

Искусственный интеллект: воздействие на систему «образование — рынок труда»*

Шестакова Н. Н.*, Джанелидзе М. Г.

Институт проблем региональной экономики Российской академии наук (Санкт-Петербург, Российская Федерация); *nnshestakova@gmail.com

РЕФЕРАТ

Статья посвящена изучению влияния развития и широкого распространения инструментов искусственного интеллекта (ИИ) на систему образования и рынок труда в современной экономике. В ней намечены важные исследовательские направления, связанные с развитием инструментов ИИ и процессами их интеграции в системе «образование — рынок труда». Представлен комплексный анализ процессов внедрения и интеграции технологий ИИ в существующие производственные процессы и последствий этого для современной системы образования.

Цель исследования — не только оценить трансформацию педагогических практик под влиянием ИИ, но и рассмотреть его опосредованное воздействие на рынок труда, обусловленное кардинальным изменением востребуемых в связи с распространением такого профессиональных компетенций.

Методология и подходы: исследование построено на анализе современных тенденций и включает практический кейс, демонстрирующий возможности ИИ в обработке образовательного контента. Особое внимание уделено оценке рисков и ограничений, связанных с повсеместным внедрением ИИ.

Результаты: выявлены и систематизированы ключевые тренды внедрения ИИ в систему образования, такие как персонализация обучения, автоматизация рутинных функций преподавательской деятельности, появление новых образовательных форматов и практик. Определены перспективные направления использования ИИ в образовательных целях и дана системная оценка сопутствующим рискам его внедрения. Рассмотрены направления трансформации существующих профессий и изменения структуры занятости под влиянием распространения ИИ.

Выводы: обладая огромным потенциалом для улучшения жизни людей, ИИ в то же время связан с углублением цифрового разрыва — он может стать барьером для одних и привилегией для других, а не средством формирования инклюзивного общества. Взаимодействие ИИ с системой образования как социальным институтом представляет собой сложный и многогранный процесс ее инновационного развития. Широкое внедрение инструментов ИИ в процессы обучения — это не просто техническая модернизация, а институциональная трансформация, затрагивающая все стороны образовательной системы. Широкое внедрение ИИ в сферу труда воздействует на структуру занятости и профессиональный состав кадров, меняя тем самым требования к образовательной системе.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экономика искусственного интеллекта, система образования, применение искусственного интеллекта в национальной образовательной системе, угрозы, ограничения и риски применения искусственного интеллекта в образовании, рынок труда, влияние искусственного интеллекта на изменение профессиональной конъюнктуры на рынке труда.

Для цитирования: Шестакова Н. Н., Джанелидзе М. Г. Искусственный интеллект: воздействие на систему «образование — рынок труда» // Управленческое консультирование. 2025. № 5. С. 91–105. EDN ILOSDT

* Статья подготовлена в соответствии с темами НИР ИПРЭ РАН «Новые условия и факторы социально-экологического развития регионов России в условиях цифровой трансформации экономики и общества» (№ Г.Р. 124012000100-7; код — «FMGS-2024-0002») и «Разработка теоретико-методологических положений научно-технологического развития экономики на основе инновационной динамики и формирование механизмов её реализации в регионах» (№ Г.Р. 124011600045-8; код — «FMGS-2024-0001»).

The Artificial Intelligence: Impact on the Education — Labor Market System

Natalia N. Shestakova*, Mikhail G. Djanelidze

Institute for Regional Economy Studies of the Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russian Federation; *nnshestakova@gmail.com

ABSTRACT

This article examines the impact of the development and widespread adoption of artificial intelligence (AI) tools on the education system and labor market in the modern economy. It outlines important research directions related to the development of AI tools and the processes of their integration in «education-labor market system». A comprehensive analysis of the implementation and integration of AI technologies into existing production processes and the implications for the modern education system is presented.

The study **aims** not only to assess the transformation of teaching practices under the influence of AI but also to examine its indirect impact on the labor market, driven by the fundamental shift in professional competencies in demand due to its widespread adoption.

Methodology and Approaches: the study is based on an analysis of current trends and includes a practical case demonstrating the potential of AI in processing educational content. Particular attention is paid to assessing the risks and limitations associated with the widespread adoption of AI. Results: key trends in the implementation of AI in the education system are identified and systematized, including personalization of learning, automation of teaching, and the emergence of new educational formats and practices. Promising areas for using AI in education are identified, and the associated risks of its implementation are systematically assessed. The transformation of existing professions and changes in the employment structure due to the spread of AI are examined.

Conclusions: while AI has enormous potential to improve people's lives, it is also associated with a deepening digital divide — it can become a barrier for some and a privilege for others, rather than a means of creating an inclusive society. The interaction of AI with the education system as a social institution represents a complex and multifaceted process of its innovative development. The widespread adoption of AI tools in educational processes is not simply a technical modernization, but an institutional transformation affecting all aspects of the education system. The widespread adoption of AI in the world of work impacts the employment structure and professional composition of the workforce, thereby changing the requirements for the education system.

Keywords: artificial intelligence, economics of artificial intelligence, education system, application of artificial intelligence in the national education system, threats, limitations and risks of application of artificial intelligence in education, labor market, impact of artificial intelligence on changes in the professional situation in the labor market.

For citation: Shestakova N. N., Djanelidze M. G. The Artificial Intelligence: Impact on the Education — Labor Market System // Administrative Consulting. 2025. N 5. P. 91–105. EDN ILOSDT

Введение

В последнее время в фокусе внимания различных сообществ находится проблема проникновения во все сферы экономики, бизнеса, управления, да и жизнедеятельности обычного человека искусственного интеллекта (ИИ¹). Прогнозы последствий

¹ Под ИИ понимается «Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений»: П. 5 Национальной Стратегии развития ИИ в РФ на период до 2030 года [Электронный ресурс] // Tadviser. 2023. 17 марта. Что такое Искусственный интеллект (ИИ, Artificial intelligence, AI) URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Что_такое_Искусственный_интеллект_\(ИИ,_Artificial_intelligence,_AI\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Что_такое_Искусственный_интеллект_(ИИ,_Artificial_intelligence,_AI)) (дата обращения: 28.08.2025).

развития ИИ простираются в диапазоне от признания его просто новым инструментом, не меняющим кардинально взаимодействие и работу людей, до объявления его инструментом новой промышленной революции, которая в перспективе неизбежно преобразует все сферы экономической и социальной жизни [3].

По данным Аналитического доклада «Индекс интеллектуальной зрелости отраслей экономики, секторов социальной сферы и системы государственного управления Российской Федерации» [6, с. 39], средний уровень использования ИИ российскими организациями в 2024 г. достиг 43% (+11 п.п. к уровню 2023 г.). Наибольший рост показателя при этом продемонстрировала система высшего образования: +39 п.п. (или более 2,3 раза по сравнению с 2023 г.), опередив даже сектор непосредственно ИКТ. В 2025 г. 72% организаций высшего образования использовали ИИ-решения в своей деятельности фактически и еще 10% планируют начать это делать в течение трех лет [6, с. 9–10, 34].

По сути искусственный интеллект представляет собой создание и использование интеллектуальных систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта. ИИ уже проник во многие сферы нашей жизни, от рекомендательных систем и виртуальных ассистентов до автономных транспортных средств и медицинской диагностики. Однако ИИ — это не единая технология, а скорее широкий спектр подходов и методов.

Материалы и методы

В качестве основных методов исследования авторами выбраны монографический и экономико-статистический анализ, в частности, сводка и группировка, а также контент-анализ.

В целях формирования собственного экспертного мнения авторами использовались научные публикации и многообразные интернет-ресурсы, позволившие проанализировать влияние искусственного интеллекта на сферу образования и рынок труда. Эти ресурсы позволили нам составить комплексное и многоуровневое представление о стремительно развивающейся области искусственного интеллекта, приведем же их *не позволяя рекомендованный объем статьи*.

Поиск проводился по следующим направлениям:

- 1) академические и научные порталы (препринты, публикации);
- 2) аналитические и отраслевые центры (аналитика, отчеты). В частности, Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI), McKinsey Company, Boston Consulting Group (BCG), CB Insights и др.;
- 3) новостные и экспертные порталы (оперативные новости, мнения);
- 4) порталы крупнейших технологических компаний (кейсы, исследования);
- 5) базы данных и порталы по государственной политике и регулированию;
- 6) платформы для разработчиков и профильные интернет-сообщества.

Источники включали при этом:

– отчеты крупных международных организаций, таких как ЮНЕСКО и Всемирный экономический форум (WEF), которые регулярно публикуют исследования о трансформации образовательных процессов и рынке труда под воздействием технологий;

– агрегаторы научной литературы, такие как eLibrary и Google Scholar, для поиска исследований и публикаций по искусственному интеллекту и образованию;

– статьи и публикации в профильных профессиональных изданиях, таких как HBR Россия («Harvard Business Review»), которые фокусируются на взаимосвязях технологий и профессионального образования;

– платформы, специализирующиеся на образовательных технологиях, например, EdCrunch, TechEd и крупные профессиональные сообщества, такие как EdTechRussia;

– исследования специализированных центров и лабораторий, занимающихся изучением цифровизации и искусственного интеллекта в образовательной среде, как международных, так и российских.

Результаты

К инструментам ИИ относятся все технологии, способные имитировать человеческие когнитивные функции (обучение, решение проблем, принятие решений). Бурное развитие ИИ все сильнее влияет на процессы производства, потребления, занятости, инновационного и экономического развития. И это не просто прогресс информационных технологий, это — настоящая трансформация производственной, экономической и социальной структуры нашего общества (табл. 1).

Но расширяющееся и углубляющееся проникновение ИИ в различные сферы жизни общества (как и любого крупного технологического новшества) связано и с немалыми рисками: экономика ИИ несет в себе как огромные возможности, так и экзистенциальные вызовы (табл. 2).

Следствием бурного развития ИИ выступает изменение положения человека в экономической, трудовой и образовательной сферах. Взаимодействие человека с цифровым миром и ИИ становится одной из ключевых проблем в сфере как занятости, так и образования. Система образования как сфера деятельности, связанная с интеллектуальной деятельностью, согласно консолидированным международным оценкам, относится к числу отраслей, наиболее подверженных трансформации вследствие внедрения ИИ [4].

Что же касается российской национальной сферы образования, то она, по мнению экспертов, находится на раннем этапе внедрения технологий ИИ, однако российское образование обладает высоким уровнем доступности информации о возможностях ИИ; реализуемых российских и зарубежных проектах и лучших практиках, а также характеризуется высокой динамичностью изменений [4, с. 66]. Начиная с 2021 г. был введен ряд национальных стандартов, нормативно определяющих понятия,

Таблица 1

Сферы проявления влияния искусственного интеллекта (ИИ)

Table 1. Influence areas of artificial intelligence (AI)

Сферы	Процессы
Производство	Автоматизация, оптимизация производственных процессов, создание новых продуктов и услуг
Потребление	Персонализированный маркетинг, рекомендательные системы, улучшение пользовательского опыта
Рынки труда	Изменение спроса на рабочую силу, появление новых профессий, необходимость переквалификации
Инновации	Ускорение научных открытий, разработка новых технологий, создание новых бизнес-моделей
Конкуренция	Изменение конкурентной среды, появление новых акторов (в т. ч. платформ), роль данных как ключевого актива
Экономические и социальные последствия	Потенциальное увеличение неравенства, влияние на распределение доходов, налогообложение и социальные программы

Источник: Составлено авторами.

Таблица 2

Возможности и риски инклюзии ИИ в экономику
 Table 2. Opportunities and risks of AI integration into economy

Возможности	Риски
Рост производительности	Появление новых угроз: необходимость и сложность регулирования, проблемы безопасности и надежности
Появление новых продуктов, услуг и способов ведения бизнеса	Проблемы предвзятости в алгоритмах, конфиденциальности данных, ответственности за действия ИИ и прозрачности его работы
Создание новых рабочих мест	Безработица и необходимость переквалификации большого числа работников
Расширение доступности и персонализация	Концентрация власти — доминирование платформ, обладающих значительными объемами данных и вычислительными ресурсами, монополизация рынков
Повышение качества жизни	Рост неравенства

Источник: Составлено авторами.

связанные с использованием ИИ в образовании (их перечень приведен в статье [5]). Направления его развития в высшем образовании анализируются в докладе, подготовленном Институтом образования ВШЭ [9].

Отечественные исследователи выделяют семь основных трендов влияния ИИ на образование [4, с. 66–67]:

- 1) распространение технологий адаптивного обучения;
- 2) распространение геймификации на основе ИИ;
- 3) внедрение интеллектуальной робототехники в образовательные процессы;
- 4) включение изучения ИИ в образовательные программы;
- 5) использование ИИ в микро- и нанообучении в корпоративном образовании;
- 6) использование генеративного ИИ в образовании;
- 7) распространение ИИ на платформах массовых открытых онлайн-курсов.

Дополним перечисленные направления его потенциального воздействия на состояние образовательной системы.

Персонализация обучения. ИИ способен анализировать успеваемость, стиль обучения и предпочтения каждого ученика, предлагая индивидуальные учебные траектории, материалы и задания. Это может обеспечить более эффективное усвоение материала.

Расширение доступности образования. ИИ может помочь в создании доступных образовательных ресурсов для людей с ограниченными возможностями, а также для тех, кто проживает в отдаленных районах.

Автоматизация рутинных задач. Проверка тестов, составление расписаний, ответы на часто задаваемые вопросы — все это может быть делегировано ИИ, освобождая время преподавателей для более творческой педагогической работы.

Аналитика и прогнозирование. ИИ позволяет анализировать большие объемы данных об успеваемости учеников, выявлять тенденции, предсказывать возможные трудности и помогать в принятии управленческих решений в системе образования.

Появление новых форм обучения. ИИ может стать основой для интерактивных симуляций, виртуальных лабораторий и других инновационных методов обучения, делая процесс обучения как более эффективным, так и привлекательным.

Таким образом, технологии ИИ в системе образования делают ее более инклюзивной, позволяя преодолевать географические, языковые и физические барьеры, повышая тем самым доступность качественного образования. Кроме того, инструменты ИИ могут анализировать тенденции рынка труда, помогая быстро формировать актуальные образовательные программы (и тем самым способствуя решению всегдашней проблемы разрыва между потребностями работодателей и предложениями системы образования).

Обсуждение

Одним из перспективных направлений использования ИИ в образовании считается анализ текстов.

В этой связи интересно рассмотреть пример, как раз являющийся продуктом анализа текстов. Он же послужит исходным посылом для некоторых дальнейших рассуждений. Таким примером может послужить один из результатов «деятельности» ИИ (Алиса, Yandex): ответ на предложенный авторами запрос «нацпроект инновационное развитие».

Сопоставление официальной информации относительно реализуемых в стране национальных проектов² с версией, предложенной искусственным интеллектом, демонстрирует современный уровень развития последнего. С одной стороны, текст составлен с учетом профильных особенностей на вполне хорошем, грамотном, профессионально и логично выстроенном русском языке; с другой же — по сути — он не отражает объективной реальности по предложенному запросу.

Далее мы проанализируем предоставленный искусственным интеллектом ответ с позиций использования в образовательном процессе.

Во-первых, мы можем видеть недостоверность генерируемой и выдаваемой ИИ информации: обозначенного в запросе нацпроекта нет. И никогда не существовало. Это при необходимости легко проверить. И проверять надо. К этому мы вернемся ниже.

Во-вторых, очевидно высокое содержательное правдоподобие представляемой информации. И это тоже требует проверки.

В-третьих, достаточно хороший (практически не требующий переделки и доработки) язык изложения, вызывающий доверие к тексту, дополнительно как бы подтверждающий его верность.

Изложенные позиции — при соотнесении их с системой образования — позволяют говорить о целом спектре реальных и потенциальных угроз для нее. Перечислим их³:

- угроза утраты объективной реальности как следствие отсутствие умения формулировать корректные запросы для ИИ: ведь плохо поставленный вопрос может породить «фейковый» ответ, который, попав на просторы интернета, потенциально может породить в определенном смысле «фейковые» понятия, явления, процессы и т. п., и даже — при определенных условиях — целую искаженную, «фейковую вселенную»;
- угроза сокращения умственной нагрузки, деградации критического мышления, творческих навыков, понижения интеллектуального уровня обучающихся на различных уровнях вследствие переключивания ими когнитивных/мыслительных и аналитических функций на ИИ;
- угроза уменьшения живого общения и формирования т. н. «клипового» мышления.

² Попутно отметим, что «искусственный интеллект» в качестве отдельной федеральной программы был представлен только в системе национальных проектов, принятых и реализованных в 2019–2024 гг.

³ Составлено на основе: Ограничения и риски применения ИИ в образовании [Электронный ресурс] // courses.sberuniversity. URL: <https://courses.sberuniversity.ru/ai-education/1/5> (дата обращения: 20.08.2025).

Однако поименованными позициями риски и угрозы не ограничиваются. Помимо выявленных и перечисленных авторами выделяются и другие виды рисков. В частности, университетом Сбербанка предлагается подход к их классификации, структурированный по блокам⁴:

Технические ограничения ИИ в образовательном контексте: проблемы с адекватным пониманием контекста, обработкой нестандартных ситуаций и полной адаптацией к индивидуальным особенностям учащихся.

Этические угрозы и риски применения ИИ в образовании: конфиденциальность данных, потенциально возможная прозрачность и предвзятость алгоритмов, этичность автоматизированной оценки и ответственность за принятые решения и допущенные ошибки.

Педагогические риски и ограничения: чрезмерное использование ИИ может снизить роль преподавателя в образовательном процессе в части утраты его эмоционального и воспитательного воздействия, негативно повлиять на развитие критического мышления и нарушить баланс с традиционными методами обучения. Специфическим ограничением также выступает недостаточная готовность педагогического состава к работе с новыми технологиями.

Социальные и экономические угрозы и риски: возможность усугубления цифрового неравенства и превращения его в цифровой разрыв в доступе к образовательным ресурсам (как между различными образовательными организациями, так и между учащимися, например, в зависимости от уровня дохода или места проживания и проч.), изменение требований к навыкам на рынке труда, оказание влияния на социализацию и формирование soft skills учащихся. При этом надо понимать, что цифровой разрыв сегодня — это не просто отсутствие интернета или доступа к компьютерам, в условиях развития ИИ он включает в себя также различия по следующим позициям:

- доступ к инфраструктуре (неравномерное покрытие высокоскоростным интернетом; наличие современных устройств);
- цифровая грамотность и навыки (владение цифровыми инструментами; умение эффективно пользоваться возможностями, предоставляемыми ИИ);
- доступ к качественному контенту и сервисам (возможность пользоваться новыми ИИ-решениями, которые могут повысить производительность профессиональной деятельности, расширить ее возможности и снизить затраты);
- участие в цифровой экономике (возможность создавать, монетизировать и получать выгоду от продуктов и услуг, основанных как на присутствии в ней, так и на использовании инструментов ИИ).

Правовые и нормативные ограничения: традиционное/фактическое отставание действующей нормативно-правовой базы в соответствие с уровнем развития ИИ-технологий, наличие правовых лакун в области их применения в образовании.

Инфраструктурные, финансовые и ресурсные ограничения: внедрение ИИ требует соответствующих средств, значительных вложений и наличия технической инфраструктуры, которая не всегда доступна в дотационных регионах и образовательных организациях с недостаточным бюджетом.

Разработчики университета Сбербанка с целью минимизации рисков и угроз предлагают использовать критический подход к ИИ, сохранять баланс между технологиями и человеческим фактором, обеспечивать непрерывное обучение педагогов⁵.

⁴ Составлено на основе: Ограничения и риски применения ИИ в образовании [Электронный ресурс] // courses.sberuniversity. URL: <https://courses.sberuniversity.ru/ai-education/1/5> (дата обращения: 20.08.2025).

⁵ Ограничения и риски применения ИИ в образовании [Электронный ресурс] // courses.sberuniversity. URL: <https://courses.sberuniversity.ru/ai-education/1/5> (дата обращения: 20.08.2025).

Между тем, ни для кого не является секретом, что обучающаяся в образовательных учреждениях разного уровня молодежь использует инструменты ИИ не только в текущем учебном процессе (и в интернете можно обнаружить множество предложений подобного рода), но и в подготовке выпускных квалификационных работ, где выпускники — по определению — должны демонстрировать результаты полученных за весь период обучения знаний, навыков, умений, сформированность основных компетенций, самостоятельность и определенную зрелость мышления. Однако в текущем году «Яндекс Образование» и НИУ ВШЭ официально запустили проект по использованию искусственного интеллекта в процессе подготовки дипломов. Специалисты в рамках эксперимента научили студентов и научных руководителей использовать нейросеть YandexGPT. В итоге более 500 студентов, изучающих гуманитарные и социальные науки, экономику и менеджмент, историю и коммуникации, филологию, медиа и педагогику, официально использовали нейросети нового поколения (YandexGPT 5) при подготовке дипломов. Все дипломы были успешно защищены⁶. В этой связи любопытно отметить, что нейросети могут довольно точно определять текст, созданный другими GPT⁷.

Говоря о системе образования как о механизме обеспечения социально-экономического комплекса кадрами, следует ориентироваться на основные направления развития такого. Учитывая временной лаг подготовки специалистов, очевидно, особенно это важно в перспективном плане.

А поскольку ключевым вектором экономического развития в краткосрочном периоде эксперты также называют экспансию искусственного интеллекта (ИИ), то можно говорить о совпадении целей развития народнохозяйственного комплекса и системы образования.

В этом контексте влияние ИИ на систему образования следует рассматривать в русле изменения профессиональной конъюнктуры/ситуации на рынке труда [1; 2; 7; 8; 10–16 и др.].

В принципе воздействие ИИ на занятость может нести в себе различные функции. В государствах с развитой экономикой и стареющим населением и, соответственно, дефицитом работников молодых возрастов (например, Япония, Германия) ИИ выполняет скорее заместительную функцию. В странах же с развивающимися экономиками, избытком молодых работников ИИ может потенциально выполнять — и в некоторых случаях фактически выполняет — функцию провоцирования безработицы за счет вытеснения с рабочих мест сотрудников неквалифицированного и низкоквалифицированного труда. В России, как стране, для которой характерен дефицит кадров, примеры замещения людей технологиями пока не слишком распространены, поскольку отечественные работодатели чаще воспринимают ИИ как механизм компенсации недостающей рабочей силы. В этой связи показательным является то, что с 2021 по 2023–2024 гг. количество опубликованных вакансий, содержащих упоминание словосочетания «искусственный интеллект», возросло более чем вдвое: 1,7 тыс. против 3,7 тысяч⁸.

⁶ Студенты 11 российских вузов официально написали дипломы с применением ИИ [Электронный ресурс] // Большой город. 2025. 4 августа. URL: <https://bg.ru/bg/city/city-news/28672-ai-diploma> (дата обращения: 01.09.2025).

⁷ Литвиненко Ю. Такой текст нам не нужен. Спрос на редакторов и копирайтеров снизился из-за нейросетей [Электронный ресурс] // Snob. 2024. 6 сентября. URL: <https://snob.ru/news/spros-na-redaktorov-i-kopiraiterov-snizilsia-iz-za-neirosetei/> (дата обращения: 10.08.2025).

⁸ Исследование МТС Линк и hh.ru: количество вакансий с упоминанием ИИ выросло в два раза [Электронный ресурс] // mts-link. URL: <https://mts-link.ru/blog/kolichestvo-vakansij-s-upominaniem-ii-vyugoslo-v-dva-raza/> (дата обращения: 05.08.2025); Лысенко К., Тирских Т. Рынки труда в эпоху изменений: глобальные вызовы и пути их преодоления [Электронный ресурс] // Raexpert. 2024. 14 ноября. URL: https://raexpert.ru/researches/labor_market_2024/ (дата обращения: 13.07.2025).

В нашей стране многие учебные заведения разных уровней уже переориентировались на подготовку специалистов по ИИ. Согласно обновленному стратегическому документу «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», планируется увеличить количество выпускников вузов по специальностям, связанным с искусственным интеллектом, с 3 тыс. до 15,5 тыс. человек ежегодно (п. 24 г)⁹. Между тем, несмотря на сформированную и ожидаемую массовым сознанием радужную перспективность получаемой профессии/специальности в области ИИ, профессиональная траектория выпускников или т. н. джуниоров может оказаться под вопросом¹⁰. Как справедливо утверждает управляющий партнер креативного агентства Multiways П. Доронин, «искусственный интеллект не просто автоматизирует рутинные задачи — он драматически меняет стартовые условия для молодых специалистов». Поскольку сегодня задачи, которые раньше поручались джуниорам, «быстрее и дешевле выполняют ChatGPT, Midjourney, GitHub Copilot и другие инструменты, то <...> джуниор-уровень как карьерная ступень размывается, а точкой входа на рынок становится уже мидл-позиция. Это разрушает привычную карьерную лестницу и создает новый тип неравенства — generative-gap»¹¹.

Рассуждая далее, он говорит, что при развитии событий по сценарию вымывания джуниоров со временем (а по статистике, опытный диджитал-специалист работает в одной компании не более трех с половиной лет) произойдет провал на среднем уровне компаний. Таким образом, кадровая структура может стать неустойчивой.

В качестве самой уязвимой группы молодежи, вовлеченной в IT-сферу, эксперт выделяет недавних выпускников. Он предлагает два направления преодоления уязвимости их положения:

- подбор практики (подработки), максимально приближенной к рабочим условиям. Освоение не только технологий, но и таких навыков, как работа в команде, презентация своих идей, ориентирование в бизнесе;
- поиск интенсивов, краткосрочных программ, курсов, позволяющих, минуя исчезающую ступень джуниора, сразу выйти на мидл-уровень.

В этом процессе, безусловно, важно участие бизнеса, которое может быть реализовано через открытие профильных кафедр, внедрение прогрессивных практик в вузы, развитие треков внутри компаний и проч.

На повсеместное распространение ИИ реагирует и рынок труда, отзываясь и ожиданием возникновения новых профессий. Так, уже в 2023 г. на рынке труда появились такие профессии, как¹² ML-разработчики (занимаются анализом данных), AI-инженеры (могут интегрировать сложные современные модели во все многообразие бизнес- и обучающих процессов), дата-архитекторы, ИИ-исследователи (изучают рынок с целью поиска еще не использованных технологий и областей применения ИИ, промпт-инженеры (составляют текстовые запросы для нейросетей (от англ. prompt — подсказка)), ИИ-тренеры (помогают обучать ИИ-модели)¹³, специалисты

⁹ О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731/page/1> (дата обращения: 25.08.2025).

¹⁰ Молодым здесь не место: как ИИ углубляет разрыв между сотрудниками [Электронный ресурс] // Forbes. 2025. 21 июля. URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/542058-molodym-zdes-ne-mesto-kak-ii-uglublaet-razryv-mezdu-sotrudnikami?abRecommendationArticles=dsrkcbscntv> (дата обращения: 21.08.2025).

¹¹ Доронин П. Молодым здесь не место: как ИИ углубляет разрыв между сотрудниками // [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/542058-molodym-zdes-ne-mesto-kak-ii-uglublaet-razryv-mezdu-sotrudnikami> (дата обращения: 25.08.2025).

¹² Исследование МТС Линк и hh.ru: количество вакансий с упоминанием ИИ выросло в два раза [Электронный ресурс] // mts-link. URL: <https://mts-link.ru/blog/kolichestvo-vakansij-s-upominaniem-ii-vyroslo-v-dva-raza/> (дата обращения: 05.08.2025).

¹³ Аджитализация как новая цифровизация [Электронный ресурс] // Fintechru. URL: <https://www.fintechru.org/publications/aidzhitalizatsiya-kak-novaya-tsifrovizatsiya/> (дата обращения: 18.07.2025).

по этическому ИИ (помогают компаниям внедрять искусственный интеллект с учетом этических норм и регуляторных требований)¹⁴ и целый ряд других. По некоторым оценкам, уже сегодня средняя зарплата инженеров в области искусственного интеллекта составляет 250 тысяч рублей в месяц¹⁵.

В то же время известно, что даже существующие и широко распространенные профессии и специальности могут трансформироваться и уже трансформируются под воздействием ИИ. Профильное научное исследование на эту тему провел, в частности, польский исследовательский институт «Научная и академическая компьютерная сеть» (NASK). Результатом его стал сайт¹⁶, позволяющий выявить степень влияния искусственного интеллекта более чем на 2500 профессий.

В отчете «Как генеративный ИИ повлияет на рынок труда?» (2025)¹⁷ того же института, подготовленном совместно с Международной организацией труда, проводится вполне здравая мысль о том, что применение генеративного ИИ не означает полной замены человека: ИИ-инструменты должны рассматриваться и приниматься человеком для поддержки, избавления от рутинной работы и облегчения его труда.

Предполагается, что появление новых профессий будет происходить на фоне отмирания ряда профессий и специальностей, которые в значительной степени подвержены автоматизации¹⁸.

Наиболее полный список профессий, которые могут исчезнуть или измениться вследствие применения искусственного интеллекта в ближайшие 3–8 лет, состоящий из 40 позиций, опубликован на сайте Microsoft. На основании анализа запросов американских пользователей в адрес чат-бота Copilo, установлено, что первой исчезнет профессия переводчика, за ней последуют историки, бортпроводники и стюарды, писатели, продавцы, редакторы, журналисты, хосты, консьержки, веб-разработчики и т. д.¹⁹

Другой источник добавляет к поименованным следующие профессии (угроза исчезновения к 2030 г.)²⁰:

- водители всех категорий транспорта;
- кассиры и операторы касс;
- банковские служащие и клерки;
- операторы телефонных служб;

¹⁴ Профессии будущего [Электронный ресурс] // Life. 2025. 17 июня. URL: <https://life.ru/p/1760221> (дата обращения: 03.07.2025).

¹⁵ Там же.

¹⁶ Zapoznaj się z pełną analizą i danymi [Электронный ресурс] // URL: ILO-NASK Indeks (дата обращения: 28.07.2025).

¹⁷ Generatywna sztuczna inteligencja a polski rynek pra 26 Czerwca 2025 [Электронный ресурс] // URL: Wyszukiwarka (дата обращения: 28.07.2025).

¹⁸ В Польше запустили сайт о влиянии ИИ на разные профессии [Электронный ресурс] // Habr. 2025. 05 июля. URL: <https://habr.com/ru/news/925188/> (дата обращения: 28.07.2025); Пополнение в команде: 45% предпринимателей уже используют искусственный интеллект в работе [Электронный ресурс] // Sberbusiness.live. URL: <https://sberbusiness.live/publications/popolnenie-v-komande-45-predprinimatelei-uzhe-ispolzuiut-iskusstvennyi-intellekt-v-rabote> (дата обращения: 28.07.2025).

¹⁹ Microsoft назвал профессии, которые в ближайшее время заменят нейросети [Электронный ресурс] // Share. 2025. 31 июля. URL: <https://share.google/FT5oFrBmbD39GAvaI> (дата обращения: 25.08.2025). Любопытно, что основатель Microsoft Билл Гейтс назвал три специальности, которые сохраняются в эру искусственного интеллекта: это программисты, биологи и специалисты по энергетике: Билл Гейтс назвал 3 профессии, которые не исчезнут из-за ИИ [Электронный ресурс] // ixbt.games. 2025. 10 августа. URL: <https://ixbt.games/news/2025/08/10/bill-geits-nazval-3-professii-kotorye-ne-ischeznut-iz-za-ii.html> (дата обращения: 13.07.2025).

²⁰ Какие профессии исчезнут к 2030 году: полный список [Электронный ресурс] // News. 2025. 18 июля. URL: <https://news.1777.ru/114149-kakie-professii-ischeznut-k-2030-godu-polnyy-spisok> (дата обращения: 23.08.2025).

- бухгалтеры начального уровня;
- секретари и административные помощники;
- рабочие конвейерного производства;
- почтальоны и курьеры;
- билетные кассиры;
- операторы складов;
- библиотекари традиционного типа;
- корректоры и редакторы базового уровня;
- страховые агенты;
- турагенты.

В ряде случаев ИИ не сможет полностью заменить этих специалистов, но существенно трансформирует их труд²¹.

В то же время важно упомянуть о таком парадоксе рынка труда, «спровоцированном» внедрением ИИ, как массовые увольнения в собственно технологических компаниях. Феномен затронул более 100 000 сотрудников таких ведущих компаний, как Intel, Microsoft, Meta²² и других²³. Так, Microsoft уволил более 10 000 работников, Meta — почти 8000, по пути сокращения тысяч работников пошли также Amazon, Google, Salesforce, Dell и Cisco.

Европейские, американские и российские компании начали увольнять программистов (иногда целыми отделами), готовясь заменить их несколькими ИИ-кодерами. В основном это пришлось на конец прошлого года и начало текущего. Хотя отчасти это вытекало и из необходимости удаленной работы в предшествующем периоде.

Между тем, уже в текущем году в целом ряде компаний различного масштаба наблюдаются обратные тенденции. Так, корпорация IBM уволила в 2023–2024 гг. около 8000 человек (включая значительную часть своего HR-подразделения, заменив живых работников виртуальным «AskHR»). Однако, поскольку ИИ не смог справиться с задачами, требующими сугубо человеческих качеств (эмпатии, субъективного подхода и личного взаимодействия), корпорация была вынуждена вернуть несколько тысяч уволенных сотрудников. В итоге общий штат корпорации даже вырос. Аналогичные ситуации имели место в компаниях Chegg, Dropbox, SAP, Google, Zoom, BuzzFeed, BT Group и других.

Эксперты связывают этот парадокс с завышенной оценкой возможностей ИИ. По словам известного своим критическим отношением к ИИ эксперта Э. Зитрона, подобные ситуации провоцируются «иррациональным хайпом вокруг чат-ботов и непониманием рынка. Эти “агенты” позиционируются как разумные формы жизни, способные принимать грамотные решения, но на самом деле это всего лишь простые средства автоматизации, к тому же требующие больших затрат на их поддержку и допрограммирование»²⁴.

Приведенные примеры косвенным образом указывают на нестабильность и негарантированность занятости специалистов, даже занимающих мидл- и хай-позиции, в области ИИ.

²¹ Microsoft назвал профессии, которые в ближайшее время заменят нейросети [Электронный ресурс] // Share. 2025. 31 июля. URL: <https://share.google/FT5oFrBmbD39GAvAl> (дата обращения: 25.08.2025).

²² *Признана в РФ экстремистской организацией и запрещена.

²³ Их заменил ИИ: ведущие технологические компании уволили более 100 000 специалистов с начала года [Электронный ресурс] // 3dnews. 2025. 24 июля. URL: <https://3dnews.ru/1126511/ih-zamenil-ii-vedushchie-tehnologicheskie-kompanii-uvolili-bolee-100-000-spetsialistov-s-nachala-goda> (дата обращения: 04.08.2025).

²⁴ Компании, заменившие людей на ИИ, стали осознавать свою ошибку [Электронный ресурс] // Share. 2025. 29 июля. URL: <https://share.google/fo3ayoUKY63GoPmlm> (дата обращения: 28.08.2025).

Очевидно, что на изменения на рынке труда, вызываемые широкомасштабным внедрением ИИ, должна соответствующим образом реагировать и система образования всех уровней. Причем через изменение не только профессионально-квалификационной структуры подготовки, но также содержания и методов обучения, а также формирования у обучающихся совокупности профильных знаний, навыков, умений и компетенций. Перечень таковых принципиально известен, поэтому перечислять их мы не будем.

Приведем один достаточно показательный пример их актуальности и востребованности. Так, наличие базовых знаний в области искусственного интеллекта (ИИ) вводится в число обязательных требований к сотрудникам ПАО Сбербанк²⁵.

Кроме того, система образования должна быть готова удовлетворить возникающие потребности в переподготовке, поскольку, по оценкам Goldman Sachs, в ближайшие годы более 300 млн работников в мире потребуются переобучение/переквалификация. И учитывая происходящий сдвиг стартовой карьерной точки с позиции джуниор в направлении специалиста мидл-уровня, очевидно, что это «становится серьезным барьером для молодежи, карьерных смен и освоения новых профессий. Мы получаем систему с замкнутым контуром: внутри — специалисты, которых усиливает ИИ и которые продолжают расти, снаружи — те, кому крайне сложно войти в профессию»²⁶.

Нельзя также не упомянуть такой аспект взаимодействия ИИ и системы образования, как изменение ландшафта обучения, что уже имеет место при формировании корпоративных систем обучения и рынка EdTech.

Выводы

Обладая огромным потенциалом для улучшения жизни людей, ИИ в то же время связан с углублением цифрового разрыва — он может стать барьером для одних и привилегией для других, а не средством формирования инклюзивного общества.

Инкорпорирование инструментов искусственного интеллекта в систему образования является неизбежным.

Взаимодействие ИИ с системой образования как социальным институтом — сложный и многогранный процесс, который может привести как к ее беспрецедентному прогрессу, так и к серьезным вызовам для нее.

Взаимодействие системы образования с искусственным интеллектом и ее адаптация к его инструментам — это не просто техническая модернизация, а трансформация, которая затронет все аспекты учебного процесса. Это потребует переосмысления целей, методов и инструментов обучения.

Возникает необходимость формирования новых педагогических подходов, так как существующие методики могут оказаться неэффективными при работе с ИИ-инструментами. Требуется разработка новых подходов, интегрирующих ИИ в учебный процесс таким образом, чтобы его инструменты дополняли, а не заменяли человеческое взаимодействие.

Существует опасность формирования зависимости от инструментов ИИ — чрезмерное использование ИИ может привести к снижению самостоятельности учащихся и их способности к критическому мышлению, анализу информации и решению задач.

²⁵ Умение применять ИИ стало обязательным требованием для работы в «Сбере» [Электронный ресурс] // Adindex. 2025. 23 июля. URL: <https://adindex.ru/news/digital/2025/07/23/335615.phtml> (дата обращения: 13.07.2025).

²⁶ Молодым здесь не место: как ИИ углубляет разрыв между сотрудниками [Электронный ресурс] // Forbes. 2025. 21 июля. URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/542058-molodym-zdesne-mesto-kak-ii-uglublaet-razryv-mezdu-sotrudnikami?abRecommendationArticles=dsrkcbcntv> (дата обращения: 15.08.2025).

Отсутствуют надежные критерии успешности использования ИИ-инструментов в образовательном процессе и методы оценки их эффективности для улучшения результатов обучения, их разработка станет одним из направлений дальнейших исследований.

Обучение предполагает не только формирование когнитивных структур и компетенций учащегося, но и личностных качеств будущего профессионала. Процесс же формирования личности требует непосредственного общения и постоянного взаимодействия с преподавателями. Роль системы образования как социального института состоит не только в передаче знаний, формировании навыков и умений, но и в социализации (воспитании и подготовке к жизни в обществе) обучающихся. И если с первыми двумя задачами ИИ будет успешно справляться, то третья проблематична и практически не изучена.

Таким образом, можно констатировать не только факт полноценного внедрения искусственного интеллекта в собственно систему образования, но и высокий потенциал ИИ в части укрепления связи между системой образования и реальным сектором экономики.

Литература

1. Абдурахманов К. Х. Трансформация рынка труда в условиях внедрения искусственного интеллекта // Экономика труда. 2023. Т. 10. № 2. С. 227–246. DOI 10.18334/et.10.2.117364. EDN QXCGCN
2. Алиев И. М. Влияние технологий искусственного интеллекта на рынок труда в России // Журнал правовых и экономических исследований. 2019. № 4. С. 7–12. DOI 10.26163/GIEF.2019.18.73.001. EDN VTLMZC
3. Баррат Д. Последнее изобретение человечества: искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens: [пер. с англ.] / Д. Баррат. М. : Альпина нон-фикшн, 2018.
4. Влияние искусственного интеллекта на образование [Электронный ресурс]. АНО «Цифровая экономика». 2024. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Vliyanie_ii_na_obrazovanie_.pdf; Искусственный интеллект в образовании <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 16.08.2025).
5. Илюшин Л. С., Торпашева Н. А. Нормативное регулирование внедрения технологий искусственного интеллекта в российском образовании // Журнал правовых и экономических исследований. 2024. № 2. С. 372–377. DOI 10.26163/GIEF.2024.51.18.051. EDN ZNAMKV
6. Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта. Аналитический доклад. М. : Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации, 2024.
7. Лукичев П. М., Чекартев О. П. Вызовы экономики искусственного интеллекта традиционному рынку труда // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 2. С. 785–802. DOI 10.18334/vines.13.2.118137. EDN DMCGGC
8. Лялькова Е. Е., Богданкина Е. А., Лобкова В. Э. Влияние искусственного интеллекта на рынок труда: анализ изменений в спросе на квалификации и обучении // E-Scio. 2023. № 5 (80). С. 542–550. EDN VARNJY
9. Начало конца или новой эпохи? Эффекты генеративного искусственного интеллекта в высшем образовании / Я. И. Кузьминов (научная редакция), М. А. Киришина, А. П. Ворочков, Е. В. Кручинская, Е. А. Терентьев, И. Д. Фруммин ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. М. : НИУ ВШЭ, 2024. (Современная аналитика образования. № 8 (82)).
10. Ташенов А. М. Влияние автоматизации и искусственного интеллекта на международный рынок труда в условиях цифровизации // Московский экономический журнал. 2024. № 7. С. 223–246. DOI 10.55186/2413046X_2024_9_7_325.
11. Brynjolfsson E., Mitchell T. What Can Machine Learning Do? // Workforce Implications. Science. 2017. N 358 (6370) P. 1530–1534. DOI 10.1126/science.aap8062.
12. Frey C. B., Osborne M. A. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? // Technological Forecasting and Social Change. 2017. N 114. P. 254–280. DOI 10.1016/j.techfore.2016.08.019.

13. Gmyrek P., Berg J., Bescond D. Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality. ILO Working Paper N 96. Geneva: International Labour Office, 2023. DOI 10.54394/FHEM8239.
14. Shen Y., Zhang X. The impact of artificial intelligence on employment: the role of virtual agglomeration // Humanities and Social Sciences Communications. 2024. Vol. 11. P. 122. DOI 10.1057/s41599-024-02647-9.
15. The Future of Jobs // World Economic Forum URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs> (дата обращения: 29.04.2023).
16. Webb M. The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market // SSRN Working Paper. 2019. N 3482150. DOI: 10.2139/ssrn.3482150.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Шестакова Наталия Николаевна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института проблем региональной экономики Российской академии наук (Санкт-Петербург, Российская Федерация); nnshestakova@gmail.com

Джанелидзе Михаил Георгиевич, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института проблем региональной экономики Российской академии наук (Санкт-Петербург, Российская Федерация); ipre-dj@yandex.ru

References

1. Abdurakhmanov K. Kh. The Labor Market Transformation in the Artificial Intelligence Introduction Context // Labor Economics [Ekonomika truda]. 2023. Vol. 10. N 2. P. 227–246. DOI 10.18334/et.10.2.117364. EDN QXCGCN (In Russ.).
2. Aliyev I. M. The Impact of Artificial Intelligence Technologies on the Labor Market in Russia // Journal of Legal and Economic Studies [Zhurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy]. 2019. N 4. P. 7–12. DOI 10.26163/GIEF.2019.18.73.001. EDN VTLMZC (In Russ.).
3. Barratt D. The Last Invention of Mankind: Artificial Intelligence and the End of the Era of Homo sapiens: [translated from English] / D. Barratt. 2nd ed. Moscow: Alpina non-fiction, 2018. (In Russ.).
4. The Artificial Intelligence Impact on Education [Electronic resource]. ANO “Digital Economy”. 2024. 88 p. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/Vliyanie_ii_na_obrazovanie_.pdf; Artificial Intelligence in Education <https://www.tadviser.ru/index.php/> (In Russ.).
5. Ilyushin L. S., Torpasheva N. A. Normative Regulation of the Artificial Intelligence Technologies Implementation in the Russian Education // Journal of Legal and Economic Studies [Zhurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy]. 2024. N 2. P. 372–377. DOI 10.26163/GIEF.2024.51.18.051. EDN ZNAMKV (In Russ.).
6. Index of Readiness of the Russian Economy Priority Sectors for Artificial Intelligence Implementation. Analytical Report. Moscow: National Center for Artificial Intelligence Development under the Government of the Russian Federation, 2024. (In Russ.).
7. Lukichev P. M., Chekmarev O. P. Challenges of the Artificial Intelligence Economy to the Traditional Labor Market // Issues of Innovative Economics [Voprosy innovatsionnoi ekonomiki]. 2023. Vol. 13. N 2. P. 785–802. DOI 10.18334/vinec.13.2.118137. EDN DMCGGC (In Russ.).
8. Lyalkova E. E., Bogdashkina E. A., Lobkova V. E. The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market: Analysis of Changes in Demand for Qualifications and Training // E-Scio. 2023. N 5 (80). P. 542–550. EDN VARNJY (In Russ.).
9. The Beginning of the End or a New Era? The Effects of Generative Artificial Intelligence in Higher Education / Ya. I. Kuzminov (scientific editor), M. A. Kiryushina, A. P. Vorochkov, E. V. Kruchinskaya, E. A. Terentyev, I. D. Froumin; National Research University Higher School of Economics, Institute of Education. Moscow: HSE University, 2024. (Modern Education Analytics. N 8 (82)). (In Russ.).
10. Tashenov A. M. The Impact of Automation and Artificial Intelligence on the International Labor Market in Digitalization Context // Moscow Economic Journal [Moskovskii ekonomicheskii zhurnal]. 2024. N 7. P. 223–246. DOI 10.55186/2413046X_2024_9_7_325 (In Russ.).
11. Brynjolfsson E., & Mitchell T. What Can Machine Learning Do? Workforce Implications. Science. 2017. N 358 (6370). P. 1530–1534. DOI 10.1126/science.aap8062.

12. Frey C. B., & Osborne M. A. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? // Technological Forecasting and Social Change. 2017. N 114. P. 254–280. DOI 10.1016/j.techfore.2016.08.019.
13. Gmyrek P., Berg J., & Bescond D. Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality. ILO Working Paper No. 96. Geneva: International Labour Office, 2023. DOI 10.54394/FHEM8239.
14. Shen Y., Zhang X. The impact of artificial intelligence on employment: the role of virtual agglomeration // Humanities and Social Sciences Communications. 2024. Vol. 11. P. 122. DOI 10.1057/s41599-024-02647-9.
15. The Future of Jobs // World Economic Forum URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs> (дата обращения: 29.04.2023).
16. Webb M. The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market // SSRN Working Paper. 2019. N 3482150. DOI 10.2139/ssrn.3482150.

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

About the authors:

Natalia N. Shestakova, Cand. Sc. (technic), associate professor, Leading Researcher of Institute for Regional Economy Studies of the Russian Academy of Science, St.Petersburg, Russian Federation; nnshestakova@gmail.com

Mikhail G. Djanelidze, Cand. Sc. (economy), Leading Researcher of Institute for Regional Economy Studies of the Russian Academy of Science, St. Petersburg, Russian Federation; ipre-dj@yandex.ru

Поступила в редакцию: 11.09.2025

Поступила после рецензирования: 09.10.2025

Принята к публикации: 20.10.2025

The article was submitted: 11.09.2025

Approved after reviewing: 09.10.2025

Accepted for publication: 20.10.2025