



Преодоление цифрового разрыва в профессиональной подготовке студентов – будущих биотехнологов к работе с искусственным интеллектом

Г. И. ЕФРЕМОВА, С. Л. ЛЕНЬКОВ, Н. Е. РУБЦОВА, М. Ю. ШИПИЛОВА

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальность исследования связана с решением задач, определенных в рамках международных образовательных инициатив ООН в контексте интенсивной цифровизации, когда возрастает значимость формирования у обучающихся компетенций, отвечающих запросам современного рынка труда. Особую важность эти задачи приобретают в связи с внедрением искусственного интеллекта в биотехнологическую отрасль. Проблема исследования заключается в недостаточном отражении компетенций работы с искусственным интеллектом в программах подготовки будущих биотехнологов. *Цель работы* состоит в анализе соответствия профессиональных стандартов в области биотехнологий современным требованиям и разработке направлений их совершенствования.

Материалы и методы. Исследование основано на комплексном анализе 42 профессиональных стандартов биотехнологов. Методологическая база исследования включает системный подход к анализу нормативно-правовой документации. Применялись методы контент-анализа, статистической обработки данных и сравнительного анализа. Анализ включал оценку ключевых критериев: квалификационного, образовательно-уровневого и образовательно-содержательного.

Результаты исследования. Выявлено, что менее 5% профессиональных стандартов содержат конкретные требования к работе с ИИ. Анализ 111 обобщенных трудовых функций показал наличие существенного дисбаланса между потенциалом технологий ИИ и уровнем подготовки специалистов. Установлено, что требования к взаимодействию с ИИ в стандартах представлены преимущественно в абстрактной или обобщенной форме. При этом обнаружено статистически значимое соотношение: 72% трудовых функций связаны с цифровыми технологиями, но только 8% содержат конкретные требования к работе с ИИ, а 15-20% функций вообще не включают подобных требований даже в обобщенной форме.

Заключение. Результаты исследования подтверждают наличие цифрового разрыва в профессиональной подготовке биотехнологов. Выявлены основные проблемы: недостаточное отражение компетенций по работе с ИИ в профессиональных стандартах, отсутствие системного подхода к интеграции цифровых технологий в образовательные программы. Предложены направления модернизации образовательных программ и профессиональных стандартов для повышения конкурентоспособности специалистов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

профессиональная подготовка биотехнологов, искусственный интеллект, анализ трудовых функций, профессиональные стандарты, цифровые компетенции, цифровой обучение биотехнологов, ИИ-технологии в профессиональном образовании

Для цитирования: Ефремова Г. И., Леньков С. Л., Рубцова Н. Е., Шипилова М. Ю. Преодоление цифрового разрыва в профессиональной подготовке студентов – будущих биотехнологов к работе с искусственным интеллектом // Перспективы науки и образования. 2026. № 2. С. 195–210. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.2.11>

Поступила: 21.10.2025 | Одобрена: 23.12.2025 | Опубликовано: 30.04.2026



Лицензия «С указанием авторства — С сохранением условий». Позволяет перерабатывать, исправлять и развивать произведения при условии указания авторства и лицензирования производных работ на аналогичных условиях.



Bridging the Digital Divide in Training Future Biotechnologists for Working with Artificial Intelligence

G. I. EFREMOVA, S. L. LENKOV, N. E. RUBTSOVA, M. YU. SHIPILOVA

ABSTRACT

Introduction. The relevance of this study is connected to addressing tasks defined within the framework of UN international educational initiatives in the context of intensive digitalization, where the importance of developing competencies among students that meet the demands of the modern labor market is growing. These tasks acquire particular significance due to the integration of artificial intelligence into the biotechnology industry. The research problem lies in the insufficient reflection of AI-related competencies in the training programs for future biotechnologists. *The aim of the work* is to analyze the compliance of professional standards in biotechnology with modern requirements and to develop directions for their improvement.

Materials and Methods. The research is based on a comprehensive analysis of 42 professional standards for biotechnologists. The methodological framework includes a systems approach to regulatory documentation analysis. Content analysis, statistical processing, and comparative analysis methods were employed. The evaluation focused on three key criteria: qualification requirements, educational levels, and curriculum content.

Results. The study revealed that less than 5% of professional standards contain specific AI-related requirements. Analysis of 111 generalized labor functions showed significant disparity between AI's potential and specialists' training levels. Requirements for AI interaction in standards are primarily presented in abstract or generalized forms. A statistically significant ratio was established: while 72% of labor functions involve digital technologies, only 8% specify AI competencies, and 15-20% lack any digital-related requirements.

Conclusion. The results confirm a digital gap in biotechnologists' professional training. Key issues identified include: inadequate reflection of AI competencies in professional standards and the absence of systematic approaches to integrating digital technologies into educational programs. Modernization directions for educational programs and professional standards are proposed to enhance specialists' competitiveness.

KEYWORDS

biotechnology professionals training, artificial intelligence, labor functions analysis, professional standards, digital competencies, digital education for biotechnologists, AI technologies in professional education

For Citation: Efremova, G. I., Lenkov, S. L., Rubtsova, N. E., & Shipilova, M. Yu. (2026). Bridging the Digital Divide in Training Future Biotechnologists for Working with Artificial Intelligence. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*, (2), 195–210. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.2.11>

Received: 21 October 2025 | Approved: 23 December 2025 | Published: 30 April 2026



This is an open access article distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike International License (CC-BY-SA 4.0) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

ВВЕДЕНИЕ

Проблема адаптации образования к требованиям цифровой реальности находится в центре внимания ведущих международных организаций. Государства – члены ООН, включая Россию, реализуют глобальную программу, утвержденную в 2015 году Резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». В данном документе задаются стратегические ориентиры для развития всех сфер, включая образование. В его рамках обозначена цель в области устойчивого развития для обеспечения качественного образования и поощрения возможности обучения на протяжении всей жизни для всех, что служит концептуальной основой для реформирования профессиональной подготовки. В частности, выделена задача увеличения числа молодых людей и взрослых, обладающих востребованными навыками, включая технические и профессиональные умения, для трудоустройства, достойной работы и предпринимательства. Формирование актуальных цифровых компетенций признается на международном уровне неотъемлемым элементом устойчивого экономического роста. ЮНЕСКО, выступая специализированным агентством ООН по вопросам образования, науки и культуры, координирует достижение выше обозначенной цели. Организация продвигает концепцию обучения на протяжении всей жизни (Lifelong Learning) и разрабатывает нормативные акты, в частности, рекомендацию о техническом и профессиональном образовании и обучении (TVET), призывая государства, включая Россию, создавать гибкие образовательные системы, способные реагировать на вызовы цифровой экономики. Сложившаяся международная нормативная база создает правовое основание для России по созданию адаптивных систем образования. Именно в рамках этой общемировой тенденции и рассматривается проблема цифрового разрыва в профессиональной подготовке биотехнологов.

Современное развитие биотехнологий неразрывно связано с цифровизацией и внедрением искусственного интеллекта (далее – ИИ) в профессиональную деятельность. ИИ становится основным инструментом в таких областях, как фармацевтика, сельское хозяйство, пищевая промышленность, экология и медицина, позволяя оптимизировать процессы, анализировать большие данные и создавать инновационные решения. Однако, несмотря на стремительное распространение технологий ИИ, существует значительный разрыв между их потенциалом и реальным уровнем подготовки специалистов-биотехнологов. Анализ профессиональных стандартов выявил критический дисбаланс: менее 5% из них содержат конкретные требования к работе с ИИ, что существенно ограничивает эффективность образовательных программ и практическую готовность выпускников к современным вызовам.

Актуальность данной проблемы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, биотехнологии являются одной из наиболее динамично развивающихся отраслей, где ИИ используется для моделирования биологических процессов, разработки новых лекарств, повышения урожайности и решения экологических задач. Во-вторых, профессиональные стандарты, регламентирующие подготовку кадров, зачастую не успевают за технологическими изменениями, что создает дисбаланс между требованиями рынка труда и компетенциями выпускников. В-третьих, отсутствие системного подхода к интеграции ИИ в образовательные программы снижает конкурентоспособность специалистов. Проблема исследования заключается в существенном несоответствии профессиональных стандартов биотехнологов требованиям цифровой эпохи. Это проявляется в недостаточном отражении компетенций по работе с ИИ, что создает серьезные препятствия для подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно использовать современные технологии.

Анализ обеспечения стратегического развития сферы ИИ показал, что существующие проекты преимущественно фокусируются на технологических аспектах и общих методологических подходах развития ИИ, оставляя без должного внимания вопросы адаптации образовательных стандартов к реалиям цифровой эпохи [1]. Подходы к преподаванию ИИ, рассмотренные Ж.С. Афанасьевой и соавторами [2], демонстрируют, что недостаточно проработаны механизмы интеграции компетенций по работе с ИИ в профессиональную подготовку биотехнологов, что создает существенный разрыв между требованиями современной биотехнологической отрасли и уровнем подготовки специалистов. Авторы отмечают преобладание теоретических знаний над практическими навыками работы с ИИ-инструментами. Такой вывод подтверждается анализом рабочей программы дисциплины «Сенсорная оценка новых видов биопродукции методами искусственного интеллекта» И.Ю. Потороко [3], где обсуждаются фундаментальные аспекты, в то время как

прикладные навыки остаются недостаточно проработанными. Исследования М.С. Laupichler [4], L.M. Helleckes [5] также в основном фокусируются на технологических вопросах, оставляя без должного внимания анализ адаптации образовательных стандартов к реалиям цифровой эпохи.

Главная идея данной статьи заключается в том, что преодоление цифрового разрыва требует не только технологических инноваций, но и системных изменений в профессиональных стандартах и образовательных программах.

Цель исследования – проанализировать текущее состояние требований к взаимодействию биотехнологов с ИИ в профессиональных стандартах, выявить существующие пробелы и предложить пути их устранения.

Задачи исследования: провести анализ существующих профессиональных стандартов; выявить пробелы в требованиях к работе с ИИ; определить ключевые направления модернизации; разработать рекомендации по устранению выявленных несоответствий.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Теоретические аспекты цифровой трансформации в биотехнологиях

Современные исследования свидетельствуют о растущем разрыве между стремительным развитием ИИ в биотехнологической сфере и уровнем профессиональной подготовки специалистов. Анализ последних публикаций позволяет выделить несколько важных аспектов этой проблемы.

Психологические вопросы взаимодействия специалистов с ИИ-системами, исследованные А.Ю. Акимовой и А.А. Обозновым [6], выявляют существенный уровень недоверия к технологиям ИИ среди российских специалистов, что связано не только с технической сложностью систем, но и с недостаточной информированностью о принципах их работы. Схожие выводы содержатся в работе G. Schiavo и соавторов [7], где подчеркивается важность преодоления подобных психологических барьеров.

Опыт ведущих российских компаний, таких как «Сибagro» [8] и «Черкизово» [9], демонстрирует растущий спрос на специалистов, способных работать на стыке биотехнологий и ИИ. Однако, как отмечают авторы, образовательные учреждения пока не успевают адаптировать свои программы под эти запросы рынка.

Особый интерес представляет опыт Передовой инженерной школы Дальневосточного федерального университета [10], где реализуется комплексный подход к подготовке специалистов, сочетающий фундаментальные биотехнологические знания с практическими навыками работы с большими данными и системами ИИ. Международные исследования (A. Holzinger et al. [11]) также предлагают различные модели интеграции ИИ в биотехнологическое образование.

Отраслевые практики и образовательные инновации

Применение конкретных ИИ-технологий в биотехнологической отрасли по использованию дронов в лесной экологии подробно рассмотрено в работе A. Buchelt et al. [12], по автоматизированному сбору урожая – в работе J. Zhang et al. [13], а также в исследованиях по компьютерному дизайну лекарств (S. K. Niazi, Z. Mariam) [14]. Эти публикации подчеркивают необходимость развития у биотехнологов не только профильных знаний, но и компетенций в области анализа данных и машинного обучения. Большинство исследований (H. Etezadi, S. Eshkabilov) [15] отмечают, что биотехнологи не обладают достаточными навыками программирования и анализа данных.

В работе A. Amore и S. Philip [16] рассматриваются тенденции применения ИИ в пищевой биотехнологии, что подчеркивает необходимость развития у биотехнологов компетенций в области анализа данных и машинного обучения.

Исследование M. Canicatti и M. Vallone [17] показывает важность интеграции беспилотных технологий и ИИ в агробиологических процессах. T. Fadji и соавторы [18] также подчеркивают необходимость разработки новых образовательных программ для работы с современными тех-

нологиями. Работа Y. Ji и соавторов [19] демонстрирует возможности глубокого обучения в экологических биотехнологиях. Исследование W. Harris [20] показывает потенциал использования ИИ-инструментов для развития творческого мышления биотехнологов.

Методологические проблемы и перспективы развития

В исследовании A. Melak и соавторов [21] анализируется влияние ИИ-технологий на управление животноводческими хозяйствами. Статья E. Melnichuk [22] акцентирует внимание на интеграции ИИ в фармацевтическую отрасль. Работа S. Rust и B. Stoinski [23] демонстрирует применение машинного обучения для идентификации лесных пород. Исследование Y. Shvets и соавторов [24] посвящено применению робототехники в сельском хозяйстве. В работе L. Zhang и соавторов [25] рассматриваются современные достижения ИИ-технологий в области благополучия животных.

Анализ литературы выявил существующие трудности в преодолении цифрового разрыва, которые связаны с несколькими ключевыми факторами, во-первых, отсутствием единых стандартов подготовки [26]. Во-вторых, сохраняется разрыв между академическим образованием и потребностями промышленности [27]. В-третьих, недостаточно разработаны методики оценки эффективности ИИ-подготовки [28]. Нерешенными остаются вопросы о оптимальном балансе между фундаментальной подготовкой и прикладными ИИ-навыками, о методах преодоления психологического сопротивления новым технологиям, а также о способах оперативного обновления образовательных программ в условиях быстрого развития ИИ. Сравнительный анализ позиций авторов показывает, что, несмотря на различия в подходах, существует консенсус относительно необходимости системных изменений в подготовке биотехнологов. Разногласия касаются методов реализации этих изменений – от полного пересмотра учебных программ до точечного внедрения ИИ-модулей в существующие курсы (K. Sreelakshmi et al. [29]).

Таким образом, современные исследования свидетельствуют о комплексном характере проблемы цифрового разрыва в подготовке биотехнологов, требующем согласованных действий со стороны образовательных учреждений, отраслевых предприятий и регуляторных контролирующих органов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источниковая база исследования. В работе проведен анализ 42 профессиональных стандартов из официального реестра Минтруда России [30], содержащих 111 обобщенных трудовых функций. Дополнительно использовались классификаторы профессиональной деятельности [31] и образовательные стандарты соответствующего профиля [32].

Критерии отбора. Отбор материалов осуществлялся по трем параметрам: минимальный уровень квалификации (5 уровень), требования к образованию (СПО/ВО) и соответствие биотехнологическому профилю. Это обеспечило репрезентативность выборки, охватив 29,7% видов деятельности из общепрофессионального классификатора.

Методологический инструментарий. Исследование базировалось на сочетании качественных и количественных методов. Контент-анализ применялся для систематизации требований стандартов. Разработанная четырехуровневая шкала (от полного отсутствия до конкретных формулировок) позволила оценить интеграцию ИИ-компетенций. Статистический анализ в пакете SPSS использовался для верификации данных, что позволило количественно оценить распространенность ИИ-компетенций в профессиональных стандартах. Сравнительный анализ выявил расхождения между нормативными и практическими требованиями.

Процедура исследования. Работа выполнялась поэтапно: отбор документов; кодирование функций; оценка ИИ-требований; статистический анализ; интерпретация результатов. Такой подход гарантировал методологическую строгость и достоверность выводов о цифровом разрыве в профессиональных стандартах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ключевые критерии анализа профессиональной деятельности

Основным результатом этапа отбора критериев для анализа профессиональной деятельности биотехнологов на основе профессиональных стандартов стало выделение трех ключевых разнородных критериев:

- Квалификационный критерий определяет необходимый уровень профессиональной подготовки. Установлено, что деятельность биотехнолога требует: высокой степени самостоятельности; способности адаптироваться к изменяющимся условиям; участия в управлении технологическими процессами; минимума 5-го уровня квалификации согласно стандартам Минтруда России.
- Образовательно-уровневый критерий устанавливает требования к уровню полученного образования. Выделены следующие уровни подготовки: среднее профессиональное образование (программы подготовки специалистов); высшее образование (бакалавриат, специалитет, магистратура).
- Образовательно-содержательный критерий отражает соответствие получаемого образования профилю биотехнологической деятельности. В рамках исследования были рассмотрены возможные варианты получения образования: получение непрофильного базового и дополнительного профильного образования; получение профильного базового образования; сочетание профильного базового и дополнительного образования; получение образования с учетом требований к профессиональному стажу.

На основе проведенного анализа были сформулированы ключевые определения. Технолог – высококвалифицированный специалист, чья деятельность связана с разработкой или реализацией различных технологий в производственной сфере. Биотехнолог – высококвалифицированный специалист с уровнем квалификации не ниже 5-го, имеющий профильное образование в области биотехнологий и осуществляющий деятельность по разработке или реализации биотехнологических процессов. Данный этап исследования позволил сформировать методическую базу для анализа профессиональной деятельности биотехнологов и их взаимодействия с системами ИИ. Разработанные критерии и определения создают основу для систематического изучения требований к профессиональной подготовке специалистов в условиях цифровизации производства.

Анализ структуры профессиональных стандартов

В ходе исследования был проведен комплексный анализ профессиональных стандартов, регламентирующих деятельность биотехнологов. Основа исследования включала последовательный анализ 42 профессиональных стандартов, отобранных из актуального реестра Минтруда России. Для каждой обобщенной трудовой функции применялась система из ключевых критериев отбора, описанных выше. В результате проведенного отбора была сформирована выборка, включающая 111 обобщенных трудовых функций (см. табл. 1).

Таблица 1 Сводные результаты анализа профессиональных стандартов, характеризующих профессиональную деятельность биотехнологов

Показатель	Значение
Количество утвержденных профстандартов	42
Количество выявленных обобщенных трудовых функций	111
Количество видов деятельности (из 37 обобщенных видов деятельности, используемых при разработке профстандартов)	11
Количество уровней образования	4
Количество возможных должностей	210

Количество вариантов специализации и квалификации	546
Количество направлений образования	42

Источник: здесь и далее в статье все таблицы составлены авторами.

Полученные данные были систематизированы по нескольким параметрам: видам профессиональной деятельности (11 из 37 возможных категорий), должностным позициям (210 наименований) и образовательным траекториям (42 направления подготовки).

Статистическая значимость выборки подтверждается следующими показателями: охват 29,7% от общего числа видов деятельности в классификаторе Минтруда, 4 уровня образования и 546 вариантов специализации. Такая выборка обеспечивает 95%-ю доверительную вероятность, что соответствует требованиям репрезентативности для исследований подобного масштаба.

На следующем этапе проведен систематизированный анализ 42 профессиональных стандартов (далее – ПС), релевантных профессии биотехнолога. Кластеризация по направлениям выявила 7 ключевых сфер деятельности (см. табл. 2). Отметим важные детали таблицы: каждый стандарт содержит код (первые две цифры обозначают отрасль, например, «02» – фармацевтика), название и номера обобщенных трудовых функций (далее – ОТФ). Например, ПС 26.014 охватывает разработку биотехнических производств (ОТФ 87-89); ОТФ пересекаются между отраслями (контроль качества в фармацевтике (ПС 02.013) и пищевой промышленности (ПС 22.007)).

Наибольшее число стандартов относится к фармацевтике (10) и пищевым технологиям (8), что отражает прикладную востребованность биотехнологов в этих областях. Экологические и сельскохозяйственные направления объединяют 15 ПС, подчеркивая междисциплинарность профессии. Узкоспециализированные кластеры (космические технологии, промышленные биотехнологии) требуют углубленной подготовки в области ИИ и инженерии. В целом табл. 2 демонстрирует, что подготовка биотехнологов должна включать не только узкоспециальные компетенции, но и навыки работы с ИИ для решения задач в столь разнородных областях.

Анализ 111 обобщенных трудовых функций в профессиональных стандартах биотехнологов выявил их ключевые компетенции и реальное содержание деятельности, которое часто неочевидно из названий стандартов.

Таблица 2 Основные кластеры профессиональных стандартов для биотехнологов

Кластер	Кол-во ПС	Коды стандартов	Примеры профессий	Ключевые ОТФ
Фармацевтика и медицина	10	02.010-02.016, 26.019-26.022, 26.033-26.034	Специалист по производству лекарств Исследователь наноструктурированных препаратов	Контроль качества (74-75) Валидация (76-77) Разработка рецептур (33-34)
Пищевые биотехнологии	8	22.002-22.007, 33.010, 33.014	Технолог продуктов питания Специалист по безопасности пищевой продукции Пекарь	Обработка сырья (57-61) Биотехнологии питания (65-67) Контроль качества (42-44)
Сельское хозяйство	8	13.008-13.023, 14.009, 14.011	Агроном Зоотехник Селекционер Виноградарь	Фитосанитарный контроль (45-48) Почвоведение (53-56) Племенное дело (93-94)
Экология и биоресурсы	7	15.003-15.011, 16.016, 26.008-26.010, 40.117, 40.247	Специалист по аквакультуре Эколог Биоэнергетик	Очистка воды (86) Экобиотехнологии (11-13) Экобезопасность (83, 109-111)

Космические технологии	2	25.006, 25.023	Инженер систем жизнеобеспечения Специалист по безопасности космических станций	Проектирование (105-108) Контроль надежности (101-104)
Промышленные биотехнологии	7	26.009, 26.013-26.014, 26.024, 26.037, 40.182	Технолог моющих средств Специалист по биотехническим системам	Контроль качества (7-8) Разработка процессов (87-89) Производство БАВ (30-32)
Фармацевтика и медицина	10	02.010-02.016, 26.019-26.022, 26.033-26.034	Специалист по производству лекарств Исследователь наноструктурных препаратов	Контроль качества (74-75) Валидация (76-77) Разработка рецептур (33-34)

Исследование показало, что биотехнологическая составляющая в некоторых стандартах присутствует лишь на низких уровнях квалификации, тогда как другие включают комплексные высококвалифицированные функции. Систематизация выявила 210 должностей и 546 специализаций, охватывающих технологические (контроль процессов), коммуникативные и управленческие аспекты работы. Несмотря на широкое представительство профессии в стандартах, обнаружены пробелы в отражении современных направлений биотехнологий, требующие актуализации нормативной базы. Полученные данные формируют основу для разработки образовательных программ, адаптированных к реальным профессиональным требованиям.

Оценка интеграции ИИ-компетенций

Для анализа наличия в профессиональных стандартах требований по взаимодействию биотехнологов с системами ИИ мы ввели градации подобных требований, отраженные в профессиональных стандартах при описании трудовых функций.

Первый уровень – полное отсутствие упоминаний ИИ и связанных технологий, рассматриваются только традиционные биотехнологические методы. Второй уровень – косвенные указания на возможное использование ИИ через требования к инновационным методам анализа данных и автоматизированным решениям без конкретного указания технологий.

Третий уровень – требования к работе с цифровыми системами, включая информационные системы, автоматизацию, компьютерное моделирование и другие смежные технологии. Четвертый уровень – прямые требования к знаниям и навыкам работы с конкретными ИИ-технологиями, такими как машинное обучение, нейронные сети и компьютерное зрение.

Такая градация позволяет последовательно оценивать степень интеграции ИИ в профессиональные стандарты биотехнологов.

Методика оценки была следующей. Каждая обобщенная трудовая функция биотехнологов оценивалась на наличие требований по взаимодействию с системами ИИ в трех своих аспектах: 1) трудовые действия, 2) необходимые умения, 3) необходимые знания. Результаты показывают необходимость актуализации стандартов с учетом стремительного развития ИИ-технологий в биотехнологиях. Большинство стандартов содержат лишь абстрактные (градация 2) или обобщенные (градация 3) требования, например, «использование цифровых технологий». Явные упоминания ИИ (градация 4) встречаются редко, преимущественно в стандартах, связанных с биоинформатикой и автоматизацией производства. Наибольшее внимание в стандартах уделяется теоретическим знаниям в области ИИ, в то время как практические трудовые действия не конкретизированы. Получено следующее распределение (см. табл. 3).

Отраслевые различия

Анализ профессиональных стандартов, содержащих конкретные требования к технологиям ИИ (уровень 4), позволил выявить закономерности в распределении этих требований по отраслевым направлениям и применяемым технологиям. Требования к ИИ-компетенциям распределя-

ются примерно поровну между основными направлениями: около трети стандартов относятся к биоинформатике, треть – к обработке больших данных, и оставшаяся часть – к автоматизации технологических процессов.

Таблица 3 Распределение обобщенных трудовых функций по градациям требований к ИИ-технологиям в биотехнологиях

№	Градация требований к ИИ	Количество ОТФ (обобщенных трудовых функций)	Доля от общего числа (%)
1	Отсутствует	32	28.8%
2	Абстрактная форма	45	40.5%
3	Обобщенная форма	28	25.2%
4	Конкретная форма	6	5.4%

Наиболее востребованным оказалось машинное обучение, которое упоминается в двух третях проанализированных стандартов. Нейронные сети фигурируют в требованиях половины документов, тогда как системы компьютерного зрения встречаются лишь в трети случаев. Например, в стандарте «Специалист по контролю качества продукции биотехнологического производства» (код 26.013) указаны требования по анализу данных с использованием машинного обучения и знанию принципов работы нейронных сетей. Стандарт для экологов (26.008) включает работу с алгоритмами ИИ для прогнозирования рисков и системами компьютерного зрения, а в производстве лекарственных средств (26.020) акцент сделан на интеллектуальный анализ данных и оптимизацию процессов с помощью ИИ. Такое распределение отражает потребности отрасли, где методы машинного обучения стали универсальным инструментом, в то время как более специализированные технологии имеют узкую область применения.

При расширении критериев до всех уровней цифровизации (от абстрактных до конкретных требований) выясняется, что 71.1% обобщенных трудовых функций, полученных суммированием в табл. 3 градаций от 2 до 4 ($40.5\% + 25.2\% + 5.4\% = 71.1\%$), так или иначе связаны с цифровыми технологиями, что свидетельствует о значительной роли цифровых компетенций в современной профессии биотехнолога, хотя требования к работе с ИИ пока формулируются лишь в небольшой части стандартов. Для проверки статистической значимости выявленных закономерностей, в частности, установления достоверности пропорций между различными уровнями цифровизации, была применена обработка данных в пакете SPSS Statistics [33].

Таблица 4 Выраженность требований по взаимодействию с системами искусственного интеллекта в трудовых функциях биотехнологов

Градация	Трудовые действия		Необходимые умения		Необходимые знания	
	Число случаев	Процент	Число случаев	Процент	Число случаев	Процент
1	41	36,9	19	17,1	26	23,4
2	25	22,5	17	15,3	10	9,0
3	43	38,7	67	60,4	67	60,4
4	2	1,8	8	7,2	8	7,2
Итого	111	100,0	111	100,0	111	100,0

Анализ проводился по ключевым аспектам каждой трудовой функции: практическим трудовым действиям, необходимым умениям и требуемым знаниям. Для каждого аспекта определялась соответствующая градация требований к ИИ, после чего рассчитывались абсолютные и относительные частоты встречаемости различных уровней. Полученные результаты позволили количественно оценить степень соответствия между актуальными потребностями отрасли в навыках работы с ИИ и их фактическим отражением в нормативных документах. Результаты

анализа представлены в виде сводных табл. 4 и 5, демонстрирующих распределение требований по уровням градации для различных аспектов профессиональной деятельности.

Выводы и рекомендации

Изучение профессиональных стандартов биотехнологов выявил существенное отставание нормативных требований от реальных потребностей отрасли в части взаимодействия с системами ИИ. Соотношение актуальных и фактических требований по взаимодействию с ИИ в профессиональных стандартах выглядит следующим образом.

В области трудовых действий актуальные требования предполагают разноплановое взаимодействие с ИИ, тогда как фактические включают такие положения крайне редко (см. табл. 4: 38,7% функций имеют минимальные требования к ИИ – градация 3, и лишь 1,8% – выраженные требования). Что касается необходимых умений, современные реалии требуют от специалистов разнообразных навыков работы с ИИ, однако действующие стандарты лишь в единичных случаях содержат подобные требования. (табл. 4 показывает, что 60,4% функций относятся к градации 3 по умениям, что означает их общий характер).

Ситуация с необходимыми знаниями аналогична (см. табл. 4): хотя отрасль нуждается в практико-ориентированных знаниях по работе с ИИ, существующие стандарты либо не включают такие положения вовсе (23,4% – градация 1), либо ограничиваются теоретическими сведениями (60,4% – градация 3). На уровне трудовых функций наблюдается та же картина – потребность в практических знаниях по взаимодействию с ИИ не обеспечена соответствующими нормативными требованиями.

Таблица 5 Выраженность требований по взаимодействию с системами искусственного интеллекта в профессиональных стандартах биотехнологов

Градация	Трудовые действия		Необходимые умения		Необходимые знания	
	Число случаев	Процент	Число случаев	Процент	Число случаев	Процент
1	9	21,4	4	9,5	7	16,7
2	15	35,7	9	21,4	4	9,5
3	16	38,1	27	64,3	27	64,3
4	2	4,8	2	4,8	4	9,5
Итого	42	100,0	42	100,0	42	100,0

Анализ профессиональных стандартов биотехнологов выявляет критическое отставание нормативных требований от реальных потребностей отрасли в части взаимодействия с искусственным интеллектом. Как показано в табл. 5, лишь 4,8% стандартов содержат выраженные требования к трудовым действиям с ИИ (градация 4), при этом 64,3% требований к умениям и знаниям (градация 3) носят общий характер, не отражая специфику современных технологий.

Согласно данным табл. 4, наиболее тревожной представляется ситуация с практическим применением ИИ: только 1,8% трудовых функций (градация 4) предусматривают конкретные действия с этими технологиями, а 36,9% (градация 1) полностью игнорируют данный аспект. Как видно из табл. 5, на уровне профессиональных стандартов эта проблема еще более выражена – 21,4% документов не содержат никаких требований к взаимодействию с ИИ в трудовой деятельности (градация 1).

Аналогичная картина наблюдается и в других компонентах профессиональных стандартов (см. табл. 5): менее 10% документов содержат специализированные требования к знаниям об ИИ (9,5% – градация 4), а 16,7% (градация 1) не включают даже базовых положений на этот счет. При этом, как демонстрирует табл. 4, 15-20% трудовых функций вообще не учитывают ИИ-компетенции.

Выявленное противоречие между стремительной цифровой трансформацией отрасли и устаревшей нормативной базой создает серьезные препятствия для подготовки квалифицированных кадров. Особую озабоченность вызывает практически полное отсутствие практико-ориентированных требований (лишь 1,8% в табл. 4 и 4,8% в табл. 5 для высшей градации), что существенно ограничивает развитие профессиональных компетенций в области ИИ. Для преодоления этого разрыва необходимо системное обновление профессиональных стандартов с участием отраслевых экспертов и технологических компаний, направленная на развитие нормативной базы с актуальными производственными реалиями.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Развитие академической культуры, включая методологическую строгость исследований [34] и формирование авторских позиций [35], играет важную роль в преодолении цифрового разрыва в профессиональном образовании. Особую актуальность этот процесс приобретает в биотехнологической отрасли, где ИИ открывает новые возможности для фармацевтики, сельского хозяйства, экологии и медицины. Полученные нами данные согласуются с мнением авторов [36], которые также отмечают потенциал ИИ для биотехнологических исследований и разработок. Технологии ИИ позволяют не только оптимизировать процессы разработки лекарственных препаратов и повышать эффективность агропромышленного производства, но и создавать принципиально новые решения в области медицинской диагностики и экологического мониторинга.

Однако проведенное исследование наглядно демонстрирует определенное отставание профессиональных стандартов в области биотехнологий от развивающихся технологических реалий. Анализ данных выявил, что только 5,4% обобщенных трудовых функций содержат конкретные требования к работе с ИИ, в то время как в 28,8% случаев такие требования полностью отсутствуют, что подтверждается данными (см. табл. 3). Мы согласны с авторами [37], которые обращают внимание на существенный разрыв между быстрым развитием технологий машинного обучения в биотехнологиях и медленной адаптацией образовательных программ. Этот дисбаланс создает препятствия для подготовки специалистов, соответствующих современным запросам отрасли.

Наиболее острыми проблемами, выявленными в ходе исследования, стали заметный разрыв между теоретическими знаниями и практическими требованиями, критическая нехватка базовых цифровых компетенций в стандартах, а также неравномерное распределение ИИ-требований по отраслям, что согласуется с результатами авторов [38], которые также выявили недостаточность навыков программирования и анализа данных у современных биотехнологов. Так, если в разделах «Знания» около 60% стандартов содержат упоминания цифровых технологий (см. табл. 5), то конкретные требования к их применению в трудовых действиях встречаются лишь в 1,8% случаев. Однако это не согласуется с теоретическими представлениями авторов [39], предполагавших более сбалансированное соотношение теоретической и практической подготовки в области ИИ. Тревогу вызывает тот факт, что 15-20% стандартов (см. градацию 1 в табл. 4-5) не включают каких-либо требований к цифровым компетенциям. При этом наблюдается некоторая отраслевая диспропорция – наиболее развитые требования к ИИ сосредоточены в биоинформатике (33% случаев, см. табл. 4), тогда как такие направления как пищевые и сельскохозяйственные биотехнологии остаются практически не охваченными этими требованиями (см. табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретическая значимость работы состоит в комплексном анализе профессиональных стандартов биотехнологов с позиции их соответствия тенденциям цифровизации. Исследование позволяет выявить ключевые пробелы в подготовке специалистов и определить направления модернизации образовательных программ.

Практическая ценность работы определяется возможностью использования результатов исследования для обновления профессиональных стандартов; модернизации образовательных программ; усиления взаимодействия между академической средой и индустрией; повышения конкурентоспособности специалистов.

Для преодоления выявленных проблем предлагается комплекс мер, включающий целенаправленное внедрение ИИ-компетенций в трудовые функции, разработку специализированных образовательных модулей и создание механизмов оперативного обновления стандартов. Особое внимание следует уделить разработке сквозных программ обучения, охватывающих как основы работы с ИИ, так и его отраслевые приложения. Важным шагом должно стать внедрение системы регулярного (не реже чем раз в два года) обновления профессиональных стандартов с обязательным участием представителей индустрии.

Перспективными направлениями дальнейших исследований могут стать сравнительный анализ с международными практиками, разработка комплексного индекса цифровой зрелости профессиональных стандартов, а также реализация пилотных проектов по интеграции ИИ-требований в наиболее подготовленные направления, такие как фармацевтическая биотехнология. Без модернизации нормативной базы к 2030 году разрыв между требованиями отрасли и уровнем подготовки кадров может достичь 40%. В этой связи актуальность приобретает создание гибкой системы профессиональных стандартов с модульной структурой, способной адаптироваться к стремительным технологическим изменениям. Своевременное обновление профессиональных стандартов откроет новые возможности для подготовки высококвалифицированных кадров, способных реализовать весь потенциал биотехнологической отрасли в цифровую эпоху.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем признательность анонимным рецензентам за внимательное и профессиональное рассмотрение нашей работы, ценные замечания и конструктивные предложения, которые позволили улучшить качество представленного исследования [We express our gratitude to the anonymous reviewers for their thorough and professional evaluation of our work, valuable comments, and constructive suggestions that helped improve the quality of this research].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов А.О., Гуртов В.А., Шабаетова С.В. Отраслевой аспект кадрового обеспечения стратегического развития сферы искусственного интеллекта // Экономика промышленности. 2024. Vol. 17(3). P. 279–290. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2024-3-1316>
2. Афанасьева Ж.С., Афанасьев А.Д., Подлинцев О.Л. Методологические подходы к преподаванию искусственного интеллекта в техническом вузе // Успехи гуманитарных наук. 2022. № 1. С. 194–201.
3. Потороко И.Ю. Рабочая программа дисциплины 1.Ф.М1.07 «Сенсорная оценка новых видов биопродукции методами искусственного интеллекта» для направления 19.04.01 «Биотехнология», уровень «Магистратура»: Магистерская программа «Искусственный интеллект в промышленных и экологических биотехнологиях», форма обучения очная, кафедра-разработчик «Пищевые и биотехнологии» // Южно-уральский государственный университет. 2022. 18 с. URL: <https://www.susu.ru/ru/grant-art-intelligence/190401> (дата обращения: 25.07.2025).
4. Laupichler M.C., Aster A., Schirch J. Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping // Computers & Education: Artificial Intelligence. 2022. Vol. 3, P. 100101. DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100101/
5. Helleckes L.M., Hemmerich J., Wiechert W., von Lieres E., Grünberger A. Machine learning in bioprocess development: from promise to practice // Trends in Biotechnology. 2023. Vol. 41, Issue 6, P. 817–835. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.10.010
6. Акимов А.Ю., Обознов А.А. Доверие и недоверие роботу-помощнику в априорных представлениях специалистов российских организаций // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2024. № 2. С. 137–165. DOI: 10.38098/iran.opwp_2024_31_2_006
7. Schiavo G., Businaro S., Zancanaro M. Comprehension, Apprehension, and Acceptance: Understanding the Influence of Literacy and Anxiety on Acceptance of Artificial Intelligence // Technology in Society. 2024. Vol. 77. URL: <https://ssrn.com/abstract=4668256> (дата обращения: 25.07.2025).
8. Загоровская В. Применение решений с ИИ: опыт «Сибagro» // Портал «Мясной Эксперт». 2024. URL: <https://meat-expert.ru/articles/783-primenenie-resheniy-s-ii-opyt-sibagro> (дата обращения: 25.07.2025).
9. Ликарчук Ю. Мясную продукцию «Черкизово» помогает выкладывать на полки искусственный интеллект // Ветеринария и жизнь. 2025. URL: <https://vetandlife.ru/sobytiya/myasnuyu-produkciju-cherkizovo-pomogaet-vykladyvat-na-polki-iskusstvennyj-intellekt/> (дата обращения: 25.07.2025).
10. Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ). Передовая инженерная школа «Институт

- биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем». 2024. URL: https://analytics.engineers2030.ru/schools/dvfu/development-program#item_9 (дата обращения: 25.07.2025).
11. Holzinger A., Keiblinger K., Holub P., Zatloukal K., Müller H. AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology // *New Biotechnology*. 2023. P. 16–24. DOI: 10.1016/j.nbt.2023.02.001
 12. Buchelt A., Adrowitzer A., Kieseberg P., Gollob C., Nothdurft A., Eresheim S., Tschatschek S., Stampfer K., Holzinger A. Exploring artificial intelligence for applications of drones in forest ecology and management // *Forest Ecology and Management*. 2024. Vol. 551, P. 121530. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121530
 13. Zhang J., Kang N., Qu Q., Zhou L., Zhang H. Automatic fruit picking technology: a comprehensive review of research advances // *Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 57, No. 54. DOI: 10.1007/s10462-023-10674-2
 14. Niazi S.K., Mariam Z. Computer-aided drug design and drug discovery: A prospective analysis // *Pharmaceuticals*. 2023. Dec 22. Vol. 17(1):22. DOI: 390/ph17010022
 15. Etezadi H., Eshkabilov S. A comprehensive overview of control algorithms, sensors, actuators, and communication tools of autonomous all-terrain vehicles in agriculture // *Agriculture*. 2024. Vol. 14, Issue 2. DOI: 3390/agriculture14020163
 16. Amore A., Philip S. Artificial intelligence in food biotechnology: trends and perspectives // *Frontiers in Industrial Microbiology*. 2023. Vol. 1. DOI: 10.3389/finmi.2023.1255505
 17. Canicatti M., Vallone M. Drones in vegetable crops: A systematic literature review // *Smart Agricultural Technology*. 2024. Vol. 7. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100396
 18. Fadji T., Bokaba T., Fawole O.A., Twinomurinzi H. Artificial intelligence in postharvest agriculture: mapping a research agenda // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Vol. 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1226583
 19. Ji Y., Wang D., Li Q., Liu T., Bai Y. Global wildfire danger predictions based on deep learning taking into account static and dynamic variables. *Forests*. 2024. Vol. 15, No. 1. DOI: 10.3390/f15010216
 20. Harris W. Using AI for Brainstorming: An Illustrated Biotechnology Example Cobalt Communication. 2023. URL: <https://cobaltcommunications.com/cobalt-60/using-ai-for-brainstorming-an-illustrated-biotechnology-example> (дата обращения: 25.07.2025).
 21. Melak A., Aseged T., Shitaw T. The influence of artificial intelligence technology on the management of livestock farms // *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 2024. DOI: 10.1155/2024/8929748
 22. Melnichuk E. Biotech and AI: drug discovery and beyond. 2023. URL: <https://headcount.ch/blog/biotechnology-and-ai-drug-discovery-and-emerging-hubs> (дата обращения: 25.07.2025).
 23. Rust S., Stoinski B. Enhancing tree species identification in forestry and urban forests through light detection and ranging point cloud structural features and machine learning // *Forests*. 2024. Vol. 15, P. 188. DOI: 10.3390/f15010188
 24. Shvets Y., Morkovkin D., Basova M., Yashchenko A., Petrusevich T. Robotics in agriculture: Advanced technologies in livestock farming and crop cultivation // *II International Scientific and Practical Conference «Energy, Ecology and Technology in Agriculture»* // *E3S Web of Conference*. 2024. Vol. 480. No. 10. DOI: 10.1051/e3sconf/202448003024
 25. Zhang L., Guo W., Lv C., Guo M., Yang M., Fu Q., Liu X. Advancements in artificial intelligence technology for improving animal welfare: Current applications and research progress // *Animal Research and One Health*. 2024. Vol. 2. P. 93–109. DOI: 10.1002/aro2.44
 26. Гуртов В.А., Аверьянов А.О., Корзун Д.Ж., Смирнов Н.В. Система классификации технологий в сфере искусственного интеллекта для кадрового прогнозирования // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2022. № 3. P.113–133. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.6
 27. Штанский А.Д., Желтенков А.В. Цифровая трансформация организаций сектора биотехнологий как фактор инновационного развития // *Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Экономика*. 2025. № 2. С. 122–131. DOI: 10.18384/2949-5024-2025-2-122-131
 28. Екшикеев Т.К., Малинникова Л.Н., Редкин Г.А., Обухова И.А. Интеграция искусственного интеллекта в исследовательские процессы биотехнологий: экономические проблемы и возможности // *Russian Economic Bulletin*. 2025. № 1. С. 446–454. URL: <https://dgpu-journals.ru/wp-content/uploads/2025/05/reb-t.8-2-2025.pdf>
 29. Sreelakshmi K., Vishwakarma P.K., Rao S.G., Maqbool A., Samal D., Saini R., Thakur G. Biotechnology and genetic engineering using AI: A review // *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 2024. Vol. 8, Issue 1. P. 350–364. URL: <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4456>
 30. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Реестр профессиональных стандартов. 2025. URL: <https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/> (дата обращения: 25.07.2025).
 31. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 29 сентября 2014 года N 667н «О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности)» (с изменениями на 9 марта 2017 года). 2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420226153> (дата обращения: 25.07.2025).
 32. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 12.04.2013 N148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» (зарегистрировано в Минюсте России 27.05.2013 N 28534). 2013. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146970 (дата обращения: 25.07.2025).
 33. IBM Corporation. What is Strong AI? URL: <https://www.ibm.com/topics/strong-ai> (дата обращения: 25.07.2025).

25.07.2025).

34. Тихонова Е.В., Косычева М.А., Ефремова Г.И. Критерии оценки качества образования: теория и практика // Векторы трансформации современного университета. 2024. С. 58–74. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75071126>
35. Tikhonova E., Raitskaya L. Author-related concepts in academic writing Revisited: a scoping review // Journal of Language and Education. 2025. Vol. 8. P. 5–25. DOI: 10.17323/jle.2025.26765.
36. Holzinger A., Keiblinger K., Holub P., Zatloukal K., Müller H. AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology // New Biotechnology. 2023. Vol. 74, P. 16–24. DOI: 10.1016/j.nbt.2023.02.001
37. Helleckes L.M., Hemmerich J., Wiechert W., von Lieres E., Grünberger A. Machine learning in bioprocess development: from promise to practice // Trends in Biotechnology. 2023. P. 817–835. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.10.010
38. Etezadi H., Eshkabilov S. A comprehensive overview of control algorithms, sensors, actuators, and communication tools of autonomous all-terrain vehicles in agriculture // Agriculture. 2024. DOI: 3390/agriculture14020163
39. Афанасьева Ж.С., Афанасьев А.Д., Подлиняев О.Л. Методологические подходы к преподаванию искусственного интеллекта в техническом вузе // Успехи гуманитарных наук. 2022. № 1. С. 194–201.

REFERENCES

1. Averyanov A.O., Gurtov V.A., Shabaeva S.V. The sectoral aspect of personnel support for the strategic development of the artificial intelligence sphere. *Economics of Industry*, 2024. DOI: 10.17073/2072-1633-2024-3-1316 (in Russ.)
2. Afanasyeva Zh.S., Afanasyev A.D., Podlinyaev O.L. Methodological approaches to teaching artificial intelligence in a technical university. *Advances in Humanities*, 2022, no. 1, pp. 194-201. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47577570> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
3. Potoroko I.Yu. Work program of the discipline 1.F.M1.07 "Sensory evaluation of new types of bioproducts using artificial intelligence methods" for the direction 19.04.01 "Biotechnology", level "Master's degree": Master's program "Artificial Intelligence in Industrial and Environmental Biotechnology", full-time form of study, developer department "Food and Biotechnology". South Ural State University, 2022, 18 p. Available at: <https://www.susu.ru/ru/grant-art-intelligence/190401> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
4. Laupichler M.C., Aster A., Schirch J. Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 2022, vol. 3, p. 100101. DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100101/
5. Helleckes L.M., Hemmerich J., Wiechert W., von Lieres E., Grünberger A. Machine learning in bioprocess development: from promise to practice. *Trends in Biotechnology*, 2023, vol. 41, issue 6, pp. 817 – 835. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.10.010
6. Akimova A.Yu., Oboznov A.A. Trust and distrust in a robot assistant in the a priori ideas of specialists from Russian organizations. Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. *Organizational Psychology and Psychology of Labor*, 2024, pp. 137-165. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2024_31_2_006 (in Russ.)
7. Schiavo G., Businaro S., Zancanaro M. Comprehension, Apprehension, and Acceptance: Understanding the Influence of Literacy and Anxiety on Acceptance of Artificial Intelligence. *Technology in Society*, 2024, vol. 77. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4668256> (accessed 25 July 2025).
8. Zagorovskaya V. Application of AI solutions: the experience of Sibagro. *Meat Expert Portal*, 2024. Available at: <https://meat-expert.ru/articles/783-primeneniye-resheniy-s-ii-opyt-sibagro> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
9. Likarchuk Yu. Artificial intelligence helps to put Cherkizovo meat products on shelves. *Veterinary Science and Life*, 2025. Available at: <https://vetandlife.ru/sobytiya/myasnuyu-produkciju-cherkizovo-pomogaet-vykladyvat-na-polki-iskusstvennyj-intellekt/> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
10. Far Eastern Federal University (FEFU). Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", 2024. Available at: https://analytics.engineers2030.ru/schools/dvfu/development-program#item_9 (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
11. Holzinger A., Keiblinger K., Holub P., Zatloukal K., Müller H. AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New Biotechnology*, 2023, pp. 16-24. DOI: 10.1016/j.nbt.2023.02.001
12. Buchelt A., Adrowitzer A., Kieseberg P., Gollob C., Nothdurft A., Eresheim S., Tschatschek S., Stampfer K., Holzinger A. Exploring artificial intelligence for applications of drones in forest ecology and management. *Forest Ecology and Management*, 2024, vol. 551, p. 121530. DOI: 10.1016/j.foreco.2023.121530
13. Zhang J., Kang N., Qu Q., Zhou L., Zhang H. Automatic fruit picking technology: a comprehensive review of research advances. *Artificial Intelligence Review*, 2024, vol. 57, no. 54. DOI: 10.1007/s10462-023-10674-2
14. Niazi S.K., Mariam Z. Computer-aided drug design and drug discovery: A prospective analysis. *Pharmaceuticals*, 2024. DOI: 10.3390/ph17010022
15. Etezadi H., Eshkabilov S. A comprehensive overview of control algorithms, sensors, actuators, and communication tools of autonomous all-terrain vehicles in agriculture. *Agriculture*, 2024, vol. 14, issue 2. DOI: 10.3390/agriculture14020163
16. Amore A., Philip S. Artificial intelligence in food biotechnology: trends and perspectives. *Frontiers in Industrial Microbiology*, 2023, vol. 1. DOI: 10.3389/finmi.2023.1255505

17. Canicatti M., Vallone M. Drones in vegetable crops: A systematic literature review. *Smart Agricultural Technology*, 2024, vol. 7. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100396
18. Fadji T., Bokaba T., Fawole O.A., Twinomurinzi H. Artificial intelligence in postharvest agriculture: mapping a research agenda. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2023, vol. 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1226583
19. Ji Y., Wang D., Li Q., Liu T., Bai Y. Global wildfire danger predictions based on deep learning taking into account static and dynamic variables. *Forests*, 2024, vol. 15, no.1. DOI: 10.3390/f15010216.
20. Harris W. Using AI for Brainstorming: An Illustrated Biotechnology Example. *Cobalt Communication*, 2023. Available at: <https://cobaltcommunications.com/cobalt-60/using-ai-for-brainstorming-an-illustrated-biotechnology-example> (accessed 25 July 2025).
21. Melak A., Aseged T., Shitaw T. The influence of artificial intelligence technology on the management of livestock farms. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2024. DOI: 10.1155/2024/8929748
22. Melnichuk E. Biotech and AI: drug discovery and beyond, 2023. Available at: <https://headcount.ch/blog/biotechnology-and-ai-drug-discovery-and-emerging-hubs> (accessed 25 July 2025).
23. Rust S., Stoinski B. Enhancing tree species identification in forestry and urban forests through light detection and ranging point cloud structural features and machine learning. *Forests*, 2024, vol. 15, p.188. DOI: 10.3390/f15010188
24. Shvets Y., Morkovkin D., Basova M., Yashchenko A., Petrusevich T. Robotics in agriculture: Advanced technologies in livestock farming and crop cultivation. *II International Scientific and Practical Conference "Energy, Ecology and Technology in Agriculture", E3S Web of Conferences*, 2024, vol. 480, no. 10. DOI: 10.1051/e3sconf/202448003024
25. Zhang L., Guo W., Lv C., Guo M., Yang M., Fu Q., Liu X. Advancements in artificial intelligence technology for improving animal welfare: Current applications and research progress. *Animal Research and One Health*, 2024, vol. 2, pp. 93-109. DOI: 10.1002/aro2.44
26. Gurtov V.A., Averyanov A.O., Korzun D.Zh., Smirnov N.V. System of classification of technologies in the field of artificial intelligence for personnel forecasting. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2022, no. 3, pp. 113-133. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.6 (in Russ.)
27. Shtansky A.D., Zheltenkov A.V. Digital transformation of organizations in the biotechnology sector as a factor in innovative development. *Bulletin of the State University of Education. Series: Economics*, 2025, no. 22, pp. 122-131. DOI: 10.18384/2949-5024-2025-2-122-131 (in Russ.)
28. Ekshikeev T.K., Malinnikova L.N., Redkin G.A., Obukhova I.A. Integration of artificial intelligence into biotechnology research processes: economic problems and opportunities. *Russian Economic Bulletin*, 2025, no. 1, pp. 446-454. Available at: <https://dgpu-journals.ru/wp-content/uploads/2025/05/reb-t.8-2-2025.pdf> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
29. Sreelakshmi K., Vishwakarma P.K., Rao S.G., Maqbool A., Samal D., Saini R., Thakur G. Biotechnology and genetic engineering using AI: A review. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 2024, vol. 8, issue 1, pp. 350-364. Available at: <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4456> (accessed 25 July 2025).
30. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. Register of Professional Standards, 2025. Available at: <https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
31. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. Order of September 29, 2014 N 667n "On the register of professional standards (list of types of professional activity)" (as amended on March 9, 2017), 2017. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420226153> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
32. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. Order of 12.04.2013 N148n "On approval of qualification levels for the purpose of developing draft professional standards" (registered in the Ministry of Justice of Russia on 27.05.2013 N 28534), 2013. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146970 (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
33. IBM Corporation. What is Strong AI? Available at: <https://www.ibm.com/topics/strong-ai> (accessed 25 July 2025).
34. Tikhonova E.V., Kosycheva M.A., Efremova G.I. Criteria for assessing the quality of education: theory and practice. *Vectors of Transformation of the Modern University*, 2024, pp. 58-74. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75071126> (accessed 25 July 2025) (in Russ.)
35. Tikhonova E., Raitskaya L. Author-related concepts in academic writing Revisited: a scoping review. *Journal of Language and Education*, 2025, vol. 8, pp. 5-25. DOI: 10.17323/jle.2025.26765
36. Holzinger A., Keiblinger K., Holub P., Zatloukal K., Müller H. AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New Biotechnology*, 2023, vol. 74, pp. 16-24. DOI: 10.1016/j.nbt.2023.02.001
37. Hellekes L.M., Hemmerich J., Wiechert W., von Lieres E., Grünberger A. Machine learning in bioprocess development: from promise to practice. *Trends in Biotechnology*, 2023, pp. 817-835. DOI: 10.1016/j.tibtech.2022.10.010
38. Etezadi H., Eshkabilov S. A comprehensive overview of control algorithms, sensors, actuators, and communication tools of autonomous all-terrain vehicles in agriculture. *Agriculture*, 2024. DOI: 10.3390/agriculture14020163.
39. Afanasyeva Zh.S., Afanasyev A.D., Podlinyaev O.L. Methodological approaches to teaching artificial intelligence in a technical university. *Uspekhi Gumanitarnykh Nauk [Advances in Humanities]*, 2022, no. 1, pp. 194-201. (in Russ.)

Авторы**Ефремова Галина Ивановна**

(Российская Федерация, г. Москва)

Профессор, член-корреспондент Российской академии образования

Доктор психологических наук,
проректор по научной работеРоссийский биотехнологический университет
(РОСБИОТЕХ)

E-mail: efremova_rao@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-4648-7104

Scopus Author ID: 56398147200

Леньков Сергей Леонидович

(Российская Федерация, г. Москва)

Профессор, доктор психологических наук

Главный аналитик

Российская академия образования

E-mail: new_psy@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-6934-3229

Scopus Author ID: 57352263800

Рубцова Надежда Евгеньевна

(Российская Федерация, г. Москва)

Профессор, доктор психологических наук, профессор
кафедры общей психологии и психологии труда

Российский новый университет

E-mail : hope432810@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-1323-4741

Scopus Author ID: 57351667400

Шипилова Мария Юрьевна

(Российская Федерация, г. Москва)

Помощник проректора

Российский биотехнологический университет

(РОСБИОТЕХ)

E-mail: Maffa-94@mail.ru

ORCID ID: 0009-0000-7401-5211

Author's**Galina I. Efremova**

(Russian Federation, Moscow)

Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Education

Dr. Sci. (Psychology),

Vice-Rector for Research

Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH)

Email: efremova_rao@mail.ru

ORCID ID: 0000-0002-4648-7104

Scopus Author ID: 56398147200

Sergey L. Lenkov

(Russian Federation, Moscow)

Professor, Dr. Sci. (Psychology),

Chief Analyst

Russian Academy of Education

Email: new_psy@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-6934-3229

Scopus Author ID: 57352263800

Nadezhda R. Evgenievna

(Russian Federation, Moscow)

Professor, Dr. Sci. (Psychology), Professor in the Department
of General Psychology and Occupational Psychology

Russian New University

Email: hope432810@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0002-1323-4741

Scopus Author ID: 57351667400

Maria Yu. Shipilova

(Russian Federation, Moscow)

Assistant to the Vice-Rector

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

Email: Maffa-94@mail.ru

ORCID ID: 0009-0000-7401-5211

Вклад авторов**Ефремова Г. И.:** концептуализация, методология,
формальный анализ, проведение исследования, ресурсы,
руководство исследованием**Леньков С. Л.:** методология, программное обеспечение,
верификация данных, формальный анализ,
администрирование данных, создание черновика рукописи**Рубцова Н. Е.:** формальный анализ, проведение
исследования, ресурсы, администрирование данных,
создание черновика рукописи**Шипилова М. Ю.:** формальный анализ,
администрирование проекта**Author's contribution****Galina I. Efremova:** Conceptualization, Methodology,
Formal analysis, Investigation, Resources, Supervision**Sergey L. Lenkov:** Methodology, Software, Validation,
Formal analysis**Nadezhda E. Rubtsova:** Formal analysis, Investigation,
Resources, Data Curation, Writing - Original Draft**Maria Yu. Shipilova:** Formal analysis, Project administration© Ефремова Г. И., Леньков С. Л., Рубцова Н. Е.,
Шипилова М. Ю., 2026

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

© Galina I. Efremova, Sergey L. Lenkov,
Nadezhda E. Rubtsova, Maria Yu. Shipilova, 2026

The authors declared no conflicts of interest