



Институт статистических
исследований и экономики знаний

Подготовка высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта





Институт статистических
исследований и экономики знаний

Подготовка высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта

МОСКВА, 2024

УДК 378:004.8(083.4)
ББК 74.52
П44

Рецензенты:

А. А. Масютин, директор Института искусственного интеллекта и цифровых наук Факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ;

Е. А. Соколов, руководитель Департамента больших данных и информационного поиска Факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ

Научный редактор

Л. М. Гохберг

Авторы:

Н. Б. Шугаль, Т. А. Варламова

Подготовка высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта / Н. Б. Шугаль, Т. А. Варламова; науч. ред. Л. М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 60 с. – 70 экз. – ISBN 978-5-7598-3024-5 (в обл.).

В докладе анализируются вопросы подготовки высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта на основе результатов сплошного специализированного обследования вузов, проведенного НИУ ВШЭ в 2023 г., а также данных федерального статистического наблюдения. В фокусе настоящего исследования находится обучение технологиям ИИ в рамках образовательных программ бакалавриата, специалитета, магистратуры. Помимо данных, характеризующих масштабы подготовки кадров, впервые собраны сведения о ресурсах для реализации такой подготовки – как кадровых, так и материально-технических. Полученные данные позволили охарактеризовать ландшафт подготовки кадров в области ИИ, выявить факторы, формирующие потенциал ее дальнейшего развития.

УДК 378:004.8(083.4)
ББК 74.52

Публикация подготовлена в рамках мероприятия «Мониторинг создания и результатов применения технологий искусственного интеллекта в целях оценки уровня внедрения указанных технологий в отраслях экономики и социальной сферы» федерального проекта «Искусственный интеллект».

Опубликовано Институтом статистических исследований
и экономики знаний ВШЭ (issek.hse.ru).

doi:10.17323/978-5-7598-3024-5
ISBN 978-5-7598-3024-5

© Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», 2024
При перепечатке ссылка обязательна

Содержание

Основные выводы	4
Используемые аббревиатуры	8
Введение	9
Институциональные особенности подготовки кадров в области ИИ	12
Методология исследования	14
1. Масштабы освоения технологий ИИ в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры	17
Масштабы подготовки высококвалифицированных кадров в области ИИ растут	17
В рамках профиля ИИ наиболее широкий спектр технологий ИИ осваивают будущие разработчики программного обеспечения	20
Спектр технологий ИИ, изучаемых в рамках модуля, определяется направлением подготовки (специальностью) образовательной программы	23
Селективность программ по профилю ИИ выше, чем программ бакалавриата и специалитета в области ИТ в целом	29
Более половины всех студентов, обучающихся по профилю ИИ, сосредоточены в вузах, предлагающих наиболее массовые и селективные программы	31
Масштабы подготовки по программам в области ИИ значительно различаются по субъектам РФ	37
2. Условия обучения технологиям ИИ	44
Вузы, не имеющие программ по профилю ИИ, сталкиваются с дефицитом преподавателей, необходимых для реализации модулей по ИИ в программах других профилей	44
ИТ-инфраструктура – драйвер подготовки кадров в области ИИ	46
Нехватка специализированного цифрового оборудования и контента может стать основным барьером для расширения подготовки кадров в области ИИ	47
Список источников	52

Основные выводы

- Подготовка высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта (ИИ) в России реализуется вузами в рамках двух треков: 1) образовательных программ по профилю ИИ, разработанных или актуализированных в соответствии с моделью компетенций в сфере ИИ; 2) программ иных профилей, содержащих модуль «Системы искусственного интеллекта». Студенты, проходящие обучение по первому треку, осваивают навыки разработки методов и инструментов для технологий ИИ, обучаются их профессиональному использованию на продвинутом уровне. Студенты программ, содержащих модуль по ИИ, учатся применять ИИ в своей области компетенций с учетом направления подготовки (специальности) и будущей сферы деятельности.
- В 2023 г. обучение студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры технологиям ИИ осуществляли 497 образовательных организаций высшего образования и их филиалов, из них 166 – по профилю ИИ, 469 – по модулю по ИИ, причем 28 – только по профилю, 138 – по профилю и модулю, 331 – только по модулю. Ключевую роль здесь играют головные организации: на филиалы приходится лишь 10% от числа организаций, реализующих программы по профилю ИИ, и 30% – от числа внедривших в образовательные программы модуль по ИИ. При этом вузы и филиалы, имеющие программы по профилю ИИ, как правило, включили модуль по ИИ в ряд программ других профилей. Кроме того, филиалы, обучающие технологиям ИИ, в подавляющем большинстве случаев принадлежат головным организациям, у которых уже есть подобный опыт.
- По профилю ИИ в вузах страны в 2023 г. обучались 42.3 тыс. человек (1.0% от общей численности студентов); прием составил 20.7 тыс. человек (1.6% от общего приема), а выпуск – 3.8 тыс. человек (0.5% от общего выпуска). В среднесрочной перспективе можно ожидать существенный рост выпуска молодых специалистов по профилю ИИ – до 8.7 тыс. бакалавров в 2027 г. и 6 тыс. магистров в 2025 г.
- Большая часть (70.1%) студентов программ по профилю ИИ обучаются по специальностям и направлениям подготовки в области «Инженерное дело, технологии и технические науки»; примерно четверть (27.2%) приходится на «Математические и естественные науки»; 1.4% – на «Науки об обществе»; на остальные области образования – всего 1.2% указанной группы обучающихся. Объемы подготовки по профилю ИИ в области «Инженерное дело, технологии и технические науки» растут интенсивнее, чем в математических и естественных науках.

- Среди студентов программ по профилю ИИ большинство (81.6%) осваивали технологии интеллектуальной поддержки принятия решений и управления. На втором месте по охвату обучающихся – технологии компьютерного зрения (67.9%). Половина студентов (50.2%) изучали технологии обработки текста и более четверти (28.9%) – обработки звуковых данных. Наиболее широкий спектр технологий ИИ осваивают будущие разработчики программного обеспечения.
- Подготовка кадров по программам, содержащим модуль по ИИ, ведется в гораздо более широких масштабах, чем в рамках программ по профилю ИИ. Выпуск по ним в 2023 г. составил 64.6 тыс. человек. Столь высокий результат обусловлен ориентированностью модуля на массовое внедрение в образовательные программы. В 2023 г. каждый пятый принятый на обучение и примерно каждый шестой студент бакалавриата, специалитета и магистратуры должен был в течение срока освоения образовательной программы изучить дисциплины модуля по ИИ. Среди выпускников охват модулем составляет 8.0%.
- В структурах приема, численности студентов и выпуска по программам, содержащим модуль по ИИ, половина приходится на «Инженерное дело, технологии и технические науки». Также достаточно широко представлены науки об обществе, доля которых в приеме на 6 п. п. выше, чем в выпуске.
- Обучением технологиям интеллектуальной поддержки принятия решений и управления в рамках обоих треков охвачены 80% студентов, но по остальным классам технологий значение показателя в случае программ с модулем по ИИ почти вдвое ниже: по технологиям компьютерного зрения – 38.7%; по технологиям обработки текста – 31.0%, по технологиям обработки звуковых данных – 13.6%. Спектр изучаемых в рамках модуля технологий определяется направлением подготовки (специальностью) образовательной программы.
- Селективность программ по профилю ИИ выше, чем программ, содержащих модуль по ИИ, программ в области информационных технологий (ИТ) и программ бакалавриата и специалитета в целом, причем это касается большинства укрупненных групп специальностей и направлений подготовки. Повышенной избирательностью при отборе абитуриентов отличаются программы в области ИИ в математических и технических науках. Требования к уровню подготовки претендующих на бюджетные места выше, чем зачисляемых на платное обучение.
- Вузы заметно дифференцированы по подготовке в области ИИ. Более половины всех студентов по профилю ИИ сосредоточены в 18 крупнейших по реализации профильных программ организациях, предлагающих наиболее массовые и в то же время селективные программы (около 4% обследованных организаций).

- Масштабы подготовки по программам в области ИИ существенно различаются и по субъектам РФ. На топ-7 регионов по объемам подготовки по профилю ИИ – Москву, Санкт-Петербург, Архангельскую, Ростовскую, Челябинскую, Ульяновскую области и Пермский край – приходится 61.7% от общей численности студентов профильных программ. Доля студентов программ бакалавриата, специалитета, магистратуры, изучающих модуль по ИИ, в регионах варьируется от 0 до 68.2% при среднем значении по России на уровне 15.9%.
- Ряд регионов вошли в группы лидеров (со значениями показателей выше среднего по России) как по охвату студентов программами по профилю ИИ, так и программами с модулем по ИИ. К ним относятся Москва и Санкт-Петербург, Ростовская, Вологодская, Архангельская, Челябинская, Самарская, Пензенская, Московская области.
- Несмотря на то, что Москва и Санкт-Петербург выступают лидерами по объемам подготовки по профилю ИИ, они не относятся к таковым по охвату студентов модулями по ИИ (17.8 и 26.6% соответственно). Это можно объяснить тем, что внедрение модуля по ИИ в бакалавриате, специалитете, магистратуре – новый тренд, и таким регионам, как Москва и Санкт-Петербург, имеющим столь крупные и широко диверсифицированные системы высшего образования, сложно в короткие сроки внедрить его во множество образовательных программ. Однако столицы, без сомнения, обладают серьезным заделом в обучении технологиям ИИ, а достигнутые ими значения охвата модулями по ИИ уже существенно превышают среднероссийский уровень, в связи с чем в ближайшем будущем можно ожидать укрепления их позиций и в этом направлении.
- На ситуацию с обучением технологиям ИИ в регионах непосредственно влияет степень проникновения ИИ в их экономики. Неравенство возможностей по обеспечению изучения технологий ИИ отчасти объясняется неравномерным территориальным распределением ИТ-организаций, занимающихся разработкой ИИ-продуктов. Но в ряде случаев развитие образования в области ИИ заметно отстает от уровня внедрения ИИ в экономике региона. Это связано, в частности, с использованием готовых решений, созданных специалистами из других субъектов РФ, что свидетельствует о наличии в таких регионах запроса на ИИ-разработки и потребности в наращивании подготовки собственных кадров в области ИИ.
- Обеспеченность преподавателями в области ИИ в абсолютном большинстве рассматриваемых вузов превышает 90%. Кадровые потребности вузов – лидеров по подготовке специалистов в области ИИ удовлетворены почти на 100%, что несколько лучше по сравнению с остальными организациями,

реализующими профильные программы. Однако разрыв в значениях показателя между вузами, готовящими профильных специалистов, не настолько велик, чтобы сделать вывод о ключевой роли дефицита кадров в их дифференциации по уровню развития подготовки в области ИИ. При этом обращает на себя внимание существенно более высокий уровень дефицита кадров соответствующей квалификации в вузах, не реализующих профильных программ, но включивших модули по ИИ в другие программы. Таким образом, можно считать, что организации, имеющие опыт реализации профильных программ, сформировали команды преподавателей ИИ-дисциплин, в то время как остальным вузам еще не вполне удалось решить эту задачу.

- Важную роль в подготовке высококвалифицированных специалистов в области ИИ играет специализированная цифровая инфраструктура – цифровые оборудование и контент. Во всех рассматриваемых в докладе кластерах вузов, сформированных в зависимости от объемов подготовки по программам по профилю ИИ, наблюдается дефицит цифровых ресурсов, в первую очередь – по оснащенности вычислительными мощностями на базе графических ускорителей, имеющих ключевое значения для задач, связанных с ИИ. Вузы, имеющие опыт подготовки специалистов по профильным программам, обеспечены контентом лучше, чем оборудованием. Организации, осуществляющие подготовку только в рамках модуля по ИИ, снабжены тем и другим приблизительно в равной степени и, к сожалению, недостаточно.
- Оснащенность вузов специализированной для ИИ цифровой инфраструктурой сильно зависит от кластера. Так, обеспеченность ею в вузах шестого кластера (самого большого по средней численности студентов профильных программ) можно считать приемлемой, однако уже в пятом потребности организаций, например, в графических процессорах (GPU) удовлетворены лишь наполовину. Вузы – лидеры по масштабам подготовки специалистов по ИИ лучше остальных обеспечены ИТ-инфраструктурой для обучения технологиям ИИ. При этом среди шести организаций, демонстрирующих наивысшие объемы подготовки кадров по ИИ, существенно шире распространена практика аренды облачной инфраструктуры, за счет которой им во многом и удалось добиться лидерства в ресурсной обеспеченности.
- Вузы, только начинающие осваивать направление ИИ, имеют настолько выраженный дефицит необходимых для этого цифровых ресурсов, что он практически не позволяет им развивать программы по соответствующему профилю и существенно осложняет практико-ориентированную подготовку в рамках модулей по ИИ. Недостаток специализированной цифровой инфраструктуры, таким образом, может выступать основным препятствием для развития подготовки специалистов в области ИИ в вузах.

Используемые аббревиатуры

ДПО	дополнительное профессиональное образование
Евростат	Статистическая служба Европейского союза
ЕГЭ	единый государственный экзамен
ИИ	искусственный интеллект
ИТ	информационные технологии
Минобрнауки России	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
МООК	массовые открытые онлайн-курсы
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ПО	программное обеспечение
ППС	профессорско-преподавательский состав
РОИВ	региональный орган исполнительной власти
Росстат	Федеральная служба государственной статистики
ТЭК	топливно-энергетический комплекс
УГСН	укрупненная группа специальностей и направлений подготовки
ФГОС	федеральный государственный образовательный стандарт
ФСН	федеральное статистическое наблюдение

Введение

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) играет ключевую роль в становлении новой цифровой экономики и является необходимым условием достижения Россией технологического суверенитета. Президент России В. В. Путин в своем выступлении на конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» в 2022 г. призвал обеспечить массовое внедрение ИИ во все отрасли экономики [Егорова, 2022]. Неотъемлемой частью этого процесса выступает подготовка специалистов в области ИИ. Важность подготовки таких кадров, готовых к выходу на рынок труда, отмечается в национальных стратегиях развития ИИ, принятых в странах, где он активно разрабатывается и применяется: Китае, США, Великобритании, странах ЕС [Jorge Ricart et al., 2022] и России [Президент РФ, 2019].

Основной фактор, влияющий на глобальные тренды, связанные с потребностями в развитии компетенций по технологиям ИИ, состоит в том, что область ИИ расширяется и выходит из академической сферы в массовые сегменты. При помощи технологий ИИ предприятия стремятся повысить производительность, оптимизировать управленческие процессы, улучшить качество обслуживания клиентов [PwC, 2022]. Более трети (39.8%) российских организаций – пользователей ИИ отмечают появление у их работников новых трудовых функций, связанных с использованием технологий ИИ [НИУ ВШЭ, 2025].

Специалисты в области машинного обучения и ИИ стабильно востребованы по всему миру: по данным кадрового портала Freelancer.com, в I кв. 2023 г. вакансии в сфере ИИ занимали седьмое место

по темпам роста на платформе, их число увеличилось на 20.6% по сравнению с IV кв. 2022 г. [Freelancer.com, 2023]. При этом спрос на специалистов с навыками работы с генеративным ИИ рос самыми быстрыми темпами за квартал – 325%. В общей сложности на платформе были открыты более пяти тыс. вакансий, требующих навыков в области ИИ, машинного обучения, глубокого обучения, работы с такими ИИ-инструментами, как TensorFlow, ChatGPT и Dall-E. Нехватка специалистов для работы с технологиями ИИ отмечается повсеместно: 79% опрошенных компанией PwC представителей коммерческих организаций отметили риски замедления некоторых проектов в области ИИ из-за дефицита специалистов [PwC, 2022], а для руководителей китайских компаний этот фактор оказался ключевым препятствием для внедрения ИИ [McKinsey, 2017]. В России, по данным Национального центра развития ИИ при Правительстве РФ на 2023 г., лишь треть опрошенных организаций обеспечены необходимыми кадрами в области ИИ, а среди приоритетных сфер деятельности показатель кадровой обеспеченности ИИ-специалистами составляет всего 25% [НЦРИИ, 2023b]. Необходимость решения проблемы нехватки кадров, обладающих компетенциями в области ИИ, стимулирует интерес к различным аналитическим исследованиям и оценкам состояния данной сферы.

В регулярных докладах Стэнфордского университета публикуются данные ежегодного опроса Ассоциации компьютерных исследований об образовании в области компьютерных наук и ИИ в США и Канаде. В них характеризуются масштабы подготовки кадров в этой области

образования в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре. Так, согласно данным на 2024 г., численность выпускников бакалавриата в области компьютерных наук в упомянутых странах стабильно росла на протяжении более десяти лет [Stanford University, 2024]. Численность выпускников магистратуры в указанной области, хотя и несколько сокращалась в последние годы, в 2022 г. выросла более чем вдвое по сравнению с 2010 г. Выпуск из аспирантуры в том же году достиг максимального значения за 13 лет (2.1 тыс. человек). Примечательно, что усиливается переток кандидатов наук в области ИИ в производственный сектор: в 2022 г. большая часть (70.7%) выпускников аспирантуры по ИИ продолжили карьеру в коммерческих предприятиях.

В странах ЕС действует инициатива Европейской комиссии AI Watch по мониторингу развития, внедрения и воздействия ИИ, предполагающая среди прочего оценку масштабов подготовки кадров в области ИИ. Результаты таких исследований использовались при формировании интегрального индекса AI Watch Index 2021 г. по странам ЕС [Righi et al., 2022]. В его составе оценивались индикаторы, связанные с образованием и навыками в области ИИ, характеризующими потенциал трудоустройства выпускников университетов с учетом требований передовых технологий. По этим данным, в странах ЕС подавляющее большинство специализированных в области ИИ образовательных программ реализуются в магистратуре. Однако изучение технологий ИИ в основном на поздних этапах обучения в университете характерно и для других стран [Righi et al., 2020].

В России совершенствование подготовки кадров в области ИИ – задача национального уровня, обозначенная в Указе Президента РФ, которым

утверждается Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. [Президент РФ, 2019]. В 2024 г. Стратегия была существенно дополнена и актуализирована. В ней, в частности, предусматривается внедрение в образовательных организациях высшего образования комплексной системы подготовки квалифицированных кадров в области разработки и использования технологий ИИ; повышение качества обучения базовым навыкам использования ИИ; обеспечение возможности онлайн-обучения. Согласно [Репина, 2024], вузы занимают второе место по разработке передовых производственных технологий ИИ – ими созданы 26 из 88 таких технологий, разработанных в России в 2023 г. Это создает хорошую базу для подготовки специалистов в области ИИ, востребованных рынком.

Несмотря на рост числа отдельных исследований актуальных вопросов развития ИИ, системный анализ сферы ИИ в мире и в России пока только формируется. Первоочередное внимание уделяется мониторингу показателей, характеризующих распространенность практик внедрения и использования ИИ [OECD, 2021], инвестиции в ИИ, интенсивность исследований и разработок в области ИИ и т. д. [Righi et al., 2022] В ключевых базах статистических данных (Института статистики ЮНЕСКО, Евростата, ОЭСР, Росстата) индикаторы по подготовке кадров в области ИИ пока не представлены, публикуются лишь показатели, которые характеризуют вовлеченность молодежи, студентов, занятого населения в ИКТ, что позволяет только приблизительно оценить потенциал развития компетенций в области ИИ [UNESCO, 2023].

Некоторое представление о рассматриваемом направлении можно получить на основе данных образовательной

статистики: сведений о контингенте обучающихся по образовательным программам, относящимся к STEM (естественно-научного, технического, математического профилей) и ИКТ. Тем не менее, для более детального понимания ситуации с обучением технологиям ИИ необходим сбор данных по специфическим показателям, отражающим: наличие и формы реализации образовательных программ по ИИ; численность обучающихся, прием и выпуск по таким программам; наличие и уровень квалификации преподавателей дисциплин, связанных с ИИ; обеспеченность

специализированной ИТ-инфраструктурой для освоения современных технологий ИИ. С целью сбора таких данных исследователями НИУ ВШЭ в рамках «Мониторинга создания и результатов применения технологий искусственного интеллекта в целях оценки уровня внедрения указанных технологий в отраслях экономики и социальной сферы» федерального проекта «Искусственный интеллект» впервые было проведено обследование образовательных организаций высшего образования, результаты которого представлены в настоящем докладе.

Институциональные особенности подготовки кадров в области ИИ

Задача повышения уровня кадрового обеспечения российского рынка технологий ИИ, обозначенная в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г., решается в рамках федеральных проектов «Искусственный интеллект» и «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Принят ряд мер, направленных на поддержку подготовки кадров в области ИИ, в частности, грантовая поддержка, предоставляемая вузам для разработки и реализации профильных программ бакалавриата и магистратуры в сфере ИИ, получение дополнительных квалификаций студентами на «цифровых кафедрах» [Минэкономразвития России, 2024]. Чтобы отслеживать эффективность реализации мер образовательной политики, необходим регулярный сбор статистических данных о подготовке кадров в области ИИ. К настоящему моменту сформирована институциональная рамка, определившая формат обучения технологиям ИИ и, соответственно, сделавшая возможным сбор данных о таком обучении.

Минобрнауки России совместно с Альянсом в сфере искусственного интеллекта, университетами и технологическими компаниями разработало модель компетенций в сфере ИИ [Минобрнауки России, 2021a]. В ней определены две ключевые профессиональные задачи: разработка методов и инструментов для технологий ИИ и профессиональное использование технологий ИИ (решение с их помощью практических отраслевых задач). Отличительные черты

модели – универсальность и вариативность, что позволяет проектировать и отбирать образовательные программы по профилю «Искусственный интеллект» без привязки к определенному набору специальностей и направлений подготовки. Такой рамочный подход предполагает, что разработанные или актуализированные в соответствии с моделью (а также созданные ранее, но приблизительно ей соответствующие) программы принадлежат к различным укрупненным группам специальностей и направлений подготовки (УГСН), в том числе перечисленным в рекомендациях по разработке бакалаврских и магистерских программ в сфере ИИ [Минобрнауки России, 2021b]. Компетенции, зафиксированные в модели, находят отражение в соответствующих федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС) высшего образования.

В связи с распространением технологий ИИ практически во всех отраслях экономики стоит задача подготовить специалистов различных профилей к применению ИИ в своей области компетенций. Ее решение обеспечивается внедрением в образовательные программы специальных модулей, позволяющих овладеть основными методами ИИ для их использования в профессиональной деятельности. Содержание модуля «Системы искусственного интеллекта» для образовательных программ высшего образования и ДПО определено Минобрнауки России [Минобрнауки России, 2023].

В соответствии с перечисленными документами и актуальными задачами образо-

вательной политики для специализированного обследования были выделены два трека образовательных программ.

1. Образовательные программы по профилю «Искусственный интеллект» – образовательные программы высшего образования (программы бакалавриата, специалитета, магистратуры, программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре), дополнительные профессиональные программы, нацеленные на формирование компетенций в сфере ИИ и позволяющие выпускникам использовать и разрабатывать отдельные методы и технологии для решения задач ИИ, принимать участие в проектах по использованию и разработке ИИ, либо владеть методологическими аспектами использования и разработки методов и технологий для решения задач ИИ и успешно применять их в своей деятельности, владеть всеми компетенциями, связанными с руководством комплексными решениями по использованию и разработке систем ИИ, а также обладать квалификацией в сфере управления проектами и руководства коллективом разработчиков.

2. Образовательные программы, не относящиеся к профилю «Искусственный интеллект», содержащие модули

по искусственному интеллекту, – программы высшего образования (программы бакалавриата, специалитета, магистратуры), дополнительные профессиональные программы, содержащие модули, нацеленные на формирование компетенций в области ИИ, к которым относятся: способность использовать знание основных методов ИИ в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей образовательных организаций высшего образования, инженеров, технологов; способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем, на основе применения методов машинного обучения, нейросетевых моделей и методов, сквозных цифровых субтехнологий ИИ и др. К таковым относятся образовательные программы, в которые включен образовательный модуль «Системы искусственного интеллекта» объемом 72 академических часа (в том числе 18 часов практики), а также иные модули по ИИ, нацеленные на формирование аналогичных навыков и примерно соответствующие названному модулю по объему, структуре и содержанию.

Методология исследования

Специализированное обследование обучения технологиям ИИ на основе оригинального статистического инструментария проводилось в 2023 г. сплошным методом. Его объектом стали организации высшего образования различных форм собственности и ведомственной принадлежности, осуществляющие образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, дополнительным профессиональным программам.

В рамках подготовки статистического инструментария специализированного обследования разработана форма статистического наблюдения № 1-ИИ (ВО) «Сведения об организации, осуществляющей обучение технологиям искусственного интеллекта в рамках реализации образовательных программ высшего образования и дополнительных профессиональных программ», предназначенная для получения первичных статистических данных о подготовке кадров в области ИИ. Ее структура определяется основными направлениями измерения образовательной деятельности в области ИИ (рис. 1).

Поскольку действующие перечни направлений подготовки (специальностей) не предусматривают возможность выделения профиля ИИ, а в новом перечне, вступающем в силу в 2025 г., направления подготовки (специальности) с таким профилем встречаются лишь фрагментарно [Минобрнауки России, 2022b], отбор программ по профилю ИИ производился на основе их соответствия модели компетенций в сфере ИИ. Модель компетенций позволяет идентифицировать образовательные программы, в рамках которых ведется подготовка высококвалифицированных

специалистов в области ИИ, и, таким образом, может быть использована в качестве надклассификационного критерия отбора программ по профилю ИИ, что помогает преодолеть ограничения, связанные с использованием действующих перечней направлений подготовки и специальностей, а также сохранить основные принципы отнесения программ к соответствующему профилю даже в случае обновления перечней. Статистическое измерение, построенное по принципам компетентностной модели, дает возможность учитывать не только количественные параметры, но и качественную (содержательную) составляющую программ, а также отслеживать ход реализации мероприятий государственной политики по подготовке кадров в области ИИ.

Впервые подобный подход был применен Минобрнауки России [Рябко и др., 2022]. В ходе опроса вузов запрашивались сведения о реализуемых и планируемых к реализации образовательных программах в области ИИ. Отбор программ проводился вузами на основании собственного анализа их содержания, а также с использованием модели компетенций в сфере ИИ. При этом не требовалось точное соответствие образовательных программ модели: она была рекомендована в качестве ориентира. Поскольку модель имеет официальный статус, в настоящий момент целесообразно считать соответствие ей обязательным критерием отнесения программ к области ИИ.

В ходе проведенного НИУ ВШЭ специализированного обследования к области ИИ были отнесены не только программы по профилю «Искусственный интеллект», но и программы иных профилей, содержащие модули по ИИ. Помимо

Рис. 1. Структура формы № 1-ИИ (ВО) «Сведения об организации, осуществляющей обучение технологиям искусственного интеллекта в рамках реализации образовательных программ высшего образования и дополнительных профессиональных программ»

Раздел 1. Сведения об образовательных программах

- Реализация образовательных программ, в том числе: по профилю ИИ; содержащих модули по ИИ
- Изучение студентами технологий ИИ в рамках образовательных программ

Раздел 2. Сведения о приеме, численности обучающихся и выпуске по образовательным программам

- Контингент обучающихся (прием, численность, выпуск) по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры по направлениям подготовки и специальностям, в том числе: по профилю ИИ; содержащим модули по ИИ
- Контингент обучающихся (прием, численность, выпуск) по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки и научным специальностям по профилю ИИ
- Слушатели, обученные по программам дополнительного профессионального образования по профилю ИИ; содержащим модули по ИИ

Раздел 3. Сведения о персонале организации

- Педагогические работники, в том числе преподающие дисциплины, направленные на освоение технологий ИИ
- Повышение квалификации штатных работников, преподающих дисциплины, направленные на освоение технологий ИИ
- Дефицит работников, преподающих дисциплины, направленные на освоение технологий ИИ

Раздел 4. Материально-техническое оснащение организации

- Сведения о наличии специализированных структурных подразделений, осуществляющих научную и (или) образовательную деятельность, связанную с развитием и освоением технологий ИИ
- Сведения о наличии и использовании цифровых ресурсов, направленных на освоение технологий ИИ в рамках образовательных программ бакалавриата, специалитета, магистратуры: учебно-лабораторных помещений, оснащенных цифровым оборудованием для проведения практических, лабораторных и иных занятий; ИТ-инфраструктуры; цифрового контента
- Обеспеченность цифровыми ресурсами для обучения технологиям ИИ
- Затраты на аренду облачной ИТ-инфраструктуры и цифрового контента для изучения дисциплин, направленных на освоение технологий ИИ в рамках образовательных программ бакалавриата, специалитета, магистратуры

данных, характеризующих масштабы подготовки кадров, впервые собраны сведения о ресурсах для реализации такой подготовки – как кадровых, так и материально-технических.

Практика показывает, что изучение технологий ИИ в вузовском секторе получило наибольшее распространение в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры, поэтому именно они находятся в фокусе настоящего исследования.

Полученные данные позволили охарактеризовать ландшафт подготовки кадров в области ИИ, косвенно оценить динамику показателей подготовки даже в рамках одного года наблюдения (за счет сравнения приема и выпуска по соответствующим образовательным программам); выявить факторы подготовки кадров, формирующие потенциал ее дальнейшего развития.

1. Масштабы освоения технологий ИИ в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры

Масштабы подготовки высококвалифицированных кадров в области ИИ растут¹

В 2023 г. число образовательных программ по профилю ИИ составило более 600, программ, содержащих модуль по ИИ, – 8.5 тыс., численность обучающихся по ним – 42.3 и 689.2 тыс. человек соответственно (1.0% и 15.9% от общей численности студентов). Большая часть (61.8%) программ по профилю ИИ реализуется в магистратуре, при этом удельный вес обучающихся в бакалавриате составляет 60.5%. Если сопоставить эти данные со структурами числа программ бакалавриата, специалитета и магистратуры в целом и соответствующей численности студентов, можно отметить, что доля магистерских программ по профилю ИИ почти вдвое выше, а численности обучающихся – почти втрое (рис. 2). Освоение программ по профилю ИИ (или их аналогам) на поздних этапах обучения в университете – распространенная практика не только в России, но и в большинстве европейских стран [Righi et al., 2022]. Что касается модуля по ИИ, то здесь, напротив, наблюдается смещение в сторону бакалаврских программ, хотя и незначительное.

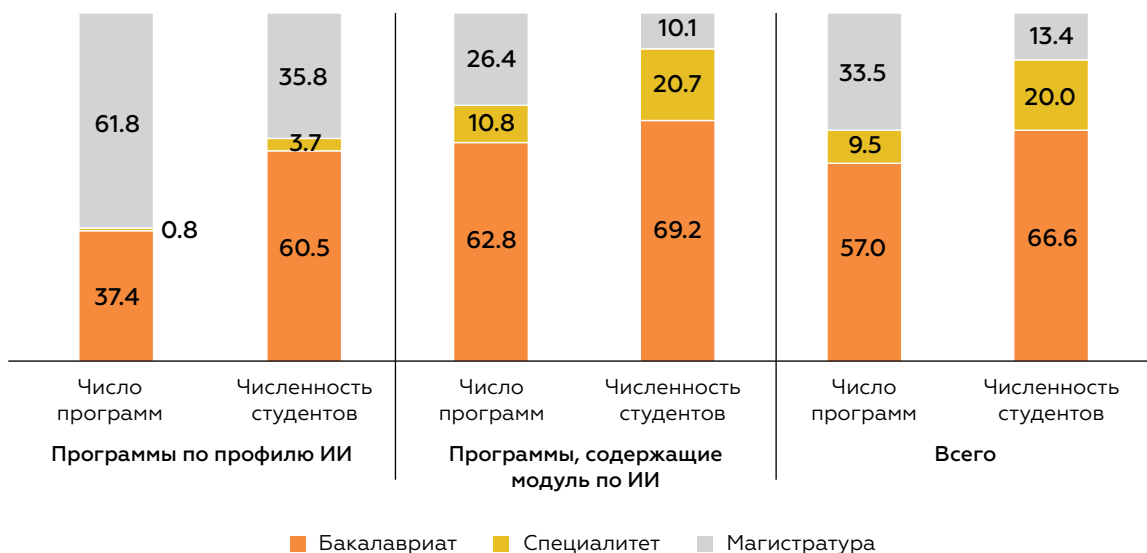
Среди студентов профильных программ по ИИ более двух третей (68.6%) обучались за счет бюджетных ассигнований, что на 3.5 п. п. выше аналогичной доли для программ бакалавриата, специалитета, магистратуры в области ИТ² (65.1%). Соответствующий показатель для изучающих модули по ИИ составил 57.4%, что заметно меньше, чем для обучающихся по профилю ИИ, но выше доли «бюджетников» в общей численности студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры (47.4%). Благодаря мерам по расширению подготовки ИТ-кадров, реализованным в рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» [Минцифры России, 2024а], доступность бюджетных мест по программам в сфере ИТ (в том числе по профилю ИИ) выше, чем в среднем по программам высшего образования.

Численность выпускников программ по профилю ИИ на 1 октября 2023 г. составила 3.8 тыс. человек – всего 0.5% от общего выпуска бакалавриата, специалитета и магистратуры (рис. 3). Однако численность принятых на обучение по указанным программам в том же году достигла 20.7 тыс. человек, а их доля в общем приеме – 1.6%.

¹ В докладе приводятся итоги без учета Донецкой Народной Республики (ДНР), Луганской Народной Республики (ЛНР), Запорожской и Херсонской областей. В ряде случаев данные по отдельным показателям уточняют ранее опубликованные.

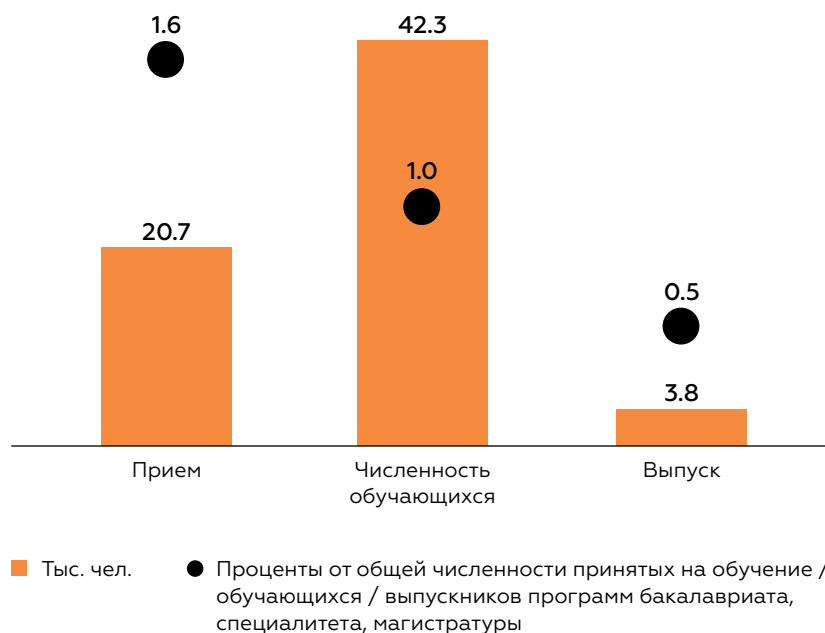
² Программы бакалавриата, специалитета, магистратуры по укрупненным группам специальностей и направлений подготовки (УГСН) «Математика и механика», «Компьютерные и информационные науки», «Информатика и вычислительная техника» и «Информационная безопасность».

Рис. 2. Распределение программ бакалавриата, специалитета, магистратуры в области ИИ и численности обучающихся по уровням образования: 2023 (проценты)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах; Минобрнауки России – ФСН за деятельностью организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Рис. 3. Прием, численность обучающихся и выпуск в бакалавриате, специалитете, магистратуре по профилю ИИ: 2023



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Разрыв между показателями приема, численности обучающихся и выпуска связан с тем, что за последние несколько лет прием по профилю ИИ кратно увеличился и студенты еще не успели завершить обучение. Это означает, что в среднесрочной перспективе возможен существенный рост выпуска молодых специалистов по профилю ИИ. Принимая во внимание коэффициент завершения обучения (72%) [НИУ ВШЭ, 2024], можно ожидать, что выпуск бакалавров через четыре года достигнет уровня

8.7 тыс. человек, а выпуск магистров через два года – 6 тыс. человек.

Большая часть (70.1%) студентов программ по профилю ИИ обучаются по специальностям и направлениям подготовки в области «Инженерное дело, технологии и технические науки»; примерно четверть (27.2%) приходится на «Математические и естественные науки»; 1.4% – на «Науки об обществе»; на другие области образования – всего 1.2% указанной группы обучающихся (рис. 4).

Рис. 4. Структуры приема, численности обучающихся и выпуска в бакалавриате, специалитете, магистратуре по профилю ИИ по областям образования: 2023 (проценты)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Доля «Инженерного дела, технологий и технических наук» в структуре приема значительно выше, чем в структуре выпуска, а доля математических и естественных наук, напротив, ниже, что свидетельствует о более интенсивном наращивании объемов подготовки по профилю ИИ в сфере инженерного дела, технологий и технических наук. Программы по профилю ИИ

представлены только в отдельных УГСН, спектр которых постепенно расширяется. Так, выпуск по профилю ИИ осуществлялся в 15 УГСН, из которых 10 приходилось на «Инженерное дело, технологии и технические науки», 3 – на «Математические и естественные науки», и по одной – на «Науки об обществе» и «Гуманитарные науки». Численность принятых на обучение

распределяется уже между 27 УГСН, из которых 15 относятся к области «Инженерное дело, технологии и технические науки», 4 – к «Математическим и естественным наукам», 3 – к «Наукам об обществе», 2 – к «Гуманитарным наукам», и еще по одной – к областям «Здравоохранение и медицинские науки», «Сельское хозяйство и сельскохозяйственные науки», «Образование и педагогические науки».

В рамках профиля ИИ наиболее широкий спектр технологий ИИ осваивают будущие разработчики программного обеспечения

В ходе обследования были собраны данные об освоении студентами в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры ключевых классов технологий ИИ: обработки визуальных данных, включая компьютерное зрение; обработки звуковых данных, включая распознавание и синтез речи; обработки текста; интеллектуальной поддержки принятия решений и управления.

Большинство (81.6%) студентов программ по профилю ИИ осваивали технологии интеллектуальной поддержки принятия решений и управления. На втором месте по охвату обучающихся – технологии компьютерного зрения (67.9%). Половина студентов (50.2%) изучали технологии обработки текста и более четверти (28.9%) – обработки звуковых данных.

Охват студентов обучением технологиям ИИ того или иного класса зависит от области образования, а также УГСН, к которой относится образовательная программа. Так, в области «Инженерное дело, технологии и технические науки», к которой принадлежат две трети студентов профильных

программ по ИИ, распределение соответствует общей картине по всем рассмотренным программам (табл. 1). В остальных областях преобладают технологии компьютерного зрения.

Стоит отметить, что в табл. 1 в каждой из областей образования представлены только наиболее крупные УГСН. Так, в область «Инженерное дело, технологии и технические науки» входят еще 11 УГСН, в числе которых «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», «Техника и технологии наземного транспорта», «Электро- и теплоэнергетика» и др. Среди студентов программ по профилю ИИ в области «Математические и естественные науки» есть также будущие физики и астрономы. В «Науках об обществе» наиболее многочисленна группа «Экономика и управление», к которой относятся 94.8% студентов, остальные 5.2% изучают политические науки или юриспруденцию. Меньше всего обучающихся по профилю ИИ – в образовании, языкознании, спорте и сельском хозяйстве (вошли в категорию «другие»).

Технологии интеллектуальной поддержки принятия решений и управления изучают все студенты профильных программ по ИИ, связанных с информационной безопасностью и управлением в технических системах. Среди студентов программ в группе «Электроника, радиотехника и системы связи» охват указанными технологиями (91.0%) также выше среднего показателя по области «Инженерное дело, технологии и технические науки».

В рамках профиля ИИ технологии компьютерного зрения активнее всего осваиваются будущими математиками (83.9%). Также обращает на себя внимание относительно высокая доля изучающих эти технологии студентов группы «Машиностроение» (58.8%). В первую очередь это

Табл. 1. Освоение различных классов технологий ИИ студентами, обучающимися в бакалавриате, специалитете и магистратуре по профилю ИИ: 2023

Области образования, УГСН	Численность студентов, тыс. чел.	Удельный вес осваивающих класс технологий ИИ в численности студентов по соответствующей области образования, УГСН, проценты*			
		Компьютерное зрение	Обработка звуковых данных	Обработка текста	Интеллектуальная поддержка принятия решений и управления
В целом по профилю ИИ	42.3	67.9	28.9	50.2	81.6
Математические и естественные науки	11.5	82.8	34.5	61.9	73.1
из них:					
математика и механика	7.7	83.9	34.5	56.7	71.0
компьютерные и информационные науки	3.6	79.5	36.1	75.6	79.3
Инженерное дело, технологии и технические науки	29.6	62.1	27.3	46.7	85.8
из них:					
информатика и вычислительная техника	19.2	67.1	31.1	55.7	83.0
машиностроение	3.5	58.8	22.8	18.6	85.4
информационная безопасность	2.1	45.1	6.8	36.9	100.0
электроника, радиотехника и системы связи	1.5	67.5	42.4	44.3	91.0
управление в технических системах	1.3	31.3	19.1	35.5	100.0
Науки об обществе	0.6	62.1	6.3	16.8	56.1
Другие**	0.5	76.9	22.2	28.3	54.5

* Здесь и далее в табл. 2 сумма значений по строке превышает 100%, поскольку образовательные программы могут предусматривать освоение более одной группы технологий ИИ.

** К другим областям образования отнесены «Образование и педагогические науки», «Гуманитарные науки», «Сельское хозяйство и сельскохозяйственные науки».

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

обучающиеся таких направлений подготовки, как «Мехатроника и робототехника» и «Автоматизация технологических процессов и производств».

Технологии обработки текста и звука занимают более скромное место в програм-

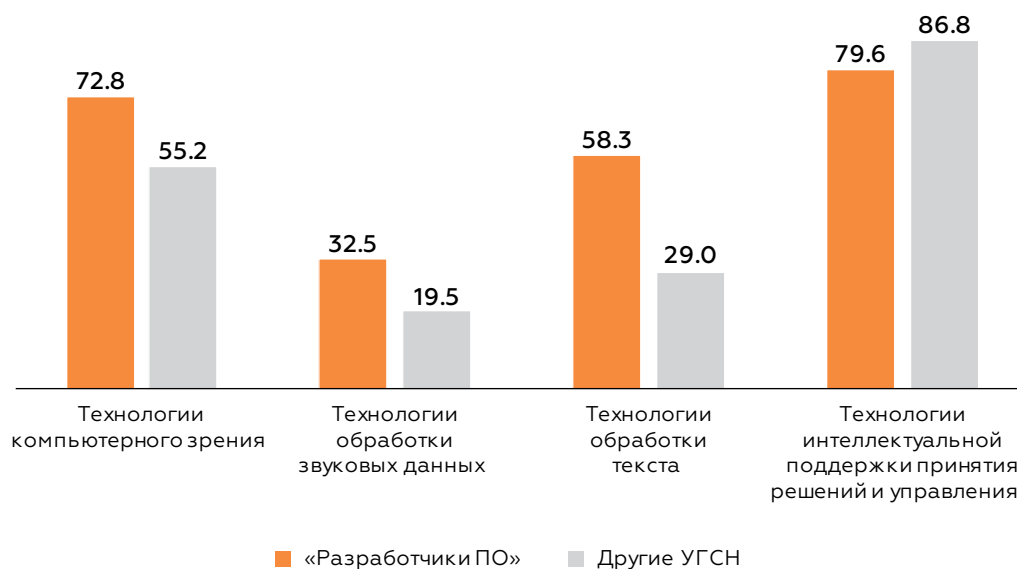
мах по профилю ИИ, чем остальные виды технологий. Чаще их осваивают на специальностях, непосредственно связанных с ИТ (в группах «Математика и механика», «Компьютерные и информационные науки», «Информатика и вычислительная

техника», «Электроника, радиотехника и системы связи»). Исключение составляет группа «Информационная безопасность», где в силу специфики деятельности будущих специалистов технологии обработки звука востребованы мало.

Примечательно, что студенты, изучающие ИИ в рамках компьютерных и информационных наук, обладают наиболее универсальными знаниями в этой области, поскольку примерно в равной степени осваивают технологии и компьютерного зрения, и обработки текста, и интеллектуальной поддержки принятия решений и управления: охват в каждом случае составляет приблизительно 80%. В целом,

в условной группе «Разработчиков ПО» (обучающихся по профилю ИИ в группах «Математика и механика»³, «Компьютерные и информационные науки», «Информатика и вычислительная техника») освоение технологий ИИ происходит интенсивнее, чем среди обучающихся остальных групп (рис. 5). «Разработчики ПО» вдвое чаще изучают технологии обработки текста, примерно в 1.5 раза чаще – технологии компьютерного зрения и обработки звука. Исключение составляют только технологии поддержки принятия решений и управления: их осваивают несколько меньшая (но все равно высокая) доля студентов указанной группы.

Рис. 5. Освоение технологий ИИ «Разработчиками ПО» и студентами других УГСН, обучающимися в бакалавриате, специалитете и магистратуре по профилю ИИ: 2023 (проценты от численности студентов соответствующих групп)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

³ Студенты группы «Математика и механика» отнесены к «Разработчикам ПО», поскольку абсолютное их большинство (97.8%) в рамках программ по профилю ИИ обучаются по направлениям подготовки «Прикладная математика» и «Прикладная математика и информатика».

Спектр технологий ИИ, изучаемых в рамках модуля, определяется направлением подготовки (специальностью) образовательной программы

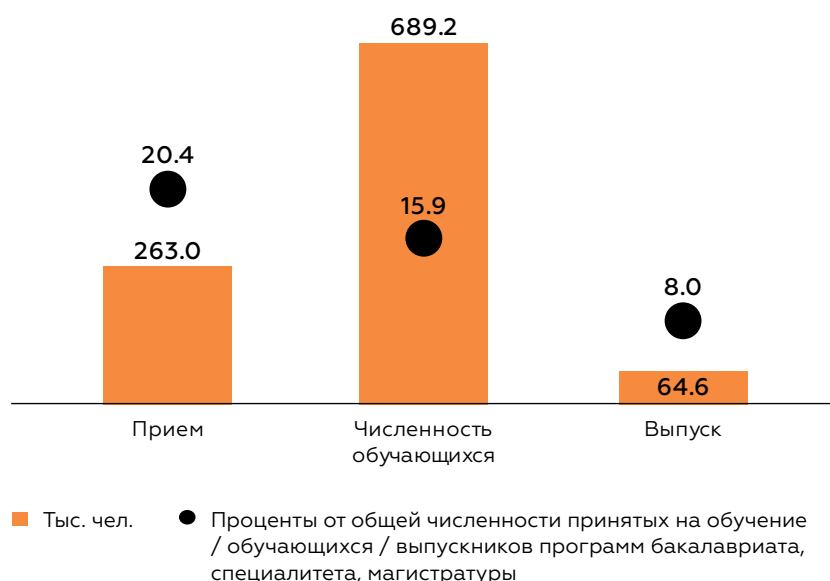
В гораздо более широких масштабах, чем в рамках программ по профилю ИИ, ведется подготовка кадров по программам, содержащим модуль по ИИ. Численность их выпускников в 2023 г. составила 64,6 тыс. человек (рис. 6). Столь высокий результат обусловлен ориентированностью указанного модуля на массовое внедрение в образовательные программы. Так, согласно Национальной стратегии развития ИИ, соответствующие

модули предполагается включить во все образовательные программы высшего образования.

В 2023 г. каждый пятый принятый на обучение и примерно каждый шестой студент бакалавриата, специалитета и магистратуры должен был в течение срока освоения образовательной программы изучить дисциплины модуля по ИИ. Среди выпускников охват модулем составил 8%.

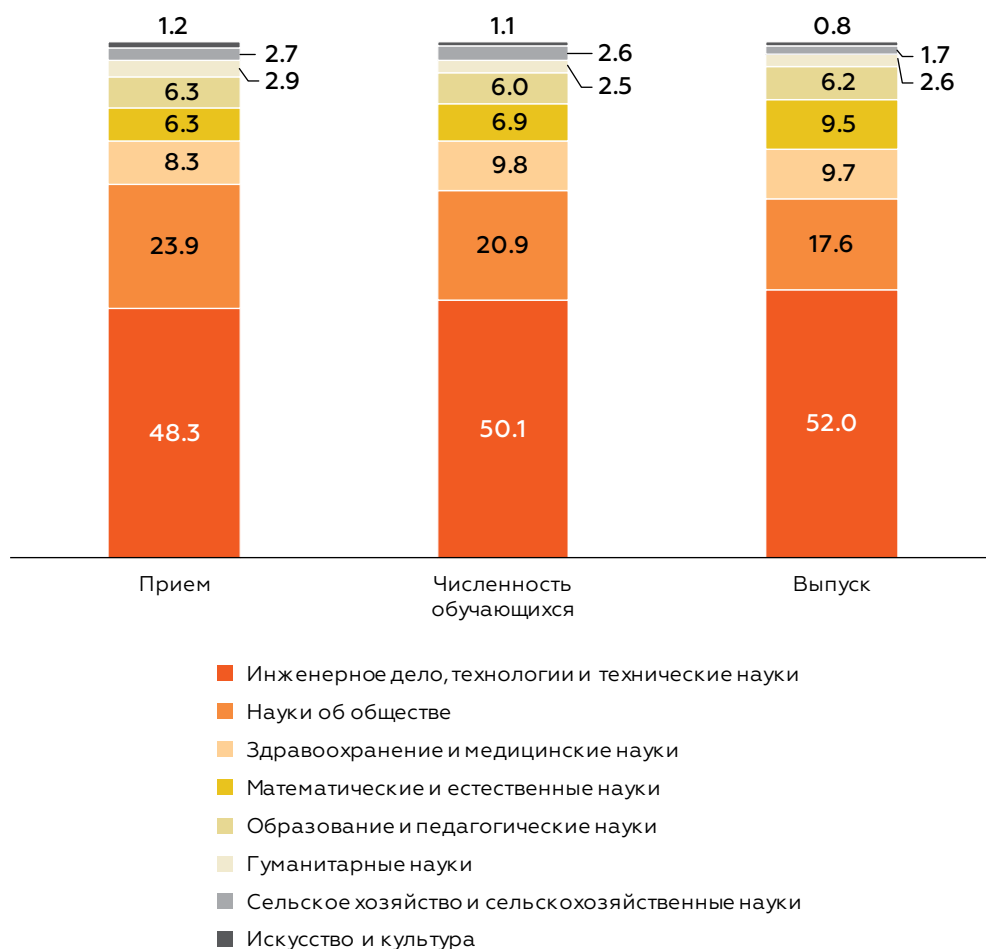
В структурах приема, численности обучающихся и выпуска по программам, включающим модуль по ИИ, половина приходится на область «Инженерное дело, технологии и технические науки» (рис. 7). Также довольно широко представлены науки об обществе, при этом доля последних в приеме на 6 п. п. выше, чем в выпуске.

Рис. 6. Прием, численность обучающихся и выпуск в бакалавриате, специалитете, магистратуре по программам, содержащим модуль по ИИ: 2023



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Рис. 7. Структуры приема, численности обучающихся и выпуска в бакалавриате, специалитете, магистратуре по программам, содержащим модуль по ИИ, по областям образования: 2023 (проценты)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Если расположить классы технологий ИИ по их популярности в рамках таких программ, то их порядок совпадет с приведенным выше для профильных программ. Однако по охвату студентов картина существенно отличается. Если обучением по технологиям интеллектуальной поддержки принятия решений и управления в рамках обоих треков охвачены четыре пятых студентов, то по остальным классам технологий значение показателя в случае программ

с модулем по ИИ почти вдвое ниже: по технологиям компьютерного зрения – 38.7%; по технологиям обработки текста – 31.0%, по технологиям обработки звуковых данных – 13.6% (табл. 2). При этом следует учесть, что обучение по программам, содержащим модуль по ИИ, носит существенно более массовый характер, и набор специальностей и направлений подготовки, предусматривающих освоение тех или иных технологий ИИ, здесь значительно разнообразнее.

Табл. 2. Освоение различных классов технологий ИИ студентами, обучающимися в бакалавриате, специалитете и магистратуре по программам, содержащим модуль по ИИ: 2023

Области образования, УГСН	Численность студентов, тыс. чел.	Охват модулем по ИИ студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры по соответствующей области образования, УГСН, проценты	Удельный вес осваивающих класс технологий ИИ в численности студентов программ, содержащих модуль по ИИ, по соответствующей области образования, УГСН, проценты			
			Компьютерное зрение	Обработка звуковых данных	Обработка текста	Интеллектуальная поддержка принятия решений и управления
Всего по программам с модулем по ИИ	689,2	15,9	38,7	13,6	31,0	78,3
Математические и естественные науки из них:	476	26,0	51,3	19,3	42,2	68,2
математика и механика	22,7	42,7	53,3	20,6	41,4	67,3
компьютерные и информационные науки	10,6	45,4	60,4	26,0	48,0	79,9
науки о Земле	4,7	13,0	38,4	13,0	41,2	66,4
физика и астрономия	4,2	18,8	43,8	11,0	33,1	36,6
Инженерное дело, технологии и технические науки из них:	345,2	25,7	42,2	16,5	32,1	78,9
информатика и вычислительная техника	137,9	50,4	42,0	17,9	34,8	82,3
машиностроение	23,1	20,4	41,7	14,3	35,3	74,6
техника и технологии строительства	23,0	17,2	48,2	7,5	28,8	79,5
техника и технологии наземного транспорта	21,7	17,3	59,1	26,2	33,1	88,0
информационная безопасность	20,1	41,9	42,4	18,4	25,8	82,4
прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия	19,6	16,9	53,5	12,3	46,0	45,3
управление в технических системах	15,2	30,2	37,2	19,5	29,3	80,8
электроника, радиотехника и системы связи	14,8	21,5	46,0	14,8	13,4	70,2
электро- и теплотехника	14,3	12,5	25,4	13,4	29,4	85,1

Области образования, УГСН	Численность студентов, тыс. чел.	Охват модулем по ИИ студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры по соответствующей области образования, УГСН, проценты	Удельный вес осваивающих класс технологий ИИ в численности студентов программ, содержащих модуль по ИИ, по соответствующей области образования, УГСН, проценты			
			Компьютерное зрение	Обработка звуковых данных	Обработка текста	Интеллектуальная поддержка принятия решений и управления
Здравоохранение и медицинские науки из них: клиническая медицина фармация	67.7 59.3 3.6	19.3 19.0 21.1	61.6 60.2 73.9	1.2 0.0 14.2	30.2 27.6 60.0	84.8 83.8 92.1
Сельское хозяйство и сельскохозяйственные науки из них: сельское, лесное и рыбное хозяйство	17.9 13.5	9.9 11.3	45.8 40.8	8.3 8.1	18.1 19.4	84.3 88.3
Науки об обществе из них: экономика и управление юриспруденция средства массовой информации и информационно-библиотечное дело	144.0 82.4 34.5 8.5	9.9 12.0 7.8 8.1	18.5 17.7 13.2 29.8	7.5 7.4 5.6 11.0	22.1 21.2 15.9 42.7	83.0 85.0 84.2 73.3
Образование и педагогические науки	41.6	8.6	30.4	21.3	34.1	70.2
Гуманитарные науки из них: языкознание и литературоведение	17.4 13.1	8.6 12.4	20.0 18.6	18.6 21.8	51.7 53.0	47.3 46.3
Искусство и культура из них: изобразительное и прикладные виды искусств	7.7 4.2	6.1 8.3	51.5 33.9	32.2 12.3	52.0 29.6	70.4 62.3

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах; Минобрнауки России – ФСН за деятельностью организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Самая многочисленная область образования, как и в случае с программами по профилю ИИ, – «Инженерное дело, технологии и технические науки». В ней представлены 23 УГСН, в которых есть обучающиеся по программам с модулем по ИИ (помимо представленных в табл. 2, это, например, «Химические технологии», «Промышленная экология и биотехнологии», «Авиационная и ракетно-космическая техника»). Наряду с УГСН, наиболее массовыми и для профильных программ, среди программ с модулем по ИИ по численности студентов выделяются такие, как «Техника и технологии строительства», «Техника и технологии наземного транспорта», «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия» и «Электро- и теплоэнергетика». Практически во всех перечисленных УГСН большая часть обучающихся осваивают технологии интеллектуальной поддержки принятия решений и управления; исключение составляет лишь группа «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия», где на указанные технологии приходится всего 45.3% – меньше, чем на технологии компьютерного зрения (53.5%) и технологии обработки текста (46.0%). Подобное распределение объясняется спецификой отрасли, к работе в которой готовятся будущие специалисты. В геологии компьютерное зрение получило широкое распространение и используется для решения целого ряда задач: определения различных характеристик работы оборудования на основе анализа изображений, гранулометрического анализа извлекаемой породы [Луковкин, 2021], интерпретации сейсмических данных [Краснов и др., 2018] и мн. др. Также технологии компьютерного зрения играют важную роль в подготовке кадров для таких сфер, как наземный транспорт (59.1%), строительство (48.2%), машиностроение (41.7%), где они помогают

отслеживать состояние дорог, обнаруживать дефекты производства, осуществлять мониторинг безопасности работников [Постолит, 2021; Ростех, 2023; Мельников, Кириеев, 2024] и т. д.

Каждый пятый студент программ, содержащих модуль по ИИ, изучает науки об обществе. Большая часть из них – студенты экономических факультетов, но также заметное место занимают изучающие юриспруденцию, СМИ и информационно-библиотечное дело. Остальные 18.6 тыс. студентов в данной области образования обучаются по программам, относящимся к группам «Психологические науки», «Сервис и туризм», «Политические науки и регионоведение», «Социология и социальная работа». Кроме технологий поддержки управления, которые являются самыми распространенными в абсолютном большинстве программ с модулем по ИИ, в науках об обществе определенную популярность получило обучение технологиям обработки текста. Интеллектуальный анализ текста широко применяется в рекламе, журналистике и издательском деле (например, для машинного копирайтинга и др.), поэтому среди студентов группы «СМИ и информационно-библиотечное дело» высока доля осваивающих соответствующие технологии (42.7%). Навыки обработки текста при помощи ИИ в ряде случаев нужны и экономистам, менеджерам, маркетологам (в частности, для использования текстовых чат-ботов и других способов автоматизации взаимодействия с клиентами, кредитного скоринга), что находит отражение в подготовке студентов по УГСН «Экономика и управление»: 21.2% из них изучают названные технологии.

В отличие от программ по профилю ИИ, программы с модулем по ИИ часто встречаются в здравоохранении и медицинских науках: доля обучающихся в этой области составляет около 10% от численности

студентов, изучающих модуль по ИИ. Большинство (87.7%) из них осваивают специальности в рамках клинической медицины, 5.3% – фармации, еще 7.0% – фундаментальной, профилактической медицины, сестринского дела. После технологий поддержки управления, наиболее распространенных почти во всех УГСН, наиболее популярными в данной области образования являются технологии компьютерного зрения (61.6%). Перспективы их применения в медицине связаны главным образом с улучшением диагностики на основе анализа медицинских снимков, но есть и другие развивающиеся направления – видеоаналитика состояния пациентов, мобильная и персонализированная медицина и др. [Белозеров, Судаков, 2022; Каталевская и др., 2022; Кузнецов, 2022]. Кроме того, в фармации зафиксирован один из самых высоких показателей охвата студентов обучением технологиям обработки текста (60.0%). Владение ими позволяет сотрудникам фармацевтических компаний значительно ускорить поиск и разработку новых лекарств, выявлять тренды и направления исследований на основе анализа клинических данных, научных публикаций и патентов [Кошечкин, 2024].

Студенты математических и естественных наук существенно меньше представлены в структуре численности студентов программ, содержащих модуль по ИИ, по сравнению со структурой обучения по профильным программам. Однако состав УГСН, в которых ведется обучение технологиям ИИ, здесь шире: в него вошли «Науки о Земле», «Физика и астрономия», «Биологические науки», «Химия». Из них более многочисленны первые две группы: «Науки о Земле» – за счет студентов направления «Экология и природопользование», «Физика и астрономия» – за счет студентов «Прикладной математики и физики».

На область «Образование и педагогические науки» приходится почти столько же студентов программ с модулем по ИИ, сколько обучается в области «Математические и естественные науки». Как будущие педагоги, так и математики в основном осваивают технологии поддержки принятия решений и управления (примерно по 70%).

В гуманитарных науках отчетливо выделяются технологии обработки текста (51.7%). Такой результат, безусловно, определяется преобладающей группой «Языкознание и литературоведение», на которую приходится три четверти студентов в этой области образования. Но и в остальных группах, относящихся к гуманитарным наукам, где есть студенты программ с модулем по ИИ («История и археология», «Физическая культура и спорт», «Философия, этика и религиоведение», «Востоковедение и африканистика», «Теология»), доля технологий обработки текста высока (47.6%). Каждый пятый студент группы «Языкознание и литературоведение» осваивает технологии обработки звуковых данных, востребованные в компьютерной лингвистике, где они находят применение в машинном переводе, создании голосовых помощников.

В сельскохозяйственных науках большая часть (75.5%) студентов программ с модулем по ИИ сосредоточена в группе «Сельское, лесное и рыбное хозяйство», каждый четвертый обучается на ветеринара или зоотехника. Как и в большинстве других областей образования, здесь наиболее распространено обучение технологиям интеллектуальной поддержки принятия решений (84.3%). В сельском хозяйстве они используются, например, для прогнозирования урожайности. Вдвое меньше, но все-таки относительно велика доля студентов, осваивающих технологии компьютерного зрения (45.8%), которые в последние годы активно внедряются в различных

отраслях сельского хозяйства, где используются, в частности, для мониторинга сельхозугодий, контроля качества продукции, картирования полей, точечной обработки растений [РБК, 2023b; Ужинский, 2023].

В «Искусстве и культуре» технологии ИИ изучают студенты всех УГСН, входящих в эту область образования, но в разной мере. Более половины студентов программ с модулем по ИИ в сфере искусства обучаются по специальностям, относящимся к группе «Изобразительное и прикладные виды искусств». Определяющую роль в ней играет дизайн, поэтому треть студентов в группе осваивают технологии компьютерного зрения.

Заметим, что больший удельный вес ряда областей образования и УГСН в численности студентов программ, содержащих модуль по ИИ, во многом обусловлен более высокой их долей в структуре программ бакалавриата, специалитета, магистратуры. С учетом показателей охвата модулем по ИИ студентов в соответствующих областях образования, «Инженерное дело, технологии и технические науки» оказываются на одном уровне с «Математикой и естественными науками», а «Науки об обществе» – с «Сельским хозяйством и сельскохозяйственными науками» (см. табл. 2). «Образование и педагогические науки», по объему подготовки сопоставимые с «Математическими науками», при рассмотрении относительных показателей обучения технологиям ИИ оказываются на более низких позициях, приближаясь к «Гуманитарным наукам» и «Искусству и культуре». При этом особенно выделяются специальности условной группы «Разработчики ПО»: охват студентов «Информатики и вычислительной техники» модулем по ИИ составляет 50.4%, близкие показатели получены для студентов

«Математики и механики», «Компьютерных и информационных наук» – 42.7 и 45.4% соответственно, что выше, чем во всех остальных группах.

Селективность программ по профилю ИИ выше, чем программ бакалавриата и специалитета в области ИТ в целом

Помимо объемов подготовки специалистов по ИИ, полезно также оценить и ее качество. Безусловно, самые надежные показатели уровня образования – востребованность выпускников работодателями, отсутствие необходимости пере- и дообучения, в том числе на рабочем месте. Такие оценки служат важным ориентиром для участников рынка труда, но позволяют судить о качестве подготовки только постфактум, после выпуска и трудоустройства подготовленных специалистов. Кроме того, поскольку в большинстве вузов обучение технологиям ИИ находится на раннем этапе развития, соответствующие данные пока недоступны. По этим причинам воспользуемся подходом, предполагающим оценку селективности образовательных программ на основе среднего балла ЕГЭ принятых на обучение.

Средний балл ЕГЭ зачисленных на обучение по программам бакалавриата и специалитета по профилю ИИ в 2023 г. выше аналогичного показателя для приема как по программам бакалавриата и специалитета в целом, так и по программам в области ИТ. При этом разница в этих величинах несколько больше для обучающихся за счет бюджетных средств (табл. 3). Явное превосходство программ по профилю наблюдается за счет таких УГСН, как «Математика

Табл. 3. Средний балл ЕГЭ принятых на обучение по программам бакалавриата и специалитета по областям образования: 2023*

Области образования	Средний балл ЕГЭ принятых на обучение в бакалавриат или специалитет на основании результатов ЕГЭ							
	за счет бюджетных ассигнований по программам:				по договорам об оказании платных образовательных услуг по программам:			
	в целом	в области ИТ	по профилю ИИ	содержащим модуль по ИИ	в целом	в области ИТ	по профилю ИИ	содержащим модуль по ИИ
Всего	70.5	74.7	75.6	70.5	63.6	63.4	65.9	61.9
Математические и естественные науки	72.0	75.9	77.0	73.5	66.4	69.6	72.4	66.9
Инженерное дело, технологии и технические науки	67.6	74.3	75.1	69.4	60.0	62.7	63.7	61.9
Здравоохранение и медицинские науки	77.0	–	(72.9)	75.3	64.0	–	(59.0)	60.8
Сельское хозяйство и сельскохозяйственные науки	60.0	–	–	59.6	54.2	–	–	53.1
Науки об обществе	79.0	–	(85.1)	77.8	64.2	–	(72.4)	61.6
Образование и педагогические науки	69.9	–	(64.2)	66.6	62.9	–	–	59.6
Гуманитарные науки	75.5	–	(81.3)	73.9	68.0	–	(60.3)	66.3
Искусство и культура	80.9	–	–	81.0	70.4	–	–	69.5

* Взятые в скобки значения средних баллов ЕГЭ носят условный характер, поскольку соответствующие им численности принятых на обучение незначительны и суммарно не превышают 1.8% от общей численности зачисленных на основании результатов ЕГЭ на программы бакалавриата и специалитета по профилю ИИ.

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах; Минобрнауки России – ФСН за деятельностью организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

и механика» (78.5 балла у «бюджетников» и 74.8 балла у обучающихся платно), «Информатика и вычислительная техника» (75.7 и 63.9 балла соответственно), «Машиностроение» (75.4 и 64.7 балла). Самой высокой селективностью в области «Инженерное дело, технологии

и технические науки» отличаются УГСН «Управление в технических системах» (81.8 и 70.4 балла) и «Информационная безопасность» в части бюджетного обучения (81.3 балла), однако их доля в приеме в указанной области образования невысока (около 7%).

Уровень подготовки зачисленных на бесплатное обучение по программам, содержащим модуль по ИИ, не отличается от среднего значения по России, в случае обучающихся на платной основе он немного ниже. В области «Математические и естественные науки» программам с модулем по ИИ так же, как и профильным программам, свойственна несколько бóльшая селективность по сравнению с бакалавриатом и специалитетом в целом. В то же время разница в баллах заметно меньше, чем в случае с профильными программами. В математических науках она обеспечивается за счет УГСН «Математика и механика» (78.1 и 71.7 балла соответственно у «бюджетников» и обучающихся платно), в технических – за счет УГСН «Информатика и вычислительная техника» (73.1 и 63.2 балла), «Информационная безопасность» (75.1 и 62.4 балла), «Электроника, радиотехника и системы связи» (68.2 и 62.3 балла), «Управление в технических системах» (70.2 и 66.4 балла). При этом в социальных и гуманитарных науках уровень подготовки принятых на программы с модулем по ИИ ниже среднего уровня подготовки зачисленных в бакалавриат и специалитет.

Результаты поступивших на обучение по программам с модулем по ИИ в областях «Образование и педагогические науки» и «Здравоохранение и медицинские науки», отличаются от средних результатов ЕГЭ по бакалавриату и специалитету в меньшую сторону (в здравоохранении в основном за счет УГСН «Клиническая медицина»).

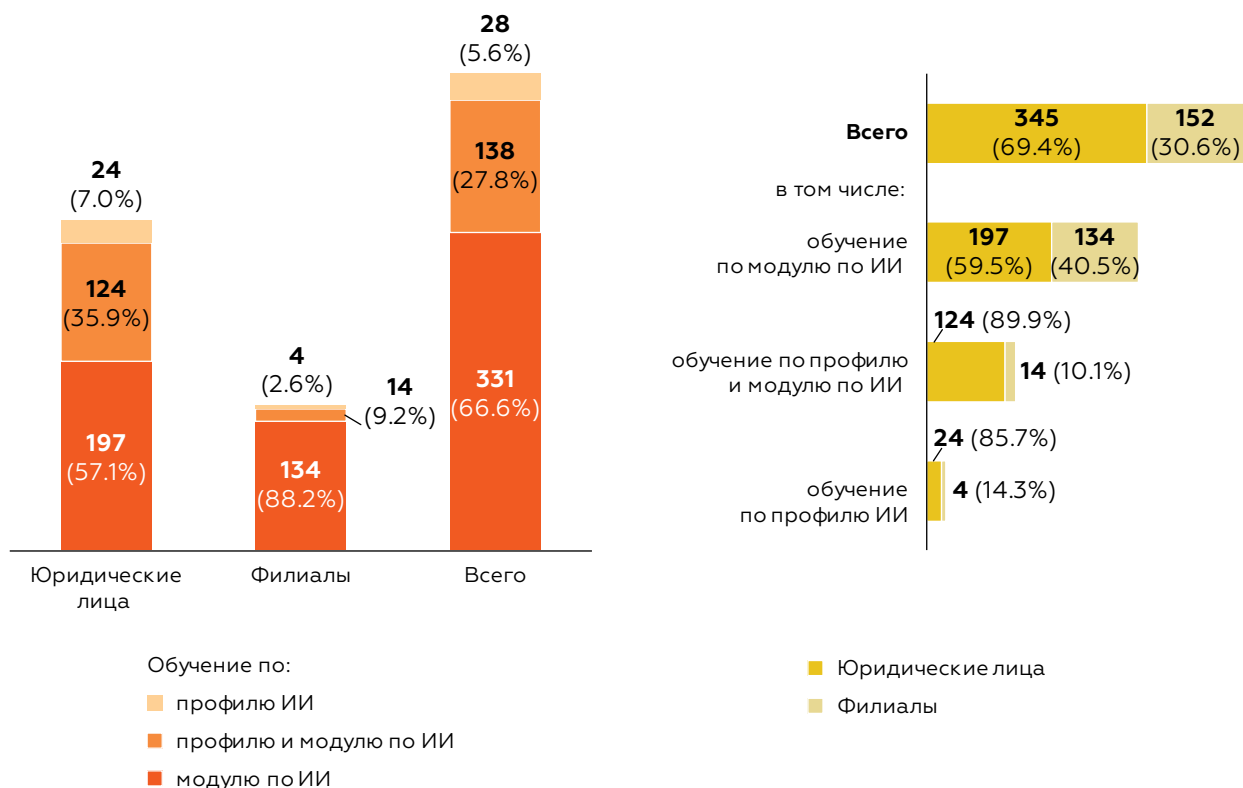
В областях «Сельское хозяйство и сельскохозяйственные науки», «Искусство и культура» результаты принятых на обучение по программам с модулем по ИИ практически не отличаются от результатов по приему в бакалавриат и специалитет в целом.

Таким образом, программы по профилю ИИ являются наиболее селективными среди рассмотренных, причем это касается большинства УГСН. В приеме на обучение по программам с модулем по ИИ результаты скромнее, но и здесь в ряде случаев они превышают средние значения по бакалавриату и специалитету. В целом при отборе абитуриентов высокой избирательностью отличаются программы в области ИИ, относящиеся к математическим и техническим наукам. Требования к уровню подготовки претендующих на обучение за счет бюджетных средств выше, чем зачисляемых на платное обучение. Это характерно как для приема по программам по профилю ИИ, так и по программам, содержащим модуль по ИИ.

Более половины всех студентов, обучающихся по профилю ИИ, сосредоточены в вузах, предлагающих наиболее массовые и селективные программы

В 2023 г. обучение студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры технологиям ИИ осуществляли 497 образовательных организаций высшего образования и их филиалов, из них 166 – по профилю ИИ, 469 – по модулю по ИИ, причем 28 – только по профилю, 138 – по профилю и модулю, 331 – только по модулю. Ключевую роль здесь играют головные организации: на филиалы приходится лишь 10% от числа организаций (вузов и их филиалов), реализующих программы по профилю ИИ, и 30% – от числа внедривших модуль по ИИ в образовательные программы. При этом вузы

Рис. 8. Вузы и их филиалы, осуществляющие обучение технологиям ИИ в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры: 2023 (ед.; в скобках – проценты от числа обследованных организаций соответствующей группировки)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

и филиалы, имеющие программы по профилю ИИ, как правило, уже включили модуль по ИИ в ряд реализуемых ими программ других профилей (рис. 8). Отметим также, что в подавляющем большинстве случаев филиалы, обучающие технологиям ИИ, принадлежат головным организациям, у которых также есть подобный опыт.

Для более детального анализа ландшафта подготовки высококвалифицированных кадров в области ИИ вузы и их филиалы, обучающие студентов по соответствующим программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, были распределены по кластерам в зависимости от численности студентов

программ по профилю ИИ. Этот критерий позволил разделить вузы по масштабам подготовки, причем за основу была взята подготовка именно по профильным программам, направленным на глубокое освоение технологий ИИ. В результате были выделены шесть кластеров: первый – вузы, в которых профильных студентов нет вообще (но есть обучающиеся по программам с модулем по ИИ); второй – вузы с численностью профильных студентов до 100 человек; третий – от 100 до 299 человек; четвертый – от 300 до 499 человек; пятый – от 500 до 1000 человек; шестой – более 1000 человек. Первая группа оказалась самой многочисленной (331 вуз),

во вторую группу попали 92 вуза, в третью – 37, четвертую – 19, пятую – 12, шестую – 6. Тем не менее на наименьшую по числу вузов шестую группу приходится 37.9% численности обучающихся по профилю ИИ, тогда как на первую – около 10%.

Численность студентов по профилю ИИ стремительно возрастает от первой к шестой группе. Если во второй она

составляет 4.2 тыс. человек, то в шестой – 16.0 тыс., что почти в четыре раза больше (табл. 4). Эта закономерность в целом соблюдается и в случае подготовки непрофильных специалистов: удельный вес изучающих модуль по ИИ в общей численности студентов программ бакалавриата, специалитета, магистратуры⁴, начиная с третьей группы, заметно растет.

Табл. 4. Масштабы подготовки в бакалавриате, специалитете, магистратуре по профилю ИИ и модулю по ИИ по кластерам вузов и их филиалов: 2023

Показатели	Кластеры вузов и их филиалов					
	1	2	3	4	5	6
Численность студентов программ по профилю ИИ, тыс. человек	0.0	4.2	6.7	7.5	7.9	16.0
Удельный вес изучающих модуль по ИИ в общей численности студентов, проценты	25.2	13.6	19.3	22.3	29.1	58.8

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах; Минобрнауки России – ФСН за деятельностью организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Полученные группы объединили образовательные организации, близкие как по масштабам подготовки по профилю ИИ, так и по охвату модулями по ИИ. Помимо уровня распространения подготовки по программам в области ИИ, важно оценить селективность соответствующих программ в разных группах, которая оценивается на основании среднего балла ЕГЭ принятых на обучение. Значения этого показателя в целом также подчиняются отмеченной выше закономерности (табл. 5). Так,

средний балл ЕГЭ принятых на обучение по программам бакалавриата и специалитета монотонно возрастает от первого к шестому кластеру, достигая 74.0 балла (средний балл по всем вузам составил 66.2 балла). Средний балл принятых на обучение по программам по профилю ИИ и с модулем по ИИ также заметно выше в четвертом–шестом кластерах по сравнению с первым (средний балл обучающихся по профилю ИИ по всем вузам – 72.1, изучающих модули – 66.4).

⁴ Рассчитывается как отношение численности обучающихся по программам, содержащим модуль по ИИ, к численности обучающихся по всем программам бакалавриата, специалитета, магистратуры за исключением программ по профилю ИИ, умноженное на 100.

Табл. 5. Средний балл ЕГЭ принятых на обучение по программам бакалавриата и специалитета по профилю ИИ и с модулем по ИИ по кластерам вузов и их филиалов: 2023

Показатели	Кластеры вузов и их филиалов					
	1	2	3	4	5	6
Всего	64.7	65.4	65.7	67.1	71.9	74.0
по профилю ИИ	–	67.6	67.4	70.9	77.9	74.3
по программам с модулем по ИИ	63.9	66.8	65.9	69.9	69.4	74.9

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Таким образом, пятый и шестой кластеры можно назвать лидерами подготовки профильных специалистов в области ИИ еще и потому, что реализуемые ими образовательные программы в области ИИ отличаются более высоким уровнем селективности, а это, в свою очередь, свидетельствует о массовом притоке наиболее подготовленных абитуриентов именно в эти вузы.

Выделенные кластеры наглядно показывают дифференциацию вузов по подготовке кадров в области ИИ. Охарактеризуем состав каждого из них.

В **первый кластер** вошли вузы, для которых обучение в области ИИ не является приоритетом. Это самый массовый кластер как по количеству вузов, входящих в ее состав, так и по общей численности студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры. По этой причине почти половина студентов, осваивающих модуль по ИИ, обучается в вузах первого кластера. Большинство учебных заведений здесь – сравнительно небольшие: почти половина – с общей численностью студентов менее 2 тыс. человек и четверть – от 2 до 5 тыс. человек (табл. 6). Во многом это обусловлено тем, что львиная

доля филиалов, реализующих программы в области ИИ, входят именно в первый кластер. Хотя в вузах кластера не ведется обучение по профилю ИИ, чуть больше четверти их студентов изучают модули по ИИ, т. е. эти вузы скорее стремятся познакомить своих студентов с основами ИИ для решения прикладных задач в их будущих профессиях, чем подготовить для дальнейшей работы по этому профилю. Модули по ИИ в этом кластере, помимо непосредственно «айтишников», изучают в основном будущие медики, экономисты, юристы и педагоги, причем в нем сосредоточено 93.3% студентов медицинских специальностей, знакомящихся с технологиями ИИ.

Второй кластер объединяет вузы, которые только начинают проявлять интерес к профильному обучению технологиям ИИ. Среди них встречаются филиалы, однако их доля невелика. В этом кластере доля небольших вузов (с численностью студентов менее 2 тыс. человек) – 17.4%, а крупных (с численностью студентов от 10 тыс. человек) – чуть больше трети. Обучение по профилю ИИ в этих вузах осуществляется, но численность студентов самая низкая – она

Табл. 6. Распределение вузов и их филиалов, осуществляющих обучение технологиям ИИ в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры, по численности студентов: 2023 (проценты от числа вузов соответствующего кластера)

Численность студентов	Кластеры вузов и их филиалов					
	1	2	3	4	5	6
Менее 2 тыс. человек	45.9	17.4	5.4	10.5	–	–
От 2 до 5 тыс. человек	26.0	15.2	2.7	10.5	8.3	–
От 5 до 10 тыс. человек	19.3	31.5	37.8	21.1	41.7	–
10 тыс. человек и более	8.8	35.9	54.1	57.9	50.0	100.0

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах; Минобрнауки России – ФСН за деятельностью организаций, осуществляющих образовательную деятельность по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры.

составляет лишь десятую часть от общего объема подготовки по профильным программам. Также здесь самый низкий охват студентов модулями по ИИ (13.6%), но средний балл ЕГЭ принятых на обучение по программам с модулем несколько выше, чем в первом кластере. При этом четверть изучающих модули по ИИ в данном кластере числятся на программах в составе УГСН «Информатика и вычислительная техника». В вузах второго кластера модули по ИИ внедряются в первую очередь в тех УГСН, которые теснее всего связаны с ИТ, – для апробации таких образовательных программ и дальнейшего распространения в других областях образования. Так, на область ИТ в целом приходится 37.9% студентов программ с модулем по ИИ – вдвое больше, чем в вузах первого кластера.

Для **третьего кластера** характерен средний уровень развития подготовки как по профилю ИИ, так и по программам, содержащим модуль по ИИ. Здесь распределение вузов (среди которых только два

филиала) по общей численности студентов еще сильнее смещено в сторону крупных организаций: таковых здесь более половины. На вузы этого кластера приходится 15.8% численности профильных студентов, а каждый пятый студент программ бакалавриата, специалитета, магистратуры изучает модуль по ИИ. В отличие от двух предыдущих, в третьем кластере в структуре численности как профильных студентов, так и изучающих модули по ИИ больший вклад принадлежит техническим направлениям подготовки и специальностям, не относящимся к ИТ (входящим, например, в состав УГСН «Машиностроение», «Авиационная и ракетно-космическая техника», «Техника и технологии наземного транспорта»). Средние баллы ЕГЭ принятых на обучение по программам в области ИИ в третьем кластере приблизительно такие же, как и во втором. Это может означать, что уровень селективности программ пока недостаточен для усиления данного направления. Таким образом, вузы третьего кластера пока не добились

выдающихся успехов в развитии подготовки по ИИ, однако заметно движение в этом направлении.

Вузы **четвертого кластера** активно развивают подготовку кадров в области ИИ. Для этого кластера характерна максимальная доля крупных вузов (57.9%). В него, как и в пятый кластер, входит только один филиал. По сравнению с третьим кластером, здесь выше не только показатели численности студентов по профилю ИИ и охвата обучающихся модулями по ИИ, но и средние баллы ЕГЭ зачисленных на соответствующие программы. В то же время эти вузы уступают по масштабам подготовки в сфере ИИ двум лидирующим кластерам. В структуре численности студентов программ по профилю ИИ преобладают направления подготовки и специальности, связанные с ИТ, тогда как среди студентов программ с модулем по ИИ их доля, хотя и существенная, минимальна среди кластеров со второго по шестой. Среди программ с модулем сравнительно высокая доля УГСН, относящихся к прикладной геологии, строительству, энергетике, машиностроению. В целом, вузы четвертого кластера обладают потенциалом для превращения в своего рода «кузницу кадров» для сферы ИИ.

Пятый кластер составляют вузы, добившиеся определенных успехов в подготовке кадров в области ИИ. В части распределения вузов по численности студентов он похож на третий кластер с небольшим смещением в сторону средних вузов (от 5 до 10 тыс. студентов). Вузы кластера характеризуются высокими показателями подготовки как профильных специалистов (до 1000 чел. в каждом вузе, пятая часть всех студентов по профилю ИИ, сосредоточенных в 12 вузах), так и непрофильных (модулями по ИИ охвачены 29.1% студентов бакалавриата, специалитета,

магистратуры). Среди обучающихся по профилю ИИ подавляющее большинство (91.6%) осваивают специальности, связанные с ИТ, среди изучающих модули по ИИ таких почти половина (49.0%). При этом программы по профилю ИИ здесь отличаются самой высокой селективностью среди всех рассматриваемых вузов: средний результат ЕГЭ принятых на обучение по ним составил 77.9 балла.

В **шестом кластере** сконцентрированы вузы – лидеры по организации подготовки по ИИ. К их числу относятся исключительно крупные вузы с более чем 10 тыс. студентов (филиалов в шестом кластере нет). В каждом из них обучаются не менее 1000 студентов по профилю ИИ, а в сумме по шести вузам – 37.9% от общей численности таких студентов. Охват студентов модулями по ИИ здесь вдвое выше, чем в четвертом кластере – 58.8%. Кроме того, в данный кластер вошли вузы с лучшими результатами ЕГЭ принятых на обучение как по программам с модулем по ИИ (74.9 балла), так и по программам бакалавриата и специалитета в целом (74.0 балла). В шестом кластере также велика доля направлений подготовки и специальностей, связанных с ИТ – 64.3% профильных студентов, 38.7% изучающих модули по ИИ. Но, что более примечательно, в этом кластере 17.7% обучающихся по профилю ИИ являются студентами программ УГСН «Машиностроение» (в остальных – не более 4%). Причем подготовка по профилю ИИ в рамках этой УГСН ведется в пяти из шести вузов кластера. Это заставляет предположить, что в наиболее продвинутых (в плане распространения программ по профилю ИИ) вузах обучение технологиям ИИ выходит за рамки ИТ и проникает в другие области образования, прежде всего связанные с техникой и технологиями.

Таким образом, в 18 крупнейших по подготовке кадров в области ИИ вузах (около 4% обследованных организаций) сосредоточены более половины студентов, обучающихся по профилю ИИ. Также их отличают наиболее высокие показатели охвата программами, содержащими модуль по ИИ, и высокий уровень подготовки принятых на обучение, а значит, селективности образовательных программ. Для вузов пятого и шестого кластеров характерен высокий спрос на обучение по профилю ИИ со стороны молодежи, поэтому среди обучающихся в них достаточно велика по сравнению с другими вузами доля студентов-платников (более 40%), имеющих относительно высокий, хотя и недостаточный для зачисления на бюджетные места, уровень подготовки. Таким образом, в указанных вузах есть потребность и возможности для расширения подготовки по профилю ИИ за счет бюджетных мест.

Масштабы подготовки по программам в области ИИ значительно различаются по субъектам РФ

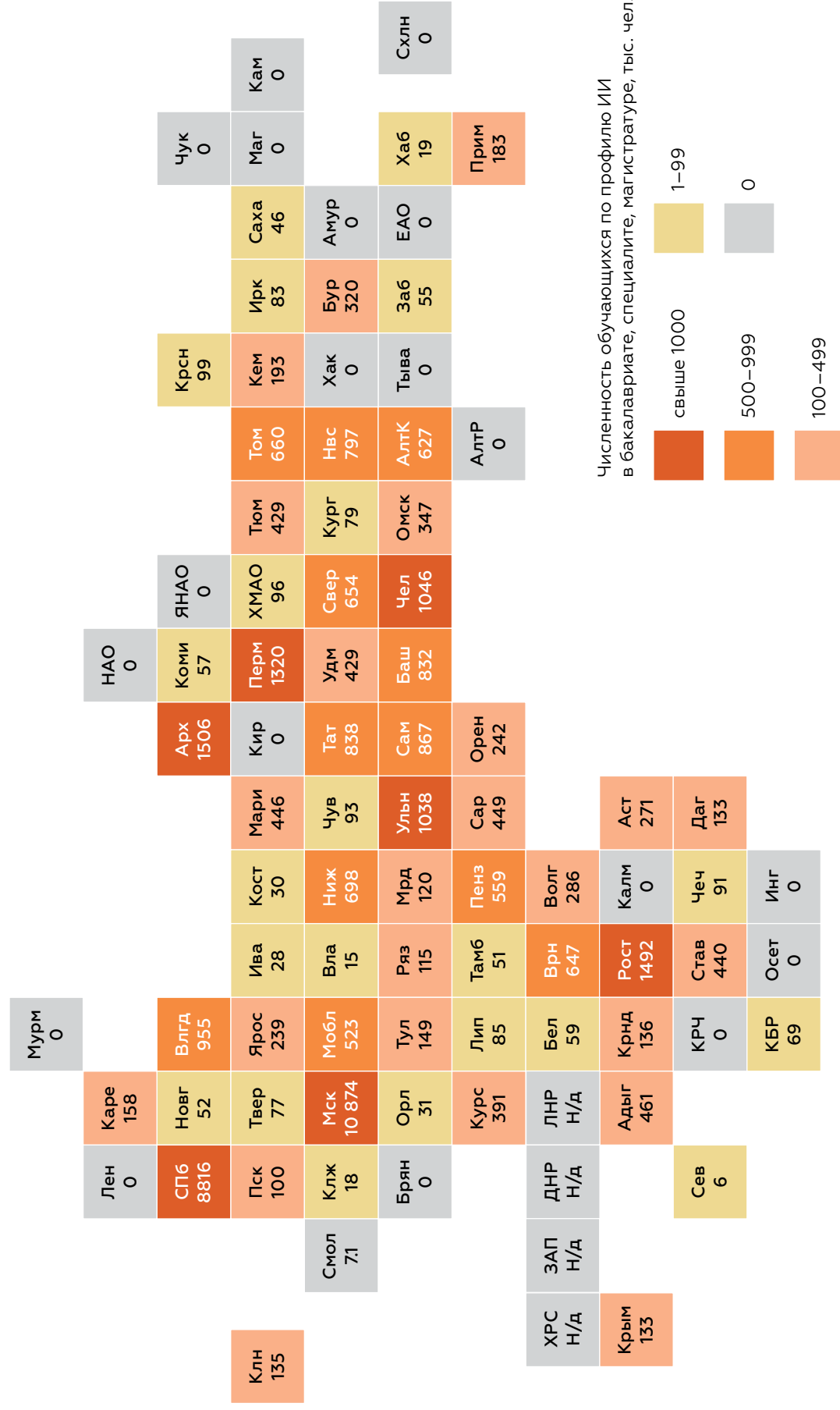
Для наглядной демонстрации различий в распространенности обучения технологиям ИИ субъекты РФ были разделены на группы по численности обучающихся по профилю ИИ и по охвату студентов модулями по ИИ.

Для характеристики регионального ландшафта профильного обучения использован абсолютный показатель, поскольку соответствующие программы образуют весьма узкоспециализированную совокупность и составляют в структуре численности студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры, как правило, крайне

малую долю. При этом важно понимать, вузы каких регионов способны поставлять на национальный рынок труда молодых специалистов по профилю ИИ. На основе указанного индикатора было выделено пять групп: регионы с численностью обучающихся по профилю ИИ свыше 1000 человек, от 500 до 999, от 100 до 499, ниже 100 и регионы, в которых нет обучающихся по профилю ИИ (рис. 9). Поскольку среднее по регионам значение численности профильных студентов составило 503 человека, субъекты РФ, оказавшиеся в первых двух группах, отнесены к лидирующим по рассматриваемому показателю.

Объемы подготовки по профилю ИИ распределены по регионам неравномерно: в группу с численностью студентов профильных программ свыше 1000 человек вошли семь субъектов РФ, в следующую по численности студентов группу – 12, у остальных 66 регионов значения показателя оказались ниже среднего, из них 20 не осуществляли подготовку по профилю ИИ. На первую семерку регионов – Москву, Санкт-Петербург, Архангельскую, Ростовскую, Челябинскую, Ульяновскую области и Пермский край – приходится 61.7% от общей численности студентов профильных программ. Безусловные лидеры обучения по профилю ИИ – Москва (10.9 тыс. обучающихся) и Санкт-Петербург (8.8 тыс.). При этом самые высокие доли обучающихся по профилю ИИ в общей численности студентов бакалавриата, специалитета, магистратуры отмечаются в Архангельской (8.5%) и Ростовской (4.6%) областях, тогда как в Челябинской области и Москве эти доли – самые низкие в группе (по 1.2%), что, вероятно, объясняется большим разнообразием предлагаемых образовательных программ в последних двух регионах. Во вторую группу (от 500 до 999 человек) попали Вологодская, Самарская,

Рис. 9. Распределение субъектов Российской Федерации по группам в зависимости от численности обучающихся по профилю ИИ в бакалавриате, специалитете, магистратуре



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Новосибирская области, республики Татарстан и Башкортостан и др. В этих регионах уже достигнуты определенные успехи в организации профильного обучения технологиям ИИ. Доля обучающихся по программам по профилю ИИ в них колеблется в пределах от 0.5 до 1.2%, за исключением Вологодской области, где она составляет 5.1%. Последний факт также объясняется относительно меньшим по размеру и менее диверсифицированным по набору образовательных программ вузовским сектором в указанном регионе. В составе третьей группы (от 100 до 499 человек) можно отметить в первую очередь Республику Адыгею, Марий Эл, Удмуртскую Республику, Саратовскую и Тюменскую области, Ставропольский край. Среди них тоже есть регионы, в которых обучающиеся по профильным программам составляют достаточно большую по сравнению с остальными субъектами РФ долю в численности студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры, – это республики Адыгея (3.0%) и Марий Эл (2.5%). При этом среднее значение показателя по группе – 0.8 %. Незначительно вовлечены в реализацию программ по профилю ИИ регионы четвертой группы (от 1 до 99 человек), среди них – Красноярский край, Ханты-Мансийский автономный округ, Чувашская и Чеченская республики, Иркутская и Липецкая области. Доля обучающихся по профилю ИИ в общей численности студентов вузов в регионах четвертой группы не превышает 0.6%. В таких субъектах Федерации, как, например, Смоленская, Амурская, Брянская области, республики Алтай, Калмыкия, Тыва, Северная Осетия – Алания, обучение по профилю ИИ пока не ведется.

Региональная дифференциация ярко проявляется и в случае с программами, содержащими модуль по ИИ: доли студентов программ бакалавриата, специалитета,

магистратуры, изучающих такой модуль, варьируются от 0 до 68.2%, при среднем значении по России на уровне 15.9%. Поэтому по охвату обучающихся модулями по ИИ регионы разбиты на семь групп: свыше 50%; 30.0–49.9%; 15.9–29.9%; 10.0–15.8%; 5.0–9.9%; 0.1–4.9%; регионы, в которых нет изучающих такие модули (рис. 10).

При сравнении карт легко заметить, что ряд регионов присутствуют в группах лидеров (т. е. в группах со значениями показателей выше среднего по России) как по охвату студентов программами по профилю ИИ, так модулем по ИИ. К ним относятся Москва и Санкт-Петербург, Ростовская, Вологодская, Архангельская, Челябинская, Самарская, Пензенская, Московская области.

Следует отметить тот факт, что Москва и Санкт-Петербург, заняв первые места по объемам подготовки по профилю ИИ, не относятся к лидерам по охвату студентов модулями по ИИ (17.8 и 26.6% соответственно). Это можно объяснить тем, что внедрение модуля по ИИ в бакалавриате, специалитете, магистратуре – новый тренд, и таким регионам, как Москва и Санкт-Петербург, имеющим столь крупные и широко диверсифицированные системы высшего образования, сложно в короткие сроки внедрить новый модуль во множество образовательных программ. Однако столицы, без сомнения, обладают серьезным заделом в обучении технологиям ИИ, а достигнутые ими значения охвата модулями по ИИ уже значительно превышают среднероссийский уровень, в связи с чем в ближайшем будущем можно ожидать повышения этих показателей.

На ситуацию с обучением технологиям ИИ в регионах непосредственно влияет степень проникновения ИИ в их экономики. Неравенство возможностей по изучению технологий ИИ в различных субъектах РФ отчасти связано с неравномерным

распределением по стране ИТ-организаций, занимающихся разработкой ИИ-продуктов, – во многих регионах зарегистрировано не более десяти таких компаний [НЦРИИ, 2023b]. Поэтому имеет смысл сопоставить результаты обследования образовательного рынка в области ИИ с имеющимися данными по применению ИИ в субъектах РФ.

По оценкам АНО «Цифровая экономика», около 71% проектов в области ИИ сосредоточены в Москве, на втором месте – Санкт-Петербург (10%), а замыкает тройку Московская область [TAdviser, 2024]. Столичные городские проекты с использованием ИИ признаны самыми эффективными в России, среди них – система контроля наземного пассажирского транспорта, «умные» камеры на МКАД и магистралях, голосовой помощник общегородского контакт-центра и другие технологии для социальной сферы и городского хозяйства [Информационный центр Правительства Москвы, 2023]. По данным Департамента информационных технологий Москвы, 90% москвичей хотя бы раз за год использовали сервисы на основе технологий ИИ [Департамент информационных технологий Москвы, 2023]. В Московской области, как и в Москве [Национальный портал в сфере искусственного интеллекта, 2024a], активно используются технологии ИИ в медицине (запись пациентов на прием роботом, чтение медицинских снимков, заполнение медицинских карт), а также в экологии (контроль за строительными отходами), благоустройстве территорий (поиск мусора, ям, неработающих фонарей и т. д.), социальной сфере (питание в образовательных организациях) [Куртяник, 2024]. Кроме того, этот регион (наряду с Ханты-Мансийским автономным округом и Пензенской областью) входит в тройку лидеров по доле региональных органов исполнительной власти (РОИВ), имеющих

в программе развития региона мероприятия, связанные с разработкой, использованием и развитием ИИ – если среднее по России значение этого показателя составляет 7%, то в Московской области – 30% [НЦРИИ, 2023a]. В Санкт-Петербурге разработка и применение технологий ИИ также продвигаются в здравоохранении (диагностика и удаление опухолей [ТАСС Наука, 2023]), городской инфраструктуре (системы видеонаблюдения [Устинова, 2023]), клиентском сервисе (диалоговые ассистенты для обработки запросов в службу спасения, маркетинговая аналитика для сферы гостеприимства и др. [Грязневич, 2023]).

В московских и петербургских вузах создана мощная научно-исследовательская база для дальнейшего развития ИИ, расширяется партнерство с коммерческим сектором. Так, из 12 опорных исследовательских центров в области ИИ половина базируются в Москве – НИУ ВШЭ, НИЯУ «МИФИ», МФТИ, Сколтех, ИСП РАН, ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России (в числе остальных – петербургские Университет ИТМО и СПбГУ, нижегородский ННГУ им. Н. И. Лобачевского, новосибирский НГУ, Самарский университет им. Академика С. П. Королева, Университет Иннополис в Республике Татарстан, которые также вошли в группы регионов – лидеров по подготовке по профилю ИИ) [Национальный портал в сфере искусственного интеллекта, 2024b]. В СПбГУ на базе Центра искусственного интеллекта и науки о данных начата разработка «ИИ вещей» [СПбГУ, 2024]; в ИТМО при участии компании X5 Tech создана лаборатория по решению задач в области ИИ для розничной торговли [X5Group, 2023], действует Центр ИИ в химии [Центр ИИ в химии ИТМО, 2024]. Правительство Санкт-Петербурга, ПАО «Газпром нефть», ИТМО, СПбПУ и СПбГЭТУ «ЛЭТИ» объединили усилия для

создания научно-исследовательского центра «Искусственный интеллект в промышленности» [Администрация Санкт-Петербурга, 2019].

В Ростовской области – лидере по обоим показателям охвата студентов изучением ИИ – в течение последних лет были осуществлены крупные инвестиции в модернизацию цифровой инфраструктуры, региональное правительство заключило соглашение о сотрудничестве с ПАО «ВымпелКом» для развития при помощи ИИ транспортной инфраструктуры региона [ЮРИУ РАНХиГС, 2023]. В области уже более десяти лет работает геоинформационная система мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, в последние годы реализованы проекты с применением ИИ в здравоохранении, строительстве, туризме [Национальные проекты, 2023]. Работа над проектами в области ИИ ведется, в частности, на базе сетевого акселератора технологического предпринимательства «Экспонента PRO» Южного федерального университета, а также учеными Донского государственного технического университета [Коммерсантъ, 2024].

Высокая численность студентов профильных программ по ИИ также зафиксирована в Архангельской (1.5 тыс. человек), Челябинской и Вологодской областях (по 1 тыс. человек). Кроме того, эти регионы входят в число лидеров по охвату изучением модулей по ИИ – 37.5, 21.5 и 46.1% соответственно. Вологодские разработки в области ИИ применяются в металлургии, для охраны труда на производстве, оптимизации бизнес-процессов [Правительство Вологодской области, 2024], в дорожном хозяйстве для выявления дефектов дорожного полотна [ТАСС, 2024]. Также Вологодская область вошла в число пилотных регионов по внедрению в медицинских учреждениях системы ИИ для обнаружения онкологических заболеваний на ранней

стадии [РБК, 2023а]. Важно и то, что Вологодская область оказалась единственным субъектом РФ, в котором все РОИВ взаимодействуют с центрами компетенций (региональными, федеральными, зарубежными), тогда как в среднем с данными центрами взаимодействуют лишь 8% РОИВ [НЦРИИ, 2023а]. Перспективы Архангельской области в сфере ИИ связаны с повышением производительности в условиях арктических территорий [ТПП Архангельской области, 2024], развитием туризма [Национальный центр «Россия», 2024], логистики, рыбной промышленности и др. [Поморье, 2024]. Архангельские программисты (в том числе студенты Северного (Арктического) федерального университета) неоднократно становились победителями хакатонов по ИИ [САФУ, 2023]. В Челябинской области разработки с применением ИИ созданы в самых разных областях: система поддержки принятия врачебных решений Polytron.Ai челябинского стартапа была признана лучшей региональной практикой в цифровизации медицины [Минцифры Челябинской области, 2024]; челябинские университеты и предприятия занимаются проектами по созданию «умных» материалов на основе ИИ, в том числе для двигательных установок и систем управления ракетно-космическим комплексом [Санникова, 2021]. Учеными Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) реализован уникальный проект по созданию робота-сварщика. ЮУрГУ также сотрудничает с Челябинским кузнечно-прессовым заводом для внедрения ИИ в производственный процесс и обучения студентов на реальных производственных задачах [Бацан, 2023].

В Краснодарском крае, где только немногим более 100 человек обучаются по профилю по ИИ, но самая высокая доля изучающих модули по ИИ (68.2%), технологии ИИ используются главным образом

в муниципальном управлении (системы «Умный город» и «Безопасный город») и сельском хозяйстве (управление водными ресурсами и почвой, обнаружение болезней растений [Администрация Краснодарского края, 2023], роботизированная молочная ферма [Минобрнауки России, 2022а], агротехника [Бандурка, Зиньковская, 2023]). Для расширения применения технологий ИИ в регионе созданы меры поддержки коммерческого сектора, в том числе пониженная ставка налогообложения для ИТ-компаний, специализированный заем в Фонде микрофинансирования [Коммерсантъ, 2023]. Помимо рамочных условий для развития ИИ, Краснодарский край отличается активным интересом населения к взаимодействию с ИИ – регион (наряду с Республикой Адыгея) занял третье место после Москвы и Санкт-Петербурга по численности пользователей нейросетей [Хитрых, 2023].

В ряде регионов развитие обучения технологиям ИИ заметно отстает от уровня внедрения технологий ИИ в местной экономике. Так, в списке наиболее продвинутых регионов в плане готовности

к применению ИИ, составленном Центром стратегических разработок⁵, числятся такие субъекты РФ, как Москва, Санкт-Петербург, Новосибирская, Кемеровская, Тульская, Самарская, Калужская и Сахалинская области, Приморский край. Но не все из них входят в группы лидеров по распространенности обучения в области ИИ. Это связано, в частности, с тем, что во многих регионах используются уже готовые разработки специалистов из других субъектов РФ. Например, в поликлиниках 11 регионов внедрен сервис «ТОП-3», помогающий врачам ставить предварительные диагнозы, разработанный компанией «СберМедИИ» при участии Правительства Москвы [SberMedAI, 2024]. В Сахалинской области при поддержке ПАО «Сбербанк» запущен пилотный проект по детекции несанкционированных свалок с помощью дронов, используются ИИ-решения для обеспечения безопасности и т. д. [EastRussia, 2023]. Подобные примеры показывают наличие запроса на ИИ-разработки в таких регионах и подчеркивают важность наращивания в них подготовки собственных кадров в области ИИ.

⁵ Под готовностью к применению ИИ подразумевается степень распространения использования ИИ в органах исполнительной власти и местного самоуправления субъектов РФ. Подробнее см. [ЦСР, 2022].

2. Условия обучения технологиям ИИ

Возможность и успешность развития обучения технологиям ИИ в вузах в большой степени зависит от наличия в их штате высококвалифицированных преподавателей соответствующих дисциплин и специализированной инфраструктуры – цифрового оборудования и контента (программного обеспечения, датасетов и т. д.). Эксперты отмечают, что наиболее распространенными барьерами внедрения ИИ в России являются: отсутствие необходимой цифровой инфраструктуры; нехватка специалистов соответствующей квалификации; недостаток или отсутствие технологических решений на рынке; нехватка и/или низкое качество данных [НЦРИИ, 2023b]. В то же время вузы находятся в несколько более благоприятном положении по сравнению с большинством организаций других сфер деятельности: они занимают четвертое место по обеспеченности кадрами для работы с ИИ (уступая сектору ИКТ, сфере финансовых услуг и торговле), третье – по обеспеченности данными (после сектора ИКТ и ТЭК), седьмое – по оснащенности инфраструктурой для развития и использования ИИ (пропуская вперед сектор ИКТ, ТЭК, сферу финансовых услуг, строительство, обрабатывающую промышленность, торговлю) [НЦРИИ, 2023a].

Аспекты кадровой и ресурсной обеспеченности, необходимой для внедрения программ в области ИИ, были изучены в ходе специализированного обследования. В результате получены данные, которые проливают дополнительный свет на дифференциацию вузов по уровню развития подготовки кадров в области ИИ.

Вузы, не имеющие программ по профилю ИИ, сталкиваются с дефицитом преподавателей, необходимых для реализации модулей по ИИ в программах других профилей

Преподаватели дисциплин, предназначенных для освоения студентами технологий ИИ, составляют 5.5% (8 тыс. человек) от общей численности штатных работников профессорско-преподавательского состава (ППС) вузов, реализующих образовательные программы в области ИИ. Подавляющее большинство из них (94.8%) – преподаватели программ бакалавриата, специалитета, магистратуры. Примерно 2 тыс. преподавателей ИИ работают на условиях внутреннего совместительства, 1.5 тыс. из них – в бакалавриате, специалитете, магистратуре. Еще 4 тыс. человек преподают дисциплины в области ИИ в качестве внешних совместителей, в основном (94.0%) также в рамках высшего образования.

За последние три года более трети преподавателей ИИ из числа ППС бакалавриата, специалитета, магистратуры повышали свои профессиональные компетенции. Среди преподавателей специальных дисциплин по профилю ИИ доля имеющих ученую степень существенно выше, чем среди преподавателей программ, содержащих модуль по ИИ (82.3 и 72.7% соответственно). В общей численности преподавателей ИИ-дисциплин со степенью преобладают кандидаты наук – 76.9% на программах по профилю ИИ и 75.8% на программах с модулем по ИИ, лишь около 1% являются обладателями степени

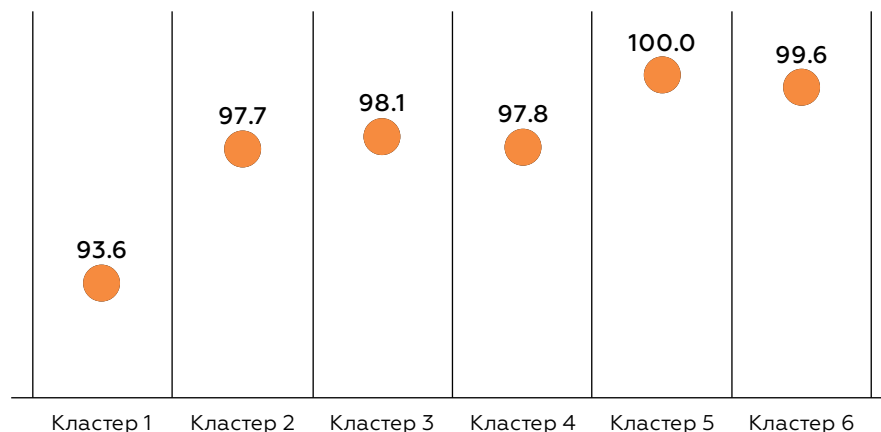
PhD. Примерно каждый десятый внутренний совместитель, обучающий студентов технологиям ИИ, по штату является научным работником.

Работники предприятий составляют 28.3% от численности внешних совместителей из числа ППС, преподающих дисциплины в области ИИ в рамках программ бакалавриата, специалитета, магистратуры, что на 3 п. п. меньше аналогичной доли в общей численности внештатных преподавателей. Они чаще привлекаются к преподаванию в рамках программ по профилю ИИ (47.7% внештатных преподавателей

соответствующих программ), чем программ с модулем по ИИ (26.7%). Представители коммерческого сектора пока мало вовлечены в преподавание технологий ИИ, по крайней мере в рамках модулей по ИИ.

В ходе обследования собирались данные не только о численности преподавателей дисциплин в области ИИ, но и о числе вакансий вузов. На их основе можно оценить обеспеченность вузов профильными для ИИ кадрами. По нашим оценкам, обеспеченность преподавателями в области ИИ в абсолютном большинстве рассматриваемых вузов выше 90% (рис. 11).

Рис. 11. Обеспеченность вузов и их филиалов штатными работниками ППС, преподающими дисциплины в области ИИ в бакалавриате, специалитете, магистратуре (проценты от необходимого уровня)



Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

Обеспеченность кадрами вузов – лидеров по подготовке специалистов в области ИИ (в пятом и шестом кластерах) несколько выше по сравнению с остальными. Однако разрыв в значениях показателя между кластерами вузов, готовящих специалистов по профильным программам, не настолько велик, чтобы сделать вывод о ключевой роли дефицита кадров в их дифференциации по масштабам подготовки в области ИИ. Мы предполагаем,

что ключевые отличия в кадровой обеспеченности этих вузов по кластерам лежат не в количественной, а в качественной плоскости, однако формат статистического обследования, на основе которого построен доклад, не позволяет в полной мере изучить уровень квалификации педагогических работников.

Обращает на себя внимание заметно более высокий уровень дефицита профильных для ИИ кадров в вузах,

не реализующих профильных программ, но включивших модули по ИИ в другие программы. Таким образом, можно считать, что организации, имеющие опыт реализации профильных программ, сформировали команды преподавателей ИИ-дисциплин, в то время как остальным вузам еще не вполне удалось решить эту задачу. Кроме того, вузы, не вошедшие в обследование ввиду отсутствия у них обучения технологиям ИИ, в соответствии с Национальной стратегией развития ИИ до 2030 г., тоже должны в ближайшей перспективе внедрить в свои программы модуль по ИИ. Поэтому задача пополнения штата педагогами в области ИИ актуальна и для них.

ИТ-инфраструктура – драйвер подготовки кадров в области ИИ

Обучение технологиям ИИ невозможно без доступа к ИТ-инфраструктуре, которая в силу особенностей данной области играет ключевую роль в образовательном процессе. Специфика развития этих технологий диктует потребность в специализированном аппаратном обеспечении, наличие которого критически важно для участия в конкурентной борьбе стран и компаний за лидерство в сфере ИИ. По мнению экспертов, с повсеместным распространением ИИ рынок аппаратного обеспечения меняется, и если раньше главным фактором прогресса ИТ выступало программное обеспечение, то теперь на первый план выходит «программно определяемая инфраструктура с аппаратным ускорением» [МФТИ, 2021].

Для продвинутой работы с ИИ, как правило, нужны программно-аппаратные комплексы с большой вычислительной

мощностью. В таких системах наряду с традиционными процессорами (CPU) используются графические (GPU) и обеспечивается быстрый доступ к данным. Кроме того, системы для работы с большими данными и ИИ предъявляют высокие требования к оперативной памяти, поскольку большинство операций выполняются именно в ней. Рост потребности в вычислительной мощности ведет к повышению затрат на аппаратное обеспечение, уровень которых становится серьезным ограничением для развития ИИ. При этом большинство производителей оборудования для разработки и применения ИИ сейчас сконцентрированы в США и странах Европы. В последнее время растет число стартапов в области разработки аппаратного обеспечения для ИИ в Китае. Отставание отечественных разработок от мировых, сокращение импорта и отсутствие собственного производства современных комплектующих создает дополнительные вызовы как для развития российской индустрии ИИ, так и для выпуска конкурентоспособных кадров в этой области.

Ввиду сложностей с закупкой и поддержкой работы собственного цифрового оборудования все более популярной становится виртуализация ИТ-инфраструктуры. Облачные сервисы способствуют децентрализации вычислений, кастомизации выполняемых операций и позволяют сделать инфраструктуру более гибкой и адаптивной. Важным фактором выбора в пользу облачных ресурсов остаются экономические соображения – аренда графических процессоров в облачных сервисах нередко оказывается более выгодным решением по сравнению с их покупкой [Яков и Партнеры, 2023; Абдрахманова и др., 2024]. Таким образом, аппаратное обеспечение для ИИ быстро развивается от пользовательских ускорителей нейронных сетей до мощных

платформ ИИ для обучения моделей в облаке.

В этой связи главной движущей силой подготовки высококвалифицированных специалистов в области ИИ, востребованных на современном быстро меняющемся рынке труда, становится передовая ИТ-инфраструктура. Поэтому оценка обеспеченности вузов основными ее элементами необходима для понимания потенциала вузовского сектора в части расширения подготовки кадров в области ИИ.

Нехватка специализированного цифрового оборудования и контента может стать основным барьером для расширения подготовки кадров в области ИИ

В рамках обследования получены сведения об имеющейся в вузах ИТ-инфраструктуре, необходимой для освоения студентами технологий ИИ, включая цифровое оборудование и цифровой контент. Как и в случае с анализом кадрового потенциала, при рассмотрении ИТ-инфраструктуры ключевой интерес представляет вопрос, насколько уровень обеспеченности ею соответствует потребностям вузов. Респонденты оценивали его самостоятельно как долю имеющихся ресурсов от необходимого их количества. При этом для анализа взяты значения, указанные только теми вузами, у которых выявлена реальная потребность в ИТ-инфраструктуре (т.е. имеются обучающиеся по программам в области ИИ).

Респонденты из вузов четвертого, пятого и шестого кластеров в основном выше остальных оценили свою обеспеченность местами в учебно-лабораторных помещениях, оснащенных цифровым

оборудованием для освоения технологий ИИ (табл. 7). Главным образом это касается компьютерных классов и учебных лабораторий. То же можно сказать и об обеспеченности персональными компьютерами, особенно имеющими доступ к цифровому контенту, предназначенному для решения задач, связанных с ИИ. В этом отношении заметно выделяются в лучшую сторону вузы пятого и шестого кластеров, тогда как первый кластер, напротив, сильно отстает от остальных. Иначе обстоит дело с обеспеченностью компьютерами в целом – здесь оценки различались по кластерам не столь существенно.

Поскольку при создании ИИ и работе с ним важную роль играют серверные мощности для вычислений и хранения данных, отдельно были проанализированы ключевые характеристики имеющихся в распоряжении вузов серверов. Полученные данные наглядно демонстрируют наличие восходящего тренда от первого к шестому кластеру в оценке обеспеченности объемами оперативной памяти и систем хранения данных, ядрами CPU и GPU (табл. 7). При этом для задач, связанных с ИИ, ключевое значение имеют вычислительные мощности именно GPU. В наиболее выигрышном положении находятся вузы шестого кластера, у которых значения соответствующих показателей превосходят уровень вузов пятого кластера на 20–30 п. п., а отрыв от вузов первого кластера доходит до 70 п. п. в случае с обеспеченностью ядрами GPU. Такое превосходство лидирующих вузов как шестого, так и пятого кластеров достигается за счет характеристик не только собственных серверов (хотя и для них отмеченная закономерность соблюдается), но и облачных.

Также обращает на себя внимание разница между обеспеченностью ядрами GPU в первом и втором кластерах – во втором

Табл. 7. Обеспеченность вузов и их филиалов цифровым оборудованием для обучения технологиям ИИ по кластерам: 2023 (проценты от необходимого уровня)

Цифровое оборудование	Кластеры вузов и их филиалов					
	1	2	3	4	5	6
Места в учебно-лабораторных помещениях, оснащенных цифровым оборудованием:						
учебные аудитории	69.0	81.8	85.7	95.6	83.3	100.0
компьютерные классы	86.3	87.0	82.1	90.7	100.0	90.3
учебные лаборатории	39.7	59.0	53.4	83.0	83.3	88.7
Персональные компьютеры	85.1	86.0	81.4	90.9	89.6	87.5
из них:						
имеющие доступ к цифровому контенту	58.0	77.7	76.6	80.0	93.8	91.2
Серверная инфраструктура:						
Совокупный объем оперативной памяти серверов	43.3	55.0	55.0	66.1	69.2	88.5
в том числе:						
находящихся в организации	42.0	50.5	55.0	63.4	60.5	65.2
облачных	1.3	4.4	0.0	2.7	8.7	23.3
Совокупный объем систем хранения данных серверов	40.5	55.2	54.4	66.5	63.3	90.0
в том числе:						
находящихся в организации	39.1	51.1	54.4	64.0	62.4	68.3
облачных	1.5	4.2	0.0	2.4	0.9	21.7
Совокупное количество ядер CPU серверов	41.3	54.2	51.7	66.1	67.5	88.5
в том числе:						
находящихся в организации	40.2	51.1	51.7	64.6	52.7	72.8
облачных	1.2	3.1	0.0	1.4	14.8	15.7
Совокупное количество ядер GPU серверов	15.1	28.0	31.5	49.5	54.2	85.2
в том числе:						
находящихся в организации	14.6	25.0	31.5	49.5	42.9	72.9
облачных	0.4	3.0	0.0	0.0	11.3	12.2

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

значение показателя почти вдвое больше. Учитывая, что в вузах первого кластера отсутствует обучение по профилю ИИ, низкую обеспеченность ядрами GPU можно считать барьером входа на рынок профильных программ. Разрыв между третьим и вторым кластером не столь велик – всего 3.5 п. п. Этим подтверждается близость характеристик входящих в них вузов, проявляющаяся и в других

аспектах. В то же время различия показателей третьего и четвертого кластеров (в том числе обеспеченности ядрами GPU и другой ИТ-инфраструктурой) настолько велики, что можно говорить о качественном скачке, происходящем при переходе из третьего в четвертый кластер. Здесь же заметно меняется и уровень селективности образовательных программ в области ИИ – начиная с четвертого кластера

он становится существенно выше. Взаимосвязь между материально-технической базой и селективностью неслучайна: лучшая обеспеченность вуза соответствующей ИТ-инфраструктурой предполагает более интенсивное ее использование при обучении студентов, что положительно влияет на качество программ и обуславливает их высокую селективность.

Таким образом, вузы – лидеры по подготовке кадров в области ИИ существенно лучше обеспечены ИТ-инфраструктурой для обучения технологиям ИИ, причем среди них шире распространена практика аренды облачной инфраструктуры, во многом за счет которой они и выигрывают у вузов пятого кластера.

К цифровому контенту были отнесены следующие ресурсы: массивы больших данных (датасеты) для обучения технологиям ИИ, открытые профессиональные библиотеки для машинного обучения, платформы с открытым исходным кодом для обработки массивов больших данных, системы управления базами данных.

Наличие перечисленных видов цифрового контента является необходимым условием обучения технологиям ИИ. Датасеты (массивы больших данных) представляют собой наборы объединенных по смыслу больших данных, пригодных для обучения моделей ИИ. Без датасетов практически невозможна реализация проектов в области ИИ, в том числе образовательных, поскольку на них проводится обучение нейросетей, тестирование и отработка алгоритмов машинного обучения [Habr, 2017; Образовательные технологии Яндекса, 2022]. От полноты и качества наборов данных зависит эффективность создаваемых на их основе ИИ-разработок. Кроме того, само по себе создание датасета студентами может стать очень полезным опытом работы с большими данными [Habr, 2020]. Открытые

профессиональные библиотеки для машинного обучения (TensorFlow, PyTorch, Pandas, Numpy, Matplotlib, Seaborn и др.) – наборы оптимизированных функций, написанных на заданном языке программирования для выполнения повторяющихся операций, таких как арифметические вычисления, визуализация наборов данных, чтение изображений и т. д. Эти инструменты позволяют существенно упростить и ускорить процесс машинного обучения [Skupro, 2024]. Платформы с открытым исходным кодом для обработки массивов больших данных предназначены для управления большими объемами данных и их обработки в аналитических целях. Наиболее известные примеры таких платформ – Hadoop, Spark, Apache Cassandra и др. Подобные системы обеспечивают параллельную обработку данных, что помогает значительно повысить вычислительную мощность при работе с моделями ИИ [Линьков, 2023]. Системы управления базами данных (СУБД) – комплексы программно-языковых средств, обеспечивающих управление созданием и использованием баз данных (например, PostgreSQL, MySQL и др.). Они также необходимы для обработки больших данных.

Что касается датасетов, то использование отдельных их видов заметно различается в зависимости от программ в области ИИ. На аудиторных занятиях по профилю ИИ чаще всего используются датасеты, необходимые для освоения технологий компьютерного зрения (38.5% от общего числа используемых датасетов по указанным программам), далее следуют датасеты для изучения технологий обработки текста (29.6%) и технологий интеллектуальной поддержки принятия решений и управления (27.0%), наименьшая доля (14.5%) приходится на датасеты для обучения технологиям обработки звуковых данных.

На занятиях в рамках программ, содержащих модули по ИИ, наиболее популярны датасеты для освоения технологий интеллектуальной поддержки принятия решений и управления (45.7%), на втором месте по популярности – датасеты для отработки навыков работы с технологиями компьютерного зрения (29.3%), на третьем – датасеты для изучения технологий обработки текста (24.4%), реже всего используются датасеты для обучения технологиям обработки звуковых данных (13.2%). Такое распределение датасетов в целом отражает распределение студентов соответствующих программ по изучаемым технологиям. Единственное отличие – между долей датасетов для изучения технологий интеллектуальной поддержки принятия решений и управления, используемых на занятиях по профилю ИИ (на третьем месте по использованию), и долей студентов программ по профилю ИИ, изучающих указанные технологии (самая высокая среди значений показателя по видам технологий). Вероятно, это связано с тем, что такие датасеты менее доступны для обучающихся по профилю ИИ, чем остальные, – на них приходится 16.0% имеющихся массивов данных для освоения технологий ИИ профильными студентами.

Обеспеченность датасетами так же, как и обеспеченность ИТ-инфраструктурой, возрастает от первого к шестому кластеру (табл. 8). Эта тенденция особенно ярко проявляется в значениях по датасетам для освоения технологий обработки текста и технологий интеллектуальной поддержки принятия решений и управления. В данных по другим типам датасетов некоторые выбивающиеся из общего тренда показатели могут объясняться преобладающими направлениями специализации студентов программ в области ИИ в вузах определенных кластеров. Например, в третьем и четвертом кластерах

высока доля обучающихся по специальностям, относящимся к машиностроению, транспортной отрасли, прикладной геологии, в которых особенно востребованы технологии компьютерного зрения, поэтому их обеспеченность датасетами для освоения подобных технологий может быть выше, чем в пятом кластере, где перечисленные специальности не столь распространены.

Уровень обеспеченности остальными видами цифрового контента тоже тем выше, чем к более продвинутому кластеру принадлежит вуз. Практически во всех случаях наибольшего значения показатель достигает в шестом кластере (см. табл. 8).

Как и в случае цифровой инфраструктуры, обеспеченность цифровым контентом второго кластера намного выше, чем первого – в 1.5–2 раза в зависимости от вида контента. Существенно меньший, но все же значимый отрыв зафиксирован между вторым и третьим кластерами. При этом полученные данные не выявили большой разницы в обеспеченности цифровым контентом между третьим и четвертым кластерами, что наблюдалось в случае цифровой инфраструктуры. В целом по всем кластерам, кроме первого, где реализуются только модули по ИИ, обеспеченность контентом выше, нежели инфраструктурой; в первом эти показатели находятся примерно на одном и, к сожалению, довольно низком уровне.

Подводя итог, еще раз заметим, что обеспеченность цифровым оборудованием и контентом для обучения технологиям ИИ варьирует в зависимости от кластера в широких пределах. Важно отметить, что во всех кластерах наблюдается дефицит специализированных цифровых ресурсов, в первую очередь – по оснащенности вычислительными мощностями на базе графических ускорителей, имеющих ключевое

Табл. 8. Обеспеченность вузов и их филиалов цифровым контентом для обучения технологиям ИИ по кластерам: 2023 (проценты от необходимого уровня)

Цифровой контент	Кластеры вузов и их филиалов					
	1	2	3	4	5	6
Массивы больших данных для обучения технологиям ИИ (датасеты)	38.8	63.0	78.2	75.6	87.1	96.2
в том числе необходимые для освоения:						
технологий компьютерного зрения	20.1	57.1	72.5	67.6	60.4	96.2
технологий обработки звуковых данных, включая распознавание и синтез речи	7.0	39.8	47.2	56.1	44.2	96.2
технологий обработки текста	17.7	54.7	64.7	65.6	71.3	96.2
технологий интеллектуальной поддержки принятия решений и управления	33.0	61.8	65.6	64.7	70.8	96.2
Открытые профессиональные библиотеки для машинного обучения (TensorFlow, PyTorch и др.)	37.6	70.1	78.8	80.2	96.3	96.2
Платформы с открытым исходным кодом для обработки массивов больших данных (Hadoop, Spark и др.)	22.3	57.1	70.6	78.7	83.3	96.2
Системы управления базами данных (PostgreSQL, MySQL и др.)	47.7	75.5	79.3	79.4	70.4	96.2

Источник: специализированное обследование НИУ ВШЭ обучения технологиям ИИ в вузах.

значение для задач по ИИ. И если обеспеченность цифровой инфраструктурой в вузах шестого кластера можно считать приемлемой, то уже в пятом организации сообщили о том, что их потребности, например, в GPU, вдвое превышают их возможности. Заметим, что графические ускорители оказались самым дефицитным ресурсом из всех рассмотренных. Если же говорить о вузах, только начинающих осваивать направление ИИ, то испытываемый ими дефицит цифровых ресурсов, необходимых для выполнения задач в этой области, таков, что практически не позволяет им развивать программы по профилю ИИ и существенно осложняет практико-ориентированную подготовку в рамках

модулей по ИИ. По этой причине недостаток специализированной цифровой инфраструктуры может выступать основным препятствием для развития подготовки специалистов в области ИИ в вузах. Одно из возможных решений этой проблемы – создание цифровой инфраструктуры коллективного пользования в рамках как федеральных инициатив, так и партнерств между вузами. Подобные проекты уже осуществляются. Например, участники Университетского консорциума исследователей больших данных по запросу могут получить доступ к некоторым датасетам и инструментам сбора и анализа данных [Университетский консорциум исследователей больших данных, 2024].

Список источников

- Абдрахманова Г. И., Зинина Т. С., Нечаева Е. Г., Рудник П. Б. (2024) Инсорсинг, коробочные решения и облачные сервисы. Тенденции, предпочтения российского бизнеса // Мониторинг цифровой трансформации бизнеса. Выпуск 3. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/903077558.pdf> (дата обращения: 01.10.2024).
- Администрация Краснодарского края (2023) К 2024 году использование искусственного интеллекта в России планируют увеличить до 50%. <https://admkr.krasnodar.ru/content/1131/show/697246/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Администрация Санкт-Петербурга (2019) Петербург станет центром промышленного искусственного интеллекта. <https://www.gov.spb.ru/press/governor/166904/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Бандурка С., Зиньковская А. (2023) Ольга Ускова: «Юг лидирует по внедрению ИИ в сферу сельхозтранспорта». <https://kuban.rbc.ru/krasnodar/interview/08/11/2023/654a690f9a794775ec9ca637> (дата обращения: 01.08.2024).
- Бацан С. (2023) Искусственный интеллект на службе у сварщиков: челябинские ученые реализовали уникальный проект. <https://www.susu.ru/ru/news/2023/06/29/iskusstvenny-intellekt-na-sluzhbe-u-svarshchikov-chelyabinskie-uchenye-realizovali> (дата обращения: 01.08.2024).
- Белозеров И. А., Судаков В. А. (2022) Исследование моделей машинного обучения для сегментации медицинских изображений // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. № 37. <https://doi.org/10.20948/prepr-2022-37> (дата обращения: 31.07.2024).
- Грязневич В. (2023) Не только Сбер и аэропорт: кто в Петербурге уже внедрил ИИ. https://www.rbc.ru/spb_sz/26/12/2023/658a8b4d9a79479aa6646c35 (дата обращения: 01.08.2024).
- Департамент информационных технологий Москвы (2023) Развитие технологий искусственного интеллекта в Москве – 2023. <https://ict.moscow/projects/ai/research/razvitie-tekhnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-moskve-2023/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Егорова В. (2022) Путин призвал обеспечить массовое внедрение искусственного интеллекта во все отрасли. Главное из выступления президента РФ // Российская газета. <https://rg.ru/2022/11/24/putin-prinial-uchastie-v-konferencii-po-iskusstvennomu-intellektu-glavnoe.html> (дата обращения: 29.07.2024).
- Информационный центр Правительства Москвы (2023) Проекты Москвы вошли в число наиболее эффективных российских практик применения искусственного интеллекта в умных городах. <https://icmos.ru/news/proekty-moskvy-vosli-v-cislo-naibolee-effektivnykh-rossiiskix-praktik-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-v-umnykh-gorodax> (дата обращения: 01.08.2024).
- Каталевская Е. А., Каталевский Д. Ю., Тюриков М. И., Велиева И. А., Большунов А. В. (2022) Перспективы использования искусственного интеллекта в диагностике и лечении заболеваний сетчатки // Клиническая офтальмология. № 22(1). С. 36–43. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2022-22-1-36-43> (дата обращения: 31.07.2024).

- Коммерсантъ (2023) Искусственному интеллекту создали условия. <https://www.kommersant.ru/doc/6085130> (дата обращения: 01.08.2024).
- Коммерсантъ (2024) На Дону обсудили перспективы применения искусственного интеллекта. <https://www.kommersant.ru/doc/6663630> (дата обращения: 01.08.2024).
- Кошечкин К. А. (2024) Применение искусственного интеллекта в фармацевтике. <https://www.itmportal.ru/upload/iblock/722/xr81ueh630zfd02eqs2qekhrs2u9enkx/132-Koshechkin-ITM-II-2024.pdf> (дата обращения: 31.07.2024).
- Краснов Ф. В., Буторин А. В., Ситников А. Н. (2018) Автоматизированное обнаружение геологических объектов в изображениях сейсмического поля с применением нейронных сетей глубокого обучения // Бизнес-информатика. № 2 (44). С. 7–16. <https://doi.org/10.17323/1998-0663.2018.2.7.16> (дата обращения: 31.07.2024).
- Крылов В. (2015) Обучение технологиям Больших Данных // Открытые системы. СУБД. № 4. <https://www.osp.ru/os/2015/04/13047973> (дата обращения: 02.08.2024).
- Кузнецов Д. (2022) Распознающие хвори: как компьютерное зрение и экспертные системы помогают врачам. <https://naked-science.ru/article/hi-tech/raspoznayushhie-hvori-kak-kompyuternoe> (дата обращения: 31.07.2024).
- Куртяник Н. (2024) Подмосковье в «цифре»: итоги 2023 года. <https://d-russia.ru/podmoskove-v-cifre-itogi-2023-goda.html> (дата обращения: 01.08.2024).
- Линьков В. (2023) Hadoop: что это, для чего она нужна и как работает. <https://skillbox.ru/media/code/hadoop-cto-eto-dlya-chego-ona-nuzhna-i-kak-rabotaet> (дата обращения: 02.08.2024).
- Луковкин Д. (2021) Компьютерное зрение для горной промышленности. Как это работает на примере гранулометрии. <https://vc.ru/ai/309996-kompyuternoe-zrenie-dlya-gornoj-promyshlennosti-kak-eto-rabotaet-na-primere-granulometrii?redesign=true> (дата обращения: 31.07.2024).
- Мельников В. А, Киреев П. А. (2024) Повышение качества строительства при помощи компьютерного зрения // Научный аспект. № 6.
- Минобрнауки России (2021a) Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № МН-5/22720 «О направлении доработанной модели компетенций». <https://fgosvo.ru/news/view/6455> (дата обращения: 19.07.2024).
- Минобрнауки России (2021b) Рекомендации по разработке приоритетных бакалаврских программ в сфере искусственного интеллекта и приоритетных магистерских программ в сфере искусственного интеллекта (утв. Заместителем Министра науки и высшего образования Российской Федерации Д. В. Афанасьевым 20 декабря 2021 г.). <https://fgosvo.ru/news/view/6455> (дата обращения: 19.07.2024).
- Минобрнауки России (2022a) Первый в России инновационный Центр молочных компетенций появится на Кубани. <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-podvedomstvennykh-uchrezhdeniy/61567/?lang=ru> (дата обращения: 01.08.2024).

Минобрнауки России (2022b) Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 февраля 2022 г. № 89 «Об утверждении перечня специальностей и направлений подготовки высшего образования по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам ординатуры и программам ассистентуры-стажировки» (ред. от 29 августа 2022 г.) (не вступил в силу).

Минобрнауки России (2023) Письмо Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 июня 2023 г. № МН-5/179660 «О направлении модуля». <https://fgosvo.ru/news/view/5792> (дата обращения: 30.07.2024).

Минобрнауки России (2024) Статистическая информация. Высшее образование. Сведения об организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры. <https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/> (дата обращения: 03.08.2024).

Минпром Челябинской области (2023) ЧКПЗ и ЮУрГУ создали на Южном Урале новый научно-образовательный центр. <https://minprom.gov74.ru/minprom/news/view.htm?id=11269277> (дата обращения: 01.08.2024).

Минцифры России (2024a) Кадры цифровой экономики. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/866> (дата обращения: 20.07.2024).

Минцифры России (2024b) Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли. <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1085> (дата обращения 30.07.2024).

Минцифры Челябинской области (2024) В Челябинской области будут развивать искусственный интеллект в медицине. <https://digital.gov74.ru/digital/view/news.htm?id=11514910> (дата обращения: 01.08.2024).

Минэкономразвития России (2024) Федеральный проект «Искусственный интеллект». https://www.economy.gov.ru/material/directions/fed_proekt_iskusstvennyu_intellekt (дата обращения 30.07.2024).

МФТИ (2021) Аппаратное обеспечение для ИИ // Альманах «Искусственный интеллект». https://aireport.ru/ai_hardware (дата обращения: 01.08.2024).

Национальные проекты (2023) Эксперты рассказали о применяемых технологиях ИИ в Ростовской области. <https://xn--80aarpemcchfmo7a3c9ehj.xn--plai/news/eksperty-rasskazali-o-primenyaemykh-tehnologiyakh-ii-v-rostovskoy-oblasti/> (дата обращения: 01.08.2024).

Национальный портал в сфере искусственного интеллекта (2024a) В Москве более 11 млн лучевых исследований было проанализировано с помощью искусственного интеллекта, рентгенологам доступно уже 56 ИИ-сервисов. <https://ai.gov.ru/mediacenter/v-moskve-bolee-11-mln-luchevykh-issledovaniy-bylo-proanalizirovano-s-pomoshchyu-iskusstvennogo-intel/?pageStart=26> (дата обращения: 01.08.2024).

Национальный портал в сфере искусственного интеллекта (2024b) Исследования. <https://ai.gov.ru/ai/research/>

- Национальный центр «Россия» (2024) Архангельская область представила на выставке «Россия» разработки в области искусственного интеллекта. <https://russia.ru/news/arxangelskaia-oblast-predstavila-na-vystavke-rossiia-razrabotki-v-oblasti-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 01.08.2024).
- НИУ ВШЭ (2024) Информационно-аналитическая система «Индикаторы образования». <https://issekdash.hse.ru/viewer/public?dashboardGuid=ddd55ee533f54e04931cf99f13ab1049> (дата обращения: 20.07.2024).
- НИУ ВШЭ (2025) Искусственный интеллект в России: технологии и рынки / Л. М. Гохберг (рук. авт. колл.), Ю. В. Туровец, К. О. Вишнеvский; науч. ред. Л. М. Гохберг. М.: ИСИЭЗ ВШЭ.
- НЦРИИ (2023a) Индекс интеллектуальной зрелости отраслей экономики, секторов социальной сферы и системы государственного управления Российской Федерации: Аналитический доклад. https://ai.gov.ru/knowledgebase/infrastruktura-ii/2023_indeks_intellektualynoy_zrelosti_otrasley_ekonomiki_sektorov_socialynoy_sfery_i_sistemy_gosudarstvennogo_upravleniya_rossiyskoy_federacii_ncrrii_pri_pravitelystve_rf/ (дата обращения: 01.08.2024).
- НЦРИИ (2023b) Презентация по результатам исследования ИИ-зрелости субъектов РФ. https://files.data-economy.ru/Docs/AI_regions.pdf (дата обращения: 01.08.2024).
- Образовательные технологии Яндекса (2022) Для чего аналитику данных датасет и где его взять. <https://practicum.yandex.ru/blog/dataset-dlya-mashinnogo-obucheniya-i-analiza/> (дата обращения: 02.08.2024).
- Поморье (2024) В САФУ открылась вторая очередь IT-парка «Цифровая Арктика». <https://www.pomorie.ru/2024/04/27/662c042ec79b0e037e08dd48.html> (дата обращения: 01.08.2024).
- Постолиит А. В. (2021) Перспективы применения искусственного интеллекта и компьютерного зрения в транспортных системах и подключенных автомобилях // Мир транспорта. № 19(1). С. 74–90.
- Правда Севера (2023) Команда Поморья победила на зональном хакатоне по искусственному интеллекту. <https://pravdasevera.ru/2023/08/29/64edd6bac292d505f34bc2b2.html> (дата обращения: 01.08.2024).
- Правительство Вологодской области (2024) Вологодские наработки в области искусственного интеллекта представили на федеральном уровне. https://vologda-oblast.ru/special/novosti/novosti_organov_vlasti/vologodskie_narabotki_v_oblasti_iskusstvennogo_intellekta_predstavili_na_federalnom_urovne/ (дата обращения: 01.08.2024).
- Президент РФ (2019) Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения 30.07.2024).
- Репина А. А. (2024) Технологии искусственного интеллекта для производства: разработка и использование // Серия информационно-аналитических материалов «Искусственный интеллект». № 2. <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/938098220.pdf> (дата обращения: 01.10.2024).

- РБК (2023а) Искусственный интеллект поможет вологодским врачам в лучевой диагностике. <https://vo.rbc.ru/vo/10/08/2023/64d4b0cd9a79476b61493511> (дата обращения: 01.08.2024).
- РБК (2023b) «Умные» фермы: как искусственный интеллект меняет сельское хозяйство. https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/06/2023/64802aae9a7947c6121756b7 (дата обращения: 31.07.2024).
- Ростех (2023) Как это работает: машинное зрение. <https://rostec.ru/news/kak-eto-rabotaet-mashinnoe-zrenie> (дата обращения: 31.07.2024)
- Рябко Т. В., Гуртов В. А., Степуть И. С. (2022) Анализ показателей подготовки кадров для сферы искусственного интеллекта по результатам мониторинга вузов // Высшее образование в России. Т. 31. № 7. С. 9–24.
- Санникова В. (2021) Южноуральские ученые развивают 17 прорывных проектов на основе искусственного интеллекта. <https://gubernia74.ru/articles/news/1105590> (дата обращения: 01.08.2024).
- САФУ (2023) Программисты САФУ выиграли хакатон по искусственному интеллекту. <https://narfu.ru/life/news/university/384660/> (дата обращения: 01.08.2024).
- СПбГУ (2024) СПбГУ займется разработкой платформы сильного ИИ интернета вещей для высокотехнологичных производств. <https://spbu.ru/news-events/novosti/spbgu-zaymetsya-razrabotkoy-platformy-silnogo-ii-interneta-veschey-dlya> (дата обращения: 01.08.2024).
- ТАСС (2024) Нейросеть оценила состояние дорог в Вологодской области в тестовом режиме. <https://tass.ru/v-strane/20662079> (дата обращения: 01.08.2024).
- ТАСС Наука (2023) В Санкт-Петербурге разработали систему ИИ для улучшения диагностики и удаления опухолей. <https://nauka.tass.ru/nauka/18536463> (дата обращения: 01.08.2024).
- ТПП Архангельской области (2024) 18 апреля в Торгово-промышленной палате Архангельской области состоялась презентация, посвящённая революционному влиянию искусственного интеллекта (ИИ) на современный бизнес. <https://arkhangelsk.tpprf.ru/ru/news/536413/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Ужинский А. (2023) Искусственный интеллект в сельском хозяйстве // Открытые системы. СУБД. № 4. <https://www.osp.ru/os/2023/04/13057739> (дата обращения: 31.07.2024).
- Университетский консорциум исследователей больших данных (2024) Доступ к данным и инструментам. <https://opendata.university/access#rec682692797> (дата обращения: 01.08.2024).
- Устинова А. (2023) Петербург установил 20000 видеокамер с искусственным интеллектом. <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/12/14/1010957-peterburg-ustanovil-20-000-videokamer-s-iskusstvennim-intellektom> (дата обращения: 01.08.2024).
- Хитрых В. (2023) Кубань и Адыгея признаны третьими в России по числу пользователей нейросетями. <https://www.kommersant.ru/doc/5861205> (дата обращения: 01.08.2024).
- Центр ИИ в химии ИТМО (2024) <https://acidlab.itmo.ru/> (дата обращения: 01.08.2024).

- ЦСР (2022) Перспективы и проблемы использования технологий искусственно-го интеллекта в регионах Российской Федерации. <https://www.csr.ru/ru/research/perspektivy-i-problemy-ispolzovaniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-regionakh-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения: 01.08.2024).
- ЮРИУ РАНХиГС (2023) Ростовская область – яркий пример отраслевого внедрения технологий. <https://vc.ru/u/1764057-yuriu-ranhigs/787667-rostovskaya-oblast-yarkii-primer-otraslevogo-vnedreniya-tehnologii-ekonomisty-o-vnedrenii-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 01.08.2024).
- Яков и Партнеры (2023) Искусственный интеллект в России – 2023: тренды и перспективы. https://yakov.partners/upload/iblock/c5e/c8t1wrkdne5y9a4nqlicderalwny7xh4/20231218_AI_future.pdf (дата обращения: 01.08.2024).
- DVINANEWS (2024) Возможности использования искусственного интеллекта в различных сферах обсудили члены правительства Архангельской области и эксперты Сбера. <https://dvinanews.ru/news/detail/14773> (дата обращения: 01.08.2024).
- EastRussia (2023) Сбер продвигает программу ИИ-трансформации регионов. <https://www.eastrussia.ru/news/sber-prodvigaet-programmu-ii-transformatsii-regionov/> (дата обращения: 01.08.2024).
- Eurostat (2023) Database. Science, Technology, Digital Society. Digital Economy and Society. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database> (дата обращения: 30.07.2024).
- Federal Data Strategy development team (2021) Federal Data Strategy 2021 Action Plan <https://strategy.data.gov/assets/docs/2021-Federal-Data-Strategy-Action-Plan.pdf> (дата обращения 29.07.2024).
- Freelancer.com (2023) Freelance Creative Jobs Thrive Despite AI Surge (Fast 50 press release). <https://s3.amazonaws.com/press.freelancer.com/Freelancer%20Fast%2050%20Q1%202023%20Index%20-%20Freelance%20Creative%20Jobs%20Thrive%20Despite%20AI%20Surge.pdf> (дата обращения: 29.07.2024).
- Habr (2017) Топливо для ИИ: подборка открытых датасетов для машинного обучения. <https://habr.com/ru/companies/vk/articles/339496/> (дата обращения: 02.08.2024).
- Habr (2020) Как собрать датасет за неделю: опыт студентов магистратуры «Наука о данных». <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/534682/> (дата обращения: 02.08.2024).
- Jorge Ricart R., Van Roy V., Rossetti F., Tangi L. (2022) AI Watch – National strategies on Artificial Intelligence: A European perspective / Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/385851> (дата обращения: 30.07.2024).
- McKinsey (2017) How Advanced Industrial Companies Should Approach Artificial-Intelligence Strategy. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-advanced-industrial-companies-should-approach-artificial-intelligence-strategy> (дата обращения: 30.07.2024).

- OECD (2021) AI Measurement in ICT Usage Surveys: A Review. OECD Digital Economy Papers. No. 308. <https://www.oecd.org/economy/ai-measurement-in-ict-usage-surveys-72cce754-en.htm> (дата обращения: 30.07.2024).
- OECD (2023) OECD.Stat Education at a Glance. <https://stats.oecd.org> (дата обращения: 30.07.2024).
- Office for Artificial Intelligence (2021) National AI Strategy. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1020402/National_AI_Strategy_-_PDF_version.pdf (дата обращения: 29.07.2024).
- PwC (2022) AI Business Survey. <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/ai-analytics/ai-business-survey.html> (дата обращения: 30.07.2024).
- Pythonist (2020) Топ 8 библиотек Python для машинного обучения и искусственного интеллекта. <https://pythonist-ru.turbopages.org/pythonist.ru/s/top-8-bibliotek-python-dlya-mashinnogo-obucheniya-i-iskusstvennogo-intellekta/> (дата обращения: 02.08.2024).
- Righi R., López-Cobo M., Alaveras G., et al. (2020) Academic Offer of Advanced Digital Skills In 2019–20. International comparison. Focus on Artificial Intelligence, High Performance Computing, Cybersecurity and Data Science / Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/doi:10.2760/225355> (дата обращения: 30.07.2024).
- Righi R., Pineda León C., Cardona M., et al. (2022) AI Watch Index 2021 / Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://ai-watch.ec.europa.eu/publications_en (дата обращения: 30.07.2024).
- SberMedAI (2024) ТОП-3 - цифровой помощник врача на базе ИИ. <https://sbermed.ai/our-algorithms/top-3> (дата обращения: 01.08.2024).
- Skypro (2024) Инструменты и библиотеки для машинного обучения. <https://sky.pro/wiki/python/instrumenty-i-biblioteki-dlya-mashinnogo-obucheniya/> (дата обращения: 02.08.2024).
- Stanford University (2024) Artificial Intelligence Index Report 2024. <https://aiindex.stanford.edu/report> (дата обращения: 30.07.2024).
- TAdviser (2024) Искусственный интеллект (рынок России). <https://goo.su/wpguFEK> (дата обращения: 01.08.2024).
- UNESCO (2023) Indicator Dashboard for a Selected SDG 4 Indicator / UIS Statistics. <http://data.uis.unesco.org> (дата обращения: 30.07.2024).
- X5Group (2023) X5 запустила лабораторию искусственного интеллекта в ИТМО. <https://www.x5.ru/ru/news/x5-zapustila-laboratoriyu-iskusstvennogo-intellekta-v-itmo/> (дата обращения: 01.08.2024).

Подготовка высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта

Редактор А. В. Бреус

Арт-директор О. В. Васильев

Дизайн: Г. В. Подзолкова, А. Г. Севоднева, И. В. Цыганков

Компьютерный макет: Т. Ю. Кольцова

Подписано в печать 11.10.2024. Формат 60×90 1/8. Бумага мелованная.

Печ. л. 7.5. Уч-изд. л. 6.7. Тираж 70 экз.

Заказ № 68342.

Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики»

101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

Отпечатано в ООО «Типография ИРМ-1»

140000, Московская область, г. Люберцы, Инициативная ул., 38

Тел.: +7 (495) 740-00-77

Публикации ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по цифровой экономике

Книга «Искусственный интеллект в России и мире: технологии и рынки»



Отражены ключевые тренды развития ИИ, тенденции государственной политики в России и за рубежом, наиболее распространенные практики создания и внедрения технологий ИИ в нашей стране. Приведены оценки исследовательской и изобретательской активности, рассмотрены типовые кейсы создания ИИ-решений, модели их использования, стратегии выбора, барьеры и стимулы для внедрения ИИ.

Информационные материалы серии «Искусственный интеллект»



Содержат аналитические обзоры трендов, направлений и факторов развития и распространения технологий искусственного интеллекта в России и мире, подготовленные на основе специализированных обследований

Сборники «Индикаторы образования» и «Образование в цифрах», дашборд



сборники



дашборд



В сборниках и на дашборде (в интерактивном формате) представлены показатели развития образования, в том числе характеризующие цифровизацию образования, цифровые навыки студентов и преподавателей, подготовку кадров для цифровой экономики.

Сборники «Индикаторы цифровой экономики» и «Цифровая экономика»



Публикуются показатели, отражающие деятельность организаций по созданию, распространению и использованию цифровых технологий, ресурсов цифровой экономики. Основные индикаторы приводятся по России в сравнении с зарубежными странами.

Экспресс-информация «Цифровая экономика» и «iFORA-экспресс»



Краткие аналитические обзоры посвящены текущему состоянию и тенденциям развития основных аспектов цифровой экономики. Выходят два раза в месяц. Знакомят с аналитикой, основанной на результатах, полученных с помощью Системы интеллектуального анализа больших данных iFORA.

Тематические доклады



Отражены результаты специализированных мониторинговых исследований, посвященных развитию интернета, рынка облачных сервисов, платформенной экономики.

Дайджесты серии «Мониторинг цифровой трансформации бизнеса»



Серия дайджестов подготовлена по результатам обследования, которое Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ провел в июне — июле 2023 г. в рамках Программы фундаментальных исследований (ПФИ) НИУ ВШЭ и стратегического проекта «Цифровая трансформация» по программе «Приоритет 2030». В обследовании приняли участие более 4 тыс. организаций из 10 отраслей экономики.

Квартальные дайджесты и дашборд «Российский сектор ИКТ: ключевые показатели»



дайджесты



дашборд



Представлены оперативные итоги деятельности организаций сектора ИКТ по его сегментам: ИТ-отрасли, телекоммуникациям, производству ИКТ-оборудования, оптовой торговле ИКТ-товарами. Сопровождаются интерактивными страницами (дашбордом).

Сайт
ИСИЭЗ НИУ ВШЭ
issek.hse.ru



Сообщество
во «ВКонтакте»
vk.com/issekhse



Канал
в Telegram
t.me/ifora_knows_how



+7 (495) 621-28-73

issek@hse.ru