет определения характеристик движущихся объектов. Решения дополненной реальности также применимы в навигации и обслуживании современных логистических центров.
Интерфейсы обратной связи и сенсоры для VR/AR		В настоящий момент указанная технология находится на начальном этапе внедрения. В перспективе она может применяться среди прочего для создания симуляторов и приложений дополненной реальности, позволяющих отрабатывать навыки управления различными видами транспорта и специальной техники. Интерфейс 6D-платформы с базовыми элементами обратной связи будет востребован для более высокого уровня подготовки водителей транспортных средств и пилотов, а также в системах многоканальной коммуникации для получения обратной связи от водителей.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Технологии графического вывода		В настоящее время решения на основе данной технологии для транспорта характеризуются недостаточной функциональностью. В дальнейшем по мере расширения функциональных возможностей применение данной технологии будет расти. Одно из направлений связано с трекингом глаз в VR/AR-гарнитуре с целью предотвращения опасных ситуаций на дороге. Очки дополненной реальности с отображением трехмерных объектов могут применяться для обучения водителей транспортных средств и пилотов.
Технологии оптимизации передачи данных для VR/AR		На текущий момент решения на основе данной технологии для транспорта характеризуются недостаточной функциональностью. В дальнейшем по мере расширения функциональных возможностей технологии оптимизации передачи данных для VR/AR могут применяться для повышения точности определения координат беспилотного транспорта.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

оформление транспортных документов в электронном виде
единая цифровая платформа
экспериментальные и тестовые зоны
безопасные дороги
повышение качества и доступности транспортных услуг
цифровые транспортные коридоры

Государственная политика цифровой трансформации транспорта и логистики направлена на формирование единой цифровой среды благодаря интеграции различных информационных систем, переводу в электронный вид документации, разработке регуляторных правил использования цифровых решений, в том числе автоматизированных и беспилотных транспортных

средств. Цифровые решения служат инструментом совершенствования управленческих процессов в отрасли. Наряду с общими для всех видов транспорта инициативами предусмотрены мероприятия, учитывающие специфику и задачи авиационного, автомобильного, железнодорожного и морского транспорта, логистической сферы.

Цифровые технологии призваны внести значимый вклад в создание безопасных и современных автомобильных дорог за счет модернизации имеющихся и строительства новых магистралей, объектов дорожно-транспортной инфраструктуры и поддерживающих услуг. В основе реализации проектов по увеличению пропускной способности железнодорожных магистралей, внутренних водных путей, аэропортовых комплексов и ряда иных также лежат цифровые решения. Среди прочего запланированы:

- разработка новых стандартов и требований к использованию цифровых технологий, в том числе при обустройстве автомобильных дорог для устранения мест концентрации ДТП;
- внедрение интеллектуальных транспортных систем для обеспечения движения транспортных средств;
- внедрение роботизированных и автоматизированных технологий организации дорожного движения и контроля соблюдения правил дорожного движения;
- внедрение цифровых двойников транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, в том числе для управления их жизненным циклом;
- создание единой среды мониторинга защищенности транспортных средств и грузов от деструктивных воздействий;
- создание условий для эксплуатации беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования;
- развертывание сетей связи для систем передачи данных, включая информацию ГЛОНАСС, сетей узкополосной связи сбора телеметрической информации по технологии LPWAN;
- создание цифровой платформы транспортного комплекса Российской Федерации для интеграции различных информационных систем, включая единую цифровую транспортно-логистическую среду, информационно-аналитическую систему, систему обеспечения транспортной безопасности и др.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации отрасли

1. 8 показателей, входящих в оценку «цифровой зрелости» отрасли «Транспорт и логистика» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2018*б*].

3. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года [Правительство Российской Федерации, 2018*б*].

4. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», федеральные проекты «Информационная инфраструктура», «Информационная безопасность» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2019] .

5. Ведомственная целевая программа «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации» [Минтранс России, 2020].

Передовые цифровые технологии (технологии информационного проектирования и моделирования, цифровые двойники транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, системы распределенных реестров и др.) будут задействованы при реализации проектов регионального и международного масштаба, в том числе развития Северного морского пути (СМП), Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, транспортных коридоров «Европа — Западный Китай», «Север — Юг», высокоскоростных железнодорожных магистралей. «Цифра» служит основой для реализации транзитного потенциала на пространстве ЕАЭС.

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

обособленность различных видов транспорта
низкая пропускная способность инфраструктуры
нехватка компетенций

угрозы кибербезопасности
нехватка регуляторных правил

Российская повестка внедрения цифровых технологий в отрасли в целом отражает все ключевые общемировые тренды, однако их реализация отличается рядом особенностей. В силу большой территории, географического положения и разнообразных природно-климатических условий в нашей стране реализуются уникальные проекты, включая СМП, создание евразийских транспортных коридоров. По-настоящему цифровая трансформация транспорта возможна лишь в том случае, если в нее вовлечено большинство участников отрасли, в том числе малые и средние предприятия.

Несмотря на в целом негативное влияние пандемии, в 2020 г. произошла переориентация части грузов с морского транспорта на железнодорожный [ЕЭК, 2019]. В полной мере данный тренд проявился в России и странах — членах ЕАЭС и имеет все шансы стать долгосрочным. Это создает дополнительные стимулы для ускорения цифровой трансформации железнодорожного транспорта.

К числу основных факторов, сдерживающих активное внедрение цифровых технологий, относятся:

- «обособленность» различных видов транспорта, низкий уровень развития взаимодействия между участниками отрасли;
- неравномерный уровень проникновения цифровых технологий в деятельность организаций транспорта;
- сравнительно низкие темпы развития и недостаточные масштабы обновления инфраструктуры;
- невысокая пропускная способность имеющихся транспортных артерий;
- нехватка стандартов создания объектов умной инфраструктуры, внедрения подключенных транспортных средств и иных устройств;
- недостаток квалифицированных кадров, обладающих достаточным уровнем цифровой грамотности для работы с цифровыми решениями на транспорте.

Россия обладает значительным транзитным потенциалом. Транспортные услуги занимают наибольшую долю в структуре

российского экспорта услуг [Банк России, 2021]. Однако в настоящий момент имеющиеся возможности реализуются не в полной мере. Наибольшие эффекты ожидаются от создания транспортных коридоров на евразийском пространстве. Несмотря на значительные преимущества для всех стран — участниц ЕАЭС, реализации масштабных проектов по расширению инфраструктуры пока препятствует недостаточно высокая экономическая эффективность [ЕЭК, 2019]. Применение цифровых технологий в значительной мере может способствовать решению этих проблем.

Как ускорить? Какая поддержка критична?

стандарты обмена и передачи данных
система управления отраслевыми данными
регулирование беспилотных транспортных средств
разработка отечественных решений
тиражирование лучших практик
живые лаборатории

В настоящее время уже реализуется комплекс мероприятий по цифровой трансформации, связанных в том числе с созданием регуляторных песочниц для беспилотного транспорта, тестовых зон для беспилотных морских судов и др. Для усиления эффектов от уже запланированных мероприятий, а также для более широкого вовлечения различных участников отрасли в процессы цифровой трансформации целесообразна реализация таких мер, как:

- обеспечение базовых условий для внедрения и использования цифровых решений, в том числе покрытия транспортных магистралей сетями связи пятого поколения (5G), модернизации дорожной инфраструктуры;
- стандартизация сервисов платформ, протоколов безопасной передачи данных;
- разработка регуляторных правил, в том числе закрепление прав и ответственности при эксплуатации беспилотных или высокоавтоматизированных транспортных средств;
- выдача льготных займов малым и средним организациям отрасли для тиражирования успешно зарекомендовавших себя российских цифровых решений для транспорта;

- создание правовых условий для оборота данных, аккумулируемых бизнесом, и расширение возможностей использования отраслевых данных;
- создание отраслевых центров подготовки кадров в области цифровых технологий для транспорта.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда на транспорте и в логистике на 20,04% до 2030 г. (накопленным итогом).

Финансовый сектор

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

Open API
Bank-as-a-Service
экосистемы
FinTech
криптовалюты
краудфандинг
биометрия
RegTech
SupTech

Развитие и интенсивное внедрение цифровых платформ, систем распределенного реестра и облачных технологий в предшествующие годы без преувеличения преобразили финансовый сектор, выдвинув его в число лидеров цифровой трансформации.

Концепция открытого банкинга (Open Banking) лежит в основе многих принципиально новых моделей деятельности банков и других финансовых организаций. Согласно этой концепции разработчики программного обеспечения получают возможность создавать продукты и сервисы в интересах финансовой организации и объединять их в рамках единой цифровой экосистемы [Bloomchain, 2019]. В рамках открытого банкинга финансовая организация предоставляет третьим сторонам (разработчикам) до-

ступ к данным о клиентах (с их согласия) с применением открытых API (технологии обмена данными между информационными системами через стандартные протоколы взаимодействия). Это позволяет, в частности, анализировать потребности конкретного клиента и персонализировать продукты и сервисы под его запросы.

Модель «банк как услуга» (Bank-as-a-Service, BaaS) вобрала в себя основные элементы концепции открытого банкинга и предполагает глубокую интеграцию бизнеса компании-клиента и финансовой организации. В рамках BaaS банк фактически сдает в аренду клиенту (юридическому лицу) свою инфраструктуру (лицензия, процессинг платежей, выпуск карт, комплаенс). Это позволяет, например, встроить финансовые услуги банка в бизнес-процессы клиента, в том числе во внешние приложения для конечных потребителей и систему управления ресурсами предприятия (ERP). При этом ощутимо возрастают количество и скорость финансовых операций. BaaS обеспечивает практически бесшовную стыковку информационных систем компании и банка с использованием открытых API, а в ряде случаев — смарт-контрактов и технологии распределенных реестров. Все необходимые данные передаются по стандартным защищенным протоколам в реальном времени. Управление осуществляется через отдельное приложение, «курирующее» конкретное направление деятельности — торговое финансирование, кэш-менеджмент, инкассацию, факторинг и т.д. [TAdviser, 2019].

Наряду с платформенными решениями в финансовых организациях находят широкое применение самые разные цифровые технологии, коренным образом перестраивающие бизнес-процессы этих организаций. Одним из базовых технических решений, наиболее значимых для цифровой трансформации финансового сектора, является технология удаленной аутентификации клиентов — физических лиц при проведении финансовых операций. В ее основе лежит использование биометрических данных клиентов (индивидуальные параметры отпечатков пальцев, профиль лица) при проведении мобильных платежей. Во многих организациях осуществляется переход от гибридных к полностью автоматизированным моделям управления ключевыми показателями и инструментами, использующими не только финансовые, но и любые

доступные типы информации об активах и окружении, включая социальные и природные явления и др. Разрабатываются метапредметные модели, учитывающие многофакторные наборы данных (Big Data), включая агрегацию и обработку входящих данных в режиме «24/7». Многие организации переходят на юридически значимый электронный документооборот. Интенсивное развитие сервисов-помощников для финансовых решений (робоэдвайзинг) обеспечивает ускорение притока на финансовые рынки новых клиентов — физических лиц.

Однако цифровая трансформация финансового сектора далеко не исчерпывается внедрением передовых цифровых технологий в традиционных финансовых организациях (банки, инвестиционные компании и др.) и связанными с этим переменами в их взаимоотношениях с клиентами.

В 2010-е годы развитие новых технологий (большие данные, ИИ, роботизация, биометрия, облачные технологии, системы распределенных реестров) и финансовых инструментов, появление множества финтех-компаний[12] привели к тому, что банки и другие специализированные финансовые организации фактически потеряли монополию на оказание платежных услуг [World Bank Group, 2018*b*]. Используя банковскую и собственную инфраструктуру, нефинансовые организации, включая крупные технологические компании и финтех-стартапы, создают цифровые экосистемы и фактически выходят на рынок предоставления финансовых услуг [McKinsey&Company, 2018*a*]. Так, электронные платежные системы (PayPal, ЮMoney (ранее — Яндекс.Деньги) и др.) предоставляют широкий спектр возможностей по оплате услуг, товаров, переводов между счетами, а выпуск некоторыми из них виртуальных и пластиковых карт (правда, в сотрудничестве с банками) стал наглядным примером масштабного выхода нефинансовых компаний в сферу, считавшуюся исключительной вотчиной банков еще 10 лет назад.

[12] 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».

Вместе с тем, несмотря на определенную конкуренцию, традиционные кредитные организации активно налаживают сотрудничество с финтех-компаниями. Это позволяет им получить ряд «экосистемных» преимуществ, включая быстрое, дешевое и таргетированное предоставление базовых финансовых продуктов, использование новых маркетинговых каналов для привлечения новых клиентов. Кроме того, банки получают доступ к данным о потребительском поведении потенциальных клиентов, что дает возможность создать персонализированные продукты и услуги, а также повысить финансовую инклюзивность за счет привлечения потребителей, ранее считавшихся слишком рискованными из-за отсутствия достаточной информации о них [World Bank Group, 2018*b*].

В частности, ключевыми участниками банковских платформ становятся агрегаторы пользовательской информации — операторы связи, социальные сети и др. Они предоставляют доступ к данным о своих клиентах в целях повышения качества кредитных продуктов, перекрестных продаж и формирования индивидуальных предложений. Скоринговые системы крупных банков, в том числе отечественных (ПАО Сбербанк, АО «Альфа-Банк», АО «Тинькофф Банк» и др.), активно используют такие данные [McKinsey&Company, 2018*b*]. При этом сами агрегаторы расширяют спектр собственных услуг и охват пользователей. Сегодня цифровая трансформация финансового сектора подталкивает ключевых игроков к интеграции в консорциумы для развития и внедрения цифровых технологий, в том числе требующих значительных инвестиций. Такие объединения позволят значительно снизить транзакционные издержки участников рынка.

Один из наиболее значимых для финансового сектора трендов последних лет — появление криптовалют. В основе криптовалют, построенных на технологии распределенного реестра, лежит полностью автоматизированная децентрализованная платежная система, реализующая механизмы эмиссии, учета, формирования и исполнения транзакций. Информация о транзакциях общедоступна без шифрования, а вот сведения о владельцах «счетов» — участниках транзакций — полностью анонимизированы. В качестве альтернативы децентрализованным криптовалютам центральные банки многих стран мира, включая Россию, рассматривают пер-

спективы выпуска собственных цифровых валют [BIS, 2020]. Они могут выступать средствами платежа, мерой стоимости и средствами сбережения и сочетать в себе свойства наличных и безналичных денег (возможности применения как в расчетах онлайн, так и в офлайн-режиме — при отсутствии доступа к Интернету). Активно развиваются стейблкоины — криптовалюты с привязкой к национальной валюте или другим материальным активам. Стоимость стейблкоинов менее волатильна по сравнению с другими криптовалютами, рынки которых подвержены резким колебаниям. Развитие цифровых валют должно послужить стимулом к дальнейшим инновациям в сфере платежей.

Краудфандинг — еще одно прорывное нововведение в финансовом секторе, целиком обязанное своим появлением цифровым технологиям. Краудфандинговые платформы представляют собой новый способ финансового посредничества, напрямую связывая кредиторов и заемщиков. Первые из них появились в Великобритании и США как потребительские (peer-to-peer, P2P) кредитные платформы. В отличие от вкладчиков банков, не имеющих представления, как используются их деньги, краудфандинговые платформы дают клиентам возможность выбрать, кому именно они хотели бы дать взаймы, что является привлекательной опцией для многих из них. Краудфандинг развивается и в инвестиционной сфере. В рамках соответствующих платформ инвесторы могут приобретать не обращающиеся на организованных рынках акции или долговые ценные бумаги. В настоящее время краудфандинг стал гибким механизмом, позволяющим проверить реакцию потенциальных инвесторов на бизнес-идею, вывести на рынок инвестиционный продукт, повысить узнаваемость компании, а также найти финансовую поддержку в кризисный период [Spark, 2020].

Внедрение цифровых технологий все сильнее затрагивает и деятельность регуляторов. В целях содействия цифровой трансформации меняются правила бухгалтерского учета, разрабатываются рекомендации по управлению данными, ИТ-аутсорсингу [S&P Global, 2020]. Для повышения эффективности надзора и регулирования национальные банки ведущих стран реализуют проекты по таким направлениям, как Regulatory Technology, или RegTech (технологии, упрощающие выполнение финансовыми организациями регуляторных требований), и Supervisory Technology, или SupTech

(технологии, повышающие эффективность регулирования и надзора за деятельностью участников финансового рынка).

Новый виток цифровой трансформации сектора пришелся на прошедший год и был вызван пандемией COVID-19. Многие азиатские и европейские финансовые организации сфокусировались на предоставлении услуг полностью в цифровом виде (развитие безналичной экономики). Наблюдается масштабный переход компаний сектора от фазы тестирования к повсеместной промышленной эксплуатации цифровых инструментов и облачных технологий [S&P Global, 2020].

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- Открытый банкинг позволяет участникам рынка расширять спектр и удобство доступных услуг, ускорять рост клиентской базы, создавать сервисы и приложения для финансовых институтов, увеличивать прозрачность финансовых операций для потребителей. Кроме того, организации, использующие услуги открытого банкинга, получают доступ к данным о потенциальных клиентах и тем самым — базу для формирования целевых персональных предложений.
- Концепция Bank-as-a-Service («банк как услуга») предполагает предоставление доступа к инфраструктуре банка сторонним организациям в бизнес-целях, подобно тому, как Google предоставляет свои серверные мощности на коммерческой основе. Для организации BaaS используются технологии распределенных реестров и смарт-контракты. Такой подход позволяет найти новые источники прибыли при минимальных затратах, увеличить клиентскую базу и улучшить банковский сервис.
- Краудфандинг оказался одним из эффективных инструментов поддержки малого бизнеса в турбулентный период 2020 г. Например, #ПоддержиБизнес, созданный совместно Mastercard, Яндекс.Картами и сервисом Boomstarter, объединил усилия крупных компаний и пользователей для помощи предпринимателям в условиях неопределенной экономической ситуации [Boomstarter, 2021]. Субъекты малого

бизнеса получили возможность бесплатно создавать и продавать сертификаты на свои товары и услуги, тем самым получая фондирование при невозможности обеспечить текущий поток выручки, а покупатели — приобретать эти товары и услуги со скидкой и возможностью использовать их после снятия ограничений для бизнеса.

- Алгоритмизация методов ввода, в том числе распознавания речи и письма, одновременно с анализом больших данных и автоматизированной цифровой верификацией обеспечивает круглосуточное совершение пользователями транзакций с мобильных устройств.
- Новые технологии безопасности данных, в том числе основанные на разрабатываемых квантовых и постквантовых методах, обеспечивают сохранность финансовой, персональной и иной информации.
- Внедрение систем распределенного реестра в платформенные решения и новые бизнес-модели обеспечивает мгновенный учет финансовых операций, автоматическую проверку данных, а также ускоряет и удешевляет кредитные, инвестиционные и иные процессы.
- Нейротехнологии позволяют вывести коммуникации с клиентами на принципиально новый уровень — от полностью роботизированного общения до построения индивидуальных предложений для отдельного клиента, основанных на его цифровом профиле, жизненных предпочтениях и особенностях личности.

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

безналичная экономика
безопасность электронных платежей
повышение качества платежных сервисов
снижение издержек
повышение качества принятия решений
рост инвестиций в малый бизнес
упрощение регулирования

Цифровая трансформация позволяет достичь значительных позитивных эффектов как для отдельных организаций, так и для финансового сектора в целом.

Концепция открытого банкинга позволяет банкам существенно ускорить дистрибуцию финансовых продуктов и сервисов через «чужие» информационные системы и обеспечить доступ одних финансовых организаций к информации и сервисам других. Согласно опросу с участием 660 малых, средних и крупных компаний из 11 стран, ожидания бизнеса от открытого банкинга связаны с обеспечением доступа к более удобным услугам, помощью в расширении клиентской базы, оптимизацией корпоративных процессов, снижением сложности и стоимости коммуникаций с банком и удешевлением привлечения клиентов [Accenture, 2018]. Вместе с тем открытый банкинг значительно меняет привычные схемы проведения платежей. Так, операции оплаты могут инициироваться торговыми точками или финансовыми посредниками непосредственно с банковского счета клиента через API банка. При этом продавцы товаров и услуг могут получить выгоду за счет снижения издержек на прием платежей, а банки и платежные системы — потерять доходы от комиссий (например, комиссии за эквайринг).

Модель BaaS приносит ряд преимуществ корпоративным клиентам банков, которые получают возможность настройки банковских услуг под собственные потребности через API-сервисы, что позволяет снизить издержки на операционное взаимодействие. Внедрение электронного документооборота с банком в режиме онлайн приводит к снижению операционных рисков. Внутрикорпоративное управление расчетами может быть интегрировано с расчетной системой банка. Единый казначейский контроль дает возможность отслеживать текущие лимиты, остатки по счетам отдельных компаний и совокупную позицию по их группе. По сути клиент банка выстраивает собственную платформу управления бизнес-процессами и их связью с банковскими сервисами, что снижает его затраты на инфраструктуру [TAdviser, 2019].

Переход к полностью автоматизированным моделям управления ключевыми показателями и инструментами, интегрирующим различные типы данных на основе технологий Big Data, позволяет существенно увеличить обоснованность принимаемых решений

с опорой на весь объем имеющихся данных, поступающих, обрабатываемых и анализируемых в режиме реального времени. При этом учитывается широкий круг взаимосвязей между параметрами в соответствии с имеющейся моделью данных. Технологии больших данных и машинного обучения все активнее используются для скоринга (оценки платежеспособности) клиентов и персонализации предложений.

Выход на рынок финансовых услуг крупных технологических компаний (Apple, Google, PayPal Holdings, Samsung, «Яндекс» и др.), активно продвигающих собственные решения на рынке мобильных платежей, электронной коммерции и платежных систем (Apple-pay, Samsung-pay, ЮMoney и др.), привел к тому, что платежные сервисы, опираясь на технологии удаленной аутентификации клиентов, интегрировались практически во все мобильные устройства, повышая удобство, скорость и безопасность транзакций в секторе интернет-продаж. В свою очередь это стимулирует продавцов предлагать свои товары и услуги через мобильные платформы. Телекоммуникационные провайдеры, розничные магазины любой направленности постепенно запускают собственные мобильные приложения, с помощью которых клиенты могут делать покупки онлайн.

Стремительный рост популярности криптовалют обусловлен некоторыми их преимуществами по сравнению с другими платежными средствами, включая опережающий рост инвестиционной привлекательности криптоактивов, анонимность участников платежей. Кроме того, расчеты в криптовалютах осуществляются не финансовыми организациями централизованно, а в рамках систем распределенного реестра, что дает возможность практически мгновенного проведения операций, минуя посредников. Также криптовалюты становятся одним из ключевых инструментов альтернативного банкинга. Компании в различных странах мира, которые по той или иной причине не могут открыть банковский счет, используют криптовалюты как «заменитель» расчетного банковского обслуживания. В перспективе, при условии развития регулирования, распространение цифровых валют позволит повысить скорость и безопасность проведения электронных платежей и переводов, а также снизить их стоимость.

Краудфандинговые платформы оказали катализирующее влияние на развитие инвестиционной сферы, существенно рас-

ширив возможности привлечения финансирования в стартапы, малый бизнес и частные проекты.

Технологии RegTech позволяют финансовым организациям оптимизировать процесс соблюдения требований регулятора в части отчетности, оптимизировать процедуры идентификации клиентов, повысить качество анализа транзакций, обеспечить контроль уровня рисков и противодействие киберугрозам. Технологии SupTech дают возможность перевести в цифровой формат и оптимизировать административные процедуры, инструменты взаимодействия регулятора с участниками финансового рынка, а также повысить качество отчетной информации и усовершенствовать систему поддержки принятия решений в области регулирования финансового сектора.

По некоторым оценкам, в последние годы цифровизация банковских процессов уже позволила снизить расходы банков на 10–15% [McKinsey&Company, 2018*b*].

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

Сегодня цифровая трансформация охватывает полный спектр продуктов и услуг финансового сектора, а также ключевые бизнес-процессы: от коммуникаций с конечными потребителями до хранения и обработки массивов данных, от процедур принятия решений до каналов предложения и обслуживания продуктов и сервисов.

Крупнейшие финансовые организации интенсивно осваивают передовые технологии. В частности, ряд ведущих банков, в том числе Nationwide, HSBC (Hongkong and Shanghai Banking Corporation), RBS (Royal Bank of Scotland) и др., перешли на открытые API и используют их в своих цифровых экосистемах, что позволяет открывать новые высокодоходные сегменты рынка, выходя за пределы сектора финансовых услуг. Такие экосистемы имеют горизонтальную структуру — партнерство выстраивается между банками, финтех-компаниями и нефинансовым бизнесом. За счет подобных изменений в бизнес-моделях банки становятся ключевым каналом продаж не только банковских, но и иных финансовых продуктов — страховых, брокерских, доверительного

управления и др. При этом недостаток средств на разработку и внедрение комплексных ИТ-решений у малых и средних банков обусловливает их заинтересованность в доступе к платформам крупных игроков. Как следствие, крупнейшие банки вовлекают меньшие в свои экосистемы.

Многие зарубежные кредитные организации интегрируют в свои экосистемы сервисы по модели BaaS[13]. Например, берлинский Solarisbank предлагает своим клиентам во всех странах Европы полностью цифровую BaaS-платформу. Модульная структура позволяет выборочно интегрировать любой из доступных сервисов — банковские счета, транзакции, платежные карты [Solarisbank, 2021]. Таких примеров можно привести множество.

Стремительно растет объем мирового рынка мобильных платежей, который оценивался в 2019 г. в 1,48 трлн долл. США и, по прогнозам, достигнет 12,06 трлн долл. к 2027 г., увеличиваясь ежегодно в среднем на 30,1% с 2020 по 2027 г. [Allied Market Research, 2020]. Ключевыми драйверами такого развития стали рост числа пользователей смартфонов и растущий бизнес в сфере электронной коммерции. Использование технологий NFC (Near Field Communication), транзакционные платежи на основе SMS и прямой мобильный биллинг оказались крайне востребованы во время вспышки COVID-19. Высокий спрос на бесконтактные платежи в розничных магазинах привел к исторически самой высокой доле рынка мобильных платежей в розничном сегменте, так как использование данной технологии снижало вероятность передачи вируса.

Прошедший год ознаменовался очередным витком увеличения рыночной стоимости и распространения криптовалют. По состоянию на март 2021 г. в мире насчитывалось примерно 4800 видов криптовалют с общей рыночной капитализацией 1,9 трлн долл. США, которая увеличилась в 6 раз по сравнению с 326 млрд долл. США в марте 2020 г. [Investing, 2021].

На фоне сокращения оборота наличных денег в условиях пандемии COVID-19 значительно росло число коммерческих платежей с использованием криптовалюты. Крупнейшие компании разных

[13] BaaS — услуга предоставления финансовыми организациями своей инфраструктуры в аренду иным компаниям, включая процессинговые мощности, выпуск карт, средства информационной безопасности и многие другие.

секторов экономики внедрили системы, где используют цифровые валюты в качестве формы оплаты. Среди них — Microsoft Corporation, Visa Inc., AT&T Inc., BMW AG, Tesla и др. Один из отечественных примеров — Global Palladium Fund, учрежденный «Норникелем», выпустил собственные цифровые токены на платформе Atomyze для расчетов с контрагентами [GPF, 2020].

Одна из криптовалют, активно используемых в рознице, — Dash. В I квартале 2020 г. число активных кошельков Dash на мобильных устройствах выросло до 102 тыс. (рост в 214% в годовом исчислении). Ключевой регион опережающего распространения такого использования криптовалют — Латинская Америка. Например, Burger King в Венесуэле начала партнерство с процессинговым сервисом Cryptobuyer, позволив своим посетителям расплачиваться криптовалютами. В Бразилии возможность принимать криптовалюту имеет более 2,5 млн онлайн-магазинов, использующих решение Atar Pay [Cointelegraph, 2020].

Сегодня центральные банки более чем 70 стран мира, включая Россию, рассматривают перспективы выпуска собственных цифровых валют. В шести странах, включая Китай, Южную Корею и Швецию, реализуются пилотные проекты. В трех странах — Уругвае, Украине и Эквадоре — тестирования национальной цифровой валюты завершены. Одновременно Банк международных расчетов, совместно с семью центральными банками, включая Федеральный резерв США, Европейский центральный банк и Банк Англии, опубликовали ключевые требования к такой цифровой валюте [BIS, 2020].

Позитивная динамика отмечается и в сегменте стейблкоинов. Один из примеров растущего интереса к таким криптовалютам — проект универсального стейблкоина Libra, который представила в 2019 г. компания Facebook, Inc. Примечательно, что доступ к данной цифровой валюте могут получить все пользователи социальной сети, аудитория которой приближается к 3 млрд человек по всему миру. Расширяется и рыночное применение стейблкоинов. Например, Walmart с 2019 г. прорабатывает возможность запустить собственный стейблкоин и в ближайшие годы внедрить его в качестве одного из основных способов осуществления платежей. Такое решение позволит обойти 2–3% комиссии за транзакции, взимае-

мые финансовыми организациями за обработку традиционных безналичных и карточных платежей [Bitcoinmagazine, 2021]. Другой пример — японская судоходная компания Nippon Yusen Kaisha, которая сообщила о планах перевести зарплату своих сотрудников в стейблкоины, привязанные к доллару США. Эта мера позволит сотрудникам компании — гражданам разных стран, работающим попеременно в разных частях мира, — облегчить управление своими финансами, а также удешевить денежные переводы и обмен валюты, избегая высоких комиссий.

Заметная тенденция на финансовых рынках — развитие децентрализованного финансирования (DeFi), основанного на технологиях блокчейна и смарт-контрактов. Сегодня DeFi представлено, в первую очередь, криптовалютным кредитованием, а также деривативами, децентрализованными биржами и платежными решениями. Сектор начал активно развиваться в конце 2019 г., и к лету 2020 г. достиг объема в 4 млрд долл. США. Популярные DeFi-протоколы, например, Compound Balancer Curve, открыли для пользователей и инвесторов новые возможности, во-первых, комбинировать DeFi с уже существующими сервисами с помощью универсальных протоколов (интероперабельность), а во-вторых, создавать электронные смарт-кошельки, которые позволяют совершать операции оплаты и пополнения через десятки платежных систем и сервисов (при этом комиссия, как правило, отсутствует или невысока).

Краудфандинг также переживает период стремительного роста. Уже в 2017 г. на родине этой технологии, в Великобритании, кредитование бизнеса при содействии краудфандинговых платформ составило 15% от общего объема новых кредитов малому бизнесу в сравнении с менее чем 1% в 2012 г. В США — на крупнейшем рынке краудфандинга — кредитование физических лиц через такие платформы утроилось за 3 года, составив в 2016 г. 21,1 млрд долл. по сравнению с 7,6 млрд в 2014 г. [OECD, 2018*c*]. Краудфандинговые платформы получили распространение и в социальной сфере. Так, в 2020 г. по инициативе властей Лос-Анджелеса в США силами Mastercard, Inc. и некоммерческой организации Accelerator было разработано платформенное решение для сбора и распределения частных пожертвований, в том числе полученных с использованием текстовых сообщений, на дебетовые карты малоимущему населению. Согласно заявлениям властей города, буду-

щее расширение сотрудничества с компаниями Mastercard Inc. и Accelerator способно привести к более плавному распределению государственных льгот и средств в рамках программ кредитования, а также к ускорению программы создания цифровой валюты [Congressional Research Service, 2021].

В контексте развития цифровых технологий в 2015 г. Европарламент принял директиву PSD-2 о создании системы безопасных и инновационных европейских платежей, закрепляющую принципы открытых API на финансовом рынке Европейского союза, направленную на повышение конкуренции за счет открытого предоставления доступа к информации о счетах пользователей, а также возможности инициирования операций с этих счетов провайдерами финансовых услуг с согласия клиента без заключения специальных соглашений между организациями [European Commission, 2021*b*]. Это позволит повысить защищенность потребителей при оплате онлайн, будет способствовать развитию онлайн- и мобильных платежей, позволит использовать потенциал открытого банкинга, а также сделать внутриевропейские трансграничные платежные услуги безопаснее. Эта директива открыла для российских банков новые возможности взаимодействия с европейскими партнерами, а также повлияла на ориентиры цифрового развития отечественного рынка.

Российский финансовый сектор является одним из лидеров цифровой трансформации. Согласно расчетам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата, индекс цифровизации[14] отечественного финансового сектора по итогам 2019 г. достиг значения 34 и уступил только промышленности (с показателем 36). Вместе с тем финансовый сектор — абсолютный лидер по такому показателю в составе индекса, как доля организаций, использующих широкополосный Интернет и облачные сервисы. Более того, по итогам 2019 г.

[14] Индекс цифровизации, разработанный ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, характеризует уровень распространения ряда цифровых технологий (широкополосного Интернета, облачных сервисов, RFID-технологий, ERP-систем, технологий электронной торговли) в организациях различных отраслей экономики и социальной сферы. Значение индекса (интегрального показателя) рассчитывается по каждой отрасли как среднеарифметическое долей организаций, использующих каждую из указанных технологий (с округлением до целого значения).

внутренние затраты организаций финансового сектора на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ними продуктов и услуг составили 380,2 млрд руб., что соответствует 8,9% валовой добавленной стоимости сектора, оставляя по этим важнейшим показателям далеко позади все другие отрасли экономики и социальной сферы, рассматриваемые в настоящем докладе.

Столь масштабные вложения в цифровые технологии позитивно отражаются на многих показателях цифрового развития сектора. В частности, за период с 2015 по 2019 г. устойчиво увеличивалась доля платежных поручений, поданных клиентами в электронном виде в свои кредитные организации. Основной вклад в этот рост внесли физические лица, доведя долю электронных платежных поручений с 51,6 до 75,3% за указанный период. Юридические лица уже в 2015 г. передавали более 91% платежных поручений электронным способом, а в 2019 г. эта доля достигла 96,4%. Отдельного внимания заслуживает динамика доли платежных поручений, подаваемых физическими лицами с устройств мобильной связи, в общем количестве платежных поручений физических лиц. С 2015 по 2017 г. она стремительно росла с 4,7 до 15,9%, а с 2017 г. незначительно увеличилась до 16,3%. При этом само количество «мобильных поручений» росло значительно быстрее — с 12 млн в 2015 г. до 82 млн в 2019 г., а средняя сумма одного такого поручения увеличилась практически вдвое — с 1750 до 2850 руб. в тот же период.

Высокая востребованность цифровых технологий в финансовом секторе стимулирует развитие финтеха. В 2020 г. объем инвестиций в стартапы по этому направлению только со стороны венчурных фондов составил 21,9 млрд руб. [Inc. Russia, 2020], а общий объем российского финтех-рынка в 2020 г., по некоторым оценкам, достиг 940 млн долл. США [AIFC, 2020]. Это позволило нашей стране войти в тройку ведущих стран с самым высоким уровнем проникновения финтеха — 82% российских граждан пользуются различными финтехуслугами.

В России компании финансового сектора активно формируют собственные цифровые экосистемы. ПАО Сбербанк выступило одним из пионеров данного направления, потратив на покупку соответствующих активов около 1 млрд долл. США, или 3% прибыли в период с 2016 по 2019 г. [Интерфакс, 2019]. На данном этапе в

экосистему Сбера входит несколько десятков компаний различных сфер деятельности. Среди них — ипотечный портал «Домклик», виртуальный оператор связи «СберМобайл», онлайн-маркетплейс «Беру!», онлайн-кинотеатр Okko, онлайн-проект в сфере медицины DocDoc и иные. По итогам 2020 г. число розничных клиентов экосистемы превысило 3 млн человек, а корпоративных — 200 тыс. компаний [Сбер, 2021].

Соревнуются в создании экосистем и отечественные цифровые гиганты. В «периметр» «Яндекса» входят платежный сервис ЮMoney, сервисы такси, каршеринга и курьерской доставки, объединенные под брендом Яндекс GO, платформа Яндекс.Музыка, стриминговый сервис «Кинопоиск» и ряд других разнопрофильных компаний, объединенных в единое цифровое пространство для зарегистрированных пользователей.

Экосистемы стали эффективной стартовой площадкой для выхода нефинансовых компаний на рынок, считавшийся сферой деятельности исключительно банков и платежных систем. Тот же ЮMoney позволил «Яндексу» не только занять существенную долю рынка в сфере проведения электронных платежей, но и стать одним из лидеров финансового обслуживания рынка социальной коммерции, включающего продажу товаров и услуг в социальных сетях, мессенджерах, на сайтах объявлений и других P2P-платформах. По данным Яндекс.Кассы, такой рынок в России в 2018 г. оценивался в 591 млрд руб. с оборотом в 394 млн сделок, а его участниками были 39 млн покупателей и 22 млн продавцов — компаний и частных лиц [Яндекс.Касса, 2018].

Перспективы цифровой трансформации отрасли в России также тесно связаны с внедрением биометрических систем, в частности, государственной Единой биометрической системы (ЕБС), предназначенной для оказания широкого спектра услуг, расширения доступа финансовых организаций к государственным информационным ресурсам, развития электронного документооборота между участниками финансового рынка, регулятором (Банком России) и конечными потребителями. По состоянию на начало 2021 г. в системе было зарегистрировано более 164 тыс. человек и 231 банк, которые в совокупности обладают сетью из 13,3 тыс. отделений по всей стране, что позволяет предположить дальнейший стремительный рост числа клиентов [Ведомости, 2021].

А вот BaaS-платформы пока не получили широкого распространения в нашей стране, и можно говорить лишь о единичных примерах. В 2019 г. АО «Альфа-Банк» в партнерстве с X5 Retail Group запустил кастомизируемый сервис Distributed Treasury and Cash Management (DTCM). Сервис позволяет корпоративным клиентам банка управлять платежами, кредитно-депозитными продуктами и пулом ликвидности внутри холдинга.

Совокупность отмеченных выше тенденций, многие из которых значительно усилились вследствие коронакризиса, позволяет прогнозировать новый виток цифровой трансформации российского финансового сектора в ближайшие годы. По нашим оценкам, финансовый сектор будет удерживать лидирующую позицию среди отраслей отечественной экономики по объему спроса на цифровые технологии.

Вместе с тем дальнейшая траектория цифровой трансформации российского финансового сектора будет в значительной степени зависеть от стратегических решений ближайшего времени. В связи с этим одна из важных задач — формирование эффективного регулирования в сфере цифровых финансовых активов и цифровой валюты. Первые шаги в этом направлении уже сделаны. В июле 2020 г. был принят основополагающий федеральный закон, регулирующий «отношения, возникающие при выпуске, учете и обращении цифровых финансовых активов... а также отношения, возникающие при обороте цифровой валюты в Российской Федерации» [Президент Российской Федерации, 2020*в*]. Тем самым были заложены первые правовые рамки для реализации значимых проектов в данной области. Так, ПАО Сбербанк анонсировал разработку привязанного к российскому рублю стейблкоина Sbercoin, позиционируя эту цифровую валюту как монету стандарта ERC-20 в блокчейне Ethereum, создаваемую с целью изучения возможностей ведения легальной коммерческой деятельности в криптосфере в российском правовом поле [Sbercoin, 2021]. Однако, учитывая огромный потенциал и высокую динамичность данной сферы, в ближайшем будущем еще предстоит приложить серьезные усилия для создания благоприятной нормативной правовой среды, в том числе с оглядкой на лучшие зарубежные практики. Чрезмерная осторожность и медлительность могут привести к «институциональному отставанию» и в конечном счете — к вынужденному использованию зарубежных решений и технологической зависимости.

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир

Внедрение омниканальной CRM-системы в турецком DenizBank позволило объединить информацию о социально-демографических параметрах клиентов, истории их действий в офисах и дистанционных каналах обслуживания, а также алгоритм предиктивной аналитики. В результате коэффициент удержания клиентов вырос на 70%, в 2,5 раза увеличились повторные продажи, а доля кредитов, выданных благодаря методам предиктивной аналитики на основе полученных данных, составила 40% от их общего числа [Denizbank, 2021].

Amazon использует технологию машинного обучения для поиска компаний микробизнеса и предложения им собственных займов [Amazon, 2021]. Алгоритм, основанный на машинном обучении, проводит оценку кредитоспособности и обеспечивает подбор продуктов для конкретных компаний. В 2019 г. Amazon ссудил около 1 млрд долл. малым предприятиям, использующим его торговую площадку.

Россия

В январе 2021 г. Сбербанк подал заявку для выпуска собственной цифровой валюты Sbercoin, которая будет привязана к рублю и, как ожидается, поможет кредитной организации ускорить расчеты в своей экосистеме [Интерфакс, 2021]. Sbercoin относится к категории так называемых stablecoins — виртуальных денег, имеющих привязку к реальным валютам. В данном случае — фиксированную рублевую стоимость.

В августе 2020 г. Экспобанком выдан первый кредит под залог криптовалюты в России [Bloomchain, 2020]. Кредит выдан через заключение договора индивидуальной банковской ссуды. В процессе структурирования был использован механизм условного депонирования эскроу. Обеспечением выступили блокчейн-токены Waves.

Американская Underwrite.ai использует алгоритмы ИИ для создания нелинейных динамических моделей кредитных рисков при оценке конечного заемщика [Underwrite.ai, 2017]. Учитываются тысячи точек данных из различных источников. Лучший кейс компании — снижение по вновь выдаваемым онлайн-кредитам уровня FPD (несвоевременного внесения первого платежа по кредиту) банка — заказчика системы — с 32,8 до 6,5%, а общей доли дефолтов — с 60 до 8,5% за 9 мес.

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос финансового сектора (включая операции с недвижимостью) на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 55,5 млрд руб. с перспективой роста в 25 раз к 2030 г. до 1414,1 млрд руб. (рис. 9).

Среди наиболее востребованных финансовым сектором передовых цифровых технологий в будущем — системы распределенного реестра, нейротехнологии и ИИ, а также технологии беспроводной связи (табл. 8).

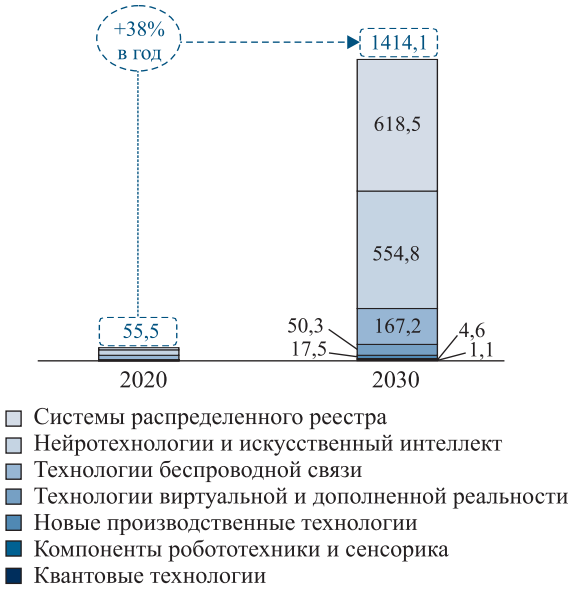
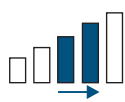
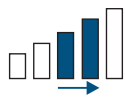
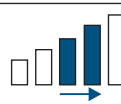


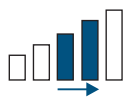
Рис. 9. Спрос на передовые цифровые технологии в финансовом секторе в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

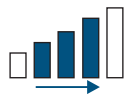
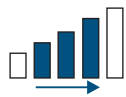
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

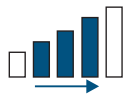
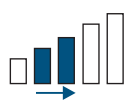
Таблица 8. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в финансовом секторе

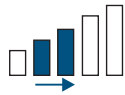
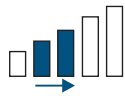
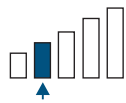
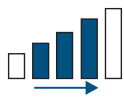
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		Внедрение компьютерного зрения позволяет финансовым организациям улучшить качество обслуживания клиентов и снизить нагрузку на сотрудников. Например, получение информации и проверка клиента (KYC) занимает часы, которые можно сократить до минут, используя данную технологию —

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		клиент открывает счет с помощью смартфона, сделав селфи или видеозвонок, а цифровая проверка устраняет необходимость ручного труда при проверке клиентских анкет. Также компьютерное зрение помогает банкам заменить традиционные средства платежа, включая кредитные и дебетовые карты, одноразовыми цифровыми кодами на клиентских смартфонах. Такой процесс избавляет от использования наличных и пластиковых карт и обеспечивает лучшую защиту от мошенничества. Технологические гиганты уже представили собственные системы мобильных платежей (например, Apple-pay, Google-pay, Samsung-pay), хранящие информацию о карте пользователя в цифровом виде и верифицируемые при оплате биометрическими данными.
Обработка естественного языка		Обработка естественного языка (ОЕЯ) в сфере финансов, бухгалтерского учета и аудита направлена, в первую очередь, на получение однозначных и точных сообщений, требуемых для использования компьютерными системами при обработке исходного «межчеловеческого» формата информации, содержащей неоднозначности и неточности. Например, регулярно публикуемых текстов, предназначенных для передачи широкого спектра «сообщений», в том числе результатов финансовой деятельности, прогнозов текущей и будущей деятельности компаний, аналитических оценок, стандартов предметной области, нормативных актов. Приложения ОЕЯ, используемые для анализа этих документов, позволяют минимизировать время и трудозатраты на анализ таких документов, подготовку выводов и разработку последующих документов и решений на их основе.
Распознавание и синтез речи		Финансовые организации все чаще обращаются к данной технологии, которая позволяет выстраивать клиентские процессы со значительным ускорением во времени и удобством

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		коммуникации с потребителями, а также со снижением стоимости процессов в расчете на одного клиента. Эффективность и простота в использовании обеспечивает рост уровня лояльности к финансовой организации со стороны клиентов. Уже сегодня значительное снижение стоимости вычислительных мощностей позволяет использовать разработки в области распознавания речи в коммерческом масштабе. Помимо ставших уже распространенными функций распознавания речи клиента и генерации речи электронного оператора колл-центра появляются новые важные функции, которые, совместно с технологиями ОЕЯ, могут существенно повысить качество голосовых сервисов банков и других финансовых организаций. Например, к ним относятся системы определения эмоций клиентов.
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		Технология революционизирует практически все аспекты принятия финансовых и инвестиционных решений. Финансовые компании во всем мире используют системы поддержки принятия решений (СППР) для решения сложных задач, включающих интуитивное суждение или требующих обнаружения шаблонов данных, где исключены традиционные аналитические методы и алгоритмы. Кроме того, СППР могут сделать выводы из неполных данных, распознать закономерности в реальном времени и предоставлять высокоточные прогнозы, в том числе обучаясь на прошлых ошибках. В финансовом секторе экономики наблюдается высокий потенциал использования данной технологии для анализа финансового состояния, прогнозирования банкротства бизнеса, оценки долгового риска, финансового прогнозирования фондового рынка и рынка розничной торговли, оценки облигационного и ипотечного риска, прогнозирования реализации инвестиционных стратегий и ряда других. Нейронные сети

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		уже используются для торговли на рынках ценных бумаг, для прогнозирования экономики и анализа кредитного риска. Предполагается, что возможности таких систем в итоге превзойдут даже лучших трейдеров и инвесторов. С точки зрения инвестиций финансовая индустрия вложила больше денег в исследования технологий ИИ, чем любая другая отрасль, не считая оборонной сферы.
Перспективные методы и технологии в ИИ		Использование приложений ИИ в финансовом секторе — уже объективная реальность, оно дает многочисленные преимущества участникам рынка. В то же время существуют трудности интерпретации решений, предлагаемых интеллектуальными системами в разных проблемных областях. Тем не менее в финансовом секторе данные методы и технологии будут масштабно использоваться ранее, чем в других секторах экономики.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных. Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус). Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		Финансовая область — флагман использования многих решений на базе технологий распределенного реестра (ТРР), хотя многие проекты так и не становятся стандартизированными решениями. Эксперты прогнозируют дальнейший рост количества проектов на базе технологий ТРР в ближайшие годы в первую очередь в тех секторах экономики, где уже реализованы первые прототипы и пилоты. В дальнейшем ожидается появление и развитие отраслевых консорциумов как наиболее эффективной формы реализации глобальных ТРР-инициатив.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые коммуникации		Регулятор финансового рынка (Банк России) и ряд крупных банков РФ (ПАО «Сбербанк России», АО «Газпромбанк» и др.) не раз упоминали об отсутствии квантовых средств защиты данных в спектре предоставляемых услуг в настоящее время и провели испытания аппаратуры квантового распределения ключей на сегментах линий связи между своими отделениями. Ведущие банки выражают заинтересованность в закупке шифровальной аппаратуры на основе квантового распределения ключей при условии, что такая аппаратура будет сертифицирована ФСБ России. Финансовый сектор исторически является одним из наиболее продвинутых в использовании технологий защиты данных. В перспективе ставится вопрос о гораздо более широком использовании таких защищенных систем связи и расширении спектра услуг, оказываемых банками на их основе. Результаты разработок технологии окажутся востребованными при инкассации, защите персональных и банковских данных, а также при электронном документообороте в финансовых организациях. Особый интерес представляют компактные носимые системы, которые позволят дистанционным образом распределять ключи между стационарными и мобильными терминалами, например, для задач инкассации.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Ассистивная робототехника при оказании финансовых услуг может выступать в качестве сервиса — роботы, заменяющие консультанта, способны провести первичное интервью с клиентом. Вместе с тем преждевременно говорить о широкомасштабном внедрении таких технологий, так как считается, что менталитет потребителя финансовых услуг далек от готовности принять масштабную замену сотруд-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		ников финансовых организаций, работающих с людьми, роботами.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		В связи с незначительным объемом генерируемых данных с сенсоров, а также их однородностью рынок позитивно воспринимает текущие статистические модели принятия решений. Вместе с тем финансовые рынки активно расширяют использование сенсоров вместе с технологиями обработки больших данных и блокчейна.
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Для повышения надежности и защищенности финансовых услуг требуется разработка и внедрение соответствующих технологических решений с высоким уровнем безопасности, для чего могут быть востребованы WAN на базе сетей 5G лицензируемого спектра.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Использование сетей WLAN позволит значительно повысить покрытие сети Интернет для осуществления финансовой деятельности, однако не является, с точки зрения финансового сектора, самостоятельным решением, отдельным от иных решений передачи данных.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		Технологии RFID уже применяются в различных финансовых услугах в «умных городах», например, для оплаты проезда, зарядки электрических автомобилей и иных целей. Количество платежей с использованием всевозможных RFID, включая вмонтированные в мобильные телефоны, активно растет.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

финансовые платформы
платежные системы
RegTech
SupTech

электронные госуслуги
цифровая экономика

Банком России реализуются меры по созданию цифровой финансовой инфраструктуры, которая будет состоять из следующих основных элементов:

- платформа цифровой валюты Центрального банка («цифровой рубль», ЦВЦБ), которая открывает возможности для дальнейшего цифрового развития сектора, включая создание и поддержку инфраструктуры массового открытия электронных кошельков, проведения платежей и расчетов в ЦВЦБ между экономическими субъектами;
- платформа-маркетплейс для финансовых услуг и продуктов, востребованных конечными потребителями, действующая в режиме «Единого окна»;
- платформа для регистрации финансовых сделок в едином реестре;
- платформа быстрых платежей, обеспечивающая возможность проведения онлайн-переводов на финансовом рынке в режиме реального времени (365/24/7) с использованием смартфонов, мессенджеров, QR-кода;
- перспективная платежная система (ППС) Банка России, обеспечивающая возможность эффективно управлять ликвидностью, проводить платежи на базе единой централизованной инфраструктуры;
- национальная система платежных карт, обеспечивающая развитие российской системы «Мир», бесперебойное проведение транзакций по картам международных платежных систем на территории России и внедрение инновационных карточных сервисов;
- система передачи финансовых сообщений, обеспечивающая гарантированность и бесперебойность с использованием новых технологий;
- единая система идентификации и аутентификации и биометрическая система, предоставляющие сервис многофакторной удаленной идентификации на основе сведений из государственной информационной системы;

- сквозной идентификатор клиента, дающий возможность предоставления различных видов информации о клиенте заинтересованным организациям, в том числе для оказания ему финансовых услуг;
- платформа для доступа участников финансового рынка к облачным ресурсам внешних провайдеров, позволяющая участникам финансового рынка размещать собственные прикладные сервисы с соблюдением условий информационной безопасности;
- платформа на основе технологии распределенных реестров для хранения и обмена финансовой информацией, а также для реализации финансовых сервисов с применением отечественной криптографии.

По инициативе Банка России в 2016 г. была создана ассоциация «ФинТех», целью которой является содействие решению стратегических задач по разработке и внедрению новых технологических решений на российском финансовом рынке. В ассоциацию вошли уже более 30 участников, включая банки, страховые и ИТ-компании.

Существенный шаг в цифровизации финансового сектора — введенная в промышленную эксплуатацию в 2019 г. Банком России и национальной системой платежных карт (НСПК) система быстрых платежей (СБП) — сервис, позволяющий физическим лицам мгновенно переводить деньги по номеру мобильного телефона вне зависимости от того, в каком банке открыты счета отправителя или получателя средств.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации финансового сектора

1. Показатели, входящие в оценку цифровой зрелости отрасли «Финансовые услуги» [Минцифры России, 2020*б*].

2. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Президиум Совета при Президенте РФ, 2019], федеральные проекты «Нормативное регулирование цифровой среды» и «Цифровое государственное управление» [Минцифры России, 2019; 2020*в*].

3. Доклад для общественных консультаций «Цифровой рубль» [Банк России, 2020*а*].

4. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Президент Российской Федерации, 2020*в*].

5. Указание Банка России от 25 декабря 2020 г. № 5679-У «О присоединении к экспериментальному правовому режиму в сфере цифровых инноваций на финансовом рынке, а также о приостановлении или прекращении статуса субъекта экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций на финансовом рынке» [Банк России, 2020*б*].

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

правовые риски
координация и информационный обмен
долгосрочное финансирование
стандартизация
киберугрозы

Цифровая трансформация финансовой сферы, как и любое системное изменение, встречается с рядом сдерживающих развитие факторов, носящих как глобальный, так и специфичный для России характер. Существующие пробелы в законодательном регулировании цифрового финансового рынка, в том числе кибербезопасности, а также невысокий уровень цифровой грамотности конечных потребителей требуют внимания для проведения масштабной цифровой трансформации финансового сектора. В частности, можно выделить ряд ключевых барьеров:

- пробелы в законодательстве, включая систему нормативно-технического регулирования в области применения цифровых технологий;
- риски безопасности при генерации, хранении и передаче данных, в том числе нуждающихся в правовом регулировании.

Согласно многочисленным прогнозам и опросам, проекты цифровой трансформации вынудят значительную часть организаций во всем мире тратить дополнительные средства на обеспечение безопасности в ближайшие годы;

- фрагментированность рынка программного обеспечения, вынуждающая разработчиков выпускать решения для различных платформ, используемых клиентскими устройствами, и тем самым увеличивать сроки и стоимость нововведений.

Как ускорить? Какая поддержка критична?

законодательная база
налоговая политика
финансовая поддержка для разработчиков
регуляторная песочница

Сегодня открывается широкий спектр возможностей для развития цифровых финансовых технологий. Своевременная законодательная поддержка, повышение прозрачности сектора, поощрение экосистемного подхода, партнерства финансовых и нефинансовых организаций, как и укрепление цифровой финансовой инфраструктуры, способны позитивно повлиять на цифровую трансформацию сектора. В частности, представляется целесообразной реализация следующих мер:

- разработка и принятие нормативных актов, устанавливающих основы правового регулирования и стандарты государственной политики в цифровизации финансового сектора, а также внесение необходимых изменений в нормативно-правовую базу касательно цифровых финансовых активов, упрощения процедур, связанных с сертификацией программных решений, с распределением ответственности и этикой использования персональных данных;
- создание регулятивной площадки Банка России для отработки условий и технологий цифровизации отрасли;
- поддержка создания консорциумов участников финансового рынка для разработки цифровых решений, стандартов и технологий;
- стимулирование спроса на технологии цифровизации через государственные закупки.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в финансовом секторе на 14,07% до 2030 г. (накопленным итогом).

Здравоохранение

В чем заключается цифровая трансформация?
На какие технологические решения опирается?

4P medicine
персонализированная медицина
партисипативная медицина
предиктивная медицина
превентивная медицина
телемедицина
искусственный интеллект
нейротехнологии
робототехнические решения
технологии беспроводной связи
системы поддержки принятия врачебных решений
носимые устройства биомониторинга
AR- и VR-технологии

Цифровая трансформация здравоохранения — непрерывный процесс, направленный на полную перестройку механизмов работы отраслевых органов управления, медицинских организаций и их взаимодействия с пациентами. Отдельные услуги объединяются в интегрированную экосистему, нацеленную на непрерывное наблюдение за состоянием здоровья и бесшовное предоставление медицинских сервисов [WHO, 2020]. Ключевым ориентиром становится пациентоориентированность и укрепление здоровья населения [OECD, 2021*a*]. Внедрение передовых цифровых технологий обеспечивает высокие стандарты оказания медицинской помощи и переход к модели «4P medicine» (превентивная, персонализированная, партисипативная, предиктивная медицина) [Deloitte, 2021].

Развитие и распространение носимых устройств биомониторинга, позволяющих людям самостоятельно следить за важнейшими параметрами состояния здоровья и принимать решения на

основе этих данных, переносит фокус с лечения заболеваний на их предотвращение или доклиническое выявление (превентивная медицина). Накопление большого объема медицинских данных способствует внедрению индивидуализированного подхода к лечению (персонализированная медицина) [OECD, 2019*f*]. Важным сдвигом в парадигме современной медицины становится активное вовлечение самого пациента в лечебный процесс (партисипативная медицина) [Deloitte, 2019*a*]. Сервисы, где пациент может сам выбирать врача, в ближайшем будущем будут дополнены интеллектуальными чат-ботами, стимулирующими человека стать активным участником системы здравоохранения (т.е. по сути речь даже может идти о своего рода геймификации). Накопление больших объемов геномных данных и развитие технологий обработки информации позволяют предсказывать вероятность развития отдельных заболеваний у конкретного человека (превентивная медицина), с учетом которых могут быть разработаны индивидуальные профилактические программы.

На основе информационно-коммуникационных технологий формируется абсолютно новая модель оказания медицинской помощи — телемедицина [OECD, 2020*a*]. Сейчас в рамках удаленных консультаций пациенты могут получить услуги здравоохранения даже в тех случаях, в которых еще совсем недавно считался необходимым очный контакт врача с пациентом.

Широкое внедрение передовых цифровых технологий охватывает практически все области медицины. Так, использование технологий ИИ позволит сократить время ожидания медицинской помощи. Системы на базе ИИ уже сейчас используются для диагностики заболеваний, назначения лечения, прочтения генома и в других медицинских процедурах. В США и европейских странах почти две трети медицинских организаций в том или ином виде используют системы на базе ИИ [Accenture, 2020].

Нейротехнологии, включая нейропротезирование и нейроинтерфейсы, в долгосрочной перспективе станут прорывным методом борьбы с распространением нейродегенеративных расстройств, позволяя увеличить продолжительность жизни людей (ожидается, что к 2050 г. число больных деменцией достигнет 152 млн человек по всему миру [ВОЗ, 2020*a*]). В связи с этим можно сказать, что цифровая трансформация здравоохранения нацелена

на укрепление не только физического, но и ментального здоровья человека [WEF, 2021].

Робототехнические решения востребованы в хирургии, они обеспечивают высокую точность и малую инвазивность проводимых вмешательств, а также возможность удаленного проведения операции. Значимым сегментом являются роботы для ухода за больными и пожилыми людьми, что особенно актуально в связи со старением населения [OECD, 2019*e*].

Технологии беспроводной связи являются драйвером внедрения медицинского Интернета вещей, который позволяет связывать приборы и датчики в единую сеть, чтобы своевременно отслеживать критические изменения параметров организма пациента и своевременно информировать об этом медицинских работников. Кроме того, технологии Интернета вещей могут использоваться для контроля дозировки принимаемых лекарственных средств, состояния и чистоты больничных помещений и лабораторий и др. [OECD, 2018*a*].

На основе собираемых больших объемов медицинских данных с использованием технологий ИИ создаются системы поддержки принятия врачебных решений, которые не только повышают уровень точности постановки диагноза, но и ускоряют процесс получения медицинской помощи и назначения лечения. Также ИИ может использоваться для повышения качества результатов мониторинга, разработки новых лекарственных средств и др. [KPMG, 2020*b*]. Безопасность сбора, хранения и передачи медицинских данных может быть обеспечена за счет технологий распределенного реестра.

Технологии виртуальной и дополненной реальности имеют значимый потенциал для терапии деменции и болей. Помимо этого, VR- и AR-системы могут использоваться при обучении медицинского персонала, а также составлении плана хирургического вмешательства, лучевой терапии и др.

Примеры новых бизнес-моделей и изменений в бизнес-процессах

- Телемедицина позволяет оказывать медицинскую помощь пациентам удаленно с помощью компьютерных и телекоммуникационных технологий.

- Персонализированная медицина направлена на лечение человека, а не болезни и использует индивидуальный подход к терапии и профилактике, в том числе на основе геномных данных.
- Партисипативная медицина предполагает вовлечение пациента в качестве активного участника системы здравоохранения.
- Превентивная медицина сфокусирована на предотвращении заболеваний, в первую очередь за счет ранней диагностики, анализа индивидуальных рисков развития болезни, вакцинопрофилактики и регулярного мониторинга состояния здоровья человека.
- Предиктивная медицина позволяет оценивать риски развития заболеваний на основе геномных данных конкретного человека и своевременно принять эффективные профилактические меры.

Зачем нужна? Какие даст эффекты? Кто бенефициары?

повышение доступности и качества
профилактика заболеваемости
снижение уровня смертности
оптимизация управления
снижение издержек
снижение нагрузки на здравоохранение
сокращение ожидания лечения

Важнейшими эффектами от внедрения цифровых технологий в здравоохранение являются снижение уровня заболеваемости и смертности населения, рост продолжительности жизни, в том числе активной. Использование технологий мониторинга состояния здоровья позволит не только выявлять патологии на ранней стадии, но и предотвращать развитие заболеваний (среди 10 наиболее распространенных причин смертности в мире — предотвратимые патологии, в первую очередь болезни сердца, инсульты, сахарный

диабет [ВОЗ, 2020*б*]). Это значительно уменьшит расходы и нагрузку на систему здравоохранения. Также, по некоторым оценкам, технологии дистанционного мониторинга повышают уровень комплаентности (приверженности лечению) на 44% и позволяют отслеживать своевременность и нужную дозировку для приема лекарств [Consumer Technology Association, 2019].

Телемедицина позволяет более эффективно осуществлять профилактику и лечение заболеваний, проводить исследования и обучение медицинских работников, повышать качество диагностики заболеваний в рамках обмена информацией между врачами, обеспечивать дистанционное наблюдение за состоянием здоровья пациента [WHO, 2020]. Развитие телемедицины способствует снижению затрат на оказание медицинской помощи, при этом обеспечивается доступность и высокое качество медицинских услуг [ITU, 2020*а*]. По оценкам экспертов, стоимость медицинской консультации в дистанционном формате на 20% ниже, чем в очном [РБК, 2018]. Помимо этого, удаленный формат общения врачей и пациентов снижает риски распространения инфекций [Oliveira, 2020].

Системы здравоохранения во всем мире достаточно сложно организованы. Использование технологий ИИ помогает оптимизировать многие процессы в этой сфере, позволяя, в частности, сократить время ожидания медицинской помощи.

Внедрение решений для безопасного хранения и передачи данных, в том числе на базе технологий распределенного реестра, обеспечивает прозрачность и достоверность данных в медицинских информационных системах.

Рост объемов медицинских данных и развитие технологий их анализа, в том числе с использованием ИИ, позволит получить новые знания в области медицины и биологии, а также разработать новые способы диагностики и терапии заболеваний. Использование технологий математического моделирования позволит ускорить процесс создания и тестирования новых фармацевтических средств, в долгосрочной перспективе возможно будет полностью отказаться от проведения клинических испытаний — дорогого и длительного, но при этом обязательного на данный момент этапа проверки эффективности и безопасности лекарств.

Развитие ассистивных технологий на базе робототехнических и сенсорных систем, нейротехнологий позволит не только вос-

становить утраченные функции и органы людей с ограниченными возможностями, но и создать условия для их активного участия в социальной жизни и трудовой деятельности.

Врачи по всему миру, в том числе и в России, сталкиваются с большими объемами бумажной работы. Внедрение электронного документооборота, автоматическое предоставление услуг с помощью цифровых сервисов для пациентов и медицинских работников (например, оформление справок, повторное оформление рецептов), формирование отчетов и статистики на основании первичных данных снизит нагрузку на медицинский персонал, позволив сфокусироваться на лечении пациентов.

На каком уровне сейчас находимся? Основные тренды в России и мире

Во всем мире происходит трансформация здравоохранения под влиянием цифровых технологий, в том числе по следующим направлениям:

- переход от стандартизированных клинических протоколов к персонализированному подходу в лечении пациентов благодаря накоплению большого объема медицинских данных, а также широкому использованию индивидуальных устройств биомониторинга;
- предупреждение заболеваний за счет ранней диагностики и регулярного мониторинга состояния здоровья с использованием носимых устройств;
- пациентоориентированность и активное вовлечение самого человека в лечебный процесс.

Наиболее популярными областями цифрового здравоохранения для венчурного финансирования в 2020 г. в мире стали телемедицина, анализ данных, приложения mHealth, системы поддержки принятия врачебных решений [Mercom Capital Group, 2020].

В Финляндии с 2010 г. был запущен сервис Kanta, представляющий собой цифровую инфраструктуру национальной системы здравоохранения, в которой хранятся все медицинские записи граждан, в том числе выписки, результаты исследований и др. Сейчас сервис включает национальный архив медицинских данных и позволяет получить ряд медицинских услуг, например, оформить

повторные электронные рецепты. Информация в системе доступна пациенту и врачу в режиме реального времени. Также в Финляндии действует цифровая медицинская служба Health Village, которая связывает пациентов и врачей, позволяет отправлять показания медицинских приборов, вести электронный журнал для отслеживания симптомов, давать советы и т.п.

США являются лидером по внедрению телемедицинских систем. Один из наиболее популярных сервисов в этой области, Doctor on Demand, еще в 2017 г. интегрировал лабораторное тестирование в перечень своих услуг, а в середине 2020 г. провел трехмиллионную по счету консультацию [Forbes, 2020]. Помимо этого, компания стала первым крупным телемедицинским сервисом, обслуживающим примерно 33 млн пожилых людей в рамках страховой программы Medicare Part B.

В больницах Китая в связи с пандемией COVID-19 начали в тестовом режиме использовать ИИ-системы для обнаружения пневмонии, вызванной коронавирусом, на КТ[15]-снимках [Wired, 2020]. Это позволило быстрее диагностировать заболевание и изолировать больных во избежание дальнейшего распространения инфекции.

Компания Philips совместно с медицинским центром Augusta University (AU) Health внедрили цифровую платформу для реорганизации процесса оказания медицинской помощи. Для этого была создана объединенная рабочая среда, которая позволяет врачам проводить исследования и получать доступ к их результатам из разных мест больницы и даже из дома. В итоге число проводимых процедур выросло на 17%, а время между постановкой диагноза и началом лечения сократилось на 22% [Philips, 2021].

У нас в стране, как и во всем мире, цифровая медицина развивается быстрыми темпами, которые еще больше возросли во время пандемии COVID-19. Опережающее развитие ожидается в области телемедицинских систем, позволяющих обеспечить доступность и улучшение качества оказания медицинской помощи, в том числе для жителей удаленных и малонаселенных районов, сельской местности, значительно снизить затраты на здравоохранение и нагрузку на медицинские организации. Ожидается, что этот сегмент будет расти с ежегодными темпами 116% в период с 2020 по 2025 г. и достигнет 96 млрд руб. [VEB Ventures, 2020].

[15] Компьютерная томография.

Кроме того, на государственном уровне планируется создание платформы ИИ в сфере здравоохранения, на базе которой будет обеспечено формирование специализированных деперсонифицированных наборов медицинских данных, предназначенных для обработки алгоритмами машинного обучения и создания ИИ-сервисов, в том числе систем поддержки принятия врачебных решений, на основе данных подсистемы единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) «Федеральная интегрированная электронная медицинская карта» и других медицинских информационных систем.

Активно развиваются и отечественные стартапы в области использования ИИ в медицинских информационных системах и сервисах для пациентов, системах поддержки принятия врачебных и управленческих решений.

Кейсы внедрения цифровых технологий в отрасли

Мир	Россия
Компания Ziosoft создала физиодинамическую 4D-платформу PhyZiodynamics для неинвазивного «путешествия» по телу в режиме реального времени. Разработка используется для планирования хирургической и лучевой терапии для разных органов-мишеней, например, мозга, легких, сердца [Ziosoft, 2021].	Российская компания Intellogic разработала платформу Botkin.AI на базе ИИ, которая используется для анализа и обработки медицинских изображений, включая результаты компьютерной томографии, маммографии, рентгена и флюорографии. Сервис позволяет не только уменьшить нагрузку на медицинский персонал и ускорить процесс постановки диагноза, но и снизить вероятность врачебной ошибки [Botkin, 2021].
Американская компания IBM создала целую цифровую экосистему в области здравоохранения, которая включает решения по автоматизации приема пациентов, ведения электронных	Компания «Третье мнение» разработала модули для анализа медицинских изображений (рентгенограммы груд-

медицинских записей, обмена медицинской информацией, в том числе диагностическими снимками. Разработанный IBM суперкомпьютер Watson на базе ИИ используется для постановки диагнозов пациентам [IBM, 2021].

ной клетки, оцифрованные мазки костного мозга и клеток крови, снимки глазного дна, маммограммы) и сервиса видеоаналитики на основе ИИ. Сервисы обеспечивают повышение доступности диагностики, поддержку медицинских специалистов в режиме реального времени и др. [Третье мнение, 2021].

Компания «К-Скай» разработала платформу Webiomed, которая представляет собой систему поддержки принятия врачебных решений на базе ИИ, позволяющую производить групповую и индивидуальную оценку рисков развития заболевания (система предиктивной аналитики). Система может использоваться врачом при определении тактики лечения, а также в качестве инструмента внутреннего контроля качества оказания медицинских услуг. Решение используется в медицинских организациях различных регионов России [Webiomed, 2021].

Какие передовые цифровые технологии наиболее востребованы?

В соответствии с результатами экспертного опроса и оценками ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, спрос сектора здравоохранения на передовые цифровые технологии в 2020 г. оценивался на уровне 13,1 млрд руб. с перспективой роста в 15 раз к 2030 г. до 195,8 млрд руб. (рис. 10).

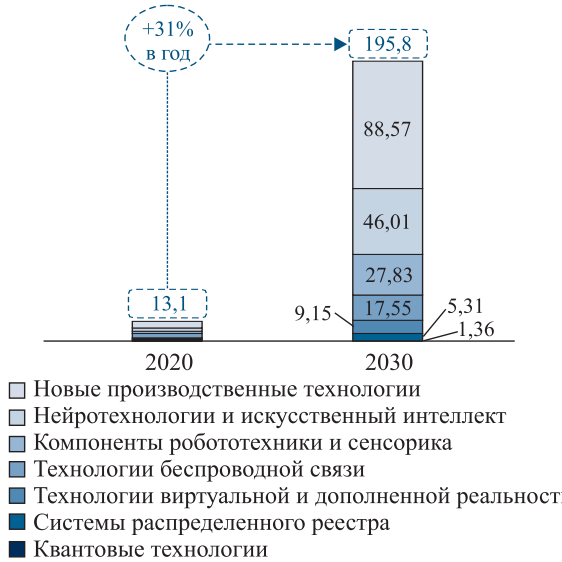
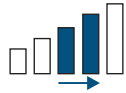


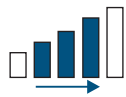
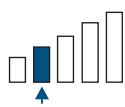
Рис. 10. Спрос на передовые цифровые технологии в здравоохранении в 2020 и 2030 гг., млрд руб.

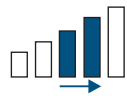
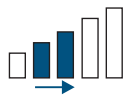
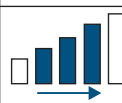
Источник: расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ с учетом результатов экспертного опроса.

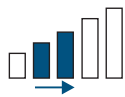
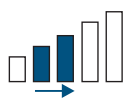
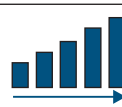
Среди наиболее востребованных в здравоохранении передовых цифровых технологий в будущем — новые производственные технологии, технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR), нейротехнологии и ИИ (табл. 9).

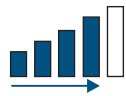
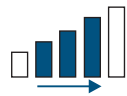
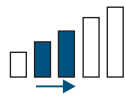
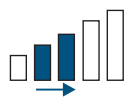
Таблица 9. Прогноз изменения спроса на передовые цифровые технологии в здравоохранении

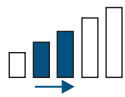
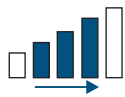
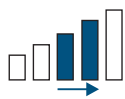
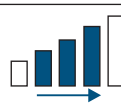
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Нейротехнологии и искусственный интеллект»		
Компьютерное зрение		На текущий момент технологии компьютерного зрения и распознавания визуальных образов используются в здравоохранении для анализа медицинских изображений —

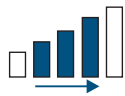
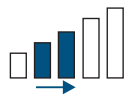
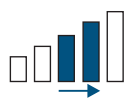
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		МРТ, КТ, УЗИ и других сходных методов диагностики. Основное направление применения — выявление важных характеристик изображения с выдачей рекомендаций врачу при диагностике опухолей и других патологий. Применение методов компьютерного зрения будет расширяться и использоваться не только для текущей диагностики, но и для предиктивной аналитики и прогнозирования здоровья человека на базе методов персонализированной медицины.
Обработка естественного языка		Использование методов обработки естественного языка (ЕЯ) в здравоохранении крайне важно для решения таких задач, как автоматическое аннотирование медицинских текстов, автоматическое извлечение знаний, построение и актуализация медицинских онтологий и баз знаний (как общих, так и специфических для конкретных нозологий и их групп). Кроме того, методы обработки естественного языка потребуются при создании персональных медицинских помощников. Массовое внедрение ЕЯ-решений в будущем позволит в режиме реального времени обновлять медицинские базы знаний, использующиеся в задачах мониторинга, диагностики и прогнозирования.
Распознавание и синтез речи		Единственной задачей, в которой на текущий момент видится возможность применения методов распознавания и синтеза речи, является голосовой ввод медицинской информации в карты пациентов или отчеты о наблюдениях и исследованиях. Например, лаборанты часто работают с микроскопом, поэтому им было бы полезно иметь систему голосового ввода. Также система распознавания речи была бы полезной для общения с пациентами, которые могли бы сообщать информацию о своих проблемах ИИ-агенту для мониторинга состояния здоровья, не отвлекая на сбор информации медицинский персонал.

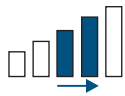
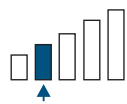
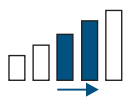
Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений		Системы поддержки принятия медицинских решений (СППР) — это информационные системы, предназначенные для помощи врачам в принятии решений о диагностике и лечении пациентов с использованием информационно-коммуникационных технологий и методов ИИ. В области медицины СППР используются для получения клинической информации, помощи в назначении лекарств и мониторинга состояния пациента и выдачи прогностических предупреждений о его состоянии. Медицинские СППР разрабатываются давно, однако с развитием методов ИИ эти решения могут выйти на принципиально иной уровень.
Перспективные методы и технологии в ИИ		Возрастание сложности и увеличение объема генерируемых и используемых данных в здравоохранении создает широкие возможности для использования технологий ИИ. Пациенты и поставщики медицинских услуг, а также компании, специализирующиеся в области биологических наук, уже сегодня используют несколько классов ИИ-систем: рекомендательные системы по диагностике и лечению, системы мониторинга состояния и режима жизни пациентов, системы поддержки административных процессов, а также разнообразные вспомогательные системы, обеспечивающие диагностику отдельных нозологий. При этом, хотя уже сегодня ИИ-системы могут выполнять задачи в области здравоохранения так же хорошо, как и люди, нормативно-правовые и организационные барьеры не позволят в значительной степени автоматизировать работу медицинских учреждений в течение значительного периода. Однако развитие новых ИИ-технологий будет все глубже проникать в область здравоохранения, затрагивая, в том числе, этические вопросы их применения.
Нейропротезирование		Бионические протезы, которые управляются непосредственно сигналами головного мозга (и нервной системы), являются прорывной

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		технологией протезирования как утерянных конечностей, так и различных органов и сенсорных систем. Эта технология позволит в будущем создавать полноценные нейропротезы.
Нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг		В настоящее время технологии нейроинтерфейсов, нейростимуляции и нейросенсинга практически не используются в области здравоохранения, однако для них есть применение, и технологии начинают апробироваться уже сегодня. В частности, нейроинтерфейсы, основанные на обратной связи от потенциалов мозга и сердца, могут использоваться для управления состояниями стресса и отдыха у пациентов.
Группа «Технологии распределенного реестра»		
Технологии организации и синхронизации данных. Технологии обеспечения целостности и непротиворечивости данных (консенсус). Технологии создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов		В здравоохранении реализуются только пилотные проекты по использованию технологий распределенного реестра. Медицинская отрасль — одна из самых регулируемых и консервативных, внедрение новой технологии требует серьезных финансовых вложений, новые продукты внедряют значительно осторожнее и медленнее, чем, например, в финансовом секторе. Для того чтобы клиники смогли обмениваться данными пациентов даже внутри одной страны, нужно не только создать общую сеть, но и обеспечить в медучреждениях гораздо более высокий уровень информационной безопасности. Все это заметно влияет на сроки внедрения разработок в отрасли. Одной из перспективных ниш для использования технологии является хранение электронных карт пациентов в российских медучреждениях.
Группа «Квантовые технологии»		
Квантовые вычисления		В настоящее время сектор здравоохранения далек не только от использования возможностей квантовых вычислительных систем, но и от корректной постановки задач использо-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		вания в будущем этих возможностей. Перспективной областью для внедрения технологии является создание индивидуальных лекарственных средств в фармакологии.
Квантовые коммуникации		Перспективной областью применения технологий квантовых коммуникаций в здравоохранении является обеспечение защищенного доступа к персональным медицинским данным. Ожидается, что отечественные сертифицированные системы защищенной квантовой связи в скором времени появятся на рынке.
Квантовая сенсорика		Имеются примеры использования в доклинических и клинических испытаниях разных локальных квантовых биосенсоров (маркеров) для диагностики различных заболеваний, в том числе онкологических. На основе этой технологии могут быть созданы компактные переносные диагностические комплексы.
Группа «Новые производственные технологии»		
Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)		Низкий уровень текущего использования технологии обусловлен ее спецификой, поскольку базовые платформенные, технологические и компьютерные решения (CAM, PLM, PDM и др.) относятся преимущественно к сфере реального производства и проектирования сложных технических изделий. В перспективе технология может применяться при проектировании, изготовлении и эксплуатации сложной медицинской техники, фармацевтических препаратов.
Технологии умного производства (Smart Manufacturing)		Ввиду специфики сферы здравоохранения в настоящее время наблюдается относительно низкий уровень применения технологий умного производства, а также ограниченные перспективы его использования в области оказания медицинских услуг. Исключением стала сфера высокотехнологичного производства медицинской техники и препаратов.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Манипуляторы и технологии манипулирования		В настоящее время в сфере здравоохранения манипуляторы и технологии манипулирования находятся на начальном этапе развития и чаще всего применяются в хирургии. В будущем данные технологии могут также использоваться в протезировании для замещения поврежденных двигательных органов.
Группа «Компоненты робототехники и сенсорика»		
Сенсоры и цифровые компоненты РТК для человеко-машинного взаимодействия		Использование ассистивной робототехники в настоящее время не развито, имеется ряд решений по мультимодальному взаимодействию с роботом, однако они не внедрены широко в клиническую практику. Перспективным является применение робототехнических комплексов при выполнении рутинных операций (диагностических, хирургических и др.), а также роботов для ухода за больными и пожилыми людьми, что особенно актуально в связи со старением населения. Использование данной технологии позволит существенно повысить качество медицинской помощи за счет устранения человеческого фактора и повышения точности манипуляций.
Технологии сенсорно-моторной координации и пространственного позиционирования		Необходимость развития робототехнических диагностических и хирургических средств обусловлена потребностью автоматизации рутинной деятельности. Среди перспективных разработок можно выделить диагностические опорно-поворотные столы и системы для высокоточного позиционирования медицинских инструментов.
Сенсоры и обработка сенсорной информации		Получение разнородной информации с различных биологических сенсоров, в том числе носимых, позволит проводить раннюю диагностику заболеваний и формировать персонализированные рекомендации по лечению. Вместе с тем устройства биомониторинга могут управляться удаленно под контролем медицинского персонала.

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
Группа «Технологии беспроводной связи»		
WAN (Wide Area Network)		Использование сетей WAN на базе 5G является возможным для поддержания беспроводной связи для реализации новых услуг в здравоохранении. Внедрение медицинского Интернета вещей, например, позволяет связать приборы и датчики в единую сеть, своевременно отслеживать критические изменения параметров организма пациентов и информировать об этом медицинский персонал.
LPWAN (Low Power Wide Area Network)		Беспроводной доступ в нелицензируемом спектре может использоваться в здравоохранении для некритичных приложений. Данная технология имеет преимущества фактически только за счет низкой стоимости оборудования и использования нелицензируемых частот, что делает решения достаточно дешевыми как при закупке, так и при эксплуатации. Слабыми моментами являются сертификация для использования этих технологий в медицинских услугах и узкий спектр потенциальных услуг в связи с технической спецификой технологий. Однако, учитывая дальнейшее развитие технологии NB-IoT, а также потенциального партнерства телеком-операторов с медицинскими учреждениями, можно ожидать изменений в этой области.
WLAN (Wireless Local Area Network)		Использование сетей WLAN уже является стандартом де-факто в здравоохранении в России для реализации беспроводной сети передачи данных в рамках организации. Реализация на базе сетей WLAN дополнительных услуг по локализации сотрудников и оборудования на территории организаций позволит улучшить рентабельность (ROI) и реализовать качественно новые услуги, например, с помощью беспроводных сетей могут собираться данные для контроля дозировки принимаемых лекарств, состояния и чистоты больничных помещений и лабораторий и др. Большое количество нового меди-

Технология	Изменение спроса	Экспертное обоснование
		цинского оборудования поставляется с функционалом WLAN, в связи с чем очевидно увеличение роли таких сетей в оптимизации всевозможных бизнес-процессов в отрасли.
PAN (Personal Area Network) RFID (HF- и UHF-метки)		На данный момент технология применяется в основном для получения информации о состоянии здоровья пациента, как правило, в рамках медицинского учреждения. Увеличение точности датчиков съема информации и последующее достижение требуемых в отрасли параметров точности и надежности инициирует высокий спрос на технологии PAN.
Спутниковые технологии связи (СТС)		Применение технологий передачи данных при помощи СТС в области здравоохранения достаточно ограничено в силу технико-экономических показателей. Высокого роста в данном сегменте не ожидается, в связи с чем оценка роли данной технологии в дальнейшем развитии отрасли низкая.
Группа «Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Технологии виртуальной и дополненной реальности		Технологии виртуальной реальности имеют значимый потенциал для терапии деменции, болей, в том числе фантомных. Помимо этого, VR- и AR-системы могут использоваться при обучении медицинского персонала, а также составлении плана хирургического вмешательства. VR- и AR-решения пока находятся на начальной стадии внедрения.

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным опроса экспертов.

На чем сейчас фокусируется государство? Что уже сделано?

доступность медицинской помощи
преемственность медицинской помощи
повышение качества медицинской помощи
медицинские информационные системы
электронные медицинские документы
электронные госуслуги и сервисы

электронная медицинская карта
телемедицина
маркировка лекарственных средств

Федеральный проект по созданию единого цифрового контура в здравоохранении на основе ЕГИСЗ предусматривает реализацию важных элементов цифровой трансформации здравоохранения на всех уровнях, в том числе за счет автоматизированного информационного сопровождения, а также мониторинга и анализа использования ресурсов и оказания медицинской помощи.

По итогам 2020 г. достигнуты следующие результаты в сфере внедрения цифровых технологий в системе здравоохранения [Минздрав России, 2021*б*]:

- более 926 тыс. автоматизированных рабочих мест медицинских работников подключены к медицинским информационным системам (МИС);
- 82,4% медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения используют МИС, обеспечивающие информационное взаимодействие с ЕГИСЗ;
- 68,7% медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения подключены к централизованным подсистемам региональных ГИС в сфере здравоохранения;
- 23,4% медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения обеспечивают гражданам доступ к электронным медицинским документам в личном кабинете пациента «Мое здоровье» на Едином портале государственных услуг и функций (ЕПГУ). В 2020 г. его электронными услугами и сервисами воспользовались порядка 10,6 млн граждан. Среди наиболее востребованных услуг: запись на прием к врачу, профилактические осмотры, диспансеризация; вызов врача на дом;
- 53,4% медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения субъектов Российской Федерации обеспечили информационное взаимодействие с учреждениями медико-социальной экспертизы посредством подсистемы «Реестр электронных медицинских документов» ЕГИСЗ.

В целях повышения качества оказания медицинской помощи создаются и внедряются специализированные вертикально-интегрированные медицинские информационные системы (ВИМИС), обеспечивающие мониторинг выполнения порядков оказания медицинской помощи и клинических рекомендаций, оптимизацию маршрутизации пациентов, персонализацию подходов к оказанию медицинской помощи. В 2020 г. созданы информационные системы по профилям «Онкология», «Сердечно-сосудистые заболевания», «Акушерство, гинекология» и «Неонатология», в 2021 г. в целях профилактики заболеваний и распространения здорового образа жизни будет создана ВИМИС «Профилактика».

С 2018 г. стало возможным оказание медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. На данный момент удаленно можно получить лишь ограниченный перечень медицинских услуг, например, консультацию после очного визита к врачу для коррекции ранее назначенного лечения, назначение дополнительных анализов и получение направления на очный прием. Постановка диагноза в удаленном режиме пока невозможна. В 2019 г. было проведено 679 тыс. телемедицинских консультаций, из них 103,7 тыс. консилиумов врачей и 385,3 тыс. консультаций пациентов, по результатам которых проведена их госпитализация. По сравнению с 2018 г. число телемедицинских консультаций выросло в 1,7–2 раза [ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2020*б*]. В 2020 г. для лечения пациентов с диагнозом COVID-19, которые наблюдаются на дому, были созданы региональные телемедицинские центры, в которых организовано предоставление удаленных консультаций.

С 2021 г. на федеральном уровне организуется мониторинг цифровой зрелости здравоохранения. Он будет охватывать такие направления, как: запись на прием к врачу с использованием ЕПГУ; формирование интегрированной электронной медицинской карты, доступной на ЕПГУ; централизованная обработка и хранение в электронном виде результатов диагностических исследований; дистанционный мониторинг состояния здоровья; телемедицинские консультации в форматах «врач — врач» и «врач — пациент» посредством ЕПГУ с использованием видеоконференцсвязи; внедрение Единой региональной диспетчерской скорой медицинской помощи. В рамках мониторинга будут использованы данные

подсистем ЕГИСЗ: «Федеральная электронная регистратура», «Федеральный реестр электронных медицинских документов», «Федеральный реестр медицинских организаций», «Телемедицинские консультации», а также ГИС ОМС и ЕПГУ. Кроме того, Минздрав России формирует рейтинг цифровой зрелости в сфере здравоохранения в разрезе регионов. По итогам 2020 г. в тройку лидеров вошли Тульская, Тамбовская и Ленинградская области.

С 1 февраля 2021 г. в России вступил в силу приказ Минздрава России, устанавливающий правовой статус ведения медицинской документации в форме электронных медицинских документов. Приказ определяет требования к формированию, подписанию и хранению электронных медицинских документов, включая обмен ими и передачу их в ЕГИСЗ. При этом медицинская организация вправе самостоятельно принимать решение о полном или частичном переходе от бумажного документооборота на юридически значимый электронный документооборот.

Еще один приоритет — внедрение обязательной маркировки лекарств. В 2021 г. будет завершено внедрение системы мониторинга движения лекарственных средств во всех медицинских и фармацевтических организациях. Это обеспечит перевод в электронный вид ключевых государственных услуг в этой сфере и будет способствовать ускоренной регистрации лекарств на российском рынке.

В результате реализации ведомственной программы цифровой трансформации (ВПЦТ) Минздрава России, к 2023 г. 50% медицинских организаций должны будут использовать решения на базе ИИ, созданные на основе данных единой информационной базы медицинских документов, изображений и результатов инструментальных исследований, 63% обращений граждан за услугой записи на прием к врачу должны будут выполняться через ЕПГУ, будут разработаны 90 новых инновационных решений для поддержки принятия врачебных решений и предиктивной аналитики. Важной задачей 2021 г. является оформление медицинских свидетельств в электронном виде, к 2022 г. 100% медицинских организаций должны будут обеспечивать передачу в электронном виде медицинских свидетельств о рождении и смерти в органы ЗАГС.

Где зафиксированы приоритеты государства по цифровой трансформации отрасли

1. Национальные цели развития Российской Федерации на период до 2030 года [Президент Российской Федерации, 2020*б*].

2. Национальный проект «Здравоохранение», федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» [Правительство Российской Федерации, 2018*а*; Минздрав России, 2018].

3. 8 показателей, входящих в оценку цифровой зрелости отрасли «Здравоохранение» [Минцифры России, 2020*б*].

4. Особенности медицинской помощи, оказываемой с применением телемедицинских технологий [Право, 2017].

5. Порядок организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий [Минздрав России, 2017].

6. Порядок организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов [Минздрав России, 2020].

7. Ведомственная программа цифровой трансформации Минздрава России [Минздрав России, 2021*а*].

Что может затормозить цифровую трансформацию? Какие барьеры специфичны для России?

недостаток финансирования
низкая обеспеченность медицинскими кадрами
недостаток компетенций
невысокая цифровая грамотность
угрозы информационной безопасности
административные барьеры

Одним из важнейших факторов, затрудняющих цифровую трансформацию здравоохранения, является недостаток финан-

совых ресурсов. Внедрение цифровых технологий и соответствующих подходов к организации предоставления медицинской помощи сопряжено с существенными инвестициями и рисками. При этом часто отсутствуют эффективные механизмы стимулирования и поощрения соответствующей деятельности.

Другим значимым барьером цифровой трансформации здравоохранения является нехватка кадров, причем не только медицинских работников, но и управленцев [OECD, 2021*b*]. При этом уровень цифровой грамотности уже работающих специалистов недостаточно высок и не позволяет в полной мере реализовать потенциал применения цифровых технологий [OECD, 2020*b*]. Усугубляет проблему тот факт, что подготовка врачей занимает достаточно длительное время, что в сравнении с другими отраслями увеличивает сроки накопления необходимого кадрового потенциала.

Внедрение цифровых технологий предъявляет высокие требования к безопасности медицинских данных, а отсутствие надежных и эффективных систем защиты информации может спровоцировать неприятие информационных медицинских технологий населением [Deloitte, 2021]. Еще одним тормозящим фактором являются отсутствие унифицированных протоколов сбора и обмена данными, а также правовая неурегулированность процесса их использования в деперсонализированном виде, например, для систем поддержки принятия врачебных решений на базе ИИ.

Жесткая регуляторная политика в области регистрации новых медицинских средств и изделий также препятствует быстрому выходу на рынок продукции российских стартапов (например, в США в рамках процесса 910A продукты медицинских стартапов, имеющие минимальные риски, могут пройти ускоренную регистрацию без клинических испытаний).

Тем не менее с учетом специфики сектора при «расшивке узких мест» необходим взвешенный подход к оценке возможных рисков внедрения цифровых технологий, поскольку это может напрямую затрагивать вопросы жизни и здоровья людей [OECD, 2020*b*].

Как ускорить? Какая поддержка критична?

цифровая грамотность
кибербезопасность

нормативная правовая база
развитие цифровых сервисов

Пандемия COVID-19 стала катализатором таких важнейших направлений цифровой трансформации российской системы здравоохранения, как переход медицинских организаций на юридически значимый электронный документооборот, внедрение специализированных информационных систем в медицинских организациях, развитие электронных услуг и сервисов, телемедицины.

Для успешного внедрения новых цифровых технологий в отрасли требуется повысить цифровую грамотность медицинского персонала, обеспечить его средствами электронной подписи и необходимым оборудованием, в том числе высокотехнологичным [WHO, 2019].

Требуется разработать и внедрить эффективные решения в области кибербезопасности, в том числе на базе технологий распределенного реестра, которые обеспечат высокий уровень защищенности медицинских данных в процессе их сбора, хранения и передачи [McKinsey&Company, 2020*a*].

В целях расширения возможностей использования телемедицинских технологий необходимо совершенствовать нормативную правовую базу, в том числе механизмы тарифообразования при оказании телемедицинских услуг в системе обязательного медицинского страхования [РБК, 2020*б*].

Для удобства пациентов необходимо развивать цифровые сервисы, позволяющие получать необходимые медицинские документы (справки, выписки, рецепты) в электронном виде без очного обращения в медицинские организации, а также управлять своими медицинскими документами. Цифровые сервисы должны позволять быстро записаться к нужному врачу, получить информацию о его образовании и опыте работы, доступной медицинской помощи, например, с использованием цифрового помощника на базе интеллектуальных чат-ботов.

Развитие персонализированной медицины потребует создания цифровых медицинских профилей для граждан, где будут в том числе отображаться данные с носимых устройств для дистанционного мониторинга состояния здоровья [OECD, 2020*c*; 2021*b*].

Пациенты с хроническими заболеваниями смогут находиться под постоянным врачебным наблюдением без необходимости обращаться в больницу.

По оценкам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, цифровая трансформация обеспечит дополнительный рост производительности труда в здравоохранении на 22,19% до 2030 г. (накопленным итогом).

НЕКОТОРЫЕ РИСКИ (ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ)

Совокупность явлений, характеризуемых нами как цифровая трансформация, — это центральный элемент так называемой четвертой технологической революции. Широкий круг отраслей экономики и социальной сферы, уклад которых в основе своей оставался неизменным на протяжении многих десятков лет, проходят через этап глубоких преобразований, по сути становясь в широком смысле слова высокотехнологичными. Однако было бы в корне ошибочным смотреть на этот процесс исключительно под углом зрения технологического развития. Появляются новые модели экономической деятельности, и значит претерпевают сильные изменения экономические и социальные институты. Цифровая трансформация — это сложный, ни в коем случае не рутинный и во многом слабо предсказуемый процесс, охватывающий многие сферы жизни и для своего успешного осуществления требующий выполнения ряда принципиальных условий, включая технологическую и управленческую подготовленность организаций и рынков.

В ведущих странах цифровая трансформация рассматривается как передовой рубеж более общего тренда цифровизации применительно к тем отраслям, которые уже достигли высокого уровня цифровой зрелости. Распространение новых бизнес-моделей, основанных на цифровых технологиях и онлайн-платформах, — только вершина айсберга. Этому предшествует длительный этап формирования информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, накопления кадрового потенциала, адаптации регулирования и др.; большое значение имеют внедрение электронного документооборота, создание цифровых двойников, формирование рынка данных. Данная работа еще далеко не завершена и будет продолжаться. В нашей стране лишь немногие отрасли готовы к цифровой трансформации. Пробовать осуществить ее без должной подготовки — это, вероятнее всего, обречь работу на неудачу. В начале 2021 г. президент Российской Федерации дал поручение ключевым ведомствам обеспечить разработку стратегий цифровой трансформации ключевых отраслей экономики и социальной сферы. Данная инициатива позволит оценить соответствующие

возможности и перспективы для каждой из них, наметить ориентиры. Вместе с тем нам представляется, что ввиду крайне неравномерного уровня цифровизации отраслей и других факторов эти стратегии будут в разной степени амбициозными и далеко не все будут «соответствовать своему заголовку». Надеемся, это не повлечет неоправданного разочарования и скоропалительных выводов, а послужит импульсом к дальнейшему цифровому развитию отраслей.

За рубежом успешный опыт цифровой трансформации отраслей основывается на ключевой роли корпоративного сектора, ориентированного на потребности клиентов и запросы рынка. Это позволяет вырабатывать экономически обоснованные, востребованные потребителями стратегии цифровой трансформации. Государство зачастую выступает инициатором соответствующих изменений, в том числе посредством реализации демонстрационных проектов, но вовремя «отходит в сторону», давая возможность рыночным механизмам произвести отбор эффективных решений. Вместе с тем в нашей стране предпринимаются отдельные попытки «организовать» цифровую трансформацию исключительно «в периметре» государственного сектора, полагаясь на довольно ограниченные по своему инструментарию и во многом утратившие актуальность подходы. При этом цифровая трансформация фактически сводится к «самокопированию» государства в цифровой среде. В этом случае трудно рассчитывать на какие-либо значимые эффекты, кроме некоторого повышения эффективности решения традиционных задач.

В частности, в предложениях ведомств в рамках отраслевых проектов цифровой трансформации едва ли не главным элементом выступает построение интегральных отраслевых платформ, которые, с одной стороны, должны объединить различные информационные системы, обеспечивающие сбор и обработку данных для принятия решений профильными органами власти, а с другой — призваны содействовать цифровой трансформации бизнеса. Уже созданы отраслевые платформы в здравоохранении (ЕГИСЗ), промышленности (ГИСП), энергетике (ГИС ТЭК). Реализуются проекты по созданию национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством, цифровой платформы транспортного комплекса. Это в целом по-

зитивная практика, лежащая в русле глобальных трендов. Однако стоит помнить, что в последние 10 и более лет за государственный счет было создано множество информационных систем (ИС), но большинство из них так и остались невостребованными. Да, некоторые ИС стали очень успешными и многократно окупили расходы на свое создание, но все же значительные бюджетные средства так и не принесли планировавшуюся отдачу. Чтобы окончательно не дискредитировать это важное для цифровой трансформации направление работы и не потерять значительное время и ресурсы, необходимо объективно, в том числе с участием всех потенциально заинтересованных сторон, оценить планы создания новых и развития созданных ИС на соответствие интересам и потребностям предполагаемых бенефициаров и обеспечить их непосредственное привлечение к проработке и реализации данных планов.

В нашей стране, при пока еще в целом сравнительно невысокой интенсивности использования передовых цифровых технологий организациями, некоторые секторы экономики выдвинулись в число глобальных лидеров цифровой трансформации. Наиболее яркий пример — финансовый сектор. Россия занимает 1-е место (82%) среди европейских стран по уровню внедрения финансовых технологий в потребительском сегменте [Statista, 2020*d*]. Важнейшим фактором здесь является готовность граждан к активному использованию новых решений. Учитывая это, сегодня первостепенное значение имеют подготовка кадров, обладающих достаточной квалификацией для осуществления цифровой трансформации в отраслях экономики и социальной сферы, стимулирование распространения передовых институтов и развитие регулирования, формирующего благоприятные условия цифровой трансформации.

.

ИСТОЧНИКИ

Автодор (2021). ЦКАД. <https://roadckad.ru/> (дата обращения: 03.03.2021).

Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Цифровая трансформация как технологический прорыв и переход на новый уровень развития агропромышленного сектора России // Продовольств. политика и безопасность. 2020.

Аэрофлот (2019). Аэрофлот вступил в Ассоциацию «Цифровой транспорт и логистика». <https://www.aeroflot.ru/ru-ru/news/61473> (дата обращения: 10.03.2021).

Банк России (2020*а*). Цифровой рубль: докл. для обществ. консультаций. <https://cbr.ru/StaticHtml/File/112957/Consultation_Paper_201013.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Банк России (2020*б*). Указание Банка России от 25 декабря 2020 г. № 5679-У «О присоединении к экспериментальному правовому режиму в сфере цифровых инноваций на финансовом рынке, а также о приостановлении или прекращении статуса субъекта экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций на финансовом рынке».

Банк России (2021). Статистика внешнего сектора. <https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/> (дата обращения: 10.03.2021).

Ведомости (2021). В Единой биометрической системе зарегистрировались более 160 тыс. россиян. <https://www.vedomosti.ru/society/news/2021/02/18/858488-v-edinoi-biometricheskoi-sisteme> (дата обращения: 24.03.2021).

ВОЗ (2020*а*). Деменция. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/dementia> (дата обращения: 24.03.2021).

ВОЗ (2020*б*). 10 ведущих причин смертности в мире. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (дата обращения: 24.03.2021).

Газпром нефть (2018). Новая реальность, Технологии виртуальной и дополненной реальности приходят в промышленность. <https://

www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-september-projects/1863688/> (дата обращения: 03.02.2021).

Газпром нефть (2021*а*). Газпром нефть: веб-сайт. <https://www.gazprom-neft.ru/> (дата обращения: 24.03.2021).

Газпром нефть (2021*б*). Научно-технический кластер «Газпром нефти» в Санкт-Петербурге. <https://www.gazprom-neft.ru/technologies/centres/technology-centres-spb.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

ГИСП (2021). Навигатор мер поддержки. <https://gisp.gov.ru/navigator-measures/ru-RU> (дата обращения: 24.03.2021).

ЕЭК (2019). Анализ существующих транспортных коридоров, проходящих через территорию стран-членов: аналит. докл. <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/infrastruktura/Documents/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%205%20%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).

Интерфакс (2019). Сбербанк инвестировал около $1 млрд в небанковскую часть экосистемы за три года. <https://www.interfax.ru/business/671108> (дата обращения: 24.03.2021).

Интерфакс (2021). Сбербанк подал заявку для выпуска собственной криптовалюты. <https://www.interfax.ru/business/746224> (дата обращения: 24.03.2021).

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2020*а*). Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики в 2019 г. <https://issek.hse.ru/news/418395532.html> (дата обращения: 15.03.2021).

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2020*б*). Цифровая зрелость здравоохранения. <https://issek.hse.ru/news/385932985.html> (дата обращения: 24.03.2021).

ИСИЭЗ НИУ ВШЭ (2021). Серия бюллетеней «Цифровая экономика». <https://issek.hse.ru/express_digiteconomy> (дата обращения: 24.03.2021).

Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы (2018). Роботы, матрицы и конструкторы: как строят дома

на заводе в Наро-Фоминске. <https://stroi.mos.ru/photo_lines/roboty-matritsy-i-konstruktory-kak-stroiat-doma-na-zavodie-v-naro-fominskie> (дата обращения: 22.03.2021).

Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы (2020). Стройка в «цифре». <https://stroi.mos.ru/interviews/stroika-v-tsifrie> (дата обращения: 22.03.2021).

Минздрав России (2017). Приказ Минздрава России от 30 ноября 2017 г. № 965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий».

Минздрав России (2018). Паспорт федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)».

Минздрав России (2020). Приказ Минздрава России от 7 сентября 2020 г. № 947н «Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов».

Минздрав России (2021*а*). Приказ Минздрава России от 27 января 2021 г. № 28 «Об утверждении ведомственной программы цифровой трансформации Министерства здравоохранения Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов».

Минздрав России (2021*б*). Портал оперативного взаимодействия участников ЕГИСЗ. <https://portal.egisz.rosminzdrav.ru> (дата обращения: 25.03.2021).

Минкомсвязь России (2018). Приказ Минкомсвязи России от 25 июня 2018 г. № 321 «Об утверждении порядка обработки, включая сбор и хранение, параметров биометрических персональных данных в целях идентификации, порядка размещения и обновления биометрических персональных данных в единой биометрической системе, а также требований к информационным технологиям и техническим средствам, предназначенным для обработки биометрических персональных данных в целях проведения идентификации».

Минкомсвязь России (2020). Перспективные направления применения робототехники в бизнесе. <https://digital.gov.ru/uploaded/presentations/20200325idoklad.pdf> (дата обращения: 03.02.2021).

Минпромторг России (2020). Ведомственный проект «Цифровая промышленность». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/vedomstvennyij-proekt-tsifrovaya-promyishlennost.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Минсельхоз России (2019). Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Минсельхоз России (2020). Ведомственная программа цифровой трансформации на 2021–2023 гг. <https://portal.eskigov.ru/system/documents/uploads/000/971/859/original/ВПЦТ_Минсельхоз_России.pdf?1614148567> (дата обращения: 24.03.2021).

Минстрой России (2016). Преимущества BIM в одной инфографике. <https://minstroyrf.gov.ru/press/preimushchestva-bim-v-odnoy-infografike/> (дата обращения: 19.03.2021).

Минстрой России (2018). Приказ Минстроя России от 31 октября 2018 г. № 695/пр «Об утверждении паспорта ведомственного проекта цифровизации городского хозяйства “Умный город”».

Минтранс России (2020). Ведомственная целевая программа Министерства транспорта Российской Федерации «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации» / утв. Минтрансом России 24 марта 2021 г.

Минцифры России (2019). Нормативное регулирование цифровой среды. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/862/> (дата обращения: 24.03.2021).

Минцифры России (2020*а*). Перечень пилотных проектов построения и внедрения узкополосных беспроводных сетей связи «Интернета вещей» на территории Российской Федерации. <https://digital.gov.ru/uploaded/files/perechen-pilotnyih-proektov-postroeniya-i-vnedreniya-uzkopolosnyih-besprovodnyih-setej-svyazi-interneta-veschej-na-territorii-rossijskoj-federatsii.pdf> (дата обращения: 03.02.2021).

Минцифры России (2020*б*). Приказ Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации “Цифровая трансформация”» (в ред. Приказа Минцифры России от 14 января 2021 г. № 9).

Минцифры России (2020*в*). Цифровое государственное управление. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/882/> (дата обращения: 24.03.2021).

Минэнерго России (2018). Внедрение и использование цифровых технологий в энергетике исходя из принципов экономической целесообразности и повышения доступности энергетической инфраструктуры и распределенной энергетики. <https://minenergo.gov.ru/sites/default/files/03/26/10877/9._Vnedrenie_i_ispolzovanie_cifrovyh_tehnologiy_v_energetike_DGEP.pdf> (дата обращения: 12.03.2021).

Минэнерго России (2019*а*). Ведомственный проект «Цифровая энергетика». <https://minenergo.gov.ru/node/14559> (дата обращения: 26.02.2021).

Минэнерго России (2019*б*). *Текслер А.Л.* Цифровизация энергетики. <https://digital.gov.ru/uploaded/files/tsifrovaya-energetika16x915.pdf> (дата обращения: 12.02.2021).

МРГ при Правкомиссии (2021). План мероприятий («дорожная карта») «Технет 4.0» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы, Межведомственной рабочей группой по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию Российской Федерации от 21 января 2021 г.

Нефтегазовая вертикаль (2018). Пять версий цифрового месторождения. <http://www.ngv.ru/news/pyat_versiy_tsifrovogo_mestorozhdeniya/> (дата обращения: 12.03.2021).

НИУ ВШЭ (2018). Технологическое будущее российской экономики: докл. к XIX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества / гл. ред. Л.М. Гохберг. <https://issek.hse.ru/data/2018/04/19/1150483972/Technology_future_of_Russian_economy.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2019). Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. <https://issek.hse.ru/data/2019/04/10/1174567204/%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: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2020*а*). Индикаторы цифровой экономики: 2020: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. <https://www.hse.ru/primarydata/ice2020> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2020*б*). Координационный центр национального домена сети Интернет. Тенденции развития Интернета в России и зарубежных странах: аналит. докл. / Г.И. Абдрахманова, О.Е. Баскакова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др. <https://cctld.ru/upload/iblock/e06/trends_2019.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ (2021*а*). Цифровые технологии в российской экономике. <https://publications.hse.ru/books/420071117> (дата обращения: 12.03.2021).

НИУ ВШЭ (2021*б*). Тенденции развития Интернета: готовность экономики и общества к функционированию в цифровой среде: аналит. докл. / Г.И. Абдрахманова, М.Д. Ванюшина, 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, 2021. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/442916108.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

НИУ ВШЭ, ДОМ.РФ (2021). Глобальные тренды в жилищной сфере / Ю.В. Мильшина, М.А. Гольдберг, П.Б. Рудник, Т.С. Зинина; АО «ДОМ.РФ»; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2020.

НТИ (2020). ТАСС: Систему оповещения ГИБДД о резком торможении запустят в 2022 году. <https://ntinews.ru/panorama/nti/sistemu-opoveshcheniya-gibdd-o-rezkom-tormozhenii-zapustyat-v-2022-godu.html?sphrase_id=16057919> (дата обращения: 24.03.2021).

НТИ (2021). Фабрики будущего. <https://technet-nti.ru/article/fabriki-buducshego> (дата обращения: 24.03.2021).

ПАО «Ростелеком» (2020). Мировые тенденции, перспективные сценарии развития и использования технологий 5G в отраслях экономики. <https://www.company.rt.ru/press/news/files/5G_%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B8.pdf> (дата обращения: 03.02.2021).

Правительство Российской Федерации (2017). Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы».

Правительство Российской Федерации (2018*а*). Паспорт национального проекта «Здравоохранение». <http://government.ru/info/35561/> (дата обращения: 23.03.2021).

Правительство Российской Федерации (2018*б*). Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 г. № 2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года» (в ред. от 20 февраля 2021 г.).

Правительство Российской Федерации (2020*а*). Постановление Правительства Российской Федерации от 2 июля 2020 г. № 974 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». <https://ipbd.ru/doc/0001202007100028/> (дата обращения: 24.03.2021).

Правительство Российской Федерации (2020*б*). Постановление Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства».

Правительство Российской Федерации (2020*в*). Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2020 г. № 2031 «О проведении эксперимента по опытной эксплуатации автономных судов под Государственным флагом Российской Федерации».

Правительство Российской Федерации (2020*г*). Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. / утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р.

Правительство Российской Федерации (2021). Постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».

Право (2017). Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201707300032> (дата обращения: 24.03.2021).

Президент Российской Федерации (2020*а*). Перечень поручений по итогам конференции по искусственному интеллекту / утв. Президентом Российской Федерации 31 декабря 2020 г. № Пр-2242.

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

Президент Российской Федерации (2020*в*). Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310056> (дата обращения: 31.03.2021).

Президиум Совета при Президенте РФ (2017). План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы / одобр. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, протокол от 14 февраля 2017 г. № 1.

Президиум Совета при Президенте РФ (2018*а*). Паспорт национального проекта «Жилье и городская среда» / утв. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 г. № 7.

Президиум Совета при Президенте РФ (2018*б*). Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные доро-

ги» / утв. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 г. № 15.

Президиум Совета при Президенте РФ (2019). Паспорт национального проекта «Национальная программа “Цифровая экономика Российской Федерации”» / утв. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 4 июня 2019 г. № 7.

Рабочая группа «Новые производственные технологии» (2019). Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии». <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

РБК (2018). Доктор на проводе: как заработать на буме телемедицины в России. <https://www.rbc.ru/own_business/22/05/2018/5af96cea9a7947a987de03da> (дата обращения: 24.03.2021).

РБК (2020*а*). Все в сад: где и зачем могут пригодиться вертикальные фермы. <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5f02f4409a79476f5be697d3> (дата обращения: 24.03.2021).

РБК (2020*б*). Цифровизация сделает здравоохранение эффективным. <https://plus.rbc.ru/news/5f6e921e7a8aa9bebb4f7e6b. (дата обращения: 25.03.2021).

РБК (2021*а*). Коллекторы «Сбера» внедрили технологию распознавания эмоций должников. Робот должен определять злость, страх и уныние клиентов. <https://www.rbc.ru/finances/18/02/2021/602d2aac9a79472a463bc4ad?from=from_main_4> (дата обращения: 11.03.2021).

РБК (2021*б*). Роботы-курьеры «Яндекса» начали доставлять еду в жилые дома в Москве. <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/602520719a7947c7b18b155c> (дата обращения: 12.03.2021).

РБК (2021*в*). Минтранс предложил массово внедрять биометрию в аэропортах Проход по «лицу» должен повысить удобство пассажиров и снизить расходы авиакомпаний. <https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/02/2021 /602a97209a7947d41f3ef011> (дата обращения: 26.02.2021).

РИА Новости (2020). «Россети» и ГЭК Китая сформируют совместное предприятие к концу 2017 года. <https://ria.ru/20170221/1488535001.html> (дата обращения: 10.03.2021).

Росатом (2020*а*). В России создана лаборатория по развитию квантового искусственного интеллекта. <https://rosatom.ru/journalist/news/v-rossii-sozdana-laboratoriya-po-razvitiyu-kvantovogo-iskusstvennogo-intellekta/> (дата обращения: 03.02.2021).

Росатом (2020*б*). В России создана Национальная квантовая лаборатория. <https://www.rosatom.ru/journalist/news/v-rossii-sozdana-natsionalnaya-kvantovaya-laboratoriya/> (дата обращения: 03.02.2021).

Российская газета (2020). Грузы выбрались на сушу. <https://rg.ru/2020/11/17/k-2025-godu-v-eaes-sozdadut-sistemu-cifrovyh-transportnyh-koridorov.html> (дата обращения: 10.03.2021).

Российская газета (2021). Рулит интеллект. <https://rg.ru/2020/12/27/reg-cfo/zaversheno-stroitelstvo-uchastka-umnoj-avtodorogi-pod-moskovj.html> (дата обращения: 03.03.2021).

Росстат (2021*а*). Национальные счета. <https://rosstat.gov.ru/accounts> (дата обращения: 15.03.2021).

Росстат (2021*б*). Официальная статистика // Инвестиции в нефинансовые активы. <https://rosstat.gov.ru/investment_nonfinancial> (дата обращения: 16.03.2021).

РСТ-Инвент (2020). RFID-решение для предприятий энергетического комплекса. <https://www.rst-invent.ru/rfid-reshenie-dlja-predprijatij-jenergeticheskogo-kompleksa/> (дата обращения: 03.02.2021).

РСТ-Инвент (2021). RFID для предприятий энергетического комплекса. <https://www.rst-invent.ru/reshenija/rfid-dlja-energeticheskogo-kompleksa/> (дата обращения: 03.02.2021).

Сбер (2020). Сбербанк, Cognitive Pilot и «Русагро» приступили к массовому оснащению сельхозтехники системой беспилотного вождения. <https://www.sberbank.ru/ru/press_center/all/article?newsID=378acf9f-aa8f-44cb-ac96-f536c13d8291&blockID=1303&regionID=77&lang=ru&type=NEWS> (дата обращения: 24.03.2021).

Сбер (2021). Цифровая экосистема Сбера. <https://www.sberbank.com/ru/eco> (дата обращения: 24.03.2021).

ТАСС (2018). Россия вошла в топ-15 стран по уровню развития технологий в сельском хозяйстве. <https://tass.ru/ekonomika/4979176> (дата обращения: 24.03.2021).

Технологии распознавания (2020). ЦКАД. <https://www.recognize.ru/tag/%D1%86%D0%BA%D0%B0%D0%B4/> (дата обращения: 03.03.2021).

Транспорт России (2020). Цифровая трансформация. <https://transportrussia.ru/item/5388-tsifrovaya-transformatsiya.html> (дата обращения: 10.03.2021).

Третье мнение (2021). Инновационные AI-сервисы для системы здравоохранения. <https://thirdopinion.ai> (дата обращения: 24.03.2021).

Туровец Ю., Проскурякова Л., Стародубцева А., Бьянко В. «Зеленая» цифровая трансформация в электроэнергетике // Форсайт. 2021. Т. 15. № 2 (в печати).

Управление производством (2020). Цифровая трансформация НЭВЗ: текущее состояние. <http://www.up-pro.ru/library/information_systems/production/tekushcheye-sostoyaniye.html> (дата обращения: 23.03.2021).

ФРП (2020). Программа «Трансформация промышленности». <https://frprf.ru/zaymy/tsifrovizatsiya-promyshlennosti/> (дата обращения: 24.03.2021).

Хабр (2019). *amorF.* Блокчейн и электроэнергетика. 2019. 30 июля. <https://habr.com/ru/post/461851/> (дата обращения: 03.02.2021).

ЦДУ ТЭК (2018). «Цифровая энергетика»: новые возможности и вызовы для ТЭК. <https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/4/476/> (дата обращения: 27.02.2021).

Цифровая подстанция (2018). Что такое цифровая подстанция? <http://digitalsubstation.com/blog/2018/12/28/chto-takoe-tsifrovaya-podstantsiya/> (дата обращения: 12.03.2021).

ЭкоНива (2020). Молочная цифровизация. <https://ekoniva-apk.ru/press/news/2124-molochnaya-tsifrovizatsiya> (дата обращения: 24.03.2021).

Яндекс.Касса (2018). Соцсети, мессенджеры, сайты объявлений и sharing economy как каналы продаж. <https://yoomoney.ru/i/forms/social.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Accenture (2018). Accenture Open Banking for Business Survey 2018. <https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-90/Accenture-Open-Banking-Businesses-Survey.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Accenture (2020). Digital Health Technology Vision 2020. <https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-133/Accenture-Digital-Health-Tech-Vision-2020.pdf#zoom=40> (дата обращения: 24.03.2021).

ADBInstitute (2019). Evolution of High-Speed Rail and Its Development Effects: Stylized Facts and Review of Relationships. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/539751/adbi-wp1040.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

Adeyemi A. et al. (2020). Blockchain Technology Applications in Power Distribution Systems // The Electricity J. Vol. 33. No. 8.

AIFC (2020). Fintech Market Entry to CIS, Central Asia, and Mongolia. <https://fintech.aifc.kz/files/pages/2305/documents/1/fintech-market-entry-to-cis-central-asia-and-mongolia.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Air Cargo News (2020*a*). Dronamics Reveals Plans for First Five European Droneports. <https://www.aircargonews.net/airlines/freighter-operator/dronamics-reveals-plans-for-first-five-european-droneports/> (дата обращения: 10.03.2021).

Air Cargo News (2020*b*). New Cargo Opportunities from Next Generation Aviation. <https://www.aircargonews.net/airlines/new-cargo-opportunities-from-next-generation-aviation/> (дата обращения: 10.03.2021).

Allied Market Research (2020). Mobile Payment Market by Payment Type (Proximity and Remote), Transaction Mode [Mobile Web Payments, Near-Field Communication, Short Message Service (SMS) / Direct Carrier Billing, and Others], End User (Personal and Business), Purchase Type (Airtime Transfer & Top-ups, Money Transfers & Bill Payments, Merchandise & Coupons, Travel & Ticketing and Others), Application (Media & Entertainment, Energy & Utilities, Healthcare, Retail, Hospitality & Transportation and Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2027. <https://www.alliedmarketresearch.com/mobile-payments-market> (дата обращения: 24.03.2021).

ALSTOM (2020). SNCF and Its Partners Run the First Semi-autonomous Train of the National Railway Network. <https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/12/sncf-and-its-partners-run-first-semi-autonomous-train-national-railway> (дата обращения: 10.03.2021).

AltegroSky (2021). Электроэнергетика. <https://altegrosky.ru/elektroenergetika/> (дата обращения: 03.02.2021).

Amazon (2021). Working Capital Loans Designed with Your Business Needs in Mind. <https://sell.amazon.com/programs/amazon-lending.html> (дата обращения: 24.03.2021).

Archi Expo E-Mag (2020). Making a 3D-Printed House into a Home. <http://emag.archiexpo.com/making-a-3d-printed-house-into-a-home/> (дата обращения: 22.03.2021).

Arup (2019). Future of Rail 2050. <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/future-of-rail-2050> (дата обращения: 10.03.2021).

Australian Bureau of Statistics (2020). Improving Agricultural Crop Statistics Using Satellite Data. <https://www.abs.gov.au/research/industry/agriculture/improving-agricultural-crop-statistics-using-satellite-data/> (дата обращения: 24.03.2021).

Autodesk (2021). BIM. <https://www.autodesk.ru/solutions/bim> (дата обращения: 22.03.2021).

Avancini D.B. et al. (2019). Energy Meters Evolution in Smart Grids: A Review // J. of Cleaner Production. Vol. 217. P. 702–715.

Barnewold L., Lottermoser B.G. (2020). Identification of Digital Technologies and Digitalisation Trends in the Mining Industry // Intern. J. of Mining Sci. a. Technology. Vol. 30. P. 747–757.

BBC (2020). Coronavirus: Robot Dog Enforces Social Distancing in Singapore Park. <https://www.bbc.com/news/av/technology-52619568> (дата обращения: 12.03.2021).

BCG (2018). Boosting Productivity in Construction with Digital and Lean. <https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Boosting-Productivity-in-Construction-with-Digital-and-Lean-Oct-2018_tcm79-204548.pdf> (дата обращения: 19.03.2021).

BehrTech (2020*a*). 5 IoT Applications for Offshore Monitoring in Oil and Gas. <https://behrtech.com/blog/5-iot-applications-for-offshore-monitoring-in-oil-and-gas/> (дата обращения: 03.02.2021).

BehrTech (2020*b*). Oil & Gas, Robust, Carrier-grade LPWAN Solutions for IoT in Oil and Gas. <https://behrtech.com/solutions/oil-and-gas/> (дата обращения: 03.02.2021).

Bentley (2019). How Digital Twins Will Drive Innovation in the Energy Sector. <https://www.bentley.com/ru/perspectives-and-view-

points/topics/perspectives/2019/digital-twins-drive-innovation-in-energy-sector#:~:text=In%20the%20energy%20sector%2C%20digital,%2C%20systems%2C%20and%20production%20processes.&text=The%20digital%20twin%20is%20enabling,now%20and%20in%20the%20future> (дата обращения: 03.02.2021).

Bersani C., Ouammi A., Sacile R., Zero E. (2020). Model Predictive Control of Smart Greenhouses as the Path towards Near Zero Energy Consumption. Energies 2020. <https://www.researchgate.net/publication/342973345_Model_Predictive_Control_of_Smart_Greenhouses_as_the_Path_towards_Near_Zero_Energy_Consumption> (дата обращения: 24.03.2021).

BIS (2020). Bank for International Settlements: Central Banks and BIS Publish First Central Bank Digital Currency (CBDC) report laying out key requirements. <https://www.bis.org/press/p201009.htm> (дата обращения: 24.03.2021).

Bitcoinmagazine (2021). Bitcoinmagazine. What Happens When Walmart Buys $1 Billion of Bitcoin? <https://bitcoinmagazine.com/business/what-happens-when-walmart-buys-1-billion-of-bitcoin> (дата обращения: 30.03.2021).

Bloomchain (2019). Открытый банкинг: технология или идеология. 2019. 16 авг. <https://bloomchain.ru/detailed/otkrytyj-banking-tehnologiya-ili-ideologiya> (дата обращения: 24.03.2021).

Bloomchain (2020). Экспобанк выдал первый в России кредит, обеспеченный блокчейн-токенами. <https://bloomchain.ru/newsfeed/jekspobank-vydal-pervyi-v-rossii-kredit-obespechennyi-blokchein-tokenami> (дата обращения: 24.03.2021).

BMVI (2018). Digital Motorway Test Bed. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Articles/DG/digital-motorway-test-bed.html> (дата обращения: 03.03.2021).

Boomstarter (2021). #ПоддержиБизнес 2.0. <https://boomstarter.ru/mastercard-support> (дата обращения: 24.03.2021).

Botkin (2021). Платформа для анализа и обработки медицинских изображений с технологиями искусственного интеллекта. <https://www.botkin.ai> (дата обращения: 24.03.2021).

Car and Driver (2021). *Beresford C.* VW Aims to Have Autonomous ID.Buzz Vans for Commercial Use by 2025. 2021. Febr. 26. <https://www.

carandядriver.com/news/a35651224/vw-autonomous-id-buzz-commercial-2025/> (дата обращения: 03.03.2021).

Catapult Energy Systems (2019). A Strategy for a Modern Digitalised Energy System. <https://es.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2019/06/Catapult-Energy-Data-Taskforce-Report-A4-v4AW-Digital.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

CB Insights (2020). What Is Quantum Computing? <https://www.cbinsights.com/research/report/quantum-computing/> (дата обращения: 12.03.2021).

CB Insights (2021). 12 Tech Trends to Watch Closely in 2021. <https://www.cbinsights.com/research/report/top-tech-trends-2021/> (дата обращения: 12.03.2021).

CNews (2020*a*). BIM в России. Что его стимулирует, а что — тормозит. <https://www.cnews.ru/articles/2020-02-21_bim_v_rossiichto_ego_stimulirueta> (дата обращения: 23.03.2021).

CNews (2020*b*). Fortinet представила защищенные устройства SD-WAN для операционных технологических сред. <https://www.cnews.ru/news/line/2020-12-16_fortinet_predstavila_zashchishchennye> (дата обращения: 03.02.2021).

CNews (2021). Информационные технологии в строительной отрасли. Что изменилось в 2020 г.? <https://www.cnews.ru/articles/2021-01-25_informatsionnye_tehnologii_v_stroitelnoj> (дата обращения: 23.03.2021).

Cointelegraph (2020). Dash Sees 100% Rise in Commercial Payments through Latin American Partnerships. <https://cointelegraph.com/news/dash-sees-100-rise-in-commercial-payments-through-latin-american-partnerships> (дата обращения: 24.03.2021).

Concurator, МГСУ (2019). Уровень применения BIM в России: отчет об исследовании. 2019. <http://www.sonns.ru/upload/2019/primenenie%20BIM.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).

Congressional Research Service (2021). China's 14th Five-Year Plan: A First Look. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11684> (дата обращения: 24.03.2021).

Construction Executive (2021). What Automation and Robotics Will Bring to Construction. <https://constructionexec.com/article/what-auto-

mation-and-robotics-will-bring-to-construction> (дата обращения: 22.03.2021).

Consumer Technology Association (2019). CTA Survey Finds High Demand for Remote Patient Monitoring Devices. <https://cta.tech/Resources/Newsroom/Media-Releases/2019/April/CTA-Survey-Finds-High-Demand-for-Remote-Patient-Mo> (дата обращения: 24.03.2021).

Deloitte (2019*a*). Digital Health Technology Global Case Studies of Health Care Transformation. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/health-care/digital-health-technology.html> (дата обращения: 24.03.2021).

Deloitte (2019*b*). Энергоснабжение как услуга. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/Russian/energy-as-service-ru.pdf> (дата обращения: 12.03.2021).

Deloitte (2021). 2021 Global Health Care Outlook. <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/global-health-care-sector-outlook.html> (дата обращения: 24.03.2021).

Denizbank (2021). Denizbank: [offic. blog on YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=BCUgEa-S81o> (дата обращения: 24.03.2021).

Dezeen (2019). Robot Science Museum in Seoul Will Be Built by Robots and Drones. 2019. Febr. 20. <https://www.dezeen.com/2019/02/20/robot-science-museum-melike-altinisik-architects-maa-seoul/> (дата обращения: 22.03.2021).

Di Vaio A., Palladino R., Pezzi A., Kalisz D.E. (2021). The Role of Digital Innovation in Knowledge Management Systems: A Systematic Literature Review // J. of Business Research. Vol. 123. P. 220–231.

Digital Ship (2020*a*). Russia Approves a-Nav Suite for Autonomous Vessels. <https://thedigitalship.com/news/electronics-navigation/item/7000-russia-approves-a-nav-suite-for-autonomous-vessels> (дата обращения: 10.03.2021).

Digital Ship (2020*b*). Shipping Companies Create Commercial Fleet of Autonomous Vessels. <https://thedigitalship.com/news/electronics-navigation/item/6996-shipping-companies-create-commercial-fleet-of-autonomous-vessel> (дата обращения: 10.03.2021).

DNV GL (2019). Digitalization and the Future of Energy. <https://smartenergycc.org/wp-content/uploads/2019/07/Digitalization_report_pages.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

Dprom.online (2020). Цифровые шахты — технологии пошли вглубь? <https://dprom.online/mtindustry/tsifrovye-shahty-tehnologii-poshli-vglub/> (дата обращения: 27.03.2021).

Dunbar W., Fraser J., Reynolds A., Kunz N. (2020). Mining Needs New Business Models // The Extractive Industries a. Soc. Vol. 7. No. 2. P. 263–266.

DX.media (2019). Российская Marvelmind заинтересовала Boeing, GM, Motorola и Amazon. <https://dx.media/articles/business-model/rossiyskaya-marvelmind-zainteresovala-boeing-gm-motorola-i-amazon/> (дата обращения: 03.02.2021).

Energy Digital (2020). Meeting Clean Water Demand with Advanced Water Treatment Technology <https://www.energydigital.com/smart-energy/meeting-clean-water-demand-advanced-water-treatment-technology> (дата обращения: 25.03.2021).

Enterprise IoT Insights (2019). Bosch and Qualcomm demo TSN over 5G, as Manufacturing Set for $4.7tn 5G Boom. <https://enterpriseiotinsights.com/20191125/channels/news/bosch-and-qualcomm-demo-tsn-over-5g-as-manufacturing-gets-set-for-5g-boom> (дата обращения: 25.02.2021).

Ericsson (2020). Unlock the Value of Industry 4.0. <https://www.ericsson.com/en/industry4-0> (дата обращения: 21.03.2021).

ETEnergyworld (2017). How Augmented and Virtual Reality is Helping Oil & Gas Companies — Opinion by Arunkumar Ranganathan // ET EnergyWorld. <https://energy.economictimes.indiatimes.com/energy-speak/how-augmented-and-virtual-reality-is-helping-oil-gas-companies/2514> (дата обращения: 03.02.2021).

European Centre for the Development of Vocational Training, Cedefop (2018). Automation Risk in the EU Labour Market: A Skill-needs Approach. <https://www.cedefop.europa.eu/files/automation_risk_in_the_eu_labour_market.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

European Commission (2018). Smart Manufacturing. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/smart-manufacturing> (дата обращения: 24.03.2021).

European Commission (2019*a*). Digital Transformation in Transport, Construction, Energy, Government and Public Administration. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-

reports/digital-transformation-transport-construction-energy-government-and-public-administration> (дата обращения: 24.03.2021).

European Commission (2019*b*). European Data Strategy Making the EU a Role Model for a Society Empowered by Data. <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_en> (дата обращения: 15.03.2021).

European Commission (2019*c*). The Future of Road Transport. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/future-road-transport> (дата обращения: 10.03.2021).

European Commission (2020*a*). Digital Finance Package. <https://ec.europa.eu/info/publications/200924-digital-finance-proposals_en> (дата обращения: 24.03.2021).

European Commission (2020*b*). Shaping the Digital Transformation in Europe. <https://op.europa.eu/sv/publication-detail/-/publication/917c520f-fd56-11ea-b44f-01aa75ed71a1> (дата обращения: 15.03.2021).

European Commission (2020*c*). Future of Transport: Update on the Economic Impacts of COVID-19. <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/202005_future_of_transport_ covid_sfp.brief_.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

European Commission (2020*d*). Digital Transformation Scoreboard 2018. EU Businesses Go Digital: Opportunities, Outcomes and Uptake. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/content/welcome> (дата обращения: 23.03.2020).

European Commission (2021*a*). Digital Health Technologies Addressing the Pandemic. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-health-technologies-addressing-pandemic> (дата обращения: 24.03.2021).

European Commission (2021*b*). Payment Services. <https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/consumer-finance-and-payments/payment-services_en> (дата обращения: 24.03.2021).

European Data Portal (2020). The Economic Impact of Open Data Opportunities for Value Creation in Europe. <https://www.europeandataportal.eu/en/highlights/the-economic-impact-of-open-data#:~:text=The%20Economic%20Impact%20of%20Open%20Data%3A%20Opportunities%20for%20value%20creation%20in%20

Europe,-New%20study%20on&text=The%20open%20data%20market%20size,%E2%82%AC334.21%20billion%20in%202025> (дата обращения: 15.03.2021).

European Investment Bank (2020). A Bigger Digital Divide. <https://www.eib.org/en/stories/growing-digital-divide#> (дата обращения: 21.03.2021).

European Parliament (2020). The Impact of Emerging Technologies on the Transport System. <https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD /2020/652226/IPOL_STU(2020)652226_EN.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

EY (2019). Global FinTech Adoption Index 2019. <https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/financial-services/ey-global-fintech-adoption-index-2019.pdf?download> (дата обращения: 15.03.2021).

EY (2020). Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов. <https://www.ey.com/ru_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020> (дата обращения: 24.03.2021).

FAO (2020). Agriculture 4.0: Start Agricultural Robotics and Automated Equipment for Sustainable Crop Production. <http://www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

Federal Communications Commission (2020). FCC Fights COVID-19 with $200M; Adopts Long-term Connected Care Study. <https://www.fcc.gov/document/fcc-fights-covid-19-200m-adopts-long-term-connected-care-study> (дата обращения: 24.03.2021).

Forbes (2017). Трекер для станка: когда в Россию придет промышленный Интернет вещей. <https://www.forbes.ru/tehnologii/337091-treker-dlya-stanka-kogda-v-rossiyu-pridet-promyshlennyy-internet-veshchey> (дата обращения: 21.03.2021).

Forbes (2020). Exclusive: Telemedicine Company Doctor on Demand Raises $75 Million to Expand During the COVID-19 Pandemic. <https://www.forbes.com/sites/leahrosenbaum/2020/07/08/exclusive-telemedicine-company-doctor-on-demand-raises-75-million-to-expand-during-the-covid-19-pandemic/?sh=781fdaba4756> (дата обращения: 24.03.2021).

Gartner (2020). Why Flying Drones Could Disrupt Mobility and Transportation beyond COVID-19. <https://www.gartner.com/smarterwithgart-

ner/why-flying-drones-could-disrupt-mobility-and-transportation-beyond-covid-19/?utm_medium=social&utm_source=twitter&utm_campaign=SM_GB_YOY_GTR_SOC_SF1_SM-SWG-CV&utm_content=&sf234174535=1> (дата обращения: 10.03.2021).

German Federal Government (2021). Germany a Trailblazer for Innovations. <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/data-strategy-adopted-1845882> (дата обращения: 15.03.2021).

Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD (2020). Entwurf eines Gesetzes für ein Zukunftsprogramm Krankenhäuser (Krankenhauszukunftsgesetz — KHZG). <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/GuV/K/KHZG-BT_bf.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Government of the UK (2020). Policy paper. National Data Strategy. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-national-data-strategy/national-data-strategy#contents> (дата обращения: 15.03.2021).

Governo do Brasil (2020). Programa levará tecnologias 4.0 para o agronegócio. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/09/programa-levara-tecnologias-4-0-para-o-agronegocio https://ec.europa.eu/info/publications/200924-digital-finance-proposals_en> (дата обращения: 24.03.2021).

GPF (2020). Палладиевый фонд «Норникеля» выпустил первые токены для промышленных клиентов. <https://www.nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news/palladievyy-fond-nornikelya-vypustil-pervye-tokeny-dlya-promyshlennykh-klientov/> (дата обращения: 21.03.2021).

Hellenic Shipping News (2020). AR Has Potential to Disrupt Future Oil and Gas Operational Functions, Says GlobalData. <https://www.hellenicshippingnews.com/ar-has-potential-to-disrupt-future-oil-and-gas-operational-functions-says-globaldata/> (дата обращения: 03.02.2021).

Huawei (2018). Digital Transformation Stories Huawei Enterprise Yue B No. 13154 ICT INSIGHTS in the New ICT Era. <https://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/publications/ict/ict-digital-012018-en.pdf> (дата обращения: 03.02.2021).

HWM (2021). Simple Safe: Inspection and Maintenance with Atex Certified Products. <https://www.hwm.com/oil-gas-fields-of-application.html> (дата обращения: 03.02.2021).

IBM (2021). Watson Health Is Smarter Health. <https://www.ibm.com/watson-health> (дата обращения: 24.03.2021).

ICT.Moscow (2021). Дептранс Москвы совместно с «КамАЗом» запустит в ТиНАО сервис персонализированных перевозок. <https://ict.moscow/news/deptrans-moskvy-sovmestno-s-kamazom-zapustit-v-tinao-servis-personalizirovannykh-perevozok/> (дата обращения: 03.03.2021).

IDC (2020*a*). Global ICT Spending. Forecast 2020–2023. <https://www.idc.com/promo/global-ict-spending/forecast> (дата обращения: 11.03.2021).

IDC (2020*b*). New IDC Spending Guide Shows Continued Growth for Digital Transformation in 2020. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46377220> (дата обращения: 11.03.2021).

IEA (2019*a*) The Future of Rail IEA 2019. Opportunities for Energy and the Environment. <http://www.iea.org/events/the-future-of-rail-opportunities-for-energy-and-the-environment> (дата обращения: 10.03.2021).

IEA (2019*b*). The Future of Rail: Opportunities for Energy and the Environment. <https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/rail.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

IEA (2020). Impact of Digitalisation on Energy Use in Road Freight, 2015–2050. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/impact-of-digitalisation-on-energy-use-in-road-freight-2015-2050> (дата обращения: 10.03.2021).

ILO (2018). Negotiating the Algorithm: Automation, Artificial Intelligence and Labour Protection. <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_policy/documents/publication/wcms_634157.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

IMO (2019). Autonomous Shipping. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx> (дата обращения: 10.03.2021).

Inc. Russia (2020). Венчурный рынок России в 2020 году. <https://incrussia.ru/understand/vc-2020/> (дата обращения: 24.03.2021).

Infosys (2019). From Survival to Revival: Digital Transformation for Oil and Gas. <https://www.infosys.com/industries/oil-and-gas/documents/from-

survival-revival-digital-transformation-oil-gas.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

Intelligent Transport (2021). Robotaxis Launched in Guangzhou As Part of New MaaS Platform. <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/116784/guangzhou-robotaxi/> (дата обращения: 10.12.2020).

Investing (2021). Все криптовалюты. <https://ru.investing.com/crypto/currencies> (дата обращения: 24.03.2021).

ISA (2021). How Industry 4.0 and Digitization Improves Manufacturing Responsiveness, Quality, and Efficiency. <https://blog.isa.org/industry-40-digitization-improve-manufacturing-responsiveness-quality-efficiency-iot> (дата обращения: 21.03.2021).

ITU (2018). Accelerating Digital Transformation: Good Practices for Developing, Driving and Accelerating ICT Centric Innovation Ecosystems in Europe. <https://www.itu.int/myitu/-/media/Publications/2018-Publications/BDT-2018/Accelerating-Digital-Transformation.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

ITU (2019*a*). Digital Transformation and the Role of Enterprise Architecture. <https://www.itu.int/pub/D-STR-DIG_TRANSF-2019> (дата обращения: 24.03.2021).

ITU (2019*b*). Digital Skills Insights. <https://academy.itu.int/ sites/default/files/media2/file/Digital%20Skills%20Insights%202019%20ITU%20Academy.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

ITU (2019*c*). Focus Group on Technologies for Network 2030. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx> (дата обращения: 23.03.2021).

ITU (2020*a*). Digital Health Platform: Building a Digital Information Infrastructure (Infostructure) for Health. <https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-E_HEALTH.10-2020-PDF-E.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

ITU (2020*b*). Global ICT Regulatory Outlook 2020. <https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.REG_OUT01-2020-PDF-E.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

Joint Research Centre of European Commission (2020). Productivity Drivers: Empirical Evidence on the Role of Digital Capital, FDI and In-

tegration. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC122068/jrc122068_adarov_klenert_marschinski_stehrer_2020_productivity_drivers_final.pdf> (дата обращения: 15.03.2021).

KPMG (2020*a*). 2020 Autonomous Vehicles Readiness Index. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).

KPMG (2020*b*). Living in an AI World. <https://advisory.kpmg.us/content/dam/advisory/en/pdfs/2020/healthcare-living-in-an-ai-world.pdf> (дата обращения: 25.03.2021).

Lean Construction Institute (2021). LCI Tenets. <https://www.leanconstruction.org/about-us/lci-tenets/> (дата обращения: 22.03.2021).

Lloyd's Maritime Academy (2019). Maritime Technologies That Are Changing the Industry in 2019 and beyond. <https://www.lloydsmaritimeacademy.com/page/Maritime-technologies-that-are-changing-the-industry-in-2019-and-beyond> (дата обращения: 10.03.2021).

Logistics Glossary (2021). Fifth Party Logistic Model (5PL). <https://www.logisticsglossary.com/term/5pl/> (дата обращения: 10.03.2021).

Lux Research (2020). The Digital Transformation of Transportation and Logistics. <https://www.luxresearchinc.com/hubfs/2020%20Executive%20Summaries/1%20-%202020%20Executive%20Summaries%20-%20Press%20Versions/Lux%20Research%20-%20The%20Digital%20Transformation%20of%20Transportation%20and%20Logistics%20-%20press.pdf?utm_campaign=2020.07.30%20DT%20of%20Transportation%20and%20Logistics%20Press%20Release&utm_medium=email&_hsmi=92269124&_hsenc=p2ANqtz-9TbbUB-4FA96Qpe28h79z69RUPnVBZIA-oVfuS3EDuSsD-5J9P5yL0jhzr-sERLAnv5qsA86XdeOUtJVsKS5vFNLA0JhOPm5zdfURGPgMtSwS-gkC59o&utm_content=92268529&utm_source=hs_email> (дата обращения: 10.03.2021).

Made Smarter (2020). Manufacturing Made Smarter Challenge. <https://www.madesmarter.uk/support/harnessing-the-uk-s-innovative-capability/#:~:text=The%20Manufacturing%20Made%20Smarter%20challenge,digital%20technology%20within%20UK%20manufacturing.&text=New%20innovations%20will%20connect%20UK,productivity%20and%20become%20environmentally%20sustainable> (дата обращения: 24.03.2021).

Marine Digital (2021). Big Data in Maritime: How a Shipping Company Can Effectively Use Data. <https://marine-digital.com/article_big-data_in_maritime?utm_source=site_mds&utm_medium=post&utm_campaign=article_Transformational_technologies> (дата обращения: 10.03.2021).

Markets and Markets (2020). Digital Twin Market by Technology, Type (Product, Process, and System), Application (Predictive Maintenance, and Others), Industry (Aerospace & Defense, Automotive & Transportation, Healthcare, and Others), and Geography — Global Forecast to 2026. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=CjwKCAiAp4KCBhB6EiwAxRxbpGYufIQuV_pdY_F6-ygzIBcS74IahuSwUHEI7vWaNAKJZTqy-I2BAvRoCV4oQAvD_BwE> (дата обращения: 11.03.2021).

McKinsey Global Institute (2018). Notes from the AI Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Artificial%20Intelligence/Notes%20from%20the%20frontier%20Modeling%20the%20impact%20of%20AI%20on%20the%20world%20economy/MGI-Notes-from-the-AI-frontier-Modeling-the-impact-of-AI-on-the-world-economy-September-2018.pdf> (дата обращения: 11.03.2021).

McKinsey&Company (2018*a*). Deep Insights, Broad Solutions: How Banks Can Win in the Vast Housing Ecosystem. <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/deep-insights-broad-solutions-how-banks-can-win-in-the-vast-housing-ecosystem> (дата обращения: 24.03.2021).

McKinsey&Company (2018*b*). Инновации в России — неисчерпаемый источник роста. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Russia/Our%20Insights/Innovations%20in%20Russia/Innovations-in-Russia_web_lq-1.ashx> (дата обращения: 24.03.2021).

McKinsey&Company (2020*a*). Digital Health. <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Switzerland/Our%20Insights/Worldwebforum/Digital-health-at-worldwebforum.pdf> (дата обращения: 25.03.2021).

McKinsey&Company (2020*b*). Digitizing Europe's Railways: A Call to Action. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/europe/digitizing-europes-railways-a-call-to-action> (дата обращения: 10.03.2021).

McKinsey&Company (2020*c*). How COVID-19 Has Pushed Companies over the Technology Tipping Point — and Transformed Business Forever. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever> (дата обращения: 11.03.2021).

Menzel T., Teubner T. (2020). Green Energy Platform Economics — Understanding Platformization and Sustainabilization in the Energy Sector // Intern. J. of Energy Sector Management. Dec. 23.

Mercom Capital Group (2020). Q4 and Annual 2020 Digital Health (Healthcare IT) Funding and M&A Report. <https://mercomcapital.com/product/q4-and-annual-2020-digital-health-healthcare-it-funding-and-ma-report/> (дата обращения: 24.03.2021).

MR Group (2021). MR Group и Mail.ru Group стали партнерами по цифровой трансформации. <https://www.mr-group.ru/news/mr-group-i-mail-ru-group-stali-partnerami-po-tsifrovoy-transformatsii/> (дата обращения: 22.03.2021).

National Research Foundation (2021). Virtual Singapore. <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore> (дата обращения: 26.02.2021).

NBS (2020). UK National BIM Report 2019. <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019> (дата обращения: 22.03.2021).

Nordic Semiconductor (2020). The Rise of Next-gen Smart Meters. <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/the-rise-of-next-gen-smart-meters> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD (2018*a*). IoT Measurement and Applications. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/35209dbf-en.pdf?expires=1616160514&id=id&accname=guest&checksum=30EF60421A9929501CA26414C4BB760A> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2018*b*). Technology and Digital in Agriculture. <https://www.oecd.org/agriculture/topics/technology-and-digital-agriculture/> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2018*c*). Regulatory Framework for the Loan-based Crowdfunding Platforms. <https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ECO/WKP(2018)61&docLanguage=En> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2019*a*). How Are Digital Technologies Changing Innovation? <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/67bbcafe-en.pdf?expires=1615470610&id=id&accname=guest&checksum=D37FE058A353CB914E490A65F57EF741> (дата обращения: 15.03.2021).

OECD (2019*b*). Science and Technology: Vectors of Digital Transformation. <https://www-oecd-ilibrary-org.proxylibrary.hse.ru/science-and-technology/vectors-of-digital-transformation_5ade2bba-en> (дата обращения: 15.03.2021).

OECD (2019*c*). Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264311992-en/index.html?itemId=/content/publication/9789264311992-en> (дата обращения: 19.03.2021).

OECD (2019*d*). Review of National Policy Initiatives in Support of Digital and AI-driven Innovation. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/15491174-en.pdf?expires=1615474315&id=id&accname=guest&checksum=F37CC34193CC2E83CF51BABFC4485356> (дата обращения: 15.03.2021).

OECD (2019*e*). The Road to 5G Networks: Experience to Date and Future Development. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/2f880843-en.pdf?expires=1616624864&id=id&accname=guest&checksum=20AA00D6A83AA3602F006B603DE070CF> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2019*f*). Health in the 21st Century: Putting Data to Work for Stronger Health Systems. <https://www.oecd.org/health/health-in-the-21st-century-e3b23f8e-en.htm> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2019*g*). OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work. <https://doi.org/10.1787/9ee00155-en> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD (2020*a*). Bringing Health Care to the Patient: An Overview of the Use of Telemedicine in OECD Countries. <https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/bringing-health-care-to-the-patient_8e56ede7-en> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD (2020*b*). Empowering the Health Workforce: Strategies to Make the Most of the Digital Revolution. <http://www.oecd.org/health/health-systems/Empowering-Health-Workforce-Digital-Revolution.pdf> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD (2020*c*). OECD Digital Economy Outlook 2020. <http://www.oecd.org/digital/oecd-digital-economy-outlook-2020-bb167041-en.htm> (дата обращения: 22.03.2021).

OECD (2020*d*). The Digitalisation of Science, Technology and Innovation. <https://www.oecd-ilibrary.org//sites/629af843-en/index.html?itemId=/content/component/629af843-en#> (дата обращения: 24.03.2021).

OECD (2021*a*). Skills for the Future Health Workforce: Preparing Health Professionals for People-centred Care. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/68fb5f08-en.pdf?expires=1616671117&id=id&accname=guest&checksum=F71A43699EACB81B1B45D47353CD221A> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD (2021*b*). Health in the 21st Century. <https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/health-in-the-21st-century_e3b-23f8e-en;jsessionid=LTh-FzbJwjt8fBGoxPaia4r9.ip-10-240-5-28> (дата обращения: 25.03.2021).

OECD/ITF (2020). The ITF Urban Passenger Model — Insights and Example Outputs. <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5cc3ef7f1&appId=PPGMS> (дата обращения: 10.03.2021).

Oliveira T. (2020). Bringing Health Care to the Patient: An Overview of the Use of Telemedicine in OECD Countries. P.: OECD Publ. (OECD Health Working Papers; No. 116).

Our World in Data (2020). Cars, Planes, Trains: Where do CO2 Emissions from Transport Come from? <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport#:~:text=Since%20the%20entire%20transport%20sector,of%20total%20CO2%20emissions> (дата обращения: 25.03.2021).

Philips (2021). Безграничные возможности. Здравоохранение будущего. Получение результатов клинического анализа. <https://www.philips.ru/healthcare/nobounds/au-health-integrated-radiology-workflow> (дата обращения: 24.03.2021).

PwC (2020*a*). 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: 24.03.2021).

PwC (2020*b*). PropTech в России: Обзор практики применения BIM-технологий и инновационных решений в области проектирования. <https://www.pwc.ru/ru/assets/prop-tech-2020.pdf> (дата обращения: 22.03.2021).

Robotics Business Review (2019). 4 Ways Robotics Will Affect Agriculture in 2019. <https://www.roboticsbusinessreview.com/agriculture/4-ways-robotics-change-agriculture-in-2019/> (дата обращения: 24.03.2021).

Roland Berger (2020). Международный опыт цифровой трансформации электроэнергетики. <https://www.rolandberger.com/publications/publication_ pdf/rolandberger_utilities_digitaltransformation_2020.pdf> (дата обращения: 12.03.2021).

S&P Global (2020). Global Banks 2021 Outlook. <https://www.spglobal.com/_assets/documents/ratings/research/100047456.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).

Safety4Sea (2019). Autonomous Ships: Test Areas and Research Centers Making Headlines. <https://safety4sea.com/cm-autonomous-ships-test-areas-and-research-centers-making-headlines/> (дата обращения: 26.02.2021).

Safety4Sea (2020). Yara Birkeland to Start Sailing during 2021. <https://safety4sea.com/yara-birkeland-to-start-sailing-during-2021/> (дата обращения: 10.03.2021).

SberCoin (2021). О проекте SbercoinOne. <https://sbercoin.one/about/> (дата обращения: 20.03.2021).

Shao H. (2019). Chinese Aging Farms Step into AI Era with Facial Recognition for Pigs. <https://www.yicaiglobal.com/news/chinese-aging-farms-step-into-ai-era-with-facial-recognition-for-pigs-> (дата обращения: 25.02.2021).

Ship Technology (2021). Q&A: Awakening Smart Port Tech at the Port of Rotterdam. <https://www.ship-technology.com/features/qa-awakening-smart-port-tech-port-rotterdam/> (дата обращения: 10.03.2021).

Siemens (2021). IWLAN — the WLAN for Challenging Industrial Applications. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/industrial-wireless-lan.html> (дата обращения: 03.02.2021).

Simple Flying (2020). Pilotless Passenger Planes — How Far Away Are They? <https://simpleflying.com/pilotless-passenger-planes/> (дата обращения: 10.03.2021).

SITA (2020). How Does Digitalization Optimize Airline Operations? <https://www.sita.aero/pressroom/blog/how-does-digitalization-optimize-airline-operations/> (дата обращения: 10.03.2021).

Smart Nations (2019). Singapore. National Artificial Intelligence Strategy. <https://www.smartnation.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/national-ai-strategy.pdf?sfvrsn=2c3bd8e9_4#:~:text=The%20National%20AI%20Strategy%20is%20a%20living%20document%20to%20place,to%20our%20citizens%20and%20businesses> (дата обращения: 24.03.2021).

Softengi (2019). AR for Energy and Utility Sector: Undeniable Benefits. <https://softengi.com/blog/ar-for-energy-and-utility-sector-undeniable-benefits/> (дата обращения: 03.02.2021).

Solarisbank (2021). Solarisbank: offic. website. <https://www.solarisbank.com/en/> (дата обращения: 12.03.2021).

SOSV (2020). Deep Tech Trends. <https://sosv.com/deeptechtrends> (дата обращения: 12.03.2021).

Spark (2020). Как работает краудфандинг? 8 кейсов для бизнеса. <https://spark.ru/startup/5f3fadfa8c300/blog/64847/kak-rabotaet-kraudfanding-8-kejsov-dlya-biznesa> (дата обращения: 24.03.2021).

SpeedCast (2021). Energy. <https://www.speedcast.com/industries-hub/energy/> (дата обращения: 03.02.2021).

SSTID (2021). RFID for Energy and Utility Industries. <https://www.sstid.com/solutions/rfid-solutions/rfid-for-energy-and-utility-industries/> (дата обращения: 03.02.2021).

StartUs Insights (2018). How Augmented Reality Startups Transform the Energy Industry. <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/how-augmented-reality-startups-transform-the-energy-industry/> (дата обращения: 03.02.2021).

Statista (2020*a*). Digital Economy Compass 2020. <https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/> (дата обращения: 11.03.2021).

Statista (2020*b*). Priorities for IT Technology Initiatives 2020–2021. <https://www.statista.com/statistics/1106032/top-priorities-it-technology-initiatives/> (дата обращения: 11.03.2021).

Statista (2020*c*). Smart City Market Revenue Worldwide 2019–2025. <https://www.statista.com/statistics/1111626/worldwide-smart-city-market-revenue/> (дата обращения: 12.03.2021).

Statista (2020*d*). Consumer Fintech Adoption Rates in Select European Countries in 2019. <https://www.statista.com/statistics/1055338/fintech-adoption-rates-europe-selected-countries/> (дата обращения: 25.03.2021).

Statista (2021*a*). Statista: [site]. <https://www.statista.com/> (дата обращения: 23.04.2021).

Statista (2021*b*). Digital Economy Compass 2020. <https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/> (дата обращения: 15.03.2021).

TAdviser (2019). Модель Bank-as-a-Service позволяет встроить банкинг прямо в ERP-систему. Как это работает? <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:Bank-as-a-Service> (дата обращения: 24.03.2021).

TAdviser (2020*a*). Информационные технологии в КамАЗ. <https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_КамАЗ> (дата обращения: 24.03.2021).

TAdviser (2020*b*). Раскрыты данные, которые будут собираться со всех авто в России. <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82:%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0_%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B0> (дата обращения: 10.03.2021).

TAdviser (2021). TAdviser: [деловой портал]. <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 24.03.2021).

TechRepublic (2018). Smart Farming: How IoT, Robotics, and AI Are Tackling One of the Biggest Problems of the Century. <https://www.techrepublic.com/article/smart-farming-how-iot-robotics-and-ai-are-tackling-one-of-the-biggest-problems-of-the-century/> (дата обращения: 24.03.2021).

The Diplomat (2020). China's New Digital Industrial Transformation. China's Post-COVID Rebuild Will Position the Country to Weather Future Pandemics. <https://thediplomat.com/2020/06/chinas-new-digital-industrial-transformation/> (дата обращения: 25.02.2021).

The Guardian (2020). World's Fastest Driverless Bullet Train Launches in China. <https://www.theguardian.com/travel/2020/jan/09/worlds-fastest-driverless-automated-bullet-train-launches-beijing-china-olympics> (дата обращения: 24.03.2021).

ThinkRF (2018). Wireless Networks and Utility Companies — How Energy Infrastructure Depends on the RF Spectrum. <https://thinkrf.com/wireless-networks-and-utility-companies-how-energy-infrastructure-depends-on-the-rf-spectrum/> (дата обращения: 03.02.2021).

Tompkins (2020). The Benefits of Pooling Distribution. <https://www.tompkinsinc.com/en-us/Insight/Articles/the-benefits-of-pooling-distribution#:~:text=The%20Pooling%20concept%20is%20where,final%20leg%20of%20the%20delivery> (дата обращения: 10.03.2021).

Transmetrics (2019). Top 10 Supply Chain and Logistics Technology Trends in 2021. <https://www.transmetrics.ai/blog/supply-chain-logistics-technology-trends/> (дата обращения: 10.03.2021).

UNCTAD (2019). Value Creation and Capture: Implications for Developing Countries: digital economy rep. 2019. <https://unctad.org/system/files/official-document/der2019_en.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Underwrite.ai (2017). Press Coverage. <https://www.underwrite.ai/press> (дата обращения: 24.03.2021).

UNIDO (2019). A Comparative Analysis on Digitalization in Manufacturing Industries in Selected Developing Countries: Firm-level Data on Industry 4.0. <https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16411469/unido-file-16411469> (дата обращения: 24.03.2021).

UN DESA (2021). United Nations Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un.org/en/desa> (дата обращения: 24.03.2021).

United Nations Global Compact (2017). Digital Agriculture: Feeding the Future. <http://breakthrough.unglobalcompact.org/disruptive-technologies/digital-agriculture/> (дата обращения: 24.03.2021).

USDA (2021). Precision, Geospatial and Sensor Technologies Programs / United States Department of Agriculture. <https://nifa.usda.gov/program/precision-geospatial-sensor-technologies-programs/> (дата обращения: 24.03.2021).

Utility Products (2020). How Product Lifecycle Management Affects the Electric Industry. <https://www.utilityproducts.com/transmission-distribution/article/14177635/how-product-lifecycle-management-affects-the-electric-industry> (дата обращения: 03.02.2021).

Valin (2014). Human-Machine Interfaces Can Benefit Oil and Gas Industry. <https://www.valin.com/resources/articles/human-machine-interfaces-can-benefit-oil-and-gas-industry#:~:text=Specifically%20applied%20to%20the%20oil,accurate%20description%20of%20the%20problem> (дата обращения: 03.02.2021).

VEB Ventures (2020). Эксперты: объем инвестиций в телемедицину в России через пять лет вырастет в 64 раза. <https://veb.ventures/ru/about/news/106> (дата обращения: 24.03.2021).

VentureBeat (2019). Nissan Design Works with Haptx to Bring Realistic Touch to VR Vehicle Design. <https://venturebeat.com/2019/03/14/nissan-design-works-with-haptx-to-bring-realistic-touch-to-vr-vehicle-design/> (дата обращения: 25.02.2021).

Victoria Transport Policy Institute (2021). Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning. <https://www.vtpi.org/avip.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

Webiomed (2021). Прогнозная аналитика и управление рисками в здравоохранении на основе машинного обучения. <https://webiomed.ai> (дата обращения: 24.03.2021).

WEF (2021). The Global Risks Report 2021. <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021> (дата обращения: 24.03.2021).

Wevolver (2020). Autonomous Vehicle Technology Report. <https://wevolver-project-images.s3-us-west-1.amazonaws.com/Wevolver+2020+Autonomous+Vehicle+Technology+Report.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).

WHO (2019). Guideline Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening: Evidence and Recommendations. Geneva: World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/311980> (дата обращения: 24.03.2021).

WHO (2020). Global Strategy on Digital Health 2020–2025. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/gs4dhdaa2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d_02adc66d-800b-4eb5-82d4-f0bc778a5a2c.pdf?sfvrsn=f112ede5_68> (дата обращения: 24.03.2021).

Wired (2020). Chinese Hospitals Deploy AI to Help Diagnose Covid-19. <https://www.wired.com/story/chinese-hospitals-deploy-ai-help-diagnose-covid-19/> (дата обращения: 24.03.2021).

World Bank Group (2018*a*). The EAEU 2025 Digital Agenda: Prospects and Recommendations. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/850581522435806724/pdf/EAEU-Overview-Full-ENG-Final.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

World Bank Group (2018*b*). Конкуренция в цифровую эпоху: стратегические вызовы для Российской Федерации. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30584/AUS0000158-RU.pdf?sequence=4&isAllowed=y> (дата обращения: 24.03.2021).

World Bank Group (2019). Future of Food: Harnessing Digital Technologies to Improve Food System Outcomes. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/31565/Future-of-Food-Harnessing-Digital-Technologies-to-Improve-Food-System-Outcomes.pdf> (дата обращения: 24.03.2021).

World Government Summit (2018). Agriculture 4.0: The Future of Farming Technology. <https://www.worldgovernmentsummit.org/api/publications/document?id=95df8ac4-e97c-6578-b2f8-ff0000a7ddb6> (дата обращения: 24.03.2021).

Ziosoft (2021). Ziosoft: [site]. <https://www.ziosoftinc.com/> (дата обращения: 24.03.2021).

АВТОРЫ ДОКЛАДА

Абдрахманова Гульнара Ибрагимовна
Кандидат экономических наук, директор Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Алтынов Артём Игоревич
Стажер-исследователь Лаборатории исследований науки и технологий, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Быховский Кирилл Борисович
Ведущий эксперт отдела количественного моделирования, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Веселитская Наталия Николаевна
Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Форсайт-центра, Институт 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, Институт 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 экономи-

ки знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Гребенюк Анна Юрьевна
Заместитель заведующего отделом стратегического прогнозирования Центра научно-технической, инновационной и информационной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Дранев Юрий Яковлевич
PhD, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом количественного моделирования, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Еременко Александра Александровна
Стажер-исследователь Центра промышленной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Зинина Тамара Сергеевна
Заместитель директора Центра стратегий и программ, Институт 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, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Кучин Илья Игоревич
Кандидат экономических наук, ведущий эксперт отдела количественного моделирования, младший научный сотрудник Лаборатории исследований науки и технологий, Институт стати-

стических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Левен Екатерина Игоревна
Стажер-исследователь Лаборатории исследований науки и технологий, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Максименко Даниил Дмитриевич
Эксперт отдела исследований инновационной политики Центра промышленной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Максименко Михаил Романович
Стажер-исследователь Центра промышленной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Назаренко Анастасия Андреевна
Заместитель директора Центра отраслевых и корпоративных проектов, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Нефедова Вероника Андреевна
Главный эксперт отдела аналитических исследований, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Приворотская Софья Григорьевна
Кандидат экономических наук, ведущий эксперт Центра исследований цифровой экономики, Институт 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, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Рудник Павел Борисович
Кандидат экономических наук, директор Центра стратегий и программ, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Снегирев Александр Юрьевич
Ведущий эксперт отдела проектного управления, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Суслов Антон Борисович
Заместитель директора Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Тарасова Нина Николаевна
Директор Центра промышленной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Туровец Юлия Валерьевна
Эксперт Центра исследований цифровой экономики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Утятина Кристина Евгеньевна
Ведущий эксперт Центра статистики и мониторинга информационного общества и цифровой экономики, Институт стати-

стических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Шпарова Полина Олеговна

Ведущий эксперт Центра промышленной политики, Институт статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Научное издание

Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты

Доклад НИУ ВШЭ

Формат 60×88/16
Гарнитура Newton. Усл. печ. л. 14,6. Уч.-изд. л. 10,5
Изд. № 2517

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
101000, Москва, ул. Мясницкая, 20
Тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15285

XXII АПРЕЛЬСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА 2021

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СБЕР

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ

НОРНИКЕЛЬ

THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

ЭНДАУМЕНТ-ФОНД НИУ ВШЭ

музей СОБРАНИЕ

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

ТАСС

РОССИЯ 24

ГЕНЕРАЛЬНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО

РИА НОВОСТИ

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

интерфакс
МЕЖДУНАРОДНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ГРУППА

anews
БОЛЬШЕ ЧЕМ СМИ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ РАДИОПАРТНЕР

87,5 BUSINESS FM
первое деловое радио

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

Российская Газета

ИЗВЕСТИЯ

VTimes

NEWS.RU

Эноб.
snob.ru

Индикатор

ОТР
ОБЩЕСТВЕННОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ РОССИИ

деловой еженедельник профиль

Парламентская газета

финам

ECONS

Инвест-Форсайт
ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

НОП

ПОЛИТ.РУ

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ Научная Россия

Агентство Социальной Информации

журнал стратегия

ИНДУСТРИЯ ЕВРАЗИИ