

STEAM-образование и занятость в информационных технологиях как факторы адаптации к цифровой трансформации экономики в регионах России

STEAM-education and IT-employment as factors of adaptation to the digital transformation of the economy in the regions of Russia

doi



Р. И. Семенова,
руководитель проектов, Ассоциация инновационных регионов России
ri.semenova@gmail.com

R. I. Semenova
project manager, Association of innovative regions of Russia



С. П. Земцов,
к. геогр. н., ведущий научный сотрудник, лаборатория исследований проблем предпринимательства РАНХиГС/зав. лабораторией статистики МСП ВАВТ Минэкономразвития России
spzemtsov@gmail.com

S. P. Zemtsov,
PhD, leading researcher, laboratory of entrepreneurship research, RANEPA/head of the laboratory of SME statistics, Russian foreign trade academy



П. Н. Полякова,
экономист-аналитик, телекоммуникационная компания ООО «Телеком МПК»/магистрант, Международная школа менеджмента, Германия

P. N. Polyakova,
economist-analyst, LLC «Telekom MPK», Telecommunication company/master of science finance, International school of management, Germany

Цифровая трансформация экономики, сопровождаемая автоматизацией производств и сервисов, распространением безлюдных технологий, может привести к росту безработицы, неравенства и социального исключения. Необходима разработка инструментов адаптации рынков труда, главным из которых является воспроизводство и привлечение человеческого капитала в те сферы, которые в наименьшей степени подвержены указанным рискам. Эту сферу часто обозначают понятием «СТИМ» («STEAM») — наука, технологии, инжиниринг, искусство и математика. По нашим расчетам удельный вес этих специальностей в системе подготовки с позиции текущего набора составляет 24,3% (удельный вес в выпуске — 18,7%), что ниже, чем в ряде развитых стран. Более трети специалистов страны готовят в Москве, Санкт-Петербурге, Татарстане, Ростовской и Самарской областях. Доля наиболее приоритетных направлений — информационные технологии, робототехника и искусство — составляет всего 8%. Для адаптации не менее значима концентрация специалистов, работающих в сфере информационных технологий (ИТ). Сейчас в ИТ занято чуть более 1,2% работников, при этом более 65% сконцентрировано в 10 ведущих центрах. Согласно эконометрическим расчетам, для увеличения числа этих специалистов в регионах России необходимо расширить информационно-коммуникационную инфраструктуру, увеличить соответствующие возможности системы образования, более активно использовать научно-технологический потенциал и создать условия для предпринимательской деятельности.

The digital transformation of the economy, accompanied by automation of production and services together with the spread of unmanned technologies, can lead to the increase of unemployment, inequality and social exclusion. It is necessary to develop tools for the labor markets adaptation, the main of which is the reproduction and attraction of human capital to those fields that are least exposed to such risks. This field is often denoted by the concept of «STEAM» (abbreviation), which stands for Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics. According to our calculations, the share of these specialties in the training system from the enrollment position is 24,3% (the share of graduates is 18,7%), that is lower than in a number of developed countries. More than 1/3 of the country's specialists are trained in Moscow, St. Petersburg, Tatarstan Republic, Rostov and Samara regions. The share of the highest priority training fields (information technology, robotics and art) is only 8%. For the adaptation, the issue of concentration of specialists working in the field of information technology (IT) is also very significant. Now there is a little more than 1,2% of employees in IT-sphere, while more than 65% is concentrated in 10 leading centers of Russia. According to econometric calculations, to increase the number of such specialists in the regions of Russia it is necessary to develop the information and communication infrastructure, to enhance the corresponding capabilities of the education system, to use the scientific and technological potential more actively and to create the conditions for entrepreneurial activity.

Ключевые слова: STEM, STREAM, цифровая экономика, регионы России, человеческий капитал, роботизация, четвертая промышленная революция, образование, искусственный интеллект, предпринимательство, национальные проекты, экономика незнания.

Keywords: STEM, STREAM, digital economy, Russian regions, human capital, robotization, 4th industrial revolution, education, artificial intelligence, entrepreneurship, national projects, nescience economy.

Введение

В настоящее время в России в качестве одного из приоритетных направлений развития страны и ее регионов обозначено формирование цифровой экономики, технологическое и инновационное развитие [1-3]. Соответственно, предполагается реализация ряда национальных проектов, в том числе «Цифровая экономика Российской Федерации» [4] (программа действовала с 2017 г. [5]), «Наука», «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», «Производительность труда и поддержка занятости», «Международная кооперация и экспорт», а также комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г. [6].

В рамках выбранной стратегии достижения технологического лидерства утверждена «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.» [7]. Российская венчурная компания (АО «РВК») реализует долгосрочную программу поддержки российских технологических компаний на новых глобальных рынках, которые сформируются через 15-20 лет — «Национальная технологическая инициатива» до 2035 г. (НТИ) [8]. При этом все перспективные рынки в рамках НТИ подразумевают развитие информационных технологий и на их базе формирование «сквозных» цифровых решений (платформ) в области создания инфраструктуры для отраслей новой экономики.

Цифровая трансформация экономики, на основе автоматизации, анализа больших данных и развития искусственного интеллекта, способна повысить конкурентоспособность российских компаний. Но в условиях четвертой промышленной революции [9], переходе к новому технологическому укладу, существуют серьезные риски высвобождения большого числа рабочих мест в России [10, 11]. В условиях реализации национальных проектов по «Цифровой экономике» и «Производительности труда и поддержке

занятости» есть вероятность высвобождения более 10 млн специалистов, занятых рутинной деятельностью [12]. При этом новые рабочие места могут быть созданы преимущественно в цифровой сфере, высоких технологиях и творческих индустриях внешними или внутренними инвесторами, то есть предпринимателями. Существенно возрастает роль сектора малого и среднего предпринимательства [13]. Автоматизация и внедрение промышленных роботов исключают возможность создания крупных производств с большим числом занятых даже в наименее автоматизированных отраслях¹. Уровень развития человеческого капитала, в частности, предпринимательские и цифровые способности населения [14], напрямую определяет способности адаптации региональных рынков труда к вызовам новой экономики [15]. Наращиванию человеческого капитала будут способствовать формирование новых компетенций и предоставление безработным возможности переквалификации [16].

Цель нашей статьи — оценить возможности системы образования обеспечить экономику специалистами нерутинных сфер деятельности и измерить вклад различных факторов в формирование будущей занятости в новых отраслях экономики для разработки рекомендаций по адаптации к рискам цифровой трансформации в регионах России.

Обзор предшествующих исследований

Футуролог Ю. Харари предсказывает, что к 2050 г. создание искусственного интеллекта приведет к появлению огромного нового нерабочего класса — «бесполезного класса» [17]. Согласно экспертно-аналитическому отчету [18], к 2035 г. в Японии половина рабочих процессов будет автоматизирована, а в США роботы смогут выполнить до 47% всех работ.

¹ Например, по оценкам в сельском хозяйстве для строительства крупного животноводческого комплекса потребуются лишь десятки специалистов.

В Великобритании, по данным консалтинговой компании Deloitte, роботы займут до 11 млн рабочих мест к 2036 г. [19]. Наибольшие риски характерны для сектора розничной торговли, гостиничного бизнеса, сельского хозяйства, транспорта и добывающих производств. Социальные риски — одни из наиболее значимых при цифровой трансформации, наблюдаемой в мире.

Россия серьезно отстает от мирового уровня по развитию цифровой экономики, производительности труда, востребованности человеческого капитала и развитию предпринимательства. По результатам международных оценок масштабов развития цифровой экономики различных стран [20, 21], в частности, в рейтинге цифровой конкурентоспособности экономик [22], который ежегодно составляется Международным институтом развития менеджмента, Россия занимает 38-е место (из 63 возможных), показывая положительную динамику развития (+4 позиции за 2 года). В пятерку лидеров входят США, Сингапур, Швеция, Дания и Швейцария. При этом по уровню развития цифровых навыков Россия находится на 42-м месте, по внедрению промышленных роботов — на 34-м месте, использованию в бизнес-аналитике больших данных — на 31-м месте, технологическому трансферу — на 57-м месте. В целом адаптация бизнеса в России к процессам цифровизации находится на низком уровне — 54-е место, и это несмотря на прогресс в отдельных областях (например, использование робототехники в научно-образовательной системе — 8-е место). С точки зрения инфраструктурного обеспечения цифровой экономики положение России за последние два года немного ухудшилось, в том числе из-за ужесточения нормативного регулирования. Научно-образовательный потенциал в целом (22 ранг) оценивается довольно высоко.

В связи с низким текущим уровнем проникновения новых технологий в производство и сервисы в России к 2030 г. потенциально подвержены автоматизации оказываются более 45% работников, или около 20 млн человек [11]. Переобучение может сгладить социальные риски цифровой трансформации [23], поэтому они ниже там, где специалисты лучше подготовлены к освоению новых знаний и технологий, непрерывному образованию. Проблема не в том, что роботы могут заменить миллионы рабочих мест в России, а в том, что население в целом не готово переобучаться, конкурировать с роботами, открывать собственный бизнес [13, 15]. Около 80% занятых не готовы работать на высококонкурентных и технологически сложных рынках; они выполняют рутинные действия с высокой вероятностью автоматизации [24]. Есть объективные угрозы

формирования экономики незнания [11, 15] — части общества, которая под воздействием смены технологического уклада фактически исключена из современных процессов создания, внедрения и использования новых технологий и продуктов. Соответственно, могут возникнуть новые старопромышленные и старосервисные регионы и города².

Предыдущие промышленные революции с позиции долгосрочной перспективы создавали больше рабочих мест, чем заменяли [25]. Предполагается, что и в новых условиях основная политическая задача будет заключаться не в искусственном поддержании уровня занятости, а в создании рабочих мест с новым набором компетенций, переобучении специалистов. В исследовании Всемирного экономического форума [26] показано, что несмотря на сокращение 75 млн рабочих мест, в мире уже в 2025 г. могут появиться 133 млн новых вакансий.

Вакансии преимущественно возникают в секторах, связанных с развитием новых технологий, нерутинными видами деятельности. Ранее этот сектор было принято обозначать термином STEM³: science, technology, engineering, mathematics, то есть наука (естественно-научные направления), технологии, инженерия и математика. Позднее к нему добавили «А» (STEAM): arts, т. е. искусство и творческие направления. Сейчас этот термин все чаще используется как «СТРИМ» (STREAM), где буква «R» ответственна за робототехнику. На русском языке более благозвучным может быть использование термина «РИТМ»: робототехника, искусство, технологии и математика. Так или иначе, речь идет о кадровом обеспечении цифровой экономики.

В рамках реализации национального проекта по «Цифровой экономике» потребуется обучение и переобучение миллионов специалистов, в первую очередь, в информационных технологиях. Многие инициативы в регионах наталкиваются на кадровые ограничения. Важно выявить условия и факторы, способствующие воспроизведению и привлечению высококвалифицированных кадров в регион.

В статье [28] развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры выявлено как один из ведущих факторов повышения занятости в новых отраслях экономики. В более раннем исследовании [29] в городах США была выявлена высокая роль высшего образования, ведущих университетов и в целом научно-технологического потенциала. В статье [15] дан подробный обзор схожих исследований, а также показано, что доля занятых в секторе инфор-

² Высокий риск автоматизации в гостиничном бизнесе, торговле, сельском хозяйстве, обрабатывающей и добывающей промышленности [10–11].

³ STEM (англ. Science, Technology, Engineering and Mathematics — естественные науки, технологии, инженерия и математика) — термин, используемый в США для общего обозначения этих академических дисциплин; дальнейшее развитие данной концепции представлено термином STEAM (англ. Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics — естественные науки, технологии, инженерия, гуманитарные науки (искусство) и математика). Концепция STEAM зародилась в Школе дизайна Род-Айленд, г. Провиденс (англ. Rhode Island School of Design, Providence), при этом под «Art» следует понимать не эстетическое искусство в узком смысле, а широкий спектр гуманитарных направлений: языкознание (словесность), обществознание и все виды искусств, включая физические и изобразительные (изящные) искусства, а также музыку («physical arts», «fine arts»). В настоящее время STEAM считается наиболее сильной комбинацией академических направлений и методов обучения для образования общества и инновационного развития экономики, внедренной многими институтами и организациями, а также принятым национальным стратегическим приоритетом не только в США, но и во многих других странах (Великобритания, Китай, Южная Корея, Австралия, Сингапур, Израиль, Индия, Тайвань, Канада и др.) [27, 36].

мационных технологий выше в субъектах Российской Федерации с наличием крупных агломераций, высокой концентрацией человеческого капитала, развитой ИКТ-инфраструктурой и благоприятными условиями для развития предпринимательства.

В России многие ученые говорят о необходимости формирования человеческого капитала, имея в виду наращивание знаний, компетенций населения и расширение продолжительности его трудовой деятельности. При этом в рамках построения образовательной модели они, по сути, ограничиваются целевой установкой на возобновление трудовых ресурсов [14]. С прогрессивной точки зрения речь могла бы идти о подготовке предприимчивых профессионалов, повышении предпринимательского капитала российского общества, поскольку именно он является трансфертным механизмом, обеспечивающим перевод новых идей в бизнес-инициативы и готовые продукты и услуги [30].

Методика

На первом этапе в целях определения возможностей адаптации российских регионов к вызовам цифровой экономики нами был произведен расчет обучающихся по, так называемым, программам STEAM-образования. Предполагается, на рынках труда автоматизированные системы не смогут полностью заменить специалистов, которые обладают компетенциями в следующих областях: наука (естественные направления), технологии, инжиниринг, искусство (язык, культура) и математика.

Данные для расчета приема и выпуска специалистов STEAM-направлений подготовки по программам ВПО и более узких профилей (включая ИТ-специалистов, специалистов робототехнических и гуманитарных направлений), а также их доли в рамках системы профессионального образования были собраны на основе формируемой Министерством образования и науки РФ отчетности (с помощью форм федерального статистического наблюдения № ВПО-1 и № СПО-1), выложенной в открытом доступе [31].

Выявление и сбор данных по STEAM-направлениям подготовки происходило на основании авторской методики⁴. При этом за основу определения нужных квалификаций был взят STEM Degree List, утвержденный Министерством внутренней безопасности США в 2010 г.⁵. Коды CIP (Classification of Instructional Programs)⁶ были переведены в коды специальностей по приказу Минобрнауки России [34], но с учетом специфики двух разных классификаторов программ высшего профессионального образования в России и

США. В результате были учтены такие области знаний: математические и технические науки, инженерное дело, технологии, искусство и культура. Всего в рамках программ подготовки бакалавриата, специалитета и магистратуры были отобраны 202 специальности (квалификации), образующие основной STEAM-лист, и к ним добавлены ученые, защитившие диссертации по всем областям наук (аспиранты и докторанты) [35]. Таким образом, долю выпускников STEAM-образования (STEAM-share) как наиболее востребованных специалистов в регионах России можно оценить по следующей формуле:

$$\text{STEAM}_{\text{share}} = \frac{\text{STEAM}_{\text{bac}} + \text{STEAM}_{\text{spec}} + \text{STEAM}_{\text{mag}} + \text{Asp} + \text{Doc}}{\text{Bac} + \text{Spec} + \text{Mag} + \text{Asp} + \text{Doc}}, \quad (1)$$

где числитель включает общее число квалифицированных кадров по выделенным STEAM-направлениям подготовки (включая всех ученых) в рамках выпуска специалистов по программам профессионального образования и другим образовательным программам (ВПО, СПО, аспирантура, докторантура), а знаменатель образуется сложением общего числа выпущенных специалистов по программам среднего профессионального образования (включая программы подготовки специалистов среднего звена и программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих), общего числа выпущенных специалистов по программам высшего профессионального образования (бакалавриат, специалитет, магистратура), а также общего числа выпущенных аспирантов и докторантов (с защитой диссертации).

Подгруппа ИТ-специальностей была выделена нами в соответствии с методикой расчета в рамках утвержденных 3 декабря 2018 г. Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ рекомендаций подготовки региональных проектов «Кадры для цифровой экономики». Всего было учтено 13 направлений бакалавриата, 7 направлений специалитета и 13 направлений магистратуры⁷.

Другая группа специальностей по критически важному направлению подготовки «Робототехника» в рамках образовательных программ высшего образования сформирована нами самостоятельно на основе критерия изучения в рамках соответствующих программ подготовки дисциплин, связанных с автоматикой и управлением на производстве, и включения сопряженных наукоемких специальностей, таких как «техносферная безопасность». Всего в рамках данной группы было учтено 40 направлений подготовки⁸.

⁴ В качестве альтернативы нашему способу расчета возможно было использовать Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования ГИВГЦ Минобрнауки России [32] с целью расчета доли студентов по укрупненным группам специальностей, из которых можно выделить STEAM, однако в результате апробации данных за 2017 г. их качество оказалось заметно хуже, вследствие чего выбор был сделан в пользу собственной методологии.

⁵ STEM Degree-List в рамках обучения научно-техническим дисциплинам (STEM) содержит >400 направлений подготовки в США [33].

⁶ Изначально CIP-коды были разработаны Национальным центром статистики образования Министерства образования США (NCES) в 1980 г. с последующей редакцией в 1985, 1990 и 2000 гг.

⁷ С подробной таблицей с распределением специальностей можно ознакомиться [46].

⁸ С подробной таблицей с распределением специальностей можно ознакомиться [47].

И, наконец, нами была определена еще одна ключевая группа специальностей по гуманитарным направлениям подготовки («Арт»), включая Искусство и Преподавание в искусстве, а также филологию, лингвистику и подготовку работников данной сферы (лингвиста-переводчика, переводчика художественной литературы). В рамках образовательных программ высшего образования было выявлено 47 таких направлений⁹.

Все включенные в анализ STEAM-специалисты¹⁰ могут быть потенциально задействованы в «нерутинных» видах экономической деятельности (высокотехнологичных, среднетехнологичных и наукоемких отраслях экономики), в связи с чем нами сделано предположение, что именно они составляют основу формирования человеческого капитала как предпринимательского актива, столь необходимого для реализации сценария перехода к модели цифровой экономики будущего в России.

На втором этапе, опираясь на анализ эмпирических и теоретических работ отечественных и зарубежных ученых, предложена модель для оценки факторов, влияющих на адаптацию регионов России к рискам цифровой экономики путем увеличения занятости в информационных технологиях. Зависимость численности занятых в информационных технологиях (ИТ) в регионах России от ряда факторов можно представить в двух формах:

А. Модель оценки факторов предложения ИТ-специалистов:

$$\begin{aligned} \ln(\text{IT})_{it} = & \text{const} + \beta_1 \ln(\text{STUD10})_{it} + \\ & + \beta_2 \ln(\text{RNDEXP})_{it} + \beta_3 \ln(\text{FIRM})_{it} + \\ & + \beta_4 \ln(\text{CITY})_{it} + \beta_5 \ln(\text{POP})_{it} + \\ & + \beta_6 \ln(\text{BUDGEMP})_{it} + \varepsilon_{it}, \end{aligned}$$

В. Модель оценки факторов спроса на ИТ-специалистов:

$$\begin{aligned} \ln(\text{IT})_{it} = & \beta_1 \ln(\text{SALARY})_{it} + \beta_2 \ln(\text{INT})_{it} + \\ & + \beta_3 \ln(\text{MINSIZE})_{it} + \beta_4 \ln(\text{CITY})_{it} + \beta_5 \ln(\text{POP})_{it} + \\ & + \beta_6 \ln(\text{BUDG}_{\text{EMP}})_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (3) \end{aligned}$$

где ИТ — численность работников ИТ-сферы, чел.; STUD10 — число выпускников вузов 10 лет назад, чел.; RNDEXP — доля внутренних затрат на научные исследования и разработки в ВРП, %; FIRM — число малых предприятий, включая микро, ед. на тыс. ЭАН; CITY — численность населения центрального города, чел.; SALARY — отношение заработной платы ИТ-специалистов к заработной плате в регионе; INT —

доля организаций, использующих широкополосный Интернет, %; MINSIZE — сумма доходов населения за вычетом прожиточного минимума, а также контрольные переменные: POP — численность постоянного населения, тыс. чел.; $\beta_1 \dots \beta_6$ — коэффициенты модели; i — регион; t — год.

Данные были собраны по 85 субъектам Российской Федерации за период 6 лет с 2012 по 2017 гг. Источником данных выступает Росстат. При анализе исходных данных высокая корреляция между переменными не была выявлена. Все переменные были взяты в логарифмах. Нами проверялось несколько гипотез:

Гипотеза 1. Более высокий уровень научно-технологического развития региона, определяемый долей затрат на НИОКР в ВРП, стимулирует потребность в ИТ-специалистах. Иными словами, если регион имеет узкую специализацию, для которой не требуется значительных затрат на науку, спрос на ИТ-специалистов будет низким.

Гипотеза 2. Предполагается, что в регионах с большим количеством студентов есть больше возможностей для подготовки и переподготовки ИТ-специалистов. Тем самым, проверяются возможности системы образования региона воспроизводить специализированный человеческий капитал.

Гипотеза 3. Доступ к сети Интернет среди фирм и домохозяйств является одним из показателей развитости ИКТ-инфраструктуры региона. Большой охват фирм способствует расширению рынка труда для ИТ-специалистов.

Гипотеза 4. Чем выше плотность предпринимательской деятельности региона, тем в общем случае больше возможностей для открытия бизнеса в регионе, в том числе для развития новой экономики: онлайн-сервисы, интернет-торговля, оформление сайтов и т. д. Условия для развития предпринимательства в регионе оказывают положительное влияние на занятость в ИТ-сфере.

Гипотеза 5. Способность регионального рынка труда предоставить конкурентоспособную заработную плату в ИТ-сфере в регионе значительно повышает занятость населения в данной отрасли как за счет обучения дополнительных профессионалов в регионе, так и привлечения из других регионов.

Гипотеза 6. Крупные города, выполняющие разнообразные функции, отличающиеся разнообразием рынков труда, товаров и услуг, испытывают большую потребность в ИТ-специалистах, чем, например, сельские населенные пункты. Поэтому предполагается положительное влияние агломерационных эффектов на число занятых в ИТ-секторе.

Гипотеза 7. Размер потенциального рынка ИТ-услуг, определяемый уровнем доходов населения, напрямую оказывает влияние на спрос на ИТ-специалистов.

⁹ С подробной таблицей с распределением специальностей можно ознакомиться [48].

¹⁰ Не исключено, что в составленных списках оказались упущены ряд релевантных специальностей. В качестве примера можно привести следующие направления подготовки: 49.03.03 «Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм» (Бакалавр) и 49.03.04 «Спорт» (Тренер по виду спорта. Преподаватель). Существенным, возможным, недостатком также является то, что STEAM-направления были выделены только в рамках программ высшего образования (в отбор высококвалифицированных (востребованных) специалистов не вошли обучающиеся на программах среднего профессионального образования).

Обсуждение результатов

1. Оценка возможностей системы образования воспроизводить человеческий капитал для цифровой экономики

Нами была проведена оценка текущей востребованности человеческого капитала в России как ключевого фактора перехода к цифровой экономике. Речь идет об оценке государственной политики формирования критически важного кадрового потенциала посредством анализа приема абитуриентов на выявленные нами направления подготовки в рамках концепции STEAM-образования и ее адаптации к российским реалиям с выделением критических областей гуманитарных наук «Art», робототехники (автоматики и управления) «Robotics», а также информационных технологий «IT».

В табл. 1 представлены полученные нами статистические оценки для России в целом за 2017 и 2018 гг.

Таким образом, из табл. 1 можно увидеть, что около полумиллиона человек ежегодно принимается на выделенные нами ключевые направления подготовки специалистов в рамках программ высшего профессионального образования в России, что составляет около

24% в общего объема формируемого кадрового резерва страны и 45% объема подготовки высококвалифицированных специалистов в системе высшего образования. Трудно судить о динамике, однако можно сказать, что в 2018 г. по сравнению с 2017 г. в целом произошло относительное увеличение приема студентов на STEAM-направления подготовки (с 43,8 до 45,3%).

Заметно вырос набор на направления подготовки по профилю «информационные технологии» (почти на 8 тыс. человек), и доля IT-направлений в вузовских программах, тем самым, увеличилась с 8 до 8,6%. Данный индикатор является целевым показателем национального проекта «Цифровая экономика» [4]: с текущих 99 тыс. человек прием на программы высшего образования в сфере информационных технологий в России должен возрасти до 120 тыс. к 2024 г. По данным за 2017 г. в подготовке кадров лидирует Томская область¹¹, доля в приеме будущих ИТ-специалистов составляет 17,3%, а доля в выпуске — 10,1%. Среди регионов-лидеров также: Новосибирская область (11,4/8,8%), г. Санкт-Петербург (11,4/9,4%), г. Севастополь (12,7/12,9%), Республика Марий Эл (11,1/7,9%), Ярославская (10,5/8,1%), Владимирская (10,5/7,5%), Рязанская (10,4/9,3%), Пензенская (10,4/10,0%) и Нижегородская (10,2/7,9%) области; в Москве показа-

Таблица 1

Сводные данные набора студентов на STEAM-направления подготовки

Показатели набора на программы профессиональной подготовки кадров в России	2017	2018
Всего принято на программы высшего профессионального образования (ВПО), чел.	1141988	1147932
Всего принято на программы среднего профессионального образования (СПО), чел.	963834	990114
Из них:		
принято на STEAM-направления подготовки по программам ВПО, чел.	499977	519718
принято на ИТ-направления подготовки по программам ВПО («IT»), чел.	91387	99144
принято на гуманитарные направления подготовки по программам ВПО («Art»), чел.	32135	32438
принято на направления «Робототехника» (автоматика и управление) (Robotics), чел.	42138	43875
Удельный вес абитуриентов STEAM-специальностей в общем наборе на программы профессиональной подготовки (приёме студентов по всем специальностям ВПО и СПО), %	23,74	24,31
Удельный вес абитуриентов STEAM-специальностей в общем наборе на вузовские программы (приеме студентов по всем специальностям ВПО), %	43,78	45,27
Удельный вес ИТ-направлений в общем наборе на программы профессиональной подготовки (приеме студентов по всем специальностям ВПО и СПО), %	4,34	4,64
Удельный вес ИТ-направлений в общем наборе на вузовские программы, %	8,00	8,64
Удельный вес ИТ-направлений подготовки в общем наборе на STEAM-специальности (доля «IT» в «STEAM»), %	18,28	19,08
Удельный вес гуманитарных направлений («Art») в общем наборе на программы профессиональной подготовки (приёме студентов по всем специальностям ВПО и СПО), %	1,53	1,52
Удельный вес гуманитарных направлений («Art») в общем наборе на вузовские программы, %	2,81	2,83
Удельный вес гуманитарных направлений подготовки («Arts») в общем наборе на STEAM-специальности (доля «A» в «STEAM»), %	6,43	6,24
Удельный вес робототехнических направлений («Robotics») в общем наборе на программы профессиональной подготовки (приёме студентов по всем специальностям ВПО и СПО), %	2,00	2,05
Удельный вес робототехнических направлений («Robotics») в общем наборе на вузовские программы, %	3,69	3,82
Удельный вес робототехнических направлений («Robotics») в общем наборе на STEAM-специальности (доля «Robotics» в «STEAM»), %	8,43	8,44
Интерес молодежи к ИТ-специальностям, % (доля в заявках на программы ВПО)	10,45	11,38
Интерес молодежи к Арт-специальностям, % (доля в заявках на программы ВПО)	5,25	5,15
Интерес молодежи к «Робототехнике» (технологиям автоматизации и управления), % (доля в заявках на программы ВПО)	3,95	4,00

Источник: расчеты авторов на основе разработанной методики

¹¹ Расчет был произведен согласно официальной методике, предложенной Министерством цифрового развития, коммуникаций и связи РФ.

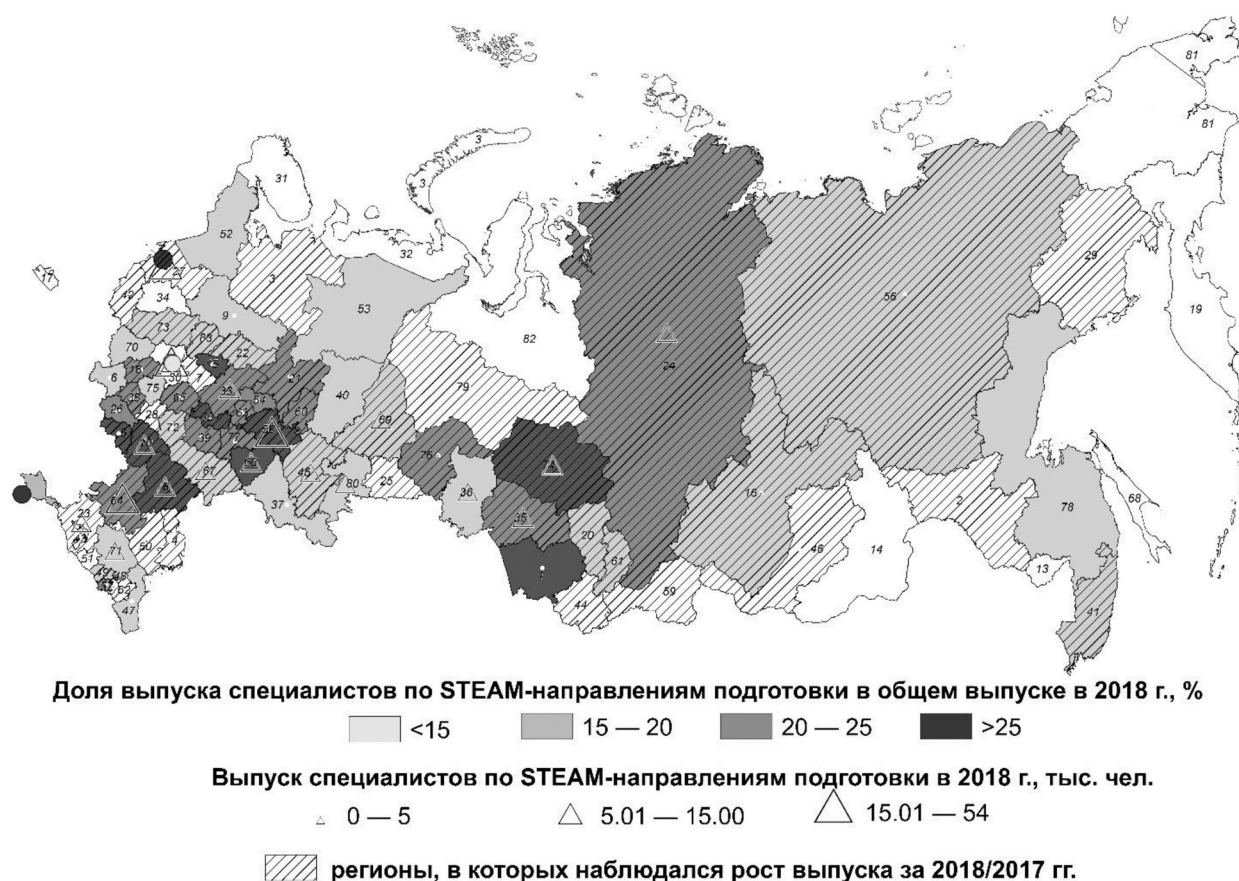


Рис. 1. Карта STEAM специальностей в 2018 г.

Цифрами на карте обозначены: 1 — Алтайский край; 2 — Амурская область; 3 — Архангельская область; 4 — Астраханская область; 5 — Белгородская область; 6 — Брянская область; 7 — Владимирская область; 8 — Волгоградская область; 9 — Вологодская область; 10 — Воронежская область; 11 — Москва; 12 — Санкт-Петербург; 13 — Еврейская автономная область; 14 — Забайкальский край; 15 — Ивановская область; 16 — Иркутская область; 17 — Калининградская область; 18 — Калужская область; 19 — Камчатский край; 20 — Кемеровская область; 21 — Кировская область; 22 — Костромская область; 23 — Краснодарский край; 24 — Красноярский край; 25 — Курганская область; 26 — Курская область; 27 — Ленинградская область; 28 — Липецкая область; 29 — Магаданская область; 30 — Московская область; 31 — Мурманская область; 32 — Ненецкий автономный округ; 33 — Нижегородская область; 34 — Новгородская область; 35 — Новосибирская область; 36 — Омская область; 37 — Оренбургская область; 38 — Орловская область; 39 — Пензенская область; 40 — Пермский край; 41 — Приморский край; 42 — Псковская область; 43 — Республика Адыгея; 44 — Республика Алтай; 45 — Республика Башкортостан; 46 — Республика Бурятия; 47 — Республика Дагестан; 48 — Республика Ингушетия; 49 — Кабардино-Балкарская Республика; 50 — Республика Калмыкия; 51 — Карачаево-Черкесская Республика; 52 — Республика Карелия; 53 — Республика Коми; 54 — Республика Марий Эл; 55 — Республика Мордовия; 56 — Республика Саха; 57 — Республика Северная Осетия - Алания; 58 — Республика Татарстан; 59 — Республика Тыва; 60 — Удмуртская Республика; 61 — Республика Хакасия; 62 — Чеченская Республика; 63 — Чувашская Республика; 64 — Ростовская область; 65 — Рязанская область; 66 — Самарская область; 67 — Саратовская область; 68 — Сахалинская область; 69 — Свердловская область; 70 — Смоленская область; 71 — Ставропольский край; 72 — Тамбовская область; 73 — Тверская область; 74 — Томская область; 75 — Тульская область; 76 — Тюменская область; 77 — Ульяновская область; 78 — Хабаровский край; 79 — Ханты-Мансийский автономный округ — Югра; 80 — Челябинская область; 81 — Чукотский автономный округ; 82 — Ямало-Ненецкий автономный округ; 83 — Ярославская область; 84 — Республика Крым; 85 — г. Севастополь

Источник: расчет произведен по формуле (1)

тели ниже (9,5/5,7%), так как в регионе сосредоточены вузы — центры подготовки специалистов по иным естественным и гуманитарным наукам.

Удельный вес программы подготовки по перспективным робототехническим направлениям составляет всего 2% в рамках общей системы профессиональной подготовки и около 4% в рамках вузовских программ. Это крайне низкие значения в общемировых условиях роботизации, развития «индустрии 4.0» и угрозы новой промышленной революции, которую называют

«революцией роботов». То же самое можно сказать и о потенциальном креативном классе и специалистах в области культуры и языка: наблюдается низкая доля подготовки специалистов гуманитарного профиля («Арт») — всего 2,8% в рамках вузовских программ. При этом интерес молодежи к этим направлениям в два раза выше.

Кадровый резерв страны с точки зрения формирования новой экономики, если суммировать три приоритетных направления подготовки специалистов

«IT», «Robotics» и «Art», по самым строгим оценкам, составляет всего 8% от общего кадрового потенциала, (около 15% от общей подготовки высококвалифицированных кадров по программам ВПО).

Удельный вес STEAM-образования, с позиции выпуска специалистов, составляет 18,7% в кадровом резерве страны, что несколько ниже в сравнении с другими странами, где STEM официально объявлены стратегическим приоритетом: США, Великобритания, Южная Корея, Австралия, Сингапур, Израиль и др. [36].

При этом выявлена существенная пространственная дифференциация. Доля выпуска специалистов по STEAM выше четверти в 12 регионах: Волгоградская, Белгородская, Томская области, Алтайский край, Санкт-Петербург, Севастополь, Воронежская, Самарская, Ивановская, Ульяновская области, Татарстан и Мордовия (рис. 1). На первые 5 регионов, готовящих более 10 тыс. специалистов (Москва, Санкт-Петербург, Татарстан, Ростовская и Самарская области) приходится около 35%. При этом за последний год выпуск специалистов вырос в 53 регионах.

2. Оценка вклада факторов в формирование занятости в секторе ИТ

В России в сфере информационных технологий занято более полумиллиона специалистов, причем их число растет из года в год. В отрасли наблюдает-

ся очень высокая пространственная концентрация (рис. 2). Если подготовка ИТ-специалистов представлена в регионах России довольно широко, то более 65% занятых специалистов в ИТ-сфере сосредоточено в 10 регионах (в каждом — более 10 тыс. чел.), таких как: Москва (171,3 тыс. чел.), Санкт-Петербург (63,1), Татарстан (20,2), Новосибирская (16,4), Московская (15,6), Свердловская (15,1), Нижегородская (12,8), Самарская (12,4) области, Башкортостан (10,1), Краснодарский край (10).

В целом в 2018 г. доля работников, занятых в ИТ-секторе, составила лишь 1,2% (0,69% в 2010 г.). При этом выше среднего уровня занятость в ИТ-сфере наблюдалась только в 5 российских регионах (рис. 2): Москва, Санкт-Петербург, Новосибирская, Ярославская, Томская области и Республика Татарстан, который благодаря соответствующей региональной политике смог войти в этом году в число лидеров. В большинстве субъектов Российской Федерации данный показатель составил <0,5%.

Чтобы понять причины столь существенных пространственных диспропорций, а также возможности для выработки политических рекомендаций, с помощью эконометрических расчетов мы оценили факторы спроса и предложения специалистов в информационных технологиях в регионах России (табл. 2, 3).

Выдвинутые нами гипотезы были подтверждены. Так, была выявлена стойкая положительная зависимость уровня занятости в сфере ИТ от возможностей



Рис. 2. География занятости в информационных технологиях в России

Источник: составлено авторами

Результаты оценки факторов предложения специалистов в ИТ

Факторы		Переменная	1	2	3
		Постоянная	5,273*** (0,87)	1,29* (0,75)	-19,98 (21,12)
Воспроизводство человеческого капитала		Число выпускников вузов 10 лет назад, чел.	0,217* (0,11)	0,24*** (0,09)	0,26*** (0,1)
Научно-технологический потенциал		Доля внутренних затрат на научные исследования и разработки в ВРП, %	0,17** (0,07)	0,15** (0,07)	0,16** (0,07)
Условия для развития предпринимательства		Число малых предприятий, включая микро, ед. на тыс. ЭАН	0,657** (0,32)	0,39** (0,18)	0,41** (0,18)
Агломерационные эффекты, разнообразие рынков		Численность населения центрального города, чел.		0,78*** (0,14)	0,65*** (0,19)
КОНТРОЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННАЯ	Размер региона	Численность постоянного населения, тыс. чел.			3,09 (3,02)
Критерии оценки моделей		Within-R2	0,33	0,403	0,415
		LSDV R-squared	0,977	0,98	0,98
		Критерий Шварца	360,69	310,4	307,35

Примечание: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$; в скобках указаны стандартные ошибки.

региональной системы высшего образования готовить специалистов цифровой экономики. Научно-технологический потенциал региона также являются значимыми параметром, положительно влияющим на увеличение занятости в ИТ-отрасли. В целом для открытия нового высокотехнологичного предприятия требуется высокий уровень накопленных знаний, компетенций и технологий [16]. При этом, на наш взгляд, наиболее значимым результатом стало выявление значимости условий для предпринимательской деятельности [13] как фактора развития цифровой экономики.

В оцененных моделях факторов спроса на ИТ-специалистов (табл. 3), мы наблюдаем устойчивую положительную зависимость занятости в ИТ-отрасли в регионе от уровня доходов его жителей, что говорит о размере потенциального рынка ИТ-услуг. Кроме того, развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры региона значимо, так как увели-

чивает возможности рынка труда для ИТ-специалистов.

Центральные города предоставляют возможности для самореализации, подготовки и переподготовки специалистов, а также обладают соответствующей развитой инфраструктурой, в связи с чем агломерационные эффекты оказались значимым положительным фактором формирования занятости в секторе ИТ.

Заключение

На наш взгляд, необходимо не только стимулировать развитие информационно-коммуникационных технологий¹², но и разрабатывать комплексные программы адаптации к цифровой экономике. В рамках доклада А. А. Аузаном [37] был высказан тезис о том, что образовательная модель из краткосрочной, «ориентированной на потребителя», должна быть трансформирована в «инвестиционную», где главным

Таблица 3

Результаты оценки модели факторов спроса на специалистов в ИТ

Факторы		Переменная	1	2
		Постоянная	-1,653 (1,35)	-19,159 (14,863)
Конкурентноспособность заработной платы ИТ-специалистов		Отношение заработной платы ИТ-специалистов к заработной плате в регионе, %	0,433* (0,23)	0,42* (0,22)
Уровень развития рынка ИКТ и соответствующей инфраструктуры		Доля организаций, использующих широкополосный Интернет, %	0,142* (0,072)	0,151** (0,07)
Размер потенциального рынка ИТ-услуг		Сумма доходов населения за вычетом прожиточного минимума, млрд руб.	0,424*** (0,135)	0,435*** (0,122)
Агломерационные эффекты		Численность населения центрального города, чел.	0,885*** (0,101)	0,783*** (0,11)
КОНТРОЛЬНЫЕ	Размер региона	Численность населения, млн чел.		2,564 (2,097)
Критерии оценки моделей		Within-R2	0,462	0,468
		LSDV R-squared	0,98	0,981
		Критерий Шварца	372,9	373,4

Примечание: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$; в скобках указаны стандартные ошибки.

¹² Примеры реализации отраслевых стратегий в сфере развития цифровых технологий (в 3 регионах): Стратегия развития отрасли информатизации и связи Республики Татарстан на 2016-2021 гг. и период до 2030 г., Стратегия развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и электроники Ульяновской области на 2015-2020 гг., Стратегия развития отрасли информационных технологий в Самарской области на период до 2020 г. и на перспективу до 2025 г.

критерием должно стать воспроизводство и привлечение человеческого капитала.

В рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» к 2024 г. [4] планируется подготовить и выпустить более 270 тыс. человек с ключевыми компетенциями цифровой экономики; 1 млн человек пройдут обучение по развитию компетенций цифровой экономики в рамках государственной системы персональных цифровых сертификатов; около 10 млн человек пройдут обучение по онлайн-программам развития цифровой грамотности. Для этих целей до конца 2024 г. будет введено в работу 50 центров ускоренной подготовки специалистов совместно с частным сектором, 1455 образовательных организаций, имеющих лучшие результаты в преподавании предметных областей «Математика», «Информатика» и «Технология», получают грантовую поддержку на распространение своего опыта, 33000 обучающихся по соответствующим программам, проявивших выдающиеся способности, получают грантовую поддержку; 206 организаций получают грантовую поддержку для организации углубленного изучения математики и информатики¹³.

В условиях современных вызовов выбор образовательной стратегии в России концептуально согласуется с принятой в США новой стратегией в области естественно-научного образования «Путь к успеху: Американская стратегия STEM-образования» [39], которая была разработана совместно Управлением научно-технической политики администрации Президента США и Комитетом по политике в области STEM-образования министерства образования США. Девизом этой стратегии является: «США должны победить в соревновании за STEM-talants». Ранее в 2000 г. был опубликован доклад Национальной комиссии США по преподаванию математики и естественных наук в XXI веке под названием «Пока еще не слишком поздно», где отмечался низкий уровень естественно-научного образования большинства школьников в средних школах США [40], в связи с чем STEM-образование было объявлено национальным императивом. Как следует из обзора [41], данные последних международных испытаний старшеклассников (PISA, 2015)¹⁴ показали, что только 20% из них отвечают современным требованиям, а за последние пятнадцать лет Индия и Китай опередили Соединенные Штаты по количеству присужденных степеней бакалавров в области науки и техники (S&E). Результативность же российского образования с позиции PISA¹⁵, если сравнивать с США, лучше только в области знаний математики — 21-е место.

Однако видна принципиальная разница в подходах. В США доступ к высококачественному образованию в области естественных наук, технологий, инженерии и математики предполагается предоставить всем детям, в России же образовательная поддержка по приоритетным областям (математика, технология, информатика) будет оказана тем, кто показывает лучшие результаты («одаренным детям»). Таким образом, современные тенденции развития образовательной системы в России, включая подход к оценке деятельности губернаторов, основанный на выявлении в регионе «одаренных детей», создание инфраструктуры для лучших учеников (с завышенными объемами финансированием «губернаторских» школ¹⁶) и пр., подрывают базовый принцип доступности качественного образования для всех детей.

Исследование показывает, что неотъемлемыми компетенциями, получаемыми в системе образования, должны стать цифровая грамотность и вычислительное мышление, а в рамках вузовских программ упор следует сделать на подготовку специалистов, которые способны работать с различными технологиями автоматизации. В рамках этого подхода возможен относительно безболезненный переход к цифровой экономике. Но вероятность этого сценария невелика, так как модель российского рынка труда ограничивает процессы цифровой трансформации. На предприятиях вводится неполная занятость, используется дешевая рабочая сила, наблюдается низкий уровень внедрения технологий: на 10 тыс. жителей в России приходится всего 4 промышленных робота (а в мире — 85). Кроме того, существуют и институциональные ограничения, а также технологические барьеры. Риски технологической безработицы сейчас невысоки, а описанная модель рынка труда ведет к дальнейшему отставанию, снижению конкурентоспособности экономики и в какой момент потребует ускоренной модернизации — по образцу компании «АвтоВАЗ», в которой в результате автоматизации за 10 лет высвободилось более 70 тыс. рабочих мест. В этом случае возможен разрыв между экспоненциальным внедрением технологий, сопровождаемым высвобождением рабочей силы, и процессами адаптации: переобучение, переквалификация, появления новых рабочих мест в иных отраслях. Часть населения в наиболее подверженных этим процессам регионах окажется не готова к освоению и использованию новых знаний и технологий, переобучению, непрерывному обучению — возникнет риск распространения «экономики незнания».

Тем не менее, массовой безработицы в России в результате цифровой трансформации, вероятнее все-

¹³ Фонд новых форм развития образования при поддержке негосударственного института развития «Иннопрактика» в партнерстве с Рыбаков фондом в августе 2019 г. запустили заочную школу новых технологических компетенций для учащихся общеобразовательных организаций (ЗШНТК). Цель ЗШНТК — разработка новых механизмов образовательной поддержки детей независимо от места их проживания в математической, естественнонаучной и технологической областях [38].

¹⁴ Международная программа ОЭСР по оценке образовательных достижений учащихся (англ. Programme for International Student Assessment, PISA). Пример лучшего результата — профиль Финляндии [42].

¹⁵ В обследовании 2015 г. приняли участие более 10000 обучающихся 265 образовательных организаций в 43 регионах РФ в возрасте 15 лет [43].

¹⁶ Речь идет о совместной инициативе Российской академии наук и Министерства просвещения РФ 2018 г. о создании так называемых «школ РАН», которые планируется перевести из муниципального в губернское подчинение, чтобы туда могли поступать мотивированные дети со всего города, а не только по месту жительства, при этом предполагается обеспечить специальный подбор учителей для таких школ [41].

го, не будет, так как меняется само представление о труде, появляются новые формы скрытой и неполной занятости (прекаризация): самозанятость, фриланс, сокращение рабочих часов и т. д. Но есть регионы и города, где риски формирования «экономики незнания» заметно выше.

На основе наших расчетов можно сформулировать ряд рекомендаций для администраций регионов России по повышению занятости в информационных технологиях и, соответственно, по увеличению потенциала адаптации к цифровой трансформации. Во-первых, необходимо обеспечить фирмам и домохозяйствам доступ к сети Интернет, которая стимулирует формирование рынков труда, услуг для специалистов ИТ-отрасли: развитие сети Интернет увеличивает долю пользователей ИКТ-продуктами и стимулирует спрос на работников данной сферы. Во-вторых, требуется более активно сохранять и привлекать человеческий капитал, в том числе путем формирования комфортной городской среды (примеры: Иннополис в Республике Татарстан, «ИНО Томск» в Томской области), совершенствования системы образования в рамках STEAM-подхода.

Помимо количественного роста занятости в цифровой сфере немаловажным фактором является качественный скачок — формирование у работников сферы ИТ специальных навыков (многие ИТ-компании уже сегодня работают по, так называемой, схеме Agile¹⁷, большинство принципов которой связано именно с развитием «soft skills»). Люди должны обладать, так называемыми, мягкими навыками, т. е. креативным мышлением, способностью оператив-

но решать проблемы [44]. Этот навык («soft skills»), безусловно, необходимо развивать инженерам, ИТ-специалистам и всем, кто будет заниматься проектными инновационными разработками в команде¹⁸. В системе образования также важно внедрение междисциплинарного подхода. На наш взгляд, обучение гуманитарным дисциплинам («Арт») в сочетании с основным техническим профилем (направлением подготовки) обеспечивает развитие гибкости мышления и креативности личности, что в целом согласуется с передовой концепцией STEAM-образования, подразумевающей трансформацию представления о научном познании и выстраивании инновационного процесса в работе посредством формирования навыков в области языкознания, искусства и пр. В-третьих, необходимо стимулировать научно-технологическое развитие региона, в том числе используя методы для повышения коммерциализации технологий вузов и научных институтов [16]. В-четвертых, для развития новой экономики особое значение имеют высокотехнологичные стартапы, поэтому потребуются существенные усилия в большинстве регионов по улучшению инвестиционного климата [13].

Таким образом, стратегической инициативой с точки зрения адаптации к рискам цифровой экономики является существенное расширение информационно-коммуникационной инфраструктуры, увеличение соответствующих возможностей системы образования, более активное использование научно-технологического потенциала и создание условий для предпринимательской деятельности.

¹⁷ В рамках которой предполагается полное переключение ИТ-специалистов на бизнес-процессы, а техническими задачами будут заниматься машины.

¹⁸ В качестве примера можно привести разработанную институтом IEEE (США) модель необходимых инженеру-разработчику программного обеспечения навыков, включая «soft skills»: когнитивные навыки и поведенческие атрибуты — SWECOM (Software Engineering Competency Model) [45].

Список использованных источников

1. Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
2. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.». <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425>.
3. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг.». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>.
4. Национальный проект «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. <http://static.government.ru/media/files/3b1A5VA1v3VziZip5VzAY8RTcLEbdCct.pdf>.
5. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. (утр. силу). <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
6. Распоряжение Правительства РФ от 30 сентября 2018 г. № 2101-р «Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г.». <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71975292>.
7. Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». <http://kremlin.ru/acts/bank/44731>.
8. В. Барина, С. Земцов, Р. Семенова. Государственная поддержка высоких технологий и инноваций в России // Инновации. 2019. № 3. С. 2–13.
9. M. Ford. Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future. New York: Basic Books, 2015.
10. С. П. Земцов. Роботы и потенциальная технологическая безработица в регионах России: опыт изучения и предварительные оценки // Вопросы экономики. 2017. № 7. С. 142–157.
11. С. П. Земцов. Цифровая экономика, риски автоматизации и структурные сдвиги в занятости в России // Социально-трудовые исследования. 2019. № 3. С. 6–17.
12. С. П. Земцов. Смогут ли роботы заменить людей? Оценка рисков автоматизации в регионах России // Инновации. 2018. № 4. С. 2–8.
13. В. А. Барина, С. П. Земцов, Ю. В. Царева. Предпринимательство и институты: есть ли связь на региональном уровне в России? // Вопросы экономики. 2018. № 6. С. 92–116.
14. Y. Kuzminov, P. Sorokin, I. Froumin. Generic and Specific Skills as Components of Human Capital: New Challenges for Education Theory and Practice // Foresight-Russia. 2019. № 2.
15. S. Zemtsov, V. Barinova, R. Semenova. The Risks of Digitalization and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia // Foresight-Russia. 2019. № 2. P. 84–96.

16. С. П. Земцов, С. А. Адамайлис, В. А. Барина, В. М. Кидяева и др. Высокотехнологичный бизнес в регионах России (национальный доклад)/Под общ. ред. С. П. Земцова. Вып. 2. М.: РАНХиГС, АИПП, 2019.
17. R. Kapeliushnikov. The phantom of technological unemployment//Russian Journal of Economics. 2019. № 1. P. 88-116.
18. Ю. Вакао, М. Осборн. Прогноз Исследовательского института Номура, 2015. <http://robotrends.ru/pub/1549/k-2035-godu-roboty-smogut-vypolnit-do-50-vseh-robot-v-yporoni>.
19. РобоТренды: к 2036 г. в Объединенном Королевстве роботы займут до 11 млн рабочих мест. <http://robotrends.ru/pub/1604/k-2036-godu-v-obedinennom-korolevstve-roboty-zaymut-do-11-mln-rabochih-mest>.
20. М. А. Положихина. Цифровая экономика как социально-экономический феномен//Экономические и социальные проблемы России. 2018. № 1. С. 8-38.
21. И. А. Морозова, А. Ф. Московцев, А. И. Сметанина. Инфраструктурное обеспечение предпринимательства в условиях цифровой экономики России//Креативная экономика. 2019. № 4. С. 671-684.
22. The IMD World Digital Competitiveness Ranking, IMD World competitiveness center, 2019. <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-competitiveness-ranking-2019>.
23. J. H. Chang, P. Huynh. ASEAN in transformation: The future of jobs at risk of automation. Geneva: ILO, 2016.
24. В. Бутенко, К. Полунин, И. Котов, Е. Сычева и др. Россия 2025: от кадров к талантам. The Boston consulting group, 2017.
25. Р. И. Капелюшников. Технологический прогресс-пожиратель рабочих мест?//Вопросы экономики. 2017. № 11. С. 111-140.
26. The Future of Jobs Report 2018. WEF, 2018. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf.
27. Специализированная образовательная онлайн-платформа AllEducationSchools. <https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education>.
28. T. Berger, C. B. Frey. Did the Computer Revolution shift the fortunes of US cities? Technology shocks and the geography of new jobs//Regional Science and Urban Economics, 2016, V. 57. P. 38-45.
29. T. Berger, C. B. Frey. Industrial renewal in the 21st century: evidence from US cities//Regional Studies (Received 20 Nov 2014, Published online: 23 Nov 2015), 2017, V. 51, № 3. P. 404-413.
30. D. B. Audretsch, M. C. Keilbach, E. E. Lehmann. Entrepreneurship and economic growth. Oxford University Press, 2006.
31. Министерство образования и науки РФ (ВПО-1 и СПО-1). <https://www.minobrnauki.gov.ru/ru/activity/act/dmaip/stat/svedu>.
32. ГИВГЦ Минобрнауки России. <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=vpo>.
33. STEM Degree-List. <http://stemdegreelist.com>.
34. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» (ред. от 30.08.2019). <https://base.garant.ru/70480868>.
35. ЕМИСС. <https://fedstat.ru>.
36. Science, Technology, Engineering and Mathematics in the National Interest: A Strategic Approach. Australian Government, Canberra, Office of the Chief Scientist, 2013. <https://www.chiefscientist.gov.au/sites/default/files/STEMstrategy290713FINALweb.pdf>.
37. Юбилейный доклад декана экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова А. А. Аузана «Цифровая экономика: фактор человеческого капитала», 19 сентября 2019 г. https://www.econ.msu.ru/about/comments/Article.20191003151556_6111.
38. Заочная школа новых технологических компетенций, начало обучения, 2019. https://edu.gov.ru/press/1833/zaochnaya-shkola-novyh-tehnologicheskikh-kompetency-nachinaet-obuchenie/?fbclid=IwAR13RhJGujs9_hu5TmEBb86UUBSiIH-IvF_wDjylFDVQ1g44HiGzCgZLBSw.
39. STEM-strategy «Charting a course for success: America's strategy for STEM education». Office of Science and Technology Policy & Policy Committee on STEM Education, 2018. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.
40. Доклад Национальной комиссии США по преподаванию математики и естественных наук в 21-м веке «Пока еще не слишком поздно», 2000. https://www.mccme.ru/edu/index.php?ikey=glenn_ne_pozdno#foot1.
41. STEAM-образование для всех//Журнал об инновациях в России «Стимул». 11.02.2019. <https://stimul.online/articles/sreda/steam-obrazovanie-dlya-vsekh-#.XK1tPvRMUeg.facebook>.
42. Результаты международного исследования PISA 2015. http://www.osoko.edu.ru/common/upload/osoko/pisa/PISA_2015_results_short-report.pdf. Основные результаты на официальном сайте исследования: <http://www.oecd.org/pisa>.
43. ФИОКО. <https://fioco.ru/pisa-2015>.
44. Председатель Правительства Российской Федерации Д. А. Медведев, международный форум Открытые инновации-2019 «Цифровая нация. Трансфер к интеллектуальной экономике». <https://iz.ru/934962/pavel-panov/zashchita-lichnosti-medvedev-nazval-osnovnyye-vyzovy-tcifrovoi-epokhi?fbclid=IwAR1VexoKLWZDTdxJPVFXjq9uM2phhIo91AjKYrwBxSZ9zNn4T4y8WYzNYCw>.
45. SWECOM (Software Engineering Competency Model). <https://www.computer.org/volunteering/boards-and-committees/professional-educational-activities/software-engineering-competency-model#targetText=The%20software%20engineering%20competency%20model,for%20each%20skill%20are%20specified>.
46. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890275_Raspredelenie_specialnostej_IT/data/5db910f0a6fdcc2128ebbf20/Raspredelenie-specialnostej-IT.docx.
47. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890089_Raspredelenie_specialnostej_Robototekhnika/data/5db911e6a6fdcc2128ebc680/Raspredelenie-specialnostej-Robototekhnika.docx.
48. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890091_Raspredelenie_specialnostej_Art/data/5db91256a6fdcc2128ebcf7f/Raspredelenie-specialnostej-Art.docx.

References

1. Decree of the Russian President of December 1, 2016, no. 642, «On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
2. Decree of the Russian President of May 7, 2018, no. 204, «On national goals and strategic tasks of the development of the Russian Federation for the period until 2024». <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425>.
3. Decree of the Russian President of May 9, 2017, no. 203, «On the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017-2030». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>.
4. National project «Digital economy of the Russian Federation» approved by the decision of the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation on strategic development and national projects of December 24, 2018. <http://static.government.ru/media/files/3b1AsVA1v3VziZip5VzAY8RTcLEbdCct.pdf>.
5. Program «Digital economy of the Russian Federation», approved by the order of the government of the Russian Federation of July 28, 2017, no. 1632-p. <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.
6. Order of the government of the Russian Federation of September 30, 2018, no. 2101-r, On approval of the comprehensive plan of modernization and expansion of the main infrastructure for the period up to 2024. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71975292>.
7. Decree of the Russian President of October 10, 2019, no. 490, On the development of artificial intelligence in the Russian Federation. <http://kremlin.ru/acts/bank/44731>.
8. V. Barinova, S. Zemstov, R. Semenova. Public support of high technologies and innovation in Russia//Innovatsii [Innovation], 2019, no. 3. P. 2-13.

9. M. Ford. Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future. New York: Basic Books, 2015.
10. S. P. Zemtsov. Robots and potential technological unemployment in the Russian regions Review and preliminary results//Voprosy ekonomiki [Journal of Economic Issues], 2017, no. 7. P. 142-157.
11. S. P. Zemtsov. Digital economy, risks of automation and structural changes in employment in Russia//Sotsial'no-trudovye issledovaniya [Social and labor research], 2019, no. 3. P. 6-17.
12. S. P. Zemtsov. Will robots be able to replace people? Assessment of automation risks in the Russian regions//Innovatsii [Innovation], 2018, no. 4. P. 2-8.
13. V. A. Barinova, S. P. Zemtsov, Yu. V. Tsareva. Entrepreneurship and institutions: Does the relationship exist at the regional level in Russia?//Voprosy ekonomiki [Journal of Economic Issues], 2018, no. 6. P. 92-116.
14. Y. Kuzminov, P. Sorokin, I. Froumin. Generic and Specific Skills as Components of Human Capital: New Challenges for Education Theory and Practice//Foresight-Russia. 2019. №. 2.
15. S. Zemtsov, V. Barinova, R. Semenova. The Risks of Digitalization and the Adaptation of Regional Labor Markets in Russia//Foresight-Russia. 2019. №. 2. P. 84-96.
16. S. P. Zemtsov, S. A. Adamaytis, V. A. Barinova, V. M. Kidyayeva et al. National report «High-tech business in the Russian regions»/Under the general editorship of S. P. Zemtsov. Moskva: RANKhiGS, AIRR [Moscow: RANEPa, Association of innovative regions of Russia], 2019.
17. R. Kapeliushnikov. The phantom of technological unemployment//Russian Journal of Economics. 2019. №. 1. P. 88-116.
18. Yu. Vakao, M. Osborn. Nomura Research Institute forecast, 2015. <http://robotrends.ru/pub/1549/k-2035-godu-roboty-smogut-vypolnit-do-50-vseh-rabot-v-yaponii>.
19. Robotrendy: by 2036 in the United Kingdom, robots will take up to 11 million jobs. <http://robotrends.ru/pub/1604/k-2036-godu-v-obedinennom-korolevstve-roboty-zaymut-do-11-mln-rabochih-mest>.
20. M. A. Polozhikhina. Digital economy as a socio-economic phenomenon//Ekonomicheskie i sotsial'nye problemy Rossii [Economic and Social Problems of Russia], 2018, no. 1. P. 8-38.
21. I. A. Morozova, A. F. Moskovtsev, A. I. Smetanina. Entrepreneurship infrastructure in the digital economy of Russia//Kreativnaya ekonomika [Creative Economy], 2019, no. 4. P. 671-684.
22. The IMD World Digital Competitiveness Ranking, IMD World competitiveness center, 2019. <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-competitiveness-ranking-2019>.
23. J. H. Chang, P. Huynh. ASEAN in transformation: The future of jobs at risk of automation. Geneva: ILO, 2016.
24. V. Butenko, K. Polunin, I. Kotov, E. Sycheva et al. Russia 2025: resetting the talent balance. The Boston consulting group, 2017.
25. R. I. Kapelyushnikov. Is technological change a devourer of jobs?//Voprosy ekonomiki [Journal of Economic Issues], 2017, no. 11. P. 111-140.
26. The Future of Jobs Report 2018. WEF, 2018. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf.
27. Specialized online educational platform AllEducationSchools. <https://www.alleducationschools.com/resources/steam-education>.
28. T. Berger, C. B. Frey. Did the Computer Revolution shift the fortunes of US cities? Technology shocks and the geography of new jobs//Regional Science and Urban Economics, 2016, V. 57. P. 38-45.
29. T. Berger, C. B. Frey. Industrial renewal in the 21st century: evidence from US cities//Regional Studies (Received 20 Nov 2014, Published online: 23 Nov 2015), 2017, V. 51, №. 3. P. 404-413.
30. D. B. Audretsch, M. C. Keilbach, E. E. Lehmann. Entrepreneurship and economic growth. Oxford University Press, 2006.
31. Ministry of education and science of the Russian Federation. <https://www.minobrnauki.gov.ru/ru/activity/act/dmaip/stat/svedu>.
32. The main information and computing center of the Federal Agency for education of the Russian Federation. <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=vpo>.
33. STEM Degree-List. <http://stemdegreelist.com>.
34. Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation no. 1061 of September 12, 2013 «On approval of lists of specialties and directions of higher education» (ed. of 30.08.2019). <https://base.garant.ru/70480868>.
35. Unified interdepartmental information and statistical system. <https://fedstat.ru>.
36. Science, Technology, Engineering and Mathematics in the National Interest: A Strategic Approach. Australian Government, Canberra, Office of the Chief Scientist, 2013. <https://www.chiefscientist.gov.au/sites/default/files/STEMstrategy290713FINALweb.pdf>.
37. A. A. Auzan. [Anniversary report of the Dean of the Economics faculty of Moscow state University «Digital economy: human capital factor»] Yubileynyy doklad dekana ekonomicheskogo fakul'teta MGU im. M. V. Lomonosova «Tsifrovaya ekonomika: faktor chelovecheskogo kapitala» of September 19, 2019. https://www.econ.msu.ru/about/comments/Article.20191003151556_6111.
38. Correspondence school of new technological competences, beginning of training. 2019. https://edu.gov.ru/press/1833/zaohnaya-shkola-novyh-tehnologicheskikh-kompetency-nachinaetobuchenie/?fbclid=IwAR13RhJGujs9_hu5TmEBb86UUBSiIHvF_wDjylFDVQ1g44HiGzCgZLBSw.
39. STEM-strategy «Charting a course for success: America's strategy for STEM education». Office of Science and Technology Policy & Policy Committee on STEM Education, 2018. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.
40. A Report to the Nation from the National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century «Before It's Too Late», USA, 2000. https://www.mccme.ru/edu/index.php?ikey=glenn_ne_pozdno#foot1.
41. STEAM-education for everybody//Journal about innovations in Russia «Stimul» of February 11, 2019. <https://stimul.online/articles/sreda/stem-obrazovanie-dlya-vsekh-/#.XK1tPvRMUeg.facebook>.
42. Results of the PISA international research, 2015. http://www.osoko.edu.ru/common/upload/osoko/pisa/PISA_2015_results_short_report.pdf. The main results on the official website: <http://www.oecd.org/pisa>.
43. Federal Institute for education quality assessment, 2015. <https://fioco.ru/pisa-2015>.
44. D. A. Medvedev. [Open innovations forum «Digital nation. Leap forward to intelligent economy», Russia, Moscow, Skolkovo innovation center] Mezhdunarodnyy forum Otkrytye innovatsii-2019 «Tsifrovaya natsiya. Transfer k intellektual'noy ekonomike», 2019. <https://iz.ru/934962/pavel-panov/zashchita-lichnosti-medvedev-nazval-osnovnye-vyzovytcfirovoiepokhi?fbclid=IwAR1VexoKLWZDTdxJPVFXjq9uM2pPhIo91AjKYrwBxSZ9zNn4T4y8WYNYCw>.
45. SWECOM (Software Engineering Competency Model). <https://www.computer.org/volunteering/boards-and-committees/professional-educational-activities/software-engineering-competency-model#targetText=The%20software%20engineering%20competency%20model,for%20each%20skill%20are%20specified>.
46. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890275_Raspredelenie_specialnostej_IT/data/5db910f0a6fdcc2128ebbf20/Raspredelenie-specialnostej-IT.docx.
47. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890089_Raspredelenie_specialnostej_Robototekhnika/data/5db911e6a6fdcc2128ebc680/Raspredelenie-specialnostej-Robototekhnika.docx.
48. https://www.researchgate.net/profile/Roza_Semenova/publication/336890091_Raspredelenie_specialnostej_Art/data/5db91256a6fdcc2128ebc7ff/Raspredelenie-specialnostej-Art.docx.