

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-7-18>

# Цифровое здравоохранение: прогноз на 2025–2030 гг.

**И.А. Шадеркин<sup>1,2</sup>, В.А. Шадеркина<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Институт цифрового биодизайна и моделирования живых систем Научно-технологического парк биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России; Москва, Россия

<sup>3</sup> Урологический информационный портал Uroweb.ru, Москва, Россия

**Контакт:** Шадеркин Игорь Аркадьевич, [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru)

## Аннотация:

Настоящий отчет представляет прогноз развития цифрового здравоохранения на 2025–2030 гг., основанный исключительно на принципах доказательной медицины (EBM) и анализе регуляторных тенденций.

Период 2025–2030 гг. ознаменует собой фундаментальный сдвиг: от этапа доказательства концепции и эффективности к этапу масштабирования, оптимизации внедрения и доказательства ценности.

Ключевыми вызовами в этот период будут не технологические ограничения, а решение системных проблем: обеспечение семантической совместимости данных, адаптация регуляторной среды, особенно в отношении искусственного интеллекта, и преодоление барьеров внедрения в реальную клиническую практику, включая нехватку обученного персонала, когнитивную перегрузку врачей и отсутствие бесшовной интеграции в рабочие процессы.

Главный вывод – технологии, не способные продемонстрировать явную экономическую эффективность и бесшовную интеграцию в существующую ИТ-инфраструктуру, не будут приняты практикующими врачами и организаторами здравоохранения, независимо от их заявленной клинической точности.

Успешное внедрение потребует от руководителей инвестиций в первую очередь в людей и процессы, а не только в программное обеспечение.

**Ключевые слова:** цифровое здравоохранение; прогноз 2025–2030; доказательная медицина; искусственный интеллект (ИИ); телемедицина; дистанционный мониторинг пациентов; цифровая терапия; FUTURE-AI; обзор Эрика Тополя; кадровое обеспечение здравоохранения.

**Для цитирования:** Шадеркин И.А., Шадеркина В.А. Цифровое здравоохранение: прогноз на 2025–2030 гг. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025;11(3):7–18;  
<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-7-18>

## Digital Health: Forecast for 2025–2030

### Analytical review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-7-18>

**I.A. Shaderkin<sup>1,2</sup>, V.A. Shaderkina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems, Scientific and Technological Park of Biomedicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

<sup>2</sup> FSBI «Central Research Institute for Organization and Informatization of Health Care» Ministry of Health of Russia; Moscow, Russia

<sup>3</sup> Urological information portal Uroweb.ru, Moscow, Russia

**Contact:** Igor A. Shaderkin, [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru)

## Summary:

This report presents a forecast for the development of digital healthcare for the period 2025–2030, based exclusively on the principles of evidence-based medicine (EBM) and an analysis of regulatory trends.

The years 2025–2030 will mark a fundamental transition – from the stage of proving concepts and demonstrating clinical efficacy to the stage of large-scale implementation, optimization of integration processes, and demonstration of value.

The key challenges during this period will be not technological constraints, but systemic issues: ensuring semantic interoperability of data, adapting the regulatory framework – particularly regarding artificial intelligence—and overcoming barriers to real-world adoption, including the shortage of trained personnel, physician cognitive overload, and the lack of seamless integration into existing clinical workflows.

The main conclusion is that technologies unable to demonstrate clear economic efficiency and seamless integration into existing IT infrastructures will not be adopted by practicing clinicians and healthcare administrators, regardless of their reported clinical accuracy.

Successful implementation will require healthcare leaders to invest primarily in people and processes, not solely in software.

**Key words:** digital health; forecast 2025–2030; evidence-based medicine; artificial intelligence (AI); telemedicine; remote patient monitoring; digital therapeutics; FUTURE-AI; Topol Review; healthcare workforce.

**For citation:** Shaderkin I.A., Shaderkina V.A. Digital Health: Forecast for 2025-2030. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025;11(3):7-18; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-7-18>

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Цифровое здравоохранение (Digital Health) в прогнозируемом периоде следует определять не как простую оцифровку медицинских карт, а как комплексное использование прорывных технологий – искусственного интеллекта (ИИ), облачных вычислений, данных реальной клинической практики (RWE), mHealth и телемедицины – для создания ценностно-ориентированного здравоохранения (Value-Based Digital Health, VBDH)[1]. Систематический обзор 2024 года определяет VBDH как систему, в которой цифровые инструменты измеримо повышают пациентоориентированность, медицинскую грамотность и вовлеченность пациентов в принятие решений [1].

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное мнение основывается исключительно на принципах доказательной медицины (EBM). Приоритет отдан синтезу данных из систематических обзоров (включая Кокрейновские), мета-анализов и ключевых регуляторных документов (WHO, FDA, EMA, NICE), опубликованных преимущественно в 2022-2025 гг [2, 3].

Несмотря на революционные достижения и значительные инвестиции, Национальная академия медицины (NAM) США отмечает, что

способность использовать совместимые цифровые технологии для повышения эффективности и справедливости ухода остается в значительной степени концептуальной [4]. Пандемия COVID-19 послужила мощным катализатором для внедрения, особенно телемедицины, но она не решила, а лишь обнажила глубинные системные проблемы [5, 6].

Отчет анализирует пять ключевых разделов, определяющих прогноз на 2025-2030 гг.:

1. Прогноз по ключевым технологическим векторам (ИИ, телемедицина);
2. Эволюция «невидимой» инфраструктуры (RWE, совместимость);
3. Новая регуляторная и этическая среда;
4. Кадровые вызовы и барьеры;
5. Стратегические рекомендации.

### Раздел 1. Прогноз развития ключевых технологических векторов (2025-2030): клиническая и доказательная база

#### 1.1. Искусственный интеллект (ИИ) в диагностике

##### 1.1.1. Рентгенология: Доказанная точность, нерешенная проблема рабочего процесса

Доказательная база (EBM) в отношении диагностической точности ИИ в рентгенологии неоспорима. Систематические обзоры и мета-

анализы подтверждают, что алгоритмы глубокого обучения (в частности, сверточные нейронные сети, CNN) улучшают диагностическую точность и сокращают время интерпретации исследований [7-10]. Клиническая доказательная база включает доказанную высокую чувствительность и специфичность в скрининге туберкулеза, диагностике кариеса на рентгенограммах и стратификации риска легочных узелков [9, 11, 12].

Однако прогноз на 2025-2030 гг. определяется не точностью, а внедрением. Ключевой барьер сместился. Систематический обзор 2025 года показал, что доказательства влияния ИИ на эффективность рабочего процесса и экономическую эффективность остаются «неоднозначными» [7].

Основная проблема заключается в том, что, хотя ИИ-алгоритм может точно обнаружить патологию, его интеграция в клиническую практику создает новые барьеры. Обзоры выделяют высокие технические требования, недостаток руководства, проблемы с прозрачностью и необходимость обучения [7]. Рынок ИИ-продуктов для рентгенологии, достигший пика в 2020 году, сейчас показывает признаки «стабилизации и насыщения» [10]. Это означает, что фокус 2025-2030 гг. смещается с вопроса «Может ли ИИ найти узелок?» (ответ: да) на вопрос «Может ли данный ИИ-продукт бесшовно интегрироваться в наши системы архивации изображений и лабораторные цифровые системы, не увеличивая риск ложноположительных результатов и не перегружая врачей дополнительными оповещениями?» [10].

**Прогноз 2025-2030 для руководителей** это означает, что при закупке ИИ-решений в 2025-2030 гг. приоритет следует отдавать не только процентам точности, но и опубликованным доказательствам успешной интеграции в рабочий процесс и валидации в реальных клинических условиях (RWE).

### **1.1.2. Патоморфология – рутинное внедрение к 2030 году**

Внедрение ИИ в патоморфологию происходит медленнее, но его ожидаемое влияние – глубже. Доказательная база уже существует: ИИ в цифровой патоморфологии способен вы-

являть микрометастазы в лимфатических узлах, которые может пропустить патологоанатом при рутинном просмотре десятков стекол [13, 14].

Фундаментальное исследование «Computational pathology in 2030: a Delphi study» (Дельфийское исследование о вычислительной патологии в 2030 году) дает четкий прогноз: эксперты достигли консенсуса, что к 2030 году ИИ будет рутинно и значимо использоваться в клинической практике патологоанатомов [15, 16].

Прогноз заключается не в замене патологоанатома, а в дополнении его функций. ИИ возьмет на себя «монотонные, но критически важные задачи» [17]. Например, современные клинические рекомендации по оценке Ki-67 при раке молочной железы требуют подсчета 500-1000+ клеток, что крайне трудоемко и субъективно [17]. Отношение патологоанатомов смещается в сторону принятия ИИ для таких задач.

Внедрение здесь – это социотехническая задача. Реалистский обзор подчеркивает, что успех внедрения зависит от доверия и возможности патологоанатомов «осмыслить» ИИ [18]. Модели ИИ обучаются на аннотациях экспертов-патологоанатомов, что оставляет человека «в цикле» [13].

Таким образом, **прогноз на 2025-2030 гг.** требует от руководителей инвестиций не только в сканеры и ПО, но и в вовлечение и обучение патологоанатомов.

## **1.2. Телемедицина и удаленный мониторинг пациентов как стандарт лечения хронических заболеваний**

### **1.2.1. Доказательная база**

Телемедицина и удаленный мониторинг пациентов перешли из категории «пилотных проектов» в категорию доказанных вмешательств.

Систематические обзоры 2023-2024 гг. показывают, что телемедицина эффективна и экономически выгодна в ведении хронических заболеваний, улучшая приверженность пациентов лечению и их медицинскую грамотность [19, 20].

Наиболее сильная доказательная база существует для двух нозологий: ►

1. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН). Мета-анализ 2024 года демонстрирует, что дистанционный мониторинг статистически значительно снижает госпитализации, связанные с ХСН [21].

Прогноз на 2025-2030 гг. предполагает дифференциацию дистанционного мониторинга. Данные мета-анализа показывают, что имплантируемые мониторы (например, для измерения давления в легочной артерии) более эффективны, чем неинвазивный телемониторинг [21]. Это позволяет прогнозировать переход к стратифицированному подходу: неинвазивный мониторинг для пациентов с риском и имплантируемые устройства для пациентов самого высокого риска (NYHA III-IV и недавняя госпитализация) [21].

2. Сахарный диабет (СД). Систематические обзоры подтверждают улучшение клинических показателей, включая HbA1c, и повышение вовлеченности пациентов [22].

Критически важно, что доказательная база показывает: технология работает не в вакууме. Ретроспективное исследование показало существенное (83-93%) снижение госпитализаций и обращений в неотложную помощь, но только тогда, когда удаленный мониторинг пациентов (на примере системы Cordella) сочетался с проактивной, междисциплинарной командой [23]. Технология – это не пассивный сбор данных, а инструмент для проактивного вмешательства команды.

**Прогноз 2025-2030** – изолированные RPM-системы (Remote patient monitoring – системы удаленного/дистанционного мониторинга пациентов) потерпят неудачу, успех ждет интегрированные программы [24].

## 1.2.2. Интеграция с ИИ и Большими языковыми моделями (LLM)

Текущая проблема телемедицины – генерация огромных объемов данных (Big Data), что ведет к перегрузке медсестер и врачей [5].

Следующий прогностический этап (2025-2030 гг.) – это интеграция Доверенного ИИ (TAI) и Больших языковых моделей (LLM) для автоматизации анализа и оптимизации рабочих процессов. Систематический обзор, охватывающий литературу до марта 2025 года, пока-

зывает, что TAI и LLM будут использоваться для оптимизации рабочих процессов онлайн консультаций, поддержки персонализированного ухода и эффективной диагностики путем объединения данных биосенсоров (BioMEMS), истории пациента и когнитивных данных [25].

**Прогноз для клинициста:** врач 2030 года не будет просматривать все данные дистанционного мониторинга. ИИ будет анализировать поток данных и эскалировать (передавать на более высокий уровень) только те случаи, которые требуют человеческого вмешательства.

## 1.3. Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР, CDSS)

Доказательная база по СППВР неоднозначна. С одной стороны, они снижают ошибки при назначении лекарств (умеренная достоверность) и нежелательные лекарственные явления (низкая достоверность). С другой стороны, их эффективность подрывается «непреднамеренными последствиями». Главное из них – усталость от предупреждений и пуш-уведомлений, приводящая к высоким показателям отклонения предупреждений и отказа реакции на них врачами [26].

Эра «глупых» СППВР, основанных на жестких правилах, заканчивается.

**Прогноз 2025-2030 гг.** – это конвергенция СППВР и ИИ. Текущие СППВР наиболее эффективны при интеграции с электронной медицинской картой (ЭМК), но им не хватает контекста. Решение – это СППВР, управляемый ИИ, который анализирует все данные пациента (включая данные дистанционного мониторинга, геномики и т.д.) для предоставления персонализированных, релевантных рекомендаций, а не общих всплывающих окон [27, 28].

## 1.4. Цифровая терапия (ЦТ, DTx) и mHealth

Цифровая терапия (ЦТ, DTx) – это доказательные терапевтические вмешательства, управляемые программным обеспечением [29]. Доказательная база по ним только формируется. Мета-анализ показал, что ЦТ улучшает HbA1c у пациентов с СД 2 типа, но не показал значимого эффекта у пациентов с СД 1 типа.

Приложения mHealth также показали эффективность в самоуправлении болью [30, 31].

Однако прогноз для Цифровой терапии в 2025-2030 гг. сдержанный из-за двух фундаментальных барьеров, выявленных в научной литературе:

**1. Низкая приверженность.** Это главная проблема. Опубликованные данные подчеркивают низкую приверженность и вовлеченность врачей и пациентов. В некоторых РКИ сообщается о значительных показателях выбывания, составляющих около 50%» [32].

**2. Отсутствие интеграции.** Исследования отмечают ограниченное систематическое исследование того, как бесшовно интегрировать mHealth и ЭМК [33]. Для клинициста данные, которые он не видит в электронной медицинской карте, не существуют.

Многие платформы Цифровой терапии получают разрешение FDA до публикации результатов РКИ [34].

**Прогноз на 2025-2030 гг.** – это великое разделение. Рынок «оздоровительных» mHealth-приложений останется потребительским. Настоящие, рецептурные платформы Цифровой терапии выживут, только если они докажут клиническую и экономическую эффективность в РКИ, решат проблему приверженности и обеспечат полную интеграцию данных в электронную медицинскую карту [35].

Руководителям лечебных учреждений следует требовать от поставщиков платформ Цифровой терапии не маркетинговых брошюр, а опубликованных РКИ и четких планов интеграции с ЭМК.

## **Раздел 2. Трансформация экосистемы данных. Данные реальной клинической практики и их совместимость между собой**

### **2.1. Эпоха данных реальной клинической практики (ДРКП, RWE)**

Данные реальной клинической практики (ДРКП, RWE) – это клинические доказательства, полученные из анализа данных реальной практики (RWD), таких как электронные медицинские карты (ЭМК), регистры и данные mHealth [36].

Роль ДРКП эволюционирует – они больше не используются только для постмаркетинго-

вого надзора. RWE теперь используются для принятия решений на протяжении всего жизненного цикла продукта и для заполнения пробелов в генерализуемости (внешней валидности) рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) [37, 38].

Регуляторы, включая FDA и EMA, активно разрабатывают руководства по использованию RWE для поддержки регуляторных решений [39]. В России эта тема также активно развивается, что подтверждается созданием специализированных образовательных программ по RWD/RWE, например, на базе кафедры клинической фармакологии и доказательной медицины «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» в 2023 году была утверждена образовательная программа дополнительного профессионального образования «Реальная клиническая практика: данные и доказательств» [40].

**Прогноз на 2025-2030 гг.:** главной проблемой будет не сбор данных, а качество и доверие к ним. В литературе прямо указываются опасения относительно того, пригодны ли данные из клинической практики для использования, а также пригодность и качество данных из mHealth для регуляторных целей.

Ценность данных клиники в 2030 году будет определяться их качеством и структурированностью. Инвестиции в управление качеством данных (Data Quality Frameworks) и стандартизацию становятся критически важными.

### **2.2. Семантическая совместимость как критический фактор**

Отсутствие совместимости (неспособность ИТ-систем обмениваться данными и понимать их) является ключевым барьером для эффективного использования электронных медицинских карт, междисциплинарного сотрудничества и внедрения всех технологий, описанных в Разделе 1.

Решение – это семантическая совместимость: обеспечение того, чтобы системы одинаково понимали передаваемые данные.

**Прогноз на 2025-2030 гг.:** стандарты электронного документооборота станут де-факто ►



требованием. Обзор 2023 года заключает, что Fast Health Interoperability Resources (стандарт обмена данными FHIR) «особенно хорошо адаптирован для обмена и хранения данных о здоровье» [41]. Обзор 2024 года уже фокусируется на решениях семантической совместимости с использованием FHIR [42]. FHIR называется стандартом, разработанным Health Level Seven (стандарт обмена данными в здравоохранении HL7) для достижения семантической совместимости.

При любых закупках ИТ-систем (электронных медицинских карт, систем архивации и передачи изображений PACS, лабораторных информационных систем LIS) в 2025-2030 гг. соответствие стандарту FHIR должно быть обязательным техническим требованием для обеспечения будущей совместимости.

Раздел 3. Регуляторная, этическая и экономическая среда (2025-2030 гг.)

3.1. Глобальные стратегии и регуляторные рамки

Регуляторная среда адаптируется к новой реальности.

Три ключевых вектора определяют 2025-2030 гг.:

1. **ВОЗ (WHO):** «Глобальная стратегия в области цифрового здравоохранения на 2020-2025 гг.» устанавливает принципы: совместимость, конфиденциальность, безопасность, этика, справедливость и устойчивость. Это идеологическая база для национальных стратегий [3, 43].

2. **США (FDA):** FDA переходит к динамическому регулированию. Новое руководство (январь 2025 г.) по ИИ вводит два ключевых понятия [44]:

- Регулирование не только до выхода на рынок, но и на протяжении всего жизненного цикла адаптивного ИИ [45].
- FDA требует от разработчиков предоставлять доказательства, что устройство работает одинаково для всех демографических групп (возраст, пол, раса) [45].

3. **Великобритания (NICE):** Framework (ESF) ввел уровневый (Tier) подход [46, 47].

Регуляторы синхронно смещают фокус с технической валидации на клиническую и экономическую ценность (табл. 1).

3.2. Доказательство ценности: Экономическая эффективность

Систематические обзоры показывают, что доказательства экономической эффективности цифрового здравоохранения «растут», но остаются «гетерогенными» [1], что затрудняет сравнение.

Особенно это касается ИИ. Систематический обзор 2025 года по экономической эффективности ИИ показывает «в целом благоприятные результаты», но предупреждает, что выгоды могут быть завышены. Это происходит из-за использования статических моделей, не учитывающих адаптивность ИИ, и недооценки косвенных затрат, например, на обучение и интеграцию [48, 49].

**Прогноз на 2025-2030 гг.** – это внедрение новых, более строгих стандартов отчетности. Появление CHEERS-AI, расширения стандарта CHEERS для ИИ, станет золотым стандартом для оценки экономических заявок. Руководителям следует требовать экономические оценки, соответствующие стандартам CHEERS и, в частности, CHEERS-AI [49, 50].

Таблица 1. Сравнительный анализ регуляторных рамок для цифрового здравоохранения  
Table 1. A comparative analysis of regulatory frameworks for digital health

Организация/Агентство	Ключевой документ/Framework	Основной фокус	Ключевые требования/Принципы
ВОЗ (WHO)	Global Strategy on Digital Health 2020-2025	Глобальные принципы и национальные стратегии	Совместимость, Справедливость (Equity), Безопасность, Конфиденциальность, Этичность.
США (FDA)	AI-Enabled Devices Guidance (Draft, Jan 2025)	Динамическое регулирование ИИ	Total Product Life Cycle (TPLC), Устранение предвзятости (Bias), Good Machine Learning Practice (GMLP).
Великобритания (NICE)	Evidence Standards Framework (ESF)	Оценка экономической ценности	Уровневая система (Tiers) по риску; Требования к доказательствам эффективности и экономической эффективности.

### 3.3. Этика и ответственность в эпоху ИИ

Систематические обзоры выделяют три главные этико-правовые проблемы, которые будут в центре внимания в 2025-2030 гг. [51]:

1. **Предвзятость.** ИИ, обученный на предвзятых данных (например, от одной этнической группы), увековечивает и усиливает неравенство в здравоохранении.

2. **Ответственность.** Кто несет ответственность за ошибку ИИ – врач, разработчик или ЛПУ? Обзоры констатируют наличие правового вакуума.

3. **Прозрачность.** Необходимость пони-

мать, как «черный ящик» ИИ пришел к выводу, что является критичным для доверия.

Решением в 2025-2030 гг. станет принятие международных консенсусных руководств. Ключевой документ – «FUTURE-AI: international consensus guideline», опубликованный в BMJ в 2025 году [52].

Это руководство – глобальный консенсус (117 экспертов из 50 стран), охватывающий весь TPLC и предоставляющий 30 конкретных рекомендаций (рис. 1). Оно станет стандартом для разработки, внедрения и регулирования ИИ. 6 принципов (акроним FUTURE) напрямую отвечают на этические вызовы (рис. 2, табл. 2). ►►



Рис. 1. Географическое распределение междисциплинарных экспертов [52]  
Fig. 1. Geographical distribution of the multidisciplinary experts [52]

**Таблица 2. Шесть принципов Доверенного ИИ (FUTURE-AI, BMJ 2025)**  
**Table 2. Six Principles of Trusted AI (FUTURE-AI, BMJ 2025)**

Принцип	Расшифровка	Что это означает на практике
<b>F</b>	<b>Fairness</b> (Справедливость)	ИИ должен работать одинаково хорошо для всех групп (возраст, пол, раса), устраняя дискриминацию.
<b>U</b>	<b>Universality</b> (Универсальность)	Производительность ИИ должна быть генерализуема и надежна в различных клинических условиях, а не только в «идеальных» условиях разработки.
<b>T</b>	<b>Traceability</b> (Прослеживаемость)	Способность отслеживать и аудировать жизненный цикл ИИ (данные, обучение, решения) для обеспечения подотчетности.
<b>U</b>	<b>Usability</b> (Удобство использования)	ИИ должен быть простым в использовании и легко интегрироваться в клинический рабочий процесс.
<b>R</b>	<b>Robustness</b> (Надежность)	ИИ должен быть безопасным, защищенным (безопасным) и устойчивым к сбоям или неожиданным входным данным.
<b>E</b>	<b>Explainability</b> (Объяснимость)	Способность предоставлять понятные объяснения решений ИИ для укрепления доверия.

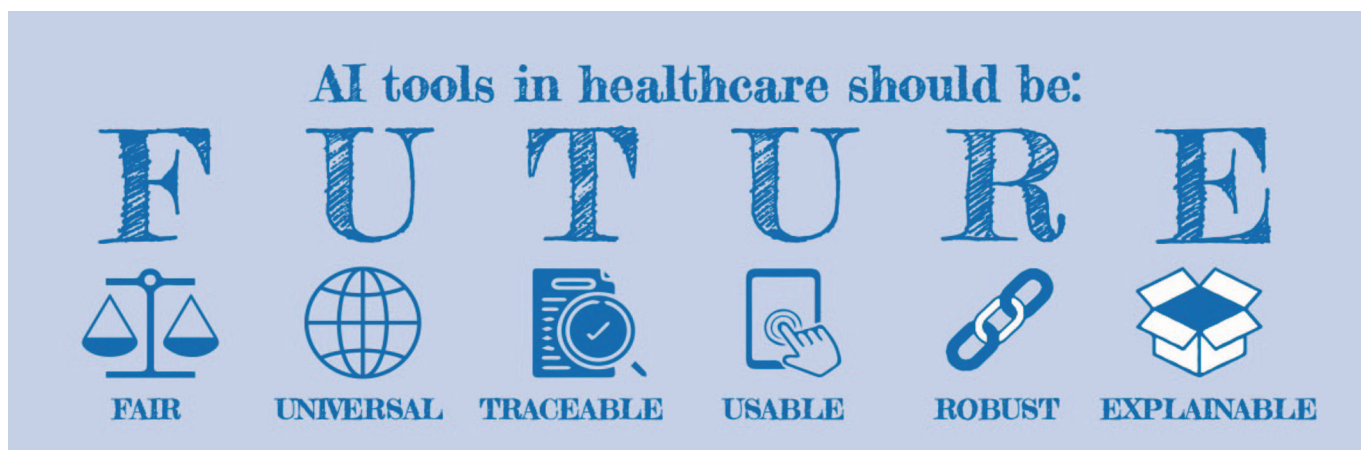


Рис. 2. Организация платформы FUTURE-AI для надежного искусственного интеллекта (ИИ) в соответствии с шестью руководящими принципами [52].

Fig. 2. Organisation of the FUTURE-AI framework for trustworthy artificial intelligence (AI) according to six guiding principles—fairness, universality, traceability, usability, robustness, and explainability [52]

## Раздел 4. Внедрение в практику. Кадровый потенциал и барьеры

### 4.1. Ключевые барьеры и координаторы внедрения. Взгляд врача

Успех или провал цифровизации в 2025-2030 гг. будет решаться не в ИТ-отделах, а «на земле» – практикующими врачами. Выводы о барьерах и координаторах внедрения основаны на систематических обзорах – высшем уровне доказательности для этого вопроса [53].

Самыми значимыми барьерами, по мнению медработников, являются не технологии сами по себе [54]. Данные доказательной медицины показывают, что даже если врач верит, что технология полезна, он не будет ее использовать, если она плохо интегрирована в инфраструктуру или отнимает больше времени, чем экономит, то есть ведет к увеличению нагрузки.

Этот анализ дает четкий сигнал руководству: план внедрения цифровой технологии, не включающий бюджет на обучение и анализ/оптимизацию рабочих процессов, обречен на провал.

### 4.2. Трансформация рабочей силы. Выводы Topol Review

Обзор Э. Тополя (Topol Review) – это фундаментальный прогноз о влиянии ИИ, геномики и цифровой медицины на персонал здравоохранения [55].

Главный эффект технологий в 2025-2030 гг. – не замена, а дополнение. Обзор Э. Тополя называет это «подарком времени», высвобождающим персонал для непосредственной работы с пациентом.

План NHS по кадрам (NHS Long Term Workforce Plan), основанный на этом обзоре, напрямую связывает цифровизацию с реформой рабочей силы. Это означает необходимость:

1. Новых специальностей или должностей: таких как Chief Clinical Information Officer (главный врач/директор по клинической информации) и data engineer (инженер по данным).
2. Новых навыков для всех: Базовая цифровая грамотность станет обязательной компетенцией.

Стратегия цифровизации на 2025-2030 – это, в первую очередь, кадровая стратегия, требующая инвестиций в непрерывное обучение персонала и создание культуры управления знаниями.

## Раздел 5. Стратегические рекомендации и пробелы в доказательной базе

### 5.1. Стратегические рекомендации для руководителей здравоохранения и клиницистов

Подводя итоги приведенной выше информации, для успешной и устойчивой цифровой трансформации в 2025-2030 гг. рекомендуются следующие пять стратегических действий:

1. При закупках – обращать внимание на возможность интеграции приобретаемых плат-



форм в существующую систему. Приоритет – не новизна, а доказанная польза. В идеале – требовать от поставщиков опубликованные РКИ/мета-анализы, оценки экономической эффективности и доказательства бесшовной интеграции с ЭМК.

2. Инвестировать только в ИТ-решения (ЭМК, PACS, LIS), которые нативно поддерживают стандарт FHIR. Это залог будущей совместимости.

3. Внедрять ИИ по стандартам FUTURE-AI. Использовать 6 принципов FUTURE-AI как чек-лист для оценки этичности и надежности ИИ. Готовиться к регулированию сферы AI.

4. Инвестировать в людей больше, чем в программное обеспечение. Провал внедрения – это провал управления, а не технологии. Бюджет на внедрение должен включать значительные ресурсы на обучение, управление изменениями и снижение нагрузки на персонал.

5. Внедрять дистанционный мониторинг для групп высокого риска. Для пациентов с ХСН (особенно после выписки) и СД 2 типа телемониторинг и цифровая терапия, должны стать стандартом, а не опцией [56, 57].

6. Расширять дистанционный мониторинг для других групп пациентов [58, 59].

## 5.2. Нерешенные вопросы и пробелы в доказательной базе

Ключевые пробелы в доказательной базе, которые предстоит заполнить в 2025-2030 гг.:

- Долгосрочная (5-10 лет) экономическая эффективность ИИ, оцененная по стандартам CHEERS-AI.

- Методы реального решения проблемы низкой приверженности цифровой терапии и mHealth [60].

- Стандартизированные методологии данных реальной клинической практики для слияния геномных данных, данных электронной медицинской карты и данных mHealth [61, 62].

- Влияние больших языковых моделей (LLM) на отношения «врач-пациент» и на риски дезинформации.

- Доказательная база по преодолению «цифрового разрыва» у пожилых пациентов и в группах с низкой медицинской грамотностью.

## ■ ВЫВОДЫ

В период 2025-2030 гг. в цифровом здравоохранении произойдет фундаментальный сдвиг. Фокус сместится с доказательства эффективности на доказательство ценности и оптимизацию внедрения. Успех или провал новых технологий, включая ИИ, будет определяться не столько их технической точностью, сколько их способностью продемонстрировать экономическую эффективность, обмениваться данными и однозначно их понимать, преодолеть барьеры внедрения. Таким образом, прогноз на 2025-2030 гг. заключается в том, что успешная стратегия цифровизации потребует от руководителей инвестиций в первую очередь в людей (обучение, изменение рабочих процессов) и процессы, а не только в само программное обеспечение. ▀

## ЛИТЕРАТУРА

1. Merino M, Del Barrio J, Nuno R, Errea M. Value-based digital health: A systematic literature review of the value elements of digital health care. *Digit Health* 2024;10:20552076241277438. <https://doi.org/10.1177/20552076241277438>
2. De Santis KK, Kirstein M, Kien C, Griebler U, McCrabb S, Jahnel T. Online dissemination of Cochrane reviews on digital health technologies: a cross-sectional study. *Syst Rev* 2024;13(1):133. <https://doi.org/10.1186/s13643-024-02557-6>
3. Digital healthWorld Health Organization (WHO), accessed on November 2, 2025, <https://www.who.int/health-topics/digital-health>
4. The Promise of Digital Health: Then, Now, and the FutureNAM, accessed on November 2, 2025, [https://nam.edu/perspectives/the-](https://nam.edu/perspectives/the-promise-of-digital-health-then-now-and-the-future/)

5. Schultz, M.A. Telehealth and Remote Patient Monitoring Innovations in Nursing Practice: State of the Science. *OJIN: The Online Journal of Issues in Nursing* 2023;28(2):ST. <https://doi.org/10.3912/OJIN.Vol28No02ST01>
6. Faizan, M.; Han, C.; Lee, S.W. Policy-Driven Digital Health Interventions for Health Promotion and Disease Prevention: A Systematic Review of Clinical and Environmental Outcomes. *Healthcare* 2025, 13, 2319. <https://doi.org/10.3390/healthcare13182319>
7. Lawrence R, Dodsworth E, Massou E, Sherlaw-Johnson C, Ramsay AIG, Walton H, O'Regan T, Gleeson F, Crellin N, Herbert K, Ng PL, Elphinstone H, Mehta R, Lloyd J, Halliday A, Morris S, Fulop

## ЛИТЕРАТУРА

- NJ. Artificial intelligence for diagnostics in radiology practice: a rapid systematic scoping review. *EClinicalMedicine* 2025;83:103228. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2025.103228>
8. Strubchevska O, Kozyk M, Kozyk A, Strubchevska K. The Role of Artificial Intelligence in Diagnostic Radiology. *Cureus* 2024;16(10):e72173. <https://doi.org/10.7759/cureus.72173>
9. Carvalho BKG, Nolden EL, Wenning AS, Kiss-Dala S, Agocs G, Roth I, Keremi B, Geczi Z, Hegyi P, Kivovics M. Diagnostic accuracy of artificial intelligence for approximal caries on bitewing radiographs: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2024;151:105388. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105388>
10. Obuchowicz R, Lasek J, Wodzinski M, Piorkowski A, Strzelecki M, Nurzynska K. Artificial Intelligence-Empowered Radiology-Current Status and Critical Review. *Diagnostics (Basel)* 2025;15(3):282. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15030282>
11. Han ZL, Zhang YY, Li J, Gao S, Liu W, Yang WJ, Xing ZH. A systematic review and meta-analysis of artificial intelligence software for tuberculosis diagnosis using chest X-ray imaging. *J Thorac Dis* 2025;17(5):3223-3237. <https://doi.org/10.21037/jtd-2025-604>
12. F. Lobig, J. Graham, A. Damania. Enhancing patient outcomes: the role of clinical utility in guiding healthcare providers in curating radiology AI applications. *Front Digit Health. Sec. Human Factors and Digital Health* 2024;6e2024. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2024.1359383>
13. F. Lobig, J. Graham, A. Damania. Enhancing patient outcomes: the role of clinical utility in guiding healthcare providers in curating radiology AI applications. *Front Digit Health. Sec. Human Factors and Digital Health* 2024;6e2024. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2024.1359383>
14. Ogut E. Artificial Intelligence in Clinical Medicine: Challenges Across Diagnostic Imaging, Clinical Decision Support, Surgery, Pathology, and Drug Discovery. *Clin Pract* 2025;15(9):169. <https://doi.org/10.3390/clinpract15090169>
15. Shen IZ, Zhang L. Digital and Artificial Intelligence-based Pathology: Not for Every Laboratory – A Mini-review on the Benefits and Pitfalls of Its Implementation. *J Clin Transl Pathol* 2025;5(2):79-85. <https://doi.org/10.14218/JCTP.2025.00007>
16. Berbis MA, McClintock DS, Bychkov A, Van der Laak J, Pantanowitz L, Lennerz JK, et al. Computational pathology in 2030: a Delphi study forecasting the role of AI in pathology within the next decade. *EBioMedicine* 2023;88:104427. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104427>
17. Qiangqiang Gu, Ankush Patel, Matthew G. Hanna, Jochen K. Lennerz, Chris Garcia, Mark Zarella, David McClintock, Steven N. Hart, Bridging the Clinical-Computational Transparency Gap in Digital Pathology. *Arch Pathol Lab Med* 2025;149(3):276-287. <https://doi.org/10.5858/arpa.2023-0250-RA>
18. King H, Wright J, Treanor D, Williams B, Randell R. What Works Where and How for Uptake and Impact of Artificial Intelligence in Pathology: Review of Theories for a Realist Evaluation. *J Med Internet Res* 2023;25:e38039. <https://doi.org/10.2196/38039>
19. Ashish Pandey, Shakshi Malik, (2024), The Role of Telemedicine in Enhancing Chronic Disease Management: A Systematic Review. *Clinical Research and Clinical Reports* 4(4); <https://doi.org/10.31579/2835-8325/078>
20. Li Y, Shi Q, Yang J, Ran L. Exploring the impact of telemedicine in chronic patients from diverse socioeconomic contexts: systematic review of qualitative studies. *Front Public Health* 2025;12:1510735. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1510735>
21. Ezimoha K, Faraj M, Kanduri Hanumantharayudu S, Kumar Makam Surendraiah P, Zaigham Hassan M, Ibrahim AD, Jaber M, Shah S, Mefti M, Niftalieva G, Ahmed B, Rizwanullah U. The Impact of Remote Patient Monitoring on Clinical Outcomes in Heart Failure Patients: A Meta-Analysis. *Cureus* 2025;17(9):e92812. <https://doi.org/10.7759/cureus.92812>
22. Ezeamii VC, Okobi OE, Wambai-Sani H, Perera GS, Zaynieva S, Okonkwo CC, Ohaiba MM, William-Enemali PC, Obodo OR, Obiefuna NG. Revolutionizing Healthcare: How Telemedicine Is Improving Patient Outcomes and Expanding Access to Care. *Cureus* 2024;16(7):e63881. <https://doi.org/10.7759/cureus.63881>
23. Craig W, Ohlmann S. The Benefits of Using Active Remote Patient Management for Enhanced Heart Failure Outcomes in Rural Cardiology Practice: Single-Site Retrospective Cohort Study. *J Med Internet Res* 2024;26:e49710. <https://doi.org/10.2196/49710>
24. Marier-Tttrault E, Bebawi E, Btchard S, Brouillard P, Zuchinali P, Remillard E, Carrier Z, Jean-Charles L, Nguyen JNK, Lehoux P, Pomey MP, Ribeiro PAB, Tournoux F. Remote Patient Monitoring and Digital Therapeutics Enhancing the Continuum of Care in Heart Failure: Nonrandomized Pilot Study. *JMIR Form Res* 2024;8:e53444. <https://doi.org/10.2196/53444>
25. Zendeabad SA, Ghasemi J, Khodadad FS. Trustworthy AI in Telehealth: Navigating Challenges, Ethical Considerations, and Future Opportunities for Equitable Healthcare Delivery. *Healthc Technol Lett* 2025;12(1):e70020. <https://doi.org/10.1049/htl2.70020>
26. Syrowatka A, Motala A, Lawson E, et al. Computerized Clinical Decision Support To Prevent Medication Errors and Adverse Drug Events: Rapid Review. 2024 Feb. In: Making Healthcare Safer IV: A Continuous Updating of Patient Safety Harms and Practices [Internet]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600580/>
27. Cai J, Li P, Li W, Zhu T. Outcomes of clinical decision support systems in real-world perioperative care: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg* 2024;110(12):8057-8072. <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001821>
28. Grechuta K, Shokouh P, Alhussein A, Muller-Wieland D, Meyerhoff J, Gilbert J, Purushotham S, Rolland C Benefits of Clinical Decision Support Systems for the Management of Noncommunicable Chronic Diseases: Targeted Literature Review. *Interact J Med Res* 2024;13:e58036. <https://doi.org/10.2196/58036>
29. E Santoro, L Boscherini, E G Caiani, Digital therapeutics: a systematic review of clinical trials characteristics, *Eur Heart J* 2021;42(Supplement\_1):ehab724.3115, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab724.3115>
30. Li M, Chen Y, Chen X, Yao H, You L. Impact of Digital Therapeutics for the Management of Adult Patients With Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Med Internet Res* 2025;27:e70428. <https://doi.org/10.2196/70428>
31. Wu W, Graziano T, Salner A, Chen M, Judge M, Cong X, Xu W. Acceptability, Effectiveness, and Roles of mHealth Applications in Supporting Cancer Pain Self-Management: Integrative Review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2024;12:e53652. <https://mhealth.jmir.org/2024/1/e53652>
32. Koller C, Blanchard M, Hügler T (2025) Assessment of digital therapeutics in decentralized clinical trials: A scoping review. *PLOS Digit*

## ЛИТЕРАТУРА

- Health* 4(6): e0000905. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000905>
33. Yu X, Wang Y, Liu Z, Jung E. Technological functionality and system architecture of mobile health interventions for diabetes management: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Public Health* 2025;13:1549568. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1549568>
  34. Amyx M, Phi NTT, Alebouyeh F, Ravaud P, Tran VT. Mapping the Evidence Supporting Digital Therapeutics: A Review. *JAMA Intern Med* 2024;184(11):1388-1390. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2024.4972>
  35. Li, S., Tao, J., Tang, J., Chu, Y., & Wu, H. (2024). Digital therapeutics as an emerging new therapy for diabetes mellitus: potentials and concerns. *Endocrine Connections* 2025;13(9):e240219. <https://doi.org/10.1530/EC-24-0219>
  36. Fitzke H, Fayzan T, Watkins J, Galimov E, Pierce BF. Real-world evidence: state-of-the-art and future perspectives. *J Comp Eff Res* 2025;14(4):e240130. <https://doi.org/10.57264/ceer-2024-0130>
  37. Costa V, Custodio MG, Gefen E, Fregni F. The relevance of the real-world evidence in research, clinical, and regulatory decision making. *Front Public Health* 2025;13:1512429. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1512429>
  38. Hennessy S, Atsuta Y, Hill S, Rago L, Juhaeri J; Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) Working Group XIII. Real-World Data and Real-World Evidence in Regulatory Decision Making: Report Summary From the Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) Working Group XIII. *Pharmacoepidemiol Drug Saf* 2025;34(3):e70117. <https://doi.org/10.1002/pds.70117>
  39. Liu J, Rowland-Yeo K, Winterstein A, Dagenais S, Liu Q, Barrett JS, Zhu R, Ghobadi C, Datta-Mannan A, Hsu J, Menon S, Ahmed M, Manchandani P, Ravenstijn P. Advancing the utilization of real-world data and real-world evidence in clinical pharmacology and translational research-Proceedings from the ASCPT 2023 preconference workshop. *Clin Transl Sci* 2024;17(4):e13785. <https://doi.org/10.1111/cts.13785>
  40. Данные реальной клинической практики (RWD) и доказательства, accessed on November 2, 2025, <https://xn--90agbud2br.xn--p1ai/clinicalpractice>
  41. Ait Abdelouahid R, Debauche O, Mahmoudi S, Marzak A. Literature Review: Clinical Data Interoperability Models. *Information* 2023;14(7):364. <https://doi.org/10.3390/info14070364>
  42. Amar F, April A, Abran A. Electronic Health Record and Semantic Issues Using Fast Healthcare Interoperability Resources: Systematic Mapping Review. *J Med Internet Res* 2024;26:e45209. <https://doi.org/10.2196/45209>
  43. <https://www.who.int/docs/default-source/documents/g4dhdad2a9f352b0445bafbc79ca799dce4d.pdf>
  44. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-issues-comprehensive-draft-guidance-developers-artificial-intelligence-enabled-medical-devices>
  45. <https://www.federalregister.gov/documents/2025/01/07/2024-31543/artificial-intelligence-enabled-device-software-functions-lifecycle-management-and-marketing>
  46. Bahadori S, Buckle P, Soukup Ascensao T, Ghafur S, Kierkegaard P. Evolving Digital Health Technologies: Aligning With and Enhancing the National Institute for Health and Care Excellence Evidence Standards Framework. *JMIR Mhealth Uhealth* 2025;13:e67435. <https://doi.org/10.2196/67435>
  47. Unsworth H, Dillon B, Collinson L, Powell H, Salmon M, Oladapo T, Ayiku L, Shield G, Holden J, Patel N, Campbell M, Greaves F, Joshi I, Powell J, Tonnel A. The NICE Evidence Standards Framework for digital health and care technologies: Developing and maintaining an innovative evidence framework with global impact. *Digit Health* 2021;7:20552076211018617. <https://doi.org/10.1177/20552076211018617>
  48. Gentili A, Failla G, Melnyk A, Puleo V, Tanna GLD, Ricciardi W, Cascini F. The cost-effectiveness of digital health interventions: A systematic review of the literature. *Front Public Health* 2022;10:787135. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.787135>
  49. El Arab RA, Al Moosa OA. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of artificial intelligence in healthcare. *NPJ Digit Med* 2025;8(1):548. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-01722-y>
  50. Zakiah N, Marulin D, Alfaqeeh M, Puspitasari IM, Lestari K, Lim KK, Fox-Rushby J. Economic Evaluations of Digital Health Interventions for Patients With Heart Failure: Systematic Review. *J Med Internet Res* 2024;26:e53500. <https://doi.org/10.2196/53500>
  51. Nasir M, Siddiqui K, Ahmed S. Ethical-legal implications of AI-powered healthcare in critical perspective. *Front Artif Intell* 2025;8:1619463. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1619463>
  52. *BMJ* 2025;388:e081554, <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-081554>, published 5 February 2025 <https://www.bmj.com/content/bmj/388/bmj-2024-081554.full.pdf>
  53. Rodrigues DA, Roque M, Mateos-Campos R, Figueiras A, Herdeiro MT, Roque F. Barriers and facilitators of health professionals in adopting digital health-related tools for medication appropriateness: A systematic review. *Digit Health* 2024;10:20552076231225133. <https://doi.org/10.1177/20552076231225133>
  54. Шадеркин И.А. Три абсолютных барьера при внедрении цифровых технологий в медицине. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2023;9(2):40-55; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-2-40-55>
  55. <https://ru.scribd.com/document/507481364/HEE-Topol-Review-2019>
  56. Лебедев Г.С., Фартушный Э.Н., Шадеркин И.А., Клименко Г.С., Рябков И.В., Кожин П.Б., Кошечкин К.А., Радзиевский Г.П., Фомина И.В. Создание информационной системы поддержки принятия врачебных решений на основе методов доказательной медицины. *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2019;5(1):8-16.
  57. Лебедев Г.С., Владимирский А.В., Шадеркин И.А., Дударева В.П. Комплекс дистанционного мониторинга при хронических неинфекционных заболеваниях. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2022;8(1):7-14; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-1-7-14>
  58. Шадеркин И.А., Владимирский А.В., Цой А.А., Войтко Д.А., Просянников М.Ю., Зеленский М.М. Диагностическая ценность портативного анализатора мочи «ЭТТА АМП-01», как инструмента самостоятельного мониторинга в mHealth и при скрининге в первичном звене медицинской помощи. *Экспериментальная и клиническая урология* 2015; 4:22-26.
  59. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Тertychny A.C., Шадеркина А.И. Цифровая патоморфология: создание системы

## ЛИТЕРАТУРА

автоматизированной микроскопии. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2021;7(4):27-47; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-4-27-47>  
60. Шадеркин И.А., Шадеркина В.А. Удаленный мониторинг здоровья: мотивация пациентов. *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2020;6(3):36-43.  
61. Владимирский А.В., Шадеркин И.А., Цой А.А., Войтко Д.А.,

Просянкин М.Ю., Зеленский М.М. Телемедицинская веб-платформа NETHEALTH.RU как инструмент поддержки клинических решений в урологии. *Урологические ведомости* 2016;6(S):46-47.  
62. Шадеркин И.А., Цой А.А., Сивков А.В., Шадеркина В.А., Просянкин М.Ю., Войтко Д.А., Зеленский М.М. mHealthe Инновации в процессе взаимодействия врача и пациента. *Здравоохранение* 2015;(10):56-65.

### Сведения об авторах:

Шадеркин И.А. – к.м.н., руководитель цифровой кафедры Центра цифровой медицины Института цифрового биодизайна и моделирования живых систем Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ведущий научный сотрудник отдела научных основ организации здравоохранения ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России; Москва, Россия; RINЦ Author ID 695560, <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Шадеркина В.А. – научный редактор урологического информационного портала UroWeb.ru; RINЦ Author ID 880571, <https://orcid.org/0000-0002-8940-4129>

### Вклад авторов:

Шадеркин И.А. – определение научного интереса, литературный обзор, написание текста, 50%  
Шадеркина В.А. – дизайн публикации, написание текста статьи 50%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Опубликовано без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 17.08.25

**Рецензирование:** 06.09.25

**Результаты рецензирования:** 20.09.25

**Принята к публикации:** 22.09.25

### Information about authors:

Shaderkin I.A. – PhD, Head of the Digital Department of the Center for Digital Medicine of the Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems of the Scientific and Technological Park of Biomedicine of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Leading Researcher of the Department of Scientific Foundations of Healthcare Organization of the FSBI «Central Research Institute for Organization and Informatization of Health Care» Ministry of Health of Russia; Moscow, Russia; RSCI Author ID 695560, <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Shaderkina V.A. – Scientific editor of the urological information portal UroWeb.ru; RSCI Author ID 880571, <https://orcid.org/0000-0002-8940-4129>

### Authors Contribution:

Shaderkin I.A. – identification of scientific interest, literature review, text writing, 50%  
Shaderkina V.A. – publication design, text writing, 50%

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** Published without sponsorship.

**Received:** 17.08.25

**Reviewing:** 06.09.25

**Review results:** 20.09.25

**Accepted for publication:** 22.09.25