

Е.А. Пономарева
ИКНД РАНХиГС, Москва

Цифровизация экономики как движущая сила экономического роста: только ли инфраструктура имеет значение?¹

Аннотация. Развитие цифровых технологий приводит к значительным изменениям во всех секторах экономики. Однако цифровая трансформация является сложным процессом, зависящим от таких различных факторов, как наличие цифровой инфраструктуры, степень готовности цифровых технологий, наличие квалифицированных кадров, способных не только собирать данные, но и выявлять в них зависимости и использовать результаты для повышения производительности и масштабирования различных видов деятельности. В период пандемии коронавируса актуальность внедрения цифровых технологий возрастает ввиду необходимости социального дистанцирования, в том числе исключения человека из отдельных этапов производства, а также координации большого числа людей и устройств, не привязанных к какому-либо конкретному рабочему месту. В настоящей статье рассматривается влияние развития цифровых технологий на макроэкономические параметры, в частности на выпуск экономики, при помощи анализа системы одновременных уравнений, учитывающих не только производственную функцию экономики в целом, но и равновесие на рынке услуг сектора информационно-коммуникационных технологий на основе данных по регионам России. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что наряду с возможностью использования услуг широкополосного доступа к сети Интернет имеет значение и качество его использования: 1% роста числа абонентов широкополосного доступа к сети Интернет в среднем приводит к 0,1% приросту выпуска. Кроме того, повышение интенсивности использования цифровых технологий на 1% приводит к дополнительному приросту выпуска на 0,05%.

Ключевые слова: *цифровая экономика, экономический рост, новые технологии, сектор ИКТ, онлайн-платформы.*

Классификация JEL: C33, L96, O47, R58.

DOI: 10.31737/2221-2264-2021-51-3-3

Введение

Развитие и внедрение цифровых технологий влияет не только на сектор информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), хотя, безусловно, он является одной из значимых составляющих цифровой экономики, но и на все остальные отрасли, так как понятие цифровой трансформации может применяться вне зависимости от рассматриваемого объекта – компании, отрасли, региона. Общеизвестное определение цифровой трансформации отсутствует. В рамках настоящей статьи под цифровой трансформацией компании (отрасли, региона, страны) будет пониматься такое преобразование способов взаимодействия людей, машин, предприятий, государства на основе анализа данных, которое приводит к существенным изменениям в поведении людей, бизнес-процессах и бизнес-моделях и перемещению стоимости в экономике.

¹ Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАН ХиГС в 2021 г.

Цифровая трансформация является комплексным процессом и в настоящее время оценивается лишь относительно, например через использование матриц цифровой зрелости или с использованием таких прокси-переменных, как число абонентов, имеющих широкополосный доступ к сети Интернет. Однако первый подход не обеспечивает сопоставимости объектов между собой, а второй – не в полной мере учитывает влияние цифровой экономики, так как описывает преимущественно динамику развития сектора ИКТ. В настоящей работе делается попытка усовершенствовать методологию, включив в теоретическую модель исследования не только доступность ИКТ-услуг, но и интенсивность их использования.

Работа посвящена анализу процессов и движущих сил цифровой трансформации путем эконометрического анализа данных по регионам России. Работа организована следующим образом: в первой части проводится обзор мировых исследований влияния цифровой трансформации на макроэкономические параметры и особенностей данного процесса. Во второй части на основе исследовательских гипотез предлагается формулировка теоретической модели исследования, проверка и анализ результатов которой проводится в третьей части. В заключение приводятся рекомендации для формирования экономической политики в отношении развития цифровой экономики.

1. Особенности измерения влияния цифровой экономики на макроэкономические параметры

Существует несколько особенностей процесса цифровой трансформации, которые накладывают ограничения на оценку влияния развития цифровых технологий на макроэкономические параметры развития страны в целом и отдельных регионов. Можно выделить прямые, проявляющиеся непосредственно в результате внедрения цифровых технологий (рост капитала в секторе информационно-коммуникационных технологий, увеличение доли выпуска цифровых товаров и услуг в экономике) и косвенные (реорганизация бизнес-моделей с использованием цифровых, например, платформенных решений, появление рынков принципиально новых товаров, например, беспилотных автомобилей) эффекты цифровой трансформации (см., например, (Hernandez et al., 2016) и исследование (KPMG, 2012)).

Существуют отраслевые особенности процессов цифровой трансформации фирм. Они обусловлены спецификой сложившихся в отраслях цепочек добавленной стоимости, а также особенностями применения цифровых технологий в данных отраслях. Например, технология распределенных реестров может использоваться как на финансовых рынках, так и в работе логистических платформ. Однако ее применение в этих отраслях может иметь различное влияние как на эффективность работы отрасли, так и на изменение ее структуры

(Carlsson, 2004; Hirt, Willmott, 2014; Vu, 2011; Brynjolfsson, McAfee, Spence, 2014; Hernandez et al., 2016; Smith, Bailey, Brynjolfsson, 1999).

Помимо этого существуют особенности процесса цифровой трансформации, определяющиеся спецификой объекта трансформации, — страны, региона, отрасли, компании. Несмотря на то что цифровые технологии, позволяющие реализовать модель управления, основанную на анализе данных, являются сквозными, особенности их применения на каждом объекте зависят от текущего уровня автоматизации (цифровизации), специфики собираемых данных и работы с ними. Например, значительное число исследователей отмечают большую важность процессов внедрения цифровых технологий в странах, находящихся на более высоком уровне развития (см., например, (Nottebohm, Manyika, Bughin et al., 2012; Koutroumpis, 2009) и др.).

Внедрение цифровых технологий в экономике приводит к существенному изменению благосостояния всех ее агентов (потребителей, компаний и государства) вследствие сокращения транзакционных издержек взаимодействия между различными агентами, повышения производительности различных отраслей (и, как следствие, повышения их выпуска), изменения организационных и бизнес-моделей производства и предоставления товаров и услуг, появления новых и качественного изменения уже существовавших на рынках товаров и услуг. ВВП, и как следствие совокупная факторная производительность (далее — СФП), дают смещенные оценки благосостояния экономических агентов, так как эти показатели никак не учитывают (учитывают по нулевой стоимости) производство условно-бесплатных товаров и услуг (например, различные виды рекламы), географическую структуру производства и цепочек добавленной стоимости (ВВП учитывает стоимость конечных товаров и услуг, произведенных на территории конкретной страны), не учитывает изменения качества товаров и услуг (к таким товарам в большинстве случаев относятся товары ИКТ — компьютеры и комплектующие, мобильные телефоны и смартфоны и прочие товары), а также может не в полной мере учитывать затраты на промежуточную продукцию (маркетинг, рекламу, программное обеспечение и прочие виды продукции и услуг) (Varian, 2016). В результате рост проникновения цифровых технологий в отрасли экономики ассоциируется с отсутствием роста СФП (ввиду указанных выше недостатков ВВП как меры благосостояния агентов в экономике). Помимо этого, ввиду неучтенного роста качественных характеристик производимых товаров, рассчитываемые на основе ВВП ценовые индексы на товары и услуги цифровой экономики завышаются. В экономической теории данный парадокс называется парадоксом производительности Солоу².

Количественная эконометрическая оценка влияния процессов развития цифровой экономики на ключевые макроэкономические показатели чаще всего связана с проблемой эндогенности. Связь роста ВВП с развитием цифровой экономики является двухсторонней, так

² Так как Р. Солоу принадлежит фраза «We see computers everywhere except the productivity statistics» («Мы видим компьютеры везде, кроме статистики») в смысле применения (для расчетов) совокупной факторной производительности.

как страны, находящиеся на более высоком уровне развития, могут осуществлять большие инвестиции в цифровую экономику. В то же время более интенсивное внедрение цифровых товаров, услуг и технологий приводит к более высоким результатам с точки зрения экономического роста. В результате можно выделить два основных подхода к оценке взаимного влияния уровня развития страны и цифровой экономики. Первым подходом является оценка одновременных уравнений, включающих производственную функцию в экономике в целом, спрос и предложение услуг инфраструктуры ИКТ, а также производственную функцию инфраструктуры ИКТ. Второй подход предполагает использование метода инструментальных переменных с определением в качестве инструмента показателя, характеризующего уровень распространения товаров/услуг/технологий цифровой экономики и не оказывающий существенного влияния на изменения ВВП.

Ключевой проблемой количественной оценки влияния развития цифровой экономики на ВВП стран является отсутствие единого определения данного понятия и международно признанной методологии расчета вклада цифровой экономики в ВВП.

Особенностью настоящей работы является учет не только доступности ИКТ-инфраструктуры, но и интенсивности применения ее услуг, в качестве прокси-переменной для которой был взят индекс пользовательских запросов к Единой платформе государственных услуг Российской Федерации в региональном разрезе³.

Учитывая ограниченность доступной в открытых данных статистической информации относительно развития цифровой экономики и сектора ИКТ⁴ и наличие проблемы эндогенности при анализе взаимосвязи экономического роста с развитием цифровой экономики, наиболее актуальным является подход с использованием оценки одновременных уравнений, который можно найти в работе (Koutroumpis, 2009). Автор оценивал систему уравнений, которая включала производственную функцию для экономики в целом, уравнения спроса и предложения на услуги инфраструктуры ИКТ и уравнение, определяющее динамику предложения услуг инфраструктуры ИКТ в зависимости от стоимости предоставляемых ею услуг. В соответствии с предположениями автора спрос на услуги инфраструктуры ИКТ должен зависеть от ВВП на душу населения, стоимости стандартизированной услуги инфраструктуры ИКТ, уровня образования населения⁵, доли населения, живущего в регионах с повышенной плотностью населения, а также от совокупной доли затрат на исследования и разработки; уравнение предложения услуг инфраструктуры ИКТ от государственного

³ В связи с пандемией коронавируса и объявлением о выплатах пособий семьям с детьми в мае 2020 г. индекс пользовательских запросов к платформе был максимальным во всех регионах и равен 100, что обеспечивает сопоставимость данного показателя между регионами с учетом их размера (численности населения с детьми).

⁴ Выделение компоненты затрат на ИКТ по отдельным странам возможно только для стран, для которых существуют сопоставимые таблицы «Затраты – выпуск» (например, таблицы, отражающие структуру потребления товаров и услуг одних видов деятельности другими, WIOD/NIOT) либо информация о компонентах добавленной стоимости по отдельным отраслям/видам деятельности в ВВП (например, с помощью базы данных KLEMS). Перечень стран и временной горизонт, для которых доступ к соответствующей информации существенно ограничен.

⁵ Населения, получившего две ступени образования.

бюджетного дефицита, который может существенным образом влиять на уровень частных и государственных инвестиций в ИКТ, и стоимости стандартизированной услуги инфраструктуры ИКТ.

2. Модель исследования

Для Российской Федерации отсутствуют оценки влияния развития сектора ИКТ и решений цифровой экономики, в том числе развития цифровых платформ, на такие макроэкономические параметры, как выпуск экономики и совокупная факторная производительность. В то же время анализ литературы по данному вопросу позволяет выдвинуть две группы гипотез. К первой группе относятся содержательные гипотезы, характеризующие взаимное влияние развития сектора ИКТ и уровня развития экономики⁶:

- выпуск экономики положительно зависит от запаса капитала и труда в экономике, при этом важно различать качество используемых ресурсов: квалифицированный труд и капитал ИКТ должны сильнее влиять на динамику выпуска по сравнению с трудовыми ресурсами низкой квалификации (например, не обладающими цифровой грамотностью) и иными видами капитала (например, зданиями и сооружениями), так как первые являются более производительными⁷;
- спрос на услуги ИКТ растет по мере роста числа абонентов фиксированной широкополосной связи и сокращается с ростом стоимости этих услуг;
- предложение услуг ИКТ определяется наличием доступа к соответствующей ИКТ-инфраструктуре и растет по мере роста стоимости соответствующих услуг;
- помимо доступности ИКТ-инфраструктуры существенное влияние на выпуск экономики может оказывать интенсивность ее использования, которая, в частности, может быть измерена интенсивностью применения различных решений цифровой экономики;
- рынок ИКТ-услуг должен находиться в равновесии спроса и предложения.

Вторая группа гипотез является технической и служит для учета факторов, не относящихся напрямую к сектору ИКТ, однако влияющих на спрос и предложение услуг ИКТ и динамику числа абонентов широкополосного доступа к Интернет:

- спрос на услуги ИКТ положительно зависит от размера доходов в экономике региона, доли населения, живущего в городах, и доли населения, имеющего образование выше среднего общего (эти факторы определяют цифровую грамотность насе-

⁶ При этом важно учитывать взаимное влияние динамики функционирования отрасли ИКТ на уровень развития экономики, что требует построения системы одновременных уравнений, описывающих такую взаимозависимость.

⁷ При эмпирической проверке данной гипотезы возможна раздельная проверка влияния традиционного капитала и капитала ИКТ, а также оценка влияния трудовых ресурсов с учетом их квалификации посредством введения в регрессионное уравнение таких параметров, как средний уровень образования, доля инвестиций в ИКТ в общих инвестициях компаний в уравнении производственной функции. Можно ожидать, что коэффициенты влияния соответствующих факторов (труда и капитала – с учетом их качества) на выпуск будут различаться в соответствии с их производительностью.

ления, а следовательно, возможности использования данных услуг). Также положительно на спрос на услуги ИКТ может влиять общий уровень технологического развития, динамика которого определяется динамикой затрат на НИОКР (так как внедрение новых технологий часто связано с приемом и передачей данных с использованием Интернет);

- на предложение ИКТ-услуг положительно влияет уровень региональных доходов, который определяет возможности развития экономики региона, в том числе объемы бюджетных средств, выделяемых на строительство инфраструктуры широкополосного доступа;
- модели развития регионов различаются по природно-климатическим, географическим и другим условиями⁸;
- динамика выпуска всех отраслей экономики, в том числе сектора ИКТ, будет меняться со временем. Она определяется прежде всего используемой технологией производства, т.е. комбинацией факторов производства.

Подходы, используемые в экономической литературе, чаще всего сосредоточены на изучении только одного из каналов взаимосвязи макроэкономических параметров развития страны, чаще всего ВВП или совокупной факторной производительности и развития цифровой экономики. В качестве прокси для описания динамики последней используется число абонентов широкополосного доступа (далее – ШПД) в Интернет. Например, см. страновые и межстрановые исследования (Crandall, Lehr, Litan, 2007; Feng, Yuan, 2013; Katz et al., 2010; Scott, 2012; Czernich et al., 2011; Roller, Waverman, 2001), а также интегральные индексы, характеризующие различные аспекты развития и использования цифровых технологий (Evangelista, Guerrieri, Meliciani, 2014). При этом такая методология не учитывает возможной проблемы эндогенности: использование цифровых технологий способствует экономическому росту, а рост доходов приводит к увеличению инвестиций в новые технологические решения.

Исходя из сказанного, теоретическую модель исследования можно сформулировать в виде:

$$\begin{aligned} \log(GRP_{it}) = & a_0 + a_1 \log(K_{it}) + a_2 \log(LF_{it}) + a_3 \log(PEN_{it}) + \\ & + a_4 \log(PEN_{it}D_MS_i) + a_5 \log(PEN_{it}D_AIRR_i) + \\ & + a_6 \log(EDU_{it}) + a_7 \log(Platform_{it}) + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \log(PEN_{it}) = & b_0 + b_1 \log(GRPC_{it}) + b_2 \log(BBPr_{it}) + b_3 \log(EDU_{it}) + \\ & + b_4 \log(URB_{it}) + b_5 \log(RND_{it}) + \sum_{j=1}^{72} b_{5+j} D_reg_j + \delta_{it}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\log(BBI_{it}) = c_0 + c_1 \log(BBPr_{it}) + c_2 \log(GDPC_{it}) + \sum_{j=1}^{72} c_{2+j} D_reg_j + \theta_{it}, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{PEN_{it}}{PEN_{it-1}}\right) = & d_0 + d_1 \log(BBI_{it}) + d_2 \log(EDU_{it}) + \\ & + d_3 D_MS_i + d_4 D_AIRR_i + \omega_{it}, \end{aligned} \quad (4)$$

⁸ Чаще всего они со временем не меняются.

где i – номер региона; t – период; GRP_{it} – валовой региональный продукт (ВРП); $GRPC_{it}$ – ВРП на душу населения; K_{it} – инвестиции в капитал ИКТ (накопленным итогом); LF_{it} – доля занятого населения в возрасте 15–72 лет; PEN_{it} – число абонентов с широкополосным доступом к Интернету на 100 человек населения; EDU_{it} – число людей с образованием не ниже среднего профессионального на 100 человек населения в возрасте 24–60 лет; $BBPr_{it}$ – стоимость услуг доступа в Интернет за 1 Мбит/с; URB_{it} – число людей, живущих в городах; RND_{it} – доля затрат НИОКР в ВРП; BBI_{it} – затраты на ИКТ (накопленным итогом); $Platform_{it}$ – показатель, характеризующий интенсивность использования цифровых платформ (число запросов на сайт государственных услуг Российской Федерации); D_MS_i – фиктивная переменная для городов с высокими агломерационными эффектами (Москва и Санкт-Петербург); D_AIRR_i – фиктивная переменная для регионов Ассоциации инновационных регионов России (далее – АИРР); D_reg_i – фиктивная переменная, учитывающая индивидуальные эффекты (неизменные во времени особенности)⁹. В уравнения (1) и (4) фиктивные переменные на каждый регион не включались, ввиду того что устойчивые во времени особенности регионов существенно влияют на процессы проникновения и использования доступа в Интернет, но в меньшей степени влияют на процесс прироста числа абонентов¹⁰, а также на процесс производства¹¹.

3. Анализ влияния развития цифровой экономики на макроэкономические параметры

Для оценки влияния показателей развития цифровой экономики на ключевые макроэкономические показатели на межстрановом уровне использовалась модель одновременных уравнений (1)–(4). Оценка проводилась на данных по 72 регионам РФ за 2011–2018 гг. с учетом их панельной структуры¹², источники данных приведены в Приложении. Также проведена оценка модели (1)–(4) для сравнения полученных результатов и определения важности включения в эконометрическую

⁹ Включение этих переменных позволяет учесть панельную структуру данных и неизменные во времени характеристики регионов, влияющие на оценки соответствующих уравнений (например, особенности географического положения и природно-климатические условия, влияющие на сложность и стоимость реализации проектов строительства инфраструктуры ИКТ). Реализованные в стандартных статистических пакетах методы оценки одновременных уравнений не позволяют оценивать модели с фиксированными и случайными эффектами. Идентификатор региона принимает значения от 1 до 72 (учитывались данные по всем регионам РФ, за исключением Брянской, Ивановской, Калининградской, Липецкой, Омской областей, Чукотского автономного округа, Камчатского и Пермского краев, г. Севастополя и Республики Крым; автономные округа – Ненецкий, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий – учитывались в составе соответствующих областей). При суммировании этих эффектов в уравнениях (2) и (3) символ i заменен на j .

¹⁰ Данный процесс скорее зависит от наличия у населения необходимых навыков для подключения (цифровой грамотности) и наличия точки доступа к Интернету.

¹¹ Региональные различия в производстве обусловлены структурой экономик регионов. В настоящее время наиболее интенсивно процессы цифровой трансформации идут в секторах услуг (финансовых, образовательных, услугах транспорта и логистики, услугах ИКТ), а также в секторе строительства, энергетики и некоторых других. Перечисленные сектора в наибольшей степени сконцентрированы в крупных городах, что учитывается в уравнении (1) включением произведений числа абонентов широкополосного доступа к Интернету (ШПД) к сети Интернет на дамми-переменные регионов с высокими агломерационными эффектами и регионов АИРР.

¹² Для этого в уравнения были включены региональные дамми-переменные, учитывающие не меняющиеся во времени особенности субъектов Российской Федерации.

модель показателя, характеризующего интенсивность использования ИКТ-инфраструктуры посредством дополнения набора объясняющих переменных нормированного показателем числа запросов на Единый портал государственных услуг Российской Федерации.

Выбор регионов обусловлен доступностью данных, прежде всего данных о ценах на услуги связи¹³ либо всех рядов данных до определенного момента. Например, в российской статистике отсутствуют данные по г. Севастополь и Республике Крым до 2014 г., а также данные по Брянской, Ивановской, Калининградской, Липецкой, Омской областям, Чукотскому автономному округу, Камчатскому и Пермскому краям. Выбор анализируемого промежутка времени также обусловлен доступностью данных, в частности, на момент анализа данные по валовому региональному продукту (ВРП) были доступны до 2018 г., а данные о доле населения, проживающего в муниципальных образованиях, доступны с 2011 г.¹⁴ Анализ статистической информации о структуре затрат компаний¹⁵ по основным отраслям экономики 2011–2018 гг. свидетельствует об отсутствии в ней сильных изменений на анализируемом интервале времени. При этом в 2014–2015 гг. произошли существенные изменения в обменном курсе рубля, что повлияло на стоимость импорта и процессы импортозамещения во всех отраслях экономики¹⁶. Эти изменения были дополнительно учтены при оценке модели путем включения в уравнения дамми на период 2015–2018 гг., а также значения номинального эффективного обменного курса¹⁷ за весь анализируемый промежуток времени.

Перед проведением оценок предложенная по итогам анализа международного опыта система уравнений (1)–(4) была проверена на исполнение условий порядка и ранга, определяющих возможность идентификации уравнений. В модели – четыре эндогенных переменных и 84 (с учетом 71 региональных дамми-переменных) экзогенных. Для этого была составлена матрица коэффициентов при эндогенных и экзогенных переменных рассматриваемой системы уравнений. При условии, что хотя бы один из коэффициентов c_1 и c_2 и один из коэффициентов d_1 и d_2 значимы, условия ранга выполняются как равенства, а условия порядка – как неравенства, т.е. уравнения (1)–(4) являются сверхидентифицируемыми. Это приводит к необходимости выбора соответствующего метода оценивания, например метода трехшагового МНК (3SLS).

Оценки модели (1)–(4) для случаев с учетом и без учета индивидуальных особенностей отдельных регионов (городов федерального значения, а также регионов, входящих в Ассоциацию инновационных регионов России (АИРР)).

¹³ Для части регионов отсутствует весь временной ряд данных за 2011–2018 гг.

¹⁴ В качестве данных, соответствующих 2011 г., использовались данные соответствующего сборника Росстата на Январь 2012 г.

¹⁵ Данные формы статистического наблюдения Росстата «1-предприятие». Фактически эти данные позволяют судить о технологических изменениях и структуре производственной функции.

¹⁶ В соответствии с интенсивностью использования импортных комплектующих и оборудования.

¹⁷ Рост данной переменной соответствует укреплению рубля.

Таблица

Оценки моделей (1)–(4) с использованием трехшагового МНК

Уравнение / объясняющая переменная	Модель (1)–(4)			
	без использования региональных дамми	с использованием региональных дамми	с использованием региональных и временной дамми	с использованием региональных дамми и номинального эффективного обменного курса рубля
Производственная функция на уровне экономики (зависимая переменная: ВРП)				
Основной капитал	0,69***	0,69***	0,69***	0,69***
Численность занятых	0,38***	0,34***	0,34***	0,34***
Число абонентов широкополосного доступа (далее – ШПД) к сети Интернет	0,10***	0,14***	0,13***	0,14***
Число абонентов ШПД к Интернет, умноженное на идентификатор регионов с высокими агломерационными эффектами	–	0,10***	0,10***	0,10***
Число абонентов ШПД к сети Интернет, умноженное на идентификатор региона АИРР	–	–0,00	–0,00	–0,00
Число людей с образованием не ниже среднего профессионального на 100 человек в возрасте 24–60 лет	0,40***	0,23***	0,24***	0,24***
Интенсивность использования платформ	0,07***	0,05***	0,05***	0,05***
Дамми на период 2015–2018 гг.	–	–	–0,01*	–
Номинальный эффективный обменный курс	–	–	–	0,00***
Константа	2,24***	2,63***	2,62***	2,59***
R ²	0,98	0,98	0,98	0,98
Спрос на услуги ИКТ-инфраструктуры (зависимая переменная: число абонентов ШПД к Интернет)				
ВРП на душу населения	0,96***	0,98***	0,42***	0,47***
Тарифы фиксированного ШПД к сети Интернет	–0,12***	–0,12***	–0,10	–0,11*
Число людей с образованием не ниже среднего профессионального на 100 человек в возрасте 24–60 лет	1,83***	1,82***	1,65***	1,68***
Доля городского населения	2,50***	2,47***	2,09***	2,12***
Доля затрат на НИОКР в ВВП	–0,04	–0,04	–0,04	–0,04
Дамми на период 2015–2018 гг.	–	–	0,08***	–
Номинальный эффективный обменный курс	–	–	–	–0,00***
Дамми на регионы	+ ¹⁸	+ ¹⁴	+ ¹⁴	+ ¹⁴
Константа	–11,19***	–11,23	–7,43***	–7,59***
R ²	0,91	0,91	0,93	0,93

¹⁸ Коэффициенты при большей части региональных дамми-переменных значимы на уровне 1%.

Окончание таблицы

Уравнение / объясняющая переменная	Модель (1)–(4)			
	без использования региональных дамми	с использованием региональных дамми	с использованием региональных и временной дамми	с использованием региональных дамми и номинального эффективного обменного курса рубля
Предложение услуг ИКТ-инфраструктуры (зависимая переменная: индекс развития ИКТ-инфраструктуры)				
Тарифы фиксированного ШПД к Интернет	–0,15	–0,15	–0,07	–0,11
ВРП на душу населения	3,39***	3,41***	1,06***	1,04***
Дамми на период 2015–2018 гг.	–	–	0,29***	–
Номинальный эффективный обменный курс	–	–	–	–0,01***
Дамми на регионы	+ ¹⁴	+ ¹⁴	+ ¹⁴	+ ¹⁴
Константа	–11,26***	–11,42***	0,67	1,67*
R ²	0,93	0,93	0,97	0,98
Производственная функция сектора ИКТ (зависимая переменная: рост числа абонентов ШПД к Интернет по сравнению с предыдущим периодом)				
Индекс развития ИКТ-инфраструктуры	–0,17	–0,07	–0,06	–0,08
Число людей с образованием не ниже среднего профессионального на 100 человек в возрасте 24–60 лет	13,31***	13,51***	13,69***	13,77***
Дамми на период 2015–2018 гг.	–	–	–0,27*	–
Номинальный эффективный обменный курс	–	–	–	0,01*
Дамми на регионы с высокими агломерационными эффектами	–	0,56	0,58	0,57
Дамми на регионы АИРР	–	0,20	0,21	0,21
Константа	–22,75	–23,85***	–24,08***	–24,85***
R ²	0,13	0,13	0,14	0,14

Примечание. В таблице символами «*», «**», «***» отмечены оценки, значимые на уровне 10, 5 и 1% соответственно. Приведенные коэффициенты детерминации (R²) соответствуют сквозной регрессии с региональными дамми-переменными.

Источник: расчеты автора.

Таким образом, эконометрическая оценка позволила количественно сформировать уравнения производственной функции на уровне экономики, а также уравнения спроса и предложения услуг ИКТ-инфраструктуры. Полученные оценки позволяют сделать следующие содержательные выводы на уровне регионов РФ и определить отвергаемые и неотвергаемые гипотезы.

Во-первых, наличие статистически значимого взаимного влияния между уровнем развития страны (ВРП и ВРП на душу насе-

¹⁹ В зависимости от спецификации оцениваемой модели.

ния) и уровнем распространения услуг ШПД и интенсивностью их использования.

Во-вторых, повышение уровня распространения услуг фиксированного ШПД на 10% приводит к росту ВВП на 1,0–1,4%¹⁹. При этом влияние распространения услуг фиксированного ШПД между регионами различается: в регионах с крупными агломерациями (Москва, Санкт-Петербург, Московская область) по сравнению с другими регионами данное влияние ниже в среднем на 0,4% в случае роста уровня распространения услуг ШПД к Интернету на 10%). Этот эффект может быть связан с тем, что в более крупных регионах инфраструктура ШПД была построена раньше по сравнению с регионами, запускающими процессы цифровой трансформации, и положительные сетевые эффекты ее использования уже давно проявились. Как и предполагалось, на рост ВРП влияет не только увеличение числа абонентов фиксированного ШПД, но и интенсивность использования цифровых сервисов (в качестве прокси, для динамики которых использовался показатель интенсивности использования платформ). Увеличение интенсивности использования платформ на 10% будет приводить к дополнительному росту ВВП на 0,5%.

В-третьих, рост ВРП на душу населения на 10% приводит к росту распространения услуг фиксированного ШПД на 4,2–9,6%²⁰. Это связано с тем, что в регионах с более высоким ВРП на душу населения (помимо Москвы, Санкт-Петербурга, это преимущественно регионы Западной Сибири с развитым добывающим сектором) больше возможностей для инвестирования в ИКТ-инфраструктуру.

В-четвертых, коэффициенты при переменных долях затрат на НИОКР и долей городского населения в соответствующих регионах в большинстве оцененных спецификаций оказались незначимыми, что означает независимость регионального спроса на услуги ИКТ от таких характеристик, как вовлеченность региона в процессы научной деятельности²¹.

В-пятых, другие постоянные факторы выделенных региональных групп (регионов с высокими агломерационными эффектами и регионов АИРР), например климатические и географические условия как неявные характеристики стоимости строительства инфраструктуры, характеризующие соответствующими дамми-переменными, также будут значимо влиять на предложение услуг ИКТ-инфраструктуры и производственную функцию сектора ИКТ. Включение региональных дамми-переменных в уравнения спроса и предложения на услуги сектора ИКТ также позволяет учесть региональные особенности развития этой отрасли.

В-шестых, предложение услуг ИКТ-инфраструктуры в значительной степени зависит от доходов (ВРП) региона на душу насе-

²⁰ Аналогично, в зависимости от оцениваемой спецификации.

²¹ Это можно объяснить преимущественно наличием технологического отставания российских цифровых технологий от мировых решений в этой области (например, см. «Дорожные карты» развития сквозных цифровых технологий, которые формируют представление о текущем уровне развития технологий и содержат перечень задач, которые необходимо решить, и перечень необходимых для этого инструментов, см. подробнее официальный сайт Национальной программы «Цифровая экономика» <https://digitech.ac.gov.ru/technologies/>).

ния, что свидетельствует о более интенсивном развитии сектора ИКТ (включая его инфраструктуру) в регионах с более высокими доходами. Увеличение этого показателя на 10% приводит к росту предложения услуг ИКТ-инфраструктуры на 10,4–34,1%²², при этом учет региональных особенностей посредством включения дамми-переменных в модель свидетельствует о важности регионального финансирования и участия регионов в процессах цифровой трансформации ключевых отраслей.

В-седьмых, на процесс использования услуг ШПД к сети Интернет влияет цифровое неравенство – в регионах с большей долей городского населения число абонентов выше. Аналогичным образом влияет и уровень образования – увеличение доли населения с образованием не ниже среднего профессионального приводит к росту спроса на услуги ШПД к Интернету и стимулирует дальнейший прирост числа абонентов.

Кроме того, в модели (1)–(4) переменная, отражающая динамику тарифов на услуги фиксированного ШПД, незначимо влияет на объем предложения услуг инфраструктуры ИКТ, что может быть связано с высокой степенью регулирования услуг данной отрасли.

С точки зрения временной динамики предложения услуг ИКТ-инфраструктуры (см. таблицу, блок «Предложение услуг ИКТ-инфраструктуры») изменения курсов 2014–2015 гг. существенно повлияли на все отрасли экономики, в том числе ИКТ. Кроме того, после 2015 г. процесс подключения абонентов к широкополосному доступу к Интернет (данный процесс обычно называется сокращением цифрового неравенства) интенсифицировался (коэффициенты при временной дамми-переменной в уравнениях спроса и предложения услуг ИКТ-инфраструктуры положительны). При этом темп роста числа абонентов ШПД к сети Интернет со временем замедлялся, так как коэффициент при соответствующей дамми-переменной в уравнении производственной функции сектора ИКТ отрицательный.

Таким образом, большинство из сформулированных в начале основных содержательных гипотез подтвердилось. В целом можно утверждать, что процессы сокращения цифрового неравенства между российскими регионами существенно влияют на уровень их экономического развития. Кроме того, следует отметить, что важно не просто обеспечение населению возможности доступа к Интернету²³, но и его производительное использование – вовлечение населения в процесс получения товаров и услуг онлайн (например, услуг образования, финансовых, государственных и других услуг, покупки товаров через Интернет). Существенно влияет на эти процессы уровень региональных расходов на строительство ИКТ-инфраструктуры. При этом одним из наиболее важных факторов спроса на услуги ИКТ является уровень образования населения (как прокси для населения, обладающего цифровой грамотностью).

²² В зависимости от используемой спецификации модели.

²³ Один из показателей национальной цели «Цифровая трансформация» в Указе Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» сформулирован как «рост доли домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", до 97 процентов».

4. Рекомендации для формирования экономической политики на основе проведенного анализа

Исходя из полученных количественных результатов, можно сделать следующие выводы для региональной политики в области развития цифровой экономики в России. Влияние распространения услуг ШПД к сети Интернет на региональный выпуск различается по регионам: в регионах с крупными агломерациями (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская область) в настоящее время наблюдаются наиболее сильные эффекты распространения услуг ШПД (в том числе благодаря сетевым эффектам). В других регионах данное влияние слабее, что может быть обусловлено как экономическими факторами (отсутствием достаточного количества средств на развитие ИКТ-инфраструктуры в бюджетах регионов, высокой стоимостью инфраструктурных проектов), так и особенностями региона (географическими – отдаленностью региона, особенностями местности и сложностью его присоединения к существующей инфраструктуре, климатическими – низкими температурами и прочим). В этом случае государство (включая федеральные и региональные органы исполнительной власти) должно рассматривать экономические последствия от реализации соответствующих инфраструктурных проектов. Целесообразность инвестирования в строительство ИКТ-инфраструктуры должна определяться не только необходимостью устранения цифрового неравенства, но и сопоставлением экономических издержек (прежде всего издержек строительства и ввода в эксплуатацию инфраструктурных объектов) и выгод (прироста объемов производства на уровне региона или страны и прибыли соответствующих организаций, увеличения числа рабочих мест в регионе или стране, увеличения налоговых поступлений в бюджеты разных уровней) от реализации соответствующих инфраструктурных проектов.

Наличие существенного влияния развития инфраструктуры ИКТ как прокси на развитие цифровой экономики позволяет указать на возможности использования процессов цифровой трансформации компаний, отраслей и регионов в качестве источника экономического роста. При этом важно уделять внимание качеству использования доступных ИКТ-услуг: эффективное использование возможностей цифровой экономики должно быть основано на стимулировании перехода к электронному документообороту не только между компаниями и государством, но и внутри каждого из секторов (частного и государственного). Оно призвано формировать доверие к цифровым технологиям, в том числе путем защиты персональных данных и развития технологических стандартов информационной безопасности. Необходимо развивать сервисы, направленные на вовлечение населения в систему непрерывного, в том числе дистанционного, образования, включая повышение цифровой грамотности.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Источник данных. Перечень статистических показателей, использованных при количественной оценке модели (1)–(4) на уровне регионов РФ

Показатель	Наименование	Источник данных	Примечание
GRP_{it}	ВРП, тыс. руб.	Росстат	Для расчетов использовался показатель в ценах 2011 г. (значение ВРП корректировалось на динамику индекса потребительских цен)
GDP_{it}	ВРП на душу населения, руб.	Росстат	Для расчетов использовался показатель в ценах 2011 г. (значение ВРП на душу населения корректировалось на динамику индекса потребительских цен)
K_{it}	Основной капитал, накопленным итогом	Penn World Tables, Росстат (Инвестиции в России)	Для оценки объемов основных фондов использовался показатель валового капитала за 2011 г. по РФ в целом из Penn World Tables (Summers, Heston, 1991), который распределялся в соответствии со средней долей региона в общем объеме инвестиций в РФ. Далее в период с 2012 по 2016 г. полученный региональный показатель корректировался на объем инвестиций в основной капитал, деленный на соответствующее периоду времени значение индекса потребительских цен (ввиду отсутствия индекса-дефлятора ВВП)
LF_{it}	Численность занятых в возрасте 15–72 лет по субъектам РФ, человек	Росстат	
PEN_{it}	Число абонентов фиксированного широкополосного доступа в Интернет на 100 человек населения (на конец года)	Росстат, Минкомсвязь, Мониторинг развития информационного общества в РФ	
EDU_{it}	Число людей с образованием не ниже среднего профессионального на 100 человек населения в возрасте от 24 до 60 лет	Росстат, Обследование рабочей силы (Структура занятого населения в возрасте 15 лет и старше по уровню образования)	Сумма долей занятого населения, имеющего высшее образование и среднее профессиональное, в том числе среднее специальное образование
$BBPr_{it}$	Абонентская плата за доступ к сети Интернет, месяц	Росстат	Тарифы на отдельные виды услуг связи в России остаются регулируемыми, а следовательно, их динамика не отражает состояния рынка. Для расчетов используется соответствующая компонента индекса потребительских цен

Окончание таблицы П1

Показатель	Наименование	Источник данных	Примечание
URB_{it}	Доля населения, проживающего в городских поселениях в общей численности населения региона, на 1 января следующего года, %	Росстат, Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям	Частное численности населения, проживающего в городских поселениях, и общей численности населения в регионе
RND_{it}	Доля внутренних затрат на исследования и разработки, % к валовому региональному продукту (ВРП)	Росстат	
BBI_{it}	Затраты на ИКТ, руб.	Росстат	
GOS_{it}	Поисковые запросы по теме «Единый портал государственных услуг», нормированный показатель	Google Trends	
D_{2015_t}	Дамми-переменная для периода 2015–2018 гг.		
$NEEx_t$	Номинальный эффективный обменный курс РФ	Bank for international settlements	

Источник: составлено автором.

Проверка ранговых условий идентифицируемости уравнений системы. В построенной системе уравнений $g = 4$ независимых переменных и $K = 13 + 72 = 85$ независимых. Для проверки выполнения ранговых условий составим таблицу коэффициентов (табл. П2).

Выделяемые матрицы для каждого из 4 уравнений выглядят следующим образом:

$$- \text{уравнение (1): } \begin{pmatrix} 0 & 0 & b_1 & b_2 & b_4 & b_5 & b_6 \dots b_{77} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & c_2 & c_1 & 0 & 0 & c_3 \dots c_{75} & 0 & 0 \\ d_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 & d_3 & d_4 \end{pmatrix};$$

$$- \text{уравнение (2): } \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & a_1 & a_2 & a_4 & a_5 & a_7 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & d_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_3 & d_4 \end{pmatrix};$$

$$- \text{уравнение (3): } \begin{pmatrix} 1 & a_3 & 0 & a_1 & a_2 & a_4 & a_5 & a_6 & a_7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_3 & 0 & b_4 & b_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_2 & 0 & 0 & 0 & d_3 & d_4 \end{pmatrix};$$

$$- \text{уравнение (4): } \begin{pmatrix} 1 & a_3 & a_1 & a_2 & a_4 & a_5 & a_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_1 & b_2 & b_4 & b_5 & b_6 \dots b_{77} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_2 & c_1 & 0 & 0 & c_3 \dots c_{75} \end{pmatrix}.$$

Все матрицы имеют ранг 3, а значит, уравнения (1)–(4) идентифицируются точно ($g - 1 = 3$).

Таблица П2

Коэффициенты системы одновременных равнений

k	GRP_{it}	PEN_{it}	BBI_{it}	$\frac{PEN_{it}}{PEN_{it-1}}$	1	K_{it}	LF_{it}	$PEN_{it} \times$ $\times D_MS_i$	$PEN_{it} \times$ $\times D_AIRR_i$
1	1	a_3	0	0	a_0	a_1	a_2	a_4	a_5
2	0	1	0	0	b_0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	c_0	0	0	0	0
4	0	0	d_1	1	d_0	0	0	0	0
k	EDU_{it}	$Platform_{it}$	$GRPC_{it}$	$BBPr_{it}$	URB_{it}	RND_{it}	D_reg_j	D_MS_i	D_AIRR_i
1	a_6	a_7	0	0	0	0	0...0	0	0
2	b_3	0	b_1	b_2	b_4	b_5	$b_6 \dots b_{77}$	0	0
3	0	0	c_2	c_1	0	0	$c_3 \dots c_{75}$	0	0
4	d_2	0	0	0	0	0	0...0	d_3	d_4

Источник: составлено автором.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Brynjolfsson E., McAfee A., Spence M.** (2014). New world order: Labor, capital, and ideas in the power law economy. *Foreign Affairs*, 44–53.
- Carlsson B.** (2004). The Digital Economy: what is new and what is not? *Structural Change and Economic Dynamics*, 15, 3, 245–264.
- Crandall R.W., Lehr W., Litan R.E.** (2007). The effects of broadband deployment on output and employment: A cross-sectional analysis of US data. *Economic Policy*, 5. Benton: Benton Institute for Broadband & Society.
- Czernich N., Falck O., Kretschmer T., Woessmann L.** (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 505–532.
- Evangelista R., Guerrieri P., Meliciani V.** (2014). The economic impact of digital technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 802–824.
- Feng Y., Yuan M.** (2013). *Broadband diffusion and economic growth – an empirical research based on provincial level data of China*. Beijing: National Academy of Economic Strategy.
- Hernandez K., Faith B., Prieto Martín P., Ramalingam B.** (2016). The impact of digital technology on economic growth and productivity, and its implications for employment and equality: An evidence review. *IDS Evidence Report*. Brighton: Institute of Development Studies.
- Hirt M., Willmott P.** (2014). Strategic principles for competing in the digital age. *McKinsey Quarterly*, 5, 1, 1–13.
- Katz R.L., Vaterlaus S., Zenhäusern P., Suter S.** (2010). The impact of broadband on jobs and the German economy. *Intereconomics*, 45 (1), 26–34.
- Koutroumpis P.** (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, 33, 9, 471–485.
- KPMG (2012). Financial deepening and M4P: Lessons from Kenya and Rwanda. *Impact paper 9*. Nairobi, KPMG IDAS.
- Nottebohm O., Manyika J., Bughin J., Chui M., Syed A.-R.** (2012). *Online and upcoming: The Internet's impact on aspiring countries*. San Francisco: McKinsey Global Institute.
- Roller L.H., Waverman L.** (2001). Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach. *American Economic Review*, 91 (4), 909–923.
- Scott C.** (2012). Does broadband Internet access actually spur economic growth? *Working paper*. Berkeley: School of Information University of California.
- Smith M. D., Bailey J., Brynjolfsson E.** (1999). Understanding digital markets: Review and assessment. *MIT Press, eBusiness@MIT Working Paper*, 140, 99–136.
- Summers R., Heston A.** (1991). The Penn World Table (mark 5): An expanded set of international comparisons, 1950–1988. *The Quarterly Journal of Economics*, 106 (2), 327–368.
- Varian H.** (2016). *A microeconomist looks at productivity: A view from the valley*. Brookings Institution presentation September. Washington: Brookings Institution.
- Vu K.** (2011). ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996–2005 period. *Telecommunications Policy*, 35 (4), 357–372.

Поступила в редакцию 18.09.2020

Received 18.09.2020

E.A. Ponomareva

Institute of Control and Supervision, Russian Presidential Academy
of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

Digitalization as a driver of economic growth: Does only infrastructure matters?²⁴

Abstract. The development of digital technologies leads to significant changes in all sectors of the economy. However, digital transformation is a complex process, depending on various factors, such as the availability of digital infrastructure, the level of readiness of digital technologies, the availability of qualified personnel who are able not only to collect data, but also to identify dependencies in them and use these results to increase productivity and scale different types of activities. During the coronavirus pandemic, the relevance of the introduction of digital technologies increases due to the need for social distancing, including the exclusion of a person from certain stages of production, as well as the need to coordinate a large number of people and devices not related to workplace. This article considers the impact of digital technology development on macroeconomic parameters, in particular, economic output by analyzing the system of simultaneous equations that takes into account not only the production function of the economy, but also the equilibrium in the ICT services sector on the data of Russian regions. The obtained results show that along with the possibility to use broadband access to the Internet, the quality of its use also matters: 1% growth in the number of broadband access subscribers on average leads to a 0,1% increase in output, in addition, an increase in the intensity of digital technology use on 1% leads to an additional 0,05% increase in output.

Keywords: *digital economy, economic growth, new technologies, ICT sector, online platforms.*

JEL Classification: C33, L96, O47, R58.

DOI: 10.31737/2221-2264-2021-51-3-3

²⁴ The article was written on the basis of the RANEPА state assignment research program in 2021.