

И. М. Черненко, Н. Р. Кельчевская, И. С. Пельмская, Х. К. А. Алмусаеди

^{а, б, в)} Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург Российская Федерация

^{г)} Южный технический университет, г. Басра, Республика Ирак

^{а)} <https://orcid.org/0000-0001-9449-6323>, e-mail: i.m.chernenko@urfu.ru

^{б)} <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X>

^{в)} <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506>

^{г)} <https://orcid.org/0000-0002-7562-5887>

Возможности и угрозы цифровизации для развития человеческого капитала на индивидуальном и региональном уровнях¹

В условиях цифровой трансформации экономики различия в заработках создают преимущества и угрозы для развития человеческого капитала. В предыдущих исследованиях угрозы и возможности выражены через дифференциацию заработной платы в зависимости от степени развития индивидуальных компетенций, при этом внешние региональные условия цифровизации не учитываются. Целью настоящего исследования является проверка гипотез о дифференциации заработных плат в зависимости от индивидуальных цифровых компетенций и вероятности компьютеризации профессии, с одной стороны, и от уровня цифровизации регионов — с другой стороны. В работе использован метод линейной регрессии на основе уравнений минцеровского типа. Эмпирической базой стали данные РМЭЗ НИУ ВШЭ, которые объединены с данными Росстата по цифровизации регионов России с 2003 г. по 2018 г. В результате исследования концептуально определены возможности и угрозы развития с точки зрения замещения и дополнения труда, распределения предпринимательских рисков, использования цифровых компетенций и влияния уровня компьютеризации регионов на различия в индивидуальных заработках. Впервые в литературе показано наличие профессиональной поляризации российского рынка труда, обусловленной цифровизацией. Поляризация является серьезной угрозой для российского рынка труда в среднесрочном периоде, поскольку создает неравные возможности для роста доходов и профессионального развития. В отличие от предыдущих исследований, проанализировано влияние вероятности компьютеризации на заработки: несмотря на то, что в целом цифровизация создает преимущество в использовании человеческого капитала, с повышением вероятности компьютеризации профессии заработки могут сократиться практически на четверть. Высокий уровень цифровизации регионов поддерживает человеческий капитал, обеспечивая повышение зарплаты в пределах 5–10 %. Результаты могут быть применены для поддержки стратегических решений в области развития цифровизации на региональном уровне. Показано, что необходим мониторинг профессий, находящихся под угрозой цифровой автоматизации на региональном уровне.

Ключевые слова: человеческий капитал, цифровизация, рынок труда, профессиональная поляризация, уравнение Минцера, заработная плата

Для цитирования: Черненко И. М., Кельчевская Н. Р., Пельмская И. С., Алмусаеди Х. К. А. Возможности и угрозы цифровизации для развития человеческого капитала на индивидуальном и региональном уровнях // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 4. С. 1239–1255. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-14>.

¹ © Черненко И. М., Кельчевская Н. Р., Пельмская И. С., Х. К. А. Алмусаеди. Текст. 2021.

RESEARCH ARTICLE

Iliya M. Chernenko ^{a)}, Natalya R. Kelchevskaya ^{b)}, Irina S. Pelymskaya ^{c)}, Hasan Khayoon Abbas Almusaedi ^{d)}

^{a, b, c)} Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation

^{d)} Southern Technical University, Basra, Republic of Iraq

^{a)} <https://orcid.org/0000-0001-9449-6323>, e-mail: i.m.chernenko@urfu.ru

^{b)} <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X>

^{c)} <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506>

^{d)} <https://orcid.org/0000-0002-7562-5887>

Opportunities and Threats of Digitalisation for Human Capital Development at the Individual and Regional Levels

In the context of digital transformation of the economy, human capital development depends on differences in earnings. Previous studies examined the relationship between wage differentiation and employee competencies without considering the regional digitalisation. The present research tests a hypothesis of the dependence of wage differentiation on individual digital competencies, likelihood of job computerisation and digital development of a region. Linear regression method based on Mincer equations was utilised. The empirical basis comprises data from the Russia Longitudinal Monitoring Survey — Higher School of Economics (RLMS-HSE) and statistics of the Federal State Statistics Service on the digitalisation of Russian regions in the period from 2003 to 2018. Development opportunities and threats have been conceptually identified in terms of substitution and supplementation of labour, distribution of entrepreneurial risks, the use of digital competencies and the influence of regional digitalisation on differences in individual earnings. The revealed professional polarisation of the Russian labour market due to digitalisation creates unequal opportunities for income growth and professional development in the mid-term. In contrast to previous studies, this research analysed how the likelihood of computerisation affects wages, showing that while, in general, digitalisation creates an advantage for human capital, an increase in computerisation reduces earnings by almost a quarter. High level of digitalisation of certain regions supports human capital, yielding a wage increase of 5–10 % on average. The study results can be practically applied to support strategic decisions for the development of digitalisation at the local and regional levels. Moreover, the necessity to monitor professions under the threat of digital automation in regions is shown.

Keywords: human capital, digitalisation, opportunities and threats, labour market, professional polarisation, Russia, regions

For citation: Chernenko, I. M., Kelchevskaya, N. R., Pelymskaya I. S. & Almusaedi, H. K. A. (2021). Opportunities and Threats of Digitalisation for Human Capital Development at the Individual and Regional Levels. *Ekonomika regiona [Economy of regions]*, 17(4), 1239-1255, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-14>.

1. Введение

Развитие цифровых технологий не только обеспечивает широкий спектр возможностей для повышения конкурентоспособности регионов, но и подпитывает обеспокоенность высокими темпами автоматизации и ожидание существенных структурных изменений на рынке труда. Ключевой характеристикой рабочей силы становится запас релевантных для рынка труда профессиональных компетенций, или человеческий капитал, поскольку он является стабильным предиктором различий в заработках в условиях интенсивных технологических изменений, обуславливая также риск безработицы [1, 2]. Несмотря на то, что идея технологической безработицы не является новой, в современный период наблюдаются беспрецедентные по масштабу интервенции со стороны компьютерных технологий в профессиональные области, которые традиционно считаются прерогативой исклю-

чительно человеческих способностей — это интеллектуальные операции с неструктурированными данными, адаптация к изменениям и обучение, решение абстрактных задач [2–4]. Проблема в том, что если в креативной сфере или при решении комплексных задач цифровизация дополняет человеческий труд и создает ряд возможностей — высвобождает дорогое время работников с высоким уровнем человеческого капитала и повышает их вовлеченность и мотивацию, то в областях интеллектуального рутинного труда, требующего монотонных навыков, связанных с распознаванием визуальных и языковых паттернов и принятием линейных решений, машины вытесняют работников, создавая угрозу снижения заработков, а впоследствии и безработицы [5, 6]. Именно поэтому такие угрозы необходимо идентифицировать для оптимизации моделей управления цифровыми изменениями на региональном и национальном уровнях.

В работах по управлению социальными системами понятия возможностей и угроз относятся к положительным обстоятельствам и неблагоприятным условиям во внешней среде, которые влияют на конкурентоспособность экономических субъектов, например на их способность генерировать потоки доходов в долгосрочном периоде [7]. В этом отношении рынок труда может также рассматриваться как среда, находящаяся под влиянием значительного количества внешних факторов, среди которых существенную роль играют региональные технологические изменения, соответствующие определенной эпохе. Такие изменения с точки зрения баланса спроса и предложения на рабочую силу могут рассматриваться, прежде всего, как фактор, обеспечивающий дифференциацию заработных плат, которая ведет к более глубоким социальным последствиям и трансформации моделей поведения работников и работодателей. Неоклассическая теория человеческого капитала предполагает, что существенное влияние на заработки оказывают образование [8], производственный опыт и компетенции, причем эта закономерность подтверждается на обширном эмпирическом материале за последние несколько десятилетий [9, 10]. Таким образом, цифровизация в целом может быть также рассмотрена как фактор, обеспечивающий различия в заработках и создающий угрозы в краткосрочном периоде и возможности в долгосрочном.

Российская экономика развивается в соответствии с глобальными трендами цифровизации, важной частью региональной и национальной политики становятся сокращение технологического разрыва [11] и внедрение прикладной цифровизации на основе Индустрии 4.0 [12]. Цифровизация, несомненно, затронула российский рынок труда, обеспечив формирование преимуществ для ряда профессий и рабочих мест, а также повысив ценность отдельных навыков: например, владение продвинутыми цифровыми компетенциями в 2016 г. обеспечивало существенный выигрыш в заработках на уровне 14–22 % для большинства сфер деятельности [10, с. 479]. При этом Л. Матраева и соавторы показывают, что скорость технологических изменений, напротив, приводит к институциональным ловушкам, которые значительно снижают выгоды работников на российском рынке труда, что связано с отсутствием необходимой квалификации, дисбалансом спроса на рабочую силу и последующей структурной безработицей среди рутинных интеллектуальных профессий [13]. Все

это говорит о неоднозначности влияния цифровизации на национальную экономику и одновременном возникновении как возможностей, так и угроз для национального рынка труда.

Целью данного исследования является проверка гипотез о дифференциации заработных плат в зависимости, с одной стороны, от индивидуальных цифровых компетенций и вероятности компьютеризации профессии и от уровня цифровизации регионов, с другой стороны. Особенностью работы является рассмотрение влияния цифровизации за относительно продолжительный период в 2003 г. по 2018 г. на начальном этапе компьютеризации, трансформирующей бизнес-среду и национальный рынок труда.

2. Теоретические основы

Обзор литературы показывает, что цифровизация с определенной вероятностью обеспечивает возможности и одновременно создает целый ряд угроз [2, 5, 6, 14, 15]. В данном разделе выделено шесть ключевых областей вклада цифровизации в процессы трансформации рынка труда, которые касаются, во-первых, трудовых изменений на индивидуальном уровне, дополнения и замещения труда, во-вторых, создания специфического цифрового человеческого капитала, который затрагивает процессы формирования интеллектуальных ресурсов на региональном уровне.

Компьютеризация и цифровизация зачастую используются как взаимозаменяемые термины, это автоматизация рабочих мест с помощью контролируемого компьютерами оборудования, которая приводит к вытеснению низкопроизводительного труда [16]. Информационные и компьютерные технологии (ИКТ) становятся инструментальной базой для совершенствования бизнес-процессов в компаниях и формирования индивидуальных траекторий развития человеческого капитала. Существенная часть рассмотренных исследований по влиянию цифровизации на рынок труда опирается на агрегированные данные и акцентирует внимание на проблемах трансформации и сохранении рабочих мест [13–15, 17, 18], структуре профессиональной занятости [4, 16, 19]. Значительно меньше работ в сфере исследования проблем использования индивидуального человеческого капитала в условиях цифровизации регионов [10]. Поэтому в данной работе внимание фокусируется на исследовании не только традиционных индивидуальных аспектов, но и внешнего вли-

яния уровня развития цифровой инфраструктуры регионов России.

2.1. Возможности и угрозы на индивидуальном уровне

Формирование возможностей и угроз касается индивидуального уровня, а именно, дизайна работ, цифровых компетенций, а также феномена поляризации рынка труда [15, 20, 21]. Дизайн работы направлен на планирование содержательных и организационных аспектов индивидуальных трудовых процессов, формирование ответственности и социально-психологических отношений, обеспечение рабочих мест: в условиях цифровизации главной задачей дизайна становятся эффективное использование накопленного человеческого капитала, обогащение работы и поддержание универсальных профессиональных компетенций в сфере обработки и анализа данных и информации [14, 16, 22]. В свою очередь, поляризация рынка труда выражается в росте занятости в профессиональных областях, требующих высокого уровня навыков (управленческие и научно-технические специальности) и параллельном увеличении низкоквалифицированных работ (рутинный ручной труд), в то время как значительно снижается количество работ, требующих среднего уровня квалификации, таких как сборка на линиях, работа клерков [23]. Цифровизация, рассматриваемая как инструментальная платформа для технологических изменений в современный период, создает благоприятные условия для поляризации, поскольку вытесняет занятых из областей рутинного ручного труда, делает работы низкооплачиваемыми и малопривлекательными, но в то же время дополняет и поддерживает выполнение нерутинных когнитивных задач в управленческой и научной областях [2]. В таких условиях многие компании становятся на грань экономического выживания, поскольку не могут вовремя адаптироваться к разрушительным изменениям [17].

Именно поэтому в современный период технологическое влияние цифровизации на дизайн работы имеет особое значение для человеческого капитала, поскольку когда стоимость вычислительных мощностей ИКТ снижается до уровня совокупных затрат на содержание рабочей силы, происходит непосредственное замещение рутинных интеллектуальных операций. К. Фрей и М. Осборн отмечают, что стоимость высокоточных роботов с возможностями машинного зрения снижалась с 2013 г. по меньшей мере на 10 % ежегодно [14, р. 261],

делая инвестиции в физический капитал более привлекательными, чем в человеческий [24]. Предполагается, что данный процесс в итоге положительно сказывается на интенсивности использования «живого» человеческого капитала и создает потенциал для повышения зарплат. Следовательно, выдвигаем гипотезы.

H1. Профессии, которые находятся под существенным влиянием цифровизации и связаны с интенсивным использованием информационных и компьютерных технологий, способствуют лучшему использованию общего человеческого капитала, отраженного в формальном образовании.

H2. Повышение вероятности компьютеризации профессии и замещения низкопроизводительного труда вследствие цифровизации значительно положительно влияет на заработную плату работников.

Цифровизация акцентирует внимание инвесторов в человеческий капитал на наличии универсальных компетенций и индивидуальных навыков работы с данными, которые могут быть использованы в смежных областях [22]. Сокращение жизненного цикла бизнес-моделей в цифровой экономике создает предпосылки для карьерной мобильности по сетевому принципу [25], работники, интенсивно использующие ИКТ, быстро получают сигналы о возможностях наилучшего размещения собственного человеческого капитала, максимально отдаваясь от идеи пожизненного найма, характерной для экономики, в которой властвуют корпорации и менеджеры. Специалисты международного экономического форума отмечают, что несмотря на растущую нестабильность компетенций, некоторые универсальные навыки работы с ИКТ остаются весьма востребованными на рынке труда и вытеснят неконкурентоспособный человеческий капитал в ближайшее время [26]. Среди них находятся аналитические компетенции в области работы с разнообразными данными, навыки автоматизации процессов, связанных с ИКТ, принятие управленческих решений в области неструктурированных задач. Цифровизация, по сути, также обеспечивает преимущество управленческих компетенций, интегрированных с ИКТ, поскольку сервитизация бизнеса приводит к трансформации привычных бизнес-моделей и повышению неопределенности среды [27]. Следовательно, выдвигаем гипотезу:

H3. Персональные цифровые компетенции, навыки в области ИКТ для работы, формального обучения и самообучения значимо положительно

вливают на заработки работников, занятых не-
рутинными творческими профессиями.

2.2. Возможности и угрозы на региональном уровне

Целый поток исследований связан с исследованием угроз и возможностей под влиянием региональной цифровой инфраструктуры для сферы предпринимательства в условиях цифровизации и, следовательно, с распределением рисков, относящихся к результатам работы. Цифровые изменения приводят к неблагоприятному распределению бизнес-рисков, поскольку отсутствуют четкие инструкции, а значит, повышается индивидуальная ответственность работников за результаты [28, р. 199]. Конкуренция на региональных рынках труда ужесточается, поскольку растет число краткосрочных контрактов, снижающих баланс сил в трудовых переговорах, предметом которых являются фрагментированные задачи. Работа самозанятых на нескольких цифровых платформах в качестве «е-лансеров» может быть связана со значительным количеством часов переработки, которые оплачиваются более низким, чем в корпоративной среде, ставкам. Также важной угрозой является отсутствие механизмов регулирования минимальной оплаты цифрового труда самозанятых и предпринимателей в среде, интенсивно использующей ИКТ [16].

А. Соргнер на примере немецкого рынка труда показывает, что цифровизация действительно является важным предиктором самозанятости и способствует в развитых регионах лучшему размещению предпринимательских способностей [16]. Технологии делают более гибким рабочий график, а также повышают автономию работников, мотивируя их перейти в предпринимательский сектор, кроме того, она облегчает формирование устойчивых бизнес-моделей, поскольку нет необходимости инвестировать в сложное дорогостоящее оборудование, достаточно просто подключиться к определенной цифровой платформе [29]. Предпринимательство в цифровой среде, как правило, положительно сказывается на заработках, обеспечивая возможность открыть новый бизнес в разнообразных сферах, создавая собственную конкурентную нишу [28]. Следовательно, выдвигаем гипотезу:

Н4. Высокий уровень цифровизации в регионах создает благоприятную среду для предпринимательских возможностей, значимо положительно влияет на заработки предпринимате-

лей, работающих в профессиях, интенсивно использующих ИКТ.

Цифровизация вносит значительный вклад в трансформацию человеческого капитала в более устойчивые формы интеллектуальных ресурсов, таких как структурный капитал — формализованные знания, которые могут быть транслированы внутри компьютерных коммуникационных сетей. В регионах мира с высоким уровнем цифровизации в период изменений на рынке труда, как правило, значительное число профессий одновременно находятся под угрозой автоматизации [30, р. 7]. Однако даже в трансформационный период процесс вытеснения низкоквалифицированной с точки зрения цифровизации рабочей силы происходит гораздо быстрее при развитой ИКТ-инфраструктуре, и поэтому быстрее создается преимущество при повышении заработков и переключении на более квалифицированную работу. В то же время гибкость, которая характерна для цифровых трудовых отношений, позволяет получить больше преимуществ в заработках в регионах, где уровень развития цифровых сетей и компьютеризации выше, поскольку с высокой вероятностью большее число компаний будут использовать преимущества ИКТ для повышения конкурентоспособности.

Очевидно, что значительная часть работников формирует цифровой след во внешней среде, благодаря которому компании получают возможность отслеживать действия сотрудников, кроме того, в целом повышается уровень цифрового контроля бизнес-среды [29]. В данных процессах необходимо учитывать, прежде всего, уровень развития цифровой инфраструктуры на локальном и региональном уровнях, который является показателем сравнительного преимущества регионов в целом [27]. Например, С. Земцов и соавторы в своем исследовании российского рынка труда показывают, что в регионах с высокой концентрацией человеческого капитала и развитой инфраструктурой агломераций цифровая трансформация пройдет менее болезненно [18]. Следовательно, выдвигаем гипотезу:

Н5. Высокий уровень цифровизации в регионах создает возможности для лучшего использования знаний работников и среду для использования аналитических компетенций и значимо положительно влияет на заработную плату.

3. Данные и методы

Данные. Эмпирической базой исследования стали репрезентативные выборки

Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения (РМЭЗ НИУ ВШЭ) [31] и данные Росстата [32] (раздел 18 сборника Регионы России «Информационные и коммуникационные технологии»). Всего в репрезентативной выборке использованы данные 105770 наблюдений в период за 16 лет с 2003 г. по 2018 г. по всем восьми федеральным округам России. В дальнейшем анализе приведены оцененные коэффициенты регрессии для трех лет — 2003, 2011 и 2018 гг. и графические материалы, отражающие динамику дифференциации заработных плат для всех данных в целом.

Методы. Для проверки выдвинутых гипотез применен метод множественной линейной регрессии, в основе используемых моделей лежит модифицированное уравнение минцеровского типа, в котором в качестве зависимых переменных рассматриваются как индивидуальные характеристики человеческого капитала, так и внешние эффекты, прежде всего, эффекты от определенного уровня цифровизации регионов, в которых заняты респонденты на момент исследования. В качестве зависимой переменной используется показатель натурального логарифма годовой заработной платы, выраженной в рублях (*wage_year*). Соответственно, значимая положительная связь переменных будет говорить о формировании возможностей на рынке труда при использовании индивидуального человеческого капитала, а отрицательная — о наличии угроз, выраженных в прямых потерях индивидуальных заработков.

В качестве независимых переменных используется ряд показателей, которые, как мы полагаем, будут пригодны для проверки выдвинутых ранее гипотез. Для оценки общего человеческого капитала использовали показатель накопленных лет формального обучения в годах (*edu_imp*), для оценки производственного опыта (*exper*) использовался показатель общего трудового стажа, а для специального опыта (*exper_sp*) — количество лет занятости по последнему месту работы. Измерение индивидуальных цифровых компетенций происходило с использованием дамми-переменных, отражающих наличие навыка использования компьютера с доступом в интернет для работы (*int_wor*), формальной учебы (*int_learner*) и самообучения и саморазвития (*int_self*). Для выделения предпринимателей в сфере, интенсивно использующей ИКТ (ИИКТ), использовали признак самозанятости или работы в качестве предпринимателя (*enterpr_dig*).

В профессиональном разрезе в выборке также были выделены профессии, интенсивно использующие ИКТ, в соответствии со статистическими данными НИУ ВШЭ (если более 10 % занятых в профессии являются специалистами ИКТ или интенсивно используют их на ежедневной основе) [33, р. 166]. Это специалисты в области информации и связи, финансовой, профессиональной технической и научной деятельности, государственного управления и социального обеспечения. Также в соответствии с кодами ISCO-08 все профессии были поделены на нерутинные и прочие, к первым отнесены руководители и специалисты, требующие креативности или навыков решения комплексных неструктурированных задач (руководители, творческие профессии, специалисты высшей квалификации в медицине, третичном образовании и т. п.).

Для репрезентативной выборки был рассчитан ряд независимых переменных, связанных с вероятностью компьютеризации рабочей профессии (*digit_prob_prof*) и профессии по полученному диплому третичного образования (*digit_prob_edu_3*), которые относятся к коду ISCO-08 в исходной базе. Вероятность компьютеризации отражает степень ожидания полного вытеснения цифровыми технологиями рабочей силы и соответствующего человеческого капитала из конкретной профессии. Данный показатель был адаптирован из работы К. Фрей и М. Осборн [14], он учитывает узкие места компьютеризации, такие как социальный интеллект, креативность, восприятие и манипулирование. Показатели были рассчитаны на основе данных американского рынка труда с применением машинного обучения. Полагаем, что данные исследования К. Фрей и М. Осборн [14] могут быть применены для исследования российского рынка труда по нескольким причинам. Во-первых, в рассмотренной авторами классификации O*Net присутствует сопоставимая структура профессий, которую мы привели в соответствие с общепринятой классификацией ISCO-08, используемой Международной организацией труда. Во-вторых, расчеты основаны на исследовании общих технологических тенденций и спроса в условиях существенных изменений на рабочих местах, которые обусловлены интенсивным использованием информационных и компьютерных технологий. В-третьих, мы предполагаем, что в перспективе цифровизация затронет все отрасли и профессии на международном уровне, а использованные расчеты вероятности компьютеризации способны дать

нам представление о профессиях, которые находятся в наиболее уязвимом положении.

Для внешних по отношению к индивидуальному человеческому капиталу переменных использованы показатели уровня цифровизации регионов, в которых проживают респонденты, к их числу относятся доля организаций в регионе, использующих компьютеры (*org_comp*), серверы (*org_serv*) и локальные вычислительные сети (*org_lcn*). Важным показателем является дамми-переменная, указывающая на уровень цифровизации в целом, рассчитанная на основе показателя обеспеченности рабочих мест компьютерами с доступом в интернет в расчете на 100 чел. Данный показатель принимает значение 1, если уровень цифровизации в регионе выше медианного значения по России (*org_digit*).

Контрольные переменные. Естественно, что рассматриваемы целевые независимые переменные будут вносить только часть вклада в дифференциацию оплаты труда, ожидается, что значительное влияние окажут дамми-переменные пола респондента (*male*), наличия подчиненных (*boss*) и государственной собственности у предприятия (*gov_prop*).

4. Результаты и обсуждение

Описательные статистики для исследуемой репрезентативной выборки представлены в таблице 1. Анализ показывает, что в рассмотренный период профессии ИИКТ стабильно ассоциируются с преимуществами в заработках, что связано с интенсивностью развития, конкуренции и уровнем использования челове-

ского капитала в данных сферах. Значения региональных показателей цифровизации также растут со временем. Видно, что рабочая сила ИИКТ в целом связана с регионами, которые демонстрируют высокий уровень компьютеризации, с течением времени преимущества цифровизации, однако сглаживаются. Например, в 2018 г. по сравнению с 2003 и 2011 гг. подобных различий в распределении занятых не наблюдается. Профессии ИИКТ, однако, демонстрируют сравнительно высокий уровень общих цифровых компетенций — большая часть использует интернет для работы и самообучения, причем с течением времени данный показатель остается практически неизменным.

Возможности и угрозы на индивидуальном уровне. Как видно на рисунке 1, профессии ИИКТ лучше используют формальный человеческий капитал в последние годы, уровень отдачи, оцененный на основе предложенных моделей, является устойчивым с 2013 г. и к 2018 г. находится в пределах на 0,5–1 п. п. выше аналогичного показателя у прочих профессий. На рисунке 1 видно, что в период до 2013 г. ИИКТ не давало сравнительных преимуществ в использовании человеческого капитала. Вероятно, что повышение отдачи после 2012 г. связано с экспансией высшего образования в 2010-е и одновременным повышением на рынке труда роли специальностей, связанных с преимущественным использованием компьютерных технологий. Таким образом, первая выдвинутая гипотеза подтверждена — профессии ИИКТ, действительно, лучшим образом используют общий человеческий

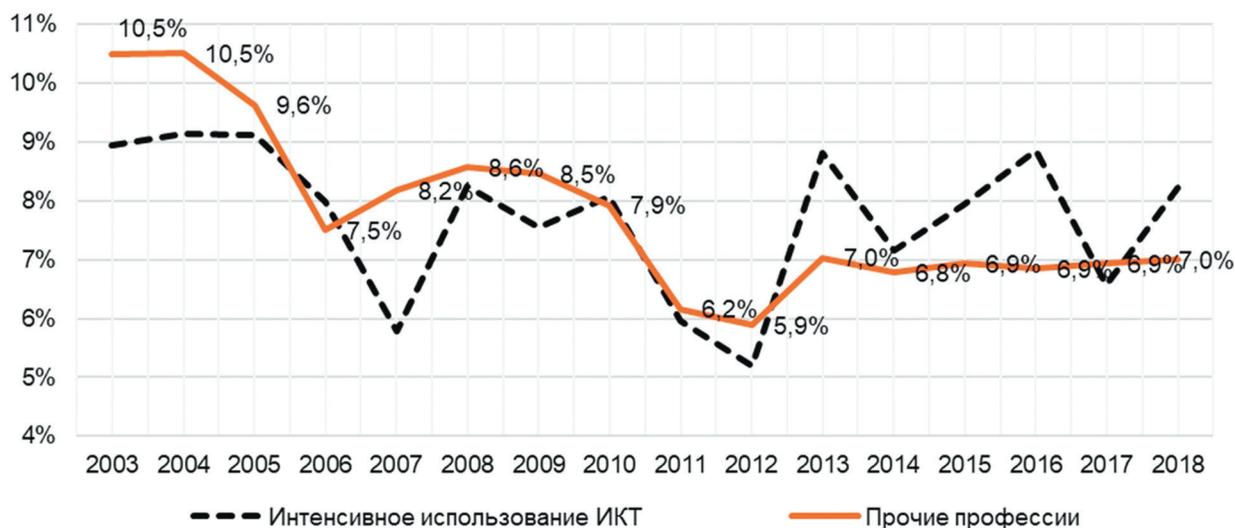


Рис. 1. Отдача от общего человеческого капитала (годы формального образования) в процентах от заработков для работников, интенсивно использующих ИКТ, и прочих профессий с 2003 г. по 2018 г. Для всех коэффициентов $p < 1\%$ (источник: получено авторами)

Fig. 1. Return on aggregated human capital (years of formal education) as a percentage of earnings of employees in ICT intensive and other sectors from 2003 to 2018. For all coefficients $p < 1\%$

Таблица 1

Table 1

Описательные статистики для переменных, используемых для проверки гипотез*

Descriptive statistics for variables used to test hypotheses

Переменная	2003						2011						2018							
	Профессии ИИКТ		Прочие		S.D.		Профессии ИИКТ		Прочие		S.D.		Профессии ИИКТ		Прочие		S.D.			
	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.		
<i>wage_year</i> , логарифм годовой заработной платы в рублях	10,86	0,91	10,53	0,94	12,24	0,77	12,01	0,68	12,80	0,72	12,61	0,62	12,80	0,72	12,61	0,62	12,80	0,72	12,61	0,62
<i>male</i> , пол мужской = 1	0,40	0,49	0,48	0,50	0,41	0,49	0,48	0,50	0,39	0,49	0,48	0,50	0,39	0,49	0,48	0,50	0,39	0,49	0,48	0,50
<i>org_sopr</i> , % организаций в регионе, использующих компьютеры	88,1	11,6	87,7	11,1	95,4	4,6	95,1	4,8	94,8	3,5	94,8	3,2	94,8	3,5	94,8	3,2	94,8	3,5	94,8	3,2
<i>org_serv</i> , % организаций в регионе, использующих серверы	12,1	6,5	11,6	6,3	22,8	9,0	21,5	8,4	55,4	8,7	54,6	8,4	55,4	8,7	54,6	8,4	55,4	8,7	54,6	8,4
<i>org_iscp</i> , % организаций в регионе, использующих локальные сети	56,5	17,1	55,1	17,0	74,9	10,5	73,5	10,2	65,2	4,9	65,2	5,4	65,2	4,9	65,2	5,4	65,2	4,9	65,2	5,4
<i>org_digit</i> , значение обеспеченности рабочих мест компьютерами с Интернетом в регионе выше медианного по России = 1	0,8	0,4	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
<i>boss</i> , есть подчиненные = 1	0,38	0,49	0,16	0,37	0,35	0,48	0,14	0,35	0,34	0,47	0,13	0,34	0,34	0,47	0,13	0,34	0,34	0,47	0,13	0,34
<i>gov_prop</i> , государственная собственность компании = 1	0,59	0,49	0,61	0,49	0,42	0,49	0,48	0,50	0,39	0,49	0,45	0,50	0,39	0,49	0,45	0,50	0,39	0,49	0,45	0,50
<i>edu_inpr</i> , лет формального образования	13,87	2,03	12,68	2,03	14,03	2,07	12,73	2,22	14,35	1,81	13,12	1,97	14,35	1,81	13,12	1,97	14,35	1,81	13,12	1,97
<i>exprit</i> , лет опыта работы	19,50	12,04	19,62	12,50	18,45	12,30	21,26	12,73	19,92	11,87	22,02	12,20	19,92	11,87	22,02	12,20	19,92	11,87	22,02	12,20
<i>exprit_sp</i> , лет спец. опыта	8,68	10,09	6,83	8,74	7,82	9,09	7,32	8,86	9,05	9,42	7,82	8,73	9,05	9,42	7,82	8,73	9,05	9,42	7,82	8,73
<i>digit_prob_prof</i> , вероятность цифровизации профессии	0,50	0,38	0,61	0,34	0,49	0,38	0,60	0,35	0,48	0,38	0,55	0,36	0,48	0,38	0,55	0,36	0,48	0,38	0,55	0,36
<i>enterpr_dig</i> , предприниматель в среде ИИКТ = 1	0,03	0,17	0,03	0,17	0,02	0,12	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01	0,11	0,01	0,11
<i>int_wor</i> , использует интернет для работы = 1	0,81	0,40	0,54	0,50	0,78	0,42	0,50	0,50	0,81	0,40	0,54	0,50	0,81	0,40	0,54	0,50	0,81	0,40	0,54	0,50
<i>int_lev</i> , использует интернет для обучения = 1	0,28	0,45	0,33	0,47	0,23	0,42	0,19	0,39	0,19	0,39	0,15	0,36	0,19	0,39	0,15	0,36	0,19	0,39	0,15	0,36
<i>int_self</i> , использует интернет для самообучения = 1	0,57	0,50	0,50	0,50	0,81	0,39	0,77	0,42	0,91	0,29	0,84	0,36	0,91	0,29	0,84	0,36	0,91	0,29	0,84	0,36

* Получено авторами.

Примечание: M — среднее значение, S.D. — стандартное отклонение.

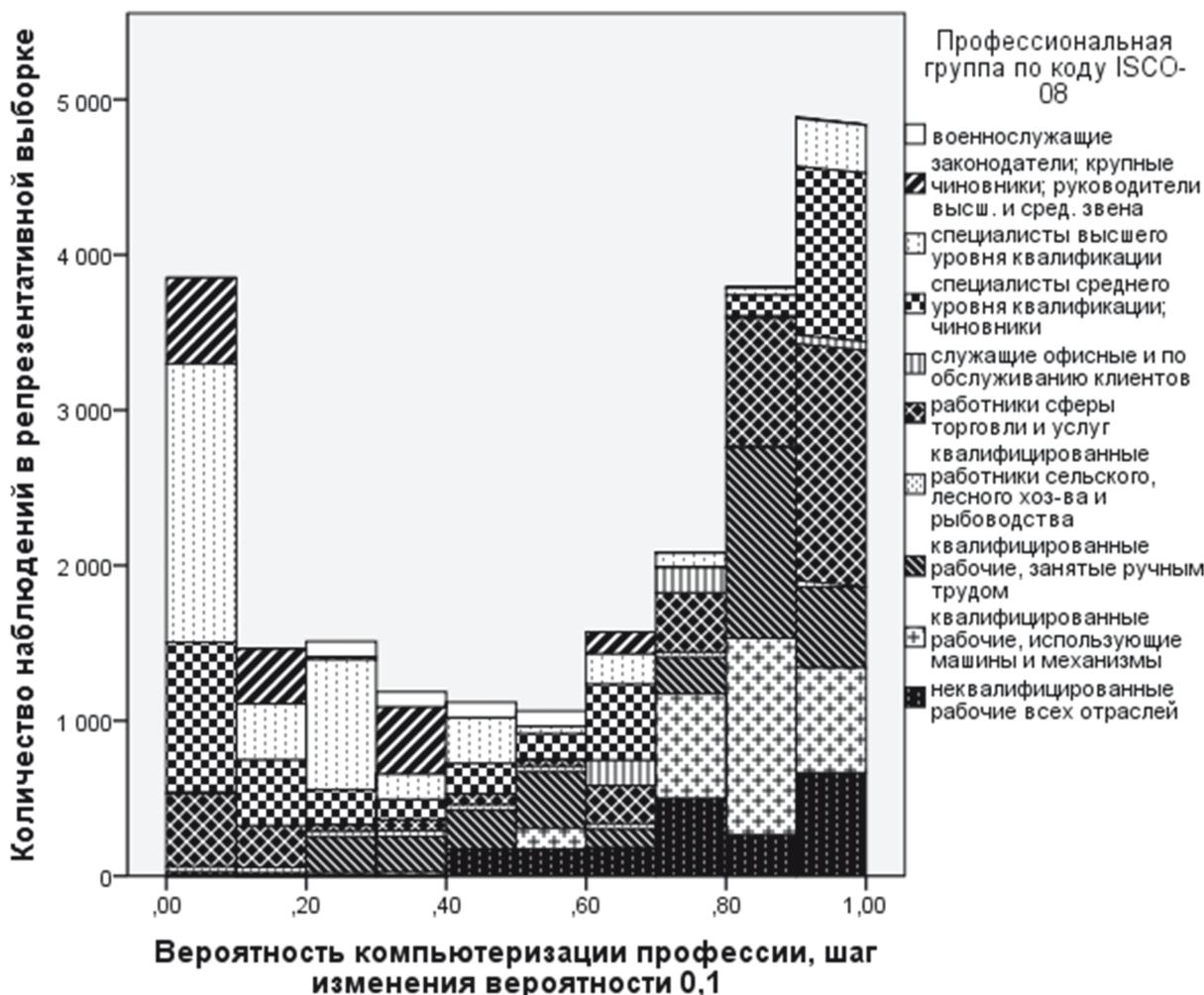


Рис. 2. Распределение вероятности компьютеризации профессии в разрезе профессиональных групп в 2018 г.: феномен поляризации рынка труда с точки зрения цифровизации в России (примечание: применен шаг изменения вероятности компьютеризации 0,1; источник: получено авторами)

Fig. 2. Distribution of the likelihood of job computerisation by professional groups in 2018: the phenomenon of labour market polarisation in terms of digitalisation in Russia

капитал, они лучше, чем другие профессии, отражают «идеалы» цифрового дизайна работы, которые призваны повысить индивидуальную производительность и конкурентоспособность на рынке труда. В этой области ИКТ создают возможности. Анализ динамики отдачи от формального образования показывает, что данная тенденция наблюдается только в последние 10 лет, когда цифровые технологии, действительно, стали неотъемлемой частью работы значительного количества занятого населения.

Поляризация, как отмечалось ранее, тесно связана с дизайном работы и действительным распределением усилий и времени работников на практике. Полученные результаты подтверждают предположения о наличии профессиональной поляризации на рынке труда с позиций цифровизации. Она отражается в значительном количестве профессий с относительно низким уровнем квалификации, которые в вы-

сокой степени подвержены компьютеризации, а также профессий с высоким уровнем квалификации, которые не подвержены компьютеризации (рис. 2). Результаты исследования сопоставимы с предшествующими исследованиями американского рынка труда [14, р. 267]. Наблюдается провал в занятости по профессиям среднего звена, мало подверженных цифровизации, что создает определенные угрозы на рынке труда. Во-первых, существенной угрозой является наличие значительного количества занятых в профессиях, которые с высокой степенью вероятности будут компьютеризированы в ближайшие годы. Значительная часть этих специалистов — работники торговли и неквалифицированные рабочие, а также операторы оборудования, работа которых с высокой степенью вероятности будет компьютеризирована в ближайшие годы. Во-вторых, вероятность компьютеризации, как показывают ре-

зультаты регрессионного анализа в таблице 2, в большинстве случаев отрицательно сказывается на заработках, особенно в сфере профессий ИИКТ и в регионах с высоким уровнем цифровизации. Это означает, что компьютеризация связана с существенным снижением заработков. Следовательно, вторая выдвинутая гипотеза была опровергнута.

Условные потери заработка от повышения вероятности компьютеризации профессии с течением времени снижаются, зачастую они находятся в пределах 10–20 %, в 2006 и 2007 гг. условные потери от цифровизации профессии составляли почти четверть заработной платы. Наблюдаемые тенденции связаны с аккумуляцией человеческого капитала низкого качества в областях, которые подвержены компьютеризации: угроза в том, что потеря заработка и рабочих мест может произойти в короткий период времени в ближайшие 10–15 лет, что усугубит последствия структурной перестройки рынка труда и может привести к дальнейшей социальной напряженности. Следовательно, вторая гипотеза отвергнута.

Как и ожидалось, контрольные переменные, такие как пол, наличие подчиненных и форма собственности, значимо влияют на заработки во всех рассмотренных периодах, особенно их значение велико по сравнению с вкладом принятых во внимание элементов человеческого капитала. Мужчины на российском рынке труда в среднем зарабатывают больше женщин практически на 40 %, превышение заработка ожидаемо наблюдается у начальников, однако государственная форма собственности

у организации, где заняты респонденты, приводит к весьма существенной потере зарплаты (таблицы 2 и 3). Среди целевых независимых переменных персональные цифровые компетенции, как видно из результатов в таблице 3, приносят повышенную отдачу на рынке труда, причем их релевантность повысилась только в последние 10 рассматриваемых лет — с 2008 г. Стабильно высокую отдачу демонстрируют навыки использования интернета для целей работы, а также для формального обучения. Отдача от таких навыков со временем падает, если в 2008 г. представители нерутинных профессий получали преимущество порядка 40 % от среднего заработка, то в 2018 г. такое преимущество сократилось до 27 %. Для рутинных профессий отдача от подобных компетенций заметно ниже во всех периодах. Следовательно, третья гипотеза была подтверждена.

Возможности и угрозы на региональном уровне. Для проверки третьей гипотезы — возможностей для реализации человеческого капитала предпринимателей — были оценены внешние факторы цифровизации регионов, которые относятся к формированию базовой ИКТ-инфраструктуры — компьютеров с доступом в интернет для ежедневной работы. Как показывают данные из таблицы 2, предпринимательство в целом создает преимущество в заработках в пределах 25–100 %, однако высокий уровень цифровизации в регионах не влияет на различия в заработках; таким образом, на данном этапе развития достигнутый уровень цифровизации регионов не обеспечивает явных возможностей для ре-

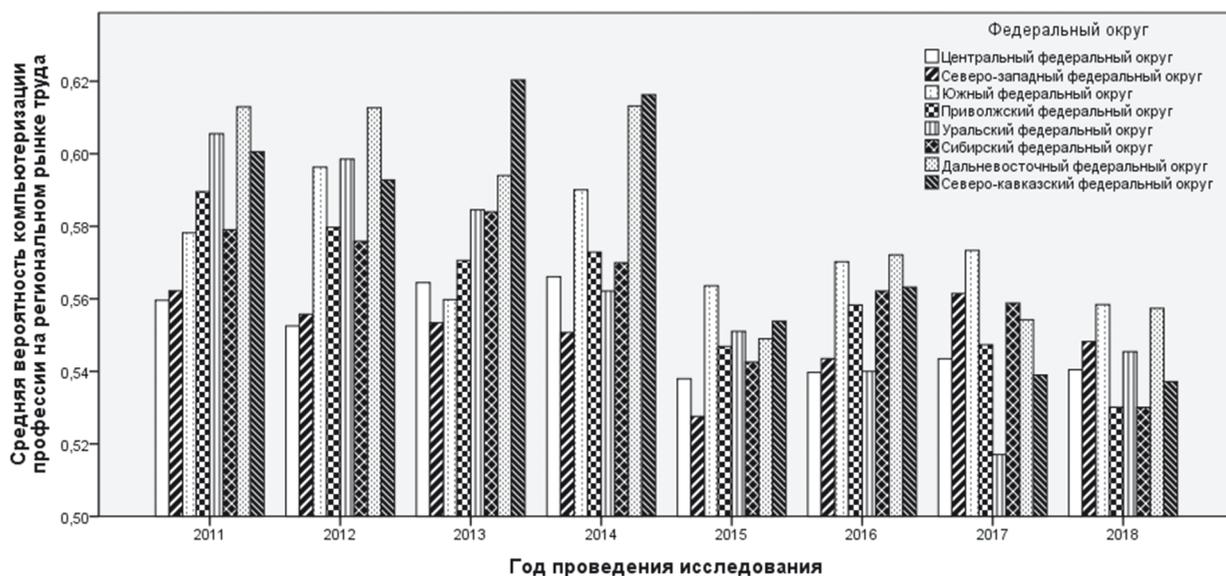


Рис. 3. Динамика изменения средней вероятности компьютеризации профессии на региональных рынках труда в течение 2011–2018 гг. (источник: получено авторами)

Fig. 3. Dynamics of changes in the average likelihood of job computerisation in regional labour markets during 2011–2018

Таблица 2
 Результаты регрессионного анализа, нестандартизованные коэффициенты регрессии по уравнениям для проверки первой, второй и четвертой гипотез.
 Проверка влияния вероятности цифровизации профессии и уровня цифровизации регионов

Table 2
 Regression analysis results based on non-standardised regression coefficients according to equations for testing the first, second and fourth hypotheses.
 Checking of the impact of the likelihood of job computerisation and digitalisation of regions

Независимые переменные	2003			2011			2018		
	ИИКТ	Прочие	ВЦР	ИИКТ	Прочие	ВЦР	ИИКТ	Прочие	ВЦР
Константа	9,596***	8,906***	9,006***	11,22***	10,99***	11,06***	11,42***	11,43***	11,19***
male	0,363***	0,489***	0,504***	0,337***	0,345***	0,365***	0,328***	0,29***	0,339***
boss	0,209***	0,348***	—	0,288***	0,255***	—	0,233***	0,283***	—
gov_prop	-0,344***	-0,292***	—	-0,157***	-0,167***	—	-0,134***	-0,077***	—
edu_imp	0,086***	0,100***	0,107***	0,058***	0,060***	0,073***	0,079***	0,068***	0,091***
expir	0,009***	0,010***	0,008***	0,008***	0,006***	0,006***	0,009***	0,005***	0,006***
expir_sp	0,001	0,002	0,002	-0,001	0,003***	0,002	-0,001	0,005***	0,004***
digit_prob_prof	-0,263***	0,051	-0,060	-0,202***	-0,030	-0,13***	-0,159***	-0,015	-0,08***
enterpr_dig	—	—	0,332***	—	—	0,291***	—	—	0,622***
R2	0,205	0,150	0,137	0,180	0,129	0,116	0,177	0,130	0,144
R2 скорр.	0,201	0,148	0,135	0,178	0,128	0,115	0,174	0,129	0,142
F-статистика	52,87***	77,07***	68,90***	88,49***	123,0***	109,0***	63,42***	99,79***	109,4***
D-W	1,673	1,566	1,529	1,478	1,533	1,525	1,691	1,641	1,686
N	1445	3067	2609	2827	5831	4979	2079	4690	3924

Получено авторами.

Примечание: ИИКТ — отобранные респонденты с кодами профессий ISCO-08, предполагающих интенсивное использующие ИКТ [33]; ВЦР — высокий уровень цифровизации в регионе проживания (уровень обеспечения рабочих мест компьютерами с доступом в интернет в расчете на 100 занятых в регионе проживания респондента выше медианного значения по России). Здесь и далее: D-W — критерий Дарбина — Уотсона, N — количество наблюдений; « » — значим на уровне <10 %; «*» — значим на уровне <5 %; «**» — значим на уровне <1 %; «***» — значим на уровне <0,1 %.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа, нестандартизованные коэффициенты регрессии по уравнениям для проверки третьей и пятой гипотез. Проверка влияния цифровых компетенций и внешних региональных факторов развития цифровой инфраструктуры

Table 3

Regression analysis results based on non-standardised regression coefficients according to equations for testing the third and fifth hypotheses. Checking of the impact of digital competencies and regional factors in the development of digital infrastructure

Независимые переменные	2003			2008			2011			2018			Вся выборка		
	НРП	Прочие	НРП	Прочие											
Константа	8,551***	9,391***	11,227***	12,119***	11,857***	11,751***	12,392***	12,226***	11,140***	11,140***	11,228***	11,228***	11,140***	11,228***	
<i>male</i>	0,313***	0,354***	0,368***	0,404***	0,422***	0,433***	0,372***	0,334***	0,363***	0,363***	0,399***	0,399***	0,363***	0,399***	
<i>boss</i>	0,339***	0,231*	0,154***	0,164***	0,284***	0,162***	0,227***	0,234***	0,229***	0,229***	0,174***	0,174***	0,229***	0,174***	
<i>gov_prop</i>	-0,436***	-0,405***	-0,333***	-0,152***	-0,094***	-0,166***	-0,094***	-0,071***	-0,155***	-0,155***	-0,135***	-0,135***	-0,155***	-0,135***	
<i>edu_imp</i>	0,078***	0,010	0,058***	0,047***	0,025***	0,042***	0,062***	0,048***	0,041***	0,041***	0,036***	0,036***	0,041***	0,036***	
<i>exper</i>	0,019***	0,008	0,015***	0,014***	0,012***	0,011***	0,01***	0,008***	0,012***	0,012***	0,012***	0,012***	0,012***	0,012***	
<i>exper_sp</i>	-0,003	0,021*	-0,002	0,001	0,001	0,004**	0,001	0,005**	0,001*	0,001*	0,006***	0,006***	0,001*	0,006***	
<i>int_wor</i>	0,140	0,281	0,328	0,242***	0,289***	0,214***	0,236***	0,153***	0,233***	0,233***	0,225***	0,225***	0,233***	0,225***	
<i>int_ler</i>	0,097	-0,202	-0,015	-0,21***	0,015	-0,038	0,003	-0,006	0,177***	0,177***	0,117***	0,117***	0,177***	0,117***	
<i>int_self</i>	0,091	0,158	0,067	0,077*	0,096**	0,034	0,093*	0,097***	-0,002	-0,002	-0,042***	-0,042***	-0,002	-0,042***	
<i>org_comp</i>	0,009	0,015	-0,012*	-0,019***	0,017***	0,018***	0,022***	0,017***	0,014***	0,014***	0,013***	0,013***	0,014***	0,013***	
<i>org_serv</i>	0,013	0,008	0,012	0,023***	0,012***	0,007***	0,028***	0,026***	0,015***	0,015***	0,012***	0,012***	0,015***	0,012***	
<i>org_lcn</i>	-0,002	-0,004	0,004	-0,001	0,007*	0,01***	0,009*	0,008***	0,012***	0,012***	0,011***	0,011***	0,012***	0,011***	
<i>org_digit</i>	0,164	-0,013	0,229***	0,247***	0,254***	0,256***	0,056*	0,083***	0,033***	0,033***	0,075***	0,075***	0,033***	0,075***	
<i>R2</i>	0,295	0,240	0,319	0,319	0,303	0,266	0,262	0,238	0,320	0,320	0,275	0,275	0,320	0,275	
<i>R2 скорр.</i>	0,266	0,196	0,310	0,310	0,298	0,263	0,257	0,235	0,320	0,320	0,275	0,275	0,320	0,275	
<i>F-статистика</i>	10,4	5,4	35,2	35,3	73,3	87,3	53,4	92,8	851,6	851,6	1059,8	1059,8	851,6	1059,8	
<i>D-W</i>	1,985	1,757	1,727	1,827	1,742	1,816	1,819	1,827	1,602	1,602	1,663	1,663	1,602	1,663	
<i>N</i>	335	234	989	994	2210	3144	1969	3880	23494	23494	36331	36331	23494	36331	

Получено авторами.

Примечание: профессии НРП — отобраны респонденты с кодами профессий ISCO-08, предполагающих наличие неструктурированных, абстрактных задач, креативности (например, руководители, научные и технические специалисты, преподаватели в сфере высшего образования).

ализации предпринимательских способностей в сфере профессий ИИКТ, развитие данной сферы не зависит от внешних факторов цифровизации и совершенства региональной инфраструктуры. Следовательно, четвертая гипотеза была опровергнута, уровень цифровизации регионов не дает сравнительного конкурентного преимущества для предпринимателей в сфере ИКТ, не создает ни возможностей, ни угроз.

Цифровизация регионов влияет на возможности ИКТ-инфраструктуры для развития человеческого капитала на основе обмена знаниями между хозяйствующими субъектами. На рисунке 3 видно, что на региональных рынках труда, развивающихся в условиях интенсивной цифровизации, например, в Центральном и Северо-Западном федеральных округах, где компании привлекают значительные инвестиции в ИКТ, средняя вероятность полной компьютеризации профессий заметно ниже. Поскольку последняя, как было показано ранее, отрицательно влияет на заработки, высокий уровень цифровизации региона в целом должен положительно сказываться на доходах занятых в нерутинных профессиях и снижает уровень уязвимости профессий, создавая более высокопроизводительные рабочие места без потерь для человеческого капитала. В целом также с развитием ИКТ во всех регионах за последние 10 лет значительно снижается число уязвимых рабочих мест, вероятно, потому, что их значительная часть уже прошла цифровую трансформацию.

Как демонстрируют данные из таблицы 3, цифровые технологии создают определенные преимущества для индивидуальных заработков, создавая возможности на региональных рынках труда. После 2008 г. такие эффекты являются положительными, и на каждый процентный пункт повышения уровня внедрения компьютеров и цифровых технологий в регионах заработок также повышается в пределах 1 %. Общий рейтинг цифровизации региона также оказывает влияние в пределах 8 % в последние годы. Следовательно, пятая гипотеза была подтверждена — развитие цифровой инфраструктуры для обмена знаниями в регионах создает возможности для реализации индивидуального человеческого капитала, обеспечивая преимущество в заработках.

5. Заключение

В исследовании продемонстрировано, что цифровизация на российском рынке труда приводит к структурным изменениям, по-

добно предыдущим технологическим революциям, в краткосрочном периоде она приводит к вытеснению низкопроизводительного труда и повышению отдачи от человеческого капитала для профессий, требующих высокого уровня специальных компетенций, необходимых для работы в цифровой среде. Для исследования данных тенденций выделена особая группа внешних региональных факторов, которая анализируется наряду с традиционными индивидуальными показателями человеческого капитала.

Серьезной угрозой для российских региональных рынков труда является цифровая поляризация, обусловленная повышением вероятности компьютеризации профессий. Вторая выдвинутая гипотеза была опровергнута, поскольку вероятность компьютеризации приводит к снижению зарплат. Поэтому значительное количество занятых, рабочие места которых могут быть автоматизированы в ближайшие 10–15 лет, должны испытать существенную потерю индивидуальных заработков в период трансформации, что в дальнейшем, вероятно, усилит социальную напряженность. Результаты сопоставимы с исследованиями рынков труда в развитых странах [14]. Вероятно, изменения будут сжатыми и интенсивными, что потребует социальной поддержки от региональных властей и привлечения дополнительных инвестиций в человеческий капитал от работодателей. Кроме того, результаты продемонстрировали, что повышение цифрового рейтинга регионов не создает видимых преимуществ для предпринимательской среды в сфере ИКТ (четвертая гипотеза была опровергнута).

Возможности цифровизации обусловлены лучшим использованием общего человеческого капитала (первая гипотеза подтверждена): в целом профессии ИИКТ лучше используют формальное образование, в дополнение к этому, существенную положительную роль в дифференциации оплаты труда играют специальные компетенции, связанные с ИКТ (третья гипотеза также подтвердилась). Развитие региональной цифровой инфраструктуры также обеспечивает сравнительное преимущество в заработках (пятая гипотеза подтвердилась). Полученные результаты сопоставимы с предыдущими исследованиями на агрегированном общерегиональном уровне — человеческий капитал повышает потенциал к цифровой адаптации профессий ИИКТ на основе кооперации сфер науки, образования и бизнеса [18, p. 95].

Практические рекомендации по результатам исследования связаны, прежде всего, с совершенствованием политики мониторинга и регулирования регионального рынка труда с позиций цифровизации. Сейчас на региональном уровне не внедрены в практику инструменты мониторинга и прогнозирования вероятности компьютеризации и автоматизации профессий, а также изменения профессиональной структуры рынка труда в динамике в сферах ИИКТ в детализации ISCO-08. Существенным потенциалом обладают инструменты анализа дифференциации оплаты труда, связанные с продвинутой цифровизацией на основе достижений Индустрии 4.0. Кроме того, работники, занятые в профессиональных областях с высокой вероятностью компьютеризации, должны рассмотреть воз-

можность инвестирования в собственное цифровое образование.

Ограничения и дальнейшее исследование. В работе применены общие подходы к измерению цифровых компетенций, которые ограничиваются базовыми навыками владения интернетом и компьютерами. За последние годы такие компетенции показали высокий уровень отдачи, однако это сравнительное преимущество будет снижаться после перехода от цифрового бума к цифровой зрелости. Поэтому в дальнейшем исследовании необходимо сфокусироваться на процессах использования специальных цифровых компетенций для достижения преимущества в заработках, а также создать модель оценки вероятности компьютеризации профессий для национального и регионального рынков труда.

Список источников

1. Becker G. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education, National Bureau of Economic Research, 1975. 390 p. P. 13–44.
2. Autor D.H., Levy F., Murnane R.J. The skill content of recent technological change: An empirical exploration // Quarterly Journal of Economics. 2003. Vol. 118, No 4. P. 1279–1333. DOI: doi.org/10.1162/003355303322552801.
3. Kolesnichenko E.A., Radyukova Y.Y., Pakhomov N.N. The Role and Importance of Knowledge Economy as a Platform for Formation of Industry 4.0 // Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century. 2019. P. 73–82. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7.
4. Garnov A., Zvyagin L., Sviridova O. System Data Analysis: Innovative Technologies, Methods and Techniques // International Journal of Economics and Business Administration. 2019. Vol. VII, No 1. P. 26–39. DOI: doi.org/10.35808/ijeba/249.
5. Wickham J. Low Skill Manufacturing Work: from skill biased change to technological Regression. Niedrig qualifizierte Industriearbeit: vom qualifikationsbeeinflussten Strukturwandel zur technologischen Regression // Arbeit. 2011. Vol. 20, No 3. P. 224–238. DOI: doi.org/10.1515/arbeits-2011-0307.
6. Jepsen M., Drahekoupil J. The digital economy and its implications for labour. 2. The consequences of digitalisation for the labour market // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, No 3. P. 249–252. DOI: doi.org/10.1177/1024258917714659.
7. Helms M.M., Nixon J. Exploring SWOT analysis — where are we now? // Journal of Strategy and Management. 2010. Vol. 3, No 3. P. 215–251. DOI: doi.org/10.1108/17554251011064837.
8. Becker G.S., Tomes N. Human Capital and the Rise and Fall of Families // Journal of Labor Economics. 1986. Vol. 4, No 3, Part 2. P. S1–S39. DOI: doi.org/10.1086/298118.
9. Clarke S. Market and Institutional Determinants of Wage Differentiation in Russia // Industrial and Labor Relations Review. 2002. Vol. 55, No 4. P. 628. DOI: doi.org/10.2307/3270626.
10. Kelchevskaya N.R., Shirinkina E.V. Regional Determinants of Effective Use of Human Capital in the Digital // Economy of Region. 2019. Vol. 15. No 2. P. 465–482. DOI: doi.org/10.17059/2019-2-12.
11. Turovets Y., Vishnevskiy K. Patterns of digitalisation in machinery-building industries: Evidence from Russia // Engineering Management in Production and Services. 2019. Vol. 11, No 4. P. 7–22. DOI: doi.org/10.2478/emj-2019-0029.
12. Vodenko K.V., Lyausheva S.A. Science and education in the form 4.0: public policy and organization based on human and artificial intellectual capital // Journal of Intellectual Capital. 2020. Vol. 21, No 4. P. 549–564. DOI: doi.org/10.1108/JIC-11-2019-0274.
13. Matraeva L., Vasiutina E., Belyak A. The effects of digitalisation on the labour market: The case of Russia // Work Organisation, Labour and Globalisation. 2020. Vol. 14, No 2. P. 31–45. DOI: doi.org/10.13169/WORKORGALABOGLAB.14.2.0031.
14. Frey C.B., Osborne M.A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? // Technological Forecasting and Social Change. 2017. Vol. 114, No 1. P. 254–280. DOI: doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019.
15. Autor D.H., Dorn D. The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US Labor Market // American Economic Review. 2013. Vol. 103, No 5. C. 1553–1597. DOI: doi.org/10.1257/aer.103.5.1553.
16. Sorgner A. The automation of jobs: A threat for employment or a source of new entrepreneurial opportunities? // Foresight and STI Governance. 2017. Vol. 11, No 3. P. 37–48.

17. Computerization Threatens One-Third of Finnish and Norwegian Employment / M. Pajarinen, P. Rouvinen, A. Ekeland // ETLA Brief. 2015. Vol. 34, No 22 April. P. 1–8.
18. Zemtsov S., Barinova V., Semenova R. The Risks of Digitalization and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia // Foresight and STI Governance. 2019. Vol. 13, No 2. P. 84–96.
19. Sorgner A., Bode E., Christiane K.-B. The Effects of Digitalization on Gender Equality in the G20 Economies // G20 Insights. 2017. Vol. 1, No July. P. 1–167. DOI: doi.org/10.17323/2500–2597.2017.3.37.48.
20. Lehn vom C. Labor market polarization, the decline of routine work, and technological change: A quantitative analysis // Journal of Monetary Economics. 2020. Vol. 110. P. 62–80. DOI: doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.01.004.
21. Mönnig A., Maier T., Zika G. Economy 4.0 — Digitalisation and Its Effect on Wage Inequality // Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 239, No 3. P. 363–398. DOI: doi.org/10.1515/jbnst-2017–0151.
22. Worker Personality: Another Skill Bias beyond Education in the Digital Age / E. Bode, I. Ott, S. Brunow, A. Sorgner // German Economic Review. 2019. Vol. 20, No 4. P. e254–e294. DOI: doi.org/10.1111/geer.12165.
23. Foote C. L., Ryan R. W. Labor-market polarization over the business cycle // Federal Reserve Bank of Boston Working Papers. 2014. Vol. 14–16, No 1. 71 p.
24. Genz S., Janser M., Lehmer F. The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages — Worker-Level Evidence from Germany // Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 239, No 3. P. 483–521. DOI: doi.org/10.1515/jbnst-2017–0161.
25. Liu Y., Pant G., Sheng O. R. L. Predicting Labor Market Competition: Leveraging Interfirm Network and Employee Skills // Information Systems Research. 2020. Vol. 31, No 4. P. 1443–1466. DOI: doi.org/10.1287/isre.2020.0954.
26. WEF The Future of Jobs Report 2018 // WEF. — World Economic Forum: Centre for the New Economy and Society. 2018. 147 p. DOI: doi.org/10.1177/0891242417690604.
27. Matthes M., Kunkel S. Structural change and digitalization in developing countries: Conceptually linking the two transformations // Technology in Society. 2020. Vol. 63. P. 101428. DOI: doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101428.
28. Todolí-Signes A. The “gig economy”: employee, self-employed or the need for a special employment regulation? // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, No 2. P. 193–205. DOI: doi.org/10.1177/1024258917701381.
29. Gerten E., Beckmann M., Bellmann L. Controlling Working Crowds: The Impact of Digitalization on Worker Autonomy and Monitoring Across Hierarchical Levels // Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 239, No 3. P. 441–481. DOI: doi.org/10.1515/jbnst-2017–0154.
30. Arntz U. Z., Gregory M. T. The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries : A Comparative Analysis // OECD Social, Employment, and Migration Working Papers. 2016. Vol. 1, No May. P. 1–35.
31. Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения — Базы данных НИУ ВШЭ (RLMS-HSE). 2020. URL: <https://www.hse.ru/rlms/> (дата обращения: 01.10.2020).
32. Регионы России. Социальные и экономические индикаторы развития 2019 / Рук-ль редкол. С. М. Окладников. Москва : Росстат, 2019. 1204 с.
33. Индикаторы цифровой экономики: 2020 : Стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг, О. В. Демидкина, А. В. Демьянова, Ю. Я. Дранев, Г. Г. Ковалева, М. Н. Коцемир, И. А. Кузнецова, И. И. Кучин, И. С. Лола, О. К. Озерова, Г. В. Остапкович, Т. В. Рагай, З. А. Рыжикова, Е. А. Стрельцова, А. Б. Суслов, Ю. В. Туровец, К. Е. Утягина, С. Ю. Фридянова, К. С. Фурсов, Н. Б. Шугаль; ред. Кол.: Л. М. Гохберг, Е. Ю. Кисляков, Я. И. Кузьминов и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва : НИУ ВШЭ, 2020. 360 с.

References

1. Becker, G. (1975). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. National Bureau of Economic Research, 390.
2. Autor, D. H., Levy, F. & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. DOI: 10.1162/003355303322552801.
3. Kolesnichenko, E. A., Radyukova, Y. Y. & Pakhomov, N. N. (2019). The Role and Importance of Knowledge Economy as a Platform for Formation of Industry 4.0. In: E. G. Popkova, Yu. V. Ragulina, A. V. Bogoviz (Eds.), *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 73–82). Springer. DOI: 10.1007/978–3–319–94310–7.
4. Garnov, A., Zvyagin, L. & Sviridova, O. (2019) System Data Analysis: Innovative Technologies, Methods and Techniques. *International Journal of Economics and Business Administration*, VII(1), 26–39. DOI: 10.35808/ijeba/249.
5. Wickham, J. (2011). Low Skill Manufacturing Work: from skill biased change to technological Regression. *Arbeit*, 20(3), 224–238. DOI: 10.1515/arbeit-2011–0307.
6. Jepsen, M. & Drahoukoupil, J. (2017). The digital economy and its implications for labour. 2. The consequences of digitalisation for the labour market. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 23(3), 249–252. DOI: 10.1177/1024258917714659.
7. Helms, M. M. & Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis — where are we now? *Journal of Strategy and Management*, 3(3), 215–251. DOI: 10.1108/17554251011064837.
8. Becker, G. S. & Tomes, N. (1986). Human Capital and the Rise and Fall of Families. *Journal of Labor Economics*, 4(3, Part 2), S1–S39. DOI: 10.1086/298118.
9. Clarke, S. (2002). Market and Institutional Determinants of Wage Differentiation in Russia. *Industrial and Labor Relations Review*, 55(4), 628–648. DOI: 10.2307/3270626.

10. Kelchevskaya, N. R. & Shirinkina, E. V. (2019). Regional Determinants of Effective Use of Human Capital in the Digital Economy. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 15(2), 465–482. DOI: 10.17059/2019–2-12.
11. Turovets, Y. & Vishnevskiy, K. (2019). Patterns of digitalisation in machinery-building industries: Evidence from Russia. *Engineering Management in Production and Services*, 11(4), 7–22. DOI: 10.2478/emj-2019–0029.
12. Vodenko, K. V. & Lyausheva, S. A. (2020). Science and education in the form 4.0: public policy and organization based on human and artificial intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital*, 21(4), 549–564. DOI: 10.1108/JIC-11–2019–0274.
13. Matraeva, L., Vasiutina, E. & Belyak, A. (2020). The effects of digitalisation on the labour market: The case of Russia. *Work Organisation, Labour and Globalisation*, 14(2), 31–45. DOI: 10.13169/WORKORGALABOGL.14.2.0031.
14. Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114(1), 254–280. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.08.019.
15. Autor, D. H. & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. DOI: 10.1257/aer.103.5.1553.
16. Sorgner, A. (2017). The automation of jobs: A threat for employment or a source of new entrepreneurial opportunities? *Foresight and STI Governance*, 11(3), 37–48. DOI: 10.17323/2500–2597.2017.3.37.48.
17. Pajarinen, M., Rouvinen, P. & Ekeland, A. (2015). Computerization Threatens One-Third of Finnish and Norwegian Employment. *ETLA Brief*, 34(22 April), 1–8.
18. Zemtsov, S., Barinova, V. & Semenova, R. (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.
19. Sorgner, A., Bode, E. & Christiane, K.-B. (2017). The Effects of Digitalization on Gender Equality in the G20 Economies. *G20 Insights*, 1, 1–167.
20. vom Lehn, C. (2020). Labor market polarization, the decline of routine work, and technological change: A quantitative analysis. *Journal of Monetary Economics*, 110(C), 62–80. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2019.01.004.
21. Mönning, A., Maier, T. & Zika, G. (2019). Economy 4.0 — Digitalisation and Its Effect on Wage Inequality. *Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik*, 239(3), 363–398. DOI: 10.1515/jbnst-2017–0151.
22. Bode, E., Brunow, S., Ott, I. & Sorgner, A. (2019). Worker Personality: Another Skill Bias beyond Education in the Digital Age. *German Economic Review*, 20(4), e254–e294. DOI: 10.1111/geer.12165.
23. Foote, C. L. & Ryan, R. W. (2014). *Labor-market polarization over the business cycle*. Federal Reserve Bank of Boston Working Papers No. 14–16(1), 71.
24. Genz, S., Janser, M. & Lehmer, F. (2019). The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages — Worker-Level Evidence from Germany. *Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik*, 239(3), 483–521. DOI: 10.1515/jbnst-2017–0161.
25. Liu, Y., Pant, G. & Sheng, O. R. L. (2020). Predicting Labor Market Competition: Leveraging Interfirm Network and Employee Skills. *Information Systems Research*, 31(4), 1443–1466. DOI: 10.1287/isre.2020.0954.
26. WEF. (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. World Economic Forum: Centre for the New Economy and Society, 147.
27. Matthes, M. & Kunkel, S. (2020). *Structural change and digitalization in developing countries: Conceptually linking the two transformations*. Technology in Society, Elsevier Ltd, 63. DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101428.
28. Todolí-Signes, A. (2017). The “gig economy”: employee, self-employed or the need for a special employment regulation? *Transfer: European Review of Labour and Research*, 23(2), 193–205. DOI: 10.1177/1024258917701381.
29. Gerten, E., Beckmann, M. & Bellmann, L. (2019). Controlling Working Crowds: The Impact of Digitalization on Worker Autonomy and Monitoring Across Hierarchical Levels. *Jahrbucher fur Nationalökonomie und Statistik*, 239(3), 441–481. DOI: 10.1515/jbnst-2017–0154.
30. Arntz, M. T. & Gregory, U. Z. (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. OECD Social, Employment, and Migration Working Papers, 1(May), 35.
31. *The Russia Longitudinal Monitoring Survey — Higher School of Economics (RLMS-HSE)* (2020). Retrieved from: <https://www.hse.ru/rlms/> (Date of access: 01.10.2020).
32. Okladnikov, S. M. (Ed.). (2019). *Regiony Rossii: Sotsialno-ekonomicheskiye Pokazateli 2019 [Regions of Russia: Social and Economic Indicators 2019]*. Moscow: Rosstat, 1204.
33. Abdrakhmanova, G. I., Vishnevskiy, K. O., Gokhberg, L. M., Demidkina, O. V., Demyanova, A. V., Dranev, Yu. Ya., ... Schugal, N. B. (2020). *Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2020 : statisticheskiy sbornik [Digital Economy Indicators in the Russian Federation: 2020: Data Book]*. Moscow: HSE, 360.

Информация об авторах

Черненко Илья Михайлович — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления на металлургических предприятиях, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57193740332; <https://orcid.org/0000-0001-9449-6323> (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: i.m.chernenko@urfu.ru).

Кельчевская Наталья Рэмовна — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления на металлургических предприятиях, Уральский федеральный университет им. первого Президента

России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57210846195; <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X> (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: n.r.kelchevskaya@urfu.ru).

Пельмская Ирина Сергеевна — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления на металлургических предприятиях, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57194139479; <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506> (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: i.s.pelymskaya@urfu.ru).

Алмусаеди Хасан Кхайун Аббас — аспирант, Южный технический университет; <https://orcid.org/0000-0002-7562-5887> (Республика Ирак, г. Басра, Главная дорога Зубайра; e-mail: hassank9366@gmail.com).

About the authors

Ilya M. Chernenko — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Economics and Management at Metallurgical and Machine-Building Enterprises, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57193740332; <https://orcid.org/0000-0001-9449-6323> (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: i.m.chernenko@urfu.ru).

Natalya R. Kelchevskaya — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Economics and Management at Metallurgical and Machine-Building Enterprises, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57210846195; <https://orcid.org/0000-0001-7278-026X> (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: n.r.kelchevskaya@urfu.ru).

Irina S. Pelymskaya — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Economics and Management at Metallurgical and Machine-Building Enterprises, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57194139479; <https://orcid.org/0000-0003-3624-2506> (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: i.s.pelymskaya@urfu.ru).

Hasan Khayoon Abbas Almusaedi — PhD student, Southern Technical University; <https://orcid.org/0000-0002-7562-5887> (Zubair Main Road, opposite the Basra Sports Center, Basra, Republic of Iraq; e-mail: hassank9366@gmail.com).

Дата поступления рукописи: 09.06.2021

Прошла рецензирование: 16.08.2021

Принято решение о публикации: 24.09.2021.

Received: 09 Jun 2021.

Reviewed: 16 Aug 2021.

Accepted: 24 Sep 2021.