

Дормидошина Дарья Андреевна,  
Технический директор, АО «ЦКБ «Дейтон»  
Dormidoshina Daria A., Technical Director  
JSC «CDO «Deyton»

**ЭВОЛЮЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:  
ОТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДО КЛИНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
THE EVOLUTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE:  
FROM COMPUTATIONAL MODELS TO CLINICAL DECISIONS**

**Аннотация.** Статья посвящена эволюции и современному состоянию искусственного интеллекта в медицине, с акцентом на его практическое применение. Рассматривается путь искусственного интеллекта от теоретической концепции до активного внедрения в клинические процессы, особенно в таких областях, как диагностика, хирургия и ортопедия. Подчеркивается потенциал технологии для повышения точности диагностики, оптимизации лечения и прогнозирования рисков. Одновременно анализируются ключевые вызовы, включая зависимость алгоритмов от качества данных, этические дилеммы и вопросы правового регулирования. Делается вывод о необходимости сбалансированного подхода к интеграции ИИ, сочетающего технологические инновации с обеспечением безопасности, конфиденциальности и доверия. В конечном итоге, искусственный интеллект рассматривается как мощный вспомогательный инструмент, способный преобразовать медицинскую практику при условии ответственного внедрения.

**Abstract.** This article examines the evolution and current state of artificial intelligence in medicine, focusing on its practical applications. It examines the path of artificial intelligence from a theoretical concept to its active implementation in clinical processes, particularly in areas such as diagnostics, surgery and orthopedics. It highlights the technology's potential for improving diagnostic accuracy, optimizing treatment, and predicting risks. Key challenges are also analyzed, including the dependence of algorithms on data quality, ethical dilemmas, and regulatory issues. It concludes by emphasizing the need for a balanced approach to AI integration, combining technological innovation with security, privacy, and trust. Ultimately, artificial intelligence is viewed as a powerful tool capable of transforming medical practice if implemented responsibly.

**Ключевые слова:** Искусственный интеллект, медицина, диагностика, хирургия.

**Keywords:** Artificial intelligence, medicine, diagnostics, surgery.

**Введение**

Искусственный интеллект (ИИ) – это термин, применяемый к машине или программному обеспечению и обозначающий его способность имитировать интеллектуальное поведение человека, мгновенные вычисления, решение проблем и оценку новых данных на основе ранее оцененных данных. ИИ оказывает значительное влияние на многие отрасли и сферы, включая сельское хозяйство, производство, беспилотные автомобили, моду, спортивную аналитику и мероприятия, здравоохранение и медицинскую систему. Эта технология способна повлиять на будущее отрасли и человечества, но в то же время она является палкой о двух концах.

ИИ, зародившись в середине прошлого века, долгое время оставался теоретической концепцией, не находившей широкого практического применения в медицине из-за технических ограничений. Прорыв, произошедший с развитием глубокого обучения, открыл новые горизонты, позволив системам анализировать сложные алгоритмы и самостоятельно совершенствоваться [1]. Это знаменует наступление новой вехи в здравоохранении, когда ИИ постепенно интегрируется в клиническую практику, предлагая инструменты для оценки рисков, диагностики и оптимизации рабочих процессов. Применение ИИ в здравоохранении меняет медицинскую сферу, включая



визуализацию и электронные медицинские карты, лабораторную диагностику, лечение, разработку новых лекарств, профилактическую и прецизионную медицину, обширный анализ биологических данных, ускорение процессов, хранение и доступ к данным для медицинских организаций. В рамках работы 70-ой генеральной ассамблеи Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association, WMA, BMA) в 2019 году была принята декларация «WMA statement on augmented intelligence in medical care», предлагающая использование решений на базе ИИ в качестве помощи человеку (дополненного/расширенного/усиленного интеллекта, augmented intelligence), не исключая врача из процесса принятия решения и оставляя за ним решающее мнение [2].

Одной из наиболее перспективных областей применения ИИ становится ортопедия и травматология, где технология способна компенсировать недостатки классических подходов за счёт интеллектуального анализа данных. Основная надежда возлагается на способность машинного обучения помогать врачам в принятии быстрых и обоснованных решений, например, в диагностике переломов, выявлении опухолей или планировании хирургических вмешательств. Кроме того, большие языковые модели открывают возможности для улучшения коммуникации с пациентами и организации круглосуточного образовательного сопровождения. Сбор и анализ больших данных позволяют не только оптимизировать лечение, но и прогнозировать риски травматизма, что крайне важно для профилактической медицины.

Однако эта область науки сталкивается с различными этическими и правовыми проблемами. Несмотря на огромные успехи, достигнутые в области ИИ в обществе, и его роль в улучшении процесса лечения, многие страны (регионы) с низким уровнем дохода и только развивающиеся страны до сих пор не имеют доступа к новейшим технологиям. Следует отметить, что этические дилеммы, вопросы конфиденциальности и защита данных, информированное согласие, социальные различия, медицинские консультации, эмпатия и сочувствие – это различные проблемы, с которыми мы сталкиваемся при использовании ИИ.

Интеграция ИИ в медицину представляет собой сложный, но неизбежный процесс, способный кардинально изменить подходы к диагностике, лечению и профилактике заболеваний. Успех этого внедрения будет зависеть от сбалансированного сочетания технологических инноваций, обеспечения качества данных и решения этико-правовых вопросов.

### **Цифровая революция в медицине: роль искусственного интеллекта**

ИИ был впервые описан в 1950 году [3], однако, ряд ограничений в ранних моделях препятствовали широкому принятию и применению его в медицине. В начале 2000-х годов многие из этих ограничений были преодолены с появлением глубокого обучения. Теперь, когда системы ИИ способны анализировать сложные алгоритмы и самообучаться, мы вступаем в новую эру в медицине, где ИИ может применяться в клинической практике посредством моделей оценки рисков, повышая точность диагностики и эффективность рабочих процессов. В последние годы ИИ стал предметом оживленных дискуссий в сфере медицины, активно освещаемым в новостях и обсуждаемым в сообществах. Информационная подача со стороны журналистов и влиятельных лиц подчеркивает не только потенциал ИИ, но и его способность уже сегодня улучшать некоторые показатели [4].

Всплеск мирового интереса к системам ИИ начался в первой половине – середине 2010-х гг [5]. За этим интересом последовало привлечение крупных инвестиций, что дало возможность разрабатывать конечные продукты и изучать вопросы практического использования таких систем. ИИ и машинное обучение привлекли повышенное внимание в медицине в надежде, что применение этих методов поможет врачам в принятии разумных и быстрых решений. ИИ может помочь в диагностике переломов и вывихов, очаговых поражений костей как у взрослых, так и у детей, в раннем выявлении опухолей, а также в роботизированной хирургии и других направлениях.



Недавно разработанная модель ИИ (Mask R-CNN – региональная сверточная нейронная сеть) показала свою надежность в определении пораженных зон при периимпантных инфекциях у пациентов после вмешательств на тазобедренном суставе, предлагая более удобную и быструю альтернативу традиционным методам [6]. Данная модель может помочь даже опытным врачам в предоперационной оценке, снижая риск неверного диагноза или осложнений. ИИ имеет ряд весьма интересных применений, например, в ортопедической хирургии:

- в диагностике и планировании операций – анализ и сегментация изображений, автоматизированная диагностика на основе изображений, создание персонализированных имплантатов;

- в роботизированной хирургии, где ИИ используется в навигации, важно отметить, что робот выступает в роли ассистента хирурга, а не полностью его заменяет;

- внедрение ИИ в реабилитационные протоколы после хирургических вмешательств нашло применение в использовании умных носимых устройств и мобильных приложений, а также в протоколах постепенного распределения нагрузки на конечности, подвергшиеся ортопедической хирургии.

ИИ может компенсировать недостатки традиционной медицины благодаря интеграции данных и интеллектуальному анализу. Например, технология распознавания изображений [7] может помочь в быстрой диагностике политравм, снижая частоту ошибок в диагностике. Интеллектуальные роботизированные руки с функциями адаптивного распознавания изображений и обратной связи по усилию уже сегодня являясь инновацией в хирургии, улучшают результаты оперативных вмешательств, снижая уровень осложнений и инвалидности. В то же время более интеллектуальное интегрированное протезирование с материнской костью конечностей позволяет повысить качество жизни пациентов после ампутации.

Большие языковые модели, основанные на обработке естественного языка, могут оптимизировать взаимодействие врача и пациента, создавая платформу вопросов и ответов для пациентов с травмами, которая позволит предоставлять круглосуточные образовательные услуги, повышая эффективность профилактики травматизма и медицинского просвещения. Что наиболее важно, благодаря сбору и анализу метаданных эти модели обеспечивают качество лечения тяжелых политравм, прогнозируя давность, локализацию и возможные сочетания повреждений.

Суть технологий ИИ заключается в его алгоритмах и методах обучения. В травматологии также крайне важно адаптировать эти алгоритмы и методы обучения к конкретным характеристикам данных о повреждениях для повышения точности и надёжности модели. Разработка специализированных моделей ИИ крайне важна в связи с уникальными особенностями и требованиями различных направлений хирургии повреждений. Например, в нейротравматологии модели ИИ могут оценивать тяжесть черепно-мозговой травмы и прогнозировать процесс восстановления. Развитие ИИ в ургентной травматологии дает значительное преимущество в рамках хирургического и реанимационного контроля повреждений (Damage Control Surgery (DCS), Damage Control Resuscitation (DCR)) [8].

Несмотря на некоторые достижения в области ИИ в хирургии, его применение в клинической практике пока весьма ограничено, а также широкое внедрение ИИ в ортопедическую хирургию сталкивается с проблемами, например, с безопасностью данных, алгоритмической предвзятостью и высокой стоимостью. Для обеспечения равного доступа к технологиям ИИ необходимо междисциплинарное сотрудничество. Также нельзя забывать об этических вопросах, таких как прозрачность принятия решений с помощью ИИ, конфиденциальность данных и потенциальная утрата человеческой интуиции. Кроме того, важно понять, как завоевать доверие со стороны медицинских работников и пациентов к использованию ИИ.

## **Ограничения искусственного интеллекта в клинической практике: данные, этика и безопасность**

Очевидно, что развитие ИИ также сопряжено с определенными трудностями и рисками. С точки зрения этических норм, когда системы ИИ допускают ошибки в диагностике или лечении, будет сложно однозначно определить ответственную сторону, что может привести к юридическим спорам. Система ИИ в медицине имеет существенные ограничения – ее эффективность напрямую зависит от актуальности данных, на которых она обучалась. Недостаточные и нерепрезентативные наборы данных могут привести к созданию моделей, выдающих ложную или клинически противоречивую информацию. Например, исследования показали, что модели ИИ часто демонстрируют низкий уровень достоверности и недостаточную валидацию в различных группах населения, что подчеркивает необходимость использования более крупных и репрезентативных наборов данных для повышения точности прогнозов [9]. Также внедрение ИИ через алгоритмы машинного обучения предполагает наличие достаточного количества единообразно закодированных качественных деперсонифицированных (обезличенных) медицинских данных для подготовки и проверки моделей. И, если доступ исследователей к достоверным данным ограничен, то решения на основе ИИ не способны учитывать особенности всех групп населения. Может возникнуть ситуация, когда обучающий алгоритм не в состоянии обработать информацию по уникальному пациенту и начинает создавать модель без его данных. Оптимизация параметров модели происходит для достижения целевого качества на основе преобладающих, стандартных случаев. Это означает, что если в данных, на которых обучается модель машинного обучения, недостаточно представлены «нетипичные» случаи (например, редкие заболевания, специфические демографические группы и т.д.), то модель будет работать хуже для этих групп [10]. Таким образом:

- возникает непреднамеренная дискриминация: модель, сама того не желая, оказывается дискриминирующей по отношению к «нетипичным» пациентам, так как не может учитывать их особенности;

- снижается качество результатов: модель работает менее точно и надежно для «нетипичных» пациентов. Прогнозы и рекомендации могут быть менее полезными или даже вредными;

- возможна выдача случайных результатов: в худшем случае, модель может выдавать абсолютно случайные и нерелевантные результаты для «нетипичных» пациентов, что может привести к неправильным диагнозам, неэффективному лечению и осложнениям.

Важно признать и учитывать эту проблему при разработке и использовании моделей машинного обучения, особенно в областях, таких как медицина, где решения могут оказывать серьезное влияние на жизни людей. Необходимо стремиться к созданию непростого сочетания инклюзивных и, вместе с тем, репрезентативных наборов данных для одинаково хорошей работы моделей на всех группах населения.

Качество и количество данных для обучения существенно влияют на производительность алгоритмов ИИ. Многие приложения ИИ по-прежнему сталкиваются с трудностями в достижении диагностической точности, сопоставимой с опытным врачом. Эта непоследовательность подчеркивает важность устранения дефицита данных, чтобы гарантировать улучшение принятия клинических решений с помощью систем ИИ. Признание этих ограничений имеет первостепенное значение для реалистичного понимания, как ИИ может быть интегрирован в клинические процессы, одновременно снижая риски, связанные с чрезмерной зависимостью от технологий. Технологии ИИ развиваются быстрыми темпами, однако, соответствующие этические нормы и законы от них отстают. Существует острая необходимость в совершенствовании нормативно-правовой базы для применения ИИ в медицине.





Касательно защиты конфиденциальности – данные для обучения охватывают значительный объем личной информации пациентов, включая данные медицинских карт, визуализации и генетического профиля. Поэтому недостаточные меры безопасности при сборе и хранении этих данных могут легко привести к их утечке. Анонимизация не может полностью уничтожить конфиденциальную информацию, так как имеется риск восстановления данных, что потенциально может нарушить конфиденциальность пациентов. Касательно интеграции данных, существуют различия в стандартах между медицинскими учреждениями, больничными информационными системами и платформами ИИ, что затрудняет их консолидацию и обмен. Источники данных разнообразны, включая клинические записи, результаты анализов и инструментальных исследований и т. д., при этом качество этой информации может различаться. Для технических архитектур и платформ необходимо решать вопросы подключения интерфейсов и взаимодействия данных между различными системами.

На текущем этапе развития ИИ в России ключевым сдерживающим фактором выступает дефицит высококачественных, единообразно организованных, обширных и охватывающих различные биологические параметры наборов данных, так необходимых для обучения нейросетей. Решением может стать создание архивов, привязанных к существующей сети исследовательских медицинских учреждений, которые будут располагать структурированными хранилищами анонимизированной информации о пациентах разного возраста, с различными заболеваниями и этнической принадлежности. Основой для этого должна служить анонимизация медицинских сведений, распределение хранения и смягчение правил использования в академических целях. Эти базы данных, содержащие сведения об обезличенных пациентах, подходят для проведения научных исследований и эффективного обучения систем ИИ в сфере здравоохранения.

### **Заключение**

ИИ в медицине перестал быть футуристической концепцией и стал осязаемой реальностью, особенно в таких динамичных областях, как различные направления хирургии (абдоминальная хирургия, нейрохирургия, травматология и ортопедия, урология, кардио- и ангиохирургия). От анализа медицинских изображений до поддержки сложных хирургических вмешательств технологии ИИ демонстрируют хороший потенциал для повышения точности, скорости и результативности клинических решений. Возможность интеграции метаданных и их интеллектуального анализа открывает путь к персонализированному лечению и созданию прогностических моделей, способных улучшать исходы лечения для пациентов.

Можно полагать, что путь к полной интеграции ИИ в рутинную клиническую практику сопряжен с необходимостью преодоления значительных барьеров. Зависимость алгоритмов от качества и репрезентативности обучающих данных остается на сегодня ключевым вызовом, так как неполные или смещенные наборы информации порождают неточные и даже опасные рекомендации или решения. Доверие медицинских работников и пациентов к системам ИИ не возникнет само по себе – оно должно быть заслужено через прозрачность, доказанную эффективность и безупречную безопасность работы алгоритмов.

Этические и правовые вопросы, связанные с использованием ИИ, требуют неотложного внимания со стороны научного сообщества, регулирующих органов и общества в целом. Проблемы ответственности за возможные ошибки, защиту чувствительных медицинских данных, сохранение роли человеческого опыта и интуиции в принятии решений должны стать центральными в дискуссии о будущем медицины. Технологический прогресс должен коррелировать с развитием правовых норм и этических стандартов.

В конечном итоге, ИИ следует рассматривать не как замену врачу, а как мощный инструмент, расширяющий его возможности. Его эффективность заключается в обработке огромных массивов информации и выявлении сложных закономерностей, неочевидных даже для



специалиста. Симбиоз клинического опыта и аналитических мощностей ИИ может привести к качественно новому уровню медицинской помощи, где решения будут более быстрыми, точными и ориентированными на конкретного пациента.

Таким образом, дальнейшее развитие ИИ в медицине – это сбалансированный путь, на котором технологические инновации должны подкрепляться надежными данными, строгим нормативным контролем и непрерывным диалогом между разработчиками и практикующими врачами. Только при таком комплексном подходе ИИ сможет реализовать свой преобразующий потенциал, сделав медицину более эффективной и доступной, при этом минимизируя сопутствующие риски. Безусловно, когда речь идет о здоровье человека, важен принцип «не навреди», реализация которого предполагает нормативно-правовое поле и тщательную доказательную базу при внедрении новых технологий. Следует признать, что в XXI столетии технология ИИ, относящаяся к медицинским специальностям, окажет преобразующее влияние на нашу жизнь

### Список литературы:

1. Peng-ran LIU, Lin LU, Jia-yao ZHANG, Tong-tong HUO, Song-xiang LIU, Zhe-wei YE Application of Artificial Intelligence in Medicine: An Overview // Current Medical Science – 2021, №41 (6). Pp. 1105-1115.
2. WMA statement on augmented intelligence in medical care. Adopted by the 70th World Medical Association General Assembly. Tbilisi, Georgia – 2019 – URL: <https://www.wma.net/policies-post/wma-statement-on-augmented-intelligence-in-medical-care> (дата обращения: 14.01.2025).
3. Turing A. M. Computing Machinery and Intelligence // Mind, New Series, Oxford University Press – 1950. – № 236. P. 433–460.
4. Середа А.П., Джавадов А.А., Черный А.А. Искусственный интеллект в травматологии и ортопедии. Реальность, фантазии или обман? // Травматология и ортопедия России – 2024, №30 (2). Стр. 181-191.
5. Haenlein M. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence / Kaplan A. // CALIFORNIA MANAGEMENT REVIEW, University of California – 2019, №61 (4). Pp. 5-14.
6. Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine // Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies – 2019, №28 (2). Pp. 73-81.
7. Beyaz S., Açıcı K., Sümer E. Femoral neck fracture detection in X-ray images using deep learning and genetic algorithm approaches // Joint Diseases & Related Surgery – 2020, №31 (2). Pp. 175-183.
8. Lisacek-Kiosoglous A.B., Powling A.S., Fontalis A., Gabr A., Mazomenos E., Haddad F.S. Artificial intelligence in orthopaedic surgery // Bone & Joint Research – 2023, №12 (7). Pp. 447-454.
9. Шумилова С.О. Правовые риски искусственного интеллекта в медицине: пробелы регулирования и перспективы ответственности // Международный научный журнал «Вестник науки» – 2025, №7 (88). Стр. 148-155.
10. Карпов О.Э., Пензин О.В., Веселова О.В. Организация и регуляция взаимодействия искусственного интеллекта с врачом и пациентом // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова – 2020, №2. Стр. 155-160.
11. Гусев А.В., Добридюк С.Л. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // Информационное общество – 2017, №4-5. Стр. 78-93

