

## Знания как медиатор во взаимосвязи между цифровым и экономическим развитием



**Ольга Николаевна**

**БУЧИНСКАЯ**

Институт экономики УрО РАН

Екатеринбург, Российская Федерация

e-mail: buchinskaia.on@uiec.ru

ORCID: 0000-0002-5421-2522; ResearcherID: B-4208-2019

**Аннотация.** Современное развитие цифровой экономики ставит перед обществом не только проблему социально-экономического неравенства между странами мира, но и проблему цифрового неравенства, поскольку уровень развития цифровых технологий во многом влияет на производительность труда и, соответственно, на ВВП страны. В этой дихотомии неравенства важную роль играет сфера знаний, поскольку именно знания позволяют раскрыть полный потенциал цифровых технологий для экономической системы. Цель работы – выявление роли знаний как медиатора во взаимосвязи между уровнем развития цифровых технологий и ВВП стран мира. Использовались данные глобального индекса знания, индекса сетевой готовности и индекса цифровой конкурентоспособности в их взаимосвязи с ВВП на душу населения. По результатам анализа двух моделей, содержащих наборы данных по 64 странам мира за 5 лет и по 134 странам за 3 года, было выявлено влияние индексов цифровой конкурентоспособности и сетевой готовности, а также составляющих их субиндексов, характеризующих отдельные стороны развития цифровой экономики, на ВВП. Научная новизна исследования заключается в выявленном отсутствии влияния знаний на взаимосвязь между ВВП на душу населения и проникновением цифровых технологий в экономику страны. Доказано, что индексы, основанные на распространении и проникновении технологий в экономику, не могут объективно отражать возможности экономического развития стран в процессе цифровизации. Необходимо делать упор на показатели развития и распространения национальных технологий, что требует роста уровня знаний.

**Для цитирования:** Бучинская О.Н. (2022). Знания как медиатор во взаимосвязи между цифровым и экономическим развитием // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 15. № 6. С. 139–152. DOI: 10.15838/esc.2022.6.84.8

**For citation:** Buchinskaia O.N. (2022). Knowledge as a mediator in the relationship between digital and economic development. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 15(6), 139–152. DOI: 10.15838/esc.2022.6.84.8

Выяснено, что уровень развития знаний оказывает значительное влияние на возможность использования цифровых технологий для достижения целей устойчивого развития, организации эффективного управления цифровизацией. В противном случае воздействие цифровых технологий на экономическое развитие будет гораздо меньше потенциально возможного уровня. Результаты исследования могут применяться национальными правительствами для разработки стратегии преодоления цифрового и социально-экономического отставания стран мира.

**Ключевые слова:** экономическое неравенство, цифровой разрыв, разрыв в знаниях, цифровая экономика, цифровизация, социально-экономическое развитие, устойчивое развитие, эффект медиации.

### Введение

Распространение цифровых технологий дает новый толчок к экономическому росту стран и территорий. Однако уровень развития технологий неравномерен, и хотя их влияние на социально-экономическую ситуацию в стране положительно, но его степень различна. Это может привести к усилению социально-экономического неравенства как между отдельными странами и территориями, так и внутри них. Во многом это связано и с изначально неравным экономическим положением стран мира, поскольку для разработки, внедрения собственных технологий, приобретения зарубежных цифровых решений необходимы существенные инвестиции. Но проблема заключается не только в инвестициях: при приобретении и внедрении исключительно зарубежных технологий подобная стратегия способствует, помимо утечек средств за границу, ослаблению собственных технологических отраслей в соответствии с эффектом Ванека – Райнерта, что в будущем приведет не только к усилению отставания страны от мировых лидеров, но и к усугублению цифрового и социально-экономического неравенства. Для развития национальных цифровых технологий необходимо улучшать качество в сфере знаний. Именно знания позволяют раскрыть потенциал развития цифровых технологий на национальном уровне и степень использования заимствованных цифровых решений. В настоящее время в российской научной среде существует множество работ, в которых рассматриваются вопросы внедрения цифровых технологий в систему образования, однако практически отсутствуют исследования, анализирующие эффекты взаимосвязи цифровизации и знаний, их совместного влияния на экономическую ситуацию. Целью нашей работы является анализ влияния сферы знаний как

медиатора между цифровым и экономическим развитием стран мирового сообщества. В результате исследования показано, какие стороны цифровой экономики в наибольшей степени зависят от развития знаний.

### Литературный обзор

Проблематика цифрового неравенства возникла одновременно с вхождением цифровых технологий в жизнь общества. Первые статьи о цифровом разрыве появились в конце XX – начале XXI века. Так, С.П. Фостер (Foster, 2000) говорит, что людям необходима не информация как таковая, а доступ к информации и инструменты доступа к ней. Он определяет цифровой разрыв как более легкий доступ к информации членов определенных групп по сравнению с членами других групп. Р. Каллен (Cullen, 2001) выделяет 4 типа проблем доступа, формирующих цифровой разрыв: физический доступ к подключению к информационно-компьютерным технологиям (ИКТ), уровень навыков и поддержки использования ИКТ, отношение к ИКТ, а также контент, находящийся в сетях. Сегодня физический доступ к интернету постоянно увеличивается, и, хотя отношение к цифровым технологиям до сих пор остается неоднозначным, все большее количество людей используют цифровые технологии в различных областях жизни. Таким образом, мы видим некоторое (но далеко не быстрое и не полное) сокращение этих типов цифрового разрыва.

Как показывают А. Дж. ван Деурсен и Дж. А. ван Дик (van Deursen, van Dijk, 2014), все более актуальными остаются еще два вида цифрового неравенства, относящиеся к контенту цифрового мира и навыкам, необходимым для получения отдачи от цифровых технологий. Р. Каллен рассматривала отсутствие навыков в ИКТ как следствие отсутствия грамотности и

навыков в использовании компьютеров и технологий. Проблема неравенства в отношении контента воспринималась ей как отсутствие в интернете информации, интересующей пользователей (Cullen, 2001). На сегодняшний день эти две причины цифрового разрыва хотя и остаются актуальными, но несколько изменили свое содержание: если мы все еще можем говорить об отсутствии специфических навыков пользования цифровыми технологиями и определенным программным обеспечением как сохраняющейся тенденции цифрового разрыва, то относительно контента во многом изменились причины этого разрыва. Если изначально причиной цифрового разрыва являлось малое количество контента, интересующего пользователей или доступного на известном пользователям языке, ввиду преобладающей доли англоязычного интернета, то сейчас, как отмечают Дж. Адейеми и С. Они (Adeyemi, Oni, 2021), возникает разрыв в контенте из-за неподходящих знаний, ограниченных или появляющихся с помощью цифровых технологий, которые конкретная группа населения не может принять, потому что они созданы без учета ее потребностей. Мы можем видеть, что фокус смещается в сторону ограничения и монополизации доступа к знаниям, информации и данным со стороны отдельных стран и корпораций, что дает им преимущество на рынке за счет асимметрии информации.

М. Гиебель (Giebel, 2013) еще при зарождении рынка больших данных показывал, что асимметрия информации, возникающая при неравном доступе к ИКТ, технологиям и знаниям, снижает доступность производства и внедрения инноваций, приводит к замедлению экономического роста. А. ван Деурсен и К. Моссбергер (van Deursen, Mossberger, 2018) говорят о возникновении нового типа цифрового разрыва, связанного с интернетом вещей (IoT) и Big Data: с одной стороны, интернет вещей и искусственный интеллект упрощают взаимодействие человека с технологиями, и в этом случае уменьшается значение навыков и уровня образования для их использования, кроме того, человек ставится перед достаточно ограниченным выбором рекомендуемых ему действий; с другой стороны, разработка данных технологий требует все возрастающего объема знаний и навыков, а также количества собираемой и

обрабатываемой информации. Таким образом, увеличивается разрыв между пользователями, которые не имеют доступа к информации и не могут ее использовать, и владельцами технологий, обладающими знаниями и информацией. В результате знания и информация играют все более возрастающую роль в современном цифровом мире. Так, В. Чан (Chan, 2021) говорит о роли цифрового разрыва в создании экономического неравенства и усилении разрыва в знаниях.

Не менее чем информация для цифровой экономики важен доступ к знаниям. А. Сидоренко и К. Финдли (Sidorenko, Findlay, 2001) отмечают, что при переходе от «экономики знаний» к «цифровой экономике» роль знаний не снизилась: правительства, исследовательские и образовательные центры являются активными пользователями ИКТ и их выбор во многом предопределяет развитие остальной экономики. Л. Огунсола и Т. Окусага (Ogunsola, Okusaga, 2006), напротив, говорят об экономке знаний, развивающейся на базе цифровых технологий. С. Брукс, П. Доноуан и К. Рамбл (Brooks et al., 2005) выделяют сферу образования как источник преодоления цифрового разрыва между развитыми и развивающимися странами. В то же время С. Рай (Rye, 2008) на примере Индонезии показывает, что при недостатке навыков и инфраструктуры дистанционное образование не уменьшает, а увеличивает цифровой разрыв и впоследствии социально-экономическое положение экономических субъектов как на индивидуальном, так и на региональном уровне.

Дж. ван Дик (van Dijk, 2008) приводит кумулятивную лестничную модель развития инноваций в цифровых технологиях, где после материального доступа определяющую роль играют стратегические, информационные, инструментальные и цифровые навыки, которые формируют базу для пользовательского доступа к достижениям цифровых инноваций. Исключение этой ступени приведет к неэффективности цифровых технологий даже при наличии формального доступа к новейшему оборудованию. Т. Эйххорн и др. (Eichhorn et al., 2020) добавляют к модели ван Дика термин «знаниевый доступ», который заключается в осведомленности о наличии новых технологий и развитии у пользователей интереса к их применению. Б. Ю и др. (Yu et al., 2018) говорят об образо-

вании, тренингах, развитии сферы знаний как о катализаторе использования ИКТ. Ч. Неоги (Neogi, 2020) показывает, что ИКТ участвуют в формировании человеческого капитала и, таким образом, оказывают влияние на повышение качества жизни.

В свою очередь Дж. Джеймс (James, 2008) связывает цифровой разрыв с уровнем дохода интернет-пользователей развитых и развивающихся стран. Ч. Парсонс и С. Хик (Parsons, Nick, 2008) также отмечают, что индивиды с низкими доходами не могут позволить себе доступ в интернет, приобретать программное обеспечение для эффективного использования ИКТ. Соответственно, они не обладают навыками, востребованными в обществе, и проигрывают на рынке рабочих мест, что усиливает уже не только цифровое, но и социально-экономическое расслоение. М. Рагнетта и др. (Ragnedda et al., 2022) приводят следующие результаты: пользователи с доходом менее 10000 имеют на 81% меньше возможностей получить углубленные навыки использования цифровых технологий по сравнению с обладателями более высоких доходов. О. Бучинская (Бучинская, 2022) выводит взаимосвязь, в которой рост богатства делает доступным приобретение новых знаний, которые, в свою очередь, дают толчок к развитию новых, более продвинутых технологий. Эмпирически доказано, что цифровые аспекты жизни населения регионов России значимо влияют на рост регионального ВРП (Литвинцева, Карелин, 2020).

Руководствуясь вышеизложенными достижениями отечественной и зарубежной науки, мы можем предположить, что знания играют существенную роль во взаимосвязи между социально-экономическим развитием страны и развитием в ней цифровых технологий. В данной работе мы сделали попытку измерить степень влияния знаний в системе «Цифровизация – экономический рост», полагая знания медиатором в ней. Несмотря на то, что метод измерения отношений медиации достаточно широко применяется в современной научной литературе, нам не удалось выявить аналогичных исследований взаимосвязи между цифровыми технологиями, знаниями и уровнем экономического развития, поэтому мы предполагаем, что наша работа внесет вклад в изучение развития экономики в период ее цифровой трансформации.

### Методология исследования

Для исследования роли влияния знаний на взаимосвязь экономического развития и цифровой экономики необходимо было выбрать показатели, комплексно отражающие уровень развития знаний и цифровых технологий.

В качестве показателя, характеризующего уровень знаний, нами был использован глобальный индекс знаний (Global Knowledge Index), публикуемый под эгидой программы развития ООН с 2017 года, поскольку это единственный глобальный индекс знаний с открытой методологией, рассчитываемый на данный момент. В состав индекса входит широкий спектр показателей качества образования, включая показатели начального, среднего и высшего образования, повышения квалификации и переподготовки, уровня развития исследовательской деятельности и инноваций, состояния экономики, а также институциональной и экологической среды. Основу исследования составили отчеты по индексу знаний за 2017–2021 гг. Поскольку 5 лет представляют собой достаточно короткий временной тренд, мы провели изучение двух наборов моделей, основанных на влиянии двух различных индексов, оценивающих степень цифровизации экономики.

В качестве показателя уровня развития цифровизации нами был первоначально выбран индекс цифровой конкурентоспособности (Digital Competitiveness Ranking, DCR), рассчитываемый Институтом развития менеджмента с 2017 года. Индекс рассчитывается агрегированными показателями по трем субиндексам:

- знаний, включающий оценку развития науки, образования и таланта (DCRK);
- технологий, оценивающий развитие цифровой инфраструктуры, доступа к финансированию и уровень правового регулирования (DCRT);
- готовности к будущему, содержащий показатели проникновения цифровых технологий в управление, бизнес и повседневную жизнь экономических агентов (DCRFER).

Необходимо отметить, что между индексом знаний и индексом цифровой конкурентоспособности была обнаружена довольно высокая корреляция (-0,8890). Поскольку в индексе цифровой конкурентоспособности также имеется составляющая знаний (DCRK), это

вызвало необходимость использования альтернативного индекса. Им стал индекс сетевой готовности (Networked Readiness Index, NRI), рассчитываемый с 2019 года Институтом Портулана (США). Корреляция NRI с индексом знаний составила 0,0321, а с DCI -0,0384, что показывает незначительную связь между показателями. NRI объединяет субиндексы:

- доступности и использования сетевых технологий (NRITech);
- уровня использования сетевых технологий индивидами, бизнесом и правительствами (NRIpe);
- управления цифровыми технологиями, включающий оценку доверия, регулирования, а также уровень проникновения цифровых технологий в обыденную жизнь населения (NRIGov);
- влияния цифровых технологий на качество жизни населения и достижения целей устойчивого развития ООН (NRImp).

В качестве зависимой переменной использовался логарифм ВВП на душу населения, рассчитанный в текущих долларах США с учетом паритета покупательной способности (LGDPPCCURP).

В ходе исследования были проанализированы две группы моделей: первая группа оценивала роль медиации индекса знаний при влиянии DCR и его компонентов на прирост ВВП на душу населения, вторая группа в аналогичной модели вместо DCR использовала NRI и составляющие его субиндексы.

Для проведения анализа нами применен метод моделирования структурных уравнений (SEM). Выбор метода обоснован природой отношений медиации: в этом случае наблюдается не односторонняя зависимость определяемой переменной от регрессора, но причинно-след-

ственная связь и временная упорядоченность между тремя переменными, включая переменную-медиатора. При этом переменные в причинно-следственной связи могут быть как причинами, так и следствиями, в связи с чем, как утверждают Гунцлер и др. (Gunzler et al., 2013), стандартная парадигма регрессии плохо подходит для моделирования такой взаимосвязи из-за ее априорного присвоения каждой переменной либо причины, либо следствия.

Базовая модель медиации, предложенная Р. Бароном и Д. Кенни (Baron, Kenny, 1986) показана на рисунке. Она состоит из системы трех уравнений, как следует из формулы 1, приведенной Л. Чен и Х. Хунг (Chen, Hung, 2016):

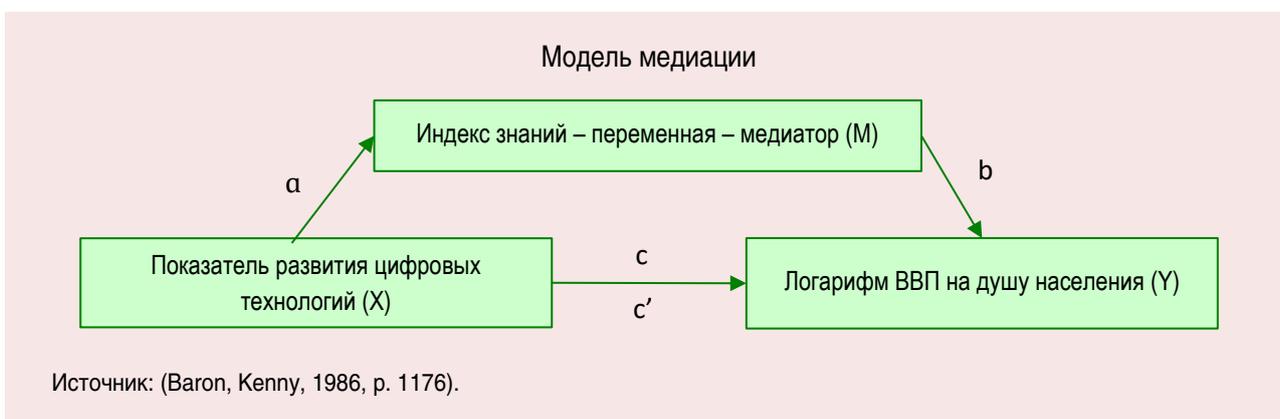
$$\begin{cases} Y = c_0 + c'X + e_1 \\ M = a_0 + aX + e_2 \\ Y = b_0 + cX + bM + e_3 \end{cases} \quad (1)$$

где  $a_0, b_0, c_0$  – константы;

$a, b, c$  – коэффициенты, показывающие связи между объясняющей переменной и медиатором, медиатором и объясняемой переменной, объясняющей и объясняемой переменными соответственно; при этом  $c$  подразумевает прямой эффект взаимодействия между объясняемой и объясняющей переменными, без учета влияния медиатора; косвенный эффект является результатом взаимодействия траекторий  $a$  и  $b$  и рассчитывается как произведение соответствующих коэффициентов ( $a \times b$ );

$c'$  – коэффициент, объясняющий отношения между объясняющей и объясняемой переменными с учетом влияния медиатора (полный эффект), являющийся суммой прямого и косвенного эффектов ( $c + a \times b$ );

$e_1, e_2, e_3$  – случайные ошибки.



Если коэффициент  $c$  не является значимым, можно утверждать о наличии полной медиации, когда объясняющая переменная воздействует на объясняемую исключительно через эффект медиации, как показывают Барон и Кенни. Если коэффициент  $c$  является статистически значимым, можно говорить об эффекте частичной медиации (Danner et al., 2015), когда имеется прямая взаимосвязь между объясняющей и объясняемой переменными, но на эту взаимосвязь оказывает влияние переменная-медиатор.

Для оценки степени подбора данных использовались критерии RMSEA. Величина критерия 0,00 свидетельствует, что модель соответствует данным (Weston, Gore, 2006). Индекс сравнительного согласия (CFI) показывает относительное улучшение подгонки при переходе от базовой модели к постулируемой и оценивается в промежутке от 0 до 1, где значение  $CFI \geq 0.95$  демонстрирует качество модели. Индекс Такера – Льюиса свидетельствует об относительном уменьшении несоответствия на степень свободы и также оценивается в промежутке от 0 до 1, где  $TLI \geq 0.95$  говорит о качестве модели (Shi et al., 2019). Коэффициент детерминации  $R^2$  иллюстрирует, насколько изменения в зависимой переменной объясняются переменными модели. Информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC) отражают сравнительное качество модели по правилу «чем меньше – тем лучше». При этом большее предпочтение для анализа SEM отдается критерию BIC (Wu et al., 2020).

Тестирование наличия и вида эффекта медиации происходило с помощью методики medsem (Mehmetoglu, 2018), включающей оценку медиации Барона и Кенни с применением теста Собея (BK) (Sobel, 1982), а также методику Жао, Линча и Чена (ZLC) (Zhao et al., 2010) в сочетании с тестом Монте-Карло (Jose, 2013). В случае значимости всех трех уравнений

Барона и Кенни в сочетании со значимым тестом Собея, равно как значимость бутстреп-теста косвенного эффекта при значимости прямого эффекта по методике ZLC, имеет место частичный эффект медиации. В случае незначимости прямого эффекта и значимости тестов Собея и Монте-Карло имеет место полная медиация. В случае отсутствия значимости тестов Собея и Монте-Карло в сочетании со значимостью прямого эффекта в методике ZLC и отсутствием значимости первых трех уравнений в методике BK признается отсутствие эффекта медиации.

Величина влияния переменной-медиатора определяется отношением косвенного эффекта к общему эффекту (RIT), показывающим, какой процент влияния независимой переменной на зависимую обусловлен эффектом медиации (формула 2) и отношением косвенного эффекта к прямому эффекту (RID), демонстрирующим, во сколько раз воздействие косвенного эффекта превышает влияние прямого эффекта (формула 3).

$$RIT = \frac{(a \times b)}{c'}. \quad (2)$$

$$RID = \frac{(a \times b)}{c}. \quad (3)$$

### Результаты исследования

#### Взаимосвязь ВВП с индексом цифровой конкурентоспособности и эффект медиации индекса знаний

В группе моделей 1 оценивалось влияние индекса знаний как медиатора, влияющего на взаимосвязь между индексом цифровой конкурентоспособности, а также составляющими его субиндексами, и логарифмом ВВП на душу населения в текущих долларах по паритету покупательной способности. В набор данных вошли показатели 64 стран мира с 2017 по 2021 год. Описательная статистика набора данных представлена в *таблице 1*.

Таблица 1. Описательная статистика набора данных группы моделей 1

Переменная	Наблюдения	Средняя	Станд. откл.	Min	Max
KnowledgeIndex	305	56,68393	8,97784	34	73.6
DCR	310	32,32581	18,18247	1	64
LGDPCCURP	310	9,935859	0,9960447	7,39471	11,78525

Источник: рассчитано автором.

Перед построением группы моделей 1 необходимо отметить специфику расчета индекса DCR: в отличие от прочих переменных модели он рассчитывается в виде ранговой оценки стран, где первые места заняты государствами с наилучшими показателями и возрастание ранга означает ухудшение параметра. В связи с этим положительное влияние DCR на индекс знаний и логарифм ВВП на душу населения в модели

будет сопровождаться коэффициентами с отрицательными знаками. Результаты, полученные при оценке данной модели относительно воздействия прямых и косвенных эффектов, представлены в *таблице 2*. Анализ качества данных, используемых для модели, показан в *таблице 3*. В *таблице 4* отражены результаты тестов Собе-ля и Монте-Карло, а также показатели влияния косвенного эффекта RID и RIT.

Таблица 2. Прямые, косвенные и общие эффекты группы моделей 1

	Прямой эффект	Косвенный эффект	Общий эффект
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0828413***	-	0,0828413***
DCR	-0,0092171***	-0,0363996***	-0,0456167***
KnowledgeIndex <-DCR	-0,4393899***	-	-0,4393899***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,107037***	-	0,107037***
DCRK	0,0043726	-0,0446323***	0,107037***
KnowledgeIndex <- IDCRK	-0,4169802***	-	-0,4169802***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0849766***	-	0,0849766***
DCRT	-0,0084571***	-0,036056***	-0,044513***
KnowledgeIndex <- IDCRT	-0,4243044***	-	-0,4243044***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0741109***	-	0,0741109***
DCRFR	-0,0151047***	-0,0312953***	-0,0464***
KnowledgeIndex <- DCRFR	-0,4222767***	-	-0,4222767***

Примечание: \*\*\* – статистическая значимость на уровне 1%.  
Источник: рассчитано автором.

Таблица 3. Тестирование группы моделей 1 на степень подбора данных

	AIC	BIC	CFI	TLI	R <sup>2</sup>
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCR	4781,138	4807,294	1,000	1,000	0,797
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRK	4881,508	4907,664	1,000	1,000	0,722
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRT	4854,706	4880,862	1,000	1,000	0,739
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRFR	4838,752	4864,908	1,000	1,000	0,747

Источник: рассчитано автором.

Таблица 4. Тестирование группы моделей 1 на эффект медиации

	Тест Собе-ля	Доверительный интервал теста Собе-ля	Тест Монте-Карло	Доверительный интервал теста Монте-Карло	RIT	RID
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCR	-0,664 (0,000)	-0,754; -0,574	-0,663 (0,000)	-0,752; -0,578	0,798	3,949
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRK	-0,818 (0,000)	-0,889; -0,747	-0,817 (0,000)	-0,888; -0,751	1,109	10,207
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRT	-0,654 (0,000)	-0,730; -0,578	-0,653 (0,000)	-0,727; -0,582	0,810	4,263
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex DCRFR	-0,564 (0,000)	-0,636; -0,492	-0,563 (0,000)	-0,634; -0,495	0,674	2,072

Источник: рассчитано автором.

Тестирование всех вышеназванных моделей подтверждает их значимость: значение квадратичной усредненной ошибки аппроксимации RMSEA 0,000 в сочетании с индексом сравнительной пригодности (CFI), равным 1,000, и индексом Такера – Льюиса (TLI), также равным 1,000, показывает хороший подбор данных в модели. Необходимо отметить, что такие результаты ожидаемы, поскольку модель медиации является по условию насыщенной ввиду отсутствия степеней свободы.

При использовании методики medsem тестирование свидетельствует о значимости модели: при значимости теста Собея на 1% уровне методика ВК показывает наличие частичного эффекта медиации. Аналогичный результат дает методика ZLC ( $B = -0,168$  при  $p = 0,002$ ) в сочетании со значимостью теста Монте-Карло ( $-0,664$  в интервале  $-0,754; -0,574$ ). При этом отношение косвенного эффекта к прямому эффекту показывает, что 79,8% эффекта DCR на ВВП на душу населения объясняется индексом знаний. Отношение косвенного эффекта к прямому свидетельствует, что эффект медиации в 3,949 раза больше, чем прямое воздействие DCR на ВВП на душу населения. Как видно из таблицы 2, все связи между показателями модели являются статистически значимыми на уровне 1%. При этом поднятие DCR на одну позицию при прочих равных условиях приведет к приросту ВВП на душу населения на 0,0092%, в то время как с учетом повышение места страны в индексе знаний – на 0,0456167%.

Анализ влияния индекса знаний как медиатора взаимосвязи субиндексов цифровой конкурентоспособности и ВВП на душу населения показал, что в одном случае (субиндекс знаний) имеет место полный эффект медиации: прямое воздействие субиндекса знаний на ВВП не значимо. Это также подтверждается незначимостью теста ВК в сочетании со значимым тестом Собея и незначимостью теста ZLC в сочетании со значимостью теста Монте-Карло.

Данный результат логически ожидаем, поскольку и медиатор, и независимая переменная, по сути, отражают влияние уровня знаний. Остальные две модели с субиндексами цифровой конкурентоспособности говорят о наличии частичного эффекта медиации: развитие показателей, отраженных в субиндексе, оказывает прямое стимулирующее влияние на ВВП, однако в сочетании с увеличением показателя знаний данное влияние значительно возрастает. При этом наибольший косвенный эффект индекс знаний демонстрирует при медиации переменной технологического субиндекса.

#### **Взаимосвязь ВВП с индексом сетевой готовности и эффект медиации индекса знаний**

Группа моделей 2 оценивает влияние индекса знаний как медиатора, влияющего на взаимосвязь между индексом сетевой готовности (NRI), а также составляющих его субиндексов, и логарифмом ВВП на душу населения в текущих долларах по паритету покупательной способности. Набор данных представлен данными 134 стран с 2019 по 2021 год. Описательная статистика набора данных группы моделей 2 представлена в таблице 5. В таблице 6 даны результаты прямых, косвенных и полных эффектов воздействия исследуемых показателей на прирост ВВП на душу населения. В таблице 7 тестируется надежность модели, в таблице 8 отражены результаты тестирования эффекта медиации.

Первоначальная модель, как и в случае с моделью индекса цифровой конкурентоспособности, показывает частичный эффект медиации индексом знаний взаимодействия между индексом сетевой готовности и логарифмом ВВП на душу населения ( $B = 0,715$  при  $p = 0,000$  говорит о незначимости тестов ВК и ZLC). Однако в данной модели эффект медиации значительно меньше: только 24% общего воздействия индекса сетевой готовности на прирост ВВП объясняется влиянием индекса знаний.

Таблица 5. Описательная статистика набора данных группы моделей 2

Переменная	Наблюдения	Средняя	Станд. откл.	Min	Max
KnowledgeIndex	388	48,25928	12,049	19,1	73,6
LGDPCCURP	400	8,871439	1,43553	5,545115	11,78525
NRI	382	51,00377	16,55572	12,33	82,75
Источник: рассчитано автором.					

Таблица 6. Прямые, косвенные и общие эффекты группы моделей 2

	Прямой эффект	Косвенный эффект	Общий эффект
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0280285 ***	-	0,0280285***
NRI	0,0608491***	0,0193397***	0,0801888***
KnowledgeIndex <- NRI	0,6900016***	-	0,6900016***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0487121***	-	0,0487121***
NRItech	0,0406866***	0,0291166***	0,0698031***
KnowledgeIndex <- NRItech	0,5977278***	-	0,5977278***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,1104642***	-	0,1104642***
NRIpe	-0,0006653	0,0014836	0,0008183
KnowledgeIndex <- NRIpe	0,0134306	-	0,0134306*
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0703143***	-	0,0703143***
NRIgov	0,0287304***	0,0425139***	0,0712443***
KnowledgeIndex <- NRIgov	0,6046269***	-	0,6046269***
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex	0,0750205***	-	0,0750205***
NRIimp	0,0294288***	0,0537271***	0,0831559***
KnowledgeIndex <- NRIimp	0,7161661***	-	0,7161661***

Примечание: \*\*\* – статистическая значимость на уровне 1%.  
Источник: рассчитано автором.

Таблица 7. Тестирование группы моделей 2 на степень подбора данных

	AIC	BIC	CFI	TLI	R <sup>2</sup>
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRI	5882,444	5918,412	1,0000	1,0000	0,944
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRItech	6127,883	6163,851	1,0000	1,0000	0,917
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIpe	8239,096	8275,064	1,0000	1,0000	0,021
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIgov	6296,733	6332,701	1,0000	1,0000	0,856
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIimp	6157,316	6193,284	1,0000	1,0000	0,862

Источник: рассчитано автором.

Таблица 8. Тестирование группы моделей 2 на эффект медиации

	Тест Собея	Доверительный интервал теста Собея	Тест Монте-Карло	Доверительный интервал теста Монте-Карло	RIT	RID
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRI	0,227 (0,000)	0,113; 0,341	0,225 (0,000)	0,116; 0,334	0,241	0,318
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRItech	0,388 (0,000)	0,289; 0,488	0,387 (0,000)	0,291; 0,480	0,417	0,716
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIpe	0,092 (0,055)	-0,002; 0,186	0,093 (0,054)	0,000; 0,185	1,813	2,230
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIgov	0,539 (0,000)	0,461; 0,617	0,538 (0,000)	0,462; 0,609	0,597	1,480
LGDPCCURP <- KnowledgeIndex NRIimp	0,580 (0,000)	0,496; 0,664	0,579 (0,000)	0,497; 0,657	0,646	1,826

Источник: рассчитано автором.

Увеличение позиции страны по индексу знаний дает только 0,019% дополнительного прироста ВВП на душу населения, что примерно в 3,18 раза ниже прямого воздействия NRI на ВВП на душу населения.

Анализ остальных субиндексов показал отсутствие эффекта медиации и индекса знаний при воздействии показателя NRIре на ВВП на душу населения. Это подтверждается статистически незначимым косвенным воздействием данного показателя, а также незначимым тестом ВК ( $B = 0,927$  и  $p = 0,000$ ) в сочетании с незначимым тестом Собеля и незначимым тестом ZLC ( $B = -0,041$  и  $p = 0,038$ ) в сочетании с незначимым тестом Монте-Карло. Также отсутствует статистически значимая взаимосвязь между индексом знаний и NRIре. Остальные субиндексы демонстрируют наличие частичного эффекта медиации, причем максимальный косвенный эффект индекс знаний оказывает на субиндекс NRImp: он добавляет 0,053% прироста ВВП на душу населения по сравнению с 0,029% прироста ВВП от прямого воздействия данного показателя. Существенный косвенный эффект оказывает индекс знаний и при влиянии на ВВП субиндекса NRIGov: уровень знаний объясняет 59,7% воздействия общего эффекта показателя на прирост ВВП, который составляет 0,071% и обеспечивает дополнительный прирост ВВП на душу населения в 0,043%. В то же время субиндекс NRItech показывает наименьшее значение косвенного влияния (0,029%), и наибольшее – прямого влияния 0,04% на прирост ВВП на душу населения. Подобное противоречие контрастирует с выводами по первой группе моделей. Причины данного явления будут рассмотрены ниже.

#### **Обсуждение результатов**

Достаточно противоречивые, на первый взгляд, результаты, полученные в результате исследования влияния уровня знаний на техническое развитие с помощью анализа индексов цифровой конкурентоспособности и сетевой готовности, объясняются набором показателей, составляющих оба анализируемых индекса. Первое противоречие заключается в том, что субиндекс уровня знаний (DCRK) говорит об эффекте полной медиации с индексом знаний, в то время как показатель использования сетевых технологий индивидами, биз-

несом и правительствами (NRIре) продемонстрировал отсутствие эффекта медиации. Это различие объясняется составом показателей: если в DCRK они непосредственно относятся к знаниям (публикационная активность, количество выпускников по научным дисциплинам, освоение математических дисциплин, наличие зарубежного опыта, затраты на обучение, количество исследователей и т. д.), то NRIре связан с комплексом более разнообразных показателей, включая количество абонентов широкополосной связи, уровень грамотности, использование соцсетей, наличие инвестиций в высшее образование, телекоммуникации и новые технологии, наличие веб-сайтов у фирм и т. д. Многие эти показатели могут не относиться к знаниям населения самой страны – инвестиции могут идти на закупку и использование зарубежных технологий, веб-сайты – создаваться иностранными специалистами, наличие абонентского доступа и использование соцсетей не требуют высокого уровня знаний. Ввиду этого субиндекс NRIре при прочих равных условиях может быть не связан с наличием высокого уровня знаний в стране, но это также означает, что наличие высоких показателей субиндекса NRIре может необъективно отражать уровень технического развития в стране, особенно в части ее информационной независимости: в международном сообществе в последнее время усиливается давление на оппонентов именно посредством сетевых технологий, соответственно, лишение страны доступа к данным технологиям при условии невозможности самостоятельно разработать их национальные аналоги может серьезно ударить по экономике любого государства. Это не противоречит выводам (Solomon, van Klyton, 2020), где оценивается позитивный прямой эффект от использования ИКТ индивидами, бизнесом и правительством в странах Африки без учета влияния знаний.

Субиндекс «готовность к будущему», также отражающий степень проникновения технологий в жизнь общества (DCRFR), имеет минимальный косвенный эффект влияния на ВВП и максимальный прямой эффект: для проникновения технологий и пользования ими высокий уровень знаний не является необходимым компонентом. Это подтверждает Ибе (Ibe,

2018), говорящий о прямой зависимости между ВВП и проникновением интернет-технологий в экономику африканских стран. Без сомнения, такое влияние цифровых технологий улучшает экономические показатели стран, но не сокращает отставание от мировых лидеров. Об этом говорится в работе (Visco, 2020), в которой недостатком знаний обосновывается цифровое и экономическое отставание Италии от ведущих мировых держав. И наоборот, высокое косвенное влияние на ВВП через знания показывает субиндекс технологий (DCRT). Поскольку в состав показателя помимо количества интернет-абонентов, скорости интернета входят такие переменные, как возможность запуска бизнеса, законодательное регулирование научных исследований и защита прав собственности, доступность кредита, банковских и финансовых услуг, развитие и внедрение технологий и т. п., то наличие развитой сферы знаний и их практическое использование на территории страны становится существенным для повышения влияния данных показателей на экономическое развитие. Возможна также и обратная зависимость: технологическая турбулентность оказывает значительное сдерживающее влияние на взаимосвязь между возможностями цифровых знаний и инновационными возможностями в предпринимательских экосистемах (Chaudhuri et al., 2022).

В случае же NRI субиндекс технологий ориентирован больше на наличие технологий и их доступность, поскольку включает такие показатели, как цены на тарифы, количество посланных СМС, доступ к интернету в школах, количество случаев редактирования Википедии, затраты на компьютерный софт, количество применяемых роботов и т. п. Речь здесь идет о физической и финансовой доступности технологий, кроме того, в индексе не делается различие между национальными и импортными технологиями, а наличие зарубежных технологий может сопровождаться наличием иностранных операторов.

Среди всех компонентов NRI наибольшее косвенное влияние через индекс знаний оказывает субиндекс NRImp. Этот субиндекс объединяет показатели влияния цифровых технологий на экономику, включая экспорт

высоких технологий и ИКТ-услуг, развитие гиг-экономики, внедрение патентов. И данные показатели не могут развиваться без высокого уровня знаний в государстве. Развитие отрасли высоких технологий в целом и цифровых технологий в частности невозможно без развития знаний, что соответствует результатам (Ordieres-Meré et al., 2020). Иллюстрацией нашим выводам служит и исследование (Csóto, 2019), где на примере Венгрии показано влияние разрыва в знаниях на эффективность предоставления государственных услуг в электронном виде. В свою очередь знания позволяют увеличить социально-экономическое развитие страны за счет повышения благосостояния и здоровья населения: как качества и безопасности услуг, в том числе медицины, так и доходов путем роста оплаты квалифицированного труда. Таким образом, развитие цифровизации — не за счет приобретенных технологий, а за счет раскрытия собственного потенциала страны через развитие сферы знаний — способно обеспечить достижение устойчивого экономического роста.

#### **Заключение**

Результаты проведенного исследования показывают важнейшую роль знаний для роста современной цифровой экономики. Наличие технологий как таковых, безусловно, увеличивает благосостояние региона, но не раскрывает его полного потенциала, более того, делает страну зависимой от внешних источников технологий. В связи с этим в цифровой экономике особо высока роль знаний, поскольку именно от них зависит не только развитие национальных высокотехнологических продуктов, но и качество управления, развития сферы услуг, повышение уровня жизни населения на качественном уровне. Крайне важно обратить внимание на комплексное развитие национальной системы образования, позволяющей раскрыть потенциал применения цифровых технологий в экономике. Образование не должно быть ориентированным на сугубо освоение цифровых технологий, но давать комплексное представление о сферах жизнедеятельности человеческого общества, позволяя не только активно осуществлять трудовую деятельность, но и адаптироваться к ее изменению.

Второй важный вывод исследования касается учета развития цифровых технологий и их влияния на национальную экономику. Следует учитывать и анализировать не только количественные, но и качественные показатели использования цифровых технологий, проводить оценку динамики импортных и национальных технологий как по количеству, так и по затратам на их приобретение и обслуживание. Это связано с необходимостью мониторинга и развития национальной системы знаниеемкой продукции, позволяющей достичь устойчивого развития. Именно развитие сферы знаний и национального производства высоких технологий является ключом к преодолению цифрового и впоследствии социально-экономического неравенства между странами мира.

## Литература

- Бучинская О.Н. (2022). Тройственность дивергенции социально-экономического развития в цифровую эпоху // Идеи и идеалы. Т. 14. № 2. Ч. 2. С. 239–260. DOI: 10.17212/2075-0862-2022-14.2.2-239-260
- Литвинцева Г.П., Карелин И.Н. (2020). Эффекты цифровой трансформации экономики и качества жизни населения в России // Terra Economicus. Т. 18 № 3. С. 53–71. DOI: 10.18522/2073-6606-2020-18-3-53-71
- Adeyemi J.O., Oni S. (2021). Realising Sustainable Development Goal 4 in Nigeria: The challenge of digital divide. *Covenant University Journal of Politics & International Affairs (Special Edition)*, 9(1), 121–132.
- Baron R.M., Kenny D.A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173–1182.
- Brooks S., Donovan P., Rumble C. (2005). Developing nations, the digital divide and research databases. *Serials Review*, 31(4), 270–278. DOI: 10.1080/00987913.2005.10765002
- Chan V.W. (2021). Initiative on reducing the “digital divide”. *IEEE Communications Magazine*, 59(5), 4–5. DOI: /10.1109/MCOM.2021.9446683
- Chaudhuri R., Chatterjee S., Vrontis D., Vicentini F. (2022). Effects of human capital on entrepreneurial ecosystems in the emerging economy: The mediating role of digital knowledge and innovative capability from India perspective. *Journal of Intellectual Capital*, (ahead-of-print). DOI: 10.1108/JIC-07-2021-0177
- Chen L.J., Hung H.C. (2016). The indirect effect in multiple mediators model by structural equation modeling. *European Journal of Business, Economics and Accountancy*, 4(3), 36–43.
- Csótó M. (2019). Examining the role of the knowledge gap as a driver towards e-Government service adoption. In: *Central and Eastern European eDem and eGov Days*. DOI: 10.24989/ocg.v335.3
- Cullen R. (2001). Addressing the digital divide. *Online Information Review*, 25(5), 311–320. DOI: /10.1108/14684520110410517
- Danner D., Hagemann D., Fiedle K. (2015). Mediation analysis with structural equation models: Combining theory, design, and statistics. *European Journal of Social Psychology*, 45(4), 460–481. DOI:10.1002/ejsp.2106
- Eichhorn T., Jürss S., Hoffmann C.P. (2022). Dimensions of digital inequality in the sharing economy. *Information, Communication & Society*, 25(3), 395–412. DOI: /10.1080/1369118X.2020.1791218
- Foster, S. P. (2000). The digital divide: some reflections. *The International Information & Library Review*, 32(3-4), 437–451. DOI: 10.1080/10572317.2000.10762529
- Giebel M. (2013). Digital divide, knowledge and innovations. *Journal of Information, Information Technology, and Organizations*, 8, 1–24.
- Gunzler D., Chen T., Wu P., Zhang H. (2013). Introduction to mediation analysis with structural equation modeling. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 25(6), 390–394. DOI: 10.3969%2Fj.issn.1002-0829.2013.06.009
- Ibe G. (2018). Effects of GDP per capita on mobile telecommunication penetration in Sub-Saharan Africa. *Asia and Africa Today*, (4), 68–72. DOI: 10.7868/S0321507518040116
- James J. (2008). The digital divide across all citizens of the world: A new concept. *Social Indicators Research*, 89(2), 275–282. DOI: 10.1007/s11205-007-9156-9
- Jose P.E. (2013). *Doing Statistical Mediation and Moderation*. Guilford Press.

- Mehmetoglu M. (2018). Medsem: A Stata package for statistical mediation analysis. *International Journal of Computational Economics and Econometrics*, 8(1), 63–78.
- Neogi C. (2020). Effect of ICT on the performance of Indian states in terms of human development indices. In: Maiti D., Castellacci F., Melchior A. (Eds.). *Digitalisation and Development*. Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-13-9996-1\_11
- Ogunsola L.A., Okusaga T.O. (2006). Digital divide between developed and less-developed countries: The way forward. *Journal of Social Sciences*, 13(2), 137–146. DOI: 10.1080/09718923.2006.11892542
- Ordieres-Meré J., Prieto Remon T., Rubio J. (2020). Digitalization: An opportunity for contributing to sustainability from knowledge creation. *Sustainability*, 12(4), 1460. DOI: 10.3390/su12041460
- Parsons C., Hick S.F. (2008). Moving from the digital divide to digital inclusion. *Currents: Scholarship in the Human Services*, 7(2), 15892.
- Ragnedda M., Ruiu M.L., Addeo F. (2022). The self-reinforcing effect of digital and social exclusion: The inequality loop. *Telematics and Informatics*, 101852. DOI: 10.1016/j.tele.2022.101852
- Rye S.A. (2008). Exploring the gap of the digital divide. *GeoJournal*, 71(2), 171–184. DOI: 10.1007/s10708-008-9154-8
- Shi D., Lee T., Maydeu-Olivares A. (2019). Understanding the model size effect on SEM fit indices. *Educational and Psychological Measurement*, 79(2), 310–334. DOI: 10.1177/0013164418783530
- Sidorenko A., Findlay C. (2001). The digital divide in East Asia. *Asian-Pacific Economic Literature*, 15(2), 18–30. DOI: 10.1111/1467-8411.00103
- Sobel M.E. (1982). Asymptotic confidence intervals for indirect effects in structural equation models. *Sociological Methodology*, 13, 290–312.
- Solomon E.M., van Klyton A. (2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. *Utilities Policy*, 67, 101104. DOI: 10.1016/j.jup.2020.101104
- Van Deursen A.J., Mossberger K. (2018). Any thing for anyone? A new digital divide in internet-of-things skills. *Policy & Internet*, 10(2), 122–140. DOI: 10.1002/poi3.171
- Van Deursen A.J., Van Dijk J.A. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New Media & Society*, 16(3), 507–526.
- Van Dijk J.A.G.M. (2008). The digital divide in Europe. In: *The Handbook of Internet Politics*. London and New York: Routledge. DOI: 10.4324/9780203962541.ch21
- Visco I. (2020). Economic growth and productivity: Italy and the role of knowledge. *PSL Quarterly Review*, 73(294), 205–224.
- Weston R., Gore Jr P.A. (2006). A brief guide to structural equation modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 719–751. DOI: 10.1177/0011000006286345
- Wu H., Fai Cheung S., On Leung S. (2020). Simple use of BIC to assess model selection uncertainty: An illustration using mediation and moderation models. *Multivariate Behavioral Research*, 55(1), 1–16. DOI: 10.1080/00273171.2019.1574546
- Yu B., Ndumu A., Mon L.M., Fan Z. (2018). E-inclusion or digital divide: An integrated model of digital inequality. *Journal of Documentation*, 74(3), 552–574. DOI: 10.1108/JD-10-2017-0148
- Zhao X., Lynch Jr J.G., Che Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*, 37(2), 197–206. DOI: 10.1086/651257

### Сведения об авторе

Ольга Николаевна Бучинская — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики, УрО РАН (620014, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: buchinskaia.on@uiec.ru)

Buchinskaya O.N.

## Knowledge as a Mediator in the Relationship between Digital and Economic Development

**Abstract.** Modern development of the digital economy urges society to address not only the global issue of socio-economic inequality, but also the problem of digital inequality, since the level of development of digital technology largely affects labor productivity and, accordingly, national GDP. In this dichotomy of inequality, the sphere of knowledge plays an important role, since it is knowledge that allows us to unlock the full potential of digital technology for the economic system. The aim of the work is to identify the role of knowledge as a mediator in the relationship between the level of development of digital technology and GDP in different countries. The study used data from the Global Knowledge Index, Network Readiness Index and Digital Competitiveness Ranking in their relationship with GDP per capita. We analyzed the results of two models containing data sets for 64 countries for five years and 134 countries for three years; thus, we revealed the influence of the digital competitiveness and network readiness indices, as well as their constituent sub-indices characterizing certain aspects of development of the digital economy, on GDP. Scientific novelty of the study consists in the fact that it reveals the absence of the influence of knowledge on the relationship between GDP per capita and the penetration of digital technology into the national economy. We prove that indicators based on the spread and penetration of technology into the economy cannot objectively reflect the possibilities of economic development in the process of digitalization. It is necessary to focus on indicators reflecting the development and dissemination of national technologies; this requires an increase in the level of knowledge. We find that the level of knowledge development has a significant impact on the possibility of using digital technology to achieve the goals of sustainable development and organize effective management of digitalization. Otherwise, the impact of digital technology on economic development will be much less than the potentially possible level. The results of our study can be used by national governments to develop a strategy to overcome the digital divide and bridge a socio-economic gap between countries.

**Key words:** economic inequality, digital divide, knowledge gap, digital economy, digitalization, socio-economic development, sustainable development, mediation effect.

### Information about the Author

Olga N. Buchinskaia – Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: buchinskaia.on@uiec.ru)

Статья поступила 11.04.2022.