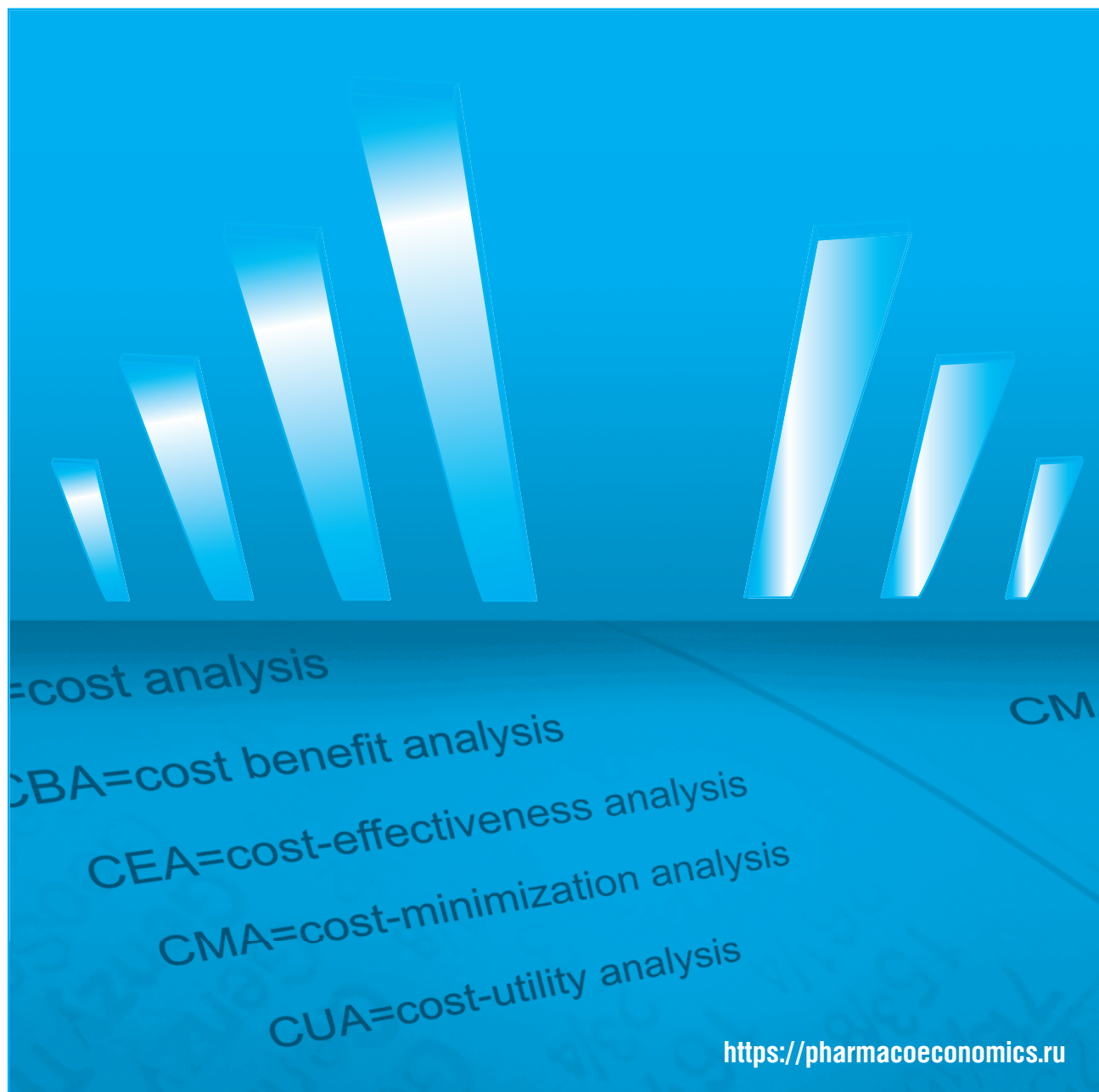


Фармакоэкономика

Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология



FARMAKOEKONOMIKA
Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology

2025 Vol. 18 No. 3

№3

Том 18

2025



<https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302>

ISSN 2070-4909 (print)

ISSN 2070-4933 (online)

Искусственный интеллект в онкологии: мировой опыт использования и перспективы развития

Д.И. Корабельников¹, А.И. Ламоткин^{1,2}

¹ Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Газа» (2-я Брестская ул., д. 5, Москва 123056, Российская Федерация)

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Добролюбова, д. 11, Москва 127254, Российская Федерация)

Для контактов: Андрей Игоревич Ламоткин, e-mail: lamotkin.an@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Цель: провести анализ зарубежного опыта применения искусственного интеллекта (ИИ) в онкологии, рассмотреть современные достижения ИИ, его влияние на клиническую практику.

Материал и методы. Выполнен обзор зарубежной литературы, проведен анализ текущих программ и технологий ИИ в онкологии. Общее количество идентифицированных записей при поиске в базе данных PubMed/MEDLINE составило 7680. После отбора публикаций, проводившегося в соответствии с рекомендациями PRISMA, в обзор методом случайного отбора было включено 32 исследования, которые соответствовали всем критериям и легли в основу анализа.

Результаты. ИИ демонстрирует высокую эффективность в диагностике рака, включая раннее выявление опухолей, оценку медицинских изображений и патологических данных. Анализ публикаций по использованию моделей ИИ в онкологии показал экспоненциальный рост с 2010 по 2022 гг., подтверждая активное развитие области. Заключение программ диагностики и лечения с технологиями ИИ показали точность, сопоставимую с заключениями опытных онкологов, и способность улучшать клинические результаты. Внедрение ИИ также стимулирует развитие персонализации лечения, повышение приверженности пациентов к терапии и оптимизацию работы медицинских организаций. Выявлены уровни влияния ИИ: на врачей (снижение ошибок диагностики и лечения), пациентов (персонализация поддержки) и больницы (создание «умных» систем управления).

Заключение. ИИ становится неотъемлемой частью современной онкологии, предлагая новые возможности для улучшения диагностики, лечения, прогнозирования исходов и поддержки пациентов. Исследование динамики публикаций и моделей ИИ указывает, что использование ИИ в клинической онкологии активно развивается, что открывает новые перспективы для создания «умных» больниц, упрощения обмена медицинскими данными, развития персонализированной медицины и повышения качества лечения пациентов. Интеграция ИИ с новыми технологиями, такими как носимые устройства и мультимодальный анализ, обещает революционные изменения в онкологической практике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

искусственный интеллект, диагностика, программа для ЭВМ, приложение, рак, злокачественные опухоли, онкология

Для цитирования

Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Искусственный интеллект в онкологии: мировой опыт использования и перспективы развития. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2025; 18 (3): 437–447. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302>.

Artificial intelligence in oncology: global experience and future prospects

D.I. Korabelnikov¹, A.I. Lamotkin^{1,2}

¹ Moscow Haass Medical and Social Institute (5 2nd Brestskaya Str., Moscow 123056, Russian Federation)

² Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare (11 Dobrolyubov Str., Moscow 127254, Russian Federation)

Corresponding author: Andrey I. Lamotkin, e-mail: lamotkin.an@mail.ru

ABSTRACT

Objective: To analyze foreign experience in the use of artificial intelligence (AI) in oncology, as well as examine current advances in AI and its impact on clinical practice.

Material and methods. A systematic review of foreign literature was carried out, current AI programs and technologies in oncology were analyzed. The total number of identified records via the PubMed/MEDLINE search was 7680. After publication selection in accordance with the PRISMA guidelines, 32 studies that met all criteria were randomly included in the review and formed the basis for the analysis.

Results. AI demonstrates high efficiency in cancer diagnostics, including early detection of tumors, analysis of medical images and pathological data. A literature review on the use of AI models in oncology revealed exponential growth from 2010 to 2022, confirming the active development of the field. Diagnostic and treatment reports generated by the AI technologies indicated a comparable level of accuracy to that of experienced oncologists; they also revealed the ability to improve clinical outcomes. Furthermore, the introduction of AI stimulates the development of personalized treatment, increased patient adherence to therapy and optimization of the work of medical organizations. AI's impact was revealed on physicians (reduced diagnostic and treatment errors), patients (personalized support), and hospitals (smart management systems).

Conclusion. AI is becoming an integral part of modern oncology, offering new opportunities to improve diagnostics, treatment, outcome prediction, and patient support. A study of the dynamics of publications and AI models indicates that the use of AI in clinical oncology is rapidly developing, opening up new prospects for the creation of smart hospitals, simplification of medical data exchange, development of personalized medicine, and improvement of the quality of patient care. The integration of AI with emerging technologies such as wearable devices and multimodal analysis promises to revolutionize oncology practice.

KEYWORDS

artificial intelligence, diagnostics, computer program, application, cancer, malignant tumors, oncology

For citation

Korabelnikov D.I., Lamotkin A.I. Artificial intelligence in oncology: global experience and future prospects. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2025; 18 (3): 437–447 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302>.

Основные моменты

Что уже известно об этой теме?

- ▶ Искусственный интеллект (ИИ) активно применяется в онкологии для анализа медицинских изображений, диагностики, персонализированной терапии и прогнозирования исходов
- ▶ ИИ-технологии, такие как IBM Watson for Oncology и Google DeepMind, уже доказали свою эффективность в поддержке принятия клинических решений
- ▶ ИИ позволяет анализировать большие объемы клинических данных, выявлять закономерности и улучшать принятие клинических решений

Что нового дает статья?

- ▶ Проведен анализ зарубежного опыта применения и интеграции ИИ в онкологической практике с 2000 по 2025 гг.
- ▶ Рассмотрены современные ИИ-технологии, а также динамика роста числа публикаций и развития моделей ИИ, указывающая на перспективы создания «умных» больниц и улучшения обмена данными
- ▶ Выявлены инновационные особенности, такие как интеграция с носимыми устройствами, мультимодальный анализ (изображения + геномика) и автоматизация консилиумов, а также определены потенциальные вызовы, включая предвзятость данных, конфиденциальность и регуляторные барьеры

Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?

- ▶ ИИ позволит сократить время диагностики и повысить точность выявления опухолей, особенно на ранних стадиях
- ▶ Персонализированные подходы к лечению, основанные на ИИ, улучшат клинические результаты и снижат частоту побочных эффектов
- ▶ Внедрение ИИ в клиническую практику повысит эффективность работы врачей и снизит нагрузку на медицинский персонал

Highlights

What is already known about the subject?

- ▶ Artificial intelligence (AI) is widely used in oncology for medical image analysis, diagnosis, personalized treatment, and outcome prediction
- ▶ AI technologies including IBM Watson for Oncology and Google DeepMind have proven their efficiency in clinical decision support
- ▶ AI facilitates the analysis of large volumes of clinical data, the identification of patterns, and the improvement of clinical decision-making

What are the new findings?

- ▶ An analysis of foreign experience in the application and integration of AI in oncological practice from 2000 to 2025 was conducted
- ▶ Current AI technologies were reviewed, along with publication trends and AI model developments, which indicate the prospects for designing smart hospitals and improving data exchange
- ▶ Innovative features such as wearable integration, multimodal analysis (images + genomics), and consultation automation were detected; potential challenges, including data bias, privacy, and regulatory barriers were determined

How might it impact the clinical practice in the foreseeable future?

- ▶ AI will reduce diagnostic time and improve the accuracy of tumor detection, particularly at early stages
- ▶ AI-driven personalized treatment approaches will improve clinical outcomes and reduce the frequency of side effects
- ▶ The integration of AI into clinical practice will enhance the efficiency of healthcare providers and reduce their workload

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Искусственный интеллект (ИИ) активно трансформирует различные сферы жизнедеятельности, включая медицину. В онкологии ИИ открывает новые возможности для улучшения диагностики, лечения и прогнозирования исходов у пациентов с опухолевыми заболеваниями. Понимание эволюции ИИ и его современных достижений позволяет разрабатывать стратегии для дальнейшего развития этой технологии в медицине.

История ИИ началась в 1950 г., когда Алан Тьюринг предложил идею использования компьютеров для имитации разумного поведения [1]. В 1956 г. Джон Маккарти ввел термин «искусственный интеллект», определив его как «науку и инженерию создания интеллектуальных машин» [1, 2]. Первоначально ИИ основывался на простых правилах «если, то», но со временем эволюционировал в сложные алгоритмы, способные имитировать процессы человеческого мышления [1].

Сегодня ИИ представляет собой мощный инструмент, применяемый в различных научных областях, включая онкологию [2–5]. Он позволяет анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и улучшать процесс принятия клинических решений. В прецизионной онкологии ИИ интегрирует данные мультиомного анализа, высокопроизводительные вычисления и методы глубокого обучения, что способствует развитию персонализированного подхода к лечению [3].

Области применения ИИ в онкологии включают раннее выявление и скрининг рака, диагностику, классификацию опухолей, анализ геномики рака, изучение микроокружения опухоли, оценку биомаркеров, а также разработку новых лекарственных препаратов [3–6].

Для понимания роли ИИ важно различать два ключевых понятия: машинное обучение и глубокое обучение. Машинное обучение – это способность алгоритмов обучаться на данных и улучшать свои прогностические модели, тогда как глубокое обучение – это подвид машинного обучения, использующий многослойные нейронные сети для достижения высокой точности анализа [3, 4]. Оба подхода играют решающую роль во внедрении ИИ в онкологию.

Цель – провести анализ зарубежного опыта применения ИИ в онкологии, рассмотреть современные достижения ИИ, его влияние на клиническую практику.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Поиск публикаций / Search for publications

Для проведения систематического обзора литературы был выполнен поиск публикаций в базе данных PubMed/MEDLINE. Поиск проводился с использованием комбинации ключевых слов и MeSH-терминов, ориентированных на области ИИ и онкологических заболеваний. Период поиска охватывал публикации с 2000 г. по 2025 г., чтобы рассмотреть современные достижения в области и динамику развития технологий ИИ с учетом актуальных исследований на момент подготовки статьи.

Использовался следующий запрос с ключевыми словами для поиска в заголовках и резюме [Title/Abstract] статей: ("artificial intelligence" "AI" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network" OR "computational intelligence" OR "machine intelligence") AND ("tumor" OR "neoplasm" OR "neoplasms"[MeSH] OR "cancer" OR "malignant" OR "oncology") AND ("therap*" OR "treatment" OR "chemotherapy" OR "radiotherapy" OR "immunotherapy" OR "drug therap*" OR "pharmacotherapy" OR

"disease management") AND ("clinical" OR "patient" OR "clinic" OR "patients"[MeSH]) AND ("decision support" OR "precision medicine" OR "personalized medicine" OR "treatment outcome"[MeSH] OR "prognosis" OR "predictive" OR "algorithm").

Общее количество идентифицированных записей при поиске в базе данных PubMed/MEDLINE составило 7680.

Отбор публикаций / Selection of publications

Отбор публикаций проводился в соответствии с рекомендациями PRISMA (англ. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (рис. 1). На этапе скрининга (n=7680) были исключены 6985 записей по следующим причинам: 2096 – дубликаты, 1048 – неоригинальные статьи (обзоры, письма, редакционные материалы), 3841 – нерелевантные теме (не касались применения ИИ в онкологии или терапии). Оставшиеся 695 полных текстов были оценены на соответствие критериям включения.

Критерии включения: оригинальные статьи на английском языке, описывающие применение ИИ в терапии онкологических заболеваний (включая персонализированное лечение, прогнозирование исходов, оптимизацию терапии), клинические исследования, когортные исследования или валидационные работы, публикации с полными текстами.

Критерии исключения: нерелевантные теме, неклинические исследования, нерандомизированные клинические испытания, статьи не на английском языке, отсутствие доступного полного текста статьи.

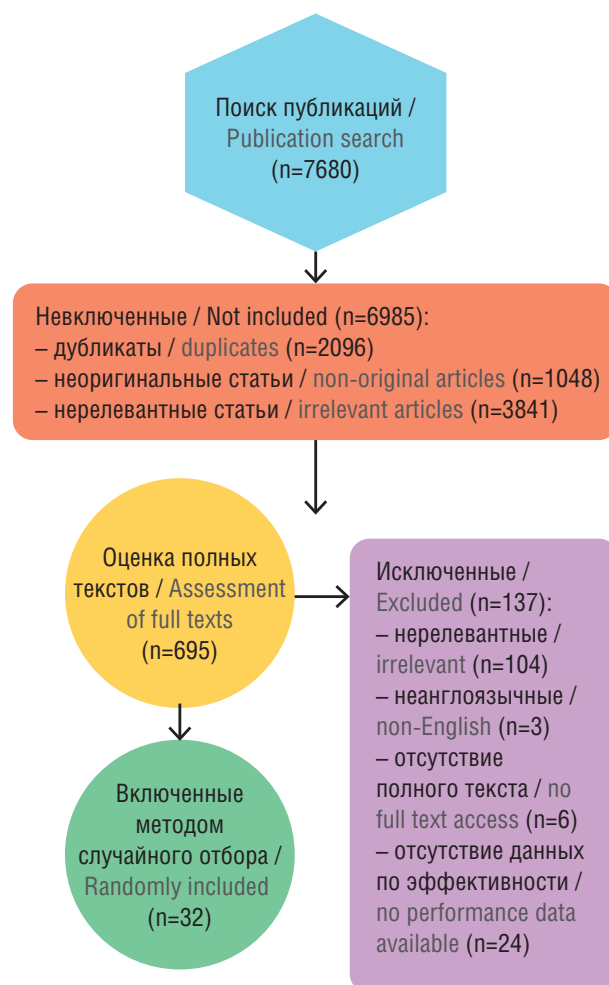


Рисунок 1. Блок-схема отбора публикаций по методике PRISMA
Figure 1. PRISMA flow diagram

На этапе оценки полных текстов ($n=695$) были исключены 137 записей: 104 – нерелевантные, 3 – не на английском языке, 6 – отсутствие полного текста, 24 – исследования, не представившие данных о клинической эффективности ИИ-приложений. В конечном итоге в обзор методом случайного отбора было включено 32 исследования, которые соответствовали всем критериям и легли в основу анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

Развитие направления ИИ в онкологии / Development of AI in oncology

Злокачественные новообразования продолжают оставаться одной из основных причин смертности в мире, что делает совершенствование методов ранней диагностики, прогноза и персонализированного лечения критически важным [5].

В последние годы ИИ стал перспективным инструментом в этой области медицины, демонстрируя потенциал для революционных изменений в клинической практике. Например, системы на основе сверточных нейронных сетей (англ. convolutional neural networks, CNN) повышают точность обнаружения опухолей на маммограммах до 94%, сопоставимую с точностью опытных специалистов лучевой диагностики [6], а алгоритмы машинного обучения, такие как DeepSurv, позволяют прогнозировать выживаемость пациентов с глиобластомой на 18% точнее традиционных методов [7].

На рисунке 2 представлены данные о количестве научных статей, посвященных применению ИИ в исследованиях рака, а также о количестве моделей на основе ИИ, используемых для лечения различных видов онкологических заболеваний [8]. Эти данные отражают стремительное развитие данной области.

Большинство научных статей посвящено описанию программ под управлением ИИ для персональных компьютеров. При этом в научной литературе практически отсутствуют публикации, посвященные мобильным приложениям на основе ИИ для онкологии, что может быть объяснено низкой коммерческой заинтересованностью компаний: подобные продукты, как правило, распространяются через магазины приложений в свободном доступе и не закупаются медучреждениями напрямую, а врачи не готовы оплачивать подписки на приложения из-за сохраняющегося скепсиса относительно клинической эффективности ИИ.

Персонализированный подход также усиливается благодаря ИИ: платформы типа IBM Watson for Genomics анализируют геномные данные, результаты исследований, чтобы рекомендовать оптимальные схемы лечения [9]. В разработке лекарств генеративные модели (англ. generative adversarial networks, GANs) ускоряют создание таргетных препаратов, как в случае ингибиторов мутации в гене *KRAS* для колоректального рака [10].

Однако внедрение ИИ сталкивается с проблемами, включая необходимость валидации на разнородных данных и этические вопросы прозрачности алгоритмов [11]. Эксперты подчеркивают, что дальнейший прогресс требует стандартизации протоколов и междисциплинарного сотрудничества. В частности, анализ ключевых программ ИИ, применяемых в мировой онкологической практике, с оценкой их эффективности и перспектив показывает разнообразие подходов и интеграцию ИИ в клинические процессы (табл. 1) [12–20].

Анализ данных таблицы 1 указывает на новаторский потенциал ИИ в онкологии, раскрывая уникальные возможности современных платформ. Впервые систематизированы клю-

чевые программы ИИ с акцентом на их новейшие достижения к 2025 г. Например, Google DeepMind Health демонстрирует улучшение эффективности на 2% в снижении диагностических ошибок за счет мультимодального анализа (изображения + текст), что открывает перспективы для комбинирования геномных данных с данными визуализации. PathAI и Lunit INSIGHT внедряют инновационные подходы к автоматизации патоморфологических исследований и скрининга онкологических заболеваний, достигая показателей чувствительности 95% и площади под кривой 0,96, что сопоставимо с экспертным уровнем. Применение Tempus в прецизионной онкологии выделяется повышением выживаемости больных на 15% благодаря анализу онкохирургических данных, а AiCure предлагает новаторский подход к мониторингу приверженности пациентов к лечению через носимые устройства.

Эти достижения подчеркивают новизну в интеграции ИИ с мультимодальными данными и автоматизацией проведения врачебных консилиумов, что ранее не применялось в таком масштабе. Однако новизна технологий сопряжена с вызовами: 70% программ сталкиваются с предвзятостью данных, а 60% – с проблемами конфиденциальности, что требует разработки новых стандартов и протоколов. Перспективы включают создание экосистем глобального скрининга, интеграцию с носимыми устройствами и автоматизацию «умных» клиник, что обещает революционные изменения в онкологической практике, снижая нагрузку на врачей на 20%, повышая эффективность терапии и улучшая клинические исходы.

Уровни влияния ИИ в онкологии / The AI impact levels in oncology

С развитием технологий ИИ будет больше интегрирован в клиническую работу по диагностике и лечению опухолей. Для целей скрининга и диагностики они могут быть внедрены в медицинские диагностические устройства для повышения точности и эффективности выявления злокачественных новообразований. В терапевтических целях технологии ИИ используются для принятия клинических решений в онкологии, проведения онкохирургических операций и лучевой терапии, а также для прогнозирования эффективности терапии и исхода лечения раковых заболеваний. Влияние ИИ в онкологии можно ощутить на трех уровнях: врач, пациент и больница.

Уровень «врач»

Основное влияние на уровне медицинских работников в онкологии заключается в том, что применение технологий ИИ может сократить количество регулярной повторяющейся работы и человеческих ошибок при диагностике и лечении раковых заболеваний. Применение ИИ в клинической онкологии способно значительно повысить эффективность, точность, согласованность и доступность диагностики и терапии злокачественных опухолей [21–25].

С развитием технологий и разработкой нового медицинского оборудования результаты исследований при диагностике и лечению онкологических больных быстро улучшаются. Экспоненциально растущий объем данных может быть получен на любом этапе клинического процесса лечения рака и применим к различным методам и моделям ИИ. Благодаря этому ИИ предоставляет более точные и достаточные медицинские данные, тем самым помогая врачам составить полное клиническое представление о каждом пациенте с опухолевым заболеванием и принимать обоснованные решения по персонализированной терапии.

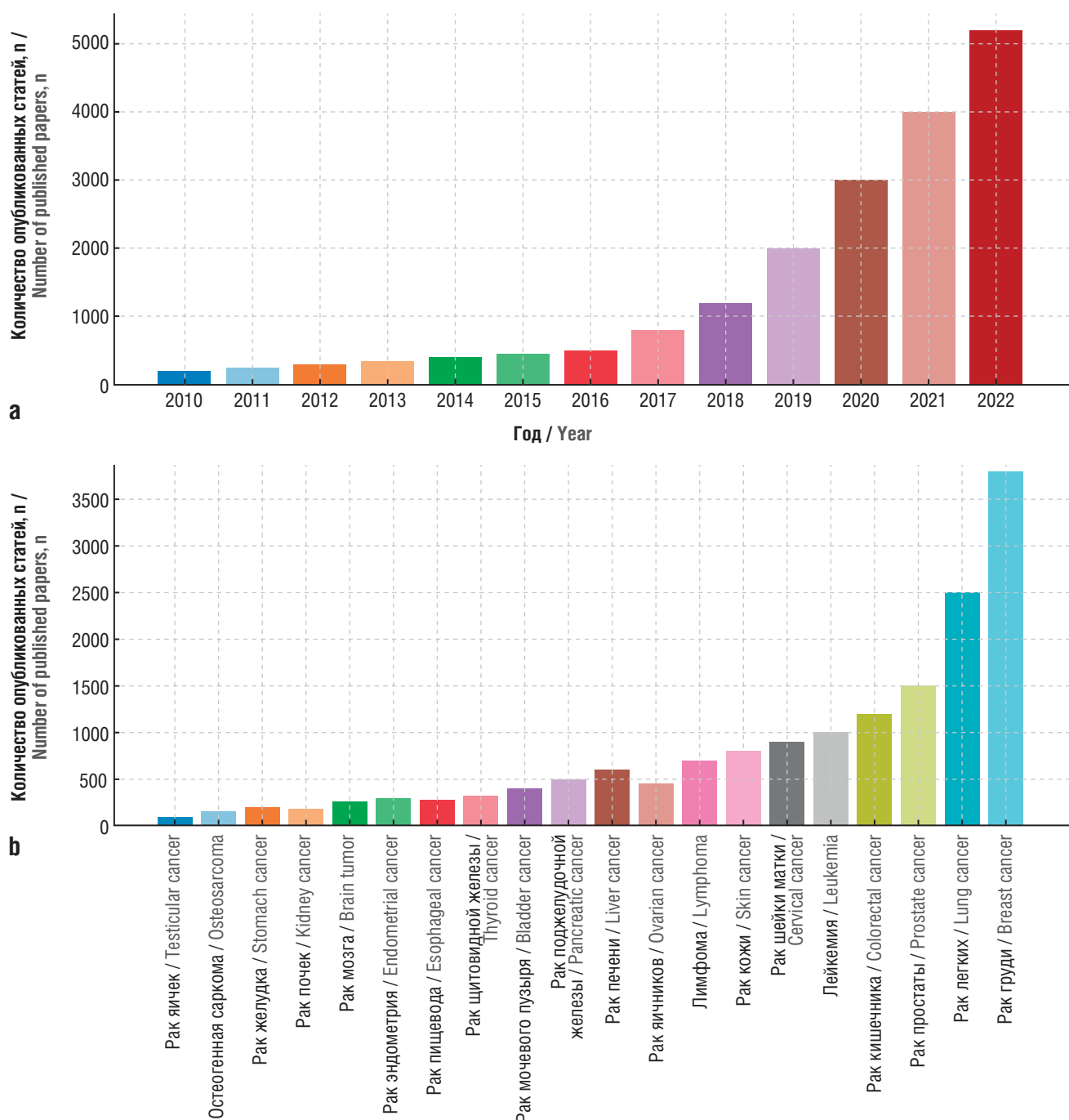


Рисунок 2. Развитие направления искусственного интеллекта (ИИ) в исследованиях по онкологии [8]:

а – динамика увеличения количества публикаций по использованию ИИ в онкологии с 2010 по 2022 гг.; **б** – динамика увеличения количества моделей на основе ИИ, используемых для диагностики и лечения онкологических заболеваний, по данным научных публикаций с 2010 по 2022 гг.

Figure 2. Development of AI in oncology research [8]:

а – trend of increase in publications on the artificial intelligence (AI) use in oncology from 2010 to 2022; **б** – trend of increase in AI-based models used for the diagnosis and treatment of cancer, according to research papers from 2010 to 2022

Уровень «пациент»

ИИ может выявлять закономерности для конкретных групп пациентов с онкологическими заболеваниями и улучшать диагностику и лечение рака [26]. Например, он применялся для извлечения и анализа неструктурированных текстов, которые больные раком простаты публиковали на онлайн-платформе [27]. ИИ анализирует поведение пациентов, демографические данные, клинические факторы и эмоции. Результаты показали, что платформа повысила возможности пациентов в плане принятия индивидуальных решений, удовлетворения

клинических и эмоциональных потребностей, что способствует расширению применения онлайн-платформ медицинской поддержки пациентов [27].

S.S. Abidi предложил информационную структуру, основанную на информационных технологиях, которая автоматически преобразовывает медицинские данные и генерирует сервисы поддержки принятия решений на основе знаний [28]. C.Y. Hung et al. разработали индекс здоровья с использованием глубокого обучения на основе крупномасштабных и долгосрочных данных о населении, электронных медицинских

Table 1 (beginning). Several artificial intelligence (AI) programs used in global oncological clinical practice [12–20]

Программа / Program	Описание / Description	Тип ИИ / AI type	Устройства / Devices	Задачи / Tasks	Область онкологии / Field of oncology	Эффективность / Efficiency	Инновационные особенности / Innovative features	Потенциальные вызовы / Potential challenges	Перспективы развития / Development prospects	Уровень влияния / Impact level
IBM Watson for Oncology [12]	Платформа на основе ИИ, СППВР / AI-based platform, CDSS	NLP	Веб-платформа, интеграция с МИАС / Web platform, integration with AMIS	Персонализация терапии / Personalization of therapy	Мультидисциплинарная онкология / Multidisciplinary oncology	Совпадение рекомендаций с консенсусом в 93% случаев (обновлено в 2025 г.: 95% по результатам новых ИИ) / Coincidence of recommendations with consultations in 93% of cases (updated in 2025: 95% based on the results of new CTs)	Интеграция с ИИ для анализа данных ИИ и СППВР / Integration with AI for clinical data analysis and CDSS	Предвзятость алгоритмов ИИ, обеспечение прозрачности при совместном использовании данных / Algorithms bias in CTs, ensuring transparency in data sharing	-	Врач, пациент, больница / Doctor, patient, hospital
Google DeepMind Health [13]	Алгоритмы для анализа медицинских изображений / Algorithms for medical image analysis	CV	Интеграция с системами визуализации / Integration with visualization systems	Анализ изображений, уменьшение числа ошибок диагностики / Image analysis, reducing diagnostic errors	Рак молочной железы и др. / Breast cancer, etc.	Уменьшение ЛП на 5,7%, ЛО на 9,4% (обновлено в 2025 г.: повышение эффективности +2%) / Reduction of FPs by 5.7%, LNs by 9.4% (updated in 2025: efficiency increase +2%)	Применение в мультимодальном анализе (изображения + текст) / Use in multimodal analysis (images + text)	Конфиденциальность данных, юридические аспекты информированного согласия / Multimodal data privacy, legal aspects of informed consent	Мультимодальный анализ (изображения + геномика) в профилактической медицине / Multimodal analysis (images + genomics) in preventive medicine	Врач, больница / Doctor, hospital
PathAI [14]	Анализ изображений гистологических срезов / Analysis of histological section images	CV	Интеграция с микроскопами / Integration with microscopes	Автоматизация патоморфологических заключений / Automation of pathomorphological reports	Рак простаты, молочной железы / Prostate and breast cancer	Точность сопоставима с опытными патоморфологами (2025 г.: AUC ROC 0,96) / Accuracy comparable to experienced pathologists (2025: AUC ROC 0.96)	Интеграция с цифровыми платформами типа AISight Dx для улучшения точности диагностики / Integration with digital platforms like AISight Dx to improve diagnostic accuracy	Предвзятость в наборах данных по патологиям, регуляторные одобрения для ИИ в исследованиях / Bias in pathology datasets, regulatory approvals for AI in research	Расширение на глобальные патологические лаборатории / Expansion to global pathology laboratories	Врач, больница / Doctor, hospital

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта <https://www.pharmasoeconomics.ru>. Не предназначено для использования в коммерческих целях. Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: info@irbis-1.ru.

Таблица 1 (продолжение). Некоторые программы искусственного интеллекта (ИИ), используемые в мировой онкологической клинической практике [12–20]
Table 1 (continuation). Several artificial intelligence (AI) programs used in global oncological clinical practice [12–20]

Програм- ма / Program	Описание / Description	Тип ИИ / AI type	Устройства / Devices	Задачи / Tasks	Область онкологии / Field of oncology	Эффективность / Efficiency	Инновационные особенности / Innovative features	Потенциальные вызовы / Potential challenges	Перспективы развития / Development prospects	Уровень влияния / Impact level
Tempus [15]	Сбор и анализ клинических/ геномных данных // Collection and analysis of clinical/ genomic data	NLP	Веб-платформа, интеграция с МИАС / Web platform, integration with AMIS	Персонализа- ция терапии / Personalization of therapy	Мультидисци- плинарная онкология / Multidisciplinary oncology	Повышение выживаемости (2025 г.: +15% в прецизионных КИ) / Increased survival (2025: +15% in precision CTs)	Использование в анализе данных в онкохирургии / Use in data analysis for oncosurgery	Конфиденциальность данных в масштабах КИ, автономия пациентов в решениях ИИ / Data privacy in large-scale CTs, patient autonomy in AI decisions	Комбинация с ИИ-агентами для автоматизи- рованных консультаций / Combination with AI agents for automated consultations	Врач, пациент, больни- ца / Doctor, patient, hospital
Flatiron Health [16]	Анализ ЭМК / EHR analysis	NLP	Веб-платформа, интеграция с МИАС и ЭМК / Web platform, integration with AMIS and EHR	Оптимизация терапии / Optimization of therapy	Мультидисци- плинарная онкология / Multidisciplinary oncology	Улучшение исходов (2025 г.: снижение ошибок на 20%) / Improved outcomes (2025: 20% reduction in errors)	ИИ-агенты (автоном- ные интеллектуальные системы) для выявле- ния заболеваний в реальном времени / AI agents (autonomous intelligent systems) for real-time disease detection	Ответственность за ошибки ИИ в КИ, стратегии смягчения предвзятости / Responsibility for AI errors in CTs, strategies for mitigating bias	Связь с КИ ИИ для ускорения исследований / Connecting with AI CTs to accelerate research	Врач, больни- ца / Doctor, hospital
Oncora Medical [17]	Анализ клинических/ геномных данных // Analysis of clinical/ genomic data	NLP	Веб-платформа, интеграция с МИАС / Web platform, integration with AMIS	Персонализа- ция терапии / Personalization of therapy	Мультидисци- плинарная онкология / Multidisciplinary oncology	Повышение эффективности / Improved efficiency	–	Ответственность в разработке лекарств с помощью ИИ, этическое использование данных в многоцентровых КИ / Responsibility in AI-based drug development, ethical use of data in multicenter CTs	Интеграция в «умные» систе- мы для предик- тивной аналити- ки / Integration into smart systems for predictive analytics	Врач, пациент / Doctor, patient
AIcure [17]	Повышение привержен- ности к лечению / Improving compliance	CV, ML	Веб-платформа, мобильные приложения / Web platform, mobile applications	Мониторинг приема лекарств / Monitoring medication intake	Рак молочной железы / Breast cancer	Повышение приверженности к лечению / Improved compliance	ИИ для мониторинга комплаентности пациентов / AI for patient compliance monitoring	Согласие на видеомони- торинг, конфиденциаль- ность данных, получаемых с носимых устройств / Consent to video monitoring, privacy of data obtained from wearable devices	Расширение на носимые устройства для непрерывного мониторинга / Extension to wearable devices for continuous monitoring	Пациент, врач / Patient, doctor

Таблица 1 (окончание). Некоторые программы искусственного интеллекта (ИИ), используемые в мировой онкологической клинической практике [12–20]
Table 1 (end). Several artificial intelligence (AI) programs used in global oncological clinical practice [12–20]

Программа / Program	Описание / Description	Тип ИИ / AI type	Устройства / Devices	Задачи / Tasks	Область онкологии / Field of oncology	Эффективность / Efficiency	Инновационные особенности / Innovative features	Потенциальные вызовы / Potential challenges	Перспективы развития / Development prospects	Уровень влияния / Impact level
Lunit INSIGHT [18]	Скрининговый анализ снимков / Screening image analysis	CV	Интеграция с системами лучевой диагностики / Integration with radiology systems	Раннее выявление онкологических заболеваний / Early detection of cancer	Рак легких, молочной железы / Lung and breast cancer	Чувствительность 95% / Sensitivity 95%	Использование ИИ для количественной оценки биомаркеров в КИ / Using AI to quantify biomarkers in CTs	Предвзятость в геоспецифических наборах данных, регуляторный надзор за скринингом ИИ / Bias in geo-specific datasets, regulatory supervision of AI screening	Часть экосистемы для глобального скрининга / Part of the ecosystem for global screening	Врач, больница / Doctor, hospital
ProFound AI [19]	Скрининговый анализ маммограмм / Screening mammogram analysis	CV	Интеграция с системами маммографии / Integration with mammography systems	Оценка риска онкологических заболеваний / Cancer risk assessment	Рак молочной железы / Breast cancer	AUC ROC 0,82 (2025 г.: 0,85 с обновлениями) / AUC ROC 0.82 (2025: 0.85 with updates)	Использование ИИ в моделях предсказания рисков и в точной (прецизионной) онкологии* / Using AI in risk prediction models and precision oncology*	Этичное использование в популяционном скрининге, проблемы информированного согласия / Ethical use in population screening, issues of informed consent	Интеграция с ИИ для предсказания ранних стадий / Integration with AI for early stage prediction	Врач, больница / Doctor, hospital
Arterys Oncology AI [20]	Анализ МРТ/КТ / MRI/CT analysis	CV	Интеграция с системами визуализации / Integration with visualization systems	Мониторинг терапии / Monitoring therapy	Мультидисциплинарная онкология / Multidisciplinary oncology	Повышение точности диагностики / Improved diagnostic accuracy	Интеграция с платформами для анализа изображений, фокус на рабочий процесс в PACS/ЭМК / Integration with image analysis platforms, focus on PACS/EHR workflow	Безопасность данных в облаке, предвзятость в наборах данных изображений / Cloud data security, bias in image datasets	Автоматизация в «умных» клиниках / Automation in smart clinics	Врач, больница / Doctor, hospital

Примечание. СТПВР – система принятия врачебных решений; ЭМК – электронная медицинская карта; МРТ – магнитно-резонансная томография; КТ – компьютерная томография; NLP (англ. natural language processing) – обработка естественного языка; CV (англ. cross-validation) – кросс-валидация; ML (англ. machine learning) – машинное обучение; ИИАС – медицинская информационная автоматизированная система; КИП – клинические исследования; ЛП – ложноположительные результаты; ЛО – ложнопотерянные результаты; AUC ROC (англ. area under the receiver operating characteristic curve) – площадь под кривой операционной характеристики приемника; PACS (англ. picture archiving and communication system) – система архивирования, обработки и передачи медицинских диагностических изображений. * Точная (прецизионная) онкология – персонализированный подход к лечению рака, основанный на индивидуальной генетической структуре опухоли.

Note. CDSS – clinical decision support system; EHR – electronic medical record; MRI – magnetic resonance imaging; CT – computed tomography; NLP – natural language processing; CV – cross-validation; ML – machine learning; AMIS – automated medical inventory system; CTs – clinical trials; FPs – false positive results; LNs – false negative results; AUC ROC – area under the receiver operating characteristic curve; PACS – picture archiving and communication system. * Precision oncology is a personalized approach to cancer treatment based on the individual genetic structure of the tumor.

карт [29]. Более того, поскольку люди, пережившие рак, часто испытывают депрессию, ИИ можно использовать для выявления признаков депрессии в речи, языке и выражении лица, что будет способствовать раннему выявлению данного состояния и потенциально обеспечит более качественную поддержку таких пациентов [30].

На уровне пациента интеллектуальные носимые медицинские устройства могут собирать, анализировать и отображать физиологические данные человека с помощью датчиков, позволяя пользователям отслеживать изменения своих физических показателей в режиме реального времени и реагировать на них.

Уровень «больница»

Во всем мире наблюдается тенденция к созданию «умных» больниц. Развитие технологий ИИ и материалов для обработки данных оцифрует развитие специализированных онкологических клиник, ускорит внедрение в них цифровых медицинских услуг. Централизованное хранение данных о пациентах и обмен ими превратит больницы в огромные центры обработки данных.

Новые системы ИИ способны интегрировать работу больниц, врачей и пациентов, а также научные исследования в области онкологии. В связи с этим ИИ направлен на создание «умных» онкологических клиник путем модернизации таких систем, как электронные медицинские карты и логистические цепочки. Например, можно разработать подход на основе обработки естественного языка для синтеза структурированных электронных медицинских карт и клинических заметок.

Перспективы / Prospects

ИИ в онкологии стремится улучшить обмен медицинскими данными и обеспечить их безопасность. Системы ИИ используются в этом процессе для обеспечения качества данных, упрощения загрузки изображений и снижения нагрузки на специалистов [31]. Кроме того, машинное обучение можно использовать для интеграции крупномасштабных сведений о пациентах из нескольких больниц, увеличивая размер базы данных и расширяя возможности обобщения для анализа.

Недавнее исследование объединило данные пациентов с колоректальным раком из разных клиник, преодолев несогласованность признаков и расхождение в распределении с помощью гибридных моделей трансферного обучения из нескольких центров в сочетании с глубокими нейронными сетями (англ. deep neural network, DNN)¹ и моделью дерева решений (англ. decision tree learning, DTL)². Такой подход обладает превосходной способностью к обобщению независимо от неоднородности данных [32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

ИИ активно трансформирует онкологию, предлагая инновационные решения для диагностики, лечения и мониторинга онкологических заболеваний. Современные платформы ИИ, такие как IBM Watson for Oncology, Google DeepMind Health и ProFound AI, демонстрируют высокую точность и эффективность, сопоставимую с таковыми у опытных экспертов-онкологов. Эти технологии способствуют раннему выявлению рака, персонализации терапии и улучшению клинических исходов.

Исследование динамики публикаций и моделей ИИ, применяемых в онкологии, показало значительный рост их количества с 2010 по 2022 гг., что подчеркивает активное развитие этой области. Несмотря на существующие вызовы, такие как необходимость валидации данных и этические аспекты, ИИ обладает значительным потенциалом для улучшения клинической практики. Будущее онкологии связано с дальнейшей интеграцией ИИ в медицинские системы, что позволит создать более эффективные и персонализированные подходы к лечению рака.

Применение ИИ на уровне врачей сокращает человеческие ошибки и повышает эффективность, на уровне пациентов – обеспечивает персонализацию терапии и поддержку, а на уровне больниц – способствует созданию интегрированных цифровых экосистем. Дальнейший прогресс зависит от междисциплинарного сотрудничества, инвестиций в исследования и разработки нормативной базы, обеспечивающей безопасность и доступность технологий ИИ для всех пациентов.

¹ Разновидность искусственных нейронных сетей, которые состоят из множества слоев для обработки информации, что позволяет глубже анализировать информацию, прежде чем выдавать результат.

² Метод визуализации и анализа, используемый для систематизации и упрощения процесса принятия решений. Информация представлена в виде древовидной структуры, где каждый узел представляет собой вопрос или условие, а ветви – возможные решения, ответы или исходы.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
Поступила: 12.03.2025 В доработанном виде: 05.08.2025 Принята к печати: 18.09.2025 Опубликована: 30.09.2025	Received: 12.03.2025 Revision received: 05.08.2025 Accepted: 18.09.2025 Published: 30.09.2025
Вклад авторов	Authors' contribution
Авторы принимали равное участие в сборе, анализе и интерпретации данных. Авторы прочитали и утвердили окончательный вариант рукописи	The authors participated equally in the collection, analysis and interpretation of the data. The authors have read and approved the final version of the manuscript
Конфликт интересов	Conflict of interests
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interests
Финансирование	Funding
Авторы заявляют об отсутствии финансовой поддержки	The authors declare no funding
Этические аспекты	Ethics declarations
Неприменимо	Not applicable

Комментарий издателя	Publisher's note
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC). IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content
Права и полномочия	Rights and permissions
© 2025 А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)	© 2025 A.I. Lamotkin, D.I. Korabelnikov. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kaul V., Enslin S., Gross S.A. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointest Endosc.* 2020; 92 (4): 807–12. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2020.06.040>.
- Hamamoto R., Suvana K., Yamada M., et al. Application of artificial intelligence technology in oncology: towards the establishment of precision medicine. *Cancers.* 2020; 12 (12): 3532. <https://doi.org/10.3390/cancers12123532>.
- Bhinder B., Gilvary C., Madhukar N.S., Elemento O. Artificial intelligence in cancer research and precision medicine. *Cancer Discov.* 2021; 11 (4): 900–15. <https://doi.org/10.1158/2159-8290.CD-21-0090>.
- Ламоткин А.И., Корабельников Д.И., Ламоткин И.А. Искусственный интеллект: основные термины и понятия, применение в здравоохранении и клинической медицине. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2024; 17 (3): 409–15. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.267>.
- Lamotkin A.I., Korabelnikov D.I., Lamotkin I.A. Artificial intelligence: basic terms and concepts, the application in healthcare and clinical medicine. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology.* 2024; 17 (3): 409–15 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.267>.
- Siegel R.L., Miller K.D., Fuchs H.E., Jemal A. Cancer statistics, 2021. *CA Cancer J Clin.* 2021; 71 (1): 7–33. <https://doi.org/10.3322/caac.21654>.
- McKinney S.M., Sieniek M., Godbole V., et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature.* 2020; 577 (7788): 89–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>.
- Katzman J.L., Shaham U., Cloninger A., et al. DeepSurv: personalized treatment recommender system using a Cox proportional hazards deep neural network. *BMC Med Res Methodol.* 2018; 18 (1): 24. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0482-1>.
- Zadeh Shirazi A., Tofighi M., Gharavi A., Gomez G.A. The application of artificial intelligence to cancer research: a comprehensive guide. *Technol Cancer Res Treat.* 2024; 23: 15330338241250324. <https://doi.org/10.1177/15330338241250324>.
- Itahashi K., Kondo S., Kubo T., et al. Evaluating clinical genome sequence analysis by Watson for Genomics. *Front Med.* 2018; 5: 305. <https://doi.org/10.3389/fmed.2018.00305>.
- Guitton T., Allaume P., Rabilloud N., et al. Artificial intelligence in predicting microsatellite instability and KRAS, BRAF mutations from whole-slide images in colorectal cancer: a systematic review. *Diagnostics.* 2023; 14 (1): 99. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14010099>.
- Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019; 25 (1): 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>.
- Somashekhar S.P., Sepúlveda M.J., Puglielli S., et al. Watson for oncology and breast cancer treatment recommendations: agreement with an expert multidisciplinary tumor board. *Ann Oncol.* 2018; 29 (2): 418–23. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdx781>.
- McKinney S.M., Sieniek M., Godbole V., et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature.* 2020; 577 (7788): 89–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>.
- Dacic S., Travis W.D., Giltane J.M., et al. Artificial intelligence (AI)-powered pathologic response (PathR) assessment of resection specimens after neoadjuvant atezolizumab in patients with non-small cell lung cancer: results from the LCMC3 study. *J Clin Oncol.* 2021; 39 (15): 106. https://doi.org/10.1200/JCO.2021.39.15_suppl.106.
- Beaubier N., Tell R., Lau D., et al. Clinical validation of the tempus xT next-generation targeted oncology sequencing assay. *Oncotarget.* 2019; 10 (24): 2384–96. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.26797>.
- Coombs L., Orlando A., Wang X., et al. A machine learning framework supporting prospective clinical decisions applied to risk prediction in oncology. *Digit Med.* 2022; 5: 117. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00660-3>.
- Bhattacharya S., Saleem S.M., Singh A., et al. Empowering precision medicine: regenerative AI in breast cancer. *Front Oncol.* 2024; 14: 1465720. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024>.
- Kim E.Y., Kim Y.J., Choi W.J., et al. Concordance rate of radiologists and a commercialized deep-learning solution for chest X-ray: real-world experience with a multicenter health screening cohort. *PLoS One.* 2022; 17 (2): e0264383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264383>.
- Hussain S., Ali M., Naseem U., et al. Breast cancer risk prediction using machine learning: a systematic review. *Front Oncol.* 2024; 14: 1343627. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024>.
- Singh R.S., Masih G.D., Joshi R., et al. Chapter Five – Role of artificial intelligence in cancer diagnostics and therapeutics. In: Sobti R.C., Ganju A.K., Sobti A. (Eds) Biomarkers in cancer detection and monitoring of therapeutics. Academic Press; 2023: 83–97. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95116-6.00015-3>.
- Ламоткин А.И., Корабельников Д.И., Ламоткин И.А. и др. Искусственный интеллект в здравоохранении и медицине: история ключевых событий, его значимость для врачей, уровень развития в разных странах. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2024; 17 (2): 243–50. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.254>.
- Lamotkin A.I., Korabelnikov D.I., Lamotkin I.A., et al. Artificial intelligence in healthcare and medicine: the history of key events, its significance for doctors, the level of development in different countries. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology.* 2024; 17 (2): 243–50 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.254>.
- Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Эффективность применения искусственного интеллекта в клинической медицине. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2025; 18 (1): 114–24. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.287>.
- Korabelnikov D.I., Lamotkin A.I. The effectiveness of using artificial intelligence in clinical medicine. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology.* 2025; 18 (1): 114–24 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.287>.

23. Storås A.M., Strümke I., Riegler M.A., et al. Artificial intelligence in dry eye disease. *Ocul Surf.* 2022; 23: 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.jtos.2021.11.004>.
24. Xu F., Wan C., Zhao L., et al. Predicting post-therapeutic visual acuity and OCT images in patients with central serous chorioretinopathy by artificial intelligence. *Front Bioeng Biotechnol.* 2021; 9: 649221. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.649221>.
25. Tschandl P., Codella N., Akay B.N., et al. Comparison of the accuracy of human readers versus machine-learning algorithms for pigmented skin lesion classification: an open, web-based, international, diagnostic study. *Lancet Oncol.* 2019; 20 (7): 938–47. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30333-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30333-X).
26. Kann B.H., Hosny A., Aerts H. Artificial intelligence for clinical oncology. *Cancer Cell.* 2021; 39 (7): 916–27. <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2021.04.002>.
27. De Silva D., Ranasinghe W., Bandaragoda T., et al. Machine learning to support social media empowered patients in cancer care and cancer treatment decisions. *PLoS One.* 2018; 13 (10): e0205855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205855>.
28. Abidi S.S. Knowledge management in healthcare: towards “knowledge-driven” decision-support services. *Int J Med Inform.* 2001; 63 (1–2): 5–18. [https://doi.org/10.1016/s1386-5056\(01\)00167-8](https://doi.org/10.1016/s1386-5056(01)00167-8).
29. Hung C.Y., Chen H.Y., Wee L.J., et al. Deriving a novel health index using a large-scale population based electronic health record with deep networks. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020; 2020: 5872–5. <https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9176454>.
30. Smrke U., Mlakar I., Lin S., et al. Language, speech, and facial expression features for artificial intelligence-based detection of cancer survivors' depression: scoping meta-review. *JMIR Ment Health.* 2021; 8 (12): e30439. <https://doi.org/10.2196/30439>.
31. Kang Y., Kim Y.J., Park S., et al. Development and operation of a digital platform for sharing pathology image data. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2021; 21 (1): 114. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01466-1>.
32. Li J., Tian Y., Li R., et al. Improving prediction for medical institution with limited patient data: leveraging hospital-specific data based on multicenter collaborative research network. *Artif Intell Med.* 2021; 113: 102024. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102024>.

Сведения об авторах / About the authors

Корабельников Даниил Иванович, к.м.н., доцент / Daniil I. Korabelnikov, PhD, Assoc. Prof. – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-0488>. eLibrary SPIN-code: 7380-7790.

Ламоткин Андрей Игоревич / Andrey I. Lamotkin – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7930-6018>. eLibrary SPIN-code: 4170-7782. E-mail: lamotkin.an@mail.ru.