

ОТРАСЛЕВАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

Р. И. Семенова¹

РАНХиГС (Москва, Россия)

С. П. Земцов²

РАНХиГС (Москва, Россия)

А. В. Петряева³

GeekBrains (Москва, Россия)

УДК: 332.133

РАЗВИТИЕ STEAM-ОБРАЗОВАНИЯ КАК СПОСОБ АДАПТАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ К ВНЕШНИМ ШОКАМ⁴

Сфера STEAM (естественные науки, технологии, инженерия, искусства и математика) — одна из наиболее быстрорастущих сфер образования и науки, а соответствующие специалисты заняты в высокотехнологичных отраслях и креативных индустриях, определяющих будущее мировой экономики. В статье впервые представлен подробный анализ развития данной сферы на основе авторской методики как в целом по России, так и в разрезе регионов. В России более полумиллиона человек ежегодно принимается на STEAM-направления подготовки по программам высшего образования. Вразрез общероссийским тенденциям сокращения численности студентов набор на эти программы устойчиво рос. По последним данным около 36% выпускников вузов в России имеют специальность в рамках STEAM; для сравнения в Южной Корее, Сингапуре и Германии эта доля выше 45%. Наибольшая доля специалистов готовится в основных университетских центрах: Томской области, Санкт-Петербурге и Москве. При этом число STEAM-выпускников за последние годы снизилось в 41 российском регионе, а в 2022 г. риски для сферы STEAM в России заметно выросли: наблюдается миграционный отток наиболее квалифицированных кадров, сокращается внутренний спрос на них. За полгода (с февраля по август 2022 г.) общее число вакансий на российском рынке труда снизилось на 9%, при этом STEM — на 23% (IT — на 32,5%). Это может сказаться на долгосрочном научно-технологическом развитии страны: наши эконометрические расчеты показывают значимость STEAM для создания старта-

¹ Семенова Роза Игоревна — научный сотрудник, Центр экономической географии и регионалистики, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; e-mail: semenova-gi@ganepa.ru, ORCID: 0000-0002-6839-8647.

² Земцов Степан Петрович — к.геогр.н., директор, Центр экономической географии и регионалистики, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ; e-mail: zemtsov@ganepa.ru, ORCID: 0000-0003-1283-0362.

³ Петряева Анастасия Вячеславовна — менеджер образовательных проектов, GeekBrains; e-mail: a.petryaeva@geekbrains.ru, ORCID: 0000-0003-0534-8367.

⁴ Статья выполнена в рамках государственного задания РАНХиГС.

пов, повышения публикационной и изобретательской активности. В статье предложены некоторые меры по развитию STEAM как инструмента долгосрочного развития и способа адаптации страны к внешним шокам.

Ключевые слова: STEM, высшее образование, творческие профессии, рынок труда, регионы России, инновации, информационные технологии, технологический суверенитет.

Цитировать статью: Семенова, Р. И., Земцов, С. П., & Петряева, А. В. (2023). Развитие STEAM-образования как способ адаптации экономики России к внешним шокам. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 58(3), 108–136. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-58-3-6>.

R. I. Semenova

RANEPА (Moscow, Russia)

S. P. Zemtsov

RANEPА (Moscow, Russia)

A. V. Petryaeva

GeekBrains (Moscow, Russia)

JEL: I25 J23 O38

STEAM-EDUCATION AS A MEANS TO ADAPT RUSSIAN ECONOMY TO EXTERNAL SHOCKS¹

The field of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) is one of the most promising in education, and these professionals are employed in high-tech and creative industries that determine the future of global economy. The paper presents a detailed analysis of this sphere based on original approaches, both in the Russian Federation at large and in its regions. In Russia more than half a million people are annually admitted to STEAM training courses for higher education programs. Contrary to the all-Russian trend of reducing the number of students, enrollment for these programs has been steadily growing. According to the latest data, about 36% of university graduates in Russia have a specialty within STEAM. For comparison, this share in South Korea, Singapore, and Germany is above 45%. The largest share of specialists is trained in Tomsk region, St. Petersburg, and Moscow. At the same time, the number of STEAM graduates decreased in 41 Russian regions. In 2022, the risks for STEAM industry in Russia increased markedly: there is a migration outflow of most qualified personnel, with declining domestic demand for them. Over six months from February to August 2022, the total number of vacancies in the Russian labor market decreased by 9%, while STEM — by 23% (IT — by 32.5%). This may affect the long-term scientific and technological development of the country: our calculations show the importance of STEAM for creating start-ups, increasing publication and innovative activity. The article concludes with some measures for developing STEAM as a tool for long-term development and a way to adapt the country to external shocks.

¹ The article is executed within the framework of the RANEPА state task.

Keywords: STEM, higher education, creative professions, labor market, Russian regions, innovations, information technologies, technological sovereignty.

To cite this document: Semenova, R. I., Zemtsov, S. P., & Petryaeva, A. V. (2023). STEAM-education development as a way to adapt the Russian economy to external shocks. *Lomonosov Economics Journal*, 58(3), 108–136. <https://doi.org/10.55959/MSU0130-0105-6-58-3-6>.

Введение

Технологические, геополитические, природные и иные изменения в мире приводят к необходимости искать способы адаптации стран и регионов. Одним из направлений адаптации рынков труда к условиям нового технологического уклада является привлечение человеческого капитала в перспективные сферы деятельности, которые в наименьшей степени подвержены рискам цифровой экономики (Земцов и др., 2019) и востребованы в новой экономике¹. В международной практике эту сферу часто обозначают понятием *STEM* — *наука, технологии, инжиниринг и математика*. В последние годы в мире это одно из наиболее быстрорастущих направлений в образовательной подготовке и на рынках труда (Deming, Noray, 2018). Соответствующие специалисты заняты в высокотехнологичных отраслях и креативных индустриях, определяющих будущее мировой экономики (Hanushek et al., 2008; Croak, 2018). Отдельные страны разрабатывают целые программы по поддержке обучения STEM и STEAM²-специальностей (Canberra, 2014), эти направления становятся основой научно-технологического развития, например в США и Китае (USA, 2018; MacIsaac (ed.), 2019; Zhong et al., 2022).

В России ситуация существенно различается для разных регионов в зависимости от их образовательного потенциала и уровня научно-технологического развития (Семенова и др., 2019). При этом в целом страна остается технологически зависимой в критически важных областях цифровой экономики от зарубежных компаний и импорта: в производстве микроэлектроники, компьютеров, в разработке программного обеспечения, в инжиниринге и т.д. (Сычева, 2022).

Уход отдельных иностранных компаний с российского рынка (Dell, IBM, Xerox и др.)³ и сжатие импортозависимых высокотехнологичных производств с момента введения антироссийских санкций в 2022 г. затронули российский рынок труда, хотя значимого эффекта на показатели безра-

¹ Массовая цифровизация и роботизация могут снижать спрос на работников отдельных массовых профессий, основанных на выполнении рутинного труда, повышают востребованность специалистов творческих профессий, разработчиков роботов (инженеры, математики). См., например: (Зоргнер, 2017).

² Литера «А» используется для обозначения сферы «искусства»

³ Совкомблог. URL: <https://sovcombank.ru/blog/umnii-potrebitel/polnii-spisok-kompanii-ushedshih-iz-rossii-na-segodnya--obnovlyaemii-spisok-2022>

ботицы пока не оказали (Ляшок, 2022). Часть высококвалифицированных специалистов покинули страну, но и спрос со стороны работающих в России компаний сократился на наиболее перспективные профессии из-за сокращения инвестиционной активности и сбоя логистики. Иными словами, растут риски потери Россией технологического суверенитета, а возможности адаптации к внешним шокам (санкционному давлению, мировому кризису) снижаются.

Цель нашей статьи — оценить экономический потенциал сферы STEAM в образовании и возникшие для ее развития риски на рынке труда в регионах России. Структура статьи выглядит следующим образом: сначала описываются методика и дизайн нашего исследования с учетом опыта предшествующих работ, после обсуждаются основные тенденции в России и в мире, затем оценивается влияние STEAM на научно-технологическое развитие регионов России, а в заключении предлагаются возможные политические решения для нивелирования негативных тенденций и адаптации экономики России к текущим условиям и потенциальным шокам.

Что такое STEAM? Обзор работ и методика исследования

В настоящее время STEM (STEAM) считается сильной комбинацией академических дисциплин и методов обучения для образования общества и инновационного развития экономики, внедренной институтами и организациями всего мира (Soo, 2019; Deirdre, 2016), а также является принятым национальным стратегическим приоритетом во многих странах. STEAM, от англ. Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics — термин, используемый для общего обозначения академических дисциплин: естественные науки, технологии, инженерия, искусства и математика. Под Art следует понимать не эстетическое искусство в узком смысле, а широкий спектр гуманитарных направлений¹. Кроме того, термин STEM обозначает стратегические виды профессиональной занятости, которые включают естественно-научные, компьютерные и математические, архитектурные и инженерные виды занятости, а также профессии менеджеров и преподавателей системы профессионального образования, связанные с этими функциональными областями, и профессии в области продаж, требующие научных или технических знаний на уровне выше среднего полного образования (OEWS, 2020; АИРР-Рейтинг, 2021).

На *первом этапе исследования* была разработана и апробирована на региональном уровне в России методика выделения STEAM-направлений подготовки из общего массива специальностей в сфере высшего образования.

¹ Подробнее о развитии данной концепции см. в: (Семенова и др., 2019).

За основу определения нужных квалификаций был взят STEM Degree List, утвержденный Министерством внутренней безопасности США в 2010 г.¹ Коды CIP (Classification of Instructional Programs) были переведены в коды специальностей по приказу Минобрнауки России от 12.09.2013 № 1061² с учетом специфики двух разных классификаторов. Всего в рамках программ подготовки бакалавриата, специалитета и магистратуры были отобраны 202 квалификации, образующие основной STEAM-лист, к ним добавлены ученые, защитившие диссертации по всем областям наук (аспиранты и докторанты), а с 2019 г. — и выпускники ординатуры и ассистентуры-стажировки. В табл. 1 приведен пример сопоставления.

Таблица 1

Пример сопоставления российского перечня направлений подготовки высшего образования с американскими кодами CIP, образующими перечень STEM-направлений

Код	Направление подготовки бакалавриата	CIP-code (STEM Degree List)
01.03.01	Математика	27.0101) Mathematics, General
01.03.02	Прикладная математика и информатика	27.0301) Applied Mathematics, General
01.03.03	Механика и математическое моделирование	27.0199) Mathematics, Other
01.03.04	Прикладная математика	27.0301) Applied Mathematics, General
01.03.05	Статистика	27.0501) Statistics, General
02.03.01	Математика и компьютерные науки	30.0801) Mathematics and Computer Science
02.03.02	Фундаментальная информатика и информационные технологии	
02.03.03	Математическое обеспечение и администрирование информационных систем	11.0802) Data Modeling/Warehousing and Database Administration
03.03.01	Прикладная математика и физика	27.0301) Applied Mathematics, General.
03.03.02	Физика	40.0101) Physical Sciences.

¹ STEM Designated Degree Program List, The U. S. Department of Homeland Security, 2010. Информация размещена на сайте Иммиграционного департамента США. URL: <https://www.ice.gov/sites/default/files/documents/stem-list.pdf>

² Приказ Минобрнауки России от 12.09.2013 № 1061 «Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования» (ред. от 23.03.2018).

Код	Направление подготовки бакалавриата	CIP-code (STEM Degree List)
03.03.03	Радиофизика	40.9999) Physical Sciences, Other.
04.03.01	Химия	41.0301) Chemical Technology/ Technician
04.03.02	Химия, физика и механика материалов	41.0301) Chemical Technology/ Technician
09.03.01	Информатика и вычислительная техника	11.0103) Information Technology
09.03.02	Информационные системы и технологии	11.0103) Information Technology
09.03.03	Прикладная информатика	11.0104) Informatics
09.03.04	Программная инженерия	11.0201) Computer Programming
10.03.01	Информационная безопасность	11.1003) Computer and Information System Security/Information Assurance

Источник: составлено авторами.

Подробную методику с кодами цифровых, гуманитарных и робототехнических специальностей можно найти в справочниках по регионам АИРР (АИРР-мониторинг, 2021).

На *втором этапе исследований* для определения тенденций и рисков для сферы STEAM на региональных рынках труда была разработана и апробирована методика анализа вакансий. Для нас было важно понять, что происходит с востребованностью ключевых специалистов STEM-профилей в новых условиях санкционного давления (вакансии в сфере искусств не были включены из-за специфичности рынка и сложности формирования четких дефиниций).

Список STEM-профессий для мониторинга вакансий был образован на основе соотнесения перечня из 98 профессий, используемых для определения наиболее стратегически значимых видов деятельности STEM в рамках Программы профессиональной занятости и статистики заработной платы Бюро статистики труда США (OEWS, 2020), с ОКПДТР 2021¹ (табл. 2).

¹ Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов, Приказ Росстандарта от 19.06.2012 № 112-ст.

**Перечень профессий в области STEM,
взятых за основу мониторинга вакансий в РФ**

Номер	Код	Название	Категория
1	11-3021	Computer and Information Systems Managers	D. Managerial occupations/ Управленческие виды занятости
2	11-9041	Architectural and Engineering Managers	
3	11-9121	Natural Sciences Managers	
4	15-1211	Computer Systems Analysts	V. Technologist and technician occupations/ Технические (технологические) виды занятости
5	15-1212	Information Security Analysts	
6	15-1221	Computer and Information Research Scientists	A. Research, development, design, or practitioner occupations/ Исследования и ОКР
7	15-1231	Computer Network Support Specialists	V. Technologist and technician occupations/ Технические (технологические) виды занятости
8	15-1232	Computer User Support Specialists	
9	15-1241	Computer Network Architects	C. Postsecondary teaching occupations/ Преподаватели системы профобразования по STEM-дисциплинам
10	15-1244	Network and Computer Systems Administrators	
11	15-1245	Database Administrators and Architects	
12	15-1251	Computer Programmers	
13	15-1256	Software Developers and Software Quality Assurance Analysts and Testers	
...
98	41-9031	Sales Engineers	E. Sales occupations/ Продажи

Источник: составлено авторами на основе списка STEM-профессий (OEWS, 2020).

При помощи агрегатора вакансий компании «Интегрум»¹ была собрана информация по числу открытых в регионах России вакансий в це-

¹ Агрегатор собирает данные с сотни сайтов вакансий и платформ, а также ищет новые вакансии в социальных сетях (технология оценки качества вакансий на базе искусственного интеллекта позволяет исключить дублирования). URL: <http://www.integrumworld.com/rus/services.html>

лом по следующим укрупненным категориям: «Инженер», «Энергетик», «Аналитик», «Исследователь (ученый)», «Архитектор», «Проектировщик», «Программист (разработчик)», «Тестировщик», «Системный администратор», «Администратор баз данных», «Дата-саентист», «Математик», «Статист», «Эпидемиолог», «Доктор», «Эколог», «Биолог», «Преподаватель математики», «Преподаватель информатики». Для фокусного обследования наиболее востребованных кадров из числа открытых STEM-вакансий были дополнительно выделены профессии в сфере ИТ: «Администратор компьютерных/информационных систем»; «Системный аналитик»; «Аналитик в области информационной безопасности»; «Исследователь компьютерных систем»; «Специалист по поддержке компьютерных сетей/техподдержке»; «Специалист поддержки пользователей»; «Архитектор компьютерных сетей»; «Администратор компьютерных сетей»; «Архитектор баз данных»; «Администратор баз данных»; «Инженер баз данных»; «Программист»; «Разработчик ПО»; «Тестировщик ПО»; «QA Engineer»; «QA-инженер»; «Веб-разработчик»; «UX/UI-дизайнер»; «Инженер электронных устройств»; «Hardware Engineer»; «Специалист по нейросетям»; «Аналитик больших данных».

На *последнем этапе* эконометрически оценивалась роль STEAM в научно-технологическом развитии регионов России. Это также дало возможность оценить потенциальные риски от снижения масштабов подготовки данных специалистов (и косвенно — от потери кадров из-за эмиграции) для долгосрочного социально-экономического развития страны.

Для эконометрической оценки влияния человеческого капитала на научно-технологическое развитие регионов исследователи часто используют различного рода агрегированные данные об уровне образования населения, например долю занятых с высшим образованием, долю высокообразованных горожан в численности занятых, среднее число лет обучения и т.д. (Zemtsov et al., 2016; Kuzminov et al., 2019). Использование же в подобных работах различных индикаторов STEAM-подготовки встречается существенно реже. Недавнее исследование факторов развития технологического предпринимательства в регионах России (Zemtsov et al., 2021) показывает, что интенсивность создания стартапов минимально снизилась в период пандемии в регионах с крупными агломерациями и высоким уровнем образования. При этом общий уровень стартап-активности выше в тех регионах, где выше доля выпускников STEAM-направлений подготовки при прочих равных условиях. По мнению авторов, это может служить обоснованием необходимости трансформации системы образования в новых экономических условиях.

Основная проверяемая нами гипотеза: доля выпускников в системе профессиональной подготовки кадров по профилю STEAM наряду с числом открытых STEM-вакансий являются значимыми факторами создания новых технологий в регионах России, а соответственно повышают

потенциал достижения технологического суверенитета страны в целом. Речь идет о вкладе в рост таких индикаторов, как публикационная и патентная активность. Эти индикаторы с определенными оговорками¹ отражают уровень научно-технологического развития регионов, а соответственно – и возможности долгосрочного социально-экономического развития России (Rodríguez-Pose, Crescenzi, 2008; Delmar et al., 2011; Akhmetshin et al., 2018; Kaneva, Untura, 2019; Пина et al., 2022). Высокий уровень научно-технологического развития позволяет лучше адаптироваться странам и регионам к различного рода внешним шокам, в том числе санкционным ограничениям на импорт высокотехнологичной продукции и технологий.

В качестве первой зависимой переменной выступает число статей, опубликованных в отечественных и зарубежных журналах, индексируемых в Web of Science и РИНЦ, в расчете на 10 000 человек экономически активного населения (ЭАН) (*Innov1*). Эта переменная служит для оценки потенциала развития фундаментальной науки в регионе. В качестве второй переменной, отражающей возможности прикладной науки и изобретательские способности местных сообществ, используется число потенциально коммерциализируемых патентов в расчете на 1 млн человек ЭАН (*Innov2*) (Zemtsov et al., 2016).

Взятая за основу модель с фиксированными региональными эффектами (FE) включает базовые факторы научно-технологического развития: имеющийся человеческий капитал и затраты на финансирование НИОКР (Crescenzi, Jaax, 2017; Zemtsov et al., 2016):

$$\ln(\text{Innov}_{i,t}) = \alpha + \beta_1 \ln(\text{HumCap}_{i,t}) + \beta_2 \ln(\text{RnD}_{i,t}) + \beta_3 \ln(\text{STEAM}_{i,t}) + X_{i,t} + u_{i,t},$$

где i — регион России в период t ;

HumCap — индикаторы человеческого капитала;

RnD — индикаторы финансирования НИОКР;

STEAM — индикаторы сферы STEAM;

X — дополнительный набор контрольных переменных, которые берутся в расчет для выявления межрегиональных различий.

Для проверки нашей основной гипотезы были собраны следующие данные (табл. 3).

¹ Не все научные публикации и патенты будут реализованы в готовых продуктах и услугах, тем не менее публикационная/изобретательская активность повсеместно используется как прокси для оценки научно-технологического развития стран и регионов.

Перечень основных факторов, использованных при оценивании модели

Группа факторов (гипотеза о направлении влияния)	Название объясняющей переменной	Источник	Период
Человеческий капитал (+)	Доля занятых горожан с высшим образованием, %	Росстат, расчеты	2017–2020
	Среднее число лет обучения занятых	Росстат, расчеты	2017–2020
	Доля персонала, занятого в сфере НИОКР, в общей численности занятых, %	Росстат	2017–2020
	Число студентов в расчете на 1000 чел. населения	Росстат	2017–2020
Финансирование науки (+)	Доля внутренних затрат на НИОКР в ВРП, %	Росстат	2017–2019
STEM (STEAM) фактор (+)	Доля выпускников со STEAM- специализацией, %	Минобрнауки, расчеты	2017–2020
	Доля выпускников с IT- специализацией, %	Минобрнауки, расчеты	2017–2020
	Доля STEAM-специальностей в общем наборе абитуриентов на программы ВПО, %	Минобрнауки, расчеты	2017–2020
	Число открытых STEM- вакансий в расчете на 10 000 чел. экономически активного населения	Интегрум, расчеты	2020
Структурные особенности экономики (+)	Доля высоко-, среднетехнологических и наукоемких отраслей в ВРП, %	Росстат	2017–2019
	Доля персонала, занятого в высокотехнологичном секторе, %	Росстат, расчеты	2017–2020
Предпринимательская активность (+)	Число высокотехнологичных стартапов в расчете на 10 тыс. чел. ЭАН	СПАРК	2017–2020

Источник: составлено авторами.

Результаты исследования

1. Развитие STEAM-образования в России и в мире. В настоящее время STEAM является национальным стратегическим приоритетом во мно-

гих странах: США, Великобритания, Китай, Южная Корея, Австралия, Сингапур, Израиль, Индия, Тайвань, Канада и др. (Семенова и др., 2019). Разрабатываются специальные программы подготовки кадров, методики обучения, предполагающие конвергенцию и взаимодополнение технических, естественно-научных и творческих специальностей. Есть и отдельные программы, и квоты по привлечению соответствующих специалистов из других стран. Большая работа проводится по обучению специалистов STEAM предпринимательским навыкам для стимулирования технологического и креативного предпринимательства.

По данным за 2019 г. доля выпуска STEAM в программах высшего профессионального образования в России составляла 36%; для сравнения: в Южной Корее — 45%, Сингапуре — 43%, Великобритании — 41%, США — 38%¹. По последним данным из того же источника в Южной Корее 46% выпускников вузов имеют специальность в рамках STEAM (+1 п.п. за последний год), в Сингапуре — 45% (+1 п.п.), в Германии — 45% (–1 п.п.), в Беларуси — 41% (–1 п.п.), в Узбекистане — 41% (–4 п.п.), в США — 39% (0 п.п.), в ОАЭ — 39% (+2 п.п.), в Индии — 39% (–1 п.п.), в Австрии — 38% (–1 п.п.), в Великобритании — 37% (–4 п.п.). Обновленных сопоставимых данных по России нет, однако мы смогли достроить временной ряд, и получить значение выпуска STEAM-специалистов на уровне 37,7% в 2020 г. (рис. 1).

По нашим собственным оценкам, в России доля STEAM-выпускников в рамках программ ВПО в 2019 г. была равна 38,5%, в 2020 г. — 40,7%, а в 2021 г. составила 41,6%. Можно с уверенностью констатировать, что доля выпускников STEAM в выпуске по программам ВПО в России заметно выросла, как по данным ЮНЕСКО (с 31,4 до 35,8% в 2013–2019 гг.), так и по нашим оценкам (с 34,2 до 41,6% в 2017–2021 гг.). В 2017–2021 гг. имел место рост доли выпуска в рамках ВПО специалистов по таким отдельным приоритетным направлениям, как робототехника (с 3,1 до 3,3%), искусства (с 2,1 до 2,8%), ИКТ-профессии (с 6 до 6,9%). Динамика доли выпуска специалистов по STEAM-направлениям подготовки кадров представлена на рис. 1.

На фоне снижения численности молодежи абитуриентного возраста в возрасте 15–19 лет, связанного с падением рождаемости в 1990-е гг., относительный показатель числа студентов рос до 2008 г. (рис. 1). С 2013 г. началось активное перераспределение спроса с программ ВПО на программы подготовки специалистов среднего звена и за 2013–2021 гг. численность студентов по отношению к численности населения снизилась на 30%. Вразрез общим тенденциям набор на программы подготовки наиболее перспективных кадров в области STEAM устойчиво рос.

¹ Институт статистики ЮНЕСКО. http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=NATMON_DS

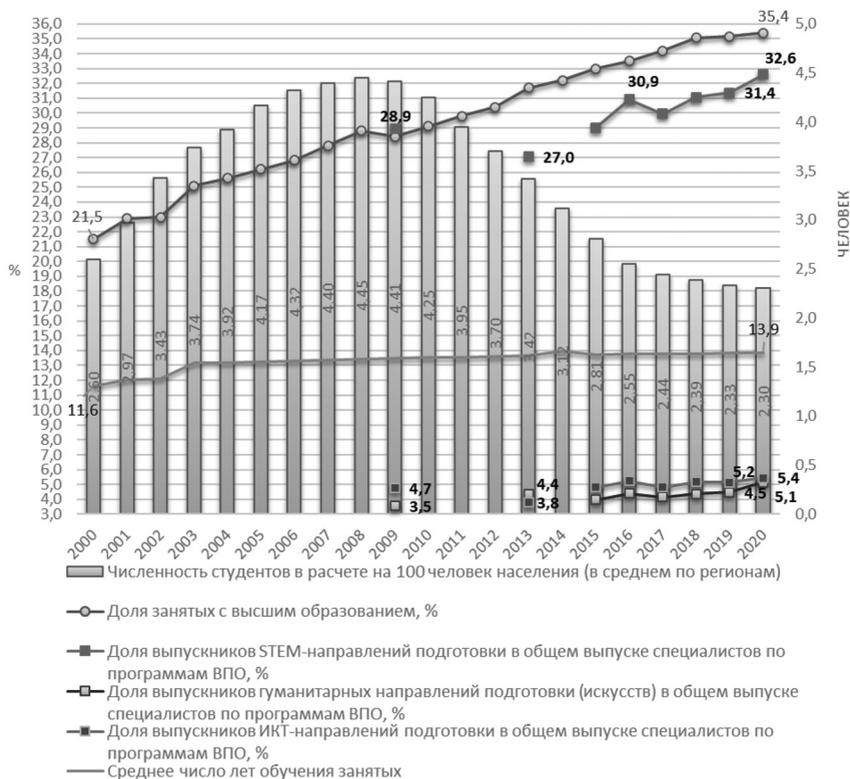


Рис. 1. Основные тенденции развития в секторе ВПО и на рынке труда в РФ (2000–2020 гг.)

Источник: разработан авторами на основе данных Росстата, Минобрнауки России и Института статистики ЮНЕСКО (в части STEM-, ИКТ- и гуманитарных направлений подготовки).

В 2015–2021 гг. общий выпуск по программам ВПО сократился почти на полмиллиона человек (на 37,5%). В сфере STEAM-образования выпуск рос вплоть до начала пандемии COVID-19, и только в 2019–2021 гг. снизился на 3,5% (хотя доля STEAM в выпуске выросла на 3,1%). Однако в 2022 г. рост STEAM-выпускников ожидается не только в относительном, но и в абсолютном выражении — на 63 тыс. до 401 тыс. STEAM-специалистов и на 19,5 тыс. до 75,6 тыс. специалистов в области ИКТ, что в условиях санкций и «утечки мозгов» является хорошим результатом.

На основе разработанной нами методики за 2017–2021 гг. была рассчитана доля STEAM-специалистов в общем выпуске по программам ВПО и СПО, а также по программам подготовки кадров высшей квалификации. В 2017 г. она составляла 20,0%, а в 2021 г. — 23,3% (+ 3,3 п.п.).

В табл. 4 приведены и другие критерии востребованности STEAM, с позиции фокуса образовательной политики набора на программы и заинтересованности самих абитуриентов.

Таблица 4

**Динамика развития STEAM-образования в Российской Федерации
в 2017–2021 гг.**

	2017	2018	2019	2020	2021
А. Показатели набора на программы профподготовки кадров					
Общее число принятых на программы ВПО, чел.	1 141 988	1 147 932	1 129 381	1 093 345	1 100 765
Общее число принятых на программы СПО, чел.	963 834	990 114	1 042 137	1 113 363	1 077 837
Из них:					
на STEAM-специальности ВПО, чел.	499 977	519 718	527 709	522 995	533 383
на ИТ-специальности ВПО («ИТ»), чел.	91 387	99 144	105 475	112 355	116 652
на гуманитарные направления ВПО («Arts»), чел.	32 135	32 438	31 793	34 168	34 888
на робототехнику ВПО (Robotics), чел.	42 138	43 875	40 004	37 586	36 793
Доля STEAM-специальностей в общем наборе абитуриентов по ВПО и СПО, %	23,74	24,31	24,30	23,70	24,48
Доля STEAM-специальностей в общем наборе абитуриентов на программы ВПО, %	43,78	45,27	46,73	47,83	48,46
Доля ИТ-специальностей в общем наборе на программы ВПО, %	8,00	8,64	9,34	10,28	10,60
Доля гуманитарных специальностей («Arts») в общем наборе на программы ВПО, %	2,81	2,83	2,82	3,13	3,17
Доля робототехнических специальностей («Robotics») в общем наборе на ВПО, %	3,69	3,82	3,54	3,44	3,34
Заинтересованность в ИТ-направлениях подготовки, % (доля в заявках на ВПО)	10,45	11,38	12,68	13,87	18,02
Заинтересованность в арт-направлениях подготовки, % (доля в заявках на ВПО)	2,52	2,45	2,49	2,78	2,54

	2017	2018	2019	2020	2021
Заинтересованность в робототехнических направлениях, % (доля в заявках на ВПО)	3,95	4,00	4,10	3,86	4,44
Б. Показатели выпуска по программам профподготовки кадров					
Общий выпуск специалистов (ВПО и СПО), а также аспирантов, докторантов и пр., чел.	1 673 166	1 635 583	1 635 321	1 570 688	1 573 641
Общий выпуск по программам ВПО (бакалавриат, специалитет, магистратура), чел.	969 489	933 153	908 645	849 410	813 321
Общий выпуск по STEAM-специальностям (включая ученых с защитой степени), чел.	334 385	346 013	371 350	370 003	367 159
Доля STEAM-специалистов в общем выпуске (СПО, ВПО, аспирантура, докторантура и пр.), %	19,99	21,16	22,71	23,56	23,33

Источник: расчеты авторов на основе данных Минобрнауки и Минпросвещения России.

Ежегодный набор абитуриентов на цифровые, гуманитарные и робототехнические специальности (включая технологии автоматизации и управления) в России за последние пять лет заметно вырос: если в 2017 г. он был 14,5% от общей подготовки кадров по программам ВПО, то в 2021 г. — 17,1%. Вклад в повышение общей доли по трем приоритетным направлениям обеспечен целевым наращиванием цифровых компетенций. Согласно федеральному проекту национальной программы цифровой трансформации России «Кадры для цифровой экономики» запланировано повышение квалификации преподавателей ВУЗов (Анисимова и др., 2019), а также увеличение в 2 раза в 2020–2024 гг. приема на программы подготовки по профилю «информационные технологии». За 2017–2021 гг. набор на ИКТ-направления подготовки увеличился почти на 25,3 тыс. человек (с 8,0 до 10,6%), при этом интерес к IT-специальностям особенно сильно вырос во время пандемии коронавируса, составив в 2021 г. 18,0% от общего числа заявок на программы ВПО (табл. 4).

Следует отметить важность влияния глобального кризиса COVID-19 с точки зрения динамики качественных процессов в сфере образования (Osman, Michele, 2021; Кудрин и др., 2022). Удаленный режим учебы и работы позволяет глубже погружаться в использование компьютерных технологий и их функций на практике и является значимым фактором ин-

форматизации общества в условиях перехода экономики к индустрии 4.0. В России данная тенденция прослеживалась не только в столичных агломерациях, но и в регионах, где даже сложные для взрослого поколения дисциплины, такие как программирование, стали усваиваться гораздо проще и быстрее, чем раньше¹.

2. Региональная структура STEAM-подготовки кадров и динамика ее развития. На карте (рис. 2) представлена география развития STEAM-образования в России с позиции выпуска специалистов.

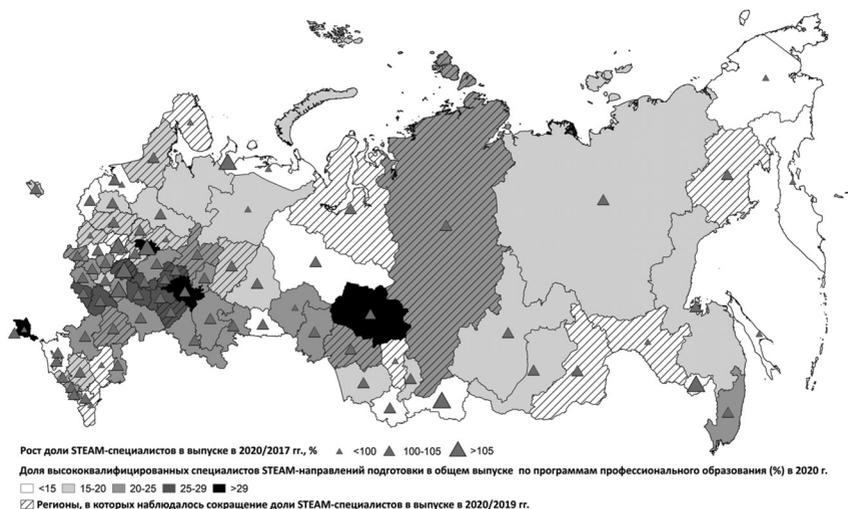


Рис. 2. Доля и прирост доли STEAM в общем выпуске по программам профессионального образования в регионах России, %
(за периоды: 2017–2020 гг. и кризисный период 2019–2020 гг.)

Источник: расчеты авторов на основе данных Минобрнауки и Минпросвещения России.

Региональное распределение и динамика показателей профподготовки по наиболее востребованным в новой экономике компетенциям в субъектах РФ значительно дифференцированы. Лидером по показателю доли выпускников STEAM-направлений подготовки в общем выпуске специалистов (как и доли выпускников вузов по ИКТ-направлениям) является Томская область (рис. 4). Кроме того, наибольшие значения характерны для крупнейших агломераций (г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан) и других агломерационных центров (Воронежская и Самарская

¹ GeekBrains. «Прийти в IT может каждый»: CEO GeekBrains — о том, чего ждать от онлайн-образования. Москва. Интервью от 12.08.2021. URL: <https://rb.ru/interview/ceo-geekbrains-onlajn/>

области). Указанные регионы лидируют по числу вузов в топ-100 ведущих университетских рейтингов страны. Небольшие центральные регионы Рязанская, Ивановская и Белгородская области, так же как и регионы Приволжья – Пензенская и Ульяновская области, Республика Мордовия, Чувашская Республика — показывают сравнительные преимущества в структуре подготовки квалифицированных специалистов (доля выпуска по STEAM в общем выпуске по программам профобразования >25%).

В регионах нового освоения Ханты-Мансийском АО, Магаданской и Мурманской областях низкие значения доли STEAM обусловлены отсутствием сильных и продолжительное время существующих вузов. В развитом аграрном центре с высокой долей сельского населения, Краснодарском крае, доля выпуска STEAM-специалистов также в 2 раза ниже среднероссийского уровня. А в Московской, Ленинградской и Калужской областях эта доля низка из-за близости крупнейших агломераций (Москвы и Санкт-Петербурга), где и сосредоточены основные вузы.

К отстающим регионам (<10% STEAM в общем выпуске) относятся периферийные регионы (Камчатский край, Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область, Ненецкий автономный округ) и полупериферийные регионы с высокой долей сельского населения и низкой способностью привлечения кадров (отдельные республики Северного Кавказа и Юга Сибири). В этих регионах в рамках системы образования отсутствуют профессиональные кадры для подготовки STEAM-специалистов (Республика Тыва, Республика Ингушетия, Республика Алтай). Кроме того, часть регионов, где ВУЗы созданы уже в позднем и постсоветский период, не обладает полным набором возможностей для подготовки кадров (особенно естественно-научных) — преимущественно это регионы нового освоения: Сахалинская область и Ямало-Ненецкий автономный округ.

За период 2017–2021 гг. на фоне общероссийских тенденций сокращения приема, выпуска и собственно численности студентов по программам высшего образования заметно снизилось и число STEAM-выпускников в 41 российском регионе. При этом структура системы образования с точки зрения вклада STEAM в выпуск профессиональных кадров в большинстве из них не ухудшилась. Только в 14 регионах образовательные комплексы стали менее ориентированными на новую экономику.

Отдельные регионы показали наиболее ярко выраженные позитивные тенденции (Рязанская, Пензенская, Ульяновская, Тамбовская, Астраханская и Липецкая области, Республики Мордовия и Чувашия).

Среди регионов с заметным сокращением доли STEAM-образования за последние пять лет — г. Севастополь (–8 п.п.), Московская область (–2 п.п.), Республика Марий Эл (–2 п.п.), Тюменская область (–1 п.п.), Омская область (–1 п.п.). В этих регионах необходим пересмотр кадровой подготовки в пользу профиля STEAM.

Ряд регионов, где доля STEAM-выпускников и так была ниже средне-российской, стали еще менее ориентированными на новую экономику. Это регионы с высокой долей добывающих и иных низкотехнологичных отраслей: Костромская область, Республика Коми, Мурманская область, Камчатский край, Республика Ингушетия, Чукотский автономный округ, Сахалинская область, Ямало-Ненецкий автономный округ и Ленинградская область. В них система высшего профессионального образования в целом и подготовки кадров в области STEAM, в частности, вряд ли смогут стать существенными механизмами адаптации рынков труда к новым рискам.

Важно отметить, что в период 2019–2021 гг. в 25 регионах тенденции роста доли STEAM-кадров в выпуске сменились на противоположные, затронув научно-технологические центры: Воронежская, Самарская, Нижегородская, Новосибирская и Челябинская области, Республика Башкортостан, Приморский и Пермский края; центры сложной обрабатывающей промышленности: Ставропольский край, Саратовская, Тверская, Ярославская и Владимирская области, Алтайский край, а также регионы с низкой базой: Республики Саха (Якутия), Адыгея, Карелия, Дагестан, Бурятия, Карачаево-Черкесская и ряд других.

Для России характерна сильная пространственная неоднородность в подготовке наиболее востребованных специалистов: 30% выпускников STEAM приходится на Москву, Санкт-Петербург и Республику Татарстан. Еще большая дифференциация характерна в отношении выпуска специалистов в сфере ИКТ: 37,5% — за счет трех регионов (рис. 3).

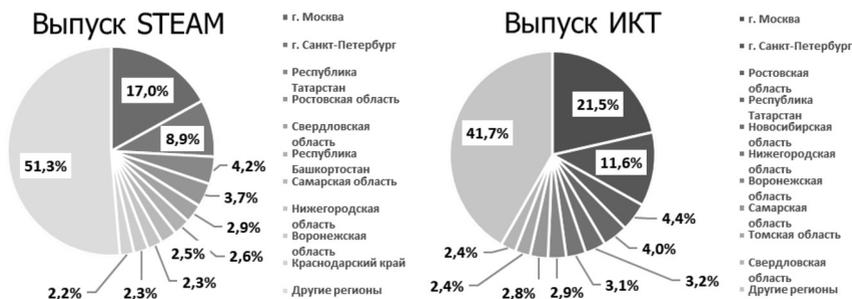


Рис. 3. Доля выпуска STEAM- и ИКТ-специалистов в регионах в 2021 г. (в % от РФ)
 Источник: расчеты авторов
 на основе данных Минобрнауки и Минпросвещения России.

Структура образования с точки зрения выпуска IT-специалистов также значительно различается по регионам России. Максимальная доля IT-выпускников вузов в 2021 г. характерна для Томской, Рязанской, Новосибирской и Нижегородской областей, г. Севастополя и г. Санкт-Петербурга (рис. 4).



Рис. 4. Доли STEAM- и ИКТ-специалистов в общем выпуске в субъектах РФ в 2021 г. (%)
 Источник: расчеты авторов на основе данных Минобрнауки и Минпросвещения России.

3. Современные риски технологического развития регионов России. На конец 2021 г. число открытых STEM-вакансий на российском рынке труда составляло 182,1 тыс. рабочих мест, или 19% от общего числа вакансий. В регионах доля варьировалась от 5,7% в Ненецком автономном округе до 29,4% в Москве. При этом в столицах сконцентрировано – 42% от общего числа.

Максимальная доля STEM-вакансий, как и их число в расчете на рабочую силу, были наибольшими в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирской и Томской областях (рис. 5).

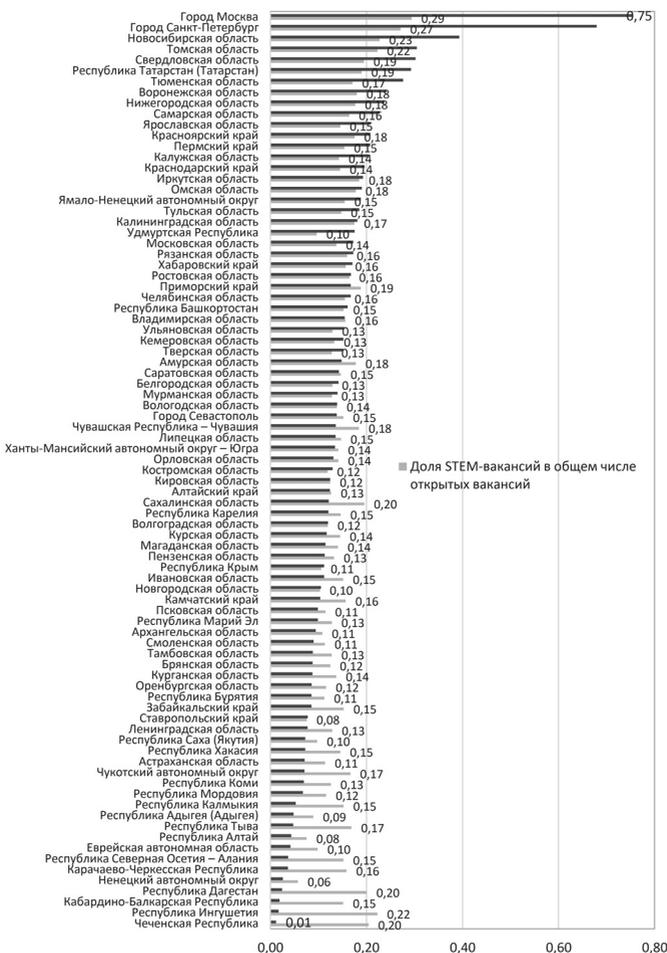


Рис. 5. Распределение регионов России по числу открытых STEM-вакансий в расчете на 1 млн чел. экономически активного населения (в среднем за октябрь, ноябрь, декабрь 2021 г.)

Источник: расчеты авторов на основе данных Росстата и агрегатора вакансий «Интегрум».

В феврале 2022 г. с начала введения экономических санкций против России наметилась тенденция к заметному снижению числа STEM-вакансий — падение за месяц было выше, чем в среднем по отраслям, и составило 4,3%. В марте 2022 г. произошло падение спроса на STEM-кадры на 23,0% (44,3 тыс.), а число IT-вакансий снизилось на 25,0% (25,5 тыс.).

Снижение востребованности высококвалифицированного труда было зафиксировано во всех федеральных округах (рис. 6), выше среднероссийского уровня — в Сибирском, Южном, Северо-Западном и Северо-Кавказском федеральных округах. В значительной степени спрос на STEM-кадры упал в столицах, где около 30% вакансий относится к сектору наукоемких услуг и хайтек с максимальным присутствием зарубежного бизнеса.

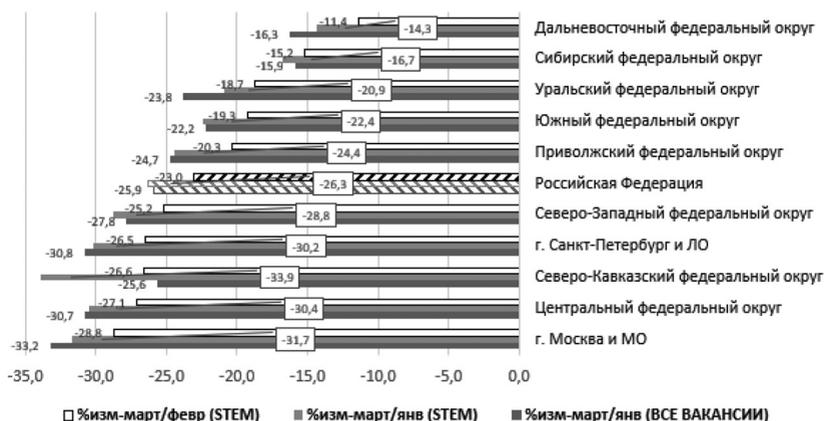


Рис. 6. Снижение числа вакансий на рынке труда и в области STEM в марте 2022 г. (%)

Источник: расчеты авторов

на основе данных агрегатора вакансий компании «Интегрум».

Значительное снижение числа открытых STEM-вакансий (>29%) в марте с начала года было зафиксировано в следующих субъектах РФ: Калининградская, Липецкая, Нижегородская, Тульская, Воронежская, Смоленская и Вологодская области, Ставропольский край,.

Технологически развитые регионы оказались наиболее подверженными кризису, что выразилось в сворачивании проектов крупных и средних компаний в ситуации неопределенности, остановки работы или ухода ряда зарубежных и российских компаний, передислокации ИТ-компаний и специалистов. В Северо-Кавказских регионах снижение спроса на STEM-специалистов в марте по сравнению с январем составило 33,9%. Риски ведения бизнеса в этих регионах традиционно высоки, а влияние кризисов на ИТ оказывается более значительным. Впрочем, вклад регионов Северо-Кавказского федерального округа в обеспечение общероссийского спроса на квалифицированные кадры низок (1%), доля STEM

в общем числе открытых вакансий составляет 13,1%, при этом большая часть приходится на ИТ.

В наименьшей степени снизился спрос на STEM-специалистов в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах (рис. 6), где расположены быстрорастущие высокотехнологичные центры (Новосибирская и Томская области, Приморский край), а также много регионов с низкотехнологичной специализацией, где ниже отток кадров. Наиболее устойчивыми оказались промышленные центры с недиверсифицированной экономикой (Республика Саха, Кемеровская область, Красноярский край, Алтайский край).

В апреле—мае 2022 г. общая ситуация на рынке труда со стороны спроса начала восстанавливаться, но количество STEM-вакансий продолжало снижаться, особенно в сфере ИТ.

В середине 2022 г. в качестве наиболее заметной тенденции по стране обозначилось снижение доли наиболее квалифицированных STEM-вакансий в общем числе открытых вакансий. Если в январе эта доля в среднем по России составляла 19,7%, то с апреля на фоне более быстрого восстановления спроса на рынке труда в целом, несмотря даже на начавшийся в июне рост числа вакансий в области STEM, их доля заметно снизилась и к концу лета составляла уже 16,3%.

В августе 2022 г. в 29 регионах России прирост числа наиболее востребованных для новой экономики вакансий оказался выше среднероссийского (3,6%), однако 31 субъект РФ все еще не оправился от текущего кризиса, и динамика набора STEM-работников по-прежнему отрицательная. Что касается столичных регионов, в них так и осталось сосредоточено 40% от общего числа STEM-предложений в России притом, что в структуре их спроса на труд за полгода произошли перемены: с 30 до 26% и с 28 до 23% снизилась доля STEM в общем числе вакансий (для Москвы и Санкт-Петербурга соответственно).

За полгода на фоне относительно более динамичного восстановления общей ситуации на рынке труда спрос на STEM-специалистов так и не изменился в лучшую сторону и остался на уровне марта. По сравнению с февралем в августе число вакансий в целом оказалось ниже на 9,0%, а в области STEM — на 22,9%. При этом падение спроса в ИТ зафиксировано на уровне 32,5%.

Наибольший интерес в долгосрочной перспективе представляет анализ возможностей восполнения дефицита ИТ-специалистов на рынке труда. Несмотря на то, что на конец августа 2022 г. было открыто всего 68,8 тыс. ИТ-вакансий, наметился их прирост, и в ближайшей перспективе ускоренного импортозамещения и разработки российского ПО, а также стратегического регулирования данной критически важной сферы крупными игроками при поддержке государства число вакансий будет снова активно расти. Однако как быть с предложением труда в условиях массовой релокации ИТ-компаний и утечки кадров за рубеж?

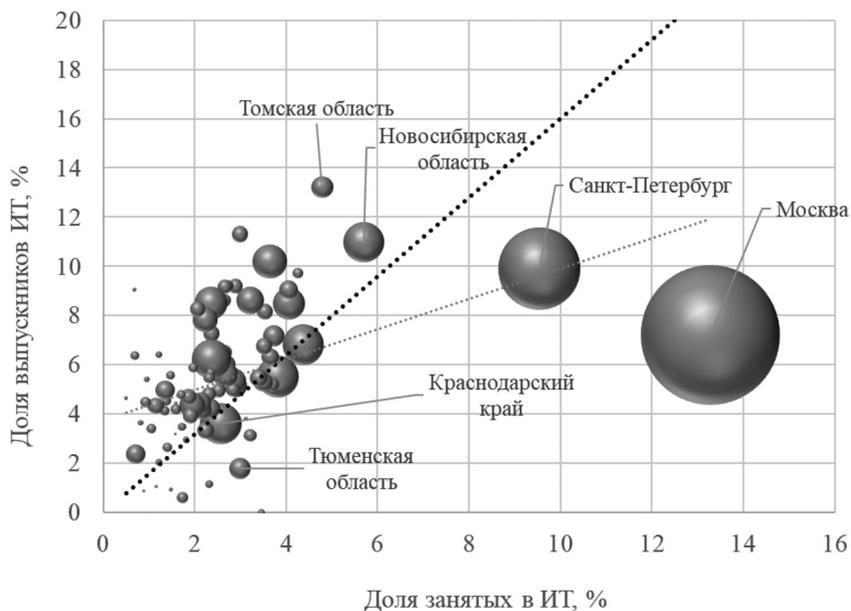


Рис. 7. Доли занятых и выпуска специалистов в сфере ИКТ в регионах России в 2020 г. (%) (размер шара — число ИТ-вакансий в регионе)

Источник: расчеты авторов на основе данных Минобрнауки России, Росстата и агрегатора вакансий компании «Интегрум».

Возможно, в отдельных регионах необходим пересмотр образовательной политики подготовки ИТ-специалистов. Мегаполисы и промышленные центры, как правило, являются наиболее крупными центрами занятости и подготовки ИТ-специалистов. Большинство вакансий (рис. 7, размер шара) открыто в Москве (37% от общего числа по РФ), Санкт-Петербурге (13,1%), Свердловской области (3,3%), Краснодарском крае (3,2%) и Республике Татарстан (3,2%). Но в ряде регионов (Пермский край, Челябинская и Тюменская области, Краснодарский край и др.), несмотря на высокую востребованность предприятиями данных специалистов, относительно низкая доля подготовки (в противовес Томской и Новосибирской областям).

4. Оценка влияния STEM (STEAM) на развитие новых технологий в России. Поскольку каждый фактор выражен не одной переменной, потребовалась тщательная проверка на мультиколлинеарность с помощью матрицы попарных корреляций. Итоговые результаты оценки представлены в табл. 5, показаны только значимые переменные. Для проверки качества регрессий были применены F-, LM-тесты и тест Хаусмана.

Факторы научно-технологического развития регионов России в 2017–2020 гг.

Группа факторов	Зависимая переменная	Число статей, опубликованных в журналах WOS и РИНЦ, в расчете на 10000 чел. ЭАН	Число потенциально коммерциализируемых патентов в расчете на 1 млн чел. ЭАН
Человеческий капитал	Название фактора	Коэффициент (стандартное отклонение)	
	Доля занятых горожан с высшим образованием, %		0,6550*** (0,19)
STEM (STEAM) фактор	Среднее число лет обучения занятых	0,8461*** (0,07)	
	Доля выпускников со STEAM-специализацией, %		0,4946* (0,29)
	Доля выпускников с IT-специализацией, %		0,5167** (0,20)
	Доля STEAM-специалистов в общем наборе абитуриентов на программы ВПО, %	0,2596* (0,15)	
Предпринимательская активность	Число открытых STEM-вакансий в расчете на 10 000 чел. ЭАН		0,4281*** (0,16)
	Число высокотехнологичных стартапов в расчете на 10 тыс. чел. ЭАН	0,1398*** (0,04)	0,2849** (0,14)
Научно-технологический потенциал	Доля внутренних затрат на НИОКР в ВРП, %		0,2176** (0,18)

*p-value<0,1; **p-value<0,05; ***p-value<0,01, все переменные логарифмированы, в модель включено 83 региона, робастные стандартные ошибки

Источник: составлено авторами на основе эконометрических расчетов.

В общем случае наша гипотеза подтвердилась: роль STEAM-образования и востребованности специалистов в области естественных наук, технологий, инженерии и математики на рынке труда (наряду с другими базовыми факторами человеческого капитала) значима и положительна для научно-технологического развития регионов в России. В регионах, где доля STEAM-специальностей в общем наборе абитуриентов на программы ВПО выше на 1%, число статей, опубликованных в журналах WOS и РИНЦ, в расчете на 10 000 человек ЭАН, выше на 0,26%. Именно профессии в сфере естественных наук и математики — это область научной специализации России в мире (Shashnov, Kotsemir, 2018), поэтому неудивительно, что большой процент и рост числа абитуриентов, а впоследствии и исследователей в этих сферах, дают наибольший рост общему числу научных публикаций.

В регионах, где доля выпускников со STEAM-специализацией, выше на 1%, число потенциально коммерциализируемых патентов в расчете на 1 млн человек ЭАН, выше на 0,49%. Влияние для выпускников IT-профиля даже выше (0,52%). Сфера STEAM — это образовательная основа для большинства современных технологий, выпускники соответствующих специальностей с более высокой вероятностью займутся прикладными научными исследованиями и (или) создадут свою компанию, повысив в конечном счете число патентов в регионе. Важно, что для реализации подобного потенциала важно не только наличие в регионе высококвалифицированных кадров (с высшим образованием), но и высокой стартап-активности, позволяющей преобразовывать научные идеи и полученные знания в новые продукты и услуги (Delmar et al., 2011; Fritsch et al., 2019). Для России подобного рода оценка дается впервые.

В регионах, где выше число STEM-вакансий, выше и изобретательская активность при условии достаточного финансирования сектора НИОКР. При малом финансировании, скорее всего, эти вакансии остаются невостребованными и не ориентированными на новые технологии.

Наши результаты делают вопросы регулирования образовательной политики и рынков труда в приоритетных областях одним из потенциальных механизмов долгосрочной адаптации экономики России к внешним экономическим шокам.

Заключение и рекомендации

Высокие риски потери технологического суверенитета и снижения долгосрочного экономического роста для России обуславливают необходимость поиска новых направлений научно-образовательной политики. Одним из этих направлений, по нашему мнению, является стимулирование STEAM-конвергенции, т.е. внедрение инновационных образовательных программ на стыке инженерии и творческих направлений с использова-

нием современных ИКТ-технологий (например, для робототехники), обеспечение активного взаимодействия участников программ в сферах науки, искусств, математики и кибернетики, построение интегральных команд.

По нашим оценкам, в 2017–2021 гг. набор на программы STEAM вырос на 7% (с 500 тыс. до 533,4 тыс. человек), а выпуск — на 2% (с 332 тыс. до 338,2 тыс. человек). Росла доля выпуска по таким приоритетным направлениям, как робототехника, гуманитарные науки (искусства) и ИКТ. Однако доля STEAM-выпускников в России ниже, чем в развитых странах, и устойчиво снижается в ряде регионов. Региональное распределение и динамика показателей подготовки по наиболее востребованным в новой экономике компетенциям остаются значительно дифференцированными. Это создает определенные трудности для долгосрочной адаптации экономик ряда регионов. На это накладывается слабая привлекательность большинства подобных регионов для подобных высококвалифицированных специалистов (Varinova et al., 2022). Иными словами, например, если ИТ-специалисты не готовятся в должной мере в самом регионе, то привлечь их крайне сложно и слишком затратно, но их и легко потерять, в том числе из-за эмиграции в другие страны.

С точки зрения процессов глобального технологического перехода, востребованность кадров в области STEM, как и устойчивых к кризисам профессий для развития креативных индустрий, в целом будет активно расти. Относительно высокий показатель открытых STEM-вакансий на рынке труда означает присутствие высокотехнологичных компаний в регионе, а соответственно большие возможности к адаптации к внешним шокам. В то же время если доступность рабочих мест для квалифицированных выпускников высока, то отток высококвалифицированных трудовых ресурсов, необходимых для развития экономики региона, снижается. В первой половине 2022 г. в связи с уходом ряда иностранных компаний с российского рынка и сжатием импортозависимых высокотехнологичных производств происходит падение спроса на высококвалифицированный труд. В наибольшей степени спрос на STEM-кадры снизился в технологически развитых регионах с диверсифицированной экономикой и регионах с высокой долей зарубежного бизнеса: Калининградская, Липецкая, Нижегородская, Тульская, Воронежская, Смоленская и Вологодская области, Ставропольский край, Республика Татарстан.

В целом необходимы увеличение набора и общая переориентация системы профессионального образования на профили STEAM-компетенций, а также массовая переподготовка по ИТ-компетенциям. В отдельных регионах требуется пересмотр кадровой подготовки в сфере ИКТ (Пермский край, Челябинская и Тюменская области, Краснодарский край). В целом система образования имеет ресурсы к увеличению подготовки соответствующих специалистов, но есть риски разбалансировки спроса и предложения на рынке труда в зависимости от устойчивости тенденций снижения

спроса в условиях текущего кризиса и массовой релокации IT- и других специалистов за рубеж.

В целях предотвращения дальнейшего оттока за рубеж высококвалифицированных кадров необходимо расширение федерального и региональных пакетов мер поддержки специалистов и компаний ИКТ-отрасли, включая снижение налоговых ставок по УСН, грантовую поддержку российских разработчиков ПО и пр.¹ Помимо селективных мер (снижение налогов, гранты, ипотечные кредиты и т.д.), требуются и системные меры по расширению подготовки STEAM-специалистов (за счет увеличения доли бюджетных мест) и предпринимателей в сфере IT (с помощью внедрения модели предпринимательских университетов), формированию благоприятной социальной и инновационной среды в регионах (комфортная среда для жизни, развитие механизма регуляторных песочниц и пр.).

Кроме того, требуется образовательная поддержка компаний по переобучению персонала с целью переквалификации на другие востребованные направления. Для этого необходима активная проработка механизмов коллаборации предпринимателей с научными и образовательными учреждениями, центрами коллективного доступа к оборудованию оборудованием и другими объектами региональной инновационной инфраструктуры.

И конечно же, необходима региональная поддержка бизнеса и улучшение бизнес-климата в целом, поскольку именно предпринимательская среда в целом способствует адаптации и структурной трансформации экономики. Высокая стартап-активность в целом и создание технологических компаний полного цикла (как спин-офф университетов) позволяет в полной мере использовать имеющиеся научные и образовательные ресурсы для построения новой экономики. Для выпускников STEAM-специальностей создание стартапа служит альтернативой работе в государственном секторе, крупной компании или отъезду за рубеж.

Список литературы

АИРР-мониторинг. (2021). *Мониторинг развития «STEAM/РИТМ» — образования в регионах АИРР*. Ассоциация инновационных регионов России. <https://i-regions.org/reiting/monitoring-razvitiya-steam-ritm-obrazovaniya-v-regionakh-airr/>

АИРР-рейтинг. (2021). *Рейтинг регионов по доступности кадров для инновационной экономики (STEM)*. Ассоциация инновационных регионов России. <https://i-regions.org/reiting/ezhemesyachnyy-reyting-regionov-po-dostupnosti-kadrov-dlya-innovatsionnoy-ekonomiki/>

Анисимова, Т. И., Сабирова, Ф. М., & Шатунова О. В. (2019). Подготовка педагогов для STEAM-образования. *Высшее образование сегодня*, 6, 31–35. <https://doi.org/10.25586/RNU.NET.19.06.P.31>

¹ Сюда же необходимо включить отсрочку от армии и военной мобилизации — с учетом расширения перечня наиболее востребованных для экономики страны специалистов.

Земцов, С. П., Барина, В. А., & Семенова, Р. И. (2019). Риски цифровизации и адаптация региональных рынков труда в России. *Форсайт*, 13(2), 4–96. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.2.84.96>

Зоргнер, А. (2017). Автоматизация рабочих мест: угроза для занятости или источник предпринимательских возможностей? *Форсайт*, 11(3), 37–48. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2017.3.37.48>

Кудрин, А. Л., Мау, В. А., Радыгин, А. Д., & Синельников-Мурылев, С. Г. (ред.). (2022). *Российская экономика в 2021 году. Тенденции и перспективы*. (Вып. 43). М.: Изд-во Ин-та Гайдара.

Ляшок, В. Ю. (2022). Санкции и российский рынок труда: эффект пока неочевиден. *Экономическое развитие России*, 29(8), 50–55.

Семенова, Р. И., Земцов, С. П., & Полякова, П. Н. (2019). STEAM-образование и занятость в информационных технологиях как факторы адаптации к цифровой трансформации экономики в регионах России. *Инновации*, 10(252), 58–70. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.252.10.006>

Сычева, К. Г. (2022). Поддержка цифровизации импортозамещения России в санкционном контексте. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, (3), 142–159. <https://doi.org/10.38050/01300105202238>

Akhmetshin, E. M. et al. (2018). The influence of innovation on social and economic development of the Russian region. *European Research Studies*, 21, 767–776.

Barinova, V., Rochhia, S., & Zemtsov, S. (2022). Attracting highly skilled migrants to the Russian regions. *Regional Science Policy & Practice*, 14(1), 147–173. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12467>

Canberra, ACT (2014). *Office of the Chief Scientist. Science, technology, engineering and mathematics: Australia's future*. Australian Government. ISBN 978-1-925092-41-7

Crescenzi, R., & Jaax, A. (2017). Innovation in Russia: the territorial dimension. *Economic geography*, 93(1), 66–88. <https://doi.org/10.1080/00130095.2016.1208532>

Croak, M. (2018) *The effects of STEM education on economic growth*. UNION COLLEGE. <https://digitalworks.union.edu/theses/1705>

Deirdre, E. (2016). *STEM Play: Integrating Inquiry Into Learning Centers*. Kaplan Company. ISBN-10: 087659402X. ISBN-13: 978-0876594025

Delmar, F., Wennberg, K., & Hellerstedt, K. (2011). Endogenous growth through knowledge spillovers in entrepreneurship: an empirical test. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 5(3), 199–226. <https://doi.org/10.1002/sej.114>

Deming, D. J., & Noray, K. L. (2018). *STEM careers and technological change*. NBER. <https://doi.org/10.3386/w25065>

Fritsch, M., Obschonka, M., & Wyrwich, M. (2019). Historical roots of entrepreneurship-facilitating culture and innovation activity: An analysis for German regions. *Regional Studies*, 53(9), 1296–1307. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1580357>

Hanushek, E. A., Jamison, D. T., Jamison, E. A., & Woessmann, L. (2008). Education and economic growth: It's not just going to school, but learning something while there that matters. *Education next*, 8(2), 62–71. <http://hanushek.stanford.edu/publications/education-and-economic-growth-its-not-just-going-school-learning-matters>

Ilina, I. E. et al. (2022). Patent Activity of the Region as a Driver of Development of the Russian Economy. *Science Governance and Scientometrics Journal*, 17(1), 10–36. <https://doi.org/10.33873/2686-6706.2022.17-1.10-36>

Kaneva, M., & Untura, G. (2019). The impact of R&D and knowledge spillovers on the economic growth of Russian regions. *Growth and Change*, 50(1), 301–334. <https://doi.org/10.1111/grow.12281>

Kuzminov, Y., Sorokin, P., & Froumin, I. (2019). Generic and specific skills as components of human capital: new challenges for education theory and practice. *Foresight and STI Governance*, 13(2), 19–41. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.2.19.41>

MacIsaac, D. (ed.). (2019). US government releases Charting a Course for Success: America's Strategy for STEM Education, report guiding federal agencies that offer STEM funding opportunities. *The Physics Teacher*, 57(2), 126–126. <https://doi.org/10.1119/1.5088484>

OEWS. (2020). *STEM definition, List of occupations*. U. S. Bureau of Labor Statistics.

Osman, T., & Michele, B. (ed.). (2021). *Effects of COVID 19 for Sustainable Education, Systems and Institutions*. Special Issue.

Rodríguez-Pose, A., & Crescenzi, R. (2008). Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe. *Regional studies*, 42(1), 51–67. <https://doi.org/10.1080/00343400701654186>

Shashnov, S., & Kotsemir, M. (2018). Research landscape of the BRICS countries: current trends in research output, thematic structures of publications, and the relative influence of partners. *Scientometrics*, 117(2), 1115–1155. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2883-7>

Soo, B.N. (2019). *Exploring STEM Competences for the 21st Century*. UNESCO. IBE/2019/WP/CD/30REV

USA, ACT. (2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*. The committee on STEM education of the national Science & Technology Council.

Zemtsov, S., Muradov, A., Wade, I., & Barinova, V. (2016). Determinants of regional innovation in Russia: Are People or Capital More Important? *Foresight and STI Governance*, 10(2), 29–42. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.2.29.42>

Zhong, B., Liu, X., Zhan, Z. et al. (2022). What should a Chinese top-level design in STEM Education look like? *Humanit Soc Sci Commun*, 9, 261. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01279-1>

References

AIRR monitoring (2021). *Monitoring the development of STEAM-education in the regions of AIRR*. Association of Innovative Regions of Russia. URL: <https://i-regions.org/reiting/monitoring-razvitiya-steam-ritm-obrazovaniya-v-regionakh-airr/>

AIRR rating (2021). *Rating of regions by the availability of personnel for the innovative economy (STEM)*. Association of Innovative Regions of Russia. <https://i-regions.org/reiting/ezhemesyachnyy-reyting-regionov-po-dostupnosti-kadrov-dlya-innovatsionnoy-ekonomiki/>

Anisimova, T.I., Sabirova, F.M., & Shatunova O.V. (2019). Training of teachers for STEAM-education. *Higher Education Today*, 6, 31–35. <https://doi.org/10.3390/educsci12020087>

Zemtsov, S.P., Barinova, V.A., & Semenova, R.I. (2019). Risks of digitalization and adaptation of regional labor markets in Russia. *Foresight*, 13(2), 4–96. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2019.2.84.96>

Zorgner, A. (2017). Workplace Automation: A Threat to Employment or a Source of Entrepreneurial Opportunity? *Foresight*, 11(3), 37–48. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2017.3.37.48>

Kudrin, A., Radygin, A., & Sinelnikov-Murylev, S. (ed.). (2022). *Russian Economy in 2021. Trends and Outlooks*. (Issue 43). Gaidar Institute Publishers. ISBN 978-5-93255-636-8

Lyashok, V. Yu. (2022). Sanctions and the Russian labor market: the effect is not yet obvious. *Economic Development of Russia*, 29(8), 50–55.

Semenova, R. I., Zemtsov, S. P., & Polyakova, P. N. (2019). STEAM education and employment in information technology as factors of adaptation to the digital transformation of the economy in the regions of Russia. *Innovations*, 10(252), 58–70. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.252.10.006>

Sycheva, K. G. (2022). Support for the digitalization of Russia's import substitution in the context of sanctions. *Moscow University Economics Bulletin*, 6(3), 142–159. <https://doi.org/10.38050/01300105202238>