

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СФЕРЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАДРАМИ С ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

А. О. Аверьянов, И. С. Степуть, В. А. Гуртов

*Петрозаводский государственный университет
Россия, 185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33;
aver@petrsu.ru*

Аннотация. Развитие сферы искусственного интеллекта (ИИ) и внедрение ИИ-технологий в различных отраслях российской экономики является одной из приоритетных задач. Любое развитие связано с ресурсами; в случае с экономикой, основанной на знаниях, таким ресурсом выступают высококвалифицированные кадры. В статье исследуются источники обеспечения кадровой потребности сферы искусственного интеллекта, основными из которых являются выпуск системы высшего образования по профильным образовательным программам в сфере ИИ, самообразование работников с высшим образованием, профессиональная переподготовка. Методологической основой исследования стал балансовый метод, реализованный на опросных и статистических данных. Определено, что потребность сферы искусственного интеллекта в кадрах с высшим образованием за счет выпускников вузов на краткосрочном горизонте планирования обеспечивается на уровне 35 %, что ниже среднего по российской экономике. Суммарный вклад всех рассмотренных источников позволит обеспечить только 70 % потребности сферы ИИ в кадрах с высшим образованием. Качественный анализ обеспечения потребности позволил выделить дефицитные группы образовательных специальностей, а также сформировать перечень вузов-лидеров по подготовке кадров с компетенциями в сфере ИИ. Научная новизна исследования заключается в том, что количественный и качественный анализ источников покрытия кадровой потребности для российской сферы ИИ проведен впервые. Практическая значимость работы отражается в конкретизации объемов подготовки кадров в сфере ИИ, определении обеспеченности кадровой потребности по отдельным группам специальностей/направлений подготовки, а также выявлении центров подготовки таких кадров. Эта информация служит ориентиром при формировании системных управленческих решений о корректировке контрольных цифр приема и разработке образовательных программ и профессиональных стандартов в сфере ИИ. Статья будет полезна руководителям и сотрудникам профильных ведомств, принимающих участие в развитии сферы ИИ, а также представителям научно-образовательного сообщества из этой профессиональной области.

Ключевые слова: обеспечение кадровой потребности, подготовка кадров, высшее образование, профессиональное образование, искусственный интеллект, цифровая экономика

Для цитирования: Аверьянов О. А., Степуть И. С., Гуртов В. А. Обеспечение потребности сферы искусственного интеллекта кадрами с высшим образованием // Университетское управление: практика и анализ. 2022. Т. 26, № 4. С. 22–36. DOI 10.15826/umpa.2022.04.028.

DOI 10.15826/umpa.2022.04.028

STAFFING THE SPHERE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITH HIGHER-EDUCATED PERSONNEL

A. O. Averyanov, I. S. Stepus, V. A. Gurtov

*Petrozavodsk State University
33 Lenin ave., Petrozavodsk, 185910, Russian Federation;
aver@petrsu.ru*

Abstract. The development in the sphere of artificial intelligence and the introduction of its technologies in the sectors of the Russian economy is a priority task. Within knowledge-based economy, the resource to provide this development is highly qualified personnel. Our article examines the sources of supplying the staff demand in the sphere of artificial intelligence.

The main sources are as follows: higher-educated graduates of the corresponding educational programs, self-educated and/or professionally re-trained workers with higher education. The methodological basis of the study is the balance method, applied to poll and statistical data. It is found out that the demand for personnel with higher education in the sphere of artificial intelligence is going to be supplied by university graduates only at the level of 35 % in the nearest future, which is below the average for the Russian economy. The total contribution of all the sources considered will provide only 70 % of the demanded higher-educated staff. A qualitative analysis of meeting the demand made it possible to identify deficient groups of educational specialties, as well as to form a list of leading universities in training personnel with necessary competencies. This study is the first attempt to quantitatively and qualitatively analyze the sources of covering the staff demands in the Russian sphere of artificial intelligence. The work practically specifies the volume of necessary training, determines the provision with staff according to different groups of specialties / areas of training, and identifies training centers for such personnel. When making system management decisions on adjusting admission quotas, when developing educational programs and professional standards in the sphere of artificial intelligence, this article might be of use for directors and employees of relevant departments, as well as for representatives of the corresponding scientific and educational communities. **Keywords:** meeting staff demands, training, higher education, vocational education, artificial intelligence, digital economy. **For citation:** Averyanov A. O., Stepus I. S., Gurtov V. A. Staffing the Sphere of Artificial Intelligence with Higher-Educated Personnel. *University Management: Practice and Analysis*, 2022, vol. 26, nr 4, pp. 22–36. doi 10.15826/umpa.2022.04.028. (In Russ.).

Введение

Одним из приоритетных направлений социально-экономического развития для России является сфера искусственного интеллекта, которая выступает в качестве ключевой технологии для обеспечения устойчивого экономического роста и перехода к новой цифровой экономике. В горизонте текущего десятилетия планируется обеспечить массовое внедрение искусственного интеллекта, которое должно охватить все отрасли экономики, социальной сферы и систему государственного управления¹. Выполнение этих планов требует не только значительных финансовых ресурсов, но и решения вопроса дефицита специалистов в сфере высоких технологий. По данным аналитического отчета «Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта», для преодоления кадрового дефицита необходимо увеличение количества ИИ-специалистов на рынке труда как минимум на 50 % [1]. Речь здесь идет не только об исследователях и разработчиках, создающих высокоинтеллектуальный конечный продукт, но и о компетентных специалистах ключевых отраслей экономики и социальной сферы, которые используют результаты работы ИИ в своей деятельности. Подготовку таких специалистов осуществляют университеты, играющие ведущую роль в обеспечении приоритетных направлений социально-экономического развития высококвалифицированными кадрами [2].

Решение задач кадрового обеспечения любой социально-экономической системы предполагает проведение исследований по двум направлениям.

Первое из них касается разработки прогноза кадровой потребности и позволяет получить ответ на вопрос, сколько ежегодно требуется кадров в дополнение к уже имеющемуся числу работников, чтобы обеспечить планируемые темпы развития [3]. Второе направление связано с определением источников обеспечения этой потребности. Оно является важным с точки зрения планирования развития системы подготовки кадров, принятия управленческих решений о том, сколько специалистов готовить и по каким образовательным программам, необходимы ли дополнительные источники кадрового обеспечения.

Обзор литературы

Вопросы потребности экономики в кадрах и ее обеспечения за счет подготовки специалистов в российских университетах уже неоднократно освещались на страницах научной периодики. Т. Н. Блинова, А. В. Федотов, А. А. Коваленко оценили, насколько подготовка кадров с высшим образованием по группам специальностей соответствует структуре занятости экономики по видам экономической деятельности для России в целом и ее регионов [4]. В статье В. А. Виниченко затронут отраслевой аспект – проведен анализ потребностей транспортной отрасли и дана оценка возможностей системы подготовки кадров для работы на транспорте [5]. С. В. Сигова, И. С. Степущь рассмотрели вопрос потребности в кадрах и возможностей обеспечения этой потребности за счет системы высшего образования в отношении приоритетных геостратегических регионов Арктической зоны России [6].

Ряд исследователей рассматривали вопросы кадрового обеспечения отдельных отраслей или

¹ Конференция по искусственному интеллекту «Artificial Intelligence Journey 2022». URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/69927/> (дата обращения: 22.12.2022).

секторов экономики. В работе О. В. Будзинской, В. Г. Мартынова и В. С. Шейнбаума рассмотрены вопросы кадрового обеспечения топливно-энергетического комплекса [7]. Обеспечение потребности в кадрах российских предприятий оборонно-промышленного комплекса исследовано в работе С. В. Пополитовой, Л. И. Ушмодиной и Ю. А. Карплюк [8].

Решение этих задач применительно к сфере искусственного интеллекта стало новым вызовом для российской науки и практики управления. В настоящее время большинство исследований направлены на более широкую область информационно-коммуникационных технологий или цифровой экономики без выделения сферы искусственного интеллекта. Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий дала оценку численности ИТ-кадров для цифровой экономики в России и сформировала прогноз потребности в высококвалифицированных ИТ-специалистах, которая к 2024 году достигнет значения на уровне 300 тысяч человек в год [9]. В статье Р. А. Амирова и Е. В. Егорова приводится межстрановое сравнение доли ИКТ-специалистов, занятых в экономике, и сделан вывод о необходимости наращивания объемов подготовки специалистов для цифровой экономики России [10]. Аналогичный вывод сделан в исследовании [11], где авторы в качестве одной из причин отставания российского сектора ИКТ от ведущих стран мира называют недостаточное ресурсное обеспечение цифровой экономики, в том числе высококвалифицированными кадровыми ресурсами. И. Н. Трофимова акцентирует внимание на важности дифференцированного подхода к определению потребностей в численности и уровне подготовки цифровых кадров в разрезе отдельных отраслей, регионов и перспектив развития самих цифровых технологий [12]. В работе Д. А. Гайнанова и Ю. А. Климентьевой определены приоритеты кадрового обеспечения цифровой экономики [13].

Авторами работы [14] были сформированы количественные показатели потребности в кадрах с высшим образованием для сферы искусственного интеллекта в России. Значение ежегодной дополнительной кадровой потребности в сфере ИИ на 2023 год составило 39,3 тыс. человек. Авторами также была проведена детализация этих показателей по укрупненным группам специальностей и направлений подготовки.

Проработка источников и объемов кадрового обеспечения сферы искусственного интеллекта в России в настоящее время носит фрагментарный характер. Отдельные вопросы подготовки

для сферы ИИ в университетах России затронуты в ряде аналитических сборников. В альманахе «Искусственный интеллект. Индекс 2021 года»² отмечается, что только 3,7 тысяч выпускников в 2021 г. обладают нужными навыками в области машинного и глубокого обучения. Альянсом компаний в сфере ИИ на основе анализа 600 образовательных программ, реализуемых в 86 российских вузах, сформирована тепловая карта учебных заведений³, выделены группы вузов-лидеров, которые могут решать задачи подготовки квалифицированных кадров в сфере искусственного интеллекта. В экспертно-аналитическом докладе «Искусственный интеллект в промышленности» представлен ТОП-10 университетов России, ведущих подготовку по образовательным программам в сфере ИИ [15].

Анализ зарубежных источников показывает более глубокую информационно-аналитическую базу исследований, посвященных кадровому обеспечению сферы ИИ. В отчете «Academic Offer of Advanced Digital Skills in 2019–20. International Comparison» [16] представлен подробный анализ рынка образовательных услуг для передовых цифровых навыков в области искусственного интеллекта в 27 странах Европейского Союза. Один из разделов авторитетного аналитического сборника «AI Index Report», издаваемого Стэнфордским университетом, посвящен подготовке кадров в области ИИ и содержит сведения о приеме и выпуске студентов, а также о трудоустройстве выпускников [17, 18].

Таким образом, научная проблема состоит в следующем: несмотря на то, что сфера искусственного интеллекта является одной из стратегических векторов социально-экономического развития общества, в публикациях отсутствуют научно обоснованные данные об объемах и источниках обеспечения кадровой потребности российской сферы ИИ.

Целью исследования является определение источников для обеспечения кадровой потребности сферы ИИ и их количественных характеристик. Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

1. Формирование показателей объемов выпуска по основным профессиональным образовательным программам высшего образования (ОПОП ВО) в сфере искусственного интеллекта в российских университетах, реализующих эти программы.

² Альманах «Искусственный интеллект. Индекс 2021 года»: аналитический сборник. Выпуск № 10. URL: https://aireport.ru/ai_index_russia-2021 (дата обращения 19.12.2022).

³ Тепловая карта образовательных программ вузов (2020). URL: <https://a-ai.ru/education/#warm-table> (дата обращения 19.12.2022).

2. Анализ резюме соискателей с высшим образованием по профессиям ИИ и определение объемов специалистов, которые приобрели профессиональные компетенции в сфере ИИ путем «самообразования».

3. Анализ программ дополнительного профессионального образования в сфере цифровой экономики и определение объема выпускников, повысивших квалификацию со специализацией в сфере искусственного интеллекта, по этим программам.

4. Формирование балансовой таблицы «потребность – источники обеспечения потребности» и выявление проблемных зон в кадровом обеспечении сферы ИИ.

При решении поставленных задач объектом исследования является сфера искусственного интеллекта, предметом – источники обеспечения кадровой потребности сферы ИИ.

В рамках исследования проверяется гипотеза о том, что потребность сферы искусственного интеллекта в кадрах с высшим образованием на краткосрочном горизонте планирования обеспечивается на уровне ниже среднероссийского по экономике.

Методология и методы исследования

Методологической основой исследования является балансовый метод, который применяется в экономическом анализе для сопоставления взаимосвязанных показателей с целью увеличения эффективности производства [19]. При проведении исследования использовались экономико-статистические методы, методы статистического анализа, методы опроса целевых групп.

Целевой группой для выявления организаций высшего образования, которые реализуют образовательные программы в сфере ИИ, выступили российские вузы. По результатам опроса был сформирован перечень из 208 российских университетов, в которых, по их самооценке, реализуются или планируются к реализации ОПОП в сфере ИИ в срок до 2024 года. По информации, полученной от этих вузов, были сформированы текущие и плановые показатели приема на обучение по программам в сфере ИИ [20]. Далее в эти 208 университетов был направлен запрос о количестве выпускников, завершивших обучение по программам высшего образования в сфере искусственного интеллекта в 2021 и 2022 годах, и плановые цифры выпуска на 2023 и 2024 годы. Содержательный ответ с количественными показателями был получен от 138 вузов, в число которых вошли:

– 5 университетов из числа победителей конкурса по созданию исследовательских центров, посвященных искусственному интеллекту;

– 15 университетов из числа победителей грантового конкурса Минобрнауки России на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «Искусственный интеллект»;

– 51 вуз-партнер победителей грантового конкурса Минобрнауки России на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «Искусственный интеллект».

Для оценки потенциального объема обеспечения кадровой потребности в сфере ИИ за счет самообразования были проанализированы резюме соискателей работы по ИКТ-профессиям, которые можно было бы отнести к сфере искусственного интеллекта. Под самообразованием понимается дополнительное прохождение курсов и повышение квалификации соискателем при наличии у него высшего образования. В качестве источника информации использовался ведущий российский интернет-портал по поиску работы «HH.ru». Для сбора данных использовался интерфейс HeadHunter API⁴, в котором на основе ключевых слов формировался запрос к поисковой системе портала, затем в автоматизированном формате собирались основные сведения о найденных резюме, после чего производилась очистка и обработка данных. В результате исследования было отобрано 4967 резюме соискателей с высшим образованием по профессиям в сфере искусственного интеллекта.

Для определения объема выпускников по программам дополнительного профессионального образования в сфере цифровой экономики, повысивших квалификацию со специализацией в сфере искусственного интеллекта, использовался ресурс «Университет 2035» – ключевой центр по переподготовке кадров для цифровой экономики. Источниковой базой послужила информация о количестве граждан, прошедших обучение по дополнительным профессиональным образовательным программам, в которых приобретаются компетенции для работы в сфере ИИ.

Результаты исследования

Объемы выпуска по основным профессиональным образовательным программам высшего образования (ОПОП ВО) в сфере искусственного интеллекта

Основным источником обеспечения кадровой потребности экономики традиционно является

⁴ HeadHunter API. URL: <https://dev.hh.ru/> (дата обращения: 20.12.2022).

система профессионального образования, и сфера искусственного интеллекта не является исключением. Для формирования объемов выпусков был проведен двухэтапный опрос вузов, реализующих образовательные программы в сфере ИИ.

На рис. 1 приведены интегральные цифры фактического и планового выпуска по образовательным программам в сфере ИИ по уровням высшего образования.

Динамика подготовки выпускников по программам в сфере ИИ показывает более чем двукратный рост выпуска за четыре года – 8,9 тыс. в 2021 году, 10,1 тыс. в 2022 году, 13,9 тыс. в 2023 году и 20,1 в 2024 году. Цифры на 2023 и 2024 годы являются плановыми и сформированы вузами самостоятельно на основе текущей численности студентов.

В объеме выпуска бакалавров с 2021 по 2024 годы наблюдается рост числа подготовленных специалистов в сфере ИИ: 2021 г. – выпуск 4,7 тыс. человек, 2022 г. – 5,6 тыс. человек, 2023 г. – 7,5 тыс. человек, 2024 г. – 9,3 тыс. человек. Выпуск специалистов в указанный период меняется незначительно: в 2021 г. – 0,27 тыс. человек, в 2022 г. – 0,28 тыс. человек, в 2023 г. – 0,40 тыс. человек и в 2024 г. – 0,41 тыс. человек. Схожая с бакалаврами динамика наблюдается среди магистров: выпуск в 2021 г. – 3,9 тыс. человек, в 2022 г. – 4,2 тыс. человек, в 2023 г. – 6,1 тыс. человек и в 2024 г. – 10,4 тыс.

человек. Резкий рост числа выпускаемых магистров в 2024 году связан с тем, что в рамках конкурса Минобрнауки России на предоставление грантов на разработку ОПОП в сфере ИИ вузами был сделан акцент на разработку магистерских программ.

Анализ показал, что подготовка кадров в сфере ИИ реализуется вузами в рамках 727 образовательных программ из 82 различных направлений подготовки/специальностей по 23 УГСН. Выпуск по этим ОПОП в сфере ИИ в 2023 году составит 13,9 тыс. человек, что соответствует 35,4 % от совокупной кадровой потребности в сфере ИИ на 2023 год. Показатель покрытия потребности в 35,4 % позволяет подтвердить выдвинутую гипотезу о том, что потребность сферы искусственного интеллекта в кадрах с высшим образованием за счет выпускников вузов обеспечивается на уровне ниже среднего по российской экономике, так как общероссийские значения для всей экономики находятся на уровне 50 % [3]. В табл. 1 представлены агрегированные по УГСН показатели объема выпуска по ОПОП в сфере ИИ в 2023 и 2024 годах.

Максимальный выпуск специалистов для сферы ИИ в 2023 году будет приходиться на УГСН «09.00.00 – Информатика и вычислительная техника»: 6,7 тыс. человек, что составляет половину от совокупного выпуска. Среди отдельных НПС по объему выпуска лидирует «09.03.01 – Информатика и вычислительная техника»: выпуск

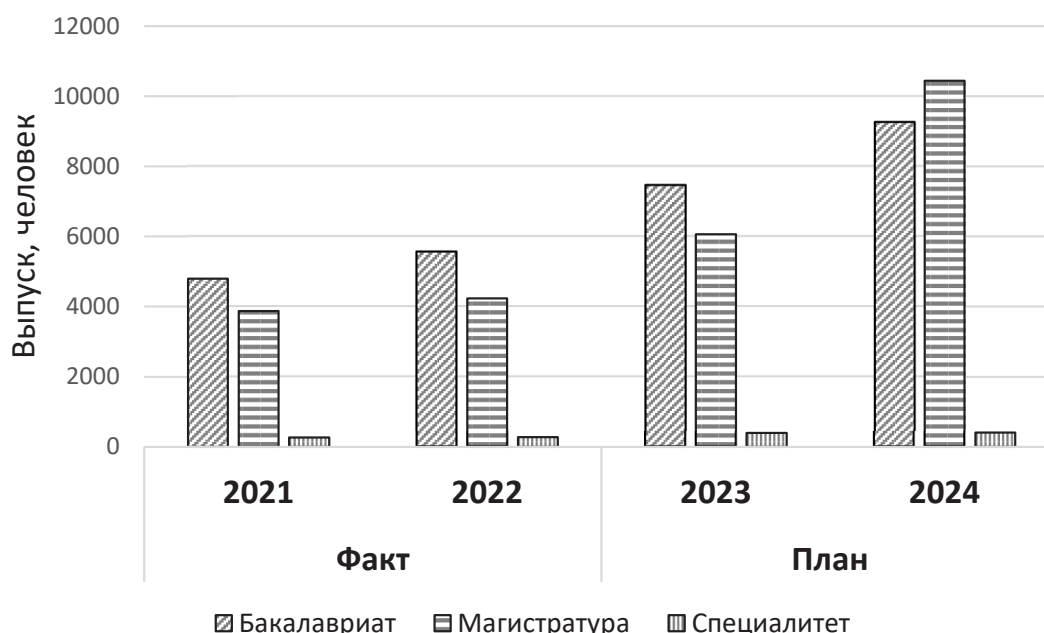


Рис. 1. Выпуск системы высшего образования по программам в сфере ИИ, все формы обучения, 2021–2024 гг.

Fig. 1. Higher education institutions graduation in the sphere of artificial intelligence (by all forms of education, 2021–2024)

Источник: составлено авторами по данным опроса вузов

Таблица 1

Детализация выпуска специалистов в сфере ИИ с ВО в 2023 и 2024 году по УГСН

Table 1

Higher-educated specialists in the sphere of artificial intelligence
as differentiated by specialty groups (2023 and 2024)

УГСН	2023		2024	
	Всего	Бюджет	Всего	Бюджет
01.00.00 – Математика и механика	3172	2295	4152	2993
02.00.00 – Компьютерные и информационные науки	975	875	1315	1178
03.00.00 – Физика и астрономия	455	426	470	451
09.00.00 – Информатика и вычислительная техника	6716	5107	10414	8062
10.00.00 – Информационная безопасность	664	503	920	692
11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи	141	136	265	238
12.00.00 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	160	150	213	205
13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика	68	66	157	152
14.00.00 – Ядерная энергетика и технологии	40	40	40	40
15.00.00 – Машиностроение	440	372	587	502
23.00.00 – Техника и технологии наземного транспорта	35	16	37	13
27.00.00 – Управление в технических системах	381	318	632	562
30.00.00 – Фундаментальная медицина	0	0	0	0
35.00.00 – Сельское, лесное и рыбное хозяйство	0	0	5	5
38.00.00 – Экономика и управление	361	130	434	182
44.00.00 – Образование и педагогические науки	82	79	143	114
45.00.00 – Языкознание и литературоведение	57	39	80	64
Другие УГСН	167	109	788	538
Общий итог	13914	10661	20652	15991

бакалавров – 2,7 тыс. человек. Еще 20 % от выпуска приходится на УГСН «01.00.00 – Математика и механика», в этой группе наибольший объем выпуска приходится на НПС «01.04.02 – Прикладная математика и информатика»: 1,3 тыс. человек.

Необходимо особо отметить, что выявлен ряд отраслевых УГСН, по которым существует потребность в подготовке кадров, но выпуск не осуществляется, либо осуществляется в очень низком объеме. К таким отраслям относятся медицина, сельское хозяйство, транспорт и ядерная энергетика.

Из 136 российских вузов, ведущих подготовку по ОПОП в сфере ИИ, 110 показали выпуск специалистов в 2023 году. Средний объем выпуска среди вузов с учетом максимальных и минимальных величин составляет 124 человека, медианное значение – 55 человек, что говорит о большой разнице в объемах подготовки среди опрошенных

вузов. Так, например, на первые 12 вузов по объему выпуска суммарно приходится 50 % от выпуска в 2023 году – 7 тыс. человек. На рис. 2 приведен перечень ТОП-12 вузов по объему выпуска специалистов в сфере ИИ в 2023 году.

Большинство ОПОП в ТОП-12 вузов имеют техническую направленность, а среди УГСН, по которым реализуются ОПОП, лидируют «09.00.00 – Информатика и вычислительная техника» (2,9 тыс. человек) и «01.00.00 – Математика и механика» (2,2 тыс. человек). Разнообразие НПС, в рамках которых осуществляется реализация ОПОП ИИ, изменяется от вуза к вузу. Так, в ВШЭ две НПС, в НГТУ – двадцать две, а в МФТИ – шесть. Среди особенностей выпуска можно отметить преобладание объема выпусков по магистерским программам в ВШЭ, МФТИ и МЭИ. Два из них – МФТИ

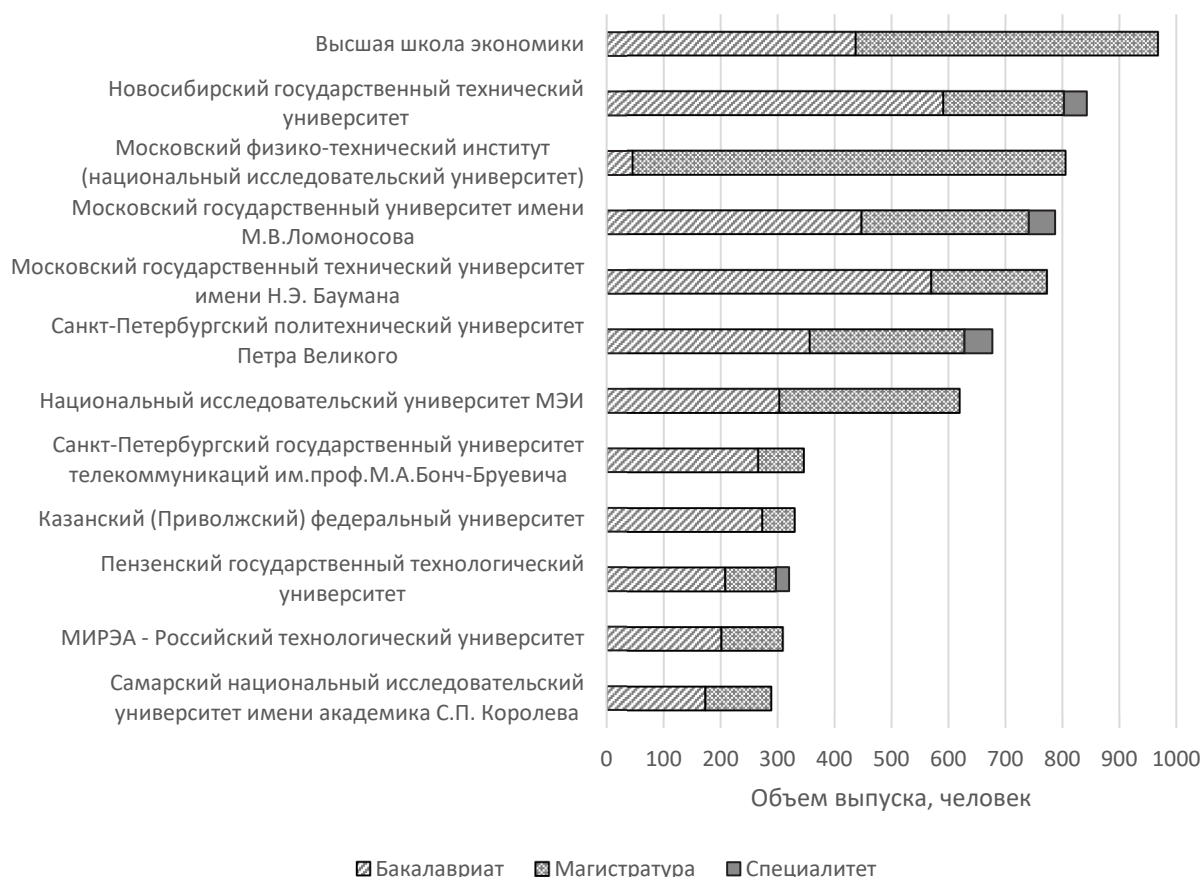


Рис. 2. Перечень ТОП-12 вузов по выпуску специалистов в сфере ИИ в 2023 году
Fig. 2. Top 12 universities by specialists' graduation in the sphere of artificial intelligence (2023)

Источник: составлено авторами по данным опроса вузов

и ВШЭ⁵ – носят статус Центров по развитию ИИ в России, что накладывает на них дополнительные обязательства по увеличению объемов подготовки кадров в сфере ИИ.

Определение объемов специалистов, которые приобрели профессиональные компетенции в сфере ИИ путем самообразования

К числу дополнительных источников для покрытия кадровой потребности относятся выпускники системы высшего образования, которые самостоятельно занимались формированием компетенций, необходимых для работы по профессиям в сфере ИИ, путем самообразования. Количественные показатели для этого источника покрытия были сформированы на основе анализа резюме соискателей работы в сфере ИИ. Для качественной оценки эти показатели были детализированы в двух разрезах – образовательном и профессиональном.

В рамках образовательного разреза были выявлены уровни образования, образовательные

специальности и вузы, где соискатель получил базовое высшее образование. Доля бакалавров в выборочной совокупности составила 40%; 4,5% были выпускниками программ специалитета; доля магистров также составила 40%; еще 3% – выпускники аспирантуры; 11% соискателей работы имеют ученую степень кандидата или доктора наук.

Анализ образовательных специальностей соискателей работы в сфере ИИ показал, что почти треть из них имеют базовое экономическое или управленческое образование. Следующие по объему числа соискателей – УГСН «01.00.00 – Математика и механика» и «09.00.00 – Информатика и вычислительная техника», их доля составляет 17% и 11% соответственно. В Таблице 2 представлена детализация распределения числа соискателей работы в сфере ИИ по УГСН.

Анализ резюме соискателей позволил определить университеты, в которых они получали базовое высшее образование. Детализированные информация приведена на рис. 3, данные структурированы по уровням высшего образования, число вузов ограничено первыми двенадцатью по количеству резюме. В центре рисунка отражены вузы,

⁵Гранты до 1 млрд рублей до 2024 года получают шесть исследовательских центров по ИИ. URL: <https://tass.ru/ekonomika/12575781> (дата обращения: 20.12.2022).

Таблица 2

Распределение резюме соискателей в сфере ИИ по УГСН

Table 2

Specialty groups distribution according to applicants' CVs in the sphere of artificial intelligence

УГСН	Количество соискателей	%
38.00.00 – Экономика и управление	1541	31,0 %
01.00.00 – Математика и механика	875	17,6 %
09.00.00 – Информатика и вычислительная техника	584	11,8 %
03.00.00 – Физика и астрономия	268	5,4 %
15.00.00 – Машиностроение	242	4,9 %
45.00.00 – Языкознание и литературоведение	154	3,1 %
10.00.00 – Информационная безопасность	118	2,4 %
27.00.00 – Управление в технических системах	96	1,9 %
02.00.00 – Компьютерные и информационные науки	86	1,7 %
11.00.00 – Электроника, радиотехника и системы связи	68	1,4 %
37.00.00 – Психологические науки	60	1,2 %
12.00.00 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии	54	1,1 %
13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика	28	0,6 %
14.00.00 – Ядерная энергетика и технологии	14	0,3 %
22.00.00 – Технологии материалов	10	0,2 %
23.00.00 – Техника и технологии наземного транспорта	10	0,2 %
Другие УГСН	758	15,3 %
Всего:	4967	100,0 %

которые отмечены соискателями как место получения ученой степени; во втором круге перечислены вузы, которые были указаны в резюме магистров и специалистов; внешний круг составляют вузы, в которых соискатели получили бакалаврское образование. Числами в кружках обозначено количество резюме соискателей в каждом университете.

Среди вузов, которые соискатели работы в сфере ИИ с ученой степенью указали как место подготовки/защиты диссертации, лидируют МГУ им. М. В. Ломоносова, НИУ ВШЭ, РАНХиГС при Президенте РФ и МФТИ. Эти же лидеры – МГУ им. М. В. Ломоносова, НИУ ВШЭ – среди университетов, которые окончили соискатели из числа бакалавров, магистров и специалистов. Лидерство классических университетов показывает, что канал обеспечения кадровой потребности их выпускников из числа прошедших самообразование является значимым.

В рамках профессионального разреза были выделены профессиональные роли соискателей

работы в сфере ИИ, а также определены группировки профессий на основе самоидентификации соискателей.

В рамках анализа резюме соискателей работы по профессиям в сфере ИИ были выделены три основных профессиональных роли – исследователи, разработчики и прикладники (по аналогии со специализированными техническими ролями при разработке продуктов искусственного интеллекта)⁶.

Исследователи – их объем составил 2,8 % – занимаются развитием сферы ИИ в целом, их вклад связан с созданием новых знаний в отрасли, их основной квалификационной характеристикой является наличие ученой степени. Профессиональная деятельность разработчиков – объем таких резюме составляет 31,1 % – напрямую связана с разработкой продукта в сфере ИИ: от создания математических моделей до написания программ и их

⁶ Глобальный отчет о талантах в области искусственного интеллекта-2020. URL: <https://jfgagne.ai/global-ai-talent-report-2020/#anchor-10> (дата обращения: 20.12.2022).

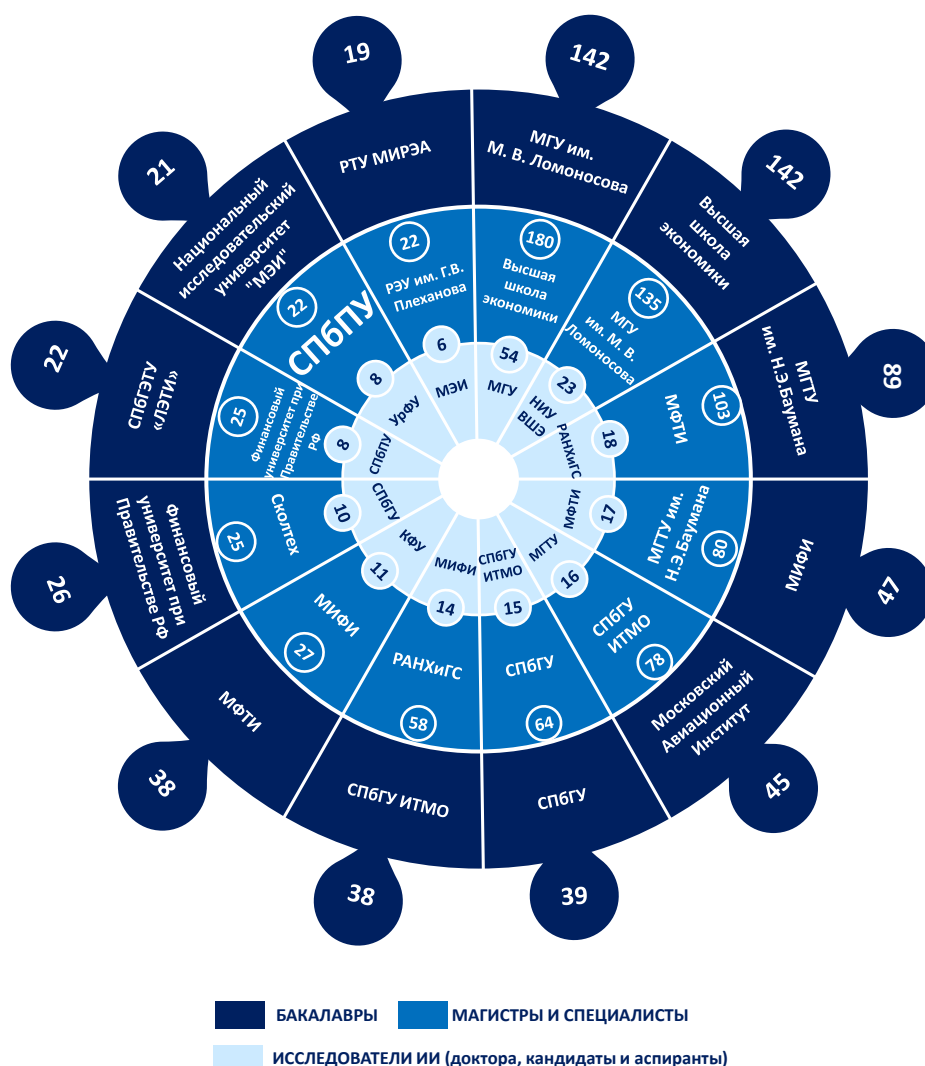


Рис. 3. ТОП-12 университетов по базовому образованию соискателей работы в сфере ИИ на основе резюме

Fig. 3. Top 12 universities by job seekers' basic education in the sphere of artificial intelligence (according to CVs)

Источник: составлено авторами на основе анализа резюме

практического внедрения. Прикладники – общий объем этой категории работников среди резюме составляет 66,1 %, и она является самой многочисленной – напрямую не учувствуют в разработке продукта, но используют его на практике. Условно прикладников можно разделить на две подгруппы – одни занимаются менеджментом и продвижением продукта, а другие обладают компетенциями в сфере применения продуктов ИИ в своей профессиональной деятельности.

Все 4967 резюме были разделены на 7 групп профессий по аналогии с базовой моделью компетенций Альянса в сфере ИИ⁷. В группу Data Science попало 934 резюме, аналитиков – 538 резюме,

инженеров – 449 резюме, разработчиков – 623 резюме, руководителей и менеджеров проектов – 1731 резюме, архитекторов – 61 резюме и в группу «прочие» – 381 резюме, куда вошли профессии, лишь косвенно связанные со сферой ИИ. Отнесение резюме соискателей к той или иной группе проходило на основе заголовка резюме вкупе со специализацией, которую выбрал сам соискатель. Примерами связи «заголовок резюме – специализация» являются пары «Data scientist, Deep Learning Research Engineer» – «Научный специалист, исследователь, лаборант», а также «Руководитель AI-проектов (ML/NLP/CV)» – «Руководитель группы разработки», где на первом месте – заголовок резюме, а на втором – одна из его специализаций.

В Таблице 3 в качестве примера приведены четыре группы профессий в сфере ИИ, по каждой

⁷ Альянс в сфере искусственного интеллекта / Образование // Базовая модель профессий и компетенций. URL: https://a-ai.ru/education/#specialist_family (дата обращения: 20.12.2022).

из которых отобраны 5 заголовков резюме, указанные соискателями на основе самоидентификации, которые встречаются чаще всего. В заголовках резюме встречается как англоязычное, так и русскоязычное написание наименований профессий.

Анализ позиций, на которые претендуют соискатели, показал, что прошедшие самообразование специалисты в сфере ИИ чаще претендуют на менеджерские и руководящие позиции, что соотносится с доминирующей областью базового образования соискателей (*УГСН 38.00.00 – Экономика и управление*). Данная тенденция должна позитивно сказываться на рынке труда в этой сфере, поскольку система высшего профессионального образования в большей степени нацелена на подготовку технических специалистов в сфере ИИ, а подготовка по менеджерским позициям представлена в меньших объемах.

Качественный анализ резюме показал, что в процессе поиска работы находятся не только выпускники последних лет, но и специалисты с опытом работы, нацеленные на позиции, требующие более высокой квалификации. Это отражается в заголовках резюме, содержащих характеристики уровня должности (*Middle/Senior*).

Сравнение резюме по группам профессий с наименованиями образовательных программ, которые реализуются вузами, подтверждает выявленную тенденцию. Из 647 наименований образовательных программ ВО лишь 18 относятся к применению ИИ в различных сферах деятельности, 11 программ – к управлению процессом создания ИИ-продуктов. В то же время более 100 образовательных программ ориентированы на подготовку разработчиков, 93 связаны с аналитикой данных и областью Data Science, 24 программы направлены на инженерную подготовку.

Таким образом, учет 4967 соискателей работы с высшим образованием по профессиям в сфере ИИ позволяет обеспечить еще 12,6 % от объема кадровой потребности в сфере ИИ.

Определение объемов выпускников по программам дополнительного профессионального образования, повысивших квалификацию со специализацией в сфере искусственного интеллекта

Переподготовка выпускников по программам дополнительного профессионального образования позволяет при наличии у них базового высшего

Таблица 3

**Самоидентификация профессий соискателей работы в сфере ИИ
на основе заголовков резюме**

Table 3

**Self-identification of job seekers' professions in the sphere
of artificial intelligence (according to CV titles)**

Data Science		Аналитики	
Заголовок резюме	Кол-во	Заголовок резюме	Кол-во
Data Scientist	390	Аналитик данных / Data Analyst	103
Junior Data Scientist	60	Аналитик / Analyst	97
Middle / Senior Data Scientist	20	Бизнес-аналитик / Business Analyst	29
Data Scientist / Machine Learning Engineer	14	Системный аналитик	13
Researcher	8	Младший аналитик / Junior Data Analyst	10
Всего по ТОП-5:	492	Всего по ТОП-5:	252

Инженеры		Руководители, менеджеры	
Заголовок резюме	Кол-во	Заголовок резюме	Кол-во
Machine Learning Engineer	71	Product manager / Менеджер проектов	66
Инженер-программист / Software engineer	36	Руководитель проектов / IT проектов	70
Data Engineer	22	Project manager	39
Computer Vision Engineer	21	Product owner	27
Deep Learning Engineer	11	Технический директор / CTO	26
Всего по ТОП-5:	161	Всего по ТОП-5:	228

образования пройти специализацию в сфере искусственного интеллекта за короткий период и выйти на рынок труда в сфере ИИ. Основным государственным агрегатором программ переподготовки в сфере цифровой экономики является «Университет 2035»⁸. Из перечня всех образовательных программ были выделены те, в которых слушатели получают компетенции для работы по профессиям в сфере ИИ.

В Таблице 4 приведены данные о числе выпускников по образовательным программам в сфере ИИ и по смежным направлениям в 2022 году.

На основе данных Таблицы 4 можно сделать вывод, что в 2022 году прошли переподготовку для работы в сфере ИИ 8,8 тыс. человек, что позволяет

⁸ Университет 20.35 / Цифровые профессии 2022. URL: https://cat.2035.university/rall/?project_id=48 (дата обращения: 20.12.2022).

обеспечить кадровую потребность в сфере ИИ на 22 %. Следует отметить, что наибольшее число граждан, прошедших переподготовку, получили компетенции в области Data Science и аналитике данных, значительно меньше выпускников завершили обучение по программам, связанным с инжинирингом и программированием с уклоном в ИИ. В дальнейшем для сравнительных количественных показателей подготовки кадров образовательные программы ДПО экспертно были отнесены к профильным УГСН.

Обсуждение результатов и заключение

Результаты, представленные в предыдущих разделах, показали, что основными источниками обеспечения ежегодной дополнительной

Таблица 4

Количество граждан, прошедших обучение по дополнительным образовательным программам в сфере ИИ в рамках «Университета 2035»

Table 4

The number of vocational education program trainees in the sphere of artificial intelligence within the framework of «University 2035»

Образовательная программа	Кол-во обучившихся	%
Специалист по Data Science	3544	40,1 %
Аналитик данных	3044	34,4 %
Data Engineer	381	4,3 %
Анализ больших данных	334	3,8 %
Технологии анализа данных	318	3,6 %
Автоматизация BIM проектирования	285	3,2 %
Введение в Data Science и большие данные	183	2,1 %
Программирование и анализ данных на языке Python	143	1,6 %
Технологии искусственного интеллекта, визуализации и анализа данных	132	1,5 %
Процедурно-ориентированное программирование в прикладных задачах анализа данных в экономике	110	1,2 %
Бизнес-аналитик	98	1,1 %
Аналитика: искусство управлять данными	87	1,0 %
Теория и практика применения BIM-технологий в строительстве	55	0,6 %
Архитектор-разработчик DWH	31	0,4 %
Анализ данных в Python	27	0,3 %
Искусственный интеллект. Алгоритмы машинного обучения на языке Python	27	0,3 %
Продвинутый инжиниринг данных	26	0,3 %
BIM-технологии в разработке и управлении проектами	18	0,2 %
Всего:	8843	100,0 %

кадровой потребности (ЕДП) в сфере ИИ являются выпуск системы высшего профессионального образования по образовательным программам в сфере ИИ (35,4 % от совокупной ЕДП), самообразование в сфере ИИ (12 % от совокупной ЕДП), а также переподготовка в рамках образовательных программ ДПО в «Университете 2035» (23 % от совокупной ЕДП). Как уже отмечалось ранее,

значение ежегодной дополнительной кадровой потребности в сфере ИИ на 2023 год составило 39,3 тыс. человек, детализация этих показателей по укрупненным группам специальностей и направлениям подготовки, рассчитанная в работе [11], приведена в Таблице 5. Представленные выше источники обеспечивают покрытие потребности в объеме 27,7 тыс. человек, что соответствует

Таблица 5

Балансовая таблица «ежегодная дополнительная кадровая потребность – источники обеспечения кадровой потребности» в сфере ИИ в 2023 году

Table 5

Balance sheet «annual additional recruitment needs – sources of staffing» in sphere of artificial intelligence for 2023

Код УГСН	ЕДП на 2023 г., чел.	Выпуск специалистов в сфере ИИ		Самообразование в сфере ИИ		Переподготовка кадров в «Университет 2035»		Обеспечение ЕДП за счет основных источников	
		Выпуск 2023 г., всего, чел	Обеспечение ЕДП, %	Всего, чел.	Обеспечение ЕДП, %	Выпуск, 2023 г., всего	Обеспечение ЕДП, %	Выпуск 2023 г., всего, чел	Обеспечение ЕДП, %
1	2	3	4=3/2	5	6=5/2	7	8=7/2	9=3+5+7	10=9/2
01.00.00	3650	3172	86,9 %	875	24,0 %	2186	59,9 %	6233	170,8 %
02.00.00	2350	975	41,5 %	86	3,7 %	1631	69,4 %	2692	114,6 %
03.00.00	380	455	119,7 %	268	70,5 %	0	0	723	190,3 %
09.00.00	15340	6716	43,8 %	584	3,8 %	4450	29,0 %	11750	76,6 %
10.00.00	1200	664	55,3 %	118	9,8 %	0	0	782	65,2 %
11.00.00	1570	141	9,0 %	68	4,3 %	0	0	209	13,3 %
12.00.00	730	160	21,9 %	54	7,4 %	0	0	214	29,3 %
13.00.00	1820	68	3,7 %	28	1,5 %	0	0	96	5,3 %
14.00.00	400	40	10,0 %	14	3,5 %	0	0	54	13,5 %
15.00.00	3400	440	12,9 %	242	7,1 %	0	0	682	20,1 %
22.00.00	250	0	0	10	4,0 %	0	0	10	4,0 %
23.00.00	820	35	4,3 %	10	1,2 %	0	0	45	5,5 %
27.00.00	1730	381	22,0 %	96	5,5 %	0	0	477	27,6 %
30.00.00	1050	0	0	0	0	0	0	0	0
35.00.00	410	0	0	0	0	0	0	0	0
37.00.00	200	0	0	60	30,0 %	0	0	60	30,0 %
38.00.00	940	361	38,4 %	1541	163,9 %	208	22,1 %	2110	224,5 %
44.00.00	750	82	10,9 %	0	0	0	0	82	10,9 %
45.00.00	290	57	19,7 %	154	53,1 %	0	0	211	72,8 %
Другие УГСН	2020	167	8,3 %	758	37,5 %	368	18,2 %	1293	64,0 %
Общий итог:	39300	13914	35,4 %	4966	12,6 %	8843	22,5 %	27723	70,5 %

70,5 % покрытия кадровой потребности в сфере ИИ в 2023 году.

Ниже представлена балансовая таблица обеспечения кадровой потребности по УГСН из различных источников. Полученные значения показывают, что лишь по четырем группам специальностей кадровая потребность обеспечена полностью, и даже существует кадровый запас: «38.00.00 – Экономика и управление», «03.00.00 – Физика и астрономия», «01.00.00 – Математика и механика» и «02.00.00 – Компьютерные и информационные науки». При этом для двух важных для экономики областей образования выпуск специалистов в 2023 году отсутствует, и потребность полностью не удовлетворяется: «30.00.00 – Фундаментальная медицина» и «35.00.00 – Сельское, лесное и рыбное хозяйство». Для трех областей образования («13.00.00 – Электро- и теплоэнергетика», «22.00.00 – Технологии материалов» и «23.00.00 – Техника и технологии наземного транспорта») потребность в специалистах удовлетворяется за счет выпуска специалистов в 2023 году менее чем на 10 %.

Сформированная балансовая таблица «ежегодная дополнительная кадровая потребность – источники обеспечения кадровой потребности» в сфере ИИ в 2023 году позволяет оценить текущее состояние подготовки кадров системой образования. На основе полученных значений в рамках планирования контрольных цифр приема нужно акцентировать внимание на количественных показателях неудовлетворенного спроса по УГСН и увеличивать подготовку/переподготовку по этим направлениям со специализацией в сфере ИИ. Также необходимо отметить, что для того, чтобы реализовать национальные стратегические задачи в сфере ИИ, важно не только увеличивать объемы подготовки ИИ-специалистов, но и ориентировать образовательные программы вузов на актуальные запросы рынка технологических решений в сфере ИИ, а также отраслей экономики и социальной сферы, где эти решения применяются⁹.

Представленные данные об объемах выпуска в вузах являются особенно актуальными в свете анонса запуска первого в России рейтинга российских высших учебных заведений, в которых ведется подготовка кадров для сферы ИИ¹⁰. Так, среди

университетов, реализующих ОПОП в сфере ИИ, по объему выпуска лидируют Высшая школа экономики, Новосибирский государственный технический университет, Московский физико-технический институт. Схожая информация получена на основе анализа резюме: на рынке труда наибольшее число соискателей приходится на Высшую школу экономики, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана и Московский физико-технический институт.

Научная новизна представленного исследования заключается в том, что впервые проведен детальный качественный и количественный анализ источников покрытия кадровой потребности для российской сферы ИИ и выявлены проблемные зоны в кадровом обеспечении. Качественный анализ по обеспечению кадровой потребности в сфере ИИ позволяет сделать вывод, что подготовка кадров в большей степени нацелена на ИКТ-специалистов, хотя на рынке труда ИИ требуются и управленческие кадры.

Ограничением представленного исследования является то, что количественные характеристики объемов подготовки специалистов в сфере ИИ были получены на основе самооценки образовательных организаций высшего образования. Планируемая государственная экспертиза ОПОП в сфере ИИ, реализуемых вузами, может изменить представленные количественные оценки как числа реализуемых образовательных программ, так и объемов специалистов, подготовленных по этим программам.

Список литературы

1. Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта : аналитический отчет. Москва : Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021. 159 с.
2. Федотов А. В., Беляков С. А., Клячко Т. Л., Полушкина Е. А. Кадровое обеспечение приоритетных направлений социально-экономического развития: состояние и проблемы // Университетское управление: практика и анализ. 2017. № 21(3). С. 27–37. DOI: <https://doi.org/10.15826/umpa.2017.03.035>
3. Гуртов В. А., Питухин Е. А. Прогнозирование потребностей экономики в квалифицированных кадрах: обзор подходов и практик применения // Университетское управление: практика и анализ. 2017. Т. 21, № 4 (110). С. 130–161. DOI: <https://doi.org/10.15826/umpa.2017.04.05>
4. Блинова Т. Н., Федотов А. В., Коваленко А. А. Соответствие структуры подготовки кадров с высшим образованием потребностям экономики: проблемы и решения // Университетское управление: практика и анализ. 2021. Т. 25, № 2. С. 13–33. DOI: [10.15826/umpa.2021.02.012](https://doi.org/10.15826/umpa.2021.02.012).

⁹ Ведомости / Чернышенко поручил найти решения для внедрения ИИ в отраслях экономики. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/news/2022/11/15/950360-chernishenko-poruchil-naityresheniya-dlya-vnedreniya-ii?from=newsline> (дата обращения: 20.12.2022).

¹⁰ ГТРК «Ивтелерадио» / Подготовку специалистов в области искусственного интеллекта в России оценят с помощью рейтинга. URL: https://ivteleradio.ru/news/2022/11/25/podgotovku_spezialistov_v_oblasti_iskusstvennogo_intellekta_v_rossii_ocenyat_s_pomoshchyu_reytinga (дата обращения: 20.12.2022).

5. Виниченко В. А. Диспропорции спроса и предложения в системе воспроизводства кадров для транспортной отрасли // Университетское управление: практика и анализ. 2022. Т. 26, № 3. С. 83–99. DOI: 10.15826/umpa.2022.03.023.

6. Сигова С. В., Степуть И. С. Кадровое обеспечение приоритетов развития Арктической зоны России – вклад системы высшего образования // Университетское управление: практика и анализ. 2015. № 5 (99). С. 19–29.

7. Будзинская О. В., Мартынов В. Г., Шейнбаум В. С. Кадровое обеспечение топливно-энергетического комплекса как объект проектирования // Управление устойчивым развитием. 2020. № 5 (30). С. 76–84.

8. Пополитова С. В., Ушмодина Л. И., Карплюк Ю. А. Кластерный подход при обеспечении потребности в кадрах российских предприятий оборонно-промышленного комплекса с учетом ситуации на региональных рынках труда // Вестник МГТУ «Станкин». 2017. № 1(40). С. 122–126.

9. ИТ-кадры для цифровой экономики в России. Москва : Ассоциация предприятий компьютерных и информационных технологий, 2020. 19 с.

10. Амиров Р. А., Егоров Е. В. Цифровая экономика и актуальные задачи ее кадрового обеспечения в России // Управленческое консультирование. 2018. № 9 (117). С. 42–50. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-9-42-50.

11. Окунькова Е. А. Стратегический форсайтинг кадровых потребностей инновационного развития социально-экономических систем // Управление. 2019. № 1. С. 114–120. DOI: 10.26425/2309-3633-2019-1-114-120

12. Трофимова И. Н. Подготовка кадров для цифровой экономики: текущие проблемы и целевые ориентиры // Социодинамика. 2020. № 10. С. 1–10. DOI: 10.25136/2409-7144.2020.10.33619.

13. Гайнанов Д. А., Климентьева А. Ю. Приоритеты кадрового обеспечения цифровой экономики // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 12. С. 1963–1976.

14. Аверьянов А. О., Степуть И. С., Гуртов В. А. Прогноз кадровой потребности для сферы искусственного интеллекта в России // Проблемы прогнозирования. 2023. № 1 (196). С. 113–133.

15. Источники новых индустрий. Искусственный интеллект в промышленности: экспертно-аналитический доклад. Санкт-Петербург : [б. и.], 2022. 44 с.

16. Academic Offer of Advanced Digital Skills in 2019–20. International Comparison: Focus on Artificial Intelligence, High Performance Computing, Cybersecurity and Data Science. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2020, 76 p. (In Eng). DOI:10.2760/225355.

17. Artificial Intelligence Index Report 2022. Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence, 2022, 229 p. (In Eng).

18. Zweben S., Bizot B. Growth Continues but New Student Enrollment Shows Declines. Survey Bachelor's and Doctoral Degree Production, Taulbee, 2020, 67 p. (In Eng).

19. Клюкин Б. Н., Кушлин В. И., Яковец Ю. В. Балансовые методы и макро моделирование в долгосрочном прогнозировании // Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование : учебник. Москва : Экономика, 2011. С. 151–188.

20. Рябко Т. В., Гуртов В. А., Степуть И. С. Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного

интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. 2022. Т. 31, № 7. С. 9–24. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24.

References

1. Indeks gotovnosti prioritetykh otraslei ekonomiki Rossiiskoi Federatsii k vnedreniyu iskusstvennogo intellekta [Index of Readiness of Priority Sectors of the Economy of the Russian Federation for the Introduction of Artificial Intelligence], Moscow, Analytical Center for the Government of the Russian Federation, Lomonosov Moscow State University, 2021, 159 p. (In Russ.).

2. Fedotov A. V., Belyakov S. A., Klyachko T. L., Polushkina E. A. Kadrovoe obespechenie prioritetykh napravlenii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: sostoyanie i problemy [Staffing the Priority Directions of the Socio-Economic Development: Situation and Problems]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2017, nr 21(3), pp. 27–37. doi 10.15826/umpa.2017.03.035. (In Russ.).

3. Gurtov V. A., Pitukhin E. A. Prognozirovaniye potrebnosti ekonomiki v kvalifitsirovannykh kadrakh: obzor podkhodov i praktik primeneniya [Prognostication of the Demands of Economics in Qualified Personnel: Review of Approaches and Application Experience]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2017, vol. 21, nr 4 (110), pp. 130–161. doi 10.15826/umpa.2017.04.056. (In Russ.).

4. Blinova T. N., Fedotov A. V., Kovalenko A. A. Sootvetstvie struktury podgotovki kadrov s vysshim obrazovaniem potrebnostyam ekonomiki: problemy i resheniya [The Structure of Personnel Training within Getting Higher Education Meets the Needs of Economy: Problems and Solutions]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2021, vol. 25, nr 2, pp. 13–33. doi 10.15826/umpa.2021.02.012. (In Russ.).

5. Vinichenko V. A. Disproportsii sprosa i predlozheniya v sisteme vosproizvodstva kadrov dlya transportnoi otrasli [Disproportions of Supply And Demand in the Personnel Reproduction System for the Transport Industry]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2022, vol. 26, nr 3, pp. 83–99. doi 10.15826/umpa.2022.03.023. (In Russ.).

6. Sigova S. V., Stepus I. S. Kadrovoe obespechenie prioritetykh razvitiya Arkticheskoi zony Rossii – vklad sistemy vysshego obrazovaniya [Recruitment Needs for the Russian Arctic Zone Priorities Development – Higher Education System Value]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* [University Management: Practice and Analysis], 2015, nr 5 (99), pp. 19–29. (In Russ.).

7. Budzinskaya O. V., Martynov V. G., Sheinbaum V. S. Kadrovoe obespechenie toplivno-energeticheskogo kompleksa kak ob'ekt proektirovaniya [Human Resources Supply in Oil and Gas Companies as an Object of Designing]. *Upravlenie ustoychivym razvitiem* [Sustainability Management], 2020, nr 5 (30), pp. 76–84. (In Russ.).

8. Popolitova S. V., Ushmodina L. I., Karplyuk Yu. A. Klasternyi podkhod pri obespechenii potrebnosti v kadrakh rossiiskikh predpriyatiy oboronno-promyshlennogo kompleksa s uchetom situatsii na regional'nykh rynkakh truda [Using the

Cluster Approach and the Labour Market for Personnel Source Selection to Cover Russian Defense Industry Requirements]. *Vestnik MGTU «Stankin»* [Vestnik MSTU “Stankin”], 2017, nr 1 (40), pp. 122–126. (In Russ.).

9. IT-kadry dlya tsifrovoi ekonomiki v Rossii [IT Personnel for the Digital Economy in Russia], Moscow, Assotsiatsiya predpriyatii komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii, 2020, 19 p. (In Russ.).

10. Amirov R. A., Egorov E. V. Tsifrovaya ekonomika i aktual'nye zadachi ee kadrovogo obespecheniya v Rossii [Digital Economy and Actual Tasks of Its Staffing in Russia]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie* [Management Consulting], 2018, nr 9 (117), pp. 42–50. doi 10.22394/1726-1139-2018-9-42-50. (In Russ.).

11. Okun'kova E. A. Strategicheskii forsaiting kadrovyykh potrebnostei innovatsionnogo razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh system [Strategic Foresighting of Personnel Requirements of Innovative Development of Social and Economic Systems]. *Upravlenie* [Management], 2019, nr 1, pp. 114–120. doi: 10.26425/2309-3633-2019-1-114-120. (In Russ.).

12. Gaynanov D. A., Klimenteva A. Yu. Prioritety kadrovogo obespecheniya tsifrovoi ekonomiki [The Priorities of Staffing the Digital Economy]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative Economy], 2018, vol. 12, nr 12, pp. 1963–1976. (In Russ.).

13. Trofimova I. N. Podgotovka kadrov dlya tsifrovoi ekonomiki: tekushchie problemy i tselevye orientiry [Human Resource Training for Digital Economy: Current Problems and Targets]. *Sotsiodinamika* [Sociodynamics], 2020, nr 10, pp. 1–10. (In Russ.).

14. Aver'yanov A. O., Stepus' I. S., Gurtov V. A. Prognoz kadrovoy potrebnosti dlya sfery iskusstvennogo intellekta

v Rossii [Human Resource Needs Forecast for Artificial Intelligence in Russia]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 2023, nr 1 (196), pp. 113–133. (In Russ.).

15. Istochniki novykh industrii. Iskusstvennyi intellekt v promyshlennosti: ekspertno-analiticheskii doklad [Sources of New Industries. Artificial Intelligence in Industry], Saint Petersburg, 2022, 44 p. (In Russ.).

16. Academic Offer of Advanced Digital Skills in 2019–20. International Comparison: Focus on Artificial Intelligence, High Performance Computing, Cybersecurity and Data Science, Luxembourg, 2020, 76 p. doi 10.2760/225355. (In Eng.).

17. Artificial Intelligence Index Report 2022. Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence, 2022, 229 p. (In Eng.).

18. Zweben S. and Bizot B. Growth Continues but New Student Enrollment Shows Declines. Survey Bachelor's and Doctoral Degree Production, Taulbee, 2020, 67 p. (In Eng.).

19. Klyukin B. N., Kushlin V. I., Yakovets Yu. V. Balansovye metody i makromodelirovanie v dolgosrochnom prognozirovanii [Balance Methods and Macromodeling in Long-Range Forecasting]. In: *Prognozirovaniye, strategicheskoe planirovaniye i natsional'noye programmirovaniye* [Forecasting, Strategic Planning and National Programming], Moscow, 2011, pp. 151–188. (In Russ.).

20. Ryabko T. V., Gurtov V. A., Stepus' I. S. Analiz pokazatelei podgotovki kadrov dlya sfery iskusstvennogo intellekta po rezul'tatam monitoringa vuzov [Analysis of Artificial Intelligence Training Indicators according to the Results of Russian Universities Monitoring]. *Vyshee obrazovanie v Rossii* [Higher Education in Russia], 2022, vol. 31, nr 7, pp. 9–24. doi 10.31992/0869-3617-2022-31-7-9-24. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Аверьянов Александр Олегович – аспирант, ведущий специалист отдела прогнозирования Центра бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета; aver@petrsu.ru.

Степунь Ирина Сергеевна – кандидат экономических наук, начальник отдела прогнозирования Центра бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета; stepus@petrsu.ru.

Гуртов Валерий Алексеевич – доктор физико-математических наук, директор Центра бюджетного мониторинга Петрозаводского государственного университета; vgurt@petrsu.ru.

Alexander O. Averyanov – Postgraduate Student, Leading Specialist, Department of Forecasting, Center of Budget Monitoring, Petrozavodsk State University; aver@petrsu.ru.

Irina S. Stepus – PhD (Economics), Chief of the Department of Forecasting, Center of Budget Monitoring, Petrozavodsk State University; stepus@petrsu.ru.

Valery A. Gurtov – Dr. hab. (Physics and Mathematics), Director of Center of Budget Monitoring, Petrozavodsk State University; vgurt@petrsu.ru.