ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

У. К. Джункеев[1]
МГУ имени М. В. Ломоносова (Москва, Россия)

УДК: 331.56

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОВЕНЬ БЕЗРАБОТИЦЫ В РОССИИ

Работа посвящена изучению закономерностей на рынке труда в свете развития цифровой экономики. Конъюнктура рынка труда анализируется с точки зрения динамики уровня зарегистрированной безработицы. Степень развития цифровой экономики оценивается тремя показателями: доля организаций, использующих (1) сеть Интернет и (2) локальные вычислительные сети, (3) количество персональных компьютеров на 100 сотрудников. Помимо показателей технологического развития, в статье также принимаются во внимание демографические факторы. Выявлено, что с начала 2000-х гг. степень распространения сети Интернет в организациях увеличилась вдвое, а количество компьютеров характеризуется трехкратным ростом. Доля населения пожилого возраста и ожидаемая продолжительность жизни повысились на 5% и 7 лет соответственно. На основе эконометрических моделей на панельных данных касательно федеральных округов России за 2003–2019 гг. получены следующие результаты. Во-первых, распространение технологических разработок сокращает уровень безработицы. Во-вторых, повышение (i) доли населения старше трудоспособного возраста, (ii) ожидаемой продолжительности жизни ассоциируется с сокращением уровня безработицы. В-третьих, совместное воздействие технологических и демографических факторов повышает уровень безработицы. Величина сокращения превышает степень повышения уровня безработицы за счет внедрения технологических разработок. Тем самым технологическая безработица вероятнее представляет собой теоретическую возможность. В-четвертых, принятые во внимание детерминанты объясняют от 38 до 43% изменений уровня безработицы. Предложенный подход может применяться в контексте внедрения регуляторных мер относительно занятости с учетом внедрения цифровых технологий в организациях и старения населения в регионах.

Ключевые слова: безработица, цифровизация, старение населения, панельные данные.

Цитировать статью: Джункеев, У. К. (2021). Моделирование влияния цифровых технологий на уровень безработицы в России. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика,* (6), 186–201. https://doi.org/10.38050/0130010520216.9.

[1] Джункеев Урмат Кубанович — аспирант экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова; e-mail: dzhunkeev@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0097-4561.

U. K. Dzhunkeev
Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)
JEL: E24, J11, O33

MODELLING THE IMPACT OF DIGITAL TECHNOLOGIES ON UNEMPLOYMENT RATE IN RUSSIA

The paper examines labor market patterns in the light of digital economy development. The aim is to analyze labor market conjuncture in terms of registered unemployment dynamics. The degree of digital economy development is assessed through three indicators: the share of organizations using (1) the Internet, (2) local area networks, (3) number of personal computers per 100 employees. In addition to technological development indicators, the article also makes account of certain demographic factors. Since early 2000s, the degree of Internet penetration in organizations has doubled, while the number of computers increased threefold. The share of elderly population and life expectancy rate have increased by 5 percent and 7 years respectively. Drawing on econometric panel data models regarding federal districts in Russia for 2003–2019, the author provides the following findings. First, the proliferation of technological advances reduces unemployment rate. Second, an increase in the proportion of population above working age and life expectancy entails the reduction in unemployment rate. Third, combined effect of technological and demographic factors increases unemployment rate. The magnitude of the reduction exceeds the degree of increase in the unemployment rate due to technological advances. Thus, technological unemployment is more likely a theoretical possibility. Fourth, the determinants taken into consideration explain from 38 to 43 percent of unemployment rate change. The proposed approach can be applied in designing regulatory policies regarding employment with regard to the implementation of digital technologies in organizations and population aging in Russia's regions.

Keywords: unemployment, digitalization, aging, panel data.

To cite this document: Dzhunkeev, U. K. (2021). Modelling the impact of digital technologies on the unemployment rate in Russia. *Moscow University Economic Bulletin*, (6), 186–201. https://doi.org/10.38050/0130010520216.9.

Введение

Современный этап характеризуется активной разработкой и стремительным внедрением цифровых технологий. С одной стороны, подобное технологическое развитие повышает уровень жизни в форме приобретения товаров, изучения учебных дисциплин и профессиональных курсов через дистанционные сервисы. С другой стороны, повышается способность технологий в выполнении физических и умственных задач, которые прежде были прерогативой человека: сборка промышленных деталей на конвейерном производстве, прогнозирование финансовых активов на фондовом

рынке (Fossen, Sorgner, 2019). Также цифровые технологии повышают качество медицинских услуг, что увеличивает продолжительность жизни населения. Последнее, в свою очередь, также представляет собой значимый фактор изменения конъюнктуры на рынке труда (Acemoglu, Restrepo, 2021). Подобные закономерности прикладного применения технологических инноваций, повышения доли граждан старшего возраста вызывают озабоченность относительно последствий для сохранения статуса занятости. Однако ряд авторов указывают, что прогнозы относительно технологической безработицы являются преувеличенными (Autor, 2015; Kapeliushnikov, 2019).

С учетом перечисленных тенденций целью настоящей статьи является эмпирическая проверка гипотезы о воздействии цифровизации на уровень безработицы с учетом старения населения. В начале статьи выполнен обзор научных исследований относительно воздействия технологических и демографических детерминант на конъюнктуру рынка труда. Затем автором приводится методология моделирования и описание статистических данных. Результаты эконометрического оценивания содержатся в заключительной части статьи.

Технологические и демографические факторы изменения конъюнктуры рынка труда

В первую очередь приведем технологические детерминанты изменения уровня занятости. Так, И. Е. Калабихина отмечает, что процессы цифровизации могут по-разному влиять на отдельные социально-демографические группы. С одной стороны, процессы цифровизации повышают трудовые возможности для женщин с детьми и людей пожилого возраста. С другой стороны, старение населения является основным вызовом для цифровой экономики. Повышение возраста трудоспособного населения будет тормозить развитие цифровой экономики. Так как работники молодого возраста составляют значительную долю занятости в секторе информационных и телекоммуникационных технологий, то может возникнуть нехватка квалифицированной рабочей силы (Калабихина, 2019). Действительно, С. Н. Бобылев с коллегами выявили, что в значительной части регионов России, кроме Москвы и Санкт-Петербурга, наблюдается нехватка численности работников в сфере информационных и телекоммуникационных технологий (Бобылев и др., 2018). Также С. Б. Земцов выявил, что регионы России характеризуются запоздалым темпом внедрения технологических разработок (Земцов, 2018). В свою очередь, М. Фрис и М. Вюрвих на основе информации по 97 регионам Германии получили, что увеличение численности работников в области информационных технологий повышает число технологических стартапов. При этом наличие университета в регионе повышает число предприятий, которые специализируются

в области информационных и коммуникационных технологий (Fritsch, Wyrwich, 2019).

С. Кергроуч отмечает, что цифровизация позволяет снизить гендерное неравенство в отношении трудовой деятельности и найти баланс между семейной и профессиональной сторонами жизни. Рабочие места могут преобразоваться в новые формы занятости: работа по требованию, неполный рабочий день, самозанятость (Kergroach, 2017). Аналогично, Т. Баллистер и А. Элшейхи на основе изучения 255 исследований выявили, что (i) увеличение уровня занятости женщин через снижение уровня фертильности повышает спрос на услуги персонального, медицинского обслуживания и выполнения бытовых обязанностей; (ii) повышается уровень нестандартной формы занятости (Balliester, Elsheikhi, 2018).

Е. В. Балацкий полагает, что цифровые системы четвертой промышленной революции сократят численность квалифицированных работников умственного труда. Разработки первой промышленной революции заменили человека в выполнении физического труда в опасных и тяжелых условиях. Вторая промышленная революция позволила автоматизировать менее тяжелый физический труд. Изобретения третьей промышленной революции стали выполнять примитивные задачи умственного труда: простые математические вычисления, сбора, сортировки, обработки информации. В рамках четвертой промышленной революции снижается роль труда в пользу капитала. Технологический прогресс в большей степени повышает производительность труда и сокращает уровень занятости, нежели создает новые рабочие места (Balatsky, 2019). Так, Ф. Фоссен и А. Зоргнер на основе информации по рынку труда США за 2011–2018 гг. выявили, что повышение риска компьютеризации ассоциируется с тремя процессами: увеличение вероятности перехода в другую сферу деятельности; повышение вероятности стать безработным; снижение роста заработной платы (Fossen, Sorgner, 2019).

Однако Р. И. Капелюшников полагает, что прогнозы о том, что технологии сократят значительную часть работников, являются теоретической иллюзией. На уровне индивидуальных фирм выявлено, что технологические инновации увеличивает уровень занятости. Внедрение технологических изобретений повышает уровень безработицы в сфере услуг и в высокотехнологичных промышленных отраслях. Внедрение технологических разработок меняет структуру занятости и квалификационные требования к работникам. Замедление темпов совокупной факторной производительности является фактором малой вероятности возникновения технологической безработицы (Kapeliushnikov, 2019). Вдобавок ряд авторов отмечают, что цифровые технологии характеризуется меньшими темпами развития по сравнению с изобретениями прошлых технологических революций (Berger, Frey, 2016), так как все более трудным является получение фундаментально новых технологических разработок (Dorn, 2015). Также вы-

явлено, что в странах ОЭСР начиная с 2000 г. снизилась производительности труда и достигла 1% (OECD, 2018).

Аналогичного мнения и придерживаются Л. Чуа с коллегами, которые указывают, что, несмотря на внедрение электричества, конвейерных линий в промышленных процессах, телекоммуникационных средств, разработок с искусственным интеллектом, технологические инновации не приводили к массовой безработице. Технологии подобны природным ресурсам: в зависимости от государственных мер активы могут привести либо к значительному повышению социального благополучия, либо к получению выгод отдельных людей (Chuah et al., 2018). Также Д. Аутор полагает, что технологии автоматизации могут дополнять труд работников и прогнозирование массовой технологической безработицы является преувеличенным. Необходимо учитывать, что работа включает как задачи, которые можно автоматизировать, так и задачи, которые являются прерогативой работников (Autor, 2015).

Р. И. Капелюшников подчеркивает, что повышение уровня образования и квалификации, снижение темпов совокупной факторной производительности и ВВП, правовые и социальные ограничения препятствуют возникновению технологической безработицы (Капелюшников, 2018). Ф. Фоссен и А. Зоргнер отмечают, что приобретение образования повышает способности осваивать новую информацию, позволяет работникам лучше адаптироваться к процессам внедрения цифровых технологий. Высокообразованные работники с большей вероятностью приобретают навыки, которые не могут быть автоматизированы технологиями. К таким навыкам можно отнести креативность, критическое мышление, межличностное взаимодействие, навыки убеждения (Fossen, Sorgner, 2019).

Ряд авторов указывают, что технологическое развитие неразрывно связано с процессами глобализации, которые также влияют на рынок труда (OECD, 2019; Abraham, Kearney, 2020). Так, Д. Аджемоглу и Д. Аутор указывают, что на уровень и структуру занятости влияют (1) глобализационные процессы в форме передачи трудовых задач подрядчикам в зарубежных странах с меньшими трудовыми выплатами, (2) изменения стоимости ИКТ, что стимулирует внедрение технологий автоматизации (Acemoglu, Autor, 2011). Преодолеваются географические барьеры в цепочке добавленной стоимости, и различные уровни производственного процесса распределяются по странам и регионам. За период 1991–2017 гг. доля мировой занятости в сельском хозяйстве снизилась с 43,3 до 26,5% благодаря масштабному распространению технологий, которые повышают производительность: начиная от тракторов к более продвинутым разработкам робототехники и комбайнов (OECD, 2019). Несмотря на стремительное развитие технологических и глобализационных процессов, менее вероятно наступление массовой технологической безработицы. Процессы

цифровизации и глобализации повышают качество работы, создают новые трудовые задачи. В странах ОЭСР автоматизации подвергаются 14% рабочих мест. При этом сферы образования и здравоохранения являются отраслями с низким риском замещения работников. Внедрение технологий, таких как стиральные и посудомоечные машины, предоставило возможность женщинам сократить время на выполнение бытовых задач и сосредоточиться на задачах профессионального характера (OECD, 2019). В работе (Schmidpeter, Winter-Ebmer, 2018) авторы выявили, что снижение вероятности повторного трудоустройства мужчин в большей степени обусловлено передачей работы зарубежным подрядчикам, чем автоматизацией. Сокращение возможности трудоустройства женщин в большей мере объясняется автоматизацией, нежели передачей работы зарубежным подрядчикам.

Приведем демографические факторы, влияющие на конъюнктуру рынка труда. Так, исследователи Организации экономического сотрудничества и развития (далее ОЭСР) приводят три фактора, которые влияют на рынок труда: (1) внедрение цифровых технологий, (2) процессы глобализации, (3) демографические изменения (OECD, 2019). На примере стран Европы К. Пулиакас выявил, что технологии автоматизации могут заменить 14% работников в возрасте 24–65 лет. Меньший риск автоматизации выявлен у работников (1) женского пола, (2) с более высоким уровнем образования, (3) зрелого возраста по сравнению с молодыми и пожилыми сотрудниками, (4) в сфере здравоохранения, управленческой, научно-исследовательской деятельности, (5) выполняющие социальные и персональные услуги (Pouliakas, 2018). Также С. МакГинесс с коллегами выявили, что в странах Европы технологический рост в большей степени повышает спрос на навыки (1) работников мужского пола, (2) сотрудников, которые имеют высшее образование (McGuinness et al., 2019). С. Земцов выявил, что технологии автоматизации сократят 49,3% трудоспособного населения России за 2009–2015 гг.: 42,3 млн работников. Вероятность автоматизации работников формального сектора составляет 44,78%, неформального сектора — 53%. Повышение доли специалистов с высшим образованием снижает риск автоматизации рабочих мест в регионе (Земцов, 2018).

В ряде исследований отмечается, что старение населения ассоциируется с сокращением численности квалифицированных работников, что стимулирует внедрение технологий автоматизации для повышения конкурентоспособности компаний. Повышение доли населения пожилого возраста стимулирует внедрение технологий автоматизации, повышает квалификационные требования, меняет пути международной торговли, сдвигает потребление с предметов длительного пользования в сторону персональных услуг (OECD, 2019). На рынке труда Германии выявлено, что доля молодых работников, которые впервые трудоустраиваются, меньше, чем доля

сотрудников пожилого возраста, которые выходят на пенсию. Получено, что 42% рабочих мест в Германии подвержены автоматизации согласно оценке вероятности замещения сфер деятельности (Walwei, 2017). Также А. Абелианская с коллегами приводят три демографических тренда, которые повлияют на структуру занятости в развитых странах: старение населения, снижение численности молодых людей, миграционные потоки из развивающихся стран, что повышает число индивидов, которые ищут работу. В странах, где стареет население, вероятнее будут повышаться инвестиции во внедрение технологий автоматизации, нежели в изменение законодательства по поводу стимулирования занятости работников пожилого возраста (Abeliansky et al., 2020).

Аналогично Д. Блум с коллегами указывают, что возрастная структура страны, темпы роста рождаемости значимо влияют на уровень занятости. Авторы прогнозируют, что количество промышленных роботов к 2030 г. составит 11,3 млн единиц. Повышение переговорной силы профсоюзов снижает темпы автоматизации рабочих мест. В подобной ситуации могут быть сформированы трудовые договоры, при которых ценой за сохранение рабочего места является меньшая ставка заработной платы (Bloom et al., 2018). Р. Фонсека выделяет переменные, которые сформируют будущий портрет занятости: передача трудовых задач подрядчикам, старение трудоспособного населения, постоянное развитие квалификации работников (Fonseca, 2017). Ряд авторов выявили, что внедрение промышленных роботов в большей степени сокращает численность работников старшего поколения, чем молодых сотрудников, на примере Дании (Humlum, 2019), на примере Китая — сокращает уровень занятости работников мужского пола, пожилого возраста (Giuntella, Wang, 2019). М. Затор полагает, что сокращение рабочей силы повышает объем инвестиций в изобретения и последующее внедрение технологий автоматизации и цифровизации, что снижает уровень занятости. Тем самым автоматизация труда может быть реакцией на дефицит специалистов. Причинами повышения доли населения пожилого возраста могут быть решения о снижении фертильности, принятые десятилетиями назад. Получено, что технологические изобретения сокращают уровень занятости в промышленной, добывающей и торговой отраслях, повышают — в финансовой отрасли и секторе здравоохранения, образования, информационных технологий экономики Германии за период 1993–2017 гг. Автоматизация в форме внедрения промышленных роботов сокращает уровень занятости, незначимо влияет на заработные платы. В свою очередь, цифровизация в форме повышения инвестиций в разработку программного обеспечения и базы данных повышает заработные платы и незначимо влияет на уровень занятости (Zator, 2019).

Д. Аджемоглу и П. Рестрепо выявили, что демографические факторы, такие как старение и сокращение трудоспособного населения, объясняют

половину изменений в разработке и внедрении промышленных роботов и технологий автоматизации за 1993–2014 гг. в экономике США. Показателем старения населения является отношение численности работников старше 56 лет к численности сотрудников в возрасте от 21 до 55 лет. Выявлено, что внедрение промышленных роботов ассоциируется (i) с меньшим уровнем занятости и заработных плат работников среднего возраста, (ii) с увеличением доли работников пожилого возраста. Старение населения повышает внедрение технологий автоматизации, объем экспорта и импорта промышленных роботов за 1996–2015 гг. (Acemoglu, Restrepo, 2021). Аналогично Ф. Фоссен и А. Зоргнер на основе информации по рынку труда США за 2011–2018 гг. получили, что с увеличением возраста индивида повышается негативное влияние цифровизации на вероятность смены сферы деятельности. Тем самым работники старшего возраста в большей степени подвержены влиянию цифровых технологий (Fossen, Sorgner, 2019).

Д. Аутор и Д. Дорн полагают, что при сокращении рабочих мест сотрудники старшего возраста более вероятно будут пребывать на текущей сфере деятельности. В то же время молодые работники имеют стимулы к тому, чтобы не трудоустраиваться в сферы деятельности, характеризующиеся постепенным сокращением уровня занятости. Тем самым повышается средний возраст сотрудников сфер деятельности, в которых наблюдается сокращение уровня занятости. Повышение среднего возраста сотрудников выявлено в сферах деятельности (1) со средним уровнем квалификации, (2) с преобладанием монотонных, повторяющихся задач. Таким образом, сферы деятельности со средним уровнем квалификации ассоциируются с повторяющимися монотонными трудовыми задачами. При сокращении уровня занятости в рутинных сферах деятельности сотрудники старшей возрастной категории с образованием более вероятно повторно трудоустраиваются на рабочие места с нерутинными задачами и низким уровнем квалификации, а работники молодого возраста — в нерутинные сферы с высоким уровнем навыков. Работники без образования независимо от возраста перемещаются в сферы деятельности с нерутинными задачами и низким уровнем квалификации. Для работников с высшим образованием возможность трудоустройства на более квалифицированную работу зависит от возраста (Autor, Dorn, 2009).

Также в контексте рынка труда США К. Абрахам и М. Керни выявили, что старение населения способствовало сокращению уровня занятости за 1999–2018 гг. Авторы приводят три фактора, которые в наибольшей степени сократили уровень занятости в США: импортная конкуренция со стороны Китая, внедрение технологий автоматизации, повышение трудовых пособий. Обнаружено сокращение численности работников в возрасте от 16 до 54 лет независимо от уровня образования. В то же время повышается уровень занятости людей старше 55 лет. Авторы подчерки-

вают, что, во-первых, компьютеризация представляет собой возможную замену труда, а внедрение промышленных роботов — фактическую автоматизацию и последующее сокращение работников. Во-вторых, социально допустимым становится отсутствие официальной работы у людей молодого возраста. В-третьих, миграция может повысить предельную производительность и занятость постоянно проживающих граждан, а также объем инвестиций по причине повышения предельного продукта капитала (Abraham, Kearney, 2020).

Методология исследования

Влияние технологических и демографических факторов на рынок труда оценивается посредством следующей эконометрической модели:

$$Unempl_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Tech_{i,t} + \beta_2 Aging_{i,t} + \beta_3 Tech_{i,t} \cdot Aging_{i,t} + \beta_4 X_{i,t} + a_i + \mu_t + e_{i,t},$$

где $Unempl_{i,t}$ — уровень зарегистрированной безработицы в регионе i в период времени t;

$Tech_{i,t}$ — показатели технологического развития: доля организаций, использующие сеть Интернет (Zemtsov et al., 2019), локальные вычислительные сети (Kramin, Klimanova, 2019); количество компьютеров на 100 сотрудников;

$Aging_{i,t}$ — доля населения старше трудоспособного возраста (Acemoglu, Restrepo, 2021);

$xi_{,t}$ — контрольные переменные;

a_i — фиксированные эффекты по регионам;

μ_t — фиксированные эффекты по годам;

$e_{i,t}$ — регрессионные ошибки.

Основным источником информации является сборник «Регионы России. Основные показатели. 2020», составленный Федеральной службой государственной статистики. Исследуемый период составляет 17 лет: 2003–2019 гг.

Согласно представленным ниже диаграммам, (i) отсутствует высокая взаимосвязь между объясняющими переменными, (ii) повышается доля населения старше трудоспособного возраста (с 19,8 до 24,8%), (iii) выявлен рост количества компьютеров (с 17,6 до 50%), доли организаций, использующие сеть Интернет (с 45 до 91,7%) и локальные вычислительные сети по всем федеральным округам (с 46,9 до 64,3%), (iv) Северо-Кавказский регион характеризуется наибольшим уровнем безработицы и представляет собой экстремальное значение[1]. В силу чего оценка эконометрической модели осуществляется по 7 федеральным округам.

[1] Средний уровень безработицы в Северо-Кавказском федеральном округе составляет 7,46%, по другим федеральным округам — в пределах от 0,975 до 2,38%.

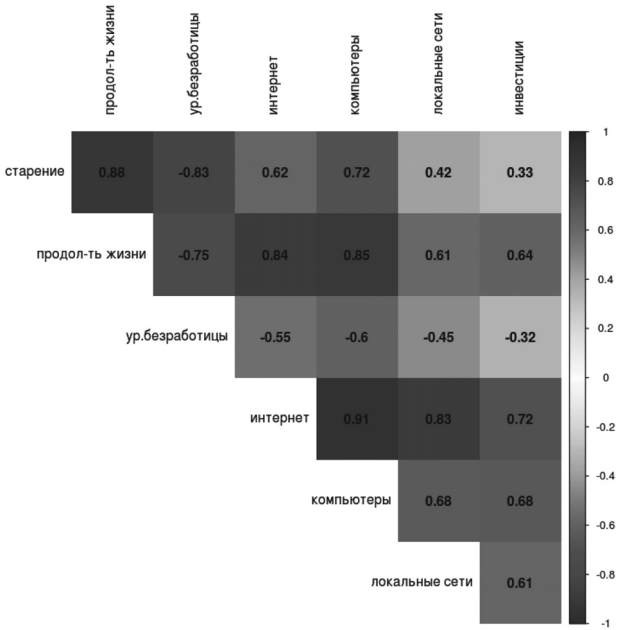

Рис. 1. Корреляционная матрица
Источник: составлено автором.

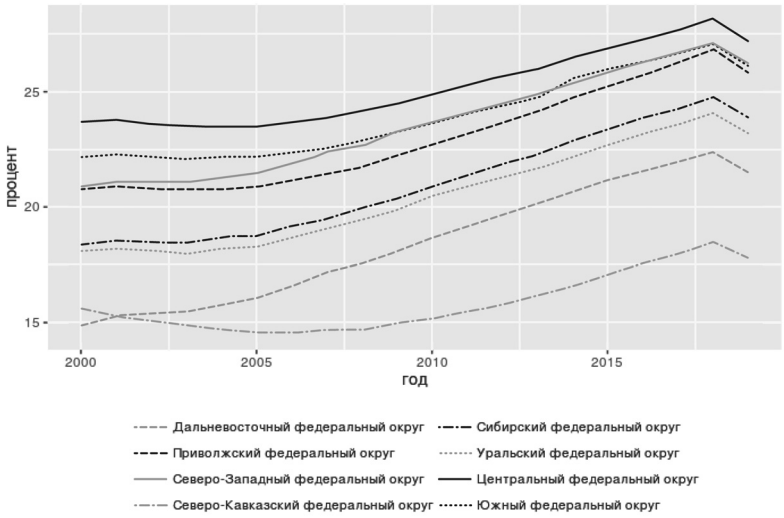

Рис. 2. Динамика уровня зарегистрированной безработицы
Источник: построено автором.

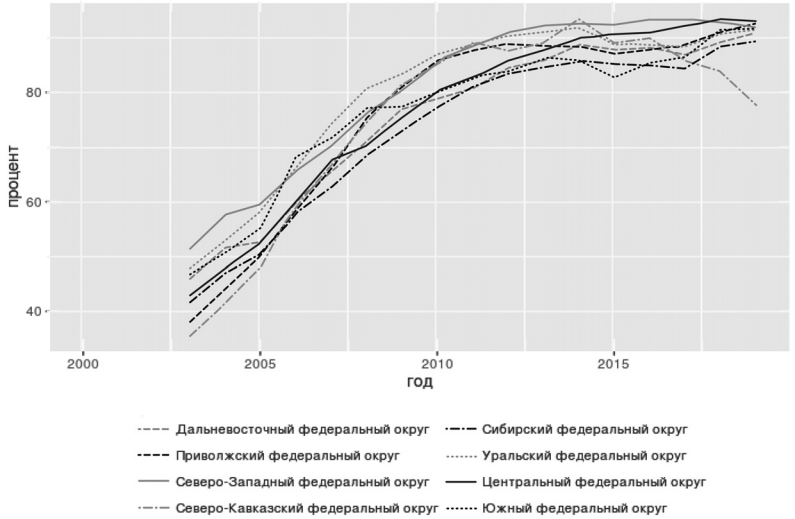

Рис. 3. Доля организаций, использующих сеть Интернет
Источник: построено автором.

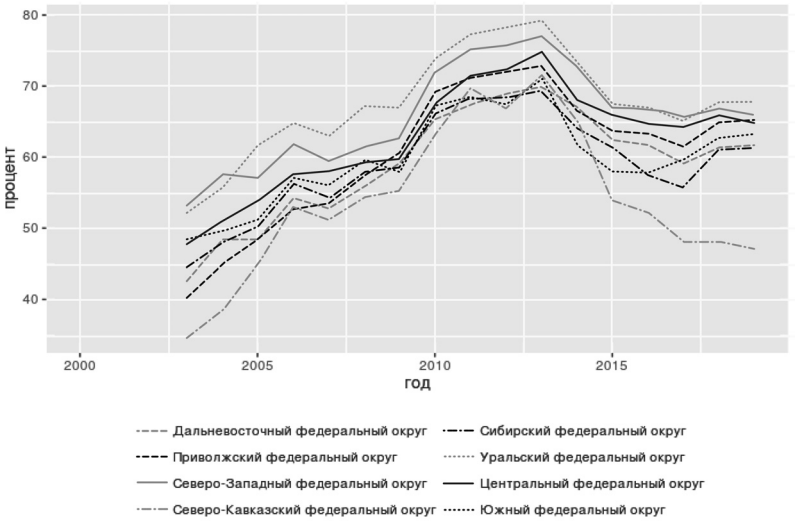

Рис. 4. Доля организаций, использующих локальные вычислительные сети
Источник: построено автором.

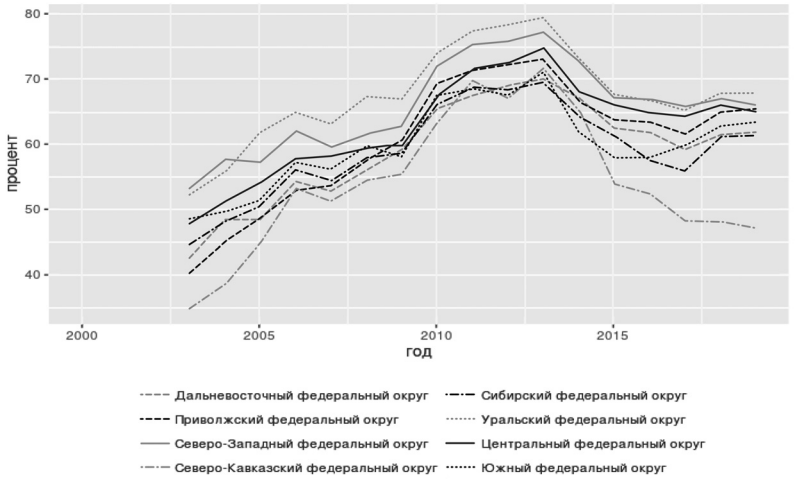

Рис. 5. Количество компьютеров на 100 сотрудников
Источник: построено автором.

Результаты исследования

В табл. 1 приведены результаты эконометрической оценки воздействия технологического развития на уровень безработицы с учетом демографических факторов.

Таблица 1

Результаты оценки влияния технологий на уровень безработицы

	Уровень зарегистрированной безработицы, %		
Доля организаций, использующих сеть Интернет, %	–0.116*** (0.037)		
Количество персональных компьютеров на 100 сотрудников, единиц		–0.150*** (0.034)	
Доля организаций, использующих локальные вычислительные сети, %			–0.125*** (0.035)
Доля населения старше трудоспособного возраста, %	–0.327*** (0.110)	–0.162* (0.087)	–0.633*** (0.075)
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	–0.184*** (0.066)	–0.239*** (0.070)	–0.158*** (0.075)
Реальные инвестиции на душу населения, руб., лог.	–0.293 (0.256)	–0.463*** (0.260)	–0.261*** (0.213)

Окончание табл. 1

	Уровень зарегистрированной безработицы, %		
Доля организаций, использующих сеть Интернет × Доля населения старше трудоспособного возраста	**0.006*** (0.002)**		
Количество персональных компьютеров на 100 сотрудников × Доля населения старше трудоспособного возраста		**0.007*** (0.001)**	
Доля организаций, использующих локальные вычислительные сети × Доля населения старше трудоспособного возраста			**0.007*** (0.002)**
Количество наблюдений	119	119	119
Скорректированный коэффициент детерминации	0.428	0.435	0.382
Статистика Фишера	23.036***	23.581***	20.015***

Примечание: в скобках под коэффициентами объясняющих переменных приведены стандартные ошибки. Символы «*», «**», «***» обозначают статистическую значимость на 10-, 5-, 1-процентном уровнях соответственно. Символ «×» обозначает произведение. Термин «лог.» обозначает логарифмические преобразование. Темным шрифтом отмечены переменные взаимодействия.

Источник: расчеты автора.

Согласно результатам табл. 1, все три показателя технологического развития статистически значимо на 1-процентном уровне снижают уровень зарегистрированной безработицы. Старение населения и повышение ожидаемой продолжительности жизни ассоциируются со снижением уровня зарегистрированной безработицы. Однако совместное влияние технологических и демографических факторов повышает уровень безработицы.

Преимущество применения моделей на панельных данных по сравнению с пространственной выборкой выражается в устранении эндогенности. Разрешение проблемы эндогенности вследствие пропуска существенной переменной осуществляется посредством добавления фиксированных эффектов, которые отражают специфические характеристики федеральных округов. С другой стороны, возможно наличие эндогенности вследствие обратной причинно-следственной связи. Однако Д. Аджемоглу и П. Рестрепо выявили, что именно старение населения является стимулом к большему внедрению технологий автоматизации, приведших к снижению занятости трудоспособного населения (Acemoglu, Restrepo, 2021). Также исследователи ОЭСР полагают, что старение населения ассоциируется с сокращением численности квалифицированных работников, что обусловливает внедрение технологий автоматизации в целях повы-

шения конкурентоспособности компаний (OECD, 2019). Стимулы к повышению региональной конкурентоспособности в оцениваемых моделях учитывались добавлением инвестиций на душу населения в реальном выражении. Для точной идентификации направления причинно-следственной связи возможно применение метода инструментальных переменных, что представляет собой тему для дальнейших исследований.

Полученные результаты согласуются с тем, что (i) старение населения стимулирует замещение труда (Abeliansky et al., 2020; Acemoglu, Restrepo, 2021); (ii) имеют место компенсационные эффекты: технологии одновременно могут как повышать, так и сокращать занятость (Acemoglu, Restrepo, 2019).

Заключение

С развитием цифровых технологий повышается уровень жизни населения. Одновременно повышается обеспокоенность относительно сохранения рабочих мест вследствие трудовых способностей технологических изобретений. Наряду с технологическим развитием значимыми факторами изменения конъюнктуры рынка труда являются демографические показатели. В данной работе показано, что с учетом старения населения внедрение технологических разработок в организациях ассоциируется с повышением уровня безработицы в федеральном округе.

Предложенный подход на основе учета совместного воздействия технологических и демографических факторов на уровень безработицы может применяться при внедрении регуляторных мер в отношении рынка труда. В контексте взаимосвязи технологий и рынка труда помимо повышения доли населения старше трудоспособного возраста важными демографическими показателями являются миграционные потоки, региональные различия доли мужчин и женщин, выявление значимости которых представляет собой перспективное направление дальнейших исследований.

Список литературы

Бобылев, С. Н., Тикунов, В. С., & Черешня, О. Ю. (2018). Уровень развития цифровой экономики в регионах России. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, *5,* 27–35.

Земцов, С. П. (2018). Смогут ли роботы заменить людей? Оценка рисков автоматизации в регионах России. *Инновационная экономика, 4*(234), 49–55.

Калабихина, И. Е. (2019). Демографические размышления о цифровой экономике. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика, 6*, 47–166.

Капелюшников, Р. И. (2018). Влияние четвертой промышленной революции на рынок труда, *Аист на крыше. Демографический журнал, 6*(6), 32–36.

Abraham, K., & Kearney, M. (2020). Explaining the Decline in the US Employment-to-Population Ratio: A Review of the Evidence. *Journal of Economic Literature, 58*(3), 585–643. https://doi.org/10.1257/jel.20191480

Abeliansky, A., Algur, E., Bloom, D., & Prettner, K. (2020). The Future of Work: Challenges for Job Creation Due to Global Demographic Change and Automation. *IZA Discussion Paper*, 12962.

Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, *In: Handbook of Labor Economics, 12* (4b), 1043–1171. DOI:10.1016/S0169-7218(11)02410-5

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2021). Demographics and Automation. *The Review of Economic Studies*, 1–44. DOI: 10.1093/restud/rdab031

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *The Journal of Economic Perspectives, 33* (2), 3–30. DOI: 10.1257/jep.33.2.3

Autor, D., & Dorn, D. (2009). This Job is "Getting Old": Measuring Changes in Job Opportunities using Occupational Age Structure. *American Economic Review: Papers & Proceedings, 99* (2), 45–51. http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.99.2.45

Autor, D. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, *The Journal of Economic Perspectives, 29* (3), 3–30. DOI: 10.1257/jep.29.3.3

Balatsky, E. V. (2019). Global challenges of the Fourth Industrial Revolution. *Terra Economicus, 17*(2), 6–22. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-2-6-22

Balliester, T., & Elsheikhi, A. (2018). The Future of Work: A Literature Review. *International Labour Office Research Department Working Paper*, 29.

Berger, T., & Frey, C. (2016). Digitalization, Jobs, and Convergence in Europe: Strategies for Closing the Skills Gap. *Report for the European Commission*, 2-51.

Bloom, D., McKenna, M., & Prettner, K. (2020). Demography, Unemployment, Automation and Digitalization: Implications for the Creation of (Decent) Jobs, 2010–2030. *IZA Discussion Paper*, 11739.

Chuah, L., Loayza, N., & Schmillen, A. (2018). The Future of Work: Race with — Not Against — the Machine. *World Bank Group Research & Policy Briefs*, 16.

Dorn, D. (2015). The Rise of the Machines: How Computers Have Changed Work. *UBS Center Public Paper*, 4.

Seidl da Fonseca, R. (2017) The Future of Employment: Evaluating the Impact of STI Foresight Exercises. *Foresight and STI Governance, 11*(4), 9–22. DOI: 10.17323/1995-459X.2016.4.9.22.

Fossen, F., & Sorgner, A. (2019). New Digital Technologies and Heterogenous Employment and Wage Dynamics in the United States: Evidence from Individual-Level Data. *IZA Institute Discussion Paper*, 12242.

Fritsch M., & Wyrwich, M. (2019) Regional Emergence of Start-Ups in Information Technologies: The Role of Knowledge, Skills and Opportunities. *Foresight and STI Governance, 13* (2), 62–71. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.2.62.71

Giuntella, O., & Wang, T. (2019). Is an Army of Robots Marching on Chinese Jobs? *IZA Institute of Labor Economics Discussion Paper*, 12281.

Humlum, A. (2019). Robot Adoption and Labor Market Dynamics. *Princeton University Job Market Placement*.

Kapeliushnikov, R. (2019). The Phantom of Technological Unemployment. *The Russian Journal of Economics, 5,* 88–116. https://doi.org/10.32609/j.ruje.5.35507

Kergroach, S. (2017) Industry 4.0: New Challenges and Opportunities for the Labour Market. *Foresight and STI Governance, 11*(4),6–8. DOI: 10.17323/2500-2597.2017.4.6.8

Kramin, T. V., & Klimanova, A. R. (2019). Development of digital infrastructure in the Russian regions. *Terra Economicus, 17*(2), 60–76. DOI: 10.23683/20736606-2019-17-2-60-76

McGuiness, S., Pouliakas, K., & Redmond, P. (2019). Skill-Displacing Technological Change and Its Impact on Jobs: Challenging Technological Alarmist? *IZA Discussion Paper*, 12541.

OECD. (2018). Job Creation and Local Economic Development: Preparing for the Future of Work, *OECD Publishing*.

OECD. (2019). Employment Outlook: The Future of Work, *OECD Ilibrary*.

Pouliakas, K. (2018). Determinants of Automation Risk in the EU Labour Market: A Skills-Needs Approach. *IZA Discussion Paper*, 11829.

Schmidpeter, B., & Winter-Ebmer, R. (2020). How Do Automation and Offshorability Influence Unemployment Duration and Subsequent Job Quality? *IZA Discussion Paper*, 11736

Walwei, U. (2017). Digitalization and Structural Labour Market Problems: The Case of Germany. *International Labour Office Research Paper*, 17.

Zator, M. (2019). Digitalization and Automation: Firm Investment and Labor Outcomes. *Northwestern University Kellogg School of Management Job Market Paper*.

Zemtsov, S., Barinova, V., & Semenova, V. (2019). The Risks of Digitalization and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia. *Foresight and STI Governance, 13* (2), 84–96. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.2.84.96

References

Bobylev, S. N., Tikunov, V. S., & Chereshnya, O. Yu. (2018). The level of digital economy development in the regions of Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya, 5,* 27–35.

Kalabikhina, I. E. (2019). Demographic Reflections on the Digital Economy. *Moscow University Economics Bulletin, 6,* 147–166.

Kapeliushnikov, R. I. (2018). Impact of the fourth industrial revolution on the labor market. *Stork on the roof. Demographic journal, 6* (6), 32–36.

Zemtsov, S. (2018). Can robots replace humans? Automation Risk Assessment in Russian Regions. *Innovative Economy, 4* (234), 49–55.