

## Интеллект, который спасает жизни: трансформация здравоохранения с помощью ИИ

*А.И. Самсонова, С.А. Игнатьев*

*Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского*

**Аннотация:** Современная медицина находится на пороге технологической трансформации, вызванной активным внедрением искусственного интеллекта в клиническую практику. Эти технологии позволяют не только ускорить диагностику и повысить точность хирургических вмешательств, но и создавать индивидуальные схемы лечения, разрабатывать новые препараты и обеспечивать удалённый доступ к медицинским услугам. Актуальность исследования определяется растущей ролью искусственного интеллекта в здравоохранении и необходимостью систематизации существующих направлений его применения. В статье приведен комплексный анализ применения технологий искусственного интеллекта в современной медицине. Проведена систематизация направлений использования ИИ, рассмотрены ключевые примеры проектов, действующих в России, обозначены перспективы развития технологий на горизонте 5–10 лет. Особое внимание уделено этическим, правовым и организационным вызовам, связанным с внедрением ИИ в медицинскую практику.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, медицина, телемедицина.

Современная медицина находится на этапе глубокой технологической трансформации, обусловленной стремительным развитием и внедрением систем искусственного интеллекта. Если в начале XXI века искусственный интеллект (далее ИИ) рассматривался преимущественно как перспективная область исследований, то сегодня он стал реальным инструментом клинической практики.

Технологии ИИ позволяют анализировать большие массивы медицинских данных (электронные карты, диагностические изображения, результаты анализов) с высокой скоростью и точностью, что обеспечивает:

- ускорение диагностики;
- повышение качества хирургических вмешательств;
- создание персонализированных схем лечения;
- разработку новых лекарственных средств;
- расширение доступа к медицинской помощи через телемедицину.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью: систематизировать существующие направления применения ИИ в медицине; оценить их технологический потенциал и ограничения; выработать рекомендации по безопасному и эффективному внедрению ИИ в здравоохранение.

**Цель исследования:** провести комплексный системный анализ направлений применения ИИ в медицине, выявить ключевые технологические возможности и ограничения, а также оценить перспективы развития с учётом этических, правовых и организационных аспектов.

**Задачи исследования:**

1. Разработать классификацию направлений применения ИИ в медицине.
2. Дать подробное описание технических, клинических и организационных особенностей каждого направления.
3. Провести анализ примеров действующих проектов, включая российские разработки.
4. Сформировать прогноз развития технологий ИИ в медицине на горизонте 5–10 лет.
5. Определить основные этические и правовые вызовы, связанные с внедрением ИИ.
6. Разработать рекомендации по повышению эффективности и безопасности использования ИИ в здравоохранении.

**Методология исследования**

Исследование выполнено на основе:

- контент-анализа научных публикаций и статистических отчётов;
  - анализа открытых источников сети Интернет;
  - систематизации данных по направлениям применения ИИ;
  - экспертной оценки перспектив и рисков внедрения.
-

Инструменты анализа: табличное представление данных, сравнительный анализ, интерпретация практических кейсов, прогнозирование на основе моделей технологического внедрения.

### Результаты исследования:

В результате анализа выделены шесть основных направлений (таблица № 1, Рис.1).

Таблица №1

### Классификация направлений применения ИИ в медицине

№	Направление применения	Краткое описание	Основной эффект
1	ИИ в диагностике заболеваний	Анализ медицинских данных и изображений, раннее выявление патологий с помощью нейронных сетей	Увеличение точности и скорости диагностики
2	Роботизированные системы и хирургия	Применение ИИ в хирургических роботах для минимально инвазивных операций	Сокращение травматичности и времени восстановления
3	Персонализированная медицина	Создание индивидуальных схем лечения на основе данных пациента	Повышение эффективности терапии
4	Телемедицина с ИИ	Дистанционные консультации с применением интеллектуальных систем	Расширение доступности медицинской помощи
5	Разработка препаратов	Анализ молекул и генетической информации для поиска лекарств	Ускорение и удешевление разработки

Диагностика заболеваний: ключевая сфера, где ИИ демонстрирует наибольшую эффективность благодаря использованию методов машинного обучения и компьютерного зрения. ИИ способствует более точному и быстрому выявлению заболеваний путем анализа медицинских данных и изображений. Использование искусственных нейронных сетей повышает вероятность успешного лечения за счет прогнозирования и ранней диагностики.

Роботизированная хирургия: минимизация травматичности операций, сокращение времени восстановления, повышение точности манипуляций. Интеграция ИИ в хирургические роботы позволяет проводить операции с высокой точностью, минимизируя повреждения тканей и сокращая период восстановления пациентов. Роботы обеспечивают возможность минимально инвазивных вмешательств.

Персонализированная медицина: учет генетических, биохимических и физиологических особенностей пациента при выборе терапии. ИИ формирует индивидуализированные схемы лечения, учитывающие уникальные характеристики пациента, что повышает эффективность терапии.

Телемедицина: расширение доступа к медпомощи для отдалённых регионов; интеграция ИИ в платформы удалённых консультаций.

Разработка препаратов: ускорение поиска молекул-кандидатов, моделирование взаимодействий, прогнозирование побочных эффектов. Анализ молекулярных и генетических данных с помощью ИИ ускоряет создание новых лекарственных средств.

Каждая из представленных групп проектов ИИ-систем имеет определённую стадию технологического внедрения - от пилотных исследований до широкого применения в клинической практике. Например, системы анализа медицинских изображений уже интегрированы в работу

диагностических центров, а роботизированные хирургические комплексы применяются в ведущих клиниках страны.

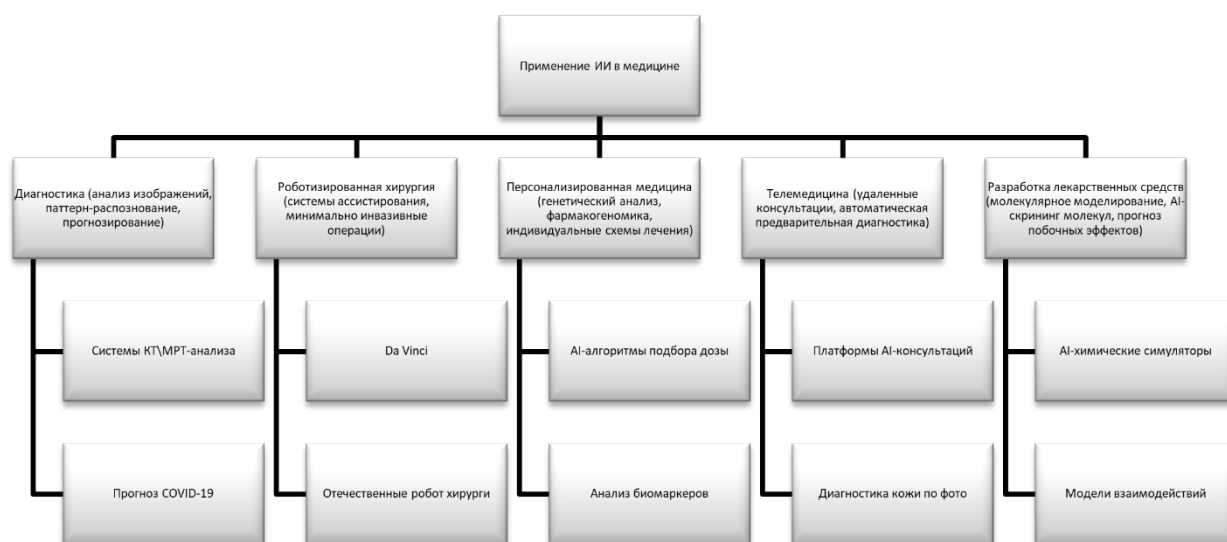


Рис. 1. Схема классификации направлений применения ИИ в медицине

Таким образом, в современном здравоохранении технологии ИИ и робототехники становятся ключевыми драйверами инноваций, трансформируя подходы к диагностике, лечению и управлению медицинскими данными. Представленная таблица (таблица №2) систематизирует 24 проекта и платформы, использующие ИИ и роботизированные решения в различных сегментах медицины — от ранней диагностики и анализа изображений до телемедицины и разработки новых лекарственных препаратов.

Классификация проектов выполнена по функциональным направлениям, что позволяет выделить несколько доминантных областей применения:

1. Прогнозирование и ранняя диагностика — ИИ-системы, анализирующие медицинские изображения, патоморфологические данные и симптомы для выявления заболеваний на начальных стадиях.

2. Искусственные нейронные сети для анализа данных — высокопроизводительные алгоритмы глубокого обучения, интегрированные в диагностический процесс.

3. Роботизированные хирургические системы — решения для выполнения минимально инвазивных операций и высокоточной радиохирургии.

4. Персонализированная медицина и прогнозная аналитика — платформы для обработки больших медицинских данных и поддержки принятия решений врачами.

5. Телемедицинские сервисы с ИИ — технологии удаленного взаимодействия врача и пациента с элементами автоматизированной диагностики.

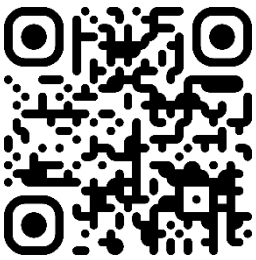
6. ИИ в фармацевтических исследованиях — автоматизация поиска и разработки новых терапевтических молекул.

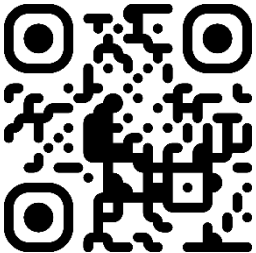
В таблице для каждого проекта приведено краткое описание, а также ссылка на официальный ресурс, что позволяет использовать ее как справочный материал и инструмент для дальнейшего изучения технологий.

Таблица № 2

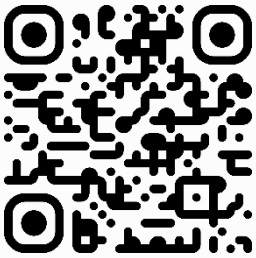
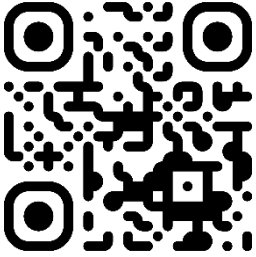
Интеллектуальные и роботизированные технологии в современной  
медицине: систематизация и анализ проектов

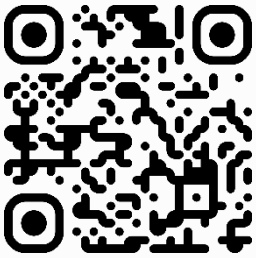
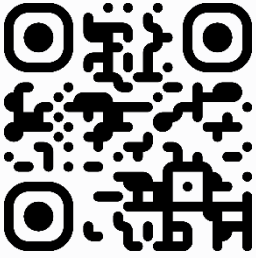
№	Проект	Описание	Ссылка
Прогнозирование и ранняя диагностика:			

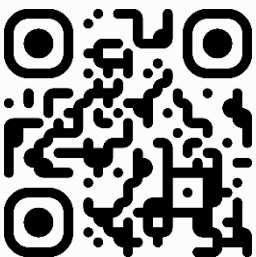
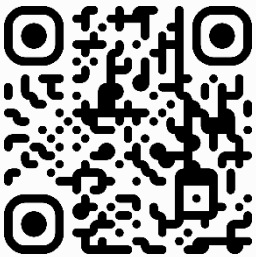
№	Проект	Описание	Ссылка
1	PathAI [1]	<p>Назначение: Платформа на базе ИИ для анализа патоморфологических данных (гистологические изображения тканей, биоптаты).</p> <p>Технологии: Глубокое обучение, сверточные нейронные сети (CNN) для автоматической классификации образцов.</p> <p>Клинический эффект: Повышает точность диагностики онкологических и воспалительных заболеваний; сокращает время анализа.</p> <p>Стадия внедрения: Широкое использование в США в сотрудничестве с лабораториями и фармкомпаниями.</p> <p>Перспективы: Интеграция с цифровыми микроскопами и электронными медицинскими картами для автоматического формирования заключений.</p>	
2	ПроРодинки [2]	<p>Назначение: Система ранней диагностики меланомы и других дерматологических патологий.</p> <p>Технологии: Компьютерное зрение и классификация изображений кожных покровов, обученная на базе дерматологических снимков.</p> <p>Клинический эффект: Повышение выявляемости опасных кожных новообразований на ранней стадии.</p> <p>Стадия внедрения: Доступна в виде мобильного приложения и</p>	

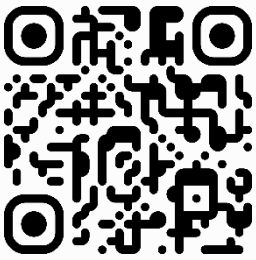
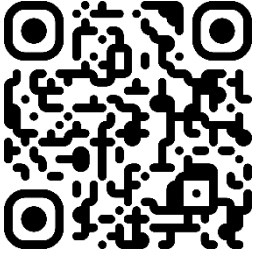
№	Проект	Описание	Ссылка
		<p>веб-сервиса, используется дерматологами и пациентами для самопроверки.</p> <p>Перспективы: Расширение функционала на другие кожные заболевания; интеграция с телемедицинскими сервисами.</p>	
3	MediCase [3]	<p>Назначение: Платформа поддержки принятия клинических решений для врачей, работающая с медицинскими изображениями и данными пациентов.</p> <p>Технологии: Машинное обучение и компьютерное зрение для автоматической интерпретации рентгенов, КТ и МРТ; встроенные алгоритмы triage.</p> <p>Клинический эффект: Сокращает время постановки диагноза, помогает в выявлении патологий и формировании рекомендаций, снижает риск диагностических ошибок.</p> <p>Стадия внедрения: Используется в диагностических центрах и пилотных проектах в российских клиниках.</p> <p>Перспективы: Интеграция с электронными медицинскими картами, расширение функционала для анализа лабораторных данных и телемедицинских консультаций.</p>	

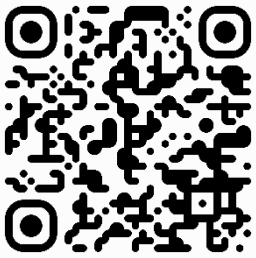


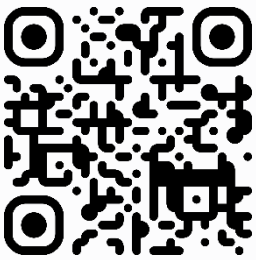
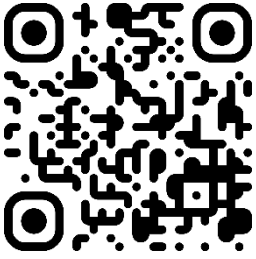
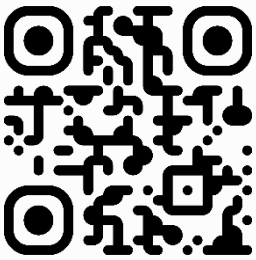
№	Проект	Описание	Ссылка
4	Arterys [4]	<p>Назначение: Облачная платформа для анализа медицинских изображений.</p> <p>Технологии: ИИ для кардиологии, онкологии, пульмонологии.</p> <p>Клинический эффект: Быстрая интерпретация КТ/МРТ.</p> <p>Стадия внедрения: FDA-одобрение, работа в клиниках США.</p> <p>Перспективы: Расширение функционала на новые области.</p>	
5	Pirogov.ai [5]	<p>Назначение: Система автоматического анализа медицинских изображений (в первую очередь рентгенографий) для выявления патологий.</p> <p>Технологии: Машинное обучение, компьютерное зрение, сегментация и классификация патологических изменений.</p> <p>Клинический эффект: Ускоряет процесс анализа снимков, помогает выявлять заболевания на ранних стадиях, снижает нагрузку на радиологов.</p> <p>Стадия внедрения: Пилотное и промышленное применение в ряде российских регионов; интеграция в радиологические отделения.</p> <p>Перспективы: Расширение на КТ и МРТ, создание единой платформы для комплексного анализа изображений и интеграция в национальную систему здравоохранения.</p>	

№	Проект	Описание	Ссылка
6	Diagnocat [6]	<p>Назначение: Облачная ИИ-платформа для автоматической диагностики по данным стоматологических изображений (рентген, КЛКТ, 3D-сканы).</p> <p>Технологии: Компьютерное зрение и нейросети, обученные на базе стоматологических снимков; облачная обработка изображений в реальном времени.</p> <p>Клинический эффект: Повышает точность и скорость диагностики в стоматологии, помогает выявлять скрытые патологии, оптимизирует план лечения.</p> <p>Стадия внедрения: Активно используется в стоматологических клиниках России и за рубежом; интегрирована в рабочие процессы врачей.</p> <p>Перспективы: Расширение на смежные области (ЛОР, челюстно-лицевая хирургия), интеграция с CAD/CAM системами для автоматизированного проектирования протезов.</p>	
7	Celsus [7]	<p>Назначение: Аналитическая платформа для обработки медицинских изображений (рентген, КТ, МРТ).</p> <p>Технологии: Нейросети для автоматической сегментации органов и патологических областей.</p> <p>Клинический эффект: Ускоряет</p>	

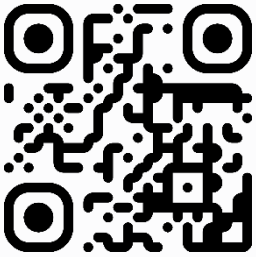
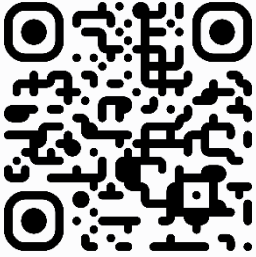
№	Проект	Описание	Ссылка
		<p>работу радиологов, снижает риск пропуска патологий.</p> <p>Стадия внедрения: Используется в пилотных проектах российских клиник.</p> <p>Перспективы: Возможность интеграции в национальную систему PACS (хранение и передача медицинских изображений).</p>	
8	Medical Neuronets [8]	<p>Назначение: Универсальная ИИ-платформа для анализа различных типов медицинских данных.</p> <p>Технологии: Модели глубокого обучения для многофакторного анализа (изображения, лабораторные данные, текстовые записи).</p> <p>Клинический эффект: Системная поддержка принятия врачебных решений.</p> <p>Стадия внедрения: Пилотные проекты в диагностических центрах.</p> <p>Перспективы: Создание единого “цифрового врача-ассистента” на основе агрегированных данных.</p>	
Искусственные нейронные сети для анализа данных:			
9	DeerMind [9]	<p>Назначение: Разработка ИИ-моделей для диагностики и прогнозирования заболеваний.</p> <p>Технологии: Машинное обучение, reinforcement learning для анализа медданных.</p> <p>Клинический эффект: Прогнозирование осложнений и</p>	

№	Проект	Описание	Ссылка
		автоматическая интерпретация изображений. Стадия внедрения: Проекты с NHS (Великобритания). Перспективы: Расширение на глобальный рынок.	
10	Butterfly Network [10]	Назначение: Портативный ультразвуковой сканер с ИИ. Технологии: Компьютерное зрение для автоматической интерпретации УЗИ. Клинический эффект: Доступная диагностика «в полевых условиях». Стадия внедрения: Продажи в более чем 20 странах. Перспективы: Массовое внедрение в скорую помощь.	
Роботы для минимально инвазивных операций:			
11	Da Vinci X [11]	Назначение: Роботизированная хирургическая система для минимально инвазивных операций. Технологии: Механические манипуляторы с высокой точностью движения, поддержка ИИ для стабилизации и навигации. Клинический эффект: Минимизация травматичности операций, сокращение времени реабилитации. Стадия внедрения: Используется в ведущих мировых клиниках. Перспективы: Автономное выполнение стандартных хирургических задач.	

№	Проект	Описание	Ссылка
12	Mazor X by Medtronic [12]	<p>Назначение: Роботизированная система для нейрохирургии и ортопедии (операции на позвоночнике).</p> <p>Технологии: Компьютерная навигация, ИИ для планирования траектории инструментов.</p> <p>Клинический эффект: Высокая точность установки имплантов, снижение осложнений.</p> <p>Стадия внедрения: Эксплуатация в специализированных клиниках.</p> <p>Перспективы: Полная интеграция с предоперационным планированием на базе ИИ.</p>	
Искусственный интеллект в хирургических роботах			
13	CyberKnife by Accuray [13]	<p>Назначение: Роботизированная радиохирургическая система для лечения опухолей.</p> <p>Технологии: ИИ для динамического слежения за положением опухоли во время облучения.</p> <p>Клинический эффект: Минимизация повреждения здоровых тканей, лечение без разрезов.</p> <p>Стадия внедрения: Широкое применение в онкологических центрах.</p> <p>Перспективы: Расширение показаний для лечения.</p>	

№	Проект	Описание	Ссылка
14	ROSA by Zimmer Biomet [14]	<p>Назначение: Роботизированная система для нейрохирургии (в том числе операций на головном мозге).</p> <p>Технологии: ИИ-ассистент для навигации и стабилизации инструментов.</p> <p>Клинический эффект: Повышение точности и безопасности вмешательств.</p> <p>Стадия внедрения: Используется в нейрохирургических центрах.</p> <p>Перспективы: Автоматизация стандартных манипуляций.</p>	
Точные методы лечения на основе данных			
15	IBM Watson Health [15]	<p>Назначение: Платформа для персонализированной медицины.</p> <p>Технологии: Анализ больших данных и медицинской литературы; NLP для понимания клинических описаний.</p> <p>Клинический эффект: Подбор оптимальной терапии с учетом генетики пациента.</p> <p>Стадия внедрения: Используется в онкологии и кардиологии.</p> <p>Перспективы: Расширение на все области медицины.</p>	
16	Webiomed [16]	<p>Назначение: Национальная платформа предиктивной аналитики в здравоохранении.</p> <p>Технологии: Машинное обучение для прогнозирования рисков заболеваний.</p> <p>Клинический эффект: Своевременное выявление групп риска.</p>	

№	Проект	Описание	Ссылка
		Стадия внедрения: Пилоты в регионах РФ. Перспективы: Интеграция с ЕГИСЗ (госинформационная система здравоохранения).	
Телемедицина с ИИ			
17	Доктор рядом [17]	Назначение: Телемедицинская платформа с элементами ИИ. Технологии: Автоматическая предварительная оценка состояния пациента. Клинический эффект: Повышение доступности медпомощи в удаленных регионах. Стадия внедрения: Действует как мобильное приложение. Перспективы: Интеграция с государственными сервисами.	
18	Biofourmis [18]	Назначение: Платформа для удаленного мониторинга состояния пациентов. Технологии: Анализ данных с носимых устройств, предиктивная аналитика. Клинический эффект: Предупреждение обострений хронических заболеваний. Стадия внедрения: Используется в кардиологии и пульмонологии. Перспективы: Массовое внедрение в систему домашнего наблюдения.	
Разработка препаратов			

№	Проект	Описание	Ссылка
19	Insilico Medicine [19]	<p>Назначение: ИИ-платформа для разработки лекарств.</p> <p>Технологии: Генеративные нейросети для поиска молекул-кандидатов.</p> <p>Клинический эффект: Сокращение времени разработки препаратов.</p> <p>Стадия внедрения: Ведет R&amp;D-проекты с фармкомпаниями.</p> <p>Перспективы: Создание национальной платформы drug discovery.</p>	
20	Atomwise [20]	<p>Назначение: Поиск лекарственных молекул с помощью ИИ.</p> <p>Технологии: Алгоритмы глубокого обучения для моделирования взаимодействий молекул.</p> <p>Клинический эффект: Ускорение доклинических исследований.</p> <p>Стадия внедрения: Партнерства с фармацевтическими корпорациями.</p> <p>Перспективы: Интеграция с биобанками данных.</p>	

Анализ представленных данных демонстрирует широкое распределение ИИ-инноваций по всем ключевым этапам медицинского процесса: от первичной диагностики до высокоточной хирургии и разработки лекарств.

1. Доминирование диагностических систем: более трети проектов (например, PathAI, ПроРодинки, Celsus, Medical Neuronets) ориентированы на обработку медицинских изображений с целью выявления патологий. Это



подтверждает тренд на смещение акцента в сторону превентивной медицины, где раннее обнаружение заболеваний существенно снижает затраты на лечение и повышает выживаемость пациентов.

2. Рост роботизированных технологий в хирургии: проекты Da Vinci X, Mazor X, CyberKnife, ROSA иллюстрируют интеграцию ИИ в управлении хирургической техникой. Здесь ключевым преимуществом выступает минимизация человеческого фактора, повышение точности вмешательств и сокращение времени реабилитации.

3. Прогнозная аналитика и персонализированное лечение: платформы IBM Watson Health и Webiomed используют машинное обучение для анализа больших массивов обезличенных данных, формируя индивидуализированные стратегии лечения. Это направление тесно связано с концепцией «медицины 4P» (предиктивная, превентивная, персонализированная, партисипативная).

4. Телемедицина с ИИ как фактор доступности медицинской помощи: проекты Доктор рядом и Biofourmis интегрируют искусственный интеллект в удаленные консультации, что особенно актуально для сельских и удаленных регионов, а также в условиях эпидемиологических ограничений.

5. ИИ в разработке лекарств: компании Insilico Medicine и Atomwise демонстрируют, как алгоритмы машинного обучения ускоряют поиск перспективных молекул, сокращая стоимость и время разработки препаратов. Этот сегмент находится на стыке биоинформатики и фармакологии и имеет значительный коммерческий потенциал.

6. География и доступность решений: в таблице присутствуют как международные проекты (DeepMind, Butterfly Network, Arterys), так и российские разработки (ПроРодинки, Webiomed, Pirogov.ai), что отражает глобальный характер внедрения ИИ в медицину. При этом часть решений предоставляется в условно бесплатном формате, что повышает их доступность для широкой аудитории.

---

Представленная совокупность проектов демонстрирует, что ИИ перестал быть экспериментальной технологией и стал системным инструментом, охватывающим диагностику, лечение, управление медицинскими данными и фармацевтические исследования. В ближайшие годы ожидается усиление интеграции этих решений в клиническую практику, а также расширение их функционала за счет синергии с другими цифровыми технологиями — например, геномным анализом и носимыми устройствами для мониторинга здоровья.

### **Прогнозы развития ИИ в медицине.**

В течение ближайших 5–10 лет ИИ станет неотъемлемой частью здравоохранения, что приведёт к: значительному повышению точности диагностики; совершенствованию хирургических операций; ускоренной разработке новых лекарств и росту доступности медицинской помощи через телемедицину.

#### **Интеграция ИИ в диагностические платформы:**

Современные алгоритмы глубокого обучения (deep learning) демонстрируют устойчивое снижение уровня диагностических ошибок при анализе медицинских изображений (КТ, МРТ, рентген, ультразвук) и лабораторных данных. По данным мета-анализа [21], точность классификации патологий в ряде случаев сопоставима или превышает результаты экспертов-радиологов.

На горизонте 5–10 лет ожидается полная интеграция ИИ в единую диагностическую инфраструктуру медицинских организаций, включая: автоматическую предварительную интерпретацию данных; системную поддержку принятия клинических решений (Clinical Decision Support Systems, CDSS); удалённый доступ к результатам диагностики в рамках телемедицинских платформ.

#### Автоматизация хирургии:

Использование роботизированных хирургических комплексов, оснащённых модулями ИИ, позволяет реализовать концепцию precision surgery (операции с предельно высокой точностью). Алгоритмы машинного зрения и тактильной обратной связи обеспечивают минимизацию травматичности тканей и сокращение времени реабилитации.

Через 5–10 лет ожидается развитие: полностью автономных хирургических модулей для стандартных операций; гибридных систем, где ИИ выполняет роль ассистента, а хирург контролирует ключевые этапы; систем симуляционного обучения на базе ИИ для подготовки специалистов.

#### Рост телемедицины с ИИ-решениями:

Телемедицинские платформы, интегрированные с ИИ, способны проводить автоматическую предварительную оценку состояния пациента, анализируя текстовые описания симптомов, изображения, данные с носимых устройств. Исследования показывают, что такие системы повышают доступность медицинской помощи в удалённых и малонаселённых регионах, снижая нагрузку на врачей.

В течение 5–10 лет ожидается: широкое внедрение ИИ в системы triage (приоритизация пациентов по срочности помощи); создание национальных телемедицинских платформ с автоматизированной маршрутизацией пациентов; интеграция с электронными медицинскими картами и государственными системами здравоохранения.

#### Развитие фармацевтических ИИ-платформ:

ИИ способен существенно ускорить этапы drug discovery и drug design, моделируя взаимодействие молекул и прогнозируя фармакокинетические свойства лекарственных средств. Применение алгоритмов предсказательной аналитики сокращает время выхода препарата на рынок с 10–12 лет до 5–7 лет, снижая затраты на разработку.

Через 5–10 лет ожидается: появление национальных ИИ-платформ для поиска лекарств; интеграция ИИ в фармацевтические компании как стандартный инструмент R&D; развитие систем прогнозирования побочных эффектов до клинических испытаний.

Факторы, влияющие на реализацию прогнозов:

1. Технологические: уровень развития вычислительных мощностей, качество алгоритмов, доступность высокоточных датчиков и оборудования.
2. Организационные: готовность медицинской инфраструктуры к интеграции ИИ, наличие стандартов и протоколов.
3. Этические и правовые: защита персональных данных, определение юридической ответственности при ошибках ИИ.
4. Экономические: финансирование проектов, экономическая целесообразность внедрения.

Проведенный анализ показывает, что ИИ в медицине находится на фазе экспоненциального роста, и в течение следующего десятилетия произойдёт его переход в фазу массового внедрения. Ключевыми драйверами будут: стандартизация алгоритмов и данных; развитие междисциплинарных команд; активная поддержка государственными и международными организациями; рост доверия медицинского сообщества к ИИ-технологиям.

### **Этические вызовы применения искусственного интеллекта в медицине и возможные пути их решения.**

ИИ уже сегодня трансформирует медицину, повышая точность диагностики, улучшая результаты хирургических вмешательств, ускоряя разработку лекарств и делая медицинскую помощь более доступной. Однако вместе с технологическим прогрессом возрастает значимость этических и правовых аспектов.

1. Защита конфиденциальности пациентов

Суть вызова: ИИ обрабатывает большие массивы медицинских данных, включая историю болезней, результаты анализов, изображения и генетическую информацию. Нарушение конфиденциальности может привести к утечке чувствительных данных, что угрожает правам пациента и может быть использовано в ущерб ему (например, дискриминация при страховании или трудоустройстве).

Возможные пути решения:

- Внедрение строгих протоколов шифрования данных на всех этапах их хранения и передачи.
- Применение принципа минимизации данных — использование только необходимой информации для конкретной задачи ИИ.
- Разработка и внедрение единого стандарта защиты медицинских данных на национальном и международном уровнях.
- Регулярные аудиты систем ИИ на соответствие требованиям конфиденциальности.

## 2. Безопасность хранения и передачи данных

Суть вызова: Медицинские данные часто передаются между различными учреждениями и платформами (особенно в телемедицине). При недостаточной защите каналов передачи существует риск кибератак и несанкционированного доступа.

Возможные пути решения:

- Использование защищённых каналов передачи данных (VPN, SSL/TLS).
- Применение децентрализованных систем хранения, в которых данные пациента разделяются на сегменты и хранятся в разных местах.
- Обязательная сертификация медицинских ИИ-систем по стандартам кибербезопасности.

## 3. Этическое использование ИИ в диагностике и лечении

---

Суть вызова: Решения ИИ могут влиять на выбор метода лечения, и при отсутствии прозрачности алгоритма возникает риск медицинских ошибок или предвзятости. Пациенты и врачи должны доверять ИИ, но для этого необходима понятная интерпретация его работы.

Возможные пути решения:

- Внедрение принципа "AI explainability" — алгоритмы должны быть понятны медицинскому персоналу.
- Обязательная проверка решений ИИ врачом перед их применением.
- Независимая экспертиза медицинских алгоритмов ИИ перед внедрением в клиническую практику.

#### 4. Соблюдение прав пациента на информированное согласие

Суть вызова: Пациент должен понимать, что его лечением или диагностикой занимается система с элементами ИИ, и дать согласие на использование своих данных. Многие технологии внедряются без достаточного информирования пациентов.

Возможные пути решения:

- Разработка стандартизированных форм информированного согласия с пояснением роли ИИ в процессе лечения.
- Обязательное указание в медицинских записях, когда и как применялся ИИ.
- Повышение цифровой грамотности пациентов через образовательные программы.

#### 5. Этические риски при разработке новых препаратов с помощью ИИ

Суть вызова: ИИ ускоряет разработку лекарственных средств, но при этом возникает риск неполного тестирования или зависимости от смоделированных данных, что может повлиять на безопасность препарата.

Возможные пути решения:

- Обеспечение многоступенчатой системы проверки результатов работы ИИ с привлечением независимых лабораторий.
- Обязательная клиническая апробация препаратов, разработанных с использованием ИИ.
- Прозрачная публикация данных о методах и алгоритмах, использованных в процессе разработки.

#### 6. Социальная справедливость и недопущение дискриминации

Суть вызова: ИИ может быть обучен на неравномерных или предвзятых данных, что приводит к дискриминации пациентов по признакам возраста, пола, этнической принадлежности или социального статуса.

Возможные пути решения:

- Использование сбалансированных и репрезентативных наборов данных.
- Регулярная проверка алгоритмов на наличие предвзятости.
- Создание этических комитетов, контролирующих работу ИИ в медицине.

Этические вызовы применения ИИ в медицине не являются препятствием для его внедрения, но требуют системного подхода и разработки комплексной нормативной базы. Решения должны сочетать технологические меры защиты с прозрачностью и ответственностью медицинских организаций.

Проведённый комплексный системный анализ показал, что технологии ИИ уже перешли из стадии экспериментальных разработок в фазу практического внедрения, оказывая комплексное влияние на все ключевые этапы медицинской деятельности — от диагностики и лечения до управления медицинскими данными и разработки лекарственных средств.

ИИ стал фундаментальным инструментом технологической трансформации здравоохранения, обеспечивая:

- ускорение и повышение точности диагностики за счёт алгоритмов машинного обучения и компьютерного зрения;
- повышение эффективности хирургических вмешательств посредством роботизированных систем с модулями ИИ;
- персонализацию лечения благодаря учёту генетических и биохимических особенностей пациента;
- расширение географии медицинской помощи через телемедицинские платформы с элементами автоматизированной оценки состояния;
- ускорение фармацевтических исследований и сокращение сроков вывода новых препаратов на рынок.

Вместе с тем активное внедрение ИИ сопровождается рядом этических, правовых, организационных и технологических вызовов, среди которых — защита персональных данных, обеспечение прозрачности алгоритмов, соблюдение прав пациентов и предотвращение дискриминации. Решение этих задач требует разработки комплексной нормативно-правовой базы, внедрения стандартов качества и безопасности, а также формирования междисциплинарных команд, объединяющих специалистов в области медицины, ИТ, права и биоинформатики.

Прогнозы на горизонте 5–10 лет позволяют утверждать, что ИИ станет неотъемлемым элементом национальных и международных систем здравоохранения, а его интеграция будет сопровождаться расширением функционала, развитием гибридных человеко-машинных систем и синергией с другими цифровыми технологиями — геномным анализом, IoT-устройствами для мониторинга здоровья и большими медицинскими данными.

Таким образом, ИИ перестал быть вспомогательным инструментом и стал стратегическим фактором развития медицины, определяющим новый



формат взаимодействия врача и пациента, а также трансформирующим структуру и процессы оказания медицинской помощи.

### **Выводы**

1. Стратегическая роль ИИ в медицине: искусственный интеллект является ключевым драйвером технологической трансформации здравоохранения, обеспечивая повышение качества и доступности медицинских услуг.

2. Междисциплинарный подход как необходимое условие: эффективное внедрение ИИ требует интеграции знаний и компетенций из медицины, информационных технологий, юриспруденции, биоинформатики и управления.

3. Качество данных — критический фактор успеха: результативность работы ИИ напрямую зависит от полноты, точности, репрезентативности и защищённости медицинских данных, используемых для обучения и функционирования алгоритмов.

4. Этические и правовые аспекты — приоритетная задача: массовое внедрение ИИ невозможно без решения вопросов конфиденциальности данных, прозрачности алгоритмов, информированного согласия пациентов и предотвращения предвзятости в результатах работы систем.

5. Глобальный и локальный масштабы внедрения: внедрение ИИ в медицину носит глобальный характер, при этом национальные разработки (например, российские проекты в области диагностики и телемедицины) демонстрируют высокий потенциал для интеграции в международные стандарты.

6. Перспективы развития на горизонте 5–10 лет: ожидается переход ИИ к фазе массового внедрения, формирование единой интеллектуальной медицинской инфраструктуры, расширение роботизированных

хирургических технологий и создание национальных платформ для разработки лекарственных средств.

7. Необходимость государственной и международной поддержки: для устойчивого развития ИИ в медицине требуется системная поддержка со стороны государственных структур, международных организаций и профильных сообществ, включая стандартизацию, сертификацию и финансирование проектов.

### Литература

1. PathAI. URL: pathai.com (дата обращения: 22.11.2025).
  2. ПроРодинки. URL: prorodinki.ru/page35274862.html (дата обращения: 22.11.2025).
  3. MediCase. URL: medicase.pro (дата обращения: 22.11.2025).
  4. Arterys URL: arterys.com (дата обращения: 22.11.2025).
  5. Pirogov.ai. (дата обращения: 22.11.2025).
  6. Diagnocat. URL: diagnocat.com/en (дата обращения: 22.11.2025).
  7. Celsus. URL: celsus.ai (дата обращения: 22.11.2025).
  8. Medical Neuronets URL: neuro.codes (дата обращения: 22.11.2025).
  9. DeepMind URL: deepmind.google (дата обращения: 22.11.2025).
  10. Butterfly Network URL: butterflynetwork.com (дата обращения: 22.11.2025).
  11. Da Vinci X URL: intuitive.com/en-us (дата обращения: 22.11.2025).
  12. Mazor X by Medtronic. URL: medtronic.com/ru-ru/index.html (дата обращения: 22.11.2025).
  13. CyberKnife by Accuray. URL: accuray.com (дата обращения: 22.11.2025).
  14. ROSA by Zimmer Biomet. URL: zimmerbiomet.com/en (дата обращения: 22.11.2025).
-

15. IBM Watson Health URL: [bm.com/products](https://bm.com/products) (дата обращения: 22.11.2025).
16. Webiomed. URL: [webiomed.ru](https://webiomed.ru) (дата обращения: 22.11.2025).
17. Доктор рядом. URL: [dr-telemed.ru](https://dr-telemed.ru) (дата обращения: 22.11.2025).
18. Biofourmis. URL: [biofourmis.com](https://biofourmis.com) (дата обращения: 22.11.2025).
19. Insilico Medicine. URL: [insilico.com](https://insilico.com) (дата обращения: 22.11.2025).
20. Atomwise [numerionlabs.ai](https://numerionlabs.ai) (дата обращения: 22.11.2025).
21. Esteva, A., Chou, K., Yeung, S. et al. Deep learning-enabled medical computer vision. *npj Digit. Med.* 4, 5 (2021). [doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2](https://doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2)  
DOI: [doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2](https://doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2)

### References

1. 1. PathAI. URL: [pathai.com](https://pathai.com) (date assessed 22.11.2025).
2. PRORodinki. URL: [prorodinki.ru/page35274862.html](https://prorodinki.ru/page35274862.html) (date assessed 22.11.2025).
3. MediCase. URL: [medicase.pro](https://medicase.pro) (date assessed 22.11.2025).
4. Arterys. URL: [arterys.com](https://arterys.com) (date assessed 22.11.2025).
5. Pirogov.ai. (date assessed 22.11.2025).
6. Diagnocat. URL: [diagnocat.com/en](https://diagnocat.com/en) (date assessed 22.11.2025).
7. Celsus. URL: [celsus.ai](https://celsus.ai) (date assessed 22.11.2025).
8. Medical Neuronets URL: [neuro.codes](https://neuro.codes) (date assessed 22.11.2025).
9. DeepMind URL: [deepmind.google](https://deepmind.google) (date assessed 22.11.2025).
10. Butterfly Network URL: [butterflynetwork.com](https://butterflynetwork.com) (date assessed 22.11.2025).
11. Da Vinci X URL: [intuitive.com/en-us](https://intuitive.com/en-us) (date assessed 22.11.2025).
12. Mazor X by Medtronic. URL: [medtronic.com/ru-ru/index.html](https://medtronic.com/ru-ru/index.html) (date assessed 22.11.2025).
13. CyberKnife by Accuray. URL: [accuray.com](https://accuray.com) (date assessed 22.11.2025).

14. ROSA by Zimmer Biomet. URL: [zimmerbiomet.com/en](https://zimmerbiomet.com/en) (date assessed 22.11.2025).
15. IBM Watson Health URL: [bm.com/products](https://bm.com/products) (date assessed 22.11.2025).
16. Webiomed. URL: [webiomed.ru](https://webiomed.ru) (date assessed 22.11.2025).
17. Doktor ryadom [The doctor is nearby]. URL: [dr-telemed.ru](https://dr-telemed.ru) (date assessed 22.11.2025).
18. Biofourmis. URL: [biofourmis.com](https://biofourmis.com) (дата обращения: 22.11.2025).
19. Insilico Medicine. URL: [insilico.com](https://insilico.com) (дата обращения: 22.11.2025).
20. Atomwise [numerionlabs.ai](https://numerionlabs.ai) (дата обращения: 22.11.2025).
21. Esteva, A., Chou, K., Yeung, S. et al. Deep learning-enabled medical computer vision. *npj Digit. Med.* 4, 5 (2021). [doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2](https://doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2)  
DOI: [doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2](https://doi.org/10.1038/s41746-020-00376-2)

**Дата поступления: 17.11.2025**  
**Дата публикации: 26.12.2025**