

УДК 33:004

DOI 10.34822/2312-3419-2021-4-17-27

ВЕРОЯТНОСТЬ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОФЕССИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗАРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ РЫНКА ТРУДА

В. Н. Васина [✉], **Н. Р. Кельчевская**, **И. С. Пельмская**

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия*

[✉] E-mail: v.n.vasina@urfu.ru

Исследование нацелено на проверку гипотез о влиянии цифровизации на рынок труда в России в период с 2003 по 2018 г. Авторы изучают два ключевых фактора трансформации рынка труда в условиях цифровизации, связанных с повышением вероятности компьютеризации для ряда рутинных профессий и цифровой поляризацией.

Методы исследования включают линейный регрессионный анализ с применением моделей по типу Минсера, в которых зависимой переменной является логарифм заработков.

Научная новизна заключается в том, что в отличие от предыдущих исследований в модель была добавлена переменная, отражающая вероятность компьютеризации профессии. Также авторы впервые представляют свидетельства цифровой поляризации рынка труда в России. Подобная поляризация отражается в одновременном увеличении числа профессий, с большей вероятностью подверженных компьютеризации, также как и профессий, базирующихся на комплексных, абстрактных, нерутинных задачах, которые не могут быть полностью компьютеризированы.

Результаты исследования демонстрируют значимое отрицательное влияние вероятности компьютеризации профессий на заработки на протяжении всего исследованного периода. Показанные эффекты цифровой поляризации говорят о существенном разрыве в большинстве профессий по уровню вероятности компьютеризации, что может стать проблемой для структурной трансформации национального рынка труда.

Результаты исследования могут быть применены на практике для мониторинга профессий, находящихся под угрозой цифровой автоматизации на российском рынке труда, а также для обоснования дополнительных инвестиций в человеческий капитал.

Ключевые слова: цифровизация, рынок труда, трансформация, поляризация, вероятность компьютеризации, дифференциация заработков, Россия.

Для цитирования: Васина В. Н., Кельчевская Н. Р., Пельмская И. С. Вероятность компьютеризации профессии и ее влияние на заработки в условиях цифровизации рынка труда // Вестник Сургутского государственного университета. 2021. № 4. С. 17–27. DOI 10.34822/2312-3419-2021-4-17-27.

PROFESSION COMPUTERIZATION: ITS PROBABILITY AND EFFECT ON EARNINGS IN FACE OF LABOR MARKET DIGITALIZATION

V. N. Vasina [✉], **N. R. Kelchevskaya**, **I. S. Pelymskaya**

*Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia*

[✉] E-mail: v.n.vasina@urfu.ru

The study aims to test the hypotheses about the effect of digitalization on the labor market in Russia for the period of 2003–2018. The authors analyze the two key factors for labor market transformation in face of the digitalization associated with the increasing probability of computerization for a number of routine professions and digital polarization.

The research methods are the following: linear regression analysis using Mincer-type models, in which logarithm of earnings is dependent variable.

In comparison with previous researches, the scientific novelty of the study is variable added to the model that reflects the probability of computerization of profession. In addition to that, the authors present for the first time the evidence of digital polarization of the labor market in Russia. Such polarization is reflected in simultaneous increase in the number of professions, which are more influenced by computeriza-

tion, and professions, which are based on the complex, abstract, non-routine objectives that cannot be fully computerized.

The results of the study demonstrate the significant negative effect of the probability of computerization of professions on the earnings during the whole period of the study. The shown effects of digital polarization indicate about the significant gap between the level of computerization probability in the majority of professions that can become the problem for structural transformation of the national labor market.

The results of the study can be applied in practical use for monitoring of professions that are under the threat of digital automatization in the Russian labor market, as well as for substantiation of additional investments in the human capital.

Keywords: digitalization, labor market, transformation, polarization, probability of computerization, differentiation of earnings, Russia.

For citation: Vasina V. N., Kelchevskaya N. R., Pelymskaya I. S. *Profession Computerization: Its Probability and Effect on Earnings in Face of Labor Market Digitalization // Surgut State University Journal. 2021. No. 4. P. 17–27. DOI 10.34822/2312-3419-2021-4-17-27.*

ВВЕДЕНИЕ

Распространение цифровых технологий, с одной стороны, обуславливает возможности на рынке труда для повышения индивидуальных доходов работников, с другой – приводит к существенным структурным переменам. Накопленный запас компетенций, необходимых для конкуренции на рынке труда, реализуется в человеческом капитале, который является существенной переменной для изучения в условиях цифровизации [1]. Человеческий капитал становится важным фактором, определяющим различия в заработках в условиях интенсивных технологических изменений.

Изменения в отдаче от человеческого капитала, в свою очередь, отражают риск безработицы [2]. Несмотря на то что концепция технологической безработицы не является новой, на российском рынке труда наблюдаются беспрецедентные по масштабу интервенции компьютерных технологий в профессиональные сферы, которые сильно зависят от преимущественно «человеческих» способностей. Уязвимые области включают интеллектуальные операции с неструктурированными данными, адаптацию к изменениям и обучение, решение абстрактных задач [2].

Предполагается, что отечественная экономика развивается в соответствии с глобальными тенденциями цифровизации, поскольку снижение технологического отставания [3] и внедрение прикладной цифровизации на основе Индустрии 4.0 становятся важными вехами для региональной и национальной политики [4]. Значимой идеей циф-

ровой модернизации в России является реализация широкого спектра проектов, направленных на использование местных разработок для развития инфраструктуры и человеческого капитала [1]. 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 [5, с. 479]. Напротив, исследователь Л. Матраева и соавт. показывают, что скорость технологических изменений приводит к институциональным ловушкам, значительно снижающим выгоды работников на российском рынке труда, которые связаны с отсутствием необходимой квалификации, дисбалансом спроса на рабочую силу и последующей структурной безработицей среди рутинных интеллектуальных профессий [6]. Все это говорит о неоднозначности влияния цифровизации на национальную экономику и одновременном возникновении как возможностей, так и угроз для национального рынка труда.

Целью исследования является проверка гипотез о влиянии цифровизации на рынок труда в России в долгосрочной перспективе в период с 2003 по 2018 г. Авторы изучают два ключевых фактора трансформации рынка труда в условиях цифровизации: повышение вероятности компьютеризации для ряда рутинных профессий и цифровую поляризацию.

Особенностью исследования является рассмотрение влияния цифровизации за относительно продолжительный период. Безусловно, это важный начальный этап компьютеризации, трансформирующий бизнес-среду и национальный рынок труда.

Цифровизация профессии, дифференциация заработков и поляризация рынка труда. Значительная часть существующих исследователей при анализе влияния цифровизации на рынок труда использует агрегированные данные и акцентирует внимание на проблемах трансформации и сохранения рабочих мест [6, 7], структуре профессиональной занятости [8]; значительно меньше публикаций в сфере использования индивидуального человеческого капитала в цифровой экономике [5]. Поэтому данная работа фокусируется на исследовании индивидуальных аспектов, а именно дифференциации заработных плат работников.

Компьютеризация и цифровизация используются в литературе как дополняющие или даже заменяющие друг друга термины. По сути, это автоматизация рабочих мест с помощью контролируемого компьютерами оборудования, которая приводит к вытеснению низкопроизводительного труда [8]. Информационные и компьютерные технологии (ИИКТ) становятся инструментом для совершенствования бизнес-процессов в компаниях и формирования индивидуальных траекторий развития профессий. Так, М. Маттес и С. Канкель отмечают, что в отличие от предыдущих технологических революций цифровизация напрямую обеспечивает индивидуализированное развитие профессиональных компетенций [9]. Компании также получают возможность напрямую «присваивать» простые интеллектуальные навыки сотрудников через «обучение» искусственного интеллекта, который имеет форму структурного капитала. Цифровая среда становится посредником или платформой, которая обеспечивает удаленное размещение человеческого капитала и создает условия для выравнивания конкурентоспособности национальных рынков труда [10].

Между тем, когда стоимость вычислительных мощностей ИИКТ снижается до уровня совокупных затрат на содержание рабочей

силы, происходит непосредственное замещение рутинных интеллектуальных операций. Как отмечают К. Фрей и М. Осборн, стоимость высокоточных роботов с возможностями машинного зрения снижалась с 2013 г. по меньшей мере на 10 % ежегодно [11, с. 261], делая инвестиции в физический капитал более привлекательными, чем в человеческий [12]. Изменения в склонности внедрять цифровизацию под влиянием экономических факторов приводят к *поляризации рынка труда*, которая заключается в существенном сокращении числа профессий среднего звена. Одновременно растет количество высококвалифицированных и низкоквалифицированных профессий [13]. Таким образом, высокая скорость технологических изменений в краткосрочном периоде может сказаться на существенной потере индивидуальных заработков на рынке труда. Вызванные поляризацией структурные трансформации рынка труда приводят к усилению неравенства в распределении доходов и в определенных условиях могут привести к росту социальной напряженности.

Согласно теории экономического развития «O-ring» [14, с. 6] технологические улучшения производительности в действительности повышают ценность всей производственной цепочки и набора задействованных в ней комплементарных навыков, именно поэтому в работе организаций всегда присутствует неслучайный подбор факторов капитала и рабочей силы, а люди с одинаковым уровнем навыков работают вместе. Подобная модель касается, на наш взгляд, и современной цифровизации, поскольку вытеснение навыков в одном профессиональном звене создает угрозу для всей логики создания ценности во всей производственной цепочке. Например, исследование К. Фрей и М. Осборн демонстрирует, что порядка 50 % населения США занято в профессиях, связанных с логистикой и транспортом, офисной административной работой. С высокой долей вероятности эти профессии подвергнутся компьютеризации в ближайшие 10–15 лет [11]. Это означает, что перестройка рынка труда, влекущая за собой разрушительные последствия для уже накопленного человеческого капитала, займет достаточно

длительное время. Подавляющая часть новых технологий в цифровой среде направлена на то, чтобы сократить объем привлекаемой рабочей силы. Вследствие этого конечное перераспределение усилий работников при компьютеризации отражается в высвобождении времени рутинной интеллектуальной работы и лучшем использовании профессиональных компетенций более высокого уровня, требующих креативности, решения неструктурированных задач, умения убеждать. Следовательно, выдвигаем гипотезу:

H1. Повышение вероятности компьютеризации профессии и замещения низкопроизводительного труда вследствие цифровизации значимо положительно влияет на заработную плату работников.

Влияние цифровизации формальных профессиональных компетенций на дифференциацию заработков. Цифровая среда создает серьезные предпосылки для упрощения задач, их структурирования, формируя частные области профессиональных компетенций, которые не требуют глубокого понимания всего вопроса в целом. С одной стороны, профессиональное сообщество зачастую выражает обеспокоенность подобной *фрагментацией*: по сути, «цифровые фабрики», или «виртуальный тейлоризм» [15, с. 290], в сервисном секторе могут систематически эксплуатировать узкий ряд компетенций сотрудников и не предоставлять возможности для развития человеческого капитала, ограничивая также карьерное продвижение [16, с. 130]. С другой стороны, цифровизация упрощает процесс обучения на работе и повышает релевантность целенаправленного формального обучения по узкому кругу вопросов. Например, технологии искусственного интеллекта «рафинируют» и кристаллизуют информацию и превращают ее в знание. Обработывая текстовые данные, можно получить определения терминов, ссылки на практические решения и рекомендации и т. п. Это сокращает время на поиск и повышает вовлеченность. Кроме того, общее влияние цифровизации на развитие человеческого капитала отражается в *индивидуализации образовательных стратегий*. Индивидуализированные образовательные траектории внедряются в консервативную среду третичного об-

разования, обеспечивая удаленный доступ к лучшим учебным курсам, позволяя создавать их комбинацию и повышать уникальность полученного образования.

Формальное образование продолжает оставаться важной характеристикой общего запаса человеческого капитала на индивидуальном уровне даже в цифровой экономике. Работодатели при этом предполагают наличие у сотрудников не только фрагментированного «практического» знания, но и системных индивидуальных компетенций. В общем случае мы предполагаем, что профессии, которые подвержены компьютеризации в большей степени, должны приносить работникам выигрыш в заработках, поэтому получение релевантного, индивидуализированного формального обучения также становится важной предпосылкой для дифференциации заработных плат, если специальность формального обучения относится к области не заменяемых цифровизацией навыков. Следовательно, можно выдвинуть гипотезу:

H2. Повышение вероятности компьютеризации в области полученного профессионального образования значимо положительно влияет на заработную плату работников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проверки выдвинутых гипотез применяется метод множественной линейной регрессии, в основе используемых моделей лежит модифицированное уравнение минсервовского типа.

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 *контрольных 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 (*expir*) – показатель общего трудового стажа, а для специального опыта (*expir_sp*) – количество лет занятости по последнему месту работы. Также были рассчитаны дамми-переменные, связанные с полом (*male*), наличием подчиненных сотрудников на работе (*boss*) и государственной собственностью предприятия (*gov_pgor*). Ожидается, что все контрольные переменные, кроме наличия государственной собственности, вносят значимый положительный вклад в формирование заработков.

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 ожидание полного вытеснения цифровыми технологиями рабочей силы и соответствующего человеческого капитала из конкретной профессии в соответствии с ее кодом. Данный показатель был адаптирован из работы К. Фрей и М. Осборн [11], он учитывает узкие места компьютеризации, такие как социальный интеллект, креативность, восприятие и манипулирование.

Эмпирической базой исследования являются данные Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения (РМЭЗ НИУ ВШЭ) [17] и данные Росстата [18]. Всего в репрезентативной выборке использованы данные 105 770 наблюдений за 16 лет (период с 2003 по 2018 г.) по всем федеральным округам России, включая города федерального значения – Москву и Санкт-Петербург. В дальнейшем приводятся оцененные коэффициенты регрессии из уравнений для трех лет: 2003, 2011 и 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Описательные статистики для исследуемой репрезентативной выборки представлены в табл. 1. Анализ показывает в рассмотренный период профессии, интенсивно использующие компьютерные и информационные технологии: это специалисты в области информации и связи, финансовой, профессиональной технической и научной деятельности, государственного управления и социального обеспечения, стабильно ассоциированные с преимуществами в заработках. Вероятно, это связано с интенсивностью развития, уровнем конкуренции и степенью использования человеческого капитала в данных сферах.

Таблица 1

Описательные статистики по исследованным переменным

Код переменной и метка	Профессии ИИКТ (2003)		Другие профессии (2003)		Профессии ИИКТ (2011)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
wage_year, логарифм годовой зарплаты в рублях	10,86	0,91	10,53	0,94	12,24	0,77
male, дамми, пол мужской = 1	0,4	0,49	0,48	0,5	0,41	0,49
boss, дамми, управленческие компетенции = 1	0,38	0,49	0,16	0,37	0,35	0,48
gov_pgor, дамми, государственная собственность = 1	0,59	0,49	0,61	0,49	0,42	0,49
edu_imp, количество лет обучения	13,87	2,03	12,68	2,03	14,03	2,07
expir, количество лет опыта	19,5	12,04	19,62	12,5	18,45	12,3
expir_sp, годы специального опыта	8,68	10,09	6,83	8,74	7,82	9,09
digit_prob_prof, вероятность компьютеризации профессии по месту работы	0,5	0,38	0,61	0,34	0,49	0,38
digit_prob_edu_3, вероятность компьютеризации профессии по образованию	0,2	0,26	0,2	0,26	0,24	0,28
	Профессии ИИКТ (2011)		Другие профессии (2018)		Профессии ИИКТ (2018)	
wage_year, логарифм годовой зарплаты в рублях	12,01	0,68	12,8	0,72	12,61	0,62
male, дамми, пол мужской = 1	0,48	0,5	0,39	0,49	0,48	0,5
boss, дамми, управленческие компетенции = 1	0,14	0,35	0,34	0,47	0,13	0,34

Окончание табл. 1

Код переменной и метка	Профессии ИИКТ (2011)		Другие профессии (2018)		Профессии ИИКТ (2018)	
gov_rgor, дамми, государственная собственность = 1	0,48	0,5	0,39	0,49	0,45	0,5
edu_imp, количество лет обучения	12,73	2,22	14,35	1,81	13,12	1,97
exper, количество лет опыта	21,26	12,73	19,92	11,87	22,02	12,2
exper_sp, годы специального опыта	7,32	8,86	9,05	9,42	7,82	8,73
digit_prob_prof, вероятность компьютеризации профессии по месту работы	0,6	0,35	0,48	0,38	0,55	0,36
digit_prob_edu_3, вероятность компьютеризации профессии по образованию	0,24	0,28	0,24	0,26	0,23	0,27

Примечание: составлено авторами.

Влияние вероятности компьютеризации профессии на заработки. Поляризация, как отмечалось ранее, тесно связана с дизайном работы в принципе и действительным распределением усилий и времени работников на практике. Полученные результаты подтверждают предположения о наличии профессиональной поляризации на рынке труда с пози-

ций цифровизации, которая отражается в значительном количестве профессий с относительно низким уровнем квалификации, которые в большей степени подвержены компьютеризации, а также профессий с высоким уровнем квалификации, которые не подвержены компьютеризации (рис. 1).



Рис. 1. Распределение вероятности компьютеризации профессии в разрезе профессиональных групп с 2003 по 2018 г. Продемонстрирован феномен цифровой поляризации рынка труда в России

Примечание: составлено авторами.

Результаты исследования сопоставимы с результатами предшествующих исследований американского рынка труда [11, с. 267]. Наблюдается «провал» в занятости по про-

фессиям среднего звена, мало подверженным цифровизации, что создает определенные угрозы на рынке труда. Во-первых, существенной угрозой является наличие значительного количества занятых в профессиях, которые с высокой долей вероятности будут компьютеризированы в ближайшие годы. Значительная часть этих специалистов – работники торговли и неквалифицированные рабочие, а также операторы оборудования, работа которых с высокой степенью вероят-

ности будет компьютеризирована в ближайшие годы. Во-вторых, вероятность компьютеризации, как видно из результатов регрессионного анализа в табл. 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, **первая выдвинутая гипотеза опровергнута.**

Таблица 2

Результаты регрессионного анализа, нестандартизованные коэффициенты регрессии по уравнениям для проверки первой гипотезы

Независимые переменные	Профессии ИИКТ (2003)	Другие профессии (2003)	Профессии ИИКТ (2011)	Другие профессии (2011)
Константа	9,596***	8,906***	11,216***	10,994***
male	0,363***	0,489***	0,337***	0,345***
boss	0,209***	0,348***	0,288***	0,255***
gov_prop	-0,344***	-0,292***	-0,157***	-0,167***
edu_imp	0,086***	0,100***	0,058***	0,060***
expir	0,009***	0,010***	0,008***	0,006***
expir_sp	0,001	0,002	-0,001	0,003***
digit_prob	-0,263***	0,051	-0,202***	-0,030
R ²	0,205	0,250	0,230	0,219
R ² Adj	0,201	0,248	0,225	0,218
F	52,9***	77,1***	88,5***	123,0***
D-W	1,673	1,566	1,478	1,533
Число наблюдений	1 445	3 067	2 827	5 831
Независимые переменные	Профессии ИИКТ (2018)	Другие профессии (2018)	Профессии ИИКТ (все данные)	Другие профессии (все данные)
Константа	11,424***	11,428***	10,871***	10,802***
male	0,328***	0,29***	0,31***	0,387***
boss	0,233***	0,283***	0,248***	0,284***
gov_prop	-0,134***	-0,077***	-0,251***	-0,235***
edu_imp	0,079***	0,068***	0,082***	0,067***
expir	0,009***	0,005***	0,009***	0,009***
expir_sp	-0,001	0,005***	0,000	0,007***
digit_prob	-0,159***	-0,015	-0,176***	-0,062***
R ²	0,277	0,230	0,355	0,370
R ² Adj	0,274	0,229	0,355	0,365
F	63,4***	99,8***	367,2***	554,2***
D-W	1,691	1,641	1,736	1,409
Число наблюдений	2 079	4 690	43 809	93 692

Примечание: ИИКТ – отобраны респонденты с кодами профессий ISCO-08, предполагающими интенсивное использование ИТ [19]; R² – коэффициент детерминации; R² Adj – скорректированный коэффициент детерминации; F – критерий Фишера; D-W – критерий Дарбина – Уотсона, *** – значим на уровне < 1 %. Составлено авторами.

Условные потери заработков от повышения вероятности компьютеризации профессии с течением времени снижаются (рис. 2), зачастую они находятся в пределах 10–20 %, в 2006 и 2007 г. условные потери составляли

почти четверть заработной платы. Наблюдаемые тенденции связаны с аккумуляцией человеческого капитала низкого качества в областях, которые подвержены компьютеризации: угроза в том, что потеря заработков

и рабочих мест может наступить в короткий период времени в ближайшие 10–15 лет, что усугубит последствия структурной пере-

стройки рынка труда и может привести к дальнейшей социальной напряженности.

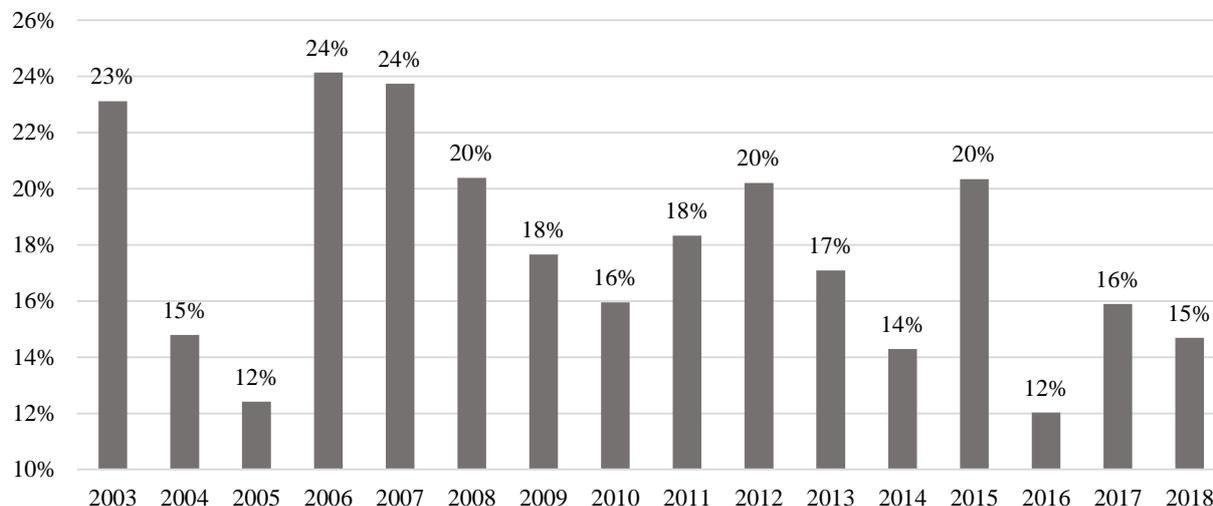


Рис. 2. Условные потери индивидуальных заработков при полной компьютеризации рабочего места в ближайшие годы для профессий с интенсивным использованием ИИКТ с 2003 по 2018 г. (%). Для всех коэффициентов $p < 5\%$
 Примечание: составлено авторами.

Влияние цифровизации формальных профессиональных компетенций на заработки. Индивидуализированные возможности для реализации формальных профессиональных компетенций на рынке труда в условиях цифровизации также были проверены на основе регрессионного анализа (табл. 3). Для оценки эффектов использовался показатель вероятности компьютеризации профессии по полученному третичному образованию (диплому о высшем образовании). Практически во всех рассмотренных

периодах данная переменная не является статистически значимой, несмотря на то что в целом полученное формальное образование зачастую подразумевает низкую вероятность компьютеризации (в среднем 24 против 48 % вероятности компьютеризации по профессии в 2018 г., см. табл. 1), на практике значительная часть рассмотренных наблюдений говорит о несоответствии полученного образования и профессии по основному месту работы.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа, нестандартизованные коэффициенты регрессии по уравнениям для проверки второй гипотезы. Влияние вероятности компьютеризации профессии, соответствующей третичному образованию

Независимые переменные	2003	2011	2018
Константа	9,689***	11,295***	11,328***
male	0,384***	0,336***	0,308***
boss	0,328***	0,307***	0,268***
gov_prop	-0,467***	-0,157***	-0,122***
edu_imp	0,07***	0,044***	0,08***
expir	0,01***	0,01***	0,009***
expir_sp	0,004	0,000	0,001
digit_prob_prof	-0,068	-0,073*	-0,098***

Независимые переменные	2003	2011	2018
digit_prob_edu_3	0,135	0,048	-0,056
R ²	0,312	0,350	0,346
R ² Adj	0,308	0,348	0,343
F	49,3***	71,3***	59,2***
D-W	1,745	1,599	1,775
Количество наблюдений	1 470	3 230	2 788

Примечание: R² – коэффициент детерминации; R² Adj – скорректированный коэффициент детерминации; F – критерий Фишера; D-W – критерий Дарбина – Уотсона, *** – значим на уровне < 1 %; * – значим на уровне < 10 %. Составлено авторами.

В таких условиях индивидуализация образовательных стратегий при получении формального образования не имеет смысла, поскольку основная часть релевантных для рынка труда компетенций получается в ходе освоения профессии и накопления производственного опыта непосредственно на рынке труда. С этой точки зрения работодателям впоследствии необходимо увеличить инвестиции в человеческий капитал для обеспечения высокопроизводительных рабочих мест. Следовательно, **вторая гипотеза опровергнута.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании продемонстрировано, что цифровизация на российском рынке труда приводит к существенной структурной трансформации, подобно предыдущим технологическим революциям. В краткосрочном периоде повышение вероятности компьютеризации связано с замещением низкопроизводительного труда и увеличением отдачи от индивидуального человеческого капитала. Данные тенденции актуальны для профессий, требующих высокого уровня специальных компетенций, необходимых для работы в цифровой среде. В соответствии с результатами исследования авторы предполагают, что значительное количество занятых, рабочие места которых могут быть автоматизированы в ближайшие 10–15 лет, с высокой долей вероятности будут испытывать существенную потерю заработков в период трансформации. Предполагается, что в дальнейшем это усилит социальную напряженность. Результаты проведенного исследования сопоставимы с результатами более ранних исследований по анализу рынков труда в развитых странах [11]. Прогнозируемые изменения будут сжатыми и интенсивными, поэтому от региональных властей потребуется грамотная со-

циально-экономическая политика для стимулирования рынка труда и привлечения дополнительных инвестиций в человеческий капитал со стороны работодателей.

Практические рекомендации по результатам проведенного исследования связаны прежде всего с совершенствованием политики мониторинга и регулирования регионального рынка труда с позиций цифровизации. Сейчас 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 на региональном уровне. 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 возможность инвестирования в собственное цифровое образование.

Ограничения и дальнейшие исследования. 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 последующих исследованиях необходимо сфокусироваться на развернутых цифровых компетенциях для достижения преимущества в заработках, а также создать модель оценки вероятности компьютеризации профессий для национального и регионального рынка труда.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Ширинкина Е. В. Влияние цифровизации на принципы управления человеческим капиталом работников промышленности // Экономика и менеджмент систем управления. 2018. Т. 30, № 4–3. С. 397–402.
2. Autor D. H., Levy F., Murnane R. J. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration // Q J Econ. 2003. Vol. 118, Is. 4. P. 1279–1333.
3. Turovets Y., Vishnevskiy K. Patterns of Digitalisation in Machinery-Building Industries: Evidence from Russia // Engineering Management in Production and Services. 2019. Vol. 11, Is. 4. P. 7–22.
4. 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.
5. Кельчевская Н. Р., Ширинкина Е. В. Региональные детерминанты эффективного использования человеческого капитала в цифровой экономике // Экономика региона. 2019. Т. 15, Вып. 2. С. 465–482.
6. Matraeva L., Vasiutina E., Belyak A. The Effects of Digitalisation on the Labour Market: The Case of Russia // Work Organisation, Labour & Globalisation. 2020. Vol. 14, No. 2. P. 31–45.
7. 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.
8. 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.
9. Matthes M., Kunkel S. Structural Change and Digitalization in Developing Countries: Conceptually Linking the Two Transformations // Technology in Society. 2020. Vol. 63. P. 101428.
10. Dunn M. Making Gigs Work: Digital Platforms, Job Quality and Worker Motivations // New Tech Work Employ. 2020. Vol. 35, Is. 2. P. 232–249.
11. Frey C. B., Osborne M. A. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? // Technol Forecast Soc. 2017. Vol. 114. P. 254–280.
12. Genz S., Janser M., Lehmer F. The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages – Worker-Level Evidence from Germany // Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 239, Is. 3. P. 483–521.
13. Foote C. L., Ryan R. W. Labor-Market Polarization Over the Business Cycle // NBER Macroecon Annu. 2014. Vol. 29. P. 371–413.
14. Autor D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation // J Econ Perspect. 2015. Vol. 29, No. 3. P. 3–30.
15. Staab P. The Consumption Dilemma of Digital Capitalism // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, Is. 3. P. 281–294.
1. Shirinkina E. V. The Impact of Digitalization on the Principles of Human Capital Management of Industrial Workers // Ekonomika i menedzhment sistem upravleniia. 2018. Vol. 30, No. 4–3. P. 397–402. (In Russian).
2. Autor D. H., Levy F., Murnane R. J. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration // Q J Econ. 2003. Vol. 118, Is. 4. P. 1279–1333.
3. Turovets Y., Vishnevskiy K. Patterns of Digitalisation in Machinery-Building Industries: Evidence from Russia // Engineering Management in Production and Services. 2019. Vol. 11, Is. 4. P. 7–22.
4. 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.
5. Kelchevskaya N. R., Shirinkina E. V. Regional Determinants of Effective Use of Human Capital in the Digital Economy // Economy of Region. 2019. Vol. 15, Is. 2. P. 465–482. (In Russian).
6. Matraeva L., Vasiutina E., Belyak A. The Effects of Digitalisation on the Labour Market: The Case of Russia // Work Organisation, Labour & Globalisation. 2020. Vol. 14, No. 2. P. 31–45.
7. 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.
8. 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.
9. Matthes M., Kunkel S. Structural Change and Digitalization in Developing Countries: Conceptually Linking the Two Transformations // Technology in Society. 2020. Vol. 63. P. 101428.
10. Dunn M. Making Gigs Work: Digital Platforms, Job Quality and Worker Motivations // New Tech Work Employ. 2020. Vol. 35, Is. 2. P. 232–249.
11. Frey C. B., Osborne M. A. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? // Technol Forecast Soc. 2017. Vol. 114. P. 254–280.
12. Genz S., Janser M., Lehmer F. The Impact of Investments in New Digital Technologies on Wages – Worker-Level Evidence from Germany // Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik. 2019. Vol. 239, Is. 3. P. 483–521.
13. Foote C. L., Ryan R. W. Labor-Market Polarization Over the Business Cycle // NBER Macroecon Annu. 2014. Vol. 29. P. 371–413.
14. Autor D. H. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation // J Econ Perspect. 2015. Vol. 29, No. 3. P. 3–30.
15. Staab P. The Consumption Dilemma of Digital Capitalism // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, Is. 3. P. 281–294.

16. Valenduc G., Vendramin P. Digitalisation, Between Disruption and Evolution // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, Is. 2. P. 121–134.
17. Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ. URL: <https://www.hse.ru/rfms/> (дата обращения: 01.10.2021).
18. Окладников С. М., Булгакова Н. С., Гохберг Л. М. Регионы России. Социальные и экономические показатели 2019. М. : Росстат, 2019. 1204 с.
19. Абдрахманова Г. И., Вишнеvский К. О., Гохберг Л. М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2020 : статистический сборник. М. : НИУ ВШЭ, 2020. 360 с.
16. Valenduc G., Vendramin P. Digitalisation, Between Disruption and Evolution // Transfer: European Review of Labour and Research. 2017. Vol. 23, Is. 2. P. 121–134.
17. Russian Longitudinal Monitoring Survey – HSE. URL: <https://www.hse.ru/rfms/> (accessed: 01.10.2021). (In Russian).
18. Okladnikov S. M., Bulgakova N. S., Gokhberg L. M. Regions of Russia: Social and Economic Indicators. 2019. Moscow : Rosstat, 2019. 1204 p. (In Russian)
19. Abdrakhmanova G. I., Vishnevskiy K. O., Gokhberg L. M. et al. Digital Economy Indicators in the Russian Federation: 2020 : Data Book. Moscow : HSE, 2020. 360 p. (In Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Васина Вероника Николаевна – аспирант, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.
E-mail: v.n.vasina@urfu.ru

Кельчевская Наталья Рэмовна – доктор экономических наук, профессор заведующая кафедрой экономики и управления на металлургических и машиностроительных предприятиях, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Пельмская Ирина Сергеевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления на металлургических и машиностроительных предприятиях, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

ABOUT THE AUTHORS

Veronika N. Vasina – Postgraduate, Institute of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.
E-mail: v.n.vasina@urfu.ru

Natalya R. Kelchevskaya – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head, Department of Economics and Management of Metallurgy and Industrial Enterprises, Institute of Economics and Management, Ural Federal University named after President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.

Irina S. Pelymskaya – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Management of Metallurgy and Industrial Enterprises, Institute of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia.