

DOI: <https://doi.org/10.60797/ВMED.2024.2.4>**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНЕ: ОБЗОР ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ**

Обзор

Купатенко Я.Г.^{1,*}, Мирук А.К.², Ломоносова А.В.³, Козлова А.А.⁴¹ ORCID : 0009-0007-8541-0787;² ORCID : 0009-0009-9141-4447;³ ORCID : 0000-0002-6280-4325;⁴ ORCID : 0009-0001-7032-1112;^{1, 2, 3, 4} Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (yunicksandretta[at]gmail.com)

Аннотация

Искусственный интеллект все чаще используется в различных областях науки, и медицинская практика не исключение. В данной статье термин «Искусственный интеллект» подразумевает под собой широкий спектр технологических решений, основанный на обработке информации при помощи больших языковых моделей (LLM). Одним из направлений такого подхода является в широком смысле высокопроизводительная алгоритмическая обработка изображений, частным случаем которой служит множество изображений, получаемых от тех или иных диагностических приборов медицинского назначения, основанных на различных физических принципах.

Данную технологию применяют для обработки и анализа больших объемов медицинских данных, оказывая помощь врачам в диагностике заболеваний. ИИ помогает в осуществлении методологий превентивной медицины, предоставляя информацию о рисках развития болезней и рекомендации по профилактике. Телемедицинские системы на его основе обеспечивают удаленную консультацию и поддержку пациентов, особенно в районах, где качество и (или) доступность медицинской помощи недостаточно хороши. Автоматизация рутинной деятельности, интерпретация медицинских изображений и предоставление рекомендаций по лечению также являются функциями ИИ. Однако важно отметить, что ИИ является вспомогательным инструментом в деятельности врача, а не его полноценной заменой.

Ключевые слова: медицинская практика, телемедицина, диагностика заболеваний, профилактическая медицина, анализ медицинских данных, конфиденциальность данных, этические дилеммы, развитие ИИ в России, управление здравоохранением, медицинское образование, автоматизация медицинских задач.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE: AN OVERVIEW OF THE CURRENT SITUATION AND TENDENCIES

Review article

Kupatenko Y.G.^{1,*}, Miruk A.K.², Lomonosova A.V.³, Kozlova A.A.⁴¹ ORCID : 0009-0007-8541-0787;² ORCID : 0009-0009-9141-4447;³ ORCID : 0000-0002-6280-4325;⁴ ORCID : 0009-0001-7032-1112;^{1, 2, 3, 4} I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (yunicksandretta[at]gmail.com)

Abstract

Artificial Intelligence is becoming increasingly used in various fields of science, and medical practice is no exception. In this article, the term "Artificial Intelligence" refers to a wide range of technological solutions based on information processing using large language models (LLM). One of the directions of such an approach is in a broad sense high-performance algorithmic image processing, a particular case of which is a set of images obtained from various diagnostic medical devices based on different physical principles.

This technology is used to process and analyse large amounts of medical data, helping doctors to diagnose diseases. AI is helping to implement preventive medicine methodologies by providing information on disease risks and recommendations for prevention. Telemedicine systems based on it provide remote counselling and support for patients, especially in areas where the quality and/or accessibility of medical care is not good enough. Automating routine activities, interpreting medical images and providing treatment recommendations are also functions of AI. However, it is important to note that AI is an auxiliary tool in the activities of a doctor, not a full-scale replacement for them.

Keywords: medical practice, telemedicine, disease diagnosis, preventive medicine, medical data analysis, data privacy, ethical dilemmas, AI development in Russia, healthcare management, medical education, automation of medical tasks.

Введение

Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в сфере медицины демонстрирует экспоненциальный рост, открывая широкие горизонты для повышения эффективности диагностических, терапевтических и административных процессов в рамках медицинского обслуживания. Инструментарий, созданный на основе ИИ,

способствует значительному улучшению точности и оперативности идентификации патологий за счет распознавания атипичных изменений, оставаясь при этом вне поля зрения человеческого восприятия [1]. Алгоритмы глубокого обучения успешно анализируют рентгеновские снимки, МРТ, КТ и иные медицинские изображения, тем самым способствуя выявлению онкологических, сердечно-сосудистых, нервных и патологий других систем органов. ИИ также помогает разрабатывать персонализированные программы тактики лечения, учитывая генетические данные, анамнез жизни и реакции на предыдущие схемы терапии каждого пациента. Модели на основе ИИ прогнозируют результаты любых врачебных вмешательств, что позволяет специалистам выбирать наиболее эффективные методы лечения с целью минимизации рисков осложнений или ухода от неэффективных для конкретного пациента подходов.

ИИ автоматизирует рутинные административные процессы, такие как ведение медицинской документации, управление расписанием врачей и обработку запросов пациентов, освобождая время медицинского персонала для оказания более качественной помощи. Системы ИИ оптимизируют использование медицинского оборудования, помещений и персонала, а также поддерживают развитие телемедицины, позволяя пациентам получать консультации удаленно. Виртуальные ассистенты помогают пациентам с записью к врачу, получением информации о заболеваниях и приемом лекарств. Устройства на основе ИИ контролируют состояние здоровья пациентов, отслеживая жизненно важные показатели и предупреждая о возможных проблемах, что особенно важно для пациентов с хроническими заболеваниями или для пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии [5].

Также ИИ и технологии виртуальной реальности используются для создания симуляционных тренингов, позволяя студентам и врачам отрабатывать сложные процедуры в безопасной среде. Платформы на основе ИИ анализируют успехи учащихся и предлагают индивидуализированные учебные программы для улучшения качества образования.

ИИ анализирует большие объемы медицинских данных, выявляя ключевые тенденции и закономерности, что способствует проведению научных исследований и разработке новых методов лечения. Системы поддержки принятия решений на основе ИИ предоставляют врачам рекомендации, основанные на анализе данных и лучших практиках, что способствует принятию обоснованных медицинских решений.

До внедрения ИИ в медицину врачи опирались на традиционные методы и технологии, включая знания, клинический опыт, интуицию, результаты обследований, лабораторные данные и методы визуализации [4]. До недавнего времени широко применялись ручные методы ведения медицинских карт, организации приема пациентов и управления ресурсами. Медицинские карты велись в бумажном виде, что требовало значительных усилий для хранения и поиска информации. В настоящее время, наряду с всеобъемлющей цифровизацией, такой как внедрение электронных медицинских карт и электронных очередей, эти процессы продолжают оптимизироваться с применением различных технологий, включая ИИ.

Анализ данных о пациентах, ведение отчетности и формирование статистики также осуществлялись вручную, что занимало много времени и ресурсов. Такие задачи выполнялись с использованием базовых компьютерных инструментов, таблиц, текстовых редакторов. Обработка и анализ медицинских данных отнимали значительное количество времени, влияя на скорость принятия врачебных решений и на изменения в состоянии пациентов.

Отсутствие автоматизированных систем увеличивало риск ошибок, связанных с человеческим фактором – ошибок в диагностике, лечении и администрировании, возникающих из-за усталости, невнимательности, когнитивных искажений или недостатка информации. Ручные методы управления требовали значительных временных и человеческих ресурсов, что в условиях высокой загрузки и ограниченных кадровых ресурсов могло приводить к снижению качества медицинских услуг [13].

В целом, несмотря на вызовы и ограничения, медицинские работники и учреждения в России успешно справлялись с поставленными задачами благодаря высокому уровню профессионализма, междисциплинарному подходу и традиционным методам работы. Внедрение ИИ и современные технологии значительно облегчают многие аспекты медицинской практики, повышая её качество и эффективность.

Дисциплина глубокого обучения (Deep Learning) является одной из наиболее динамично развивающихся областей в рамках искусственного интеллекта, что предоставляет возможность вычислительным системам самостоятельно адаптироваться к специфическим наборам данных для выполнения задач, в частности, идентификации паттернов и интерпретации естественного языка. Область машинного обучения (Machine Learning) занимается разработкой и оптимизацией алгоритмических конструкций и математических моделей, которые обеспечивают способность вычислительных систем к самообучению на основе обработки данных, способствуя генерации прогностических выводов без предварительного детального программирования. Концепция нейронных сетей (Neural Networks) представляет собой модель машинного обучения, эмулирующую структурные и функциональные особенности человеческого мозга, позволяя тем самым моделировать процессы мышления. Дисциплина обработки естественного языка (Natural Language Processing) достигает своей цели через разработку алгоритмов и систем, способных на автоматическое генерирование и понимание человеческого языка, углубляя взаимодействие между человеком и машиной.

Каждое из этих направлений имеет свои особенности и потенциал в создании новых технологий и развитии общества [3].

Обзор действующих нормативно-правовых актов по ИИ в здравоохранении

В России активно разрабатываются и внедряются стандарты для искусственного интеллекта (ИИ) в сфере здравоохранения. Эти стандарты призваны обеспечить единую интерпретацию характеристик и параметров ИИ-систем, что является важным этапом для интеграции новейших технологий в медицинскую практику [6].

На сегодняшний день разработаны и утверждены первые редакции национальных стандартов в области ИИ в здравоохранении. В частности, создание единых систем стандартизации и оценки соответствия технологических решений, основанных на ИИ, включено в Национальную стратегию развития искусственного интеллекта до 2030 года.

Данная стратегия была утверждена Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [7].

Для реализации этих задач был создан Технический комитет по стандартизации № 164. В его рамках в 2019 году на базе Центра диагностики и телемедицины Департамента здравоохранения города Москвы (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 декабря 2019 г. № 3471) был организован Подкомитет «Искусственный интеллект в здравоохранении» (ПК01/TK164). Подкомитет занимается разработкой стратегии, процедур и правил в области стандартизации ИИ, а также организацией и проведением работ в рамках национальной, межгосударственной, региональной и международной стандартизацией в соответствии с действующим законодательством. Участие в работе Подкомитета является добровольным [8].

С 1 января 2023 года в России начали действовать несколько стандартов, устанавливающих общие требования к системам искусственного интеллекта в медицине и к системам менеджмента качества. В частности, были утверждены ГОСТ Р 59921.8-2022 «Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Алгоритмы анализа медицинских изображений. Методы испытаний. Общие требования» [9] и ГОСТ Р 59921.9-2022 «Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Алгоритмы анализа данных в клинической физиологии. Методы испытаний. Общие требования» [10].

Также в России были введены следующие нормативные документы, регулирующие разработку и использование ИИ в медицинской сфере [6]:

- ГОСТ Р 70246-2022 «Алгоритмы искусственного интеллекта в светолучевых установках с естественными и искусственными источниками излучения. Общие требования. Часть 1. Световое излучение».

- ГОСТ Р 70247-2022 «Алгоритмы искусственного интеллекта в светолучевых установках с естественными и искусственными источниками излучения. Общие требования. Часть 2. Лазерное излучение».

- ГОСТ Р 59276-2020 «Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения».

- ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта».

Эти стандарты призваны обеспечить высокий уровень надежности и безопасности систем ИИ в медицинской сфере с целью повышения доверия к данным технологиям среди специалистов здравоохранения и пациентов.

Правовые и этические аспекты ИИ в здравоохранении

В контексте использования ИИ в медицинской практике особую значимость приобретают вопросы защиты данных пациентов. Необходимо выделить и подробно рассмотреть основные аспекты данной проблемы [11].

Гарантирование конфиденциальности данных пациентов является ключевым элементом, требующим повышенного внимания. Личные данные пациентов должны быть надлежащим образом защищены и скрыты от третьих лиц без предварительного информированного согласия пациента. Доступ к медицинским данным пациентов должен быть ограничен только уполномоченными лицами. Обеспечение безопасности данных предполагает принятие мер по защите от несанкционированного доступа и утечки информации. Эти требования соответствуют как этическим, так и правовым нормам медицинской практики.

Важным элементом защиты информации является использование методик анонимизации и псевдонимизации данных, которые предназначены для сохранения конфиденциальности личности пациентов при обработке и анализе большого объема информации. Эти подходы значительно снижают вероятность разглашения личных данных, тем самым позволяя осуществлять надежные и точные медицинские исследования и аналитические процедуры.

В современной практике количество киберугроз постоянно растет, поэтому государственным и частным организациям критически важно применять надежные меры кибербезопасности для защиты данных, комплексные системы защиты – межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений и антивирусное программное обеспечение. Однако также стоит отметить, что только постоянный мониторинг и регулярное обновление систем безопасности сыграют ключевую роль в обеспечении надежной защиты данных.

Еще одной важной мерой защиты данных является использование современных методов шифрования. Шифрование представляет собой процесс преобразования данных в код, который невозможно прочитать без соответствующего ключа. Этот инструмент гарантирует, что данные остаются конфиденциальными и защищенными как при передаче по сетям, так и при хранении на различных устройствах.

Недостаточно точные или неполные данные могут привести к неправильным выводам, что, в свою очередь, отрицательно скажется на здоровье пациентов и качестве медицинской помощи. Поэтому важно внедрять строгие процедуры верификации и валидации данных перед их использованием в системах ИИ.

Своевременная проверка источников данных на надежность и актуальность гарантирует, что информация, используемая для обучения ИИ, отражает реальные клинические сценарии и современные медицинские знания, способствуя повышению точности и надежности ИИ-систем, их способности адаптироваться к новым медицинским открытиям и изменениям в практике, минимизации риска возникновения ошибок и осложнений при лечении пациентов.

Обеспечение прозрачности алгоритмов ИИ необходимо для того, чтобы медицинские работники и пациенты понимали, как принимаются решения на основе полученных данных. Это именно тот фактор, который способствует повышению доверия к ИИ-технологиям и позволяет медицинскому персоналу принимать обоснованные решения, основанные на анализе данных.

Когда речь заходит об использовании искусственного интеллекта в медицине, неизбежно возникают этические дилеммы, связанные с приватностью и добровольным согласием пациентов на обработку их личных данных. Важно, чтобы каждый пациент ясно понимал, зачем и как его информация может быть использована в целях ИИ, будь то исследования или клиническая практика, и предоставлял свое осознанное согласие на это. Любой должен иметь право отказаться от участия в таких программах, и это не должно влиять на качество оказания медицинской помощи.

Уважение к личному выбору пациента – это основа этики в здравоохранении, помогающая строить доверительные отношения между больными и медицинскими учреждениями.

Кроме проблем конфиденциальности и информированного согласия, с искусственным интеллектом в медицине связаны и другие сложные вопросы этики. Алгоритмы ИИ могут вызвать затруднения в понимании медицинских решений как у врачей, так и у пациентов. Прозрачность в работе этих систем необходима, чтобы сохранять доверие к ИИ и гарантировать, что результаты их работы будут интерпретироваться правильно и понятно.

Применение ИИ также вызывает вопросы о целесообразности насколько автоматизации медицинских процессов и необходимости сохранения баланса между автоматизацией и участием человека в медицинской практике. Это порождает дискуссии о соответствии этическим нормам и ценностям в медицине. Этические аспекты, такие как справедливое распределение ресурсов и доступ к медицинским услугам, становятся особенно важными в контексте применения ИИ. Важно обеспечить равный доступ к передовым технологиям для всех слоев общества и предотвратить рост неравенства в здравоохранении, вызванного различиями в доступе к новым технологиям.

Возникают этические дискуссии о том, кто несет ответственность за ошибки, допущенные системами ИИ в медицине. В случае возникновения ошибок, включая диагностические или терапевтические, важно определить, кто будет отвечать за эти просчеты и как обеспечить справедливую компенсацию для пострадавших.

Сервисы, активно внедряемые в медицинскую практику

Анализ медицинских изображений и цифровая диагностика с использованием искусственного интеллекта (ИИ) стали ключевыми инструментами современной медицины. Эти технологии существенно повышают точность диагностики, оптимизируют лечебные процессы и улучшают профилактику заболеваний. Рассмотрим различные платформы и системы, используемые для решения медицинских задач [12].

4.1. Радиология и диагностические изображения

4.1.1. Celsus

Система Celsus использует алгоритмы ИИ для выявления патологических очагов в рентгенографии и КТ, помогая радиологам в верификации диагноза. Основное применение системы Celsus находится в рентгенологических и диагностических центрах. Сервис активно внедряется в различные медицинские учреждения, включая интеграцию с ЕРИС г. Москвы.

Достоинства:

- высокая точность диагностики благодаря использованию алгоритмов ИИ;
- способность анализировать компьютерные томограммы органов грудной клетки и флюорограммы, выделяя патологические изменения и формируя предварительное заключение для врача;
- сокращение времени на анализ исследований и минимизация рисков пропуска патологии благодаря автоматизации процесса диагностики;
- прошла клинические испытания и получила регистрационное удостоверение Минздрава РФ, что подтверждает её надежность и эффективность.

Недостатки:

- зависимость от качества и полноты входных данных для эффективности алгоритмов ИИ;
- возможные трудности с интерпретацией автоматически сформированных заключений, требующие дополнительного обучения специалистов;
- этические и правовые вопросы, связанные с конфиденциальностью данных пациентов и ответственностью за диагностические решения, принятые с использованием ИИ.

4.1.2. Botkin.ai

Платформа Botkin.ai разработана для автоматического выявления патологических изменений на рентгенологических исследованиях, КТ, МРТ и маммограммах. Это позволяет значительно сократить время на постановку диагноза и снизить вероятность ошибок, повышая точность и эффективность диагностики. Botkin.ai широко применяется в крупных медицинских учреждениях, таких как сеть клиник «Скандинавия», ГБУЗ НО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Мурманская областная клиническая больница, а также в рамках пилотного проекта в Ямало-Ненецком автономном округе.

Проекты:

- ретроспективный анализ КТ органов грудной клетки пациентов с подозрением на COVID-19 в сотрудничестве с сетью клиник «Скандинавия»;
- ретроспективный пересмотр «ковидных» КТ из архива в сотрудничестве с «АстраЗенека» и ГБУЗ НО «Нижегородского областного клинического онкологического диспансера»;
- участие в пилотном проекте «Внедрение систем искусственного интеллекта» в Ямало-Ненецком автономном округе;
- ретроспективный анализ КТ органов грудной клетки в Мурманске на базе Мурманской областной клинической больницы;
- проект по проспективному чтению КТ органов грудной клетки «ковидных» пациентов в сети клиник «Скандинавия»;
- проект «Открытая клиника», реализованный при поддержке Фонда «Сколково» по программе «Цифровые технологии», который объединил пять медцентров сети, повышая качество диагностики и решая проблему нехватки медицинских специалистов в удаленных регионах страны.

Достоинства:

- сокращение времени на постановку диагноза и уменьшение вероятности ошибок благодаря автоматическому выявлению патологических изменений;
- улучшение точности и эффективности диагностики в крупных медицинских центрах;

- вклад в борьбу с пандемией COVID-19 через ретроспективный анализ и проспективное чтение КТ органов грудной клетки.

Недостатки:

- как и в случае с другими системами, основанными на ИИ, потенциальные недостатки могут включать зависимость от качества и полноты входных данных, возможные трудности с интерпретацией результатов анализа и этические вопросы, связанные с конфиденциальностью данных пациентов;

- Ложноположительные и ложно- результаты (чат с Сашей)

4.1.3. CHEST-IRA

CHEST-IRA применяется в диагностических центрах для выявления 11 целевых патологий в КТ-исследованиях грудной клетки. Сервис состоит из функций поиска, визуализации, измерений, подсчета индексов и классификации патологий. CHEST-IRA самостоятельно определяет и визуализирует заданные в систему для идентификации патологии, производит их измерение, систематизирует, формируя описание исследования в формате DICOM SR. Важно отметить, что сервис сразу выдает первичное цифровое заключение, однако ни в коем случае не заменяет предварительный или окончательный диагноз врача.

Основная серия «Chest-IRA» делится на две части: первая включает схематичные изображения, которые помогают врачу быстро оценить состояние пациента и выявить патологии, в то время как вторая содержит аксиальные срезы с цветной маркировкой пораженных областей. Эта серия синхронизируется с исходной, что позволяет открыть ее рядом с оригинальной.

Достоинства:

- способствует повышению эффективности работы врачей-рентгенологов и улучшению качества диагностики за счет настраивания автоматизации процесса анализа и классификации патологий;

- снижает врачебное время, необходимое для верификации диагноза и минимизирует вероятность возникновения ошибок благодаря комплексному подходу к анализу данных и появлению первичного цифрового заключения.

Недостатки:

- как и у других систем, основанных на ИИ, возможные недостатки могут включать зависимость от качества и полноты входных данных, сложности в интерпретации результатов анализа, а также этические вопросы, связанные с конфиденциальностью данных пациентов.

4.1.4. Sciberia

Sciberia раскрывает перед нами виртуозный ансамбль программных решений, задействованных в искусстве анализа медицинских изображений с применением искусственного интеллекта, включая Sciberia Head, блестящий в диапазоне КТ-сканирования головного мозга, Sciberia Lungs – виртуозный аналитик КТ грудной клетки, Sciberia PACS, представляющий собой надежное убежище архивации медизображений, и Sciberia Viewer, мастера просмотра и первичного заключения по медицинским визуализациям. Эти продукты обрели свое признание и широкое использование в различных медицинских учреждениях, окунувшись в разнообразие медицинских изображений и открыв свои возможности для учреждений самых различных масштабов, от Якутской республиканской клинической больницы до пилотных проектов в городах Якутск, Саяногорске и Благовещенске.

Достоинства: автоматизация данных, включающая вычислительные и информационные процессы, позволяет осуществлять сбор, аналитическую обработку и трансляцию данных с беспрецедентной скоростью и точностью, что возвышает качество и оперативность постановки диагнозов. Программное обеспечение с математическим уклоном для создания компьютерных образов предоставляет возможность мгновенно осмысливать и трансформировать огромные объемы данных в визуально понятные изображения. Искусственный интеллект, выступая в роли покровителя от рутинных вычислительных задач, активно содействует совершенствованию методов анализа медицинских изображений. Современные компьютерные датчики и интерфейсы в этом балете технологий обеспечивают гармоничную организацию хранения и обмена медицинскими сведениями в стенах медицинских организаций. Все же, независимо от блистательной помощи компьютеров в обработке данных, истинная ценность и непревзойденное мастерство интерпретации изображений остаются за человеческим умом. Sciberia Viewer одаривает медицинских специалистов способностью вглядываться и осуществлять начальную оценку медицинских изображений в целях диагностики.

Недостатки: важность и необходимость качественных исходных данных бесспорны, как и существующие потенциальные трудности в толковании результатов анализа и этические дилеммы, связанные с неприкосновенностью персональных данных пациентов.

2. Комплексная диагностика

4.2.1. «Третье мнение»

Платформа «Третье мнение» интегрирует передовые алгоритмы искусственного интеллекта, предназначенные для автоматизированной обработки разнообразных медицинских изображений и видеопотоков, таких как МРТ, КТ, рентгенографические изображения, маммограммы, цифровые мазки крови и костного мозга, а также изображения глазного дна и челюстной системы. Это позволяет проводить всеобъемлющую диагностику различных заболеваний. В настоящее время платформа внедрена в 20 медицинских учреждениях, расположенных в 10 регионах России. Среди них можно выделить Клиническую больницу в Отрадном ГК «Медси», где система используется для оперативного мониторинга качества ухода за пациентами, и Республиканскую клиническую больницу Республики Татарстан, где внедрен интеллектуальный сервис видеомониторинга безопасности пациентов.

Достоинства:

- интегративная методология диагностики, основанная на применении алгоритмов искусственного интеллекта для анализа различных медицинских изображений и видеопотоков;

- повышение качества медицинского обслуживания и усиление мер безопасности в лечебных учреждениях посредством оперативного мониторинга и интеллектуального видеонаблюдения.

Недостатки: эффективность алгоритмов ИИ действительно сильно зависит от качества и полноты входных данных. Точные и полные данные позволяют алгоритмам более адекватно и правильно анализировать информацию, что повышает точность прогнозов и решений. Возможные трудности с интерпретацией результатов анализа также требуют дополнительного обучения специалистов. Это связано с тем, что ИИ может выдавать сложные для понимания результаты, которые необходимо правильно интерпретировать для принятия правильных решений. Этические и правовые вопросы, связанные с конфиденциальностью данных пациентов и ответственностью за диагностические решения, принятые с использованием ИИ, также являются важными аспектами. Неправильное использование данных или ошибки в диагностике могут привести к серьезным последствиям. Наконец, необходимость инвестиций для внедрения и поддержки системы в медицинских учреждениях является еще одним значимым аспектом. Внедрение ИИ-технологий требует значительных финансовых вложений на этапе установки и дальнейшего поддержания системы в рабочем состоянии.

4.3. Помощь врачам и медицинским учреждениям

4.3.1. SberMedAI

Платформа SberMedAI ориентирована на применение искусственного интеллекта в медицине с целью улучшения диагностики, лечения и мониторинга состояния здоровья пациентов. Она используется для анализа различных медицинских изображений, включая рентгенографические снимки, КТ и МРТ. Высокая точность диагностики обеспечивается благодаря использованию алгоритмов машинного обучения, которые анализируют медицинские данные. Кроме того, SberMedAI поддерживает интеграцию с существующими электронными медицинскими картами и системами управления медицинскими учреждениями, что делает её мощным инструментом для медицинских специалистов.

Достоинства: искусственный интеллект значительно повышает скорость и точность анализа данных, что позволяет медицинским специалистам точнее диагностировать заболевания и выбирать наилучшие методы лечения. Это приводит к улучшению качества медицинских услуг, одновременно снижая нагрузку на медицинский персонал благодаря автоматизации рутинных задач. Кроме того, ИИ обеспечивает возможность бесшовной интеграции с уже существующими медицинскими системами, что упрощает его внедрение в медицинскую практику.

Недостатки соответствуют таковым в сходных существующих сервисах: объем и достоверность входных данных, навыки специалистов, финансовое сопровождение, вопросы конфиденциальности и этики.

4.4. Поддержка решений в медицине

4.4.1. Care Mentor AI

Care Mentor AI представляет собой передовую систему искусственного интеллекта, созданную для анализа и интерпретации данных лучевой диагностики, включая рентген, КТ, МРТ и маммографию. Эта технология направлена на повышение эффективности выявления различных патологий на исходном этапе, ключевое значение которого лежит в обеспечении оперативности начала терапевтических мероприятий. Система оснащена функционалом для идентификации наличия или отсутствия патологических процессов, определения их локализации и характера, а также предоставления детального описания проведенного исследования. В радиологии она демонстрирует повышенную точность и ускорение диагностических процедур. В настоящее время система находит применение в клинической практике городской клинической больницы №4 Ивановской области и активно функционирует в рамках ЕРИС ЕМИАС г. Москвы.

В рамках проектов «РГ Скрининг Ментор» и «КТ Covid Ментор» система демонстрирует следующие преимущества: раннее обнаружение патологий, способствующее своевременному лечению; улучшение диагностической точности и скорости; возможность количественной оценки и определения степени поражения легких у пациентов с COVID-19; эффективная визуализация патологических находок на снимках КТ легких.

Тем не менее, результаты нашего исследования не выявили наличия отрицательных отзывов на систему Care Mentor AI, что может указывать на недостаточность публично доступной информации или же на тенденцию освещения преимущественно положительных аспектов этого программного решения.

4.4.2. Rosmed.info

ROSMED.INFO представляет собой передовую цифровую информационную систему профессионального уровня, разработанную с целью агрегации, хранения и анализа данных, относящихся к мониторингу здоровья пациентов. Данная платформа PSP обеспечивает инновационное пространство для общения медицинских специалистов и их пациентов, а также представителей организаций здравоохранения разного профиля. Ее ключевое предназначение заключается в оптимизации терапевтических процедур, сокращении временных затрат на подтверждение диагнозов и повышении качества взаимодействия между лечащими врачами и пациентами, а также между учреждениями государственной и частной медицины.

Основные преимущества включают в себя улучшение коммуникации между врачами и пациентами за счет возможности прямого общения, мультидисциплинарного подхода к ведению пациента и доступа к медицинской карте и аналитическим данным в режиме реального времени; повышения эффективности лечебных процессов и минимизация времени, требуемого для верификации и постановки диагноза; предоставление актуальной информации о потребности в медикаментах, их безопасности и эффективности, включая доступ к модулям для выполнения аналитических и статистических операций, составления отчетов.

Тем не менее, потенциальные недостатки могут охватывать вопросы, связанные с конфиденциальностью и защитой данных, зависимость от стабильности Интернет-соединения для обеспечения доступа к информации в режиме онлайн и необходимость проведения обучения пользователей для полноценного освоения функционала системы.

4.5. Управление рисками и прогнозная аналитика

4.5.1. Webiomed

Webiomed предоставляет экосистему, основанную на принципах прогнозной аналитики и управления рисками в сфере здравоохранения, являясь пионером среди систем искусственного интеллекта в России с легализацией через Росздравнадзор как программное медицинское устройство. Эта платформа разрабатывалась с целью непрерывного мониторинга и прогнозирования здоровья пациентов, заложив фундамент для предотвращения патологий. Применяемая в медицинских учреждениях для анализа клинических данных пациентов, оценки параметров, не относящихся к непосредственным медицинским показателям, и создания интегрированного профиля здоровья, платформа нашла свое применение в таких локациях, как Ямало-Ненецкий автономный округ и в проектах, реализованных в партнерстве с Ассоциацией медицинских генетиков и компанией «Такеда Фармасьютикалс».

Достоинства:

- повышение точности и ускорение процесса диагностики через совокупный анализ клинических и неклинических данных;
- содействие предотвращению болезней и амелиорация качества предоставляемых медицинских услуг посредством антиципации здоровья пациентов и управления потенциальными рисками;
- эффективность применения методик машинного обучения для оценки объемных данных.

Однако существует серия потенциальных ограничений, схожих с другими ИИ системами, включая зависимость от объема и качества исходных данных, вызовы, связанные с трактовкой результатов аналитики, и этические дилеммы относительно конфиденциальности информации пациентов.

Внедрение передовых ИИ платформ и аналитических инструментов кардинально модифицирует подходы к превентивной медицине, диагностике и лечению. Их использование способствует повышению точности и скорости медицинских решений, совершенствованию стандартов обслуживания и акселерации процесса разработки медикаментов. Интеграция таких технологий в систему здравоохранения предвещает прорыв в области персонализированной медицины и улучшении взаимодействия между пациентами и медицинскими работниками, внося вклад в улучшение общественного здоровья.

Примером успешной реализации ИИ в медицине является система, разработанная резидентом «Сколково» – компанией «К-Скай». Она представляет собой платформу прогнозной аналитики и управления рисками, которая была зарегистрирована как медицинское изделие в 2020 году. Платформа способна анализировать большие объемы данных о пациенте, включая медицинские и социальные параметры, что позволяет предсказывать развитие заболеваний и динамику ухудшения состояния здоровья.

Сравнительная характеристика ИИ-сервисов для практического здравоохранения

Исходя из анализа представленной информации, становится очевидным, что внедрение инновационных технологий, в том числе искусственного интеллекта, оказывает значительное влияние на эволюцию медицинских наук. Динамический прогресс в области научных исследований, глубокое осмысление принципов физики и их аппликация открывают путь к разработке передовых диагностических и терапевтических методик. Открытия биомедицины предоставляют возможность создания прогрессивных имплантатов и устройств для замещения функций органов, пострадавших от патологических процессов. Однако для глубинного осознания механизмов заболеваний и их профилактики необходимо дальнейшее развитие инновационных технологий.

Апеллирование к искусственному интеллекту в контексте медицины конспективно ведет к расширению доступа к качественным медицинским услугам, адаптируется к изменяющимся потребностям обслуживания пациентов и оптимизирует медицинские процедуры и взаимодействие с пациентами [2].

Таблица 1 - Сравнительная характеристика ИИ-сервисов для практического здравоохранения

DOI: <https://doi.org/10.60797/BMED.2024.2.4.1>

	Сервисы	Характеристика	Преимущества	Назначение
Обработка изображений (рентген, КТ, МРТ)	SberMedAI, Celsus	Анализ рентгеновских снимков, компьютерных томографий (КТ) и магнитно-резонансных томографий (МРТ)	Высокая точность диагностики, сокращение времени на анализ данных, снижение рисков пропуска патологии, автоматизация процесса диагностики	SberMedAI использует алгоритмы машинного обучения для анализа рентгеновских снимков, КТ и МРТ, интегрируется с электронными медицинскими картами и системами управления медицинскими учреждениями. Celsus выявляет патологические очаги в рентгенографии и КТ, помогает радиологам быстрее находить отклонения от нормы, прошла клинические испытания и получила регистрационное удостоверение Минздрава РФ
Ультразвуковые эхограммы	Care Mentor AI	Анализ ультразвуковых изображений для диагностики и мониторинга состояния здоровья пациентов	Повышение точности и скорости диагностики, помощь в выявлении различных патологий органов и систем органов	Care Mentor AI - платформа для анализа ультразвуковых данных, помогающая врачам в верификации и постановке диагноза и мониторинге состояния пациентов
Инверсные рентгеновские изображения	Третье мнение	Автоматическая обработка широкого спектра медицинских изображений и видеопотоков, включая рентгеновские снимки	Сокращение времени на постановку диагноза, улучшение точности и эффективности диагностики, оперативный мониторинг качества ухода за пациентами	Третье мнение использует ИИ-алгоритмы для анализа МРТ, КТ, рентгеновских снимков, маммограмм, цифровых мазков крови и костного мозга, снимков глазного дна и зубочелюстной системы
Увеличенные изображения крови	Botkin.ai	Анализ микроскопических изображений крови для диагностики различных заболеваний	Быстрая и точная диагностика, автоматическое выявление патологий, помощь в верификации и постановке диагноза	Фокусируется на анализе микроскопических изображений, помогает в выявлении заболеваний на основе цифровых мазков крови

Микробиологические посевы	CHEST-IRA	Анализ микробиологических данных для диагностики заболеваний инфекционной этиологии	Быстрая идентификация возбудителя, помощь в подборе антибиотиков, улучшение качества лечения	Применяет ИИ для анализа микробиологических данных, помогает в идентификации патогенов и подборе подходящей терапии
Патоморфология	Третье мнение, SberMedAI	Анализ патоморфологических данных, включая гистологические и цитологические изображения	Точная диагностика, оптимизация рутинных задач, улучшение качества оказания медицинской помощи	Третье мнение обрабатывает широкий спектр медицинских изображений, включая гистологические и цитологические снимки. SberMedAI поддерживает анализ патоморфологических данных, улучшая диагностику и тактику лечения пациентов

Внедрение и эксплуатация систем искусственного интеллекта содействует установлению плодотворного взаимодействия между научными и медицинскими специалистами по всему миру, открывая перед ними простор для коллективных исследовательских проектов, обмена знаниями и создания ведущих решений. Системы ИИ упрощают процесс работы с данными, а с участием исследователей из различных уголков мира, во много раз ускоряют распространение данных и знаний. Использование ИИ стимулирует проведение совместных исследований между научными коллективами из различных стран, что делает процесс научного партнерства более продуктивным. Совместная работа дает возможность международным командам разрабатывать новаторские решения, особенно ценные в сфере медицины, способствует созданию эффективных образовательных программ и инструментов для обмена профессиональным опытом между исследователями и медиками из разных стран. Сотрудничество с зарубежными научными и медицинскими организациями помогает разрабатывать общие подходы к улучшению здравоохранения и профилактике заболеваний на международном уровне.

Ограничения и риски, связанные с применением ИИ в медицине

Использование искусственного интеллекта в медицине сталкивается с рядом сложностей: устаревшие данные, низкое качество изображений, предвзятость и ограниченное обобщение данных, сложность интерпретации решений, зависимость медперсонала от работы технологий, проблемы интеграции в клинические процессы, а также правовые и этические вопросы. Эти проблемы могут снижать точность и надежность ИИ в медицине, замедлять рабочие процессы и вызывать сомнения в принятии медицинских решений. Для улучшения ситуации требуются дополнительные исследования и разработки.

Проникновение искусственного интеллекта в область медицины является предметом глубоких и многогранных исследований, где фундаментальным вызовом становится принципиальное различие в подходах к пониманию ИИ. Современное медицинское его применение скорее всего напоминает продвинутые информационные системы, которые работают на основе механизмов, схожих с алгоритмами машинного зрения и распознавания образов. В отличие от глубинного аналитического мышления, задействованного в процессах человеческого разума, эти системы ограничены функцией сопоставления новой информации с уже существующей базой данных для формирования достоверных выводов.

Примером выступает ситуация с медицинским ИИ под названием Watson от компании IBM, который был подвергнут критике за допущение ошибок в медицинской практике. Согласно внутренним документам компании, Watson иногда предлагал онкологическим пациентам методы лечения, которые были признаны опасными и неэффективными. В реакции на утечку информации IBM заявила, что подобные инциденты следует рассматривать как часть обучающего процесса системы. Этот случай подчёркивает необходимость глубокого анализа потенциальных рисков и последствий внедрения ИИ в медицину, а также важность строгого контроля за обучением и функционированием этих систем [14].

Прогрессивные примеры интеграции ИИ в медицинскую сферу выявляют многообещающие результаты и возможности. Система Webiomed, разработанная компанией «К-Скай» и являющаяся резидентом инновационного центра «Сколково», представляет собой впечатляющий позитивный пример внедрения ИИ в медицину. Это платформа для прогностического анализа и администрирования рисками, зарегистрирована как медицинское изделие в 2020 году. Её основная функция – анализ массивов персонифицированных сведений пациентов, включая медицинские и социальные сведения, что способствует вероятности прогнозировать риски развития патологий.

Кроме того, стратегическое сотрудничество Сеченовского университета и компании Яндекс открыло новые горизонты в применении ИИ и облачных технологий в исследованиях и создании новых методов лечения. Это сотрудничество охватывает не только разработку технологий, но и поддержку образовательных программ для подготовки специалистов в области IT для медицины. Пример проведения операции с использованием робота da Vinci Xi в урологической клинике Фронштейна в кратчайшие сроки, а также успешного проведения робот-ассистированной операции на грудном отделе позвоночника в Национальном медико-хирургическом центре им. Н.И. Пирогова демонстрируют потенциал роботизированной хирургии и внедрение передовых технологий в практику лечения [15], [16], [17].

Заключение

Во времена глубоких преобразований в области медицинских знаний и практики, Российская Федерация активно внедряет принципы и методологии ИИ в фундаментальные и клинические направления медицинской науки. Технологии ИИ находят широкое и эффективное применение в диагностике, интерпретации медицинских изображений, прогнозировании исходов заболеваний и оптимизации оперативных процессов в здравоохранении. Примеры включают использование ИИ для анализа рентгеновских и магнитно-резонансных томографий, а также разработку методик лечения на основе геномной диагностики.

Эффективная интеграция ИИ в медицинскую практику требует специализированного образования для врачей и информационных технологий, включающего основы ИИ и машинного обучения, методы анализа больших данных и принципы этики. Академические учреждения и цифровые образовательные платформы предлагают разнообразные курсы, программы обучения и семинары, направленные на освоение этих компетенций. Критически важным для специалистов является непрерывное саморазвитие через изучение актуальных научных трудов и участие в специфических исследовательских проектах.

Невзирая на раннюю стадию имплементации ИИ в медицинской сфере, ряд интегрированных в медицинскую практику применений уже демонстрирует существенное улучшение точности диагностических выводов, уменьшение рабочей нагрузки на специалистов клинического и профилактического профилей и оптимизацию внутренних процессов. Примечательными тому являются системы анализа медицинских изображений Botkin.AI, автоматизации

процессов обработки медицинских документов сервисом RoboDoc, а также платформа прогнозирования заболеваний Celsus.AI.

Однако в контингенте проектов, посвященных приложениям ИИ в медицинских дисциплинах, определяется неизбежность встречных случаев, где итоговые результаты не координируются с предварительно поставленными объективами, местами наблюдаясь завышенные ожидания. Для нивелирования подобных диспропорций и последующего прогресса в интеграции ИИ в медицинские науки акцентируется важность совершенствования технических протоколов, разработки специализированных образовательных инициатив, финансовой поддержки инновационных начинаний. Международная коллаборация выступает как бесценный катализатор в этом динамичном процессе, открывая порталы для взаимообогащения путем обмена передовыми научными открытиями и инновационными технологическими разработками. Это, в свою очередь, способствует более светлому и продуктивному пути к интеграции новаторских решений в чрезвычайно важной области медицинской науки. За счет сотрудничества на международном уровне, можно достичь разработки универсальных, глобализированных баз данных и интеллектуальных платформ для безграничного обмена ключевой медицинской информацией. Это становится краеугольным камнем для роста более точных, индивидуализированных методов для диагностики и терапии [18].

Интеграция ИИ в медицину не только совершенствует качество предоставляемых медицинских услуг, но и открывает широкие поля для реализации амбициозных научных проектов. Развертывание ИИ в исследовательских начинаниях предоставляет возможность анализировать обширные объемы данных, обнаруживать скрытые зависимости и тенденции, что залог успеха в разработке инновационных методик лечения и стратегий профилактики заболеваний.

Следовательно, развитие инфраструктуры для эффективной обработки медицинских данных, а также укрепление нормативно-правовой и этической базы становятся критически важными условиями для успешного освоения ИИ в клинической медицине. Международное взаимодействие в данной сфере несомненно ускоряет процесс адаптации современных технологий, что неизбежно приводит к значительному прогрессу в качестве медицинских услуг и научных исследований. Однако полноценная реализация потенциала возможна исключительно через всеохватывающий подход, предусматривающий вдохновленное стремление специалистов к инновациям, дальновидное конструирование методик и создание гармоничной, поддерживающей друг друга инфраструктуры.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ненашева А.Е. Взгляд на будущее искусственного интеллекта в здравоохранении / А.Е. Ненашева // Вопросы науки и образования. — 2019. — 3 (72). — с. 66-72.
2. Алексеева М.Г. Искусственный интеллект в медицине / М.Г. Алексеева, А.И. Зубов, М.Ю. Новиков // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — 7 (121). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.038.
3. Куракова Н.Г. Технологии искусственного интеллекта в медицине и здравоохранении: позиции России на глобальном патентном и публикационном ландшафте / Н.Г. Куракова, Л.А. Цветкова, О.В. Черченко // Менеджер здравоохранения. — 2020. — 2. — DOI: 10.37690/1811-0193-2020-2-81-100.
4. Гусев А.В. Развитие исследований и разработок в сфере технологий искусственного интеллекта для здравоохранения в Российской Федерации: итоги 2021 года / А.В. Гусев, А.В. Владзимирский, Н.А. Голубев [и др.] // Национальное здравоохранение. — 2021. — 2(3). — с. 5-17. — DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.3.5-17.
5. Петров Д.П. Как искусственный интеллект меняет будущее медицины / Д.П. Петров // Форбс. — 2023 — URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/488597-kak-iskusstvennyj-intellekt-menaet-budusee-mediciny?ysclid=lwow7y7x10341392440> (дата обращения: 28.05.2024)
6. Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 8. Руководящие указания по применению ГОСТ ISO 13485-2017 — Введ. 2023-01-01. — Москва: РСТ, 2023.— 42 с.
7. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 // Президент России. — 2019 — URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 09.03.2024)
8. Комитет по стандартизации «Искусственный интеллект» на базе Центра диагностики и телемедицины Департамента здравоохранения города Москвы // Центр диагностики и телемедицины. — 2019 — URL: <https://telemedai.ru/nauka/nauchnaya-infrastruktura/iskusstvennyj-intellekt-v-zdravoohranenii> (дата обращения: 11.03.2024)
9. Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 8. Руководящие указания по применению ГОСТ ISO 13485-2017 — Введ. 2023-01-01. — Москва: РСТ, 2023.— 42 с.
10. Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Алгоритмы анализа данных в клинической физиологии. Методы испытаний. Общие требования — Введ. 2023-01-01. — Москва: РСТ, 2023.— 32 с.
11. Потекаев Н.Н. Искусственный интеллект в медицине. Общие положения. Философские аспекты / Н.Н. Потекаев, Н.В. Фриго, О.В. Доля [и др.] // Клиническая дерматология и венерология. — 2022. — 6. — DOI: 10.17116/klinderma202221061749.

12. Обзор Российских систем искусственного интеллекта для здравоохранения // Webiomed. — 2023 — URL: <https://webimed.ai/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-iskusstvennogo-intellekta-dlia-zdravookhraneniia/> (дата обращения: 09.03.2024)
13. Ожидание vs. Реальность. Кейсы внедрения ИИ в отечественном здравоохранении, Intelligent Analytics // Искусственный интеллект в Российской Федерации. — 2023 — URL: https://ai.gov.ru/knowledgebase/vnedrenie-ii/2023_oghidanie_vs_realynosty_keysy_vnedreniya_ii_v_otechestvennom_zdravoohranenii_intelligent_analytics/?ysclid=lwow9jvunk630032161 (дата обращения: 15.07.2024)
14. Врачебные ошибки искусственного интеллекта. — URL: <https://www.vshouz.ru/news/analitika/wcs-113/?ysclid=m0cdivmgbbn980347354> (дата обращения: 15.07.2024)
15. Сеченовский Университет и Яндекс будут вместе развивать ИИ для медицины и фармацевтики. — URL: <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/sechenovskiy-universitet-i-yandeks-budut-vmeste-razvivat-ii-dlya-meditsiny-i-farmatsevtiki/> (дата обращения: 15.07.2024)
16. Da Vinci Xi в первом МГМУ им. И.М. Сеченова: преимущества новой системы. — URL: <https://robot-davinci.ru/novosti/v-pervom-mgmu-im-i-m-sechenova-rouavilsya-robot-da-vinci-xi/> (дата обращения: 15.07.2024)
17. В России впервые выполнена операция на позвоночнике с использованием робота. — URL: <https://d-russia.ru/v-rossii-vpervye-vypolnena-operatsiya-na-pozvonochnike-s-ispolzovaniem-robota.html> (дата обращения: 15.07.2024)
18. ИИ и международное сотрудничество: новые направления для российского научного сообщества // Центр глобальной IT-кооперации. — 2022 — URL: <https://cgitc.ru/news/ii-i-mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo-novye-napravleniya-dlya-rossiyskogo-nauchnogo-soobshchestva/?ysclid=lwowbua5v1870220373> (дата обращения: 28.05.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Nenasheva A.E. Vzglyad na budushee iskusstvennogo intellekta v zdavoohranenii [Look at the future of artificial intelligence in healthcare] / A.E. Nenasheva // Issues of science and education. — 2019. — 3 (72). — p. 66-72. [in Russian]
2. Alekseeva M.G. Iskusstvennyj intellekt v meditsine [Artificial intelligence in medicine] / M.G. Alekseeva, A.I. Zubov, M.Ju. Novikov // International Research Journal. — 2022. — 7 (121). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.121.7.038. [in Russian]
3. Kurakova N.G. Tehnologii iskusstvennogo intellekta v meditsine i zdavoohranenii: pozitsii Rossii na global'nom patentnom i publikatsionnom landshafte [Artificial intelligence technologies in medicine and healthcare: Russia's position on the global patent and publication landscape] / N.G. Kurakova, L.A. Tsvetkova, O.V. Cherchenko // Healthcare manager. — 2020. — 2. — DOI: 10.37690/1811-0193-2020-2-81-100. [in Russian]
4. Gusev A.V. Razvitie issledovaniy i razrabotok v sfere tehnologij iskusstvennogo intellekta dlja zdavoohraneniya v Rossijskoj Federatsii: itogi 2021 goda [Development of research and development in the field of artificial intelligence technologies for healthcare in the Russian Federation: 2021 results] / A.V. Gusev, A.V. Vladzimirskij, N.A. Golubev [et al.] // National Health Care. — 2021. — 2(3). — p. 5-17. — DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.3.5-17. [in Russian]
5. Petrov D.P. Kak iskusstvennyj intellekt menjaet budushee meditsiny [How artificial intelligence is changing the future of medicine] / D.P. Petrov // Forbes. — 2023 — URL: <https://www.forbes.ru/mneniya/488597-kak-iskusstvennyj-intellekt-menaet-budusee-mediciny?ysclid=lwow7y7x10341392440> (accessed: 28.05.2024) [in Russian]
6. Sistemy iskusstvennogo intellekta v klinicheskoy meditsine. Chast' 8. Rukovodjaschie ukazaniya po primeneniju GOST ISO 13485-2017 [Artificial intelligence systems in clinical medicine. Part 8. Guidelines for the application of GOST ISO 13485-2017] — Introduced 2023-01-01. — Moskva: RST, 2023.— 42 p. [in Russian]
7. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federatsii ot 10.10.2019 g. № 490 [Decree of the President of the Russian Federation dated October 10, 2019 No. 490] // President of Russia. — 2019 — URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/44731> (accessed: 09.03.2024) [in Russian]
8. Komitet po standartizatsii «Iskusstvennyj intellekt» na baze Tsentra diagnostiki i telemeditsiny Departamenta zdavoohraneniya goroda Moskvy [Standardization Committee “Artificial Intelligence” based on the Center for Diagnostics and Telemedicine of the Moscow Department of Health] // Center for Diagnostics and Telemedicine. — 2019 — URL: <https://teledai.ru/nauka/nauchnaya-infrastruktura/iskusstvennyj-intellekt-v-zdravoohranenii> (accessed: 11.03.2024) [in Russian]
9. Sistemy iskusstvennogo intellekta v klinicheskoy meditsine. Chast' 8. Rukovodjaschie ukazaniya po primeneniju GOST ISO 13485-2017 [Artificial intelligence systems in clinical medicine. Part 8. Guidelines for the application of GOST ISO 13485-2017] — Introduced 2023-01-01. — Moskva: RST, 2023.— 42 p. [in Russian]
10. Sistemy iskusstvennogo intellekta v klinicheskoy meditsine. Algoritmy analiza dannyh v klinicheskoy fiziologii. Metody ispytaniy. Obschie trebovaniya [Artificial intelligence systems in clinical medicine. Algorithms for data analysis in clinical physiology. Testing methods. General requirements] — Introduced 2023-01-01. — Moskva: RST, 2023.— 32 p. [in Russian]
11. Potekaev N.N. Iskusstvennyj intellekt v meditsine. Obschie polozheniya. Filosofskie aspekty [Artificial intelligence in medicine. General provisions. Philosophical aspects] / N.N. Potekaev, N.V. Frigo, O.V. Dolja [et al.] // Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology. — 2022. — 6. — DOI: 10.17116/klinderma202221061749. [in Russian]
12. Obzor Rossijskikh sistem iskusstvennogo intellekta dlja zdavoohraneniya [Review of Russian artificial intelligence systems for healthcare] // Webiomed. — 2023 — URL: <https://webimed.ai/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-iskusstvennogo-intellekta-dlia-zdravookhraneniia/> (accessed: 09.03.2024) [in Russian]
13. Ozhidanie vs. Real'nost'. Kejsy vnedreniya II v otechestvennom zdavoohranenii, Intelligent Analytics [Waiting vs. Reality. Cases of AI implementation in domestic healthcare, Intelligent Analytics] // Artificial intelligence in the Russian Federation. — 2023 — URL:

https://ai.gov.ru/knowledgebase/vnedrenie-ii/2023_oghidanie_vs_realnosty_keysy_vnedreniya_ii_v_otechestvennom_zdravo_ohranenii_intelligent_analytics/?ysclid=lwow9juvnk630032161 (accessed: 15.07.2024) [in Russian]

14. Vrachebnye oshibki iskusstvennogo intellekta [Medical errors of artificial intelligence]. — URL: <https://www.vshouz.ru/news/analitika/wcs-113/?ysclid=m0cdvmgbbn980347354> (accessedd: 15.07.2024) [in Russian]

15. Sechenovskij Universitet i Jandeks budut vmeste razvivat' II dlja mediciny i farmacevtiki [Sechenov University and Yandex will jointly develop AI for medicine and pharmaceuticals]. — URL: <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/sechenovskiy-universitet-i-yandeks-budut-vmeste-razvivat-ii-dlya-meditsiny-i-farmatsevtiki/> (accessedd: 15.07.2024) [in Russian]

16. Da Vinci Xi v pervom MGMU im. I.M. Sechenova: preimushhestva novej sistemy [Da Vinci Xi in the first Sechenov Moscow State Medical University: advantages of the new system]. — URL: <https://robot-davinci.ru/novosti/v-pervom-mgmu-im-i-m-sechenova-poyavilsya-robot-da-vinci-xi/> (accessedd: 15.07.2024) [in Russian]

17. V Rossii vpervye vypolnena operacija na pozvonochnike s ispol'zovaniem robota [For the first time in Russia, spinal surgery was performed using a robot]. — URL: <https://d-russia.ru/v-rossii-vpervye-vypolnena-operatsiya-na-pozvonochnike-s-ispolzovaniem-robota.html> (accessedd: 15.07.2024) [in Russian]

18. II i mezhdunarodnoe sotrudnichestvo: novye napravlenija dlja rossijskogo nauchnogo soobshchestva [II and international cooperation: new directions for the Russian scientific community] // Center for Global IT Cooperation. — 2022 — URL: <https://cgitc.ru/news/ii-i-mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo-novye-napravleniya-dlya-rossijskogo-nauchnogo-soobshchestva/?ysclid=lwowbua5v1870220373> (accessed: 28.05.2024) [in Russian]