

DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.37.52

Распространение цифровых технологий в условиях внешних шоков: на примере пандемии COVID-19

Р.А. Щербаков 

E-mail: rashcherbakov@hse.ru

С.Г. Приворотская 

E-mail: sprivorotskaya@hse.ru

К.О. Вишневский 

E-mail: kvishnevsky@hse.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: Россия, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Аннотация

В статье исследуется влияние внешних шоков на распространение цифровых технологий. На примере пандемии COVID-19 выявлены и описаны четыре модели поведения (паттерна), которые отражают неравномерность распространения различных цифровых технологий в ответ на трансформацию внешних условий. Паттерны различаются как по масштабу воздействия пандемии, так и по срокам проявления возникающих эффектов. Критерий значимости технологий рассчитывался, как частота упоминаний соответствующих терминов в СМИ за период до и после пандемии. Крайне резкий рост значимости в начале COVID-19 и постепенное снижение на более поздних этапах продемонстрировали сервисы видеоконференций, непрерывности бизнеса и телемедицины. Более умеренная реакция в первые недели пандемии характерна для кластеров электронной коммерции и онлайн-развлечений. Отложенный характер эффектов наблюдается для сервисов цифровой логистики и цифровых валют, реакция которых проявилась значительно позже, чем по другим направлениям. Наконец, постепенное снижение значимости после начала пандемии оказалось свойственно технологиям в области биометрии и кибербезопасности. Аналогичные паттерны могут описывать трансформацию траекторий распространения цифровых технологий не только под влиянием COVID-19, но и в условиях резких экономических и социальных изменений иного происхождения.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровые технологии, распространение цифровых технологий, экономический шок, адаптация рынков, COVID-19

Цитирование: Щербаков Р.А., Приворотская С.Г., Вишневский К.О. Распространение цифровых технологий в условиях внешних шоков: на примере пандемии COVID-19 // Бизнес-информатика. 2023. Т. 17. № 1. С. 37–52. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.37.52

Введение

Пандемия COVID-19 ускорила распространение цифровых технологий в секторах экономики и социальной сферы. Многие компании, организации и государственные органы были вынуждены перейти к более интенсивной цифровой трансформации ключевых бизнес-процессов. В частности, из-за нормативных ограничений на физическое передвижение значительная часть транзакций была переведена в дистанционный формат [1–3]. Способность успешно внедрить и адаптировать цифровые технологии стала одним из факторов устойчивости и значимым конкурентным преимуществом бизнеса в условиях кризиса [4]. Инновационный потенциал компаний был частично перенаправлен на создание эффективных решений для борьбы с социальными и экономическими последствиями COVID-19. Таким образом, в ходе пандемии значительно расширился спектр использования цифровых решений (в том числе за счет распространения онлайн-образования, удаленной занятости, электронной коммерции, телемедицины и др.) [5].

Внешний шок, спровоцированный пандемией, привел к сдвигам в спросе и предложении на рынках цифровых продуктов и сервисов, многие из которых были широко распространены еще до ее начала (например, стриминговые платформы или платформы конференцсвязи). В условиях такого рода шоков изменения происходят неоднородно и могут характеризоваться различными рыночными паттернами (например, моментальная или отложенная реакция спроса, долгосрочный или временный характер изменений и др.) [6–7].

Эмпирические данные о влиянии COVID-19 на распространение цифровых технологий сформировали аналитическую базу для исследования. Это позволило сделать выводы о возможных типах реакции рынка и соответствующих им характеристиках технологических направлений (в том числе уровне зрелости, востребованности у потребителей, чувствительности к внешним факторам и др.)

1. Распространение технологий: теоретическая основа

Распространение новых технологий подвержено действию комплекса факторов. Более интенсивному внедрению цифровых технологий способствуют активизация предпринимательской активности,

развитие международной торговли и сопутствующий им экономический рост [8]. Кроме того, использование цифровых платформ и усиление сетевых эффектов способствуют углублению сотрудничества между компаниями и созданию партнерств, что стимулирует распространение технологий, например, в сфере электронной торговли, образования, финансов, здравоохранения, сельского хозяйства, транспорта, энергетики, промышленности и др. [9, 10]. Значительное влияние на скорость и глубину адаптации новых технологий оказывает качество человеческого капитала (в том числе уровень управленческих компетенций, технические навыки сотрудников и общий уровень образования) [11].

Процесс распространения технологий под влиянием отмеченных факторов описывается различными моделями. Эпидемиологические модели (epidemic models) связывают его с передачей информации от одних пользователей к другим по аналогии с процессом передачи болезней [12, 13]. В таких моделях распространение информации о технологиях описывается S-кривой, подчеркивая его нелинейный характер [14]. Другие подходы, например, пробит-модели (probit models), описывают факторы, которые влияют на адаптацию новой технологии на уровне отдельной компании или человека [15]. Если значимость фактора (например, такого как прибыль от внедрения технологии), превышает определенный предел, это приводит к успешному внедрению технологии [16]. Однако при использовании таких моделей учитываются долгосрочные тенденции и исключается влияние внешних шоков — событий, которые кардинальным образом могут изменить спрос или способы применения технологий. Именно такого рода трансформации являются ключевым предметом данного исследования.

2. Влияние пандемии COVID-19 на цифровые технологии

Возникновение внешних шоков в экономике искажает траектории распространения технологий и значительно повышает уровень неопределенности, затрудняя возможность прогнозирования их дальнейшего развития. Пандемия COVID-19 оказала значительное воздействие на уровень использования как уже широко представленных на рынке технологических решений, так и менее зрелых. В частности, стремительное распространение тех-

нологий, позволяющих поддерживать удаленный формат работы, рассматривается как один из самых значимых эффектов пандемии, который позволил преодолеть ряд ее негативных последствий [4, 17]. При этом повышенный спрос на подобные решения привел к расширению рисков безопасности данных, что также стимулировало рост потребности в технологиях кибербезопасности [18, 19].

Воздействию COVID-19 на цифровую трансформацию отдельных отраслей (особенно наиболее затронутых пандемией) уделяется значительное внимание в научной литературе. Наиболее ощутимые эффекты наблюдаются в сфере здравоохранения [3, 20, 21]. В частности, пандемия повысила востребованность телемедицины и ускорила ее внедрение [21]. Разрушение традиционных цепочек поставок стало также драйвером для внедрения технологий, связанных с транспортом и логистикой. В рамках реструктурированных цепочек поставок активно задействованы решения, которые до этого использовались в меньшем масштабе, в частности беспилотные летательные аппараты [22, 23]. Например, дроны активно применялись для обеспечения поставок лекарств, медицинских изделий и товаров первой необходимости, особенно в районы, труднодоступные для обычного транспорта [24].

Распространение технологий в условиях пандемии достаточно широко исследовано в академическом поле. При этом существует ряд пробелов в этой области. Практически отсутствуют исследования, в которых сопоставляется реакция отдельных цифровых решений (в том числе продуктов и сервисов) на эффекты пандемии. Также, следует отметить недостаточное внимание исследователей к вопросам изменения моделей и характера распространения цифровых технологий под влиянием пандемии.

Для заполнения существующих пробелов была поставлена следующая исследовательская цель: выявить возможные паттерны распространения цифровых технологий под влиянием внешних шоков путем анализа динамики распространения цифровых технологий в условиях пандемии COVID-19.

3. Методы

В работе используются статистические методы для оценки и интерпретации количественных метрик, полученных на основе интеллектуального анализа больших данных. Такой подход позволяет ответить на поставленные вопросы, так как де-

лает возможным измерение показателей, характеризующих технологические тренды и их динамику. Описательное эмпирическое исследование дает возможность представить интегральную картину развития цифровых технологий в условиях пандемии, а также дополнить существующие научные работы по этой тематике.

Для формирования эмпирической базы применена система интеллектуального анализа больших данных, разработанная в Институте статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (ИСИЭЗ НИУ ВШЭ) – iFORA (Intellectual foresight analytics) [25]. В качестве метрик для оценки динамики цифровых технологий были использованы показатели значимости и динамичности той или иной тематики в профессиональных англоязычных СМИ за два периода: 2018–2019 гг. (допандемийный период) и 2020–2022 гг. (период пандемии и постпандемии). Объем корпуса использованных текстов составляет 548 тыс. источников. Корпус включает в себя новостные публикации в профессиональных деловых и специализированных отраслевых СМИ, а также официальные пресс-релизы компаний в области цифровых технологий.

По результатам интеллектуального анализа больших данных был осуществлен расчет следующих показателей:

1. **Значимость** — относительная частотность упоминания тематики в документах по анализируемому направлению:

$$FREQ = \sum_{i=1}^T f_i, \quad (1)$$

где $FREQ$ — показатель частотности;

f_i — встречаемость термина в i -й год;

T — количество лет, $i = 1, \dots, T$.

2. **Динамичность** — среднегодовой темп роста частотности упоминаний:

$$AAGR = \frac{1}{T} \left(\frac{\sum_{i \geq T/2} f_i}{\sum_{i \leq T/2} f_i} - 1 \right), \quad (2)$$

где $AAGR$ — показатель темпа роста,

f_i — встречаемость термина в i -й год,

T — количество лет, $i = 1, \dots, T$.

Показатели рассчитаны на основе ключевых слов (*приложение 1*) по технологическим областям (кластерам), которые включают в себя цифровые

решения, ставшие актуальными в использовании за время пандемии. Выбор технологических областей осуществлялся на основе сканирования актуальной технологической повестки во время пандемии COVID-19 с использованием базы ОЭСР COVID-response Tracker OECD OPSI, где собраны эффективные цифровые решения против пандемии, применяемые в разных странах [26]. Исследование базируется на анализе по девяти кластерам, включая: видеоконференции, сервисы непрерывности бизнеса, телемедицину, сервисы цифровой логистики, цифровые валюты, электронную коммерцию, сервисы онлайн-развлечения, кибербезопасность и биометрию. На основе базы ОЭСР была сформирована подборка ключевых терминов, отражающих наиболее распространённые цифровые решения, сгруппированные в девять кластеров. Термины, отсутствующие в корпусе текстов, а также выбросы (термины с частотностью упоминаний близкой к нулю и общие термины с завышенной частотностью) были удалены из перечня ключевых слов.

Выбранный инструментарий позволяет отслеживать актуальные изменения динамики цифровых технологий с незначительной задержкой, что достигается за счет постоянного обновления базы документов iFORA. Таким образом, становится возможным получение данных за 2021 г. и начало

2022 г., что не всегда может быть достигнуто при использовании традиционных статистических метрик. Более того, нормированные метрики, оцененные по результатам анализа больших данных, позволяют сравнивать разные технологические тренды с использованием единой шкалы. В отличие от традиционных исследований, основанных на анализе данных поисковых запросов (internet search) по не специфицированному перечню источников, анализ с использованием iFORA основывается на корпусе документов, специализированных в сфере цифровых технологий, из базы профессиональных СМИ (включая отраслевые и деловые СМИ, пресс-релизы компаний по тематике цифровых технологий и др.)

Аналогичный подход, основанный на анализе значимости тематик в СМИ в системе iFORA, широко применяется исследователями для выявления и описания рыночных трендов в различных секторах экономики (сельское хозяйство и продовольственный сектор [25]; мобильная коммерция [27]; добывающая промышленность [28, 29].

4. Результаты и обсуждение

Как показывают результаты анализа, пандемия оказала крайне неравномерное воздействие на распространение отдельных технологических

Таблица 1.

Динамика распространения технологических областей в 2019–2021 гг.

Технологические области (кластеры)	Темпы прироста значимости (динамичность), в % к предыдущему году		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Сервисы непрерывности бизнеса	1,4%	214,8%	1,6%
Сервисы видеоконференций	10,1%	156,8%	–11,5%
Цифровые валюты	17,9%	120,2%	52,4%
Телемедицина	3,3%	74,4%	23,9%
Цифровая логистика	2,7%	28,4%	10,2%
Электронная торговля	–10,8%	15,0%	6,1%
Онлайн-развлечения	25,5%	9,5%	–4,0%
Биометрия	1,0%	–17,2%	10,2%
Кибербезопасность	3,0%	–19,5%	21,9%

Источник: расчеты авторов на основе результатов интеллектуального анализа больших данных в системе iFORA.

областей (таблица 1). Наиболее резкий рост в 2020 г. продемонстрировали сервисы непрерывности бизнеса и видеоконференций, цифровые валюты, а также телемедицина. При этом динамичность по ряду кластеров, включая биометрию и кибербезопасность, в этот же период была отрицательной. В 2021 г. наблюдается замедление эффектов от пандемии: уровень динамичности для сервисов непрерывности бизнеса, видеоконференций цифровых валют, а также телемедицины значительно ниже, чем в 2020 г. Для остальных кластеров за этот период отмечаются менее резкие изменения — происходит постепенная адаптация рынков.

Анализ динамики распространения технологических областей с 2018 г. по начало 2022 г. позволил выявить четыре паттерна распространения цифровых технологий в условиях пандемии COVID-19: (1) шоковое воздействие, (2) умеренный эффект, (3) отложенный эффект, (4) негативный эффект.

Паттерн 1: шоковое воздействие

Паттерн характеризуется резким повышением значимости в краткосрочном периоде (в начале пандемии) и постепенным нисходящим трендом в течение остального периода наблюдений.

Такого рода траектория изменений тренда во время пандемии COVID-19 характерна для таких технологических областей как сервисы непрерывности бизнеса, видеоконференции и телемедицина. Резкий скачок значимости для всех сервисов из этой группы пришелся на март — середину апреля 2020 г. (рис. 1). Однако, после достижения пиковых показателей в апреле, кластеры показали резкое снижение значимости до сентября-октября 2020 г., что указывает на ослабление эффектов в этот период.

Шоковый характер реакции связан в первую очередь с тем, что все технологии из этой группы напрямую использовались для борьбы с последствиями пандемии. Результаты настоящего исследования соответствуют ранее опубликованным выводам о шоковом повышении спроса на телемедицину в первые недели пандемии [30]. В то же время, несмотря на постепенное снижение значимости по этим кластерам к началу 2022 г., она сохраняется на более высоком уровне, чем в период до пандемии, что говорит о глубоком, долгосрочном воздействии.

При этом траектория развития в области телемедицины отличается от двух других кластеров: достигнутые в марте-апреле 2020 г. (шоковый период) показатели значимости оказываются более устойчивыми и не так существенно снижаются по мере спада

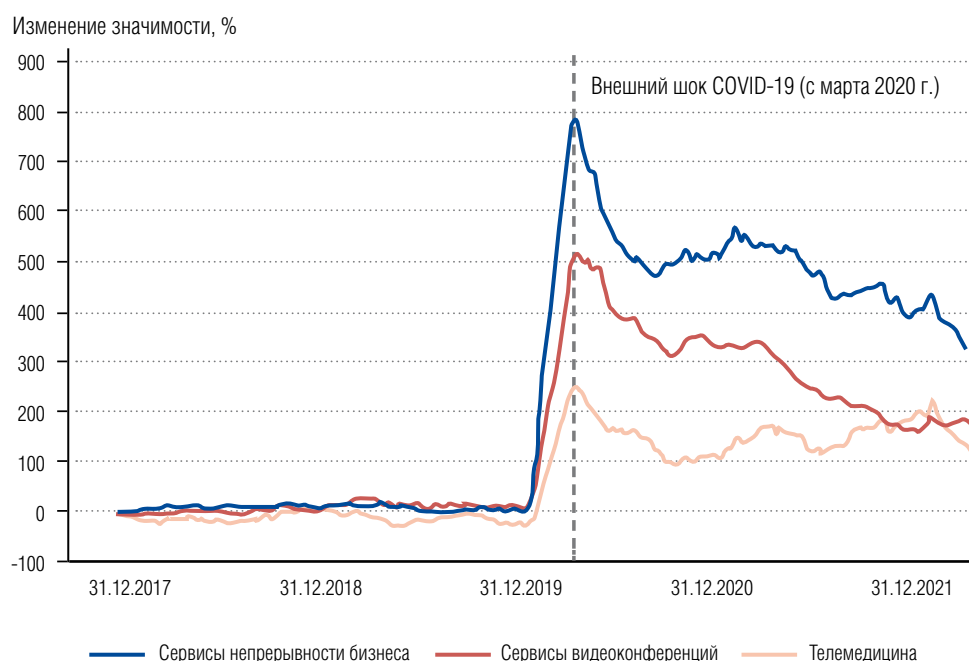


Рис. 1. Паттерн 1: изменение значимости в 2018–2022 гг. (в % к уровню на 31.12.2017).

Источник: расчеты авторов на основе интеллектуального анализа больших данных в системе iFORA.

пандемии. Подобное поведение тренда может указывать на постепенную адаптацию телемедицинских технологий к условиям после пандемии COVID-19 и постепенному расширению их применения. В ряде исследований были обнаружены качественные изменения в статусе телемедицины, которая получила большее признание, как среди медицинских работников, так и пациентов [31]. Вместе с тем, дальнейший рост спроса в этой области, как подтверждают другие авторы, ограничивается барьерами, связанными с обеспечением конфиденциальности данных, незрелостью технологии и др. [32].

Паттерн 2: умеренный эффект

Паттерн характеризуется умеренным повышением значимости технологических областей в начале пандемии. При этом в отличие от первого паттерна резкое снижение значимости после периода проявления внешнего шока (март-апрель 2020 г.) не наблюдается.

С марта 2020 г. резко выросла значимость для кластеров электронной коммерции и онлайн-развлечений. Так же, как и в рамках предыдущего паттерна высокие показатели достигнуты в апреле 2020 г., однако масштабы изменений не позволяют говорить об их шоковом характере (рис. 2). В частности изменение значимости за март-апрель

2020 г. составило 30–35 процентных пунктов (п.п.), в то время как для кластеров видеоконференций, непрерывности бизнеса и телемедицины рост составлял более 100 п.п. При этом показатели апреля 2020 г. не являются пиковыми для этих кластеров. В целом наблюдается слабый рост в начальный период пандемии (табл. 1), что также указывает на отсутствие признаков шоковых изменений как в случае с предыдущим паттерном. В то же время, после 2021 г. темпы прироста для обоих кластеров снизились.

Более умеренная реакция на пандемию может быть связана с тем, что технологии, относящиеся к двум анализируемым кластерам, не использовались непосредственно в качестве ответа на пандемию, как телемедицина или видеосервисы. Более того, ряд исследований показывают, что нарушения глобальных цепочек поставок также негативно повлияли на предложение в электронной коммерции, при наличии высокого спроса, что подтверждает ее ограниченный рост за наблюдаемые период [33]. Кроме того, в секторе онлайн-развлечений, несмотря на возросший спрос на цифровые платформы во время пандемии, изменились спрос и предложение на другие сервисы, например, стали невозможны выставки, фестивали, ограничилось производство фильмов и пр. [34]. В результате в случае этих кластеров можно говорить о менее выраженной реакции на воздействие пандемии.



Рис. 2. Паттерн 2: изменение значимости в 2018–2022 гг. (в % к уровню на 31.12.2017).
Источник: расчеты авторов на основе интеллектуального анализа больших данных в системе iFORA.

Паттерн 3: отложенный эффект

Паттерн характеризуется значительно более поздним достижением пиковых показателей значимости за наблюдаемый период, а также отсутствием шоковой реакции в начале пандемии, что указывает на отложенный характер трансформационных эффектов.

Отложенный характер влияния пандемии на распространение этих технологических областей связан с необходимостью адаптации технологий к новым условиям. Так, значимость цифровой логистики достигла самых высоких показателей только к концу 2020 г. (рис. 3). Аналогичную траекторию за тот же период продемонстрировали показатели значимости для цифровых валют.

Отложенные эффекты пандемии также упоминаются в ранее проведенных исследованиях. По утверждению ряда авторов, только в долгосрочной перспективе инновационные цепочки поставок будут играть важную роль в удовлетворении спроса на определенные продукты, что помогает снизить негативные последствия пандемии [23]. В то же время, рост цифровых валют обоснован постепенной адаптацией финансового регулирования к условиям пандемии и использованием цифровых валют для стимулирования восстановления экономики. Результаты других исследований также подтверждают положительный стимулирующий эффект от циф-

ровых валют на электронную торговлю в Китае, что сделало их предметом финансового регулирования и привело к ускоренному распространению [35, 36].

Паттерн 4: негативный эффект

Паттерн характеризуется отсутствием роста значимости после начала пандемии и сохранением негативной динамики на протяжении всего периода наблюдений.

Показатели значимости технологий биометрии и кибербезопасности, в отличие от остальных, продемонстрировали плавный нисходящий тренд на протяжении всего периода наблюдений (рис. 4). При этом в начале пандемии (март-апрель 2020 г.) для обеих технологических областей наблюдается спад значимости, который, однако, не был резким и составил порядка 15–20 п.п. В то же время, несмотря на положительные темпы прироста в 2021 г. (табл. 1) значимость обеих технологических областей не вернулась к показателям до пандемии. Можно сказать, что после пандемии их значимость в деловой повестке не упала существенно, но при настоящих темпах прироста значимости возврат к допандемийным уровням так и не произошел. Сделать выводы о глубине влияния пандемии на эти кластеры будет возможно только в более долгосрочной перспективе.

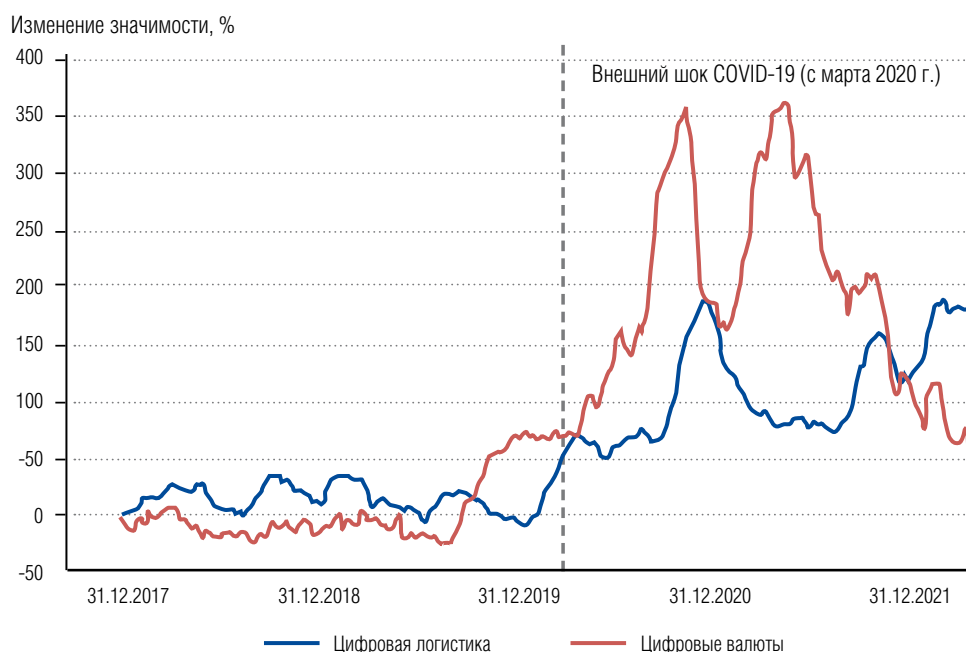


Рис. 3. Паттерн 3: изменение значимости в 2018–2022 гг. (в % к уровню на 31.12.2017).
Источник: расчеты авторов на основе интеллектуального анализа больших данных в системе iFORA.



Рис. 4. Паттерн 4: изменение значимости в 2018–2022 гг. (в % к уровню на 31.12.2017).
Источник: расчеты авторов на основе интеллектуального анализа больших данных в системе iFORA.

При этом результаты настоящего исследования не подтверждают результаты ранее опубликованных работ. В частности, ряд авторов пришли к выводам о возрастающей потребности в сервисах кибербезопасности после начала COVID-19 [18, 19]. В настоящем исследовании продемонстрировано постепенное восстановление положительной динамики значимости кибербезопасности к концу 2020 г. и 2021 г., что может быть связано с постепенной адаптацией общества к возросшему использованию других цифровых технологий и росту спроса на решения для кибербезопасности.

Таким образом, в условиях внешнего шока произошли существенные сдвиги на рынках всех проанализированных технологических областей, при этом наблюдаются ощутимые различия в их характере. «Поведение» каждого отдельного кластера определяется спецификой включенных в него технологий, в том числе уровнем их зрелости, широтой применения в отраслях, степенью влияния пандемии на ключевые сферы их применения и др. Аналогичные паттерны могут описывать изменения траекторий распространения цифровых технологий в условиях турбулентности внешней среды, вызванных разного рода экономическими и социальными потрясениями.

Заключение

Резкие изменения конъюнктуры и рост уровня неопределенности значительно усложняют процесс принятия решения для экономических субъектов. Предложенный в статье подход позволяет выявить закономерности в реакции рынков цифровых продуктов и сервисов на внешние шоки и, тем самым, дает возможность повысить предсказуемость возможных изменений.

Эмпирические наблюдения в период пандемии COVID-19 (2020–2022 гг.), полученные с использованием интеллектуального анализа больших данных, позволили систематизировать возможные типы реагирования цифровых технологий на внешние шоки. Благодаря своей универсальности, предложенный подход может применяться для оценки последствий внешних шоков различного происхождения. Во-первых, сквозные метрики, отражающие значимость в повестке, дают возможность оценить количественно масштаб реакции различных технологических трендов и сопоставить их между собой. Во-вторых, доступ к наиболее актуальной информации позволяет оперативно отслеживать и реагировать на подобные изменения. В-третьих, в результате становится возможным выявление определенных закономерностей и дальнейшая их классификация.

Анализ на примере пандемии отражает крайне неравномерное воздействие шоков на траектории распространения цифровых технологий. Выделенные четыре паттерна отличаются как по силе трансформационного воздействия (от умеренного до ярко выраженного), так и по срокам проявления возникших эффектов (от моментальной до отложенной долгосрочной реакции).

Резкий рост «в моменте» и последующее замедление при сохранении общей положительной тенденции характерны для технологических решений первого паттерна. Для кластеров этой группы можно говорить о наличии более глубоких структурных изменений, которые сохранились в период пост-пандемии. Менее выраженные или отложенные эффекты в среднесрочной перспективе свойственны второму и третьему паттерну. Такая реакция связана с менее выраженной чувствительностью технологий к изменению конъюнктуры и наличием определенного временного лага для адаптации к изменившейся ситуации.

По мере ослабления влияния фактора COVID-19 наблюдается и обратный процесс — «децифровизации» для тех направлений, где издержки уско-

ренной цифровизации были слишком высоки. В рамках четвертого паттерна наблюдается негативная динамика в ответ на внешние изменения. В этом контексте, внешние шоки, имеющие временный характер, могут не приводить к долгосрочной структурной трансформации, но лишь ускорять существующий тренд (с возможным последующим «откатом»).

Выявление такого рода паттернов выступает важным элементом прогнозирования экономического и социального развития, как для государства, так и для бизнеса. Представленные результаты могут быть обобщены для комплексного анализа факторов, способствующих изменению бизнес-процессов, перестройке цепочек создания стоимости, сдвигам на рынках цифровых продуктов и сервисов, а также слому соответствующих технологических трендов. ■

Благодарности

Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Приложение 1.

Список ключевых слов для технологических кластеров

Кластеры	Ключевые слова
Сервисы видеоконференций	Video conferencing app
	Video conference
	Video conferencing tool
	Video conferencing solution
	Video conferencing
	Video conferencing platform
	Cisco webex
	Video conferencing service
	Video conferencing software
	Video meeting
	Microsoft teams
	Zoom
	Teleconferencing

Кластеры	Ключевые слова
Сервисы видеоконференций	Video communication
	Virtual conference room
	Virtual conferencing
	Online conferencing
	Videoconferencing solution
	Videoconferencing software
Сервисы поддержания непрерывности бизнеса	Business continuity plan
	Business continuity
	Remote workforce
	Business solution application
	Remote collaboration
	Remote worker

Кластеры	Ключевые слова
Сервисы поддержания непрерывности бизнеса	Real time intelligence
	Remote employee
	Business continuity tool
	Remote work
	Remote collaboration tool
	Virtual workspace
	Virtual collaboration
	Online collaboration tool
	Virtual collaboration platform
	Collaboration software
	Digital work environment
	Collaboration technology
	Virtual whiteboard
	Cloud base collaboration
	Cloud base communication
	Online collaboration platform
	Enterprise collaboration platform
Цифровая логистика	Logistic supplier
	Logistical arrangement
	Logistic centre
	Logistical challenge
	Logistic app
	Supply chain AND digital service
	Transport AND digital service
	Logistic AND digital service
	Supply chain AND digital solution
	Management tool AND supply chain
	Logistics AND digital solution
	Logistic hub
	Digital logistics
Телемедицина	Telehealth vendor
	Telehealth service
	Telemedicine service
	Telehealth visit

Кластеры	Ключевые слова
Телемедицина	Telehealth platform
	Telehealth provider
	Telehealth company
	Virtual doctor
	Telehealth consultation
	Telehealth program
	Telehealth solution
	Virtual care
	Telehealth
	Telemedicine
	Remote consultation
	Mobile telehealth
	Telehealth policy
	Telemedicine consult
	Online care
Электронная коммерция	Online delivery service
	Pickup and delivery service
	Grocery delivery service
	Food delivery service
	Grocery delivery
	Delivery service
	Home delivery service
	Online shopping
	Food delivery
	Google pay
	E commerce
	E commerce platform
	Ecommerce business
	Ecommerce store
	Last mile delivery
	Digital commerce
	E commerce delivery
	Virtual marketplace

Кластеры	Ключевые слова
Онлайн-развлечения	Home broadcast
	Virtual museum
	Online entertainment
	Streaming service
	Streaming platform
	Virtual sport
	Virtual tourism
	Digital entertainment
	Streaming content
	Virtual gallery
	Virtual tour
	Virtual travel
	Virtual entertainment
	Virtual fashion
Кибербезопасность	Cybersecurity policy
	Cybersecurity concern
	Cyber risk
	Cyber criminal
	Cyber threat
	Cybersecurity company
	Cybersecurity service
	Cybersecurity strategy
	Cybersecurity industry
	Cybersecurity tool
	Cybersecurity product
	Cyber defense
	Zero trust
	Information security
	Critical infrastructure protection
	Cybersecurity solution
	Cybersecurity technology
	Cybersecurity innovation
	Information security solution
	Data security

Кластеры	Ключевые слова
Цифровые валюты	E krona
	Digital fiat currency
	Digital dollar
	Digital euro
	Digital yuan
	Central bank digital currency
	Digital fiat
	Bank issue digital currency
	Digital ruble
	Bank digital currency
	Digital renminbi
	CBDC
	Digital RMB
	DFC
Биометрия	Face recognition
	Biometric identification
	Fingerprint biometric
	Biometric data
	Retina scan
	Face biometric
	Biometric technology
	Voice biometric
	Biometric solution
	Iris recognition
	Biometric research
	Mobile biometric
	Biometric application
	Biometric method
	Facial biometric
	Biometric reader
	Biometric identification system
	Biometric device
	Biometric information
	Multimodal biometric

Литература

1. Sokhulu L.H. Students' experiences of using digital technologies to address their personal research needs during the COVID-19 lockdown // *African Identities*. 2021. Vol. 19. No. 4. P. 436–452. <https://doi.org/10.1080/14725843.2020.1801384>
2. Beardsley M., Albó L., Aragón P., Hernández-Leo D. Emergency education effects on teacher abilities and motivation to use digital technologies // *British Journal of Educational Technology*. 2021. Vol. 52. No. 4. P. 1455–1477. <https://doi.org/10.1111/bjet.13101>
3. Bokolo A.J. Use of telemedicine and virtual care for remote treatment in response to COVID-19 pandemic // *Journal of Medical Systems*. 2020. Vol. 44. No. 7. P. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01596-5>
4. Papadopoulos T., Baltas K.N., Balta M.E. The use of digital technologies by small and medium enterprises during COVID-19: Implications for theory and practice // *International Journal of Information Management*. 2020. Vol. 55. 102192. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102192>
5. Oldekop J.A., Horner R., Hulme D., et al. COVID-19 and the case for global development // *World development*. 2020. Vol. 134. 105044. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105044>
6. Caselli F., Coleman W.J. Cross-country technology diffusion: The case of computers // *American Economic Review*. 2001. Vol. 91. No. 2. P. 328–335. <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.328>
7. Geroski P.A. Models of technology diffusion // *Research policy*. 2000. Vol. 29. Nos. 4–5. P. 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00092-X)
8. Mayer J. Technology diffusion, human capital and economic growth in developing countries // *United Nations Conference on Trade and Development*. 2001. UNCTAD Discussion Papers 154. https://unctad.org/en/docs/dp_154.en.pdf
9. Lin H.F., Lin S.M. Determinants of e-business diffusion: A test of the technology diffusion perspective // *Technovation*. 2008. Vol. 28. No. 3. P. 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.003>
10. Цифровые технологии в российской экономике / К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг, В.В. Дементьев и др.; под ред. Л.М.Гохберга. М.: НИУ ВШЭ, 2021. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2199-1>
11. Nicoletti G., von Rueden C., Andrews D. Digital technology diffusion: A matter of capabilities, incentives or both? // *European economic review*. 2020. Vol. 128. 103513. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2020.103513>
12. Rao K.U., Kishore V.V.N. A review of technology diffusion models with special reference to renewable energy technologies // *Renewable and sustainable energy reviews*. 2010. Vol. 14. No. 3. P. 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.007>
13. Geroski P.A. Models of technology diffusion // *Research policy*. 2000. Vol. 29. Nos. 4–5. P. 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00092-X)
14. Christensen C.M. Exploring the limits of the technology S-curve. Part I: Component technologies // *Production and operations management*. 1992. Vol. 1. No. 4. P. 334–357. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00001.x>
15. Shampine A. Compensating for information externalities in technology diffusion models // *American Journal of Agricultural Economics*. 1998. Vol. 80. No. 2. P. 337–346. <https://doi.org/10.2307/1244506>
16. Mittal S., Mehar M. Socio-economic factors affecting adoption of modern information and communication technology by farmers in India: Analysis using multivariate probit model // *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 2016. Vol. 22. No. 2. P. 199–212. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.997255>
17. Nagel L. The influence of the COVID-19 pandemic on the digital transformation of work // *International Journal of Sociology and Social Policy*. 2020. Vol. 40. No. 9/10. P. 861–875. <https://doi.org/10.1108/IJSSP-07-2020-0323>
18. Andrade R.O., Cazares M., Fuertes W. Cybersecurity attacks during COVID-19: an analysis of the behavior of the human factors and a proposal of hardening strategies // *Advances in Cybersecurity Management*. 2021. P. 37–53.
19. De R., Pandey N., Pal A. Impact of digital surge during Covid-19 pandemic: A viewpoint on research and practice // *International journal of information management*. 2020. Vol. 55. 102171. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102171>
20. Wong M.Y.Z., Gunasekeran D.V., Nusinovici S., Sabanayagam C., Yeo K.K., Cheng C., Tham Y. Telehealth demand trends during the COVID-19 pandemic in the top 50 most affected countries: Infodemiological evaluation // *JMIR Public Health & Surveillance*. 2021. Vol. 7. No. 2. e24445. <https://doi.org/10.2196/24445>
21. Wosik J., Fudim M., Cameron B., et al. Telehealth transformation: COVID-19 and the rise of virtual care // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2020. Vol. 27. No. 6. P. 957–962. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa067>
22. Singh S., Kumar R., Panchal R., Tiwari M.K. Impact of COVID-19 on logistics systems and disruptions in food supply chain // *International Journal of Production Research*. 2021. Vol. 59. No. 7. P. 1993–2008. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1792000>
23. Soto-Acosta P. COVID-19 pandemic: Shifting digital transformation to a high-speed gear // *Information Systems Management*. 2020. Vol. 37. No. 4. P. 260–266. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1814461>
24. Ozkan O., Atli O. Transporting COVID-19 testing specimens by routing unmanned aerial vehicles with range and payload constraints: the case of Istanbul // *Transportation Letters*. 2021. Vol. 13. Nos. 5–6. P. 482–491. <https://doi.org/10.1080/19427867.2021.1896063>

25. Gokhberg L., Kuzminov I., Bakhtin P., Timofeev A., Khabirova E. Emerging technologies identification in foresight and strategic planning: Case of agriculture and food sector // *Emerging Technologies for Economic Development*. 2019. P. 205–223. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04370-4_9
26. Covid-19 innovative response tracker. The OECD Observatory of Public Sector Innovation. [Электронный ресурс]: <https://oecd-opsi.org/covid-response/> (дата обращения 25.06.2022).
27. Saritas O., Bakhtin P., Kuzminov I., Khabirova E. Big data augmented business trend identification: the case of mobile commerce // *Scientometrics*. 2021. Vol. 126. No. 2. P. 1553–1579. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03807-9>
28. Gokhberg L., Kuzminov I., Khabirova E., Thurner T. Advanced text-mining for trend analysis of Russia's extractive industries // *Futures*. 2020. Vol. 115. 102476. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102476>
29. Calof J., Meissner D., Vishnevskiy K. Corporate foresight for strategic innovation management: the case of a Russian service company // *Foresight*. 2020. Vol. 22. No. 1. P. 14–36. <https://doi.org/10.1108/FS-02-2019-0011>
30. Koonin L.M., Hoots B., Tsang C.A., et al. Trends in the use of telehealth during the emergence of the COVID-19 pandemic – United States, January–March 2020 // *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2020. Vol. 69. No. 43. P. 1595–1599. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6943a3>
31. Hirko K.A., Kerver J.M., Ford S., Szafranski C., Beckett J., Kitchen C., Wendling A.L. Telehealth in response to the COVID-19 pandemic: Implications for rural health disparities // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2020. Vol. 27. No. 11. P. 1816–1818. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa156>
32. Madigan S., Racine N., Cooke J.E., Korczak D.J. COVID-19 and telemental health: Benefits, challenges, and future directions // *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*. 2021. Vol. 62. No. 1. P. 5–11. <https://doi.org/10.1037/cap0000259>
33. Hasanat M.W., Hoque A., Shikha F.A., Anwar M., Hamid A.B.A., Tat H.H. The impact of coronavirus (COVID-19) on e-business in Malaysia // *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*. 2020. Vol. 3. No. 1. P. 85–90. <https://www.asianjournal.org/online/index.php/ajms/article/view/219/100>
34. Nhamo G., Dube K., Chikodzi D. Implications of COVID-19 on gaming, leisure and entertainment industry // *Counting the cost of COVID-19 on the global tourism industry*. 2020. P. 273–295. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56231-1_12
35. Didenko A.N., Zetzsche D.A., Arner D.W., Buckley R.P. After Libra, digital yuan and COVID-19: Central Bank digital currencies and the new world of money and payment systems // *European Banking Institute Working Paper Series 65/2020*, University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper No. 2020/036, UNSW Law Research Paper No. 20–59. <https://doi.org/10.2139/ssrn.36223112020>
36. Tan L., Xue L. Research on the development of digital currencies under the COVID-19 epidemic // *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 187. P. 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.037>

Об авторах

Щербakov Роман Андреевич

стажер-исследователь Лаборатории исследований науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: rashcherbakov@hse.ru

ORCID: 0000-0002-5054-3869

Приворотская Софья Григорьевна

кандидат экономических наук;

заведующий отделом исследований цифровых технологий Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: sprivorotskaya@hse.ru

ORCID: 0000-0002-4552-4938

Вишневский Константин Олегович

кандидат экономических наук;

директор центра исследований цифровой экономики Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

старший научный сотрудник Лаборатории исследований науки и технологий Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: kvishnevsky@hse.ru

ORCID: 0000-0003-3621-0504

Diffusion of digital technologies in the face of external shocks: The case of the COVID-19 pandemic

Roman A. Shcherbakov

Email: rashcherbakov@hse.ru

Sofya G. Privorotskaya

E-mail: sprivorotskaya@hse.ru

Konstantin O. Vishnevskiy

E-mail: kvishnevsky@hse.ru

HSE University

Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

Abstract

This paper investigates the impact of external shocks on the spread of digital technologies. Using the example of the COVID-19 pandemic, we identify and describe four patterns that reflect the uneven response of different digital technologies to external conditions undergoing transformation. The patterns differ in both the magnitude of the pandemic's impact and the timing of the resulting effects. Video conferencing, business continuity and telemedicine services showed a dramatic increase in demand at the beginning of COVID-19 and a gradual decline in the later stages. A more moderate response in the early weeks of the pandemic is typical of e-commerce and online entertainment. Delayed effects are seen in digital logistics services and digital currencies, which reacted much later than other technologies. Finally, a slow decline in significance after the pandemic began has been observed for biometrics and cybersecurity technologies. Similar patterns may describe the transformation of the spread of digital technologies not only under the influence of COVID-19, but also in the face of dramatic economic and social changes of other origins.

Keywords: digital transformation, digital technology, digital diffusion, economic shock, market adaptation, COVID-19

Citation: Shcherbakov R.A., Privorotskaya S.G., Vishnevskiy K.O. (2023) Diffusion of digital technologies in the face of external shocks: The case of the COVID-19 pandemic. *Business Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 37–52.

DOI: 10.17323/2587-814X.2023.1.37.52

References

1. Sokhulu L.H. (2021) Students' experiences of using digital technologies to address their personal research needs during the COVID-19 lockdown. *African Identities*, vol. 19, no. 4, pp. 436–452. <https://doi.org/10.1080/14725843.2020.1801384>
2. Beardsley M., Albó L., Aragón P., Hernández-Leo D. (2021) Emergency education effects on teacher abilities and motivation to use digital technologies. *British Journal of Educational Technology*, vol. 52, no. 4, pp. 1455–1477. <https://doi.org/10.1111/bjet.13101>

3. Bokolo A.J. (2020) Use of telemedicine and virtual care for remote treatment in response to COVID-19 pandemic. *Journal of Medical Systems*, vol. 44, no. 7, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01596-5>
4. Papadopoulos T., Baltas K.N., Balta M.E. (2020) The use of digital technologies by small and medium enterprises during COVID-19: Implications for theory and practice. *International Journal of Information Management*, vol. 55, 102192. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102192>
5. Oldekop J.A., Horner R., Hulme D., et al. (2020) COVID-19 and the case for global development. *World Development*, vol. 134, 105044. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105044>
6. Caselli F., Coleman W.J. (2001) Cross-country technology diffusion: The case of computers. *American Economic Review*, vol. 91, no. 2, pp. 328–335. <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.328>
7. Geroski P.A. (2000) Models of technology diffusion. *Research Policy*, vol. 29, nos. 4–5, pp. 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00092-X)
8. Mayer J. (2001) Technology diffusion, human capital and economic growth in developing countries. *United Nations Conference on Trade and Development Discussion Papers*, UNCTAD Discussion Papers 154. https://unctad.org/en/docs/dp_154.en.pdf
9. Lin H.F., Lin S.M. (2008) Determinants of e-business diffusion: A test of the technology diffusion perspective. *Technovation*, vol. 28, no. 3, pp. 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.003>
10. Vishnevskiy K., Gokhberg L., Dementiev V., et al. (2021) *Digital technologies in the Russian economy* (ed. L. Gokhberg). Moscow, HSE (in Russian). <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-2199-1>
11. Nicoletti G., von Rueden C., Andrews D. (2020) Digital technology diffusion: A matter of capabilities, incentives or both? *European Economic Review*, vol. 128, 103513. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2020.103513>
12. Rao K.U., Kishore V.V.N. (2010) A review of technology diffusion models with special reference to renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 3, pp. 1070–1078. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.007>
13. Geroski P.A. (2000) Models of technology diffusion. *Research policy*, vol. 29, nos. 4–5, pp. 603–625. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00092-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00092-X)
14. Christensen C.M. (1992) Exploring the limits of the technology S-curve. Part I: Component technologies. *Production and Operations Management*, vol. 1, no. 4, pp. 334–357. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00001.x>
15. Shampine A. (1998) Compensating for information externalities in technology diffusion models. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 80, no. 2, pp. 337–346. <https://doi.org/10.2307/1244506>
16. Mittal S., Mehar M. (2016) Socio-economic factors affecting adoption of modern information and communication technology by farmers in India: Analysis using multivariate probit model. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, vol. 22, no. 2, pp. 199–212. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.997255>
17. Nagel L. (2020) The influence of the COVID-19 pandemic on the digital transformation of work. *International Journal of Sociology and Social Policy*, vol. 40, no. 9/10, pp. 861–875. <https://doi.org/10.1108/IJSSP-07-2020-0323>
18. Andrade R.O., Cazares M., Fuertes W. (2021) Cybersecurity attacks during COVID-19: an analysis of the behavior of the human factors and a proposal of hardening strategies. *Advances in Cybersecurity Management*, pp. 37–53. Springer, Cham.
19. De R., Pandey N., Pal A. (2020) Impact of digital surge during Covid-19 pandemic: A viewpoint on research and practice. *International Journal of Information Management*, vol. 55, 102171. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102171>
20. Wong M.Y.Z., Gunasekaran D.V., Nusinovici S., Sabanayagam C., Yeo K.K., Cheng C., Tham Y. (2021) Telehealth demand trends during the COVID-19 pandemic in the top 50 most affected countries: Infodemiological evaluation. *JMIR Public Health & Surveillance*, vol. 7, no. 2, e24445. <https://doi.org/10.2196/24445>
21. Wosik J., Fudim M., Cameron B., et al. (2020) Telehealth transformation: COVID-19 and the rise of virtual care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 27, no. 6, pp. 957–962. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa067>
22. Singh S., Kumar R., Panchal R., Tiwari M.K. (2021) Impact of COVID-19 on logistics systems and disruptions in food supply chain. *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 7, pp. 1993–2008. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1792000>
23. Soto-Acosta P. (2020) COVID-19 pandemic: Shifting digital transformation to a high-speed gear. *Information Systems Management*, vol. 37, no. 4, pp. 260–266. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1814461>
24. Ozkan O., Atli O. (2021) Transporting COVID-19 testing specimens by routing unmanned aerial vehicles with range and payload constraints: the case of Istanbul. *Transportation Letters*, vol. 13, nos. 5–6, pp. 482–491. <https://doi.org/10.1080/19427867.2021.1896063>
25. Gokhberg L., Kuzminov I., Bakhtin P., Timofeev A., Khabirova E. (2019) Emerging technologies identification in foresight and strategic planning: Case of agriculture and food sector. In: Meissner, D., Gokhberg, L., Saritas, O. (eds) *Emerging Technologies for Economic Development. Science, Technology and Innovation Studies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04370-4_9

26. *Covid-19 innovative response tracker*. The OECD Observatory of Public Sector Innovation. Available at: <https://oecd-opsi.org/covid-response/> (accessed 25 June 2022).
27. Saritas O., Bakhtin P., Kuzminov I., Khabirova E. (2021) Big data augmented business trend identification: the case of mobile commerce. *Scientometrics*, vol. 126, no. 2, pp. 1553–1579. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03807-9>
28. Gokhberg L., Kuzminov I., Khabirova E., Thurner T. (2020) Advanced text-mining for trend analysis of Russia's extractive industries. *Futures*, vol. 115, 102476. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102476>
29. Calof J., Meissner D., Vishnevskiy K. (2020) Corporate foresight for strategic innovation management: the case of a Russian service company. *Foresight*, vol. 22, no. 1, pp. 14–36. <https://doi.org/10.1108/FS-02-2019-0011>
30. Koonin L.M., Hoots B., Tsang C.A., et al. (2020) Trends in the use of telehealth during the emergence of the COVID-19 pandemic – United States, January–March 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, vol. 69, no. 43, pp. 1595–1599. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6943a3>
31. Hirko K.A., Kerver J.M., Ford S., Szafranski C., Beckett J., Kitchen C., Wendling A.L. (2020) Telehealth in response to the COVID-19 pandemic: Implications for rural health disparities. *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 27, no. 11, pp. 1816–1818. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa156>
32. Madigan S., Racine N., Cooke J.E., Korczak D.J. (2021) COVID-19 and telemental health: Benefits, challenges, and future directions. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, vol. 62, no. 1, pp. 5–11. <https://doi.org/10.1037/cap0000259>
33. Hasanat M.W., Hoque A., Shikha F.A., Anwar M., Hamid A.B.A., Tat H.H. (2020) The impact of coronavirus (COVID-19) on e-business in Malaysia. *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 85–90. <https://www.asianjournal.org/online/index.php/ajms/article/view/219/100>
34. Nhamo G., Dube K., Chikodzi D. (2020) Implications of COVID-19 on gaming, leisure and entertainment industry. *Counting the cost of COVID-19 on the global tourism industry*, pp. 273–295. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56231-1_12
35. Didenko A.N., Zetzsche D.A., Arner D.W., Buckley R.P. (2020) After Libra, digital yuan and COVID-19: Central Bank digital currencies and the new world of money and payment systems. *European Banking Institute Working Paper Series 65/2020, University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper No. 2020/036, UNSW Law Research Paper No. 20–59*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3622311>
36. Tan L., Xue L. (2021) Research on the development of digital currencies under the COVID-19 epidemic. *Procedia Computer Science*, no. 187, pp. 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.037>

About the authors

Roman A. Shcherbakov

Research Assistant, Laboratory for Science and Technology Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, HSE University, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: rashcherbakov@hse.ru

ORCID: 0000-0002-5054-3869

Sofya G. Privorotskaya

Cand. Sci. (Econ.);

Head of the Digital Technologies Research Unit, Digital Economics Centre, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, HSE University, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: sprivorotskaya@hse.ru

ORCID: 0000-0002-4552-4938

Konstantin O. Vishnevskiy

Cand. Sci. (Econ.);

Director of Digital Economics Centre, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, HSE University, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

Senior Research Fellow, Laboratory for Science and Technology Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, HSE University, 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: kvishnevsky@hse.ru

ORCID: 0000-0003-3621-0504