

ISSN print 2712-9217 • №3 (11) • сентябрь • 2025
ISSN online 2712-9225 • DOI 10.29188/2712-9217

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ И ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

RUSSIAN JOURNAL OF TELEMEDICINE AND E-HEALTH

■ Цифровое
здравоохранение:
прогноз на
2025-2030 гг.

■ Технология доверия:
«Вакси» – современное
решение в вопросах
вакцинации

■ Использование AI-инструментов
для повышения качества научных
публикаций через автоматизированный
анализ препринтов статей



Дневник
мочеиспускания

СКАЧАТЬ ПРИЛОЖЕНИЕ:

Play Market:

App Store:



Ваш бесплатный помощник в контроле здоровья мочевого пузыря!

Дневник мочеиспускания помогает :



Выявить проблемы
с мочеиспусканием



Оценить работу
мочевого пузыря

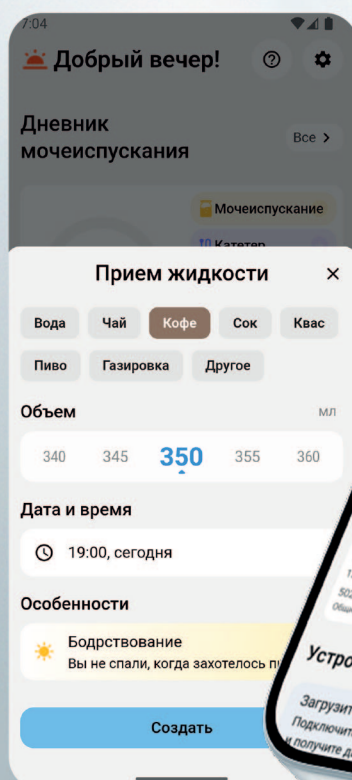


Контролировать
лечение

Бесплатно

Конфиденциально

Сопрягается с УФМ



bladderdiary.ru

info@ettagroup.ru +7 (495) 955-14-08

РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ И ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций,
свидетельство ПИ № ФС 77 – 74021 от 19.10.2018

ISSN print 2712-9217; ISSN online 2712-9225; <https://doi.org/10.29188/2712-9217>

02 июня 2021 г. в запись о регистрации СМИ внесены изменения Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций в связи с изменением названия, изменением языка, уточнением тематики

ЦЕЛЬ ИЗДАНИЯ – информирование ученых, организаторов здравоохранения, практикующих врачей о реальных возможностях применения и об эффективности различных информационно-коммуникационных систем в медицине.

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ – электронное здравоохранение, телемедицина, медицинская информатика и кибернетика, мобильное здоровье, организация здравоохранения, дистанционное обучение, страховая медицинская телематика, медицинская аппаратура, биомедицинская инженерия, биоинформатика.

АУДИТОРИЯ – врачи всех специальностей, главные врачи ЛПУ, руководители IT-отделов ЛПУ, инженеры и разработчики медицинской техники и медицинского оборудования, руководители и сотрудники информационно-аналитических центров.

УЧРЕДИТЕЛЬ: Шадеркин Игорь Аркадьевич

Журнал представлен в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)

РЕДАКЦИЯ:

Издательский дом «УроМедиа»

Руководитель проекта В.А. Шадеркина

Дизайнер О.А. Белова

Редактор Д.М. Монаков, к.м.н.

Корректор А.М. Кувшинова

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

JTelemed.ru

Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения

Том 11. № 3. 1–44

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

Адрес и реквизиты редакции:

Издатель: ИД «УроМедиа»: 105094 Москва, ул. Золотая, 11

Тел.: +7 (926) 017-52-14; e-mail: info@uromedia.ru; viktoriashade1@mail.ru

Редакция не несет ответственности за содержание публикуемых рекламных материалов.

В статьях представлена точка зрения авторов, которая может не совпадать с мнением редакции.

Перепечатка материалов разрешается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в типографии «Тверская фабрика печати».

Тираж 500 экз.


<http://jtelemed.ru>

Russian Journal of Telemedicine and E-Health

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of communications, information technology and mass communications, certificate PI No. FS 77 – 74021 dated 19.10.2018

ISSN print 2712-9217; ISSN online 2712-9225; <https://doi.org/10.29188/2712-9217>

On June 2, 2021, the record on media registration was amended by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media due to the change in the name, change of the language, clarification of the subject matter



THE PURPOSE OF THE JOURNAL is to inform scientists, healthcare managers, medical practitioners about the real application possibilities and the effectiveness of various information and communication systems in medicine.

THE SCIENTIFIC SPECIALIZATION OF THE JOURNAL is health, telemedicine, medical informatics and cybernetics, mobile health, healthcare organization, distance learning, medical insurance telematics, medical equipment, biomedical engineering, bioinformatics.

THE AUDIENCE OF THE JOURNAL consists of doctors of all specialties, chief doctors of healthcare facilities, heads of IT departments of healthcare facilities, engineers and developers of medical equipment, managers and employees of information and analytical centers.

FOUNDER: Igor Shaderkin

The journal is represented in the Russian Science Citation Index (RSCI)

EDITORIAL:

PUBLISHING HOUSE «UROMEDIA»

Project manager V.A. Shaderkina

Designer O.A. Belova

Editor D.M. Monakov, Ph.D.

Proofreader A.M. Kuvshinova

CONTACT INFORMATION:

JTelemed.ru

Russian Journal of Telemedicine and E-Health

Volume 11. No. 3. 1–44

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

Address and details of the editorial office:

Publisher: Publishing House «UroMedia»: 105094 Moscow, st. Zolotaya, 11

Tel .: +7 (926) 017-52-14; e-mail: info@uromedia.ru; viktoriashade1@mail.ru

The editors are not responsible for the content of published advertising materials.

The articles represent the point of view of the authors, which may not coincide with the opinion of the editorial board.

Reprinting of materials is allowed only with the written permission of the publisher.

Printed at the Tver Printing Factory.

500 copies.

<http://jtelemed.ru>

Благодарность рецензентам

Сотрудники редакции «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» выражают огромную признательность всем экспертам, которые принимают участие в работе над каждым выпуском журнала – отбирают самые качественные исследования, самые смелые экспериментальные работы, самые полные литературные обзоры и уникальные клинические случаи.

Ваша работа, коллеги, позволяет журналу повысить профессиональный уровень и предоставлять урологическому сообществу действительно новый качественный специализированный материал.

Огромное количество научных публикаций, поступающих на рассмотрение в редакцию журнала, не всегда соответствует высоким требованиям международных изданий. Вместе с редакцией наши рецензенты в свое личное время и совершенно бескорыстно выбирают достойные статьи, дорабатывают их для своевременной подготовки к публикации.

Ваши безупречные теоретические знания, бесценный практический опыт, умение работать в команде позволяют всегда найти правильные решения, которые соответствуют цели, задачам и редакционной политике нашего журнала.

Число рецензентов «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» постоянно растет – в настоящее время это более 10 ученых из России и зарубежных стран.

Выражаем благодарность рецензентам за детальный и скрупулезный анализ статей «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» № 3 за 2025 г.

**С уважением и благодарностью,
редакция «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения»**

To the Reviewers: Letter of Appreciation

The editorial board members of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» is very grateful to all the experts, taking part in the workflow on each journal issue, selecting the highest quality research, the most daring experimental works, the most complete literature reviews and unique clinical cases.

Dear colleagues, your work allows to improve the journal professional level and provide the urological community with new high-quality specialized content.

A huge number of scientific publications, submitted to the journal editorial board, does not always meet the strict requirements of international publications. In cooperation with the editorial staff, our reviewers choose worthy articles and selflessly modify them for timely preparation for publication.

Your impeccable theoretical knowledge, invaluable practical experience and skill to work in a team allow you to find the only correct solutions that correspond with the goal, objectives and editorial policy of our journal.

The number of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» reviewers is constantly growing – currently there are more than 10 scientists from Russia and foreign countries.

We express our gratitude to the reviewers for a detailed and thorough analysis of the articles of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» № 3 (2025).

With respect and gratitude, the editorial board members of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health».

**With respect and gratitude,
the editorial board of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health»**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Владзимирский А.В. – д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ г. Москвы «НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: Шадеркин И.А. – к.м.н., уролог, руководитель Цифровой кафедры Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ: Шадеркина В.А. – научный редактор портала Uroweb.ru, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА:

Аполихин О.И. – член-корр. РАН, д.м.н, профессор, Директор НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

Виноградов К.А. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, Красноярск, Россия

Гусев А.В. – к.т.н., руководитель GR-направления ассоциации «Национальная база медицинских знаний», эксперт компании «К-МИС», Петрозаводск, Россия

Калиновский Д.К. – к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького», Донецк, ДНР

Кузнецов П.П. – д.м.н., профессор, руководитель проектного офиса «Цифровая трансформация в медицине труда» ФГБНУ «НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», Москва, Россия

Лебедев Г.С. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных и интернет-технологий Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва, Россия

Матвеев Н.В. – д.м.н., профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики МБФ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Монаков Д.М. – к.м.н., уролог, сотрудник отделения урологии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ, Москва, Россия

Наркевич А.Н. – д.м.н., доцент, декан лечебного факультета, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики, заведующий лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, Красноярск, Россия

Натензон М.Я., к.т.н., академик РАЕН, Председатель совета директоров НПО «Национальное телемедицинское агентство», Москва, Россия

Сивков А.В. – к.м.н., заместитель директора по научной работе НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

Столяр В.Л. – к.б.н., заведующий кафедрой медицинской информатики и телемедицины ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Царегородцев А.Л. – к.т.н., доцент кафедры систем обработки информации, моделирования и управления ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск, Россия

М. Джорданова – кандидат наук, научный сотрудник Института космических исследований и технологий Болгарской академии наук, София, Болгария

Ф. Ливенс – MBA, исполнительный секретарь Международного общества телемедицины и электронного здравоохранения, Гримберген, Бельгия

П. Михова, – М.С., руководитель Программного совета Департамента здравоохранения и социальной работы Нового Болгарского Университета, София, Болгария

EDITORIAL BOARD:

CHIEF EDITOR: Vladzimirskyy A.V. – MD, PhD, Deputy Director for Scientific Work, Moscow State Budgetary Healthcare Institution «Scientific and Practical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies DZM», Moscow, Russia

DEPUTY CHIEF EDITOR: Shaderkin I.A. – PhD, Head of the Digital Department of the First Moscow State Medical University them Sechenov (Sechenov University), Moscow, Russia

EXECUTIVE SECRETARY: Shaderkina V.A. – scientific editor of the portal Uroweb.ru, Moscow, Russia

EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL:

Apolikhin O.I. – Corresponding member RAS, MD, PhD, Professor, Director of the Research Institute of Urology and Interventional Radiology N. Lopatkina – branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Vinogradov K.A. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Public Health and Healthcare of the Krasnoyarsk State Medical University named after. prof. V.F. Voyno-Yasenetsky Ministry of Health of Russia, Krasnoyarsk, Russia

Gusev A.V. – Ph.D., head of the GR-direction of the association «National base of medical knowledge», expert of the company «K-MIS», Petrozavodsk, Russia

Kalinovsky D.K. – PhD, Associate Professor of the Department of Surgical Dentistry of the State Educational Institution of Higher Professional Education «Donetsk National Medical University named after M. Gorky», Donetsk, DPR

Kuznetsov P.P. – MD, PhD, Professor, Head of the Project Office «Digital Transformation in Occupational Medicine» of the FSBSI «Research Institute of Occupational Medicine. Academician N.F. Izmerov», Moscow, Russia

Lebedev G.S. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information and Internet Technologies of the First Moscow State Medical University them Sechenov, Moscow, Russia

Matveev N.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Medical Cybernetics and Informatics of the International Charitable Fund of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Russian National Research Medical University named after. N.I. Pirogov Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Monakov D.M. – PhD, urologist, employee of the urology department of the Federal State Budgetary Institution «A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Narkevich A.N. – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Medicine, Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Head of the Laboratory of Medical Cybernetics and Management in Healthcare, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voyno-Yasenetsky, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Krasnoyarsk, Russia

Natenzon M.Ya. – Ph.D., Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Chairman of the Board of Directors of the NPO National Telemedicine Agency, Moscow, Russia

Sivkov A.V. – PhD, Deputy Director for Scientific Work of the Research Institute of Urology and Interventional Radiology named after N.A. Lopatkina – branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Stolyar V.L. – Ph.D., Head of the Department of Medical Informatics and Telemedicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peoples' Friendship University of Russia», Moscow, Russia

Tsaregorodtsev A.L. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Processing Systems, Modeling and Control of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yugorsk State University», Khanty-Mansiysk, Russia

M. Jordanova – PhD, Researcher in Space Research & Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

F. Lievens – MBA, Executive Secretary of International Society for Telemedicine and eHealth, Grimbergen, Belgium

P. Mihova, – M.S., Head of Program council, Department of Health care and Social Work, New Bulgarian University, Sofia, Bulgaria

Содержание	6
------------------	---

■ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

И.А. Шадеркин, В.А. Шадеркина Цифровое здравоохранение: прогноз на 2025–2030 гг.	7
--	---

■ ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А.Ю. Гирча, А.М. Уридин, В.Д. Золотницyna, Д.С. Дмитриева, Л.В. Алешина, Д.А. Корнеева, Н. Сидамонты Технология доверия: «Вакси» — современное решение в вопросах вакцинации.....	19
---	----

А.Е. Гордеев, Д.Н. Резников, М.Д. Варюхина, А.В. Петряйкин, А.В. Соловьев, Р.А. Ерижоков, А.В. Владимирский Разработка автоматизированной системы определения костного возраста у детей по данным рентгенографии кисти с применением технологий искусственного интеллекта.....	25
--	----

Г.М. Жигулин Использование AI-инструментов для повышения качества научных публикаций через автоматизированный анализ препринтов статей.....	32
---	----

Е.С. Козачок, С.С. Серегин Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача в диагностике новообразований кожи на основе мобильной дерматоскопии.....	38
--	----

Contents	6
----------------	---

■ ANALYTICAL REVIEW

I.A. Shaderkin, V.A. Shaderkina Digital Health: Forecast for 2025–2030.....	7
--	---

■ ORIGINAL RESEARCH

A.Yu. Gircha, A.M. Uridine, V.D. Zolotnitsyna, D.S. Dmitrieva, L.V. Aleshina, D.A. Korneeva, N. Sidamonty Technology of trust: «Vaxi» – a modern vaccination solution.....	19
--	----

A.E. Gordeev, D.N. Reznikov, M.D. Varyukhina, A.V. Petryaykin, A.V. Solovyov, R.A. Erizhokov, A.V. Vladzimirsky Development of an automated system for bone age assessment in children based on hand radiography using artificial intelligence technologies	25
--	----

G.M. Zhigulin The use of AI tools to improve the quality of scientific publications through automated analysis of article preprints.....	32
--	----

E.S. Kozachok, S.S. Seregin Intelligent physician decision support system for diagnosis of skin neoplasms based on mobile dermoscopy.....	38
---	----

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

Цифровое здравоохранение: прогноз на 2025–2030 гг.

И.А. Шадеркин^{1,2}, В.А. Шадеркина³

¹ 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

² ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России; Москва, Россия

³ Урологический информационный портал Uroweb.ru, Москва, Россия

Контакт: Шадеркин Игорь Аркадьевич, 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^{1,2}, V.A. Shaderkina³

¹ 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

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

³ Urological information portal Uroweb.ru, Moscow, Russia

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

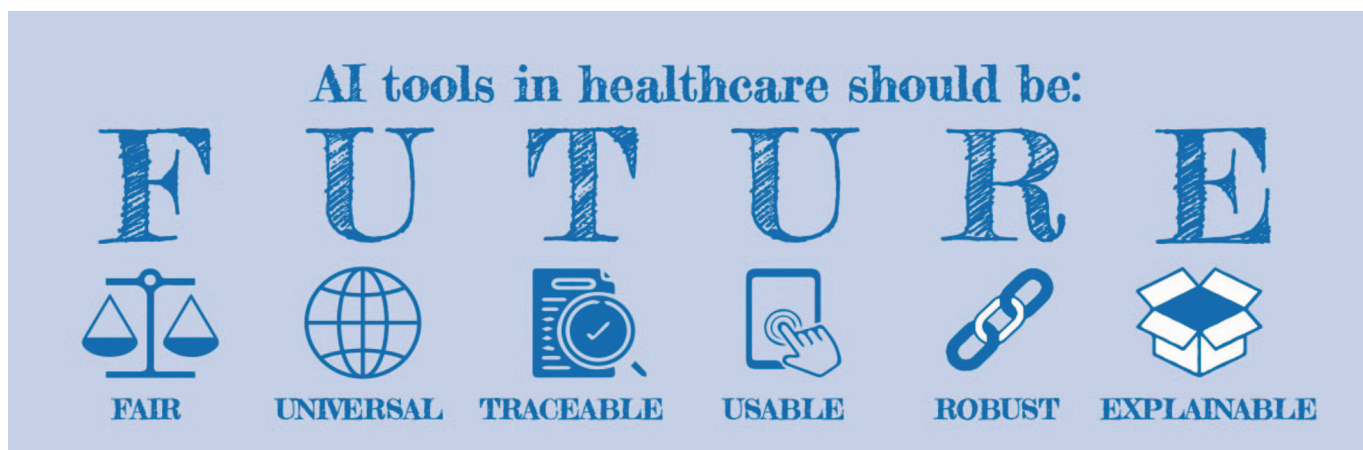


Рис. 2. Организация платформы FUTURE-AI для надежного искусственного интеллекта (ИИ) в соответствии с шестью руководящими принципами [52].

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.eclinm.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

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-19-24>

Технология доверия: «Вакси» – современное решение в вопросах вакцинации

А.Ю. Гирча¹, А.М. Уридин^{2,3}, В.Д. Золотницына⁴, Д.С. Дмитриева⁵,
Л.В. Алешина⁶, Д.А. Корнеева⁶, Н. Сидамонты⁷

¹ ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия

² ООО «ПК ДИМАКС»

³ Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования «Московский финансово-промышленный университет «Синергия»», Москва, Россия

⁴ ФГБУ «Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова», Москва, Россия

⁵ Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск, Россия

⁶ ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

⁷ ФГБОУ ВО Донецкий Государственный Медицинский университет им. М. Горького, Донецк, ДНР

Контакт: Гирча Анастасия Юрьевна, gircha.nastya234@gmail.com

Аннотация:

Введение. Вакцинопрофилактика остается безальтернативным инструментом контроля инфекционной заболеваемости. Однако глобальный кризис доверия к вакцинации, усугубляемый «инфодемией» и распространением псевдонаучных данных в цифровой среде, создает угрозу биологической безопасности. Существует острая потребность в создании верифицированных цифровых инструментов коммуникации «врач–пациент».

Цель. Разработка и внедрение научно обоснованного цифрового инструмента (чат-бота «Вакси» и информационного портала) для повышения приверженности населения к иммунизации и снижения нагрузки на первичное звено здравоохранения.

Материалы и методы. Проведено социологическое исследование методом анонимного анкетирования (n=117) с разделением выборки по профессиональному (медики/не медики) и социальному (родители/бездетные) признакам. Разработка программного обеспечения выполнена на языке Python с использованием библиотек для Telegram API, веб-интерфейс реализован на платформе Tilda. Проведен анализ рынка (TAM, SAM, SOM) и конкурентной среды.

Результаты. Установлено, что 53,8% респондентов ищут информацию о вакцинах в нерегулируемых поисковых системах. Выявлен критический разрыв в уровне лояльности к вакцинации между бездетными респондентами (74,2% положительного отношения) и родителями (40%). 70% опрошенных выразили доверие формату медицинских чат-ботов. Разработанный MVP (Minimum Viable Product) включает функции информирования по Национальному календарю прививок, экстренной профилактики и трекингу побочных эффектов.

Выводы. Внедрение чат-бота «Вакси» является эффективной стратегией борьбы с дезинформацией, позволяющей автоматизировать рутинные консультации и повысить медицинскую грамотность населения. Экономический потенциал проекта подтверждается возможностью экономии времени врачебного персонала.

Ключевые слова: телемедицина; вакцинопрофилактика; чат-боты; инфодемия; цифровое здравоохранение; общественное здоровье; приверженность вакцинации.

Для цитирования: Гирча А.Ю., Уридин А.М., Золотницына В.Д., Дмитриева Д.С., Алешина Л.В., Корнеева Д.А., Сидамонты Н. Технология доверия: «Вакси» – современное решение в вопросах вакцинации. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025;11(3):19-24; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-19-24>

Technology of trust: «Vaxi» – a modern vaccination solution

Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-19-23>**A.Yu. Gircha¹, A.M. Uridine^{2,3}, V.D. Zolotnitsyna⁴, D.S. Dmitrieva⁵, L.V. Aleshina⁶, D.A. Korneeva⁶, N. Sidamonty⁷**¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (RMANPO), Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia² LLC «PK DIMAKS»³ Moscow Financial and Industrial University «Synergy», Moscow, Russia⁴ Research Centre for Medical Genetics named after Academician N.P. Bochkov, Moscow, Russia⁵ Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Pyatigorsk, Russia⁶ Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia⁷ M. Gorky Donetsk State Medical University, Donetsk, DPR**Contact:** Anastasia Yu. Gircha, gircha.nastya234@gmail.com**Summary:****Introduction.** Vaccine prophylaxis remains an indispensable tool for controlling infectious morbidity. However, the global crisis of trust in vaccination, exacerbated by the "infodemic" and the spread of pseudoscientific data in the digital environment, poses a threat to biological safety. There is an urgent need to create verified digital tools for "doctor-patient" communication.**Objective.** The development and implementation of a scientifically grounded digital tool (the «Vaxi» chatbot and information portal) to increase population adherence to immunization and reduce the burden on primary healthcare institutions.**Materials and Methods.** A sociological study was conducted using an anonymous survey method (n=117), with the sample stratified by professional (medical/non-medical) and social (parents/childless) criteria. Software development was performed using the Python language with libraries for the Telegram API, while the web interface was implemented on the Tilda platform. An analysis of the market volume (TAM, SAM, SOM) and the competitive environment was conducted.**Results.** It was established that 53.8% of respondents search for information about vaccines in unregulated search engines. A critical gap in the level of loyalty to vaccination was revealed between childless respondents (74.2% positive attitude) and parents (40%). 70% of respondents expressed trust in the medical chatbot format. The developed MVP (Minimum Viable Product) includes functions for informing users about the National Vaccination Calendar, emergency prophylaxis, and side effect tracking.**Conclusion.** The implementation of the «Vaxi» chatbot represents an effective strategy for combating disinformation, allowing for the automation of routine consultations and the improvement of the population's medical literacy. The project's economic potential is confirmed by the possibility of saving medical personnel time.**Key words:** telemedicine; vaccine prophylaxis; chatbots; infodemic; digital health; public health; vaccination adherence.**For citation:** Gircha A.Yu., Uridin A.M., Zolotnitsyna V.D., Dmitrieva D.S., Aleshina L.V., Korneeva D.A., Sidamonty N. Technology of trust: «Vaxi» – a modern vaccination solution. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025;11(3):19-24; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-19-24>**■ ВВЕДЕНИЕ**

Вакцинопрофилактика признана Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) одним из величайших достижений общественного здравоохранения XX и XXI веков, позволяющим эффективно контролировать, элиминировать и иррадиировать инфекционные заболевания, ранее являвшиеся основными причинами смертности [1]. Тем не менее, парадоксом

современной медицины является тот факт, что на фоне доступности безопасных и эффективных вакцин наблюдается глобальная тенденция к снижению доверия к иммунизации (vaccine hesitancy).

В 2019 году ВОЗ включила недоверие к вакцинации в список десяти глобальных угроз человечеству [2]. Данный феномен во многом обусловлен избытком информации, так называемой «инфодемией», характеризующейся ла-

винообразным распространением как точных, так и ложных сведений в цифровой среде [3]. Недостоверная информация, циркулирующая в социальных сетях и мессенджерах, формирует у пациентов искаженное представление о рисках и пользе иммунопрофилактики.

Недостаточная осведомленность населения о механизмах действия вакцин в сочетании с высокой активностью антивакцинальных лобби создает реальные риски снижения популяционного иммунитета и возвращения эпидемий управляемых инфекций, таких как корь, полиомиелит и дифтерия [4]. Особую тревогу вызывает тот факт, что дезинформация часто касается не только новых препаратов (например, против COVID-19), но и рутинной иммунизации в рамках Национального календаря профилактических прививок (НКПП).

В сложившихся условиях традиционные патерналистские модели коммуникации врача с пациентом теряют эффективность из-за дефицита времени на приеме. Врачи первичного звена, инфекционисты и педиатры сталкиваются с необходимостью тратить значительную часть времени консультации на опровержение мифов, почерпнутых пациентом из Интернета. Возникает острая необходимость в создании и продвижении доступных, понятных и, главное, верифицированных медицинским сообществом цифровых ресурсов, способных стать надежной альтернативой информационному шуму [5].

Цель исследования: создание надежного и доступного цифрового инструмента (экосистемы «Вакси») для эффективного распространения актуальной и достоверной информации о вакцинации среди населения, повышения приверженности к иммунопрофилактике и оптимизации рабочего времени медицинского персонала.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в рамках проекта «Цифровая кафедра» ФГАОВ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Дизайн исследования включал два этапа: аналитический (социологический опрос и анализ рынка) и технологический (разработка программного продукта).

1. Социологическое исследование

Для выявления информационных потребностей, барьеров и предпочтений целевой аудитории было проведено одномоментное поперечное исследование (cross-sectional study) методом анонимного анкетирования.

- В исследовании приняли участие 117 респондентов.

- Для детального анализа выборка была разделена на группы:

- о Группа 1: Лица, не связанные с системой здравоохранения и не являющиеся родителями.

- о Группа 2: Лица, не связанные с системой здравоохранения, имеющие детей (родители).

- о Группы 3 и 4: Врачи-инфекционисты и врачи иных специальностей.

- Среди респондентов преобладали женщины (79,5%), мужчины составили 20,5%. Статус родителя имели 16% опрошенных, 84% – не имели детей.

- Анкета включала блоки вопросов, направленных на оценку уровня доверия к различным источникам информации, знаний о НКПП, отношения к вакцинации (в том числе опыт взаимодействия с врачами, дающими медотводы) и готовности использовать цифровые помощники (чат-боты).

2. Анализ рынка и конкурентной среды

Проведен теоретический анализ литературы и существующих цифровых решений. Использовались методики оценки объема рынка:

- TAM (Total Addressable Market): общий объем целевого рынка.

- SAM (Serviceable Available Market): доступный объем рынка.

- SOM (Serviceable Obtainable Market): реально достижимый объем рынка.

Оценивалась экономическая эффективность внедрения чат-бота через призму снижения нагрузки на систему здравоохранения в денежном выражении (экономия времени врача).

3. Технологическая разработка

Для реализации проекта были выбраны следующие инструменты: ►►

- Язык программирования Python с использованием среды разработки Jupyter Lab. Для взаимодействия с платформой Telegram использовался Telegram Bot API (библиотека aiogram или аналоги).

- Для создания посадочной страницы (landing page) использовалась платформа Tilda Publishing.

- Разработка визуальной концепции, интерфейса (UI) и пользовательского опыта (UX) проводилась в графическом редакторе Figma.

- Статистическая и биоинформатическая обработка данных анкетирования проводилась с использованием стандартных пакетов статистического анализа.

Разработка велась по методологии Agile с созданием MVP (Minimum Viable Product – минимально жизнеспособный продукт) [6].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ информированности и приверженности населения

Анализ полученных данных выявил тревожные тенденции в поведении пациентов. При возникновении вопросов о вакцинации 53,8% респондентов в первую очередь обращаются к нерегулируемым поисковым системам (Google, Яндекс), где выдача формируется алгоритмами релевантности, а не научной достоверности. Это подтверждает гипотезу о том, что пациенты часто попадают в «информационные пузыри» недостоверных данных.

Были выявлены значительные пробелы в фундаментальных знаниях населения по ключевым аспектам вакцинопрофилактики:

- Более 50% опрошенных не имеют полного представления о составе и графике Национального календаря профилактических прививок.

- 38,4% респондентов не осведомлены о необходимости ревакцинации от гепатита В во взрослом возрасте.

- 46,2% респондентов выразили явное желание получать больше информации о вакцинопрофилактике как взрослого, так и детского населения.

Особого внимания заслуживает выявленная корреляция между родительским статусом и отношением к прививкам. Исследование показало, что родительство является фактором, повышающим нерешительность:

- Среди бездетных респондентов (Группа 1) доля положительно настроенных к вакцинации составляет 74,2%.

- Среди родителей (Группа 2) этот показатель снижается до 40%.

- При этом 23% бездетных и 40% родителей готовы прививаться «только в крайнем случае».

Этот феномен требует отдельного психосоциального анализа, однако он подчеркивает необходимость адресной работы именно с родительской аудиторией, которая несет ответственность за здоровье будущего поколения.

Также выявлена проблема ятрогенного влияния на отказ от вакцинации: 60% опрошенных имели опыт общения с врачами, негативно настроенными по отношению к вакцинопрофилактике или выдающими необоснованные медицинские отводы (например, фразы «Корь и краснуху тяжело переносят, вам не надо» или «Плохо перенесли прошлую? Сделаем медотвод»).

Отношение к цифровым инструментам

Несмотря на скепсис по отношению к абстрактному «Искусственному Интеллекту» в медицине (лишь 20% доверяют и считают удобным ИИ), уровень доверия к конкретному инструменту – медицинским чат-ботам – оказался значительно выше. 70% респондентов считают такой способ коммуникации удобным и заслуживающим доверия при условии, что контент верифицирован специалистами.

Разработка и функционал «Вакси»

На основе полученных данных был разработан и запущен цифровой продукт, состоящий из двух компонентов: информационного сайта и чат-бота в Telegram (@VaksiMed_bot).

Функциональная архитектура чат-бота «Вакси» включает следующие блоки:

1. Национальный календарь прививок (детское население) – детализация по возрастам и нозологиям.

2. Национальный календарь (Взрослое население) – напоминания о ревакцинации (АДС-М, Гепатит В и др.).

3. Актуальные вопросы – ответы на частые вопросы (FAQ), разбор мифов.

4. Экстренная иммунопрофилактика – алгоритмы действий при травмах, укусах животных и т.д.

5. Опасность заболеваний – описание патогенеза и осложнений инфекций, от которых проводится вакцинация.

6. Вакцины в РФ – справочник зарегистрированных препаратов.

Экономический анализ

В ходе исследования был проведен расчет потенциального экономического эффекта от внедрения бота за счет экономии рабочего времени врачей.

- PAM (Potential Addressable Market): 36,5 млрд рублей – максимально возможная экономия, если бы все консультации были заменены ботом.

- TAM (Total Addressable Market): 20,44 млрд рублей.

- SAM (Serviceable Available Market): 2,044 млрд рублей – экономия с учетом уровня проникновения интернета и сложности медицинских случаев.

- SOM (Serviceable Obtainable Market): 102,2 млн рублей – экономия, которую планируется достичь в ближайшие 1-3 года (5% от SAM).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты данного исследования коррелируют с международными данными о том, что основным барьером для вакцинации является не отсутствие вакцин, а отсутствие качественной коммуникации [7].

Сравнительный анализ конкурентов (таких как @vaktsina_covid19_zabaykalyebot, @vac76_bot, боты клиник) показал, что существующие решения имеют ряд существенных недостатков:

- Узкая специализация (только COVID-19).
- Географическая ограниченность (только для жителей Москвы или Забайкалья).
- Функционал, ограниченный записью к врачу без образовательного компонента.
- Отсутствие персонализации.

Проект «Вакси», разработанный на базе Сеченовского Университета, обладает конкурентным преимуществом за счет научной верифика-

ции контента. В отличие от генеративных моделей ИИ (ChatGPT, GigaChat), которые могут «галлюцинировать» (выдумывать факты), «Вакси» работает по детерминированным алгоритмам, предоставляя только проверенные клиническими рекомендациями Минздрава РФ данные [8].

Внедрение подобных инструментов в практику врача-терапевта и педиатра позволяет реализовать модель «делегированного информирования». Врач может рекомендовать пациенту воспользоваться ботом для ознакомления с графиком прививок или правилами подготовки, что освобождает время приема для осмотра и сбора анамнеза.

Перспективы развития

1. Внедрение персонализированного трекера самочувствия после вакцинации.

2. Интеграция с медицинскими информационными системами (МИС) для записи на прием.

3. Внедрение элементов ИИ для экспертных интервью в будущем.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема снижения приверженности к вакцинации требует комплексного подхода, включающего современные технологические решения. Результаты исследования подтвердили высокий запрос населения на получение достоверной информации в формате «здесь и сейчас», который могут обеспечить медицинские чат-боты.

Разработанный продукт «Вакси» является современным, масштабируемым решением, способным:

1. Обеспечить население верифицированной информацией о вакцинопрофилактике.

2. Снизить нагрузку на врачей первичного звена путем автоматизации ответов на рутинные вопросы.

3. Повысить охват вакцинацией за счет своевременного информирования и напоминаний.

Использование технологий доверия, базирующихся на авторитете академической медицины и удобстве современных интерфейсов, представляет собой наиболее перспективную стратегию в борьбе с инфодемией и антивакцинальным скептицизмом. ▀

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. Ten threats to global health in 2019. Geneva: WHO; 2019. Available from: <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019> [Cited 2023 Oct 15].
2. Larson HJ, de Figueiredo A, Xiaohong Z, et al. The State of Vaccine Confidence 2016: Global Insights Through a 67-Country Survey. *EBio-Medicine* 2016;12:295-301. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.08.042>
3. Zarocostas J. How to fight an infodemic. *Lancet* 2020;395(10225):676. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30461-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30461-X)
4. Брико Н.И., Фельдблюм И.В. Иммунопрофилактика инфекционных болезней в России: состояние и перспективы. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика* 2017;16(2):4-9.
5. Fagherazzi G, Goetzing C, Rashid MA, et al. Digital Health Strategies to Fight COVID-19 Worldwide: Challenges, Recommendations, and a Call for Action. *J Med Internet Res* 2020;22(6):e19284. <https://doi.org/10.2196/19284>
6. Ries E. The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses. New York: Crown Business; 2011.
7. Dube E, Laberge C, Guay M, et al. Vaccine hesitancy: an overview. *Hum Vaccin Immunother* 2013;9(8):1763-1773. <https://doi.org/10.4161/hv.24657>
8. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации «Вакцинопрофилактика у взрослых и детей». Москва; 2023.

Сведения об авторах:

Гирча А.Ю. – ординатор по специальности «Радиология», ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия

Уридин А.М. – ООО «ПК ДИМАКС», Негосударственное образовательное частное учреждение высшего образования МФПУ «Синергия», Москва, Россия

Золотницyna В.Д. – ординатор по специальности «Лабораторная генетика» ФГБУ «Медико-генетический научный центр имени академика Н.П. Бочкова», Москва, Россия

Дмитриева Д.С. – студентка 2 курса, магистратура по направлению 32.04.01 «Общественное здравоохранение» Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск, Россия

Алешина Л.В. – к.м.н., доцент кафедры клинической иммунологии и аллергологии ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

Корнеева Д.А. – сотрудник кафедры клинической иммунологии и аллергологии имени профессора Н.Г. Астафьевой ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава РФ, Саратов, Россия

Сидамонты Н. – ординатор по специальности «Неонатология», сотрудник кафедры анестезиологии, реаниматологии и неонатологии ФГБОУ ВО Донецкий Государственный Медицинский университет им. М. Горького, Донецк, ДНР

Вклад авторов:

Гирча А.Ю. – дизайн и разработка проекта, написание текста, 30%
 Уридин А.М. – технологическая разработка проекта, 10%
 Золотницyna В.Д. – технологическая разработка проекта, 10%
 Дмитриева Д.С. – литературный обзор, 10%
 Алешина Л.В. – литературный обзор, 10%
 Корнеева Д.А. – литературный обзор, 10%
 Сидамонты Н. – литературный обзор, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 28.06.25

Рецензирование: 25.07.25

Принята к публикации: 07.09.25

Information about authors:

Gircha A.Yu. – resident in Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (RMANPO) of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Uridin A.M. – LLC «PK DIMAKS»; Moscow Financial and Industrial University «Synergy», Moscow, Russia

Zolotnitsyna V.D. – resident in Laboratory Genetics, Research Centre for Medical Genetics named after Academician N.P. Bochkov, Moscow, Russia

Dmitrieva D.S. – 2nd-year Master's Student, specialty 32.04.01 «Public Health», Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Pyatigorsk, Russia

Aleshina L.V. – PhD, Associate Professor at the Department of Clinical Immunology and Allergology, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia

Korneeva D.A. – staff Member at the Department of Clinical Immunology and Allergology named after Professor N.G. Astafyeva, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia

Sidamonty N. – resident in Neonatology, Staff Member at the Department of Anesthesiology, Reanimatology, and Neonatology, M. Gorky Donetsk State Medical University, Donetsk, DPR.

Authors Contribution:

Gircha A.Yu. – project design and development, writing, 30%
 Uridin A.M. – project technological development, 10%
 Zolotnitsyna V.D. – project technological development, 10%
 Dmitrieva D.S. – literature review, 10%
 Aleshina L.V. – literature review, 10%
 Korneeva D.A. – literature review, 10%
 Sidamonty N. – literature review, 10%

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

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 28.06.25

Review: 25.07.25

Accepted for publication: 07.09.25

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-25-31>

Разработка автоматизированной системы определения костного возраста у детей по данным рентгенографии кисти с применением технологий искусственного интеллекта

А.Е. Гордеев, Д.Н. Резников, М.Д. Варюхина, А.В. Петряйкин, А.В. Соловьев, Р.А. Ерижоков, А.В. Владзимирский

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»), Москва, Россия

Контакт: Гордеев Александр Евгеньевич, GordeevAE1@zdrav.mos.ru

Аннотация:

Введение. Оценка костного возраста (КВ) является фундаментальным инструментом в педиатрии, детской эндокринологии и ортопедии для диагностики нарушений роста и развития. Традиционные мануальные методы оценки (атлас Грейлиха-Пайл, метод Таннера-Уайтхауса) характеризуются высокой субъективностью, низкой воспроизводимостью и значительными временными затратами рентгенолога. В Российской Федерации отсутствуют отечественные валидированные программные решения для автоматизации этого процесса, что делает актуальной разработку систем на основе искусственного интеллекта (ИИ).

Цель. Разработка и валидация нейросетевой модели для автоматизированной оценки КВ по рентгенограммам кисти, адаптированной к российской популяции, а также создание прикладного программного обеспечения для интеграции в клиническую практику.

Материалы и методы. Для обучения и тестирования модели использован комбинированный набор данных, включающий 12 611 рентгенограмм из открытого датасета RSNA Bone Age Challenge и 200 верифицированных исследований из Единой радиологической информационной системы (ЕРИС) ЕМИАС города Москвы. Пайплайн обработки данных включал детекцию кисти (YOLOv11), сегментацию (U-Net) и регрессионный анализ (ResNet50).

Результаты. Средняя абсолютная ошибка (MAE) разработанной модели на тестовой выборке составила 7,7 месяца для мальчиков и 8,2 месяца для девочек. Время анализа одного снимка не превышает 2 секунд. Точность модели превосходит показатели традиционной оценки по атласу Грейлиха-Пайл (ошибка до 18 месяцев) и сопоставима с экспертной оценкой (12 месяцев). Разработано программное обеспечение «MosMedSoft» (Свидетельство о госрегистрации № 202566158).

Выводы. Создана первая отечественная автоматизированная система оценки КВ, демонстрирующая высокую точность и скорость работы. Внедрение системы в клиническую практику позволит стандартизировать диагностический процесс, снизить нагрузку на врачей-рентгенологов и повысить качество диагностики эндокринных и ортопедических патологий у детей.

Ключевые слова: костный возраст; искусственный интеллект; рентгенография кисти; нейронные сети; педиатрия; эндокринология; телемедицина.

Для цитирования: Гордеев А.Е., Резников Д.Н., Варюхина М.Д., Петряйкин А.В., Соловьев А.В., Ерижоков Р.А., Владзимирский А.В. Разработка автоматизированной системы определения костного возраста у детей по данным рентгенографии кисти с применением технологий искусственного интеллекта. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025; 11(3):25-31; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-25-31>

Development of an automated system for bone age assessment in children based on hand radiography using artificial intelligence technologies

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-25-31>

A.E. Gordeev, D.N. Reznikov, M.D. Varyukhina, A.V. Petryaykin, A.V. Solovyov, R.A. Erizhokov, A.V. Vladzimirsky

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Contact: Alexander E. Gordeev, GordeevAE1@zdrav.mos.ru

Summary:

Background. Bone age (BA) assessment is a fundamental tool in pediatrics, pediatric endocrinology, and orthopedics for diagnosing growth and developmental disorders. Traditional manual assessment methods (the Greulich-Pyle atlas, Tanner-Whitehouse method) are characterized by high subjectivity, low reproducibility, and significant time consumption for the radiologist. In the Russian Federation, there are no domestic validated software solutions for automating this process, making the development of artificial intelligence (AI)-based systems highly relevant.

Objective. To develop and validate a neural network model for automated BA assessment from hand radiographs, adapted to the Russian population, and to create applied software for integration into clinical practice.

Materials and Methods. A combined dataset was used for training and testing the model, including 12,611 radiographs from the open RSNA Bone Age Challenge dataset and 200 verified studies from the Unified Radiological Information Service (URIS) of the EMIAS of Moscow. The data processing pipeline included hand detection (YOLOv11), segmentation (U-Net), and regression analysis (ResNet50).

Results. The Mean Absolute Error (MAE) of the developed model on the test set was 7.7 months for boys and 8.2 months for girls. The analysis time for a single image does not exceed 2 seconds. The model's accuracy surpasses that of traditional assessment using the Greulich-Pyle atlas (error up to 18 months) and is comparable to expert assessment (12 months). «MosMedSoft» software has been developed (Certificate of State Registration No. 202566158).

Conclusion. The first domestic automated BA assessment system has been created, demonstrating high accuracy and processing speed. Implementation of the system into clinical practice will allow for the standardization of the diagnostic process, reduce the workload on radiologists, and improve the quality of diagnostics for endocrine and orthopedic pathologies in children.

Key words: bone age; artificial intelligence; hand radiography; neural networks; pediatrics; endocrinology; telemedicine.

For citation: Gordeev A.E., Reznikov D.N., Varyukhina M.D., Petryaykin A.V., Solovyev A.V., Erizhokov R.A., Vladzimirsky A.V. Development of an automated system for bone age assessment in children based on hand radiography using artificial intelligence technologies. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025; 11(3):25-31; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-25-31>

■ ВВЕДЕНИЕ

Оценка биологической зрелости организма является одной из ключевых задач в педиатрической практике. Наиболее объективным маркером биологического возраста признан «костный возраст» (КВ) – условная величина, отражающая степень оссификации скелета по сравнению со стандартными популяционными показателями [1]. Расхождение между паспортным (хронологическим) и костным возрастом служит важным диагностическим критерием для широкого спектра патологий.

Для врачей-детских эндокринологов определение КВ необходимо при дифференциальной диагностике вариантов задержки роста (конституциональная задержка, соматотропная недостаточность, гипотиреоз) и форм преждевременного полового развития. Точная оценка костного созревания критически важна для принятия решения о начале терапии гормоном роста (рГР) или аналогами гонадотропин-рилизинг гормона, а также для мониторинга эффективности лечения [2]. Ошибки в определении КВ могут привести к неверному прогнозу конечного роста ребенка и необоснованному на-

значению дорогостоящей и длительной терапии.

В практике травматологов-ортопедов данные о костном возрасте используются для прогнозирования пика ростового скачка, что имеет решающее значение при лечении идиопатического сколиоза (определение времени корсетотерапии или хирургической коррекции) и при хирургическом выравнивании длины нижних конечностей (расчет времени эпифизеодеза) [3]. Недоценка стадии оссификации может привести к упущенному «терапевтическому окну» или, наоборот, к слишком раннему и агрессивному вмешательству.

Для педиатров оценка КВ является инструментом скрининга общего соматического статуса, позволяя выявлять детей, чье физическое развитие отклоняется от нормы вследствие хронических заболеваний, нарушений питания или психосоциальных факторов.

На сегодняшний день «золотым стандартом» определения КВ остается рентгенография кисти и лучезапястного сустава. Это обусловлено минимальной лучевой нагрузкой, большим количеством зон роста в данной анатомической области и наличием стандартизированных методик оценки. Наиболее распространенными в мире являются методы Грейлиха-Пайл (G&P) и Таннера-Уайтхауса (TW2/TW3). Метод G&P основан на визуальном сравнении рентгенограммы пациента с изображениями в атласе, созданном в 1950-х годах на основе выборки детей европеоидной расы из США [4]. Метод TW подразумевает балльную оценку степени зрелости отдельных костей (обычно 13 или 20 зон интереса) с последующим расчетом суммарного индекса [5].

Несмотря на широкое распространение, мануальные методы обладают существенными недостатками:

1. Исследования показывают высокую межэкспертную (inter-observer) и внутриэкспертную (intra-observer) вариабельность. Разброс значений при оценке одного и того же снимка разными специалистами может достигать 0,5–1,0 года [6].

2. Детальная оценка по методу TW3 может занимать до 15–20 минут, что неприемлемо в условиях высокой загруженности рентгенологических отделений. Экспресс-оценка по ат-

ласу G&P быстрее, но менее точна.

3. Атлас G&P основан на данных детей, родившихся в первой половине XX века в Северной Америке. Темпы акселерации и этнические особенности современных детей, в том числе в Российской Федерации, могут существенно отличаться от эталонных значений, что требует адаптации методик или использования больших локальных данных [7].

В связи с этим, автоматизация процесса оценки КВ с помощью технологий искусственного интеллекта (ТИИ) и глубокого обучения (Deep Learning) представляется логичным и необходимым шагом эволюции лучевой диагностики. В мировой практике существуют коммерческие решения (например, BoneXpert, VUNO Med-BoneAge), однако их внедрение в РФ ограничено высокой стоимостью, вопросами локализации данных и необходимостью импортозамещения программного обеспечения.

Научная новизна настоящей работы заключается в создании и валидации первого полностью отечественного комплексного решения на базе сверточных нейронных сетей для автоматизированной оценки КВ, адаптированного к особенностям работы в системе ЕМИАС и учитывающего специфику российской популяции.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (Москва). Дизайн исследования – ретроспективное, мультицентровое, наблюдательное.

В исследовании разработана нейросетевая модель для автоматизированной оценки КВ, адаптированная к российской популяции. Теоретико-методологическая база включает анализ классических алгоритмов обработки медицинских изображений (BoneXpert) и сверточных нейронных сетей (VUNO Med BoneAge и Gleamer BoneAge) для задачи определения КВ [1–3]. В работе применены алгоритмы машинного зрения для предобработки медицинских изображений, детекции (YOLOv11, точность 98%) и сегментации кисти (U-Net, IoU 0,95). Для регрессии костного возраста использована модель ResNet50, обученная на комбинированном ►

датасете из 12 811 рентгенограмм (RSNA Challenge и ЕРИС ЕМИАС).



Рис. 1. Пример аннотированного изображения с выводом костного возраста для исследования из ЕРИС ЕМИАС

Fig. 1. Example of an annotated image with bone age output for research from ERIS EMIAS

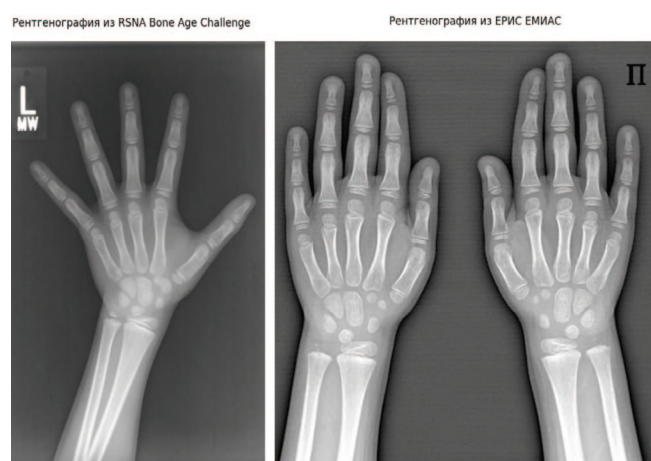


Рис. 2. Методологиями проведения рентгенографии кисти в РФ и США
Fig. 2. Methodologies for performing hand radiography in the Russian Federation and the USA

Характеристика наборов данных (Dataset)

Для разработки модели использован комбинированный датасет, обеспечивающий как разнообразие обучающих примеров, так и релевантность целевой популяции:

1. RSNA Pediatric Bone Age Challenge (США). Основной массив данных для обучения, включающий 12 611 анонимизированных рентгенограмм кисти детей в возрасте от 0 до 19 лет. Данный набор является международным эталоном для задач машинного обучения в области оценки КВ [8].

2. ЕРИС ЕМИАС (РФ, Москва). Для дообучения и независимого тестирования (вали-

дации) использовано 200 рентгенограмм высокого разрешения из Единой радиологической информационной системы города Москвы. Эти данные критически важны для проверки устойчивости модели к качеству изображений отечественного рентгеновского оборудования и особенностям укладки, принятым в РФ.

Был проведен разведочный анализ данных (EDA), который выявил дисбаланс классов с преобладанием возрастных групп 5–15 лет. Для устранения этого фактора на этапе обучения применялась стратификация данных по возрастным интервалам и метод взвешенного сэмплирования (WeightedRandomSampler), что позволило модели равномерно обучаться на примерах всех возрастных групп, включая новорожденных и подростков старшего возраста.

Архитектура системы и алгоритмы обработки

Разработанный программный конвейер (pipeline) состоит из нескольких последовательных этапов, реализующих принцип «от общего к частному»:

1. Предобработка и нормализация.

Входные изображения (форматы DICOM, PNG, JPG) подвергаются линейной нормализации гистограммы. Яркость пикселей приводится к диапазону [0, 255], что нивелирует различия в экспозиции снимков, полученных на разных аппаратах.

2. Детекция области интереса (ROI).

Для автоматического обнаружения кисти на рентгенограмме использована современная архитектура YOLOv11 в связке с Grounded-DINO. Модель обучена находить кисть и исключать посторонние объекты (маркеры стороны, артефакты, элементы коллимации). Точность детекции на тестовой выборке составила 98%.

3. Сегментация.

Выделенная область кисти передается в нейросеть архитектуры U-Net для создания бинарной маски (отделение костной и мягкой ткани от фона). Дополнительно применяются морфологические операции для удаления шумов и заполнения пустот внутри контура. Это позволяет подавать на вход регрессионной модели только информативную часть изображения, исключая влияние фона.

4. Регрессия костного возраста.

В качестве основы для предсказания возраста использована глубокая сверточная нейронная сеть ResNet50. Выбор данной архитектуры обусловлен ее доказанной эффективностью в задачах анализа медицинских изображений благодаря использованию остаточных связей, которые предотвращают затухание градиента при обучении глубоких сетей [9].

- **Функция потерь.** Использована L1 Loss (Mean Absolute Error – MAE), так как она менее чувствительна к выбросам по сравнению с MSE, что важно при наличии биологической вариативности.

- **Аугментация данных.** Для повышения обобщающей способности модели применялась библиотека MONAI. Использованы методы геометрических преобразований: случайные повороты, масштабирование, отражение. Это позволяет имитировать различные варианты укладки пациента.

5. Валидация.

Использована 5-кратная перекрестная проверка, стратифицированная по полу и возрасту. Итоговая модель выбиралась на основе наилучшего баланса ошибки во всех возрастных когортах.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Эффективность разработанной системы оценивалась метрикой средней абсолютной ошибки (Mean Absolute Error – MAE), которая показывает среднее отклонение предсказанного возраста от референтного (истинного) значения в месяцах.

Количественные показатели точности:

На независимом тестовом наборе данных (из выборки ЕРИС ЕМИАС) получены следующие результаты:

- Мальчики: MAE = 7,77 месяца (95% ДИ: 6,8–9,9 в зависимости от возрастной группы).

- Девочки: MAE = 8,19 месяца (95% ДИ: 4,9–10,0 в зависимости от возрастной группы).

Наилучшая точность достигнута в младших возрастных группах (0–24 мес.), где ошибка составила 3,74 мес. для мальчиков и 4,89 мес. для девочек. Некоторое увеличение ошибки в пубертатном периоде (133–180 мес.) до 9–10 месяцев коррелирует с естественной биологической

вариативностью темпов закрытия зон роста в этот период.

Сравнительный анализ:

Полученные показатели MAE (в среднем 7,9 мес.) демонстрируют существенное преимущество перед традиционными методами и сопоставимость с лучшими мировыми практиками:

- Атлас Грейлиха-Пайл (мануально): средняя ошибка составляет 12–18 месяцев из-за субъективности интерпретации и дискретных шагов атласа [10]. Разработанная модель точнее традиционного метода на 46%.

- Врач-эксперт: средняя вариативность оценок опытных рентгенологов составляет около 12 месяцев [6]. Таким образом, точность ИИ-модели сопоставима с уровнем консенсуса экспертов или превосходит его.

- Зарубежные аналоги (SOTA): В рамках RSNA Challenge лучшие алгоритмы показывали MAE на уровне 4,5–5,2 месяцев [8]. Незначительное отставание отечественной модели объясняется использованием гетерогенных данных реальной клинической практики РФ (ЕРИС ЕМИАС), которые сложнее для анализа, чем рафинированные конкурсные датасеты, однако полученный результат (MAE < 8–9 месяцев) полностью удовлетворяет клиническим требованиям для скрининга и мониторинга.

Временные характеристики:

Среднее время полного цикла обработки одного изображения (от загрузки до выдачи заключения) составляет менее 2 секунд. Для сравнения: качественная оценка по методу TW3 занимает у врача 10–20 минут, по методу G&P – 3–5 минут. Внедрение алгоритма позволяет сократить время, затрачиваемое рентгенологом на рутинную задачу, в десятки раз.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная система представляет собой не просто исследовательский проект, а готовый к внедрению продукт, имеющий высокую практическую значимость для врачей различных специальностей.

Значение для врачей-клиницистов

1. Детская эндокринология. ИИ-система обеспечивает объективность в динамическом ►

наблюдении. При лечении соматотропной недостаточности важно оценивать не только прибавку в росте, но и скорость закрытия зон роста. Субъективная ошибка врача в 6–12 месяцев может исказить картину эффективности терапии. Автоматизированная система, обладая фиксированной математической логикой, исключает фактор «усталости» или смены специалиста при повторных визитах.

2. Травматология и ортопедия. Возможность мгновенного получения данных о костном возрасте позволяет ортопеду на амбулаторном приеме без ожидания описания рентгенолога рассчитать прогноз остаточного роста позвоночника. Это критически важно для своевременного назначения корсетирования по типу Шено при прогрессирующем сколиозе.

3. Педиатрия. Простота использования веб-сервиса позволяет педиатрам первичного звена использовать КВ как дополнительный биомаркер здоровья. При выявлении значительного расхождения (более 2 стандартных отклонений) между паспортным и костным возрастом, система сигнализирует о необходимости углубленного обследования на предмет скрытых хронических патологий (целиакия, пороки сердца, почечная недостаточность).

Интеграция и доступность (Telemedicine & Digital Health)

Важным результатом работы является создание программного пакета на языке Python и развертывание веб-сервиса на платформе «MosMedSoft» (рис. 1, 2).

Система поддерживает работу с медицинским стандартом DICOM, что позволяет интегрировать ее непосредственно в PACS-системы медицинских учреждений (например, в ЕРИС ЕМИАС). Это реализует концепцию «бесшовной» работы: врач отправляет снимок на сервер и получает аннотированное изображение с рассчитанным возрастом и ближайшим эталоном из атласа.

Для исследователей и разработчиков предусмотрен простой API, позволяющий интег-

рировать модуль оценки КВ в сторонние медицинские информационные системы (МИС) «в две строки кода».

Ограничения и перспективы

К ограничениям исследования можно отнести использование преимущественно данных датасета RSNA (популяция США) на этапе предварительного обучения. Несмотря на дообучение на российских данных, существуют антропометрические различия между популяциями. Дальнейшие шаги предполагают расширение отечественной выборки для калибровки модели, а также проведение проспективных клинических испытаний для оценки влияния использования ИИ на тактику ведения пациентов.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в Российской Федерации разработано и зарегистрировано (Патент № 202566158) программное обеспечение на основе искусственного интеллекта для автоматического определения костного возраста у детей. Система демонстрирует высокую точность (MAE ~7,7–8,2 мес.), превосходящую традиционные мануальные методы, и радикально сокращает время анализа исследования (до 2 секунд).

Внедрение данной технологии в практику здравоохранения Москвы и регионов РФ позволит:

1. Стандартизировать подход к определению биологического возраста, исключив субъективный фактор.
2. Освободить время врачей-рентгенологов для решения более сложных диагностических задач.
3. Повысить качество медицинской помощи детям с эндокринными и ортопедическими заболеваниями за счет точной и быстрой диагностики.

Продукт готов к клиническому применению и может быть масштабирован в рамках развития цифрового контура здравоохранения. **■**

ЛИТЕРАТУРА

1. Резников Д.Н., Гордеев А.Е., Варюхина М.Д. и др. Определение костного возраста по данным рентгенографии кисти: от классических методов к искусственному интеллекту. *Digital Diagnostics* 2025;(6).
2. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, et al. The use of bone age in clinical practice – part 1. *Horm Res Paediatr* 2011;76(1):1-9.
3. Dimeglio A, Canavese F. The growing spine: how spinal deformities influence normal spine growth. *Eur Spine J* 2012;21(1):64-70.
4. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2nd ed. Stanford, CA: Stanford University Press; 1959.
5. Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, et al. Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height (TW3 Method). 3rd ed. London: Saunders; 2001.
6. Boer AJ, van Rijn RR, van der Steen A, et al. Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. *Arch Dis Child* 2001;85:172-175.
7. Alshamrani K, Messina F, Offiah AC. Is the Greulich and Pyle atlas

- applicable to all ethnicities? A systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2019;29(6):2910-2923.
8. Halabi SS, Prevedello LM, Kalpathy-Cramer J, et al. The RSNA Pediatric Bone Age Machine Learning Challenge. *Radiology* 2019;290(2):498-503.
9. He K, Zhang X, Ren S, Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016:770-778.
10. Lee BD, Lee MS. Automated Bone Age Assessment Using Artificial Intelligence: The Future of Bone Age Assessment. *Korean J Radiol* 2021;22(5):792-800.
11. Spampinato C, Palazzo S, Giordano D, et al. Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images. *Med Image Anal* 2017;36:41-51.
12. Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD. The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. *IEEE Trans Med Imaging* 2009;28(1):52-66.

Сведения об авторах:

Гордеев А.Е. – младший научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Резников Д.Н. – аспирант, младший научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Варюхина М.Д. – к.м.н., заведующий сектором ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Петряйкин А.В. – д.м.н., главный научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Соловьев А.В. – младший научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Ерижиков Р.А. – руководитель научного отдела ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Владимирский А.В. – д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

Вклад авторов:

Гордеев А.Е. – определение научного интереса, разработка дизайна проекта, 40%
Резников Д.Н. – литературный обзор, 10%
Варюхина М.Д. – литературный обзор, 10%
Петряйкин А.В. – литературный обзор, 10%
Соловьев А.В. – написание текста, 10%
Ерижиков Р.А. – написание текста, 10%
Владимирский А.В. – определение научного интереса, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 27.07.25

Рецензирование: 15.08.25

Принята к публикации: 07.09.25

Information about authors:

Gordeev A.E. – Junior Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Reznikov D.N. – PhD Student, Junior Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Varyuhina M.D. – PhD, Head of Sector, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Petryaykin A.V. – Dr. Sci., Chief Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Solovyev A.V. – Junior Researcher, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Erizhokov R.A. – Head of the Scientific Department, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Vladimirsky A.V. – Dr. Sci., Deputy Director for Scientific Work, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia

Authors Contribution:

Gordeev A.E. – defining the research interest, project design, 40%
Reznikov D.N. – literature review, 10%
Varyukhina M.D. – literature review, 10%
Petryaikina A.V. – literature review, 10%
Soloviev A.V. – writing, 10%
Erizhokov R.A. – writing, 10%
Vladimirsky A.V. – defining the research interest, 10%

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

Financing. The study was performed without external funding

Received: 27.07.25

Review: 15.08.25

Accepted for publication: 07.09.25

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-32-37>

Использование AI-инструментов для повышения качества научных публикаций через автоматизированный анализ препринтов статей

Г.М. Жигулин^{1,2}

¹ Кафедра цифровой медицины, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

² ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ», Москва, Россия

Контакт: Жигулин Г.М., glebzhigulin.pp@gmail.com

Аннотация:

Введение. В условиях экспоненциального роста медицинских знаний и публикационной активности критическим фактором становится скорость доведения научных результатов до профессионального сообщества. Оценка длительности процесса рецензирования и публикации в биомедицинских журналах показывает, что значительные задержки часто вызваны не отсутствием научной новизны, а формальными несоответствиями и техническими ошибками в рукописях.

Цель. Разработка и обоснование внедрения автоматизированной системы на основе искусственного интеллекта (AI) для предварительного анализа препринтов (проект Ptolemaea), направленной на снижение процента формальных ошибок и ускорение публикационного цикла.

Материалы и методы. Исследование базируется на принципах Data-Centric AI, наукометрии и компьютерной лингвистике (NLP). Применяемая NLP-модель используется не для генерации текста, а для глубокого структурного и стилистического анализа: выявления нарушений логики IMRAD, несоответствия форматирования, проверки статистических показателей и соблюдения критериев конкретных журналов.

Результаты. Анализ публикационной активности показывает, что средний срок от подачи до принятия статьи варьируется от 50 до 276 дней. При этом до 93,2% ошибок, приводящих к доработкам или отказам, исходят от авторов (оформление, статистика, неполные данные). Представленная технология позволяет авторам выявлять данные недостатки на этапе препринта.

Выводы. Автоматизированный анализ препринтов является эффективным практическим инструментом, снижающим порог входа в научную деятельность для молодых ученых и устраняющим рутинизацию процесса подготовки рукописи для опытных врачей-исследователей. Внедрение подобных систем способствует повышению качества научной коммуникации в сфере здравоохранения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; научные публикации; препринты; NLP; рецензирование; медицинская статистика; Ptolemaea; наукометрия.

Для цитирования: Жигулин Г.М. Использование AI-инструментов для повышения качества научных публикаций через автоматизированный анализ препринтов статей. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025;11(3):32-37; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-32-37>

The use of AI tools to improve the quality of scientific publications through automated analysis of article preprints

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-32-37>

G.M. Zhigulin^{1,2}

¹ Department of Digital Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

² Morozov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russia

Contact: G.M. Zhigulin, glebzhigulin.pp@gmail.com

Summary:

Introduction. Amid the exponential growth of medical knowledge and publication activity, the speed of disseminating scientific results to the professional community is becoming a critical factor. An assessment of the duration of the peer-review and publication process in biomedical journals indicates that significant delays are often caused not by a lack of scientific novelty, but by formal non-compliance and technical errors in manuscripts.

Objective. The development and substantiation of the implementation of an automated artificial intelligence (AI)-based system for the preliminary analysis of preprints (the Ptolemaea project), aimed at reducing the rate of formal errors and accelerating the publication cycle.

Materials and Methods. The study is based on the principles of Data-Centric AI, scientometrics, and computational linguistics (NLP). The NLP model employed is used not for text generation, but for deep structural and stylistic analysis: detecting violations of IMRAD logic, formatting inconsistencies, verifying statistical indicators, and ensuring compliance with the criteria of specific journals.

Results. An analysis of publication activity shows that the average time from submission to acceptance ranges from 50 to 276 days. Notably, up to 93.2% of errors leading to revisions or rejections originate from the authors (formatting, statistics, incomplete data). The presented technology enables authors to identify these shortcomings at the preprint stage.

Conclusion. Automated preprint analysis is an effective practical tool that lowers the barrier to entry into scientific activity for young scientists and eliminates the routinization of the manuscript preparation process for experienced physician-researchers. The implementation of such systems contributes to improving the quality of scientific communication in healthcare.

Key words: artificial intelligence; scientific publications; preprints; NLP; peer review; medical statistics; Ptolemaea; scientometrics.

For citation: Zhigulin G.M. The use of AI tools to improve the quality of scientific publications through automated analysis of article preprints. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025;11(3):32-37; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-32-37>

■ ВВЕДЕНИЕ

Современная биомедицинская наука характеризуется беспрецедентным ростом объема данных. Врачи и исследователи сталкиваются с необходимостью не только постоянно анализировать новую информацию, но и оперативно публиковать результаты собственных клинических наблюдений и экспериментальных работ. Однако существующая система научной коммуникации испытывает перегрузки. Традиционный процесс рецензирования (peer-review), являясь золотым стандартом контроля качества, часто становится «узким горлышком», задерживающим распространение критически важных медицинских знаний.

Проблема длительности публикационного цикла стоит особенно остро. По данным систематических обзоров, средний срок от подачи статьи до ее принятия (acceptance) в биомеди-

цинских журналах варьируется в широком диапазоне – от 50 до 276 дней, при этом медианные значения составляют от 21 до 248 дней [1]. Период от начала до завершения рецензирования занимает от 10 до 75 дней (медиана 29–87 дней), а коммуникация между рецензентом и автором по внесению правок требует еще от 24 до 73 дней [1, 2].

В контексте глобальных вызовов, таких как пандемия COVID-19, научное сообщество продемонстрировало способность ускорять процессы: время «от подачи до публикации» сократилось на 49% по сравнению с доковидным периодом для статей по соответствующей тематике [3]. Однако для работ по другим специальностям (кардиология, онкология, телемедицина) сроки остаются значительными.

Ключевой гипотезой данного исследования является предположение, что значительная часть задержек вызвана не отсутствием научной ►

ценности работ, а формальными недостатками рукописей, которые могут быть устранены автоматически еще до этапа подачи в журнал.

Целью работы является описание методологии и функционала AI-инструмента (на примере разрабатываемой системы Ptolemaea), предназначенного для автоматизированного аудита научных препринтов.

Проблематика: анатомия публикационных задержек и ошибок

Анализ причин возврата рукописей авторам или их отклонения (rejection) выявляет доминирование технических и методологических недочетов над концептуальными. Согласно библиометрическим исследованиям, до 93,2% ошибок в рукописях исходят непосредственно от авторов [4]. Спектр этих ошибок варьируется от банальных опечаток до серьезных методологических нарушений.

К наиболее частотным проблемам, препятствующим быстрой публикации, относятся:

1. Несоответствие требованиям конкретного журнала (Guide for Authors), отсутствие обязательных разделов, неправильное цитирование.

2. Неверный дизайн исследования, недостаточный размер выборки, ошибки в расчете р-значений (p-hacking или технические ошибки вычислений), неясное описание методов [4, 5].

3. Расхождения между данными в абстракте и основном тексте статьи, что затрудняет первичный скрининг редактором.

4. Грамматические и стилистические ошибки, особенно актуальные для авторов, публикующихся на неродном (чаще всего английском) языке.

Факторы, влияющие на скорость публикации, многогранны. Исследования показывают корреляцию между скоростью принятия статьи и такими параметрами, как конфликт интересов (члены редакции публикуются быстрее), география авторов (авторы из развитых стран имеют преимущество) и формат публикации (Open Access часто быстрее традиционной модели) [6, 7]. Тем не менее, качество подготовки рукописи остается единственным фактором, на который автор может повлиять напрямую и гарантированно.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу предлагаемого решения положена научная база Data-Centric AI, наукометрии и компьютерной лингвистики. Проект, получивший название Ptolemaea, реализуется на базе Цифровой кафедры Первого МГМУ им. И.М. Сеченова [8].

Технологический стек и алгоритмы

В отличие от генеративных моделей (таких как GPT), задача которых – создание нового контента, в данном исследовании применяются NLP-модели (Natural Language Processing) для глубокого аналитического разбора текста. Подход можно охарактеризовать как «экспертная система на базе ИИ».

Процесс автоматизированного анализа препринта включает следующие этапы:

1. Парсинг и структурирование. Алгоритм декомпозирует загруженный файл (docx, pdf) на структурные элементы согласно стандарту IMRAD (Introduction, Methods, Results, and Discussion).

2. Формальная верификация. Проверка наличия всех обязательных разделов, соответствия объема аннотации, корректности оформления таблиц и рисунков, наличия ссылок на эти элементы в тексте.

3. Стилистический и лингвистический анализ. Выявление грамматических ошибок, стилистических несоответствий научному стилю, проверка уникальности текста (интеграция с базами научных статей).

4. Статистический аудит. Это наиболее инновационный модуль системы. Алгоритм сканирует раздел «Результаты» на предмет упоминания статистических критериев и р-значений, проверяя их внутреннюю согласованность и математическую возможность заявленных результатов при указанных размерах выборки.

5. Проверка библиографии. Верификация списка литературы, проверка соответствия ссылок внутри текста списку литературы, а также валидация DOI.

Валидация

Эффективность разрабатываемой модели оценивается путем сравнения результатов авто-

матического анализа с рецензиями экспертов-людей. Тестовая выборка включает препринты, размещенные в открытых репозиториях (arXiv, bioRxiv, medRxiv), что позволяет обучать модель на реальных данных, содержащих типичные ошибки [9].

Внедрение системы автоматизированного анализа препринтов позволяет трансформировать процесс подготовки статьи. Технология помогает авторам заранее, до подачи в редакцию, увидеть и исправить ошибки, экономя время и повышая шансы на успешную публикацию (acceptance rate).

Сравнительный анализ функционала разрабатываемой системы Ptolemaea с существующими зарубежными аналогами (Penelope.ai (Великобритания), Stat Reviewer (США/Aries System), Manuscript Manager (США)) и отечественными решениями (НейроАссистент научного издательства, НЭИКОН) демонстрирует конкурентные преимущества предлагаемого подхода (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Внедрение системы автоматизированного анализа препринтов позволяет трансформировать процесс подготовки статьи. Технология помогает авторам заранее, до подачи в редакцию, увидеть и исправить ошибки, экономя время и повышая шансы на успешную публикацию (acceptance rate).

Сравнительный анализ функционала разрабатываемой системы Ptolemaea с существующими

зарубежными аналогами (Penelope.ai (Великобритания), Stat Reviewer (США/Aries System), Manuscript Manager (США)) и отечественными решениями (НейроАссистент научного издательства, НЭИКОН) демонстрирует конкурентные преимущества предлагаемого подхода (табл. 1).

Ключевым отличием системы Ptolemaea является комплексный подход, включающий проверку статистической корректности, что реализовано лишь в единичных зарубежных продуктах (Stat Reviewer), доступ к которым для российских исследователей может быть ограничен.

Для образовательных и научных учреждений внедрение подобных систем несет прямой экономический эффект. По данным статистического сборника «Индикаторы науки: 2025», в России насчитывается более 800 институтов и университетов и 338 тысяч авторов, а финансирование науки превышает 1,6 трлн рублей [10]. При этом до 30% отчетов по грантам требуют существенной доработки, что влечет административные и финансовые издержки.

Внедрение AI-анализа препринтов позволяет:

- Для ВУЗов: Повысить показатели публикационной активности (KPI), улучшить качество обучения студентов и аспирантов академическому письму, обеспечить мониторинг качества исследований.
- Для молодых ученых: Снизить порог вхождения в публикационную деятельность. Система выступает в роли ментора, указывая на ошибки, характерные для начинающих исследователей. ►

Таблица 1. Сравнительный анализ функционала систем автоматической проверки научных статей
Table 1. Comparative analysis of the functionality of automatic verification systems for scientific articles

Функция	Ptolemaea (РФ)	Penelope.ai (UK)	Stat Reviewer (USA)	Manuscript Manager (USA)	НейроАссистент (РФ)
Оценка формальных параметров (структура, объем, рисунки)	+	+	–	+	+
Оценка статистической части(методы, p-value)	+	–	+	–	–
Система рекомендаций по улучшению	+	–	–	–	+
Подбор журнала для публикации	+	–	–	+	+
Проверка на антиплагиат и цитирование	+	+	–	+	+

- Для опытных авторов: Решить проблему рутинизации, делегируя ИИ проверку форматирования и библиографии, фокусируясь на научной новизне.

- Для издательств: Обеспечить предварительную фильтрацию входящего потока статей, снижая нагрузку на рецензентов и редакторов.

Потенциальный рынок (SAM) в России оценивается в 875 млн рублей в год с возможностью достижения выручки более 80 млн рублей к третьему году реализации проекта при охвате около 10% рынка.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Традиционная модель закрытого рецензирования подвергается критике из-за длительности, предвзятости и неспособности выявить все ошибки. В ответ на это возникают новые модели:

1. Fast-track. Ускоренное рецензирование (часто платное) [11].

2. Publish–Review–Curate. Модель, где статья сначала публикуется как препринт, затем проходит рецензирование и кураторскую оценку [12].

3. Открытый обзор. Публикация комментариев рецензентов вместе с текстом статьи.

Использование AI-инструментов гармонично вписывается в парадигму Publish–Review–Curate и развития препринт-серверов. Активность российских авторов на платформе arXiv в 2024 году выросла на 12%, что подтверждает готовность сообщества к новым форматам коммуникации. AI-валидация выступает первичным фильтром качества, гарантирующим, что препринт соответствует базовым стандартам научности перед тем, как он попадет к экспертам-людям.

Важно подчеркнуть, что AI-инструменты, такие как Ptolemaea, не заменяют научного рецензента. Искусственный интеллект на текущем этапе развития не способен оценить истинную клиническую значимость, новизну идеи или этич-

ность проведенного эксперимента над пациентами. Задача AI – взять на себя функцию «технического редактора» и «статистического контролера».

Для врача-клинициста использование такого инструмента означает возможность сосредоточиться на медицине, а не на борьбе с требованиями к оформлению списка литературы. Это практический инструмент, снижающий риск отказа по формальным признакам, который особенно демотивирует авторов.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированный анализ препринтов с использованием технологий Data-centric AI и NLP представляет собой перспективное направление в области медицинской информатики и наукометрии. Проект Ptolemaea демонстрирует возможность создания комплексного ответственного решения, превосходящего по ряду параметров зарубежные аналоги, в частности, за счет модуля статистического аудита.

Внедрение данной технологии позволит:

1. Сократить время от написания до публикации статьи за счет устранения формальных ошибок на раннем этапе (shift-left testing).

2. Снизить нагрузку на редакции научных журналов и рецензентов.

3. Повысить общее качество биомедицинских публикаций, минимизируя количество статей с некорректным дизайном или статистикой.

4. Стимулировать публикационную активность молодых ученых и студенческих сообществ, которых в России насчитывается более 500.

Дальнейшее развитие проекта предполагает расширение датасетов для обучения моделей, интеграцию с редакционными системами российских журналов и совершенствование алгоритмов проверки семантической связности текста. ▀

ЛИТЕРАТУРА

1. Andersen MZ, Fonnes S, Rosenberg J. Time from submission to publication varied widely for biomedical journals: a systematic review. *Curr Med Res Opin* 2021;37(6):985–993. <https://doi.org/10.1080/03007995.2021.1905622>
2. Maggio LA, Bynum WE 4th, Schreiber-Gregory DN, Durning SJ, Artino AR Jr. When will I get my paper back? A replication study of

- publication timelines for health professions education research. *Perspect Med Educ* 2020;9:253–256.
3. Horbach SPJM. Pandemic publishing: Medical journals strongly speed up their publication process for COVID-19. *Quant Sci Stud* 2020;1(3):1056–1067. https://doi.org/10.1162/qss_a_00076
4. Soleimanpour S, Sedghi S, Asghari H, Nemati-Anaraki L. No study

ЛИТЕРАТУРА

is ever flawless: A scoping review of common errors in biomedical manuscripts. *Account Res* 2021;29(6):397–414. <https://doi.org/10.1080/08989621.2021.1937604>

5. Vural S, Kaya H, Coşkun F. A bibliometric study on the publication errors in emergency medicine journals from 2000 to 2020. *Am J Emerg Med* 2022;60:140–144. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2022.08.001>

6. Sebo P, Fournier JP, Ragot C, Gorioux P, Herrmann F, Maisonneuve H. Factors associated with publication speed in general medical journals: a retrospective study of bibliometric data. *Scientometrics* 2019;119:1037–1058. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03061-8>

7. Taşkın Z, Taşkın A, Doğan G, et al. Factors affecting time to publication in information science. *Scientometrics* 2022;127:7499–7515. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04296-8>

8. Жигулин Г.М., и др. Использование AI инструментов для повышения качества научных публикаций. Материалы конференции ИТМ. 2024.

9. Accelerating scientific progress with preprints. *Nat Comput Sci* 2024;4:311. <https://doi.org/10.1038/s43588-024-00641-4>

10. Гохберг Л.М., Дитковский К.А., Евневич Е.И. и др. Индикаторы науки: 2025: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2025.

11. Teixeira da Silva JA, Yamada Y. Accelerated Peer Review and Paper Processing Models in Academic Publishing. *Pub Res Q* 2022;38:599–611. <https://doi.org/10.1007/s12109-022-09891-4>

12. Eisen MB, Akhmanova A, Behrens TE, et al. Scientific Publishing: Peer review without gatekeeping. *eLife* 2022;11:e83889.

Сведения об авторе:

Жигулин Г.М. – аспирант ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ», сотрудник кафедры цифровой медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, руководитель проекта Ptolemaea, Москва, Россия

Вклад автора:

Жигулин Г.М. – определение научного интереса, дизайн и технологическое решение проекта, обзор литературы, написание текста, общее руководство проектом, 100%

Конфликт интересов: Автор заявляет о разработке описываемого программного продукта Ptolemaea.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 09.05.25

Рецензирование: 31.05.25

Принята к публикации: 17.07.25

Information about author:

Zhigulin G.M. – postgraduate student at the Morozov Children's City Clinical Hospital of the Moscow Health Department, employee of the Department of Digital Medicine at the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, and head of the Ptolemaea project, Moscow, Russia

Author Contribution:

Zhigulin G.M. – definition of scientific interest, design and technological solution of the project, literature review, writing, overall project management, 100%

Conflict of interest. The author declares the development of the described software product Ptolemaea.

Financing. The study was performed without external funding

Received: 09.05.25

Review: 31.05.25

Accepted for publication: 17.07.25

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-38-44>

Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача в диагностике новообразований кожи на основе мобильной дерматоскопии

Е.С. Козачок¹, С.С. Серегин²

¹ Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН (ИСП РАН), Москва, Россия

² Медицинский центр «Beauty Clinic», Орел, Россия

Контакт: Козачок Елена Сергеевна, dr.kozachok@mail.ru

Аннотация:

Введение. Злокачественные новообразования кожи являются одной из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения, характеризующейся устойчивым ростом заболеваемости. Особую сложность представляет ранняя диагностика начальных форм меланомы врачами первичного звена, не обладающими навыками дерматоскопии. Цель исследования заключалась в разработке и валидации методики скринингового обследования с применением мобильной дерматоскопии и алгоритмов машинного обучения для ранней дифференциальной диагностики новообразований кожи.

Материалы и методы. Для обучения нейронных сетей был сформирован объединенный набор данных, включающий 24 765 дерматоскопических снимков из репозитория ISIC-2019 и 657 клинически верифицированных изображений, собранных авторами и учитывающих фототипы кожи населения России. Для получения собственных данных использовался разработанный оптический модуль-насадка на смартфон. Программная часть системы реализована в облачной архитектуре с использованием модели глубокого обучения Vision Transformer (ViT). Исследована эффективность двух режимов анализа: многоклассовой классификации (8 классов) и каскадной бинарной классификации (последовательное разделение на меланоцитарные/немеланоцитарные образования и дифференциация меланомы/невуса).

Результаты. Экспериментальная оценка показала преимущество каскадной стратегии. Точность (Accurasy) модели на критически важном этапе дифференциации меланомы и невуса составила 0,964 (F-мера 0,951), что превышает показатели многоклассового подхода (Accurasy 0,932). В ходе клинической апробации на выборке из более 200 пациентов было выявлено 9 случаев меланомы и 6 случаев базальноклеточной карциномы. Сопоставление результатов работы системы с заключениями экспертов-онкологов продемонстрировало совпадение диагнозов в 89% случаев.

Выводы. Предложенная интеллектуальная система поддержки принятия решений (СППВР) на основе мобильной дерматоскопии обеспечивает высокую диагностическую точность, сопоставимую с экспертной. Внедрение методики в практику врачей первичного звена позволит повысить онконастороженность, доступность скрининга и эффективность маршрутизации пациентов в специализированные онкологические учреждения.

Ключевые слова: меланома; рак кожи; дерматоскопия; искусственный интеллект; телемедицина; скрининг; Vision Transformer; СППВР.

Для цитирования: Козачок Е.С., Серегин С.С. Интеллектуальная система поддержки принятия решений врача в диагностике новообразований кожи на основе мобильной дерматоскопии. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025;11(3):38-44; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-38-44>

Intelligent physician decision support system for diagnosis of skin neoplasms based on mobile dermoscopy<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-38-44>**E.S. Kozachok¹, S.S. Seregin²**¹ Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences (ISP RAS), Moscow, Russia² Medical Center «Beauty Clinic», Orel, Russia**Contact:** Elena S. Kozachok, dr.kozachok@mail.ru**Summary:**

Introduction. Malignant skin neoplasms are one of the most pressing problems in modern healthcare, characterized by a steady increase in morbidity. Early diagnosis of initial forms of melanoma by primary care physicians who lack dermoscopy skills presents a particular challenge.

The aim of the study was to develop and validate a screening methodology using mobile dermoscopy and machine learning algorithms for the early differential diagnosis of skin neoplasms.

Materials and Methods. To train neural networks, a combined dataset was formed, including 24,765 dermoscopic images from the ISIC-2019 repository and 657 clinically verified images collected by the authors, taking into account the skin phototypes of the Russian population. A developed optical smartphone attachment module was used to collect proprietary data. The software part of the system is implemented in a cloud architecture using the Vision Transformer (ViT) deep learning model. The efficiency of two analysis modes was investigated: multiclass classification (8 classes) and cascade binary classification (sequential separation into melanocytic/non-melanocytic lesions and differentiation of melanoma/nevus).

Results. Experimental evaluation showed the advantage of the cascade strategy. The accuracy of the model at the critically important stage of differentiating melanoma and nevus was 0.964 (F-measure 0.951), which exceeds the indicators of the multiclass approach (Accuracy 0.932). During clinical approbation on a sample of more than 200 patients, 9 cases of melanoma and 6 cases of basal cell carcinoma were detected. Comparison of the system's results with the conclusions of expert oncologists demonstrated a diagnosis agreement in 89% of cases.

Conclusion. The proposed intelligent decision support system (CDSS) based on mobile dermoscopy ensures high diagnostic accuracy comparable to expert levels. The implementation of the methodology in primary care practice will increase cancer alertness, screening accessibility, and the efficiency of patient routing to specialized oncological institutions.

Key words: melanoma; skin cancer; dermoscopy; artificial intelligence; telemedicine; screening; Vision Transformer; CDSS.

For citation: Kozachok E.S., Seregin S.S. Intelligent physician decision support system for diagnosis of skin neoplasms based on mobile dermoscopy. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025;11(3):38-44; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-3-38-44>

ВВЕДЕНИЕ

Злокачественные новообразования кожи (ЗНОК) являются одной из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения, занимая ведущие позиции в структуре онкологической заболеваемости. По данным международных и отечественных исследований, за последнее десятилетие отмечается устойчивая тенденция к росту числа случаев меланомы и немеланоцитарных раков кожи. Согласно глобальной статистике GLOBOCAN, ежегодно в мире регистрируется более 320 тысяч новых

случаев меланомы и более 1 миллиона случаев немеланоцитарного рака кожи [1]. В Российской Федерации показатели заболеваемости также демонстрируют неуклонный рост: прирост заболеваемости меланомой кожи за последние 10 лет составил более 30% [2].

Особую опасность представляют поздние стадии заболевания, когда эффективность лечения существенно снижается, а риск летального исхода возрастает. Пятилетняя выживаемость при локализованной меланоме превышает 98%, однако при наличии отдаленных метастазов этот показатель падает до 30% [3]. ►

Экономическое бремя лечения запущенных форм онкопатологии кожи ложится тяжелым грузом на систему здравоохранения, требуя применения дорогостоящей таргетной и иммунотерапии.

Наибольшие трудности вызывает ранняя диагностика, поскольку начальные формы меланомы и ряда других опухолей часто протекают бессимптомно и требуют применения специальных методов визуализации. «Золотым стандартом» неинвазивной диагностики является дерматоскопия, позволяющая визуализировать внутрикожные морфологические структуры, невидимые невооруженным глазом. Однако чувствительность и специфичность дерматоскопии напрямую зависят от квалификации специалиста. Исследования показывают, что точность диагностики меланомы у врачей общей практики без применения дерматоскопии составляет около 60%, тогда как у экспертов-дерматологов она достигает 90% [4]. В условиях дефицита узкопрофильных специалистов в первичном звене здравоохранения возникает так называемый «диагностический разрыв».

В связи с этим особую значимость приобретают разработки скрининговых методик, позволяющих оперативно выявлять подозрительные новообразования на ранних стадиях и направлять пациентов к профильным специалистам. Внедрение телемедицинских технологий и систем искусственного интеллекта (ИИ) способно стать тем инструментом, который повысит онконастороженность врачей первичного звена (терапевтов, хирургов, косметологов) и обеспечит маршрутизацию пациентов группы риска [5].

Цель настоящего исследования заключалась в разработке методики скринингового обследования с применением мобильной дерматоскопии и алгоритмов машинного обучения, ориентированной на раннюю дифференциальную диагностику меланоцитарных и немеланоцитарных новообразований кожи, а также в оценке ее эффективности в клинической практике.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Качество работы алгоритмов машинного обучения критически зависит от репрезента-

тивности обучающей выборки. В качестве исходных данных использован объединенный набор дерматоскопических изображений, включающий 24 765 снимков из открытого международного репозитория ISIC-2019 (International Skin Imaging Collaboration), который является эталонным источником для обучения нейронных сетей в дерматологии [6]. Однако использование только международных баз данных может вносить смещение, связанное с преобладанием определенных фототипов кожи, нехарактерных для российской популяции.

Для устранения этого ограничения выборка была дополнена 657 клинически верифицированными изображениями, собранными авторами исследования и учитывающими фототипы кожи (преимущественно I–III по Фитцпатрику), характерные для населения России. Все изображения прошли процедуру деперсонализации и экспертной разметки с подтверждением диагноза гистологическим заключением (для злокачественных образований) или экспертным консенсусом (для доброкачественных). Распределение по классам в локальном наборе данных включало: невусы (353), себорейный кератоз (116), меланому (75), сосудистые поражения (61), дерматофибромы (19), базальноклеточную карциному (18) и плоскоклеточный рак (15). Проблема дисбаланса классов решалась методами аугментации данных (повороты, отражения, изменение яркости) при обучении моделей.

Для получения собственных данных применялся оптический дерматоскоп, сопряженный со смартфоном, что обеспечивает достаточную детализацию, сопоставимую с традиционной клинической дерматоскопией. В отличие от дорогостоящих зарубежных аналогов (например, Heine Delta 20 стоимостью около 270 000 руб.), разработанный прототип ориентирован на массовое использование в первичном звене.

Разработанный на первом этапе прототип обладает следующими характеристиками:

- Увеличение: 10-кратное, что является стандартом для классической дерматоскопии.
- Оптика: использован ахроматический объектив диаметром 32 мм, минимизирующий хроматические аберрации и искажения цвета, что критически важно для корректной работы алгоритмов анализа цвета.

- Просветляющие покрытия: многослойные ($R < 0,5\%$), обеспечивающие высокую светопропускаемость.

- Разрешение: оптическое разрешение системы составляет 40 линий/мм при контрасте 80% (на поле 50 мм), что позволяет фиксировать мельчайшие признаки атипии (бело-голубая вуаль, точки, глобулы).

- Система освещения: реализована на базе i4 светодиодов с высоким индексом цветопередачи ($CRI > 90$) и поддержкой кросс-поляризации для устранения поверхностных бликов от рогового слоя эпидермиса.

- Автономность: питание осуществляется от перезаряжаемого аккумулятора типоразмера 18650 через порт micro-USB, что обеспечивает мобильность врача.

Ключевыми техническими параметрами для смартфона, используемого в связке с дерматоскопом, выступали разрешение камеры не менее 12 МП, светосила объектива $f/2.0$ и размер матрицы не менее $1/3''$. Это гарантирует получение изображений с плотностью пикселей, достаточной для выделения микропризнаков.

Разработанная система реализована в архитектуре облачного веб-сервиса, включающего модули приема изображений, предобработки, классификации и формирования предварительного заключения. Клиентская часть представляет собой кроссплатформенное веб-приложение, доступное с мобильных устройств врачей. Серверная часть обеспечивает хранение обезличенных данных и запуск инференса нейросетевых моделей.

Для классификации применялись современные архитектуры глубокого обучения, преимущественно Vision Transformer (ViT) и его модификации, обученные и валидированные на сформированном датасете. Выбор архитектуры ViT обусловлен ее способностью моделировать глобальные зависимости между участками изображения (патчами) с помощью механизма самовнимания (Self-Attention), что дает преимущество перед сверточными сетями (CNN) в задачах, где важен контекст и взаимосвязь удаленных друг от друга структур [7].

Схема обработки данных включала:

1. Препроцессинг: изменение размера до 224×224 пикселей, нормализация, разбиение на патчи 16×16 .

2. Извлечение признаков: Backbone на основе ViT-Base-Patch16-224 (pre-trained на ImageNet-21k).

3. Тонкая настройка (Fine-tuning): дообучение полносвязных слоев классификатора (Classification Head) на объединенном дерматологическом датасете.

Система поддерживает два режима анализа изображений, реализующих различные клинические стратегии.

Первый режим – многоклассовая классификация, позволяющая распределять изображения по восьми нозологическим категориям (невус, меланома, базальноклеточная карцинома, актинический кератоз, себорейный кератоз, дерматофиброма, сосудистые поражения и плоскоклеточный рак). Этот режим ориентирован на массовые профилактические обследования, когда требуется оперативное разделение большого числа изображений по основным классам и маршрутизация пациентов к узкопрофильным специалистам.

Второй режим – каскадная бинарная классификация в два этапа:

- **I этап:** изображения разделяются на меланоцитарные (меланома, невус) и немеланоцитарные (базалиома, кератозы и др.) новообразования.

- **II этап:** проводится дифференциация меланомы и невуса внутри меланоцитарного класса.

Такой подход ориентирован на повышение точности при первичных приемах в условиях ограниченного доступа к специалистам-онкологам и позволяет сократить количество ложноположительных результатов, фокусируясь на наиболее опасной патологии – меланоме.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка метрик эффективности моделей

Экспериментальная оценка качества классификации показала высокую эффективность предложенной методики. Валидация проводилась на отложенной тестовой выборке с использованием метрик точности (Accuracy) и F-меры (гармоническое среднее между точностью и полнотой), что является стандартом для оценки алгоритмов на несбалансированных данных. ►►

В задаче многоклассовой классификации лучшая модель на архитектуре ViT продемонстрировала точность (Accuracy) 0,932 и F-меру 0,891. Данные показатели сопоставимы с результатами ведущих мировых исследований в области AI-дерматоскопии [8], где метрики state-of-the-art решений варьируются в диапазоне 0,85–0,95 в зависимости от сложности тестовой выборки.

При каскадной бинарной классификации показатели оказались выше, что подтверждает гипотезу о целесообразности декомпозиции задачи. На первом этапе (меланоцитарные / немеланоцитарные) достигнуты Accuracy 0,954 и F-мера 0,948. На втором этапе, критически важном для жизни пациента (дифференциация «меланома / невус»), модель показала Accuracy 0,964 и F-меру 0,951.

Таким образом, каскадная стратегия обеспечивает прирост точности на 2–3 % по сравнению с многоклассовым подходом, особенно в критически важной задаче распознавания меланомы. Высокая чувствительность алгоритма на втором этапе минимизирует риск пропуска злокачественного новообразования (ложноотрицательного результата).

Клиническая апробация

Дополнительным преимуществом предложенной схемы является снижение диагностической нагрузки и повышение онконастороженности на уровне врачей первичного звена. Практическая апробация разработанной методики скринингового обследования с использованием мобильной дерматоскопии была проведена в рамках серии профилактических акций «День меланомы», организованных на базе Орловской областной клинической больницы и медицинского центра «Beauty Clinic» при поддержке просветительской платформы Melanoscope.

В период с ноября 2024 по апрель 2025 года в пяти сессиях обследовано более 200 пациентов, которым бесплатно выполнялась дерматоскопия подозрительных новообразований с применением мобильных устройств и последующим автоматизированным анализом в облачной интеллектуальной системе. Процедура включала:

1. Сбор анамнеза и заполнение электронной анкеты пациента.
2. Макросъемку и дерматоскопию с использованием разработанного оптического модуля.
3. Загрузку данных в веб-интерфейс системы.
4. Получение мгновенного вероятностного прогноза («Второе мнение»).

Все полученные изображения проходили классификацию в двух режимах (многоклассовом и каскадном бинарном), а результаты автоматически сопоставлялись с заключениями врачей-дерматологов и онкологов.

По итогам мероприятий выявлено девять случаев меланомы, шесть случаев базально-клеточной карциномы и более тридцати диспластических невусов. Совпадение результатов автоматической системы с мнением экспертов составило около 89%, что подтвердило высокую диагностическую ценность и практическую применимость методики в условиях массового скрининга. Важно отметить, что в спорных случаях система часто выдавала повышенную вероятность злокачественности, что заставляло врачей проявлять большую настороженность и направлять пациента на эксцизионную биопсию, что является желательным поведением для скринингового инструмента.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Внедрение систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в дерматологию – это общемировой тренд. Существующие коммерческие решения, такие как FotoFinder (Германия) или приложение SkinVision (Нидерланды), доказали свою эффективность, однако имеют ряд ограничений для широкого внедрения в российскую систему ОМС. Системы класса FotoFinder являются стационарными, дорогостоящими и требуют специально оборудованного кабинета [9]. Мобильные приложения типа SkinVision, ориентированные на пациентов, часто демонстрируют высокую долю ложноположительных результатов, вызывая необоснованную тревогу и перегрузку профильных специалистов [10].

Представленная в исследовании разработка занимает промежуточную нишу: это про-

фессиональный инструмент для врача первичного звена, сочетающий доступность мобильного решения с качеством дерматоскопической визуализации. Многоклассовая классификация целесообразна для сценариев массового скрининга, когда ключевым критерием является скорость обработки большого объема данных и триаж (сортировка) потока пациентов. Каскадная бинарная классификация, напротив, обеспечивает максимальную точность при дифференциации меланомы и невусов и может применяться в условиях ограниченных ресурсов и недостатка узкопрофильных специалистов, например, в сельской местности или фельдшерско-акушерских пунктах.

Полученные данные демонстрируют перспективность внедрения интеллектуальной системы поддержки принятия решения врача в систему профилактических осмотров населения для повышения онконастороженности и раннего выявления злокачественных новообразований кожи. Использование архитектуры Vision Transformer позволило достичь показателей точности, превосходящих традиционные сверточные сети (CNN), за счет лучшего учета глобальной структуры новообразования.

Ограничением исследования является ограниченное количество изображений некоторых нозологических категорий (например, плоскоклеточного рака и дерматофибромы) в локальном датасете, что требует дальнейшего расширения базы данных и дообучения моделей на более репрезентативных выборках.

Также необходимо продолжить исследования в направлении интерпретируемости (Explainable AI) решений алгоритма, чтобы врач понимал, на какие именно признаки (асимметрия, цветовые паттерны) среагировала нейросеть.

■ ВЫВОДЫ

Предложенная методика скринингового обследования с использованием мобильной дерматоскопии и алгоритмов машинного обучения обеспечивает высокую точность ранней дифференциальной диагностики злокачественных новообразований кожи.

Она может быть интегрирована в практику учреждений первичного звена здравоохранения в качестве системы поддержки принятия врачебных решений. Реализованный прототип дерматоскопа и облачный сервис показали свою надежность и удобство в ходе клинической апробации.

Применение данной методики позволит повысить доступность ранней диагностики, сократить сроки постановки предварительного диагноза, снизить количество неоправданных направлений в онкологические диспансеры и, как следствие, улучшить качество маршрутизации пациентов. В дальнейшем планируется интеграция системы с Единой государственной информационной системой в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) и проведение мультицентровых клинических испытаний. ▀

ЛИТЕРАТУРА

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin* 2021;71(3):209-249.
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2022.
3. Gershenwald JE, Scolyer RA, Hess KR, Sondak VK, Long GV, Ross MI, et al. Melanoma staging: Evidence-based changes in the American Joint Committee on Cancer eighth edition cancer staging manual. *CA Cancer J Clin* 2017;67(6):472-492.
4. Argenziano G, Puig S, Zalaudek I, Sera F, Corona R, Moscarella E, et al. Dermoscopy improves accuracy of primary

- care physicians to triage lesions suggestive of skin cancer. *J Clin Oncol* 2006;24(12):1877-1882.
5. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 2017;542(7639):115-118.
6. Tschandl P, Rosendahl C, Kittler H. The HAM10000 dataset, a large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions. *Sci Data* 2018;5:180161.
7. Dosovitskiy A, Beyer L, Kolesnikov A, Weissenborn D, Zhai X, Unterthiner T, et al. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. *ICLR* 2021.
8. Haggenmüller S, Maron RC, Hekler A, Utikal JS, Meier F, Roopfarine C, et al. Skin cancer classification via convolutional neural networks: systematic review of studies involving human

ЛИТЕРАТУРА

experts. *Eur J Cancer* 2021;156:202-216.

9. Soyer HP, Argenziano G, Zalaudek I, Corona R, Sera F, Talamini R, et al. Three-point checklist of dermoscopy. A new screening method for early detection of melanoma. *Dermatology* 2004;208(1):27-31.

10. Udrea A, Mitra G, Kostopoulos D, Dobre G, Gr̃nlund C. Accuracy of a smartphone application for triage of skin lesions based on machine learning algorithms. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2020;34(3):648-655.

Сведения об авторах:

Козачок Е.С. – специалист 16 отдела Института системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, врач-дерматовенеролог, косметолог, трихолог, главный врач Beauty Clinic, Москва, Россия

Серегин С.С. – к.м.н., врач дерматолог, онколог, БУЗ Орловский Онкологический диспансер, Орел, Россия

Вклад авторов:

Козачок Е.С. – разработка и дизайн проекта, технологическое и медицинское применение, обзор литературы, написание текста, 50%

Серегин С.С. – научное руководство проектом, 50%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Опубликовано без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 02.06.25

Рецензирование: 17.08.25

Принята к публикации: 29.08.25

Information about authors:

Kozachok E.S. – specialist, Department 16, V. P. Ivannikov Institute for System Programming, Russian Academy of Sciences; dermatovenerologist, cosmetologist, trichologist; Chief Physician, Beauty Clinic, Moscow, Russia

Seregin S.S. – PhD, dermatologist, oncologist, Orlovsky Oncology Center, Orel, Russia

Authors Contribution:

Kozachok E.S. – project development and design, technological and medical applications, literature review, writing, 50%

Seregin S.S. – project scientific supervision, 50%

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

Financing. Published without sponsorship.

Received: 02.06.25

Reviewing: 17.08.25

Accepted for publication: 29.08.25

ПОРТАТИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР «ЭТТА АМП-01»

Создан для дома, точен как лаборатория!



ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ МОЧИ

- > Используется для проведения экспресс-анализа проб мочи
- > Построен на современных фотоэлектрических и микропроцессорных технологиях

ОПИСАНИЕ



- Доказано соответствие лабораторному оборудованию
- Результат за 60 секунд
- Доступна вся история анализов
- Результаты легко отправить врачу через любой мессенджер или электронную почту
- Компактен, помещается в карман, легко взять в дорогу
- Не нужно использовать специальные приспособления для сбора мочи у младенцев

11 исследуемых параметров

1. Глюкоза (GLU)
2. Билирубин (BIL)
3. Относительная плотность (SG)
4. pH (PH)
5. Кетоновые тела (KET)
6. Скрытая кровь (BLD)
7. Белок (PRO)
8. Уробилиноген (URO)
9. Нитриты (NIT)
10. Лейкоциты (LEU)
11. Аскорбиновая кислота (VC)



КАК ПРИОБРЕСТИ

info@ettagroup.ru

Приложение ETТА для iOS и Android:



Портативный анализатор «ЭТТА АМП-01»



