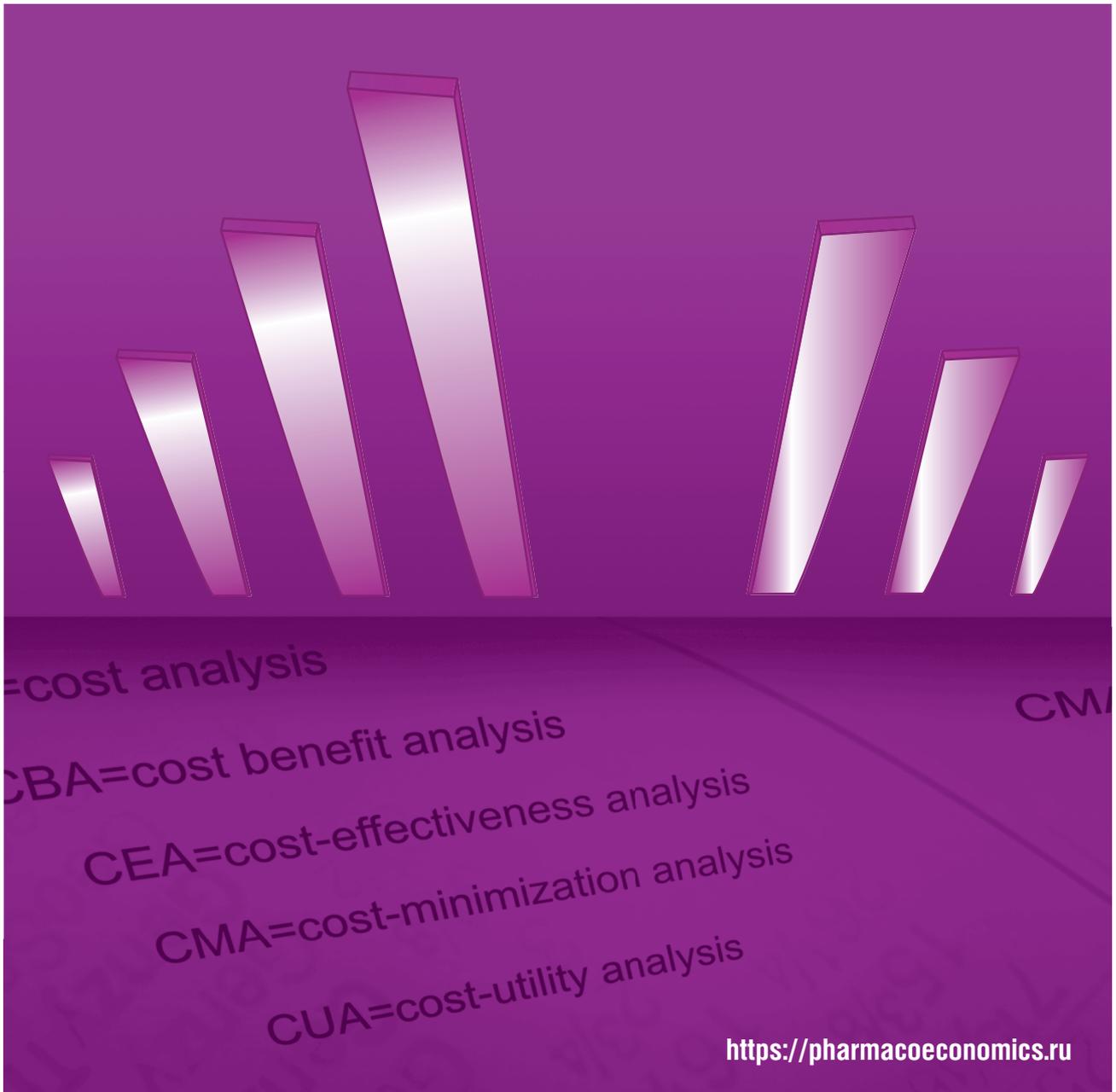


Фармакоэкономика

Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология



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

FARMAKOEkONOMIKA

Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology

2024 Vol. 17 No. 2

№2

Том 17

2024



<https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoekonomika.2024.254>

ISSN 2070-4909 (print)

ISSN 2070-4933 (online)

Искусственный интеллект в здравоохранении и медицине: история ключевых событий, его значимость для врачей, уровень развития в разных странах

А.И. Ламоткин^{1,2}, Д.И. Корабельников¹, И.А. Ламоткин^{3,4},
С.А. Лившиц⁵, Е.Г. Перевалова¹

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

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

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации (Госпитальная пл., д. 3, Москва 105094, Россия)

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (Волоколамское ш., д. 11, Москва 125080, Россия)

⁵ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Ногинская больница» (ул. Комсомольская, д. 59, Ногинск 142400, Россия)

Для контактов: Игорь Анатольевич Ламоткин, e-mail: ilamotkin@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена анализу этапов развития и современных направлений исследований искусственного интеллекта (ИИ) в сфере здравоохранения и медицины, а также его практического применения на материале научных публикаций в базах PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, eLibrary и КиберЛенинка. Показана динамика количества научных публикаций об ИИ в здравоохранении и медицине, а также приведен анализ роста инвестиций в разработку программного обеспечения, основанного на ИИ, в последние годы. ИИ может достигать сопоставимой точности в диагностике заболеваний в сравнении с врачами. Однако будущие исследования должны быть сосредоточены на сравнении клинических результатов диагностики и лечения, проводимых врачами, которые принимают решения на основе ИИ, с результатами клинической работы врачей, не использующих ИИ. В работе подчеркнута важность подготовки специалистов, способных сочетать знания в области медицины с навыками применения ИИ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Искусственный интеллект, ИИ, здравоохранение, медицина, история, технологии, публикационная активность.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Поступила: 24.04.2024. В доработанном виде: 17.05.2024. Принята к печати: 14.06.2024. Опубликована: 30.06.2024.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии необходимости раскрытия конфликта интересов в отношении данной публикации.

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Для цитирования

Ламоткин А.И., Корабельников Д.И., Ламоткин И.А., Лившиц С.А., Перевалова Е.Г. 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): 243–250. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoekonomika.2024.254>.

Artificial intelligence in healthcare and medicine: the history of key events, its significance for doctors, the level of development in different countries

A.I. Lamotkin^{1,2}, D.I. Korabelnikov¹, I.A. Lamotkin^{3,4}, S.A. Livshitz⁵, E.G. Perevalova¹

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

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

³ Burdenko Main Military Clinical Hospital (3 Gospitalnaya Sq., Moscow 105229, Russia)

⁴ Russian Biotechnological University (11 Volokolamskoe Shosse, Moscow 125080, Russia)

⁵ Noginsk Hospital (59 Komsomolskaya Str., Noginsk 142400, Russia)

Corresponding author: Igor A. Lamotkin, e-mail: ilamotkin@mail.ru

SUMMARY

The article is devoted to analysis of the stages of development and current directions of research and practical application of artificial intelligence (AI) in the field of healthcare and medicine based on scientific publications in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, eLibrary and CyberLeninka. The dynamics of scientific publications on AI in healthcare and medicine is shown, and an analysis of the growth of investments in software development based on AI in recent years is provided. AI can achieve comparable accuracy in the diagnosis of diseases in comparison with human decisions. However, future research should focus on comparing the clinical results of diagnosis and treatment performed by doctors who make decisions based on AI with the results of clinical work by doctors who do not use AI. The importance of training specialists able to combine knowledge in the field of medicine with the skills of using AI is emphasized.

KEYWORDS

Artificial intelligence, AI, healthcare, medicine, history, technology, publication activity.

ARTICLE INFORMATION

Received: 24.04.2024. **Revision received:** 17.05.2024. **Accepted:** 14.06.2024. **Published:** 30.06.2024.

Conflict of interests

The authors declare they have nothing to disclose regarding the conflict of interests with respect to this manuscript.

Authors' contribution

The authors contributed equally to this article.

For citation

Lamotkin A.I., Korabelnikov D.I., Lamotkin I.A., Livshitz S.A., Perevalova E.G. 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 Pharmacoecconomics and Pharmacoepidemiology*. 2024; 17 (2): 243–250 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.254>.

Основные моменты

Что уже известно об этой теме?

- ▶ Искусственный интеллект (ИИ) используется в медицине для диагностики, лечения и управления здравоохранением
- ▶ ИИ может достигать сопоставимой или более высокой точности в диагностике заболеваний по сравнению с врачами
- ▶ Инвестиции и число исследований в области ИИ для здравоохранения и медицины продолжают расти, что свидетельствует о повышенном интересе к этой области науки

Что нового дает статья?

- ▶ Показана значимость ИИ для врачей и подчеркнута необходимость дополнительного образования в вопросах его применения в клинической медицине
- ▶ Представлен вклад российской науки в изучение ИИ в области медицины и обсуждены способы улучшения разработки и использования новой технологии
- ▶ Проанализирована публикационная активность по рассматриваемой теме в ведущих странах мира

Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?

- ▶ Введение дополнительных образовательных программ по использованию ИИ в медицине и здравоохранении повысит квалификацию врачей и будет способствовать более эффективному использованию ИИ в клинической практике
- ▶ Более широкое применение ИИ для диагностики и лечения улучшит качество оказания медицинской помощи, сократив количество ошибок и повысив точность диагностики и лечения
- ▶ Увеличение инвестиций и числа научных исследований ИИ в медицине может стимулировать развитие новых прикладных технологий и подходов, способствуя дальнейшему прогрессу в сфере здравоохранения

Highlights

What is already known about the subject?

- ▶ Artificial intelligence (AI) is used in medicine for diagnosis, treatment, and healthcare management
- ▶ AI can achieve comparable or higher accuracy in diagnosing diseases compared to doctors
- ▶ Investments and the number of studies in the field of AI for healthcare and medicine continue to grow, indicating an increased interest in this field of science

What are the new findings?

- ▶ The importance of AI for doctors was shown, and the need for additional education on its use in clinical medicine was emphasized
- ▶ The contribution of Russian science to the study of AI in the field of medicine was presented and ways to improve the development and use of new technology were discussed
- ▶ The publication activity on the topic under consideration in the leading countries of the world was analyzed

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

- ▶ The introduction of additional educational programs on the use of AI in medicine and healthcare will improve the qualifications of doctors and promote more effective use of AI in clinical practice
- ▶ Wider application of AI for diagnosis and treatment will improve the quality of medical care by reducing the number of errors and increasing the accuracy of diagnosis and treatment
- ▶ Increased investment and research on AI in medicine will stimulate the development of new applied technologies and approaches, contributing to further progress in the field of healthcare

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Искусственный интеллект (ИИ) – свойство искусственных интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека (не следует путать с искусственным сознанием); наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ. ИИ связан со сходной задачей использования компьютеров для понимания человеческого интеллекта, но не обязательно ограничивается биологически правдоподобными методами [1, 2].

В последние годы технологии ИИ стали неотъемлемой частью нашей жизни. Они проникли во все сферы, включая медицину. Особенно большое значение имеет применение ИИ в лечении внутренних болезней, которые затрагивают внутренние органы и системы организма. «ИИ в медицине» – термин, используемый для описания применения алгоритмов машинного обучения и программного обеспечения с целью копирования человеческого познания при анализе, представлении и понимании сложных медицинских данных или превышения возможностей человека за счет предоставления новых способов диагностики, лечения и профилактики заболеваний. Основной целью приложений ИИ, связанных со здоровьем, является анализ взаимосвязи между клиническими данными и результатами лечения пациентов.

Программы ИИ применяются в таких практиках, как диагностика, разработка протоколов лечения и лекарств, персонализированная медицина, а также мониторинг пациентов и уход за ними. От традиционных технологий в здравоохранении технологию ИИ отличает способность собирать большие и разнообразные данные, обрабатывать их и предоставлять конечному пользователю четко определенный результат [3]. Программы ИИ позволяют ускоренно разрабатывать лекарства, уменьшать количество ошибок, предоставлять данные в режиме реального времени, экономить время врачей, помогать в исследованиях и улучшать взаимодействие врача и пациента [4].

Таким образом, укоренившись почти во всех сферах человеческой жизни, ИИ имеет значительный потенциал развития в сфере медицины. В обзоре, проведенном на материале научных публикаций, найденных в базах PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, eLibrary и КиберЛенинка, представлены этапы развития и современные направления исследований ИИ в области здравоохранения и медицины.

ИСТОРИЯ КЛЮЧЕВЫХ СОБЫТИЙ В РАЗВИТИИ ИИ ДЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И МЕДИЦИНЫ / HISTORY OF KEY EVENTS IN DEVELOPMENT OF AI FOR HEALTHCARE AND MEDICINE

История развития ИИ насчитывает несколько десятилетий и содержит множество важных моментов и достижений [5]. В 1945 г. в США был создан первый электронный цифровой компьютер (англ. Electronic Numerical Integrator and Computer, ENIAC). Пионером машинного обучения был британский ученый Алан Тьюринг. В 1950 г. он предложил Тьюринг-тест, который стал одной из первых попыток определить, может ли машина проявлять интеллект, не отличимый от человеческого. Его статья «Вычислительная техника и интеллект» [6] до сих пор является одной из наиболее часто цитируемых в этой сфере [5, 7].

Отечественные исследования в области интеллектуальных машин начались в 1954 г. Большой вклад в развитие ИИ внес член-корреспондент Академии наук СССР Алексей Андреевич Ляпунов – советский математик, один из основоположников ки-

бернетики. В 1954 г. А.А. Ляпунов организовал и вел на механико-математическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова междисциплинарный кибернетический семинар «Автоматы и мышление». Участниками семинара были математики, экономисты, инженеры, биологи, военные, лингвисты, философы. Он существовал до 1964 г. и сыграл заметную роль в изучении ИИ [8].

В 1956 г. в Дартмутском колледже (Нью-Гэмпшир, США) состоялась конференция для изучения потенциала синтетического интеллекта. Среди участников были Джон Маккарти, Марвин Мински и другие выдающиеся ученые и исследователи. На этой конференции впервые прозвучал термин «искусственный интеллект», под которым понималась система, гибко реагирующая на окружающий мир. Участники обсудили широкий круг тем, связанных с ИИ, таких как обработка естественного языка, решение проблем и машинное обучение. Дартмутская конференция оказала значительное влияние на общую историю ИИ. После нее Джон Маккарти и его коллеги приступили к разработке первого языка программирования для ИИ, который стал основой для исследований в области ИИ и существует до сих пор [5].

В 1963 г. первая научная медицинская статья, посвященная ИИ, была размещена в базе данных PubMed/MEDLINE [9].

В медицинской практике ИИ впервые использовал ученый Джозеф Вейценбаум. С 1964 по 1966 гг. он разработал в Массачусетском технологическом институте первый чат-бот – компьютерную программу ELIZA для изучения общения между людьми и машинами. Создатель назвал программу в честь Элизы Дулитл, героини пьесы Бернарда Шоу «Пигмалион» – простой женщины из рабочего класса, которую обучали языку высшего сословия. В 1966 г. Д. Вейценбаум применил эту программу для имитации речи психотерапевта [10].

В 1970 г. в Стэнфордском университете (США) создана компьютерная экспертная система MYCIN, которая помогала определять возбудителей тяжелых инфекционных болезней и рассчитывать нужную дозу антибиотиков с точностью 69% [11].

В 1980 г. в Венском университете разработана экспертная система CADIAQ-2 для предварительной постановки диагнозов по 295 заболеваниям [12].

В 1990 г. в американской клинике Мэйо стали изучать и применять в своей работе технологии ИИ, в частности анализировать текстовые электронные медицинские карты (ЭМК) с помощью обработки естественного языка (англ. natural language processing, NLP). В 2012 г. осуществлен запуск программы IBM Watson Health, которая должна была сама ставить диагноз на основании симптомов из ЭМК и научной литературы [13].

В апреле 2018 г. впервые в мире американское Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (англ. Food and Drug Administration, FDA) выдало разрешение на применение программного обеспечения IDx-DR для выявления признаков ретинопатии в снимках глазного дна без необходимости интерпретации данных врачом (чувствительность 87%, специфичность 89%) [13, 14].

В мае 2021 г. одобрение FDA получило мобильное приложение Woebot для цифрового лечения депрессии с эффективностью, равной терапии с участием врача-психолога [15].

В IV квартале 2021 г. был поставлен мировой рекорд по привлечению инвестиций в ИИ для развития здравоохранения и медицины: 3,7 млрд долл. США [13].

В апреле 2022 г. впервые в мире литовский стартап Oxipit получил маркировку CE Mark (указывает на то, что производитель или импортер подтверждает соответствие товара европейским стан-

дартам в области здоровья и безопасности) для выпуска на рынок системы ИИ, которая имеет право ставить заключение «Норма» без участия человека (чувствительность 99%) [16].

ЗНАЧИМОСТЬ ИИ ДЛЯ ВРАЧЕЙ / AI IMPORTANCE FOR DOCTORS

В настоящее время для оценки эффективности ИИ используются следующие основные показатели: частота ложноположительных результатов, точность, взвешенная ошибка, специфичность, чувствительность [17]. Основным среди них является частота ложноположительных результатов. Современные научные исследования показали, что этот показатель у ИИ сопоставим с опытными и компетентными врачами, но ниже, чем у врачей с меньшим опытом [18, 19].

Другим важным ключевым параметром эффективности ИИ является диагностическая точность исследования. По данным литературы, ИИ может достигать сопоставимой точности в диагностике заболеваний в сравнении с врачами или даже этот показатель может быть лучше, чем у врачей [20, 21].

Однако в настоящее время становится популярным мнение, что не надо сравнивать эффективность ИИ и врачей. Будущие исследования должны быть сосредоточены на сравнении результатов врачей, которые принимают решения на основе ИИ, с результатами врачей, не использующих такие приложения. Только тогда ИИ будет принят в качестве эффективного дополнения к врачебной деятельности. В таком случае медицинские работники, использующие ИИ, будут находиться в привилегированном положении и могут участвовать в цифровой эволюции здравоохранения [22]. В связи с этим требуется серьезный пересмотр медицинского образования, чтобы предоставить врачам необходимые для этого знания. Возникает необходимость введения новых программ, чтобы удовлетворить потребность в обучении будущих медицинских специалистов технологиям ИИ в медицине. Такие учебные программы предусматривают более строгий подход к точным наукам, которые бы помогли эффективно использовать ИИ. Врачи, обладающие этими знаниями и имеющие клинический опыт, могли бы решать современные проблемы в здравоохранении [22, 23].

На данный момент ведущие российские вузы не готовят специалистов, которые были бы способны свободно ориентироваться одновременно и в вопросах медицины, и в задачах применения ИИ. Направления, отчасти касающиеся этих тем: «Биоинформатика», «Физика и нанобиотехнология», «Биоинженерия», «Структурная биология и биотехнология», «Биомедицинская инженерия». Для более динамического развития ИИ в области медицины требуется появление новых профессий, связанных с обеими областями [24].

УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ РАЗНЫХ СТРАН / THE LEVEL OF AI TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN HEALTHCARE OF DIFFERENT COUNTRIES

Рынок ИИ для здравоохранения и медицины / AI market for healthcare and medicine

В настоящее время рынок ИИ в области здравоохранения показывает значительный рост. В 2021 г. его размер составил около 201 млрд долл. США, и ожидается, что к 2030 г. он достигнет 1,2 трлн долл. США и роста 7,9% в год [25]. Это делает его одним из самых быстро растущих сегментов в цифровой сфере здравоохранения.

Инвестиции в продукты ИИ в 2020 г. составили 6,6 млрд долл. США – в 1,6 раза больше по сравнению с 2019 г. (4,129 млрд долл. США). В 2021 г. в этот рынок было инвестировано еще 12,2 млрд долл. США, что подчеркивает растущую заинтересованность инвесторов в данной области [13]. В России объем инвестиций в ИИ недостаточен, например в 2018 г. он составил менее 1% от мировых [26].

Стратегии развития технологий ИИ / AI technology development strategies

В США стратегия развития технологий ИИ включает в себя финансовую поддержку, координацию усилий различных организаций и разработку национальных проектов в области ИИ. В Китае данная стратегия основана на активной поддержке правительством, значительных государственных инвестициях и наличии большого числа пользователей смартфонов, подключенных к интернету. В Европейском союзе в нее входят создание надежной экосистемы для развития ИИ, стимулирование частных инвестиций и координация между государствами-членами. В Великобритании стратегия включает финансовую поддержку, стимулирование инноваций и развитие цифровой инфраструктуры [26].

Осознавая огромный ресурс ИИ для экономического роста, Россия также вступила в гонку за лидерство в этой области. Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Среди приоритетных направлений в ней выделено «повышение качества услуг в сфере здравоохранения, включая профилактические обследования, диагностику, основанную на анализе изображений, прогнозирование возникновения и развития заболеваний, подбор оптимальных дозировок лекарственных препаратов, сокращение угроз пандемий, автоматизацию и точность хирургических вмешательств» [27]. Российская стратегия включает федеральные проекты и усилия по привлечению инвестиций в развитие инноваций в данной сфере [26].

Публикационная активность / Publication activity

В медицине и здравоохранении отмечается быстрый рост количества научных публикаций об ИИ, особенно за последние 10 лет. Это обусловлено повышенным интересом к данной проблеме и экспоненциальным ростом вычислительной мощности и емкости хранилищ данных. Впечатляющие цифры свидетельствуют о значительном потенциале ИИ в медицине. Применение ИИ-технологий может существенно улучшить диагностику, лечение и управление здоровьем пациентов.

На **рисунке 1** показана динамика распределения по годам количества публикаций об ИИ в здравоохранении. Средний годовой темп роста числа научных работ с 2000 по 2021 г. составил 37,88%. Больше всего публикаций появилось в 2020 г. (926, что составило 18,45% за весь период наблюдения). За ним следуют 2021 г. с 850 научными статьями (16,94%) и 2019 г. с 718 работами (14,31%) из общего числа собранных 5019 публикаций по здравоохранению, из них 2226 (44,35%) по медицине [28].

В **таблице 1** представлена информация о распределении статей по странам. Около 96,85% исследований (4861 публикация из 5019) были опубликованы в девяти странах. Самая большая доля, примерно 41,84% (2100 публикаций из 5019), приходится на США. Китай занимает второе место (14,70%), затем следует Великобритания (12,63%). Другие страны, такие как Канада, Южная Корея, Австралия, Испания, Нидерланды и Германия, также активно прилагают усилия к развитию технологий ИИ в здравоохранении,

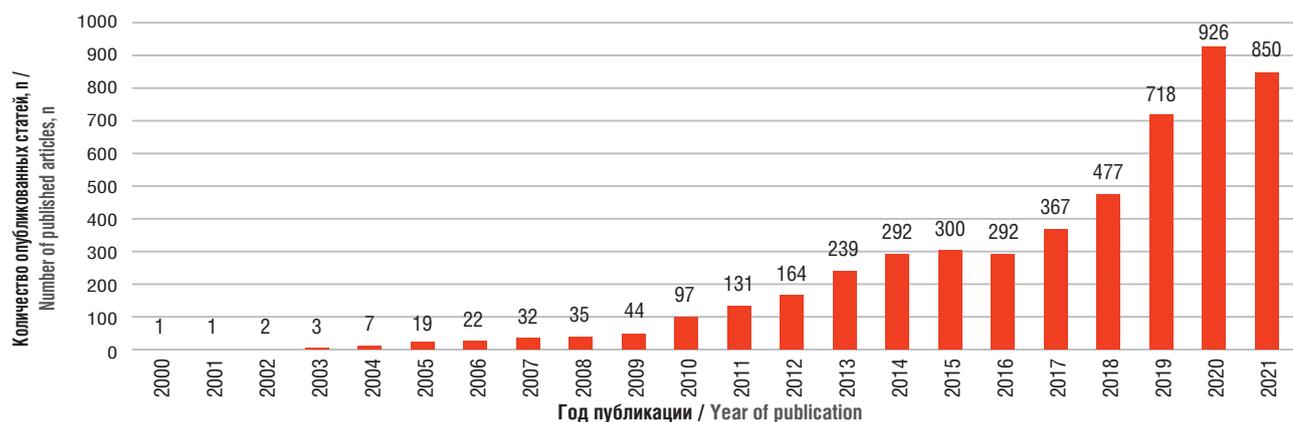


Рисунок 1. Динамика количества научных публикаций об искусственном интеллекте в здравоохранении (n=5019), зарегистрированных в базе данных Scopus [28]

Figure 1. Dynamics of the number of scientific publications on artificial intelligence in healthcare (n=5019) registered in the Scopus database [28]

Таблица 1. Распределение публикаций об искусственном интеллекте в здравоохранении среди стран, лидирующих в данной области (n=5019) [28]

Table 1. Distribution of publications on artificial intelligence in healthcare among the countries leading in this field (n=5019) [28]

Место в рейтинге / Ranking	Страна / Country	Количество публикаций, n (%) / Number of publications, n (%)
1	США / USA	2100 (41,84)
2	Китай / China	738 (14,70)
3	Великобритания / Great Britain	634 (12,63)
4	Канада / Canada	286 (5,69)
5	Южная Корея / South Korea	273 (5,44)
6	Австралия / Australia	267 (5,32)
7	Испания / Spain	223 (4,44)
8	Нидерланды / Netherlands	172 (3,43)
9	Германия / Germany	168 (3,35)

хотя и с меньшей долей публикаций [27]. Успехи США, Китая и Великобритании в публикационной активности закономерны, потому что в этих странах расположены ведущие университеты мира, которые являются лидерами в области исследований ИИ. Например, больше всего научных статей об ИИ публикуются от Гарвардского, Стэнфордского и Пенсильванского университетов (США), Лондонского университета (Великобритания), университета Торонто (Канада) [26, 28].

Необходимо отметить, что количество указанных публикаций по ИИ (n=5019) распределялось по разным областям

науки, ассоциированным со здравоохранением. В таблице 2 приведены сведения о публикациях, зарегистрированных в базе данных Scopus. Установлено, что максимальный вклад в исследования ИИ, связанные со здравоохранением, внесли 2226 специалистов в области медицины (44,35%), за которыми следуют эксперты по информационным технологиям (947 человек, 18,87%). Помимо этих ученых большую роль в исследованиях ИИ в сфере здравоохранения сыграли авторы, работающие в инженерных, материаловедческих и некоторых других областях науки [28].

Таблица 2. Распределение зарегистрированных в базе данных Scopus публикаций об искусственном интеллекте по разным областям науки, ассоциированным со здравоохранением (n=5019) [28]

Table 2. Distribution of publications registered in the Scopus database on artificial intelligence in different fields of science associated with healthcare (n=5019) [28]

Место в рейтинге / Ranking	Область исследований / Field of studies	Количество публикаций, n (%) / Number of publications, n (%)
1	Медицина / Medicine	2226 (44,35)
2	Информационные технологии / Information technology	947 (18,87)
3	Инженерия / Engineering	366 (7,29)
4	Материаловедение / Materials science	365 (7,27)
5	Профессии в области здравоохранения / Healthcare professions	230 (4,58)
6	Наука об окружающей среде / Environmental science	224 (4,46)
7	Сельскохозяйственные и биологические науки / Agricultural and biological sciences	222 (4,42)
8	Биохимия, генетика и молекулярная биология / Biochemistry, genetics and molecular biology	221 (4,40)
9	Другие междисциплинарные области / Other interdisciplinary fields	218 (4,34)

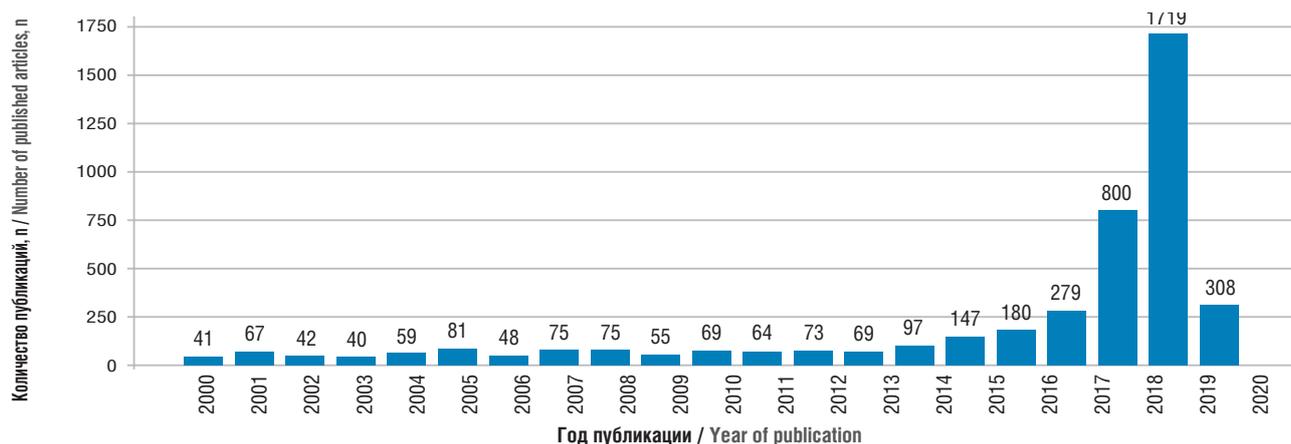


Рисунок 2. Динамика количества научных публикаций об искусственном интеллекте в здравоохранении (n=4388), зарегистрированных в базе данных Web of Science [26]

Figure 2. Dynamics of the number of scientific publications on artificial intelligence in healthcare (n=4388) registered in the Web of Science database [26]

Таблица 3. Рейтинг публикационной активности стран по направлению «Искусственный интеллект в медицине» в базе данных Web of Science (n=4388) [26]

Table 3. Ranking of countries' publication activity in the field of artificial intelligence in medicine in the Web of Science database (n=4388) [26]

Место в рейтинге / Ranking	Страна / Country	Количество публикаций, n (%) / Number of publications, n (%)
1	США / USA	1563 (35,62)
2	Великобритания / Great Britain	422 (9,62)
3	Китай / China	413 (9,41)
4	Германия / Germany	285 (6,50)
5	Канада / Canada	241 (5,50)
6	Япония / Japan	237 (5,40)
7	Италия / Italy	209 (4,76)
8	Франция / France	196 (4,47)
9	Испания / Spain	160 (3,65)
...27	Россия / Russia	38 (0,87)

Также имеются сведения за аналогичный период (2000–2020 гг.) о публикационной активности в сфере медицины по научным статьям об ИИ, проиндексированным в базе данных Web of Science (рис. 2). Всего за указанный период в этой поисковой системе было зарегистрировано 4388 научных статей. Больше всего публикаций отмечено в 2019 г. (1719 – 39,18% от числа за весь период наблюдения). За ним следует 2018 г. с 800 статьями (18,23%) [26].

В таблице 3 представлена информация о распределении статей по странам. Около 84,91% исследований (3726 из 4388) были опубликованы в девяти странах. Самая большая доля (35,62% – 1563 публикации из 4388) приходится на США. Великобритания занимает второе место (9,62%), далее следует Китай (9,41%). Другие страны, такие как Германия, Канада, Япония, Италия, Франция и Испания, тоже вносят значительный вклад в развитие технологий ИИ в медицине [26].

В России в последние годы также наблюдается увеличение интереса к использованию ИИ в медицине. Многие отечественные ученые и специалисты в области медицины и информационных технологий заняты разработкой инновационных решений на основе ИИ, которые могут значительно улучшить качество медицинских услуг [29]. Однако наша страна занимает 27-е место в рейтинге стран по публикационной активности по направлению «ИИ в медицине» (по данным за период с 2000 по 2020 г.). Доля России в общем числе публикаций по этому направлению, проиндексированных в базе данных Web of Science, составляет всего 0,87% [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

ИИ в медицине имеет продолжительную историю, начиная с прикладных исследований 1950-х гг. В последние десятилетия он применяется в различных областях медицины, таких как диагностика, лечение и управление здравоохранением.

Важные достижения ИИ включают создание экспертных систем и программ, способных анализировать медицинские данные, диагностировать заболевания и предлагать лечение. Исследования показывают, что ИИ может достигать сопоставимой точности в диагностике заболеваний в сравнении с врачами, а в некоторых случаях этот показатель может даже превышать таковой у врачей. ИИ не заменит людей-специалистов, но перспективен в использовании для повышения эффективности и точности диагностики и лечения.

Применение ИИ в здравоохранении и медицине требует понимания междисциплинарных связей на стыке нескольких наук. Это определяет необходимость профессиональной подготовки специалистов, которые могли бы одновременно свободно ориентироваться в вопросах как клинической медицины, так и использования ИИ.

Рынок ИИ в здравоохранении и медицине демонстрирует значительный рост. Инвестиции в продукты ИИ продолжают увеличиваться в разных странах, что свидетельствует о повышенной заинтересованности к данной области науки. Количество публикаций об ИИ в медицине в разных странах быстро растет, особенно за последние 10 лет. Лидирующие позиции среди всех стран мира занимают США, Китай и Великобритания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь; 1992: 256 с.
2. McCarthy J. What is artificial intelligence? URL: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf> (дата обращения 28.01.2024).
3. Mullainathan S., Obermeyer Z. Solving medicine's data bottleneck: Nightingale Open Science. *Nat Med.* 2022; 28 (5): 897–9. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01804-4>.
4. Srivastava R. Applications of artificial intelligence in medicine. *Explor Res Hypothesis Med.* Published online: Sep. 19, 2023. <https://doi.org/10.14218/ERHM.2023.00048>.
5. Gold E. The history of artificial intelligence from the 1950s to today. URL: <https://www.freecodecamp.org/news/the-history-of-ai/> (дата обращения 07.02.2024).
6. Turing A.M. Computing machinery and intelligence. *Mind.* 1950; 59 (236): 433–60. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>.
7. Sunday Grève S. Artificial forms of life. *Philosophies.* 2023; 8 (5): 89. <https://doi.org/10.3390/philosophies8050089>.
8. Кузьменко Р.И., Ляпунова Н.А. Алексей Андреевич Ляпунов (1911–1973). М.: Наука; 1996: 89 с.
9. Maron M.E. Artificial intelligence and brain mechanisms. MEM RM-3522-PR. *Memo RM.* 1963; 86: 1–35.
10. Weizenbaum J. Computer power and human reason: from judgment to calculation. New York: W.H. Freeman and Company; 1976: 300 pp.
11. Naylor C. Build your own expert system. *Statistician.* 1985; 34 (2): 255. <https://doi.org/10.2307/2988169>.
12. Kolarz G., Adlansnig K.P. Problems in establishing the medical expert systems CADIAG-1 and CADIAG-2 in rheumatology. *J Med Syst.* 1986; 10 (4): 395–405. <https://doi.org/10.1007/BF00992439>.
13. Гусев А.В. Роль искусственного интеллекта в трендах цифровой трансформации здравоохранения. URL: <https://webiomed.ru/media/docs/prezentatsiia-k-dokladu-a-v-guseva.pdf> (дата обращения 07.02.2024).
14. Hand S. IDx-DR becomes first FDA-approved AI-based diagnostic for diabetic retinopathy. URL: <https://xtalks.com/idx-dr-becomes-first-fda-approved-ai-based-diagnostic-for-diabetic-retinopathy-1274> (дата обращения 07.02.2024).
15. Woebot Health receives FDA breakthrough device designation for postpartum depression treatment. URL: <https://woebothealth.com/woebot-health-receives-fda-breakthrough-device-designation> (дата обращения 07.02.2024).
16. Oxiplot awarded CE Mark for the first autonomous AI medical imaging application. URL: <https://www.einpresswire.com/article/566851839/oxiplot-awarded-ce-mark-for-the-first-autonomous-ai-medical-imaging-application> (дата обращения 07.02.2024).
17. Оценка качества медицинской нейронной сети. Цельс®. URL: <https://celsus.ai/blog/kachestvo-nejrosetej> (дата обращения 07.02.2024).

REFERENCES:

1. Averkin A.N., Haase-Rapoport M.G., Pospelov D.A. Thesaurus for artificial intelligence. Moscow: Radio i svyaz; 1992: 256 pp. (in Russ.).
2. McCarthy J. What is artificial intelligence? Available at: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf> (accessed 28.01.2024).
3. Mullainathan S., Obermeyer Z. Solving medicine's data bottleneck: Nightingale Open Science. *Nat Med.* 2022; 28 (5): 897–9. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01804-4>.
4. Srivastava R. Applications of artificial intelligence in medicine. *Explor Res Hypothesis Med.* Published online: Sep. 19, 2023. <https://doi.org/10.14218/ERHM.2023.00048>.
5. Gold E. The history of artificial intelligence from the 1950s to today. Available at: <https://www.freecodecamp.org/news/the-history-of-ai/> (accessed 07.02.2024).
6. Turing A.M. Computing machinery and intelligence. *Mind.* 1950; 59 (236): 433–60. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>.

18. Long E., Lin H., Liu Z., et al. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts. *Nat Biomed Eng.* 2017; 1: 0024. <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0024>.
19. Nam J.G., Park S., Hwang E.J., et al. Development and validation of deep learning-based automatic detection algorithm for malignant pulmonary nodules on chest radiographs. *Radiology.* 2019; 290 (1): 218–28. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018180237>.
20. Kermany D.S., Goldbaum M., Cai W., et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. *Cell.* 2018; 172 (5): 1122–31.e9. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>.
21. Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 2017; 542 (7639): 115–8. <https://doi.org/10.1038/nature21056>.
22. Briganti G., Le Moine O. Artificial intelligence in medicine: today and tomorrow. *Front Med.* 2020; 7: 27. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>.
23. Brouillette M. AI added to the curriculum for doctors-to-be. *Nat Med.* 2019; 25 (12): 1808–9. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0648-3>.
24. Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине. *Международный научно-исследовательский журнал.* 2022; 7: 10–3. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038>.
25. Artificial intelligence in healthcare market size was valued at USD 7.9 billion in 2021 and will achieve USD 201.3 billion by 2030 growing at 43.4% CAGR. URL: <https://finance.yahoo.com/news/artificial-intelligence-healthcare-market-size-150000213> (дата обращения 02.02.2024).
26. Куракова Н.Г., Цветкова Л.А., Черченко О.В. Технологии искусственного интеллекта в медицине и здравоохранении: позиции России на глобальном патентном и публикационном ландшафте. *Врач и информационные технологии.* 2020; 2: 81–100. <https://doi.org/10.37690/1811-0193-2020-2-81-100>.
27. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/72838946/> (дата обращения 02.02.2024).
28. Jimma B.L. Artificial intelligence in healthcare: a bibliometric analysis. *Telemat Inform Rep.* 2023; 9 (Suppl. 1): 100041. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100041>.
29. Миронов М.Б., Абрамов М.О., Кондратенко В.В. и др. Применение искусственного интеллекта в диагностике абсансной эпилепсии с одновременным тестированием уровня сознания пациента в период иктального события. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния.* 2024; 16 (1): 8–17. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.178>.

7. Sunday Grève S. Artificial forms of life. *Philosophies.* 2023; 8 (5): 89. <https://doi.org/10.3390/philosophies8050089>.
8. Kuzmenko R.I., Lyapunova N.A. Aleksey Andreevich Lyapunov (1911–1973). Moscow: Nauka; 1996: 89 pp. (in Russ.).
9. Maron M.E. Artificial intelligence and brain mechanisms. MEM RM-3522-PR. *Memo RM.* 1963; 86: 1–35.
10. Weizenbaum J. Computer power and human reason: from judgment to calculation. New York: W.H. Freeman and Company; 1976: 300 pp.
11. Naylor C. Build your own expert system. *Statistician.* 1985; 34 (2): 255. <https://doi.org/10.2307/2988169>.
12. Kolarz G., Adlansnig K.P. Problems in establishing the medical expert systems CADIAG-1 and CADIAG-2 in rheumatology. *J Med Syst.* 1986; 10 (4): 395–405. <https://doi.org/10.1007/BF00992439>.
13. Gusev A.V. The role of artificial intelligence in the trends of digital transformation of healthcare. Available at: <https://webiomed.ru/media/docs/>

- prezentatsiia-k-dokladu-a-v-guseva.pdf (in Russ.) (accessed 07.02.2024).
14. Hand S. IDX-DR becomes first FDA-approved AI-based diagnostic for diabetic retinopathy. Available at: <https://xtalks.com/idx-dr-becomes-first-fda-approved-ai-based-diagnostic-for-diabetic-retinopathy-1274> (accessed 07.02.2024).
15. Woebot Health receives FDA breakthrough device designation for postpartum depression treatment. Available at: <https://woebothealth.com/woebot-health-receives-fda-breakthrough-device-designation> (accessed 07.02.2024).
16. Oxipit awarded CE Mark for the first autonomous AI medical imaging application. Available at: <https://www.einpresswire.com/article/566851839/oxipit-awarded-ce-mark-for-the-first-autonomous-ai-medical-imaging-application> (accessed 07.02.2024).
17. Assessment of the quality of a medical neural network. Celsus®. Available at: <https://celsus.ai/blog/kachestvo-nejrosetej> (accessed 07.02.2024).
18. Long E., Lin H., Liu Z., et al. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts. *Nat Biomed Eng.* 2017; 1: 0024. <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0024>.
19. Nam J.G., Park S., Hwang E.J., et al. Development and validation of deep learning-based automatic detection algorithm for malignant pulmonary nodules on chest radiographs. *Radiology.* 2019; 290 (1): 218–28. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018180237>.
20. Kermany D.S., Goldbaum M., Cai W., et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning. *Cell.* 2018; 172 (5): 1122–31.e9. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.02.010>.
21. Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 2017; 542 (7639): 115–8. <https://doi.org/10.1038/nature21056>.
22. Briganti G., Le Moine O. Artificial intelligence in medicine: today and tomorrow. *Front Med.* 2020; 7: 27. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>.
23. Brouillette M. AI added to the curriculum for doctors-to-be. *Nat Med.* 2019; 25 (12): 1808–9. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0648-3>.
24. Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине. *Международный научно-исследовательский журнал.* 2022; 7: 10–3. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.121.7.038>.
25. Artificial intelligence in healthcare market size was valued at USD 7.9 billion in 2021 and will achieve USD 201.3 billion by 2030 growing at 43.4% CAGR. Available at: <https://finance.yahoo.com/news/artificial-intelligence-healthcare-market-size-150000213> (accessed 02.02.2024).
26. Kurakova N.G., Tsvetkova L.A., Cherchenko O.V. Artificial intelligence technologies in medicine and healthcare: Russia's position on the global patent and publication landscape. *Physicians and IT.* 2020; 2: 81–100 (in Russ.). <https://doi.org/10.37690/1811-0193-2020-2-81-100>.
27. Decree of the President of the RF of 10.10.2019 No. 490 “On the development of artificial intelligence in the Russian Federation”. Available at: <https://base.garant.ru/72838946/> (in Russ.) (accessed 02.02.2024).
28. Jimma B.L. Artificial intelligence in healthcare: a bibliometric analysis. *Telemat Inform Rep.* 2023; 9 (Suppl. 1): 100041. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100041>.
29. Mironov M.B., Abramov M.O., Kondratenko V.V., et al. Artificial intelligence applied for the diagnosis of absence epilepsy with simultaneously tested patient's consciousness level in ictal event. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions.* 2024; 16 (1): 8–17 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2024.178>.

Сведения об авторах

Ламоткин Андрей Игоревич – ассистент кафедры внутренних болезней с курсами семейной медицины, функциональной диагностики, инфекционных болезней, профессиональных болезней медицинского факультета АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза», специалист отдела мониторинга и анализа мероприятий федерального проекта «Борьба с онкологическими заболеваниями» ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7930-6018>; РИНЦ SPIN-код: 4170-7782.

Корабельников Даниил Иванович – к.м.н., доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней с курсами семейной медицины, функциональной диагностики, инфекционных болезней, профессиональных болезней медицинского факультета, ректор АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-0488>; РИНЦ SPIN-код: 7380-7790.

Ламоткин Игорь Анатольевич – д.м.н., профессор, заведующий кожно-венерологическим отделением ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Минздрава России, профессор кафедры кожных и венерических болезней с курсом косметологии медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7707-441X>; РИНЦ SPIN-код: 7153-3703. E-mail: ilamotkin@mail.ru.

Лившиц Сергей Анатольевич – д.м.н., главный врач ГБУЗ МО «Ногинская больница» (Ногинск, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4257-9658>; WoS ResearcherID: D-7334-2018; РИНЦ SPIN-код: 2380-7773.

Перевалова Елена Геннадьевна – к.м.н., ассистент кафедры хирургических болезней с курсами онкологии, эндоскопии, анестезиологии и реаниматологии, акушерства и гинекологии, дерматовенерологии и косметологии медицинского факультета АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» (Москва, Россия). ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0783-7108>; РИНЦ SPIN-код: 1445-5020.

About the authors

Andrey I. Lamotkin – Assistant Professor, Chair of Internal Diseases with Courses in Family Medicine, Functional Diagnostics, Infectious Diseases, Occupational Diseases, Faculty of Medicine, Moscow Haass Medical and Social Institute; Expert, Department of Monitoring and Analysis of Activities of the Federal Project “Fight Against Cancer”, Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7930-6018>; RSCI SPIN-code: 4170-7782.

Daniil I. Korabelnikov – MD, PhD, Associate Professor, Chief of Chair of Internal Diseases with Courses in Family Medicine, Functional Diagnostics, Infectious Diseases, Occupational Diseases, Faculty of Medicine, Rector, Moscow Haass Medical and Social Institute (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-0488>; RSCI SPIN-code: 7380-7790.

Igor A. Lamotkin – Dr. Med. Sc., Professor, Head of Department of Skin and Venereology, Burdenko Main Military Clinical Hospital; Professor, Chair of Skin and Venereal Diseases with Cosmetology Course, Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7707-441X>; RSCI SPIN-code: 7153-3703. E-mail: ilamotkin@mail.ru.

Sergey A. Livshitz – Dr. Med. Sc., Chief Physician, Noginsk Hospital (Noginsk, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4257-9658>; WoS ResearcherID: D-7334-2018; RSCI SPIN-code: 2380-7773.

Elena G. Perevalova – MD, PhD, Assistant Professor, Chair of Surgical Diseases with Courses in Oncology, Endoscopy, Anesthesiology and Intensive Care, Obstetrics and Gynecology, Dermatovenereology and Cosmetology, Faculty of Medicine, Moscow Haass Medical and Social Institute (Moscow, Russia). ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0783-7108>; RSCI SPIN-code: 1445-5020.