

УДК 61:004.8

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-01>

Новые возможности искусственного интеллекта в медицине: описательный обзор

А. А. Литвин¹, И. О. Стома¹, Т. М. Шаршакова¹,
С. Б. Румовская², А. А. Ковалев¹

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»

Российской академии наук, Калининградский филиал, г. Калининград, Россия

Резюме

Целью описательного обзора литературы является рассмотрение новых возможностей искусственного интеллекта (ИИ) для улучшения диагностики, профилактики и лечения различных заболеваний. В статье обсуждаются, какие современные инструменты ИИ могут использоваться в клинической практике, организации здравоохранения и медицинском образовании.

В работе рассмотрены различные аспекты систем ИИ медицинского назначения, которые в основном являются системами компьютерной поддержки принятия врачебных решений в процессе клинической работы. Большое внимание уделено возможностям генеративного ИИ в медицине. Были исследованы потенциальные возможности применения ИИ в клинической практике, что подчеркнуло многообещающие перспективы как для практикующих врачей, так и для их пациентов.

Описываются ограничения, связанные с использованием ИИ в различных областях медицины, предлагаются возможные способы их решения. Излагаются проблемы информационной безопасности и этических ограничений, связанные с внедрением ИИ.

Широкая интеграция ИИ в сферу общественного здравоохранения повысит качество поддержки принятия клинических и управленческих решений, ускорит диагностику заболеваний и улучшит общее качество и доступность медицинских услуг.

Ключевые слова: искусственный интеллект в медицине, машинное обучение, экспертные системы, генеративный искусственный интеллект

Вклад авторов. Литвин А.А., Стома И.О.: концепция и дизайн рукописи; Литвин А.А., Стома И.О., Шаршакова Т.М., Румовская С.Б., Ковалев А.А.: сбор материала, обзор публикаций по теме статьи; Литвин А.А.: проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Для цитирования: Литвин АА, Стома ИО, Шаршакова ТМ, Румовская СБ, Ковалев АА. Новые возможности искусственного интеллекта в медицине: описательный обзор. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(1):7–17. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-01>

New possibilities of artificial intelligence in medicine: a narrative review

Andrey A. Litvin¹, Igor O. Stoma¹, Tamara M. Sharshakova¹,
Sophiya B. Rumovskaya², Alexey A. Kovalev¹

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences (FRC IU RAS),
Kaliningrad Branch, Kaliningrad, Russia

Abstract

The purpose of the narrative review is to provide a descriptive analysis of the emerging capabilities of artificial intelligence (AI) to improve the diagnosis, prevention and treatment of various diseases. The article discusses which modern AI tools can be used in clinical practice, healthcare organization and medical education.

The paper considers various aspects of medical AI systems, which are mainly computer support systems for medical decision-making in the process of clinical work. Much attention is paid to the possibilities of generative AI in medicine. Potential applications of AI in clinical practice have been investigated, highlighting promising prospects for both practitioners and their patients.

The limitations associated with the use of AI in various fields of medicine are described, and possible ways of solving them are suggested. The problems of information security and ethical constraints associated with the introduction of AI are outlined.

The broad integration of AI into public health will enhance clinical and management decision support, speed up disease diagnosis, and improve the overall quality and accessibility of healthcare services.

Keywords: *artificial intelligence in medicine, machine learning, expert systems, generative artificial intelligence*

Author contributions. Litvin A.A., Stoma I.O.: research concept and design; Litvin A.A., Stoma I.O., Sharshakova T.M., Rumovskaya S.B., Kovalev A.A.: collecting material and reviewing publications on the topic of the article; Litvin A.A.: checking critical content, approving the manuscript for publication.

Conflict of interests. Authors declare no conflict of interest.

Funding. None.

For citation: Litvin AA, Stoma IO, Sharshakova TM, Rumovskaya SB, Kovalev AA. New possibilities of artificial intelligence in medicine: A narrative review. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(1):7–17. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-01>

Введение

Под ИИ в общем смысле понимается теория и технология разработки компьютерных систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта, например, такие как восприятие зрительного образа, распознавание речи, принятие решений, перевод с одного языка на другой и др. [1]. Первоначально системы ИИ использовали символьную логику для создания так называемых «экспертных систем» (ЭС) [2]. В области медицины врачи, предоставляющие клинические данные, продолжают разрабатывать ЭС в сотрудничестве с программистами, которые переводят эти данные на понятный компьютерам язык символов [2].

Другим направлением в области ИИ является разработка и использование методов машинного обучения (МО), включая искусственные нейронные сети (ИНС) [3]. Используя нейронные сети, компьютерные программы могут создавать системы принятия решений с использованием искусственных «нейронов», функционирующих аналогично биологическим нервным системам [3]

При создании ЭС ее разработчики формируют определенный набор правил для имитации процессов принятия решений экспертами в этой области. Разработка моделей МО предполагает использование математических инструментов, которые помогают компьютеру обучаться без непосредственных инструкций, используя для этого большие массивы данных. Используя «обучающие» наборы данных, которые сравнивают исходные данные (например, симптомы заболевания или медицинские изображения) с конкретными результатами (например, медицинскими диагнозами), программы машинного обучения могут определить, какие ИНС дадут наиболее точные результаты перед их дальнейшим использованием [4].

Хотя машинное обучение используется уже много лет, только недавно сочетание достаточной вычислительной мощности и больших наборов обучающих данных позволило создать алгоритмы машинного обучения, которые могут конкурировать с ЭС или превосходить их по производительности. В области медицины были предложены системы поддержки принятия решений (СППР) на основе машинного обучения в радиологии [5], онкологии [6], неврологии [7], хирургии [8], патологической анатомии [9] и др.

В последнее время среди быстро развивающихся технологий ИИ особое место заняли генеративные модели искусственного интеллекта, которые работают на модели генеративно-предварительно обученного трансформера (Generative Pre-trained Transformer, GPT) [10]. Причем наибольшую известность получила модель ChatGPT, которая обладает мощными инструментами для обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP) [11, 12]. Обработка естественного языка — это набор методов, помогающих компьютерной системе понимать человеческую речь в текстовом, аудио-и/или видеформате. NLP-модели демонстрируют сверхъестественную способность «понимать» и генерировать похожий на созданный человеком контент, что делает их идеальными кандидатами для широкого внедрения в медицине [12].

Основная цель NLP-моделей заключается в том, чтобы дать компьютерам возможность понимать и обрабатывать естественный язык, который люди используют для общения между собой. NLP-модели включают в себя широкий спектр задач, в том числе языковой перевод, распознавание речи, синтез текста, ответы на вопросы и многое другое, и все они направлены на преодоление разрыва между человеческим общением и компьютерным пониманием [13]. NLP-модели

нашли широкое применение в области медицины, продемонстрировав впечатляющую способность извлекать и анализировать ценную информацию из огромного количества неструктурированных клинических данных, включая электронные медицинские карты, медицинскую литературу и контент, созданный пациентами [14]. NLP-модели продемонстрировали значительный потенциал в выявлении различных заболеваний, производстве лекарственных средств и лабораторных тестов [14], также они играют важную роль в ранней диагностике заболеваний, обеспечении своевременного оперативного вмешательства и улучшении результатов лечения пациентов [15].

Развитие NLP-моделей началось с появлением модели GPT-1 и продолжилось появлением современной GPT-4, расширенной мультимодальной модели, способной эффективно обрабатывать большое количество изображений и текстовых входов. Из-за большого количества этапов предварительного обучения эти модели обычно называют большими языковыми моделями (Large Language Model, LLM) [16]. Присущая этим моделям способность самостоятельно генерировать информацию, характерную для человеческого языка, открывает огромный потенциал для применения в медицине [17].

Таким образом, экспертные системы, системы поддержки принятия врачебных решений на основе МО и модели генеративного ИИ все шире используются в медицине.

Целью данного описательного обзора литературы является анализ новых возможностей ИИ для улучшения диагностики, профилактики и лечения различных заболеваний. В нарративном обзоре использовались литературные источники из баз данных PubMed и eLibrary за период с января 2010 по январь 2024 г.

Аналитический обзор литературы

В настоящее время модели ИИ широко используются, а модели генеративного ИИ начинают применяться в практическом здравоохранении для медицинской диагностики, улучшения поддержки принятия клинических и управленческих решений, автоматизации ведения различной медицинской документации, улучшения коммуникации с пациентами, ускорения новых научных разработок и улучшения качества медицинского образования [10].

Медицинская диагностика

На сегодняшний день методики компьютерного зрения, которые позволяют автоматически производить обнаружение, отслеживание и классификацию различных визуальных объектов, ак-

тивно используются в инструментальной диагностике [18]. Эти методы значительно сокращают время на обработку больших объемов цифровых изображений и повышают качество диагностики [18]. Z. Marinov et al. (2023) представили систематический обзор 121 метода МО, использующихся для сегментации медицинских изображений. Эти авторы привели подробную классификацию для глубокой интерактивной сегментации цифровых изображений и определили задачи будущих исследований в этой области [19].

В статье S. A. Alowais et al. (2023) делается акцент на преобразующую роль ИИ в улучшении диагностики заболеваний и, следовательно, персонализации лечения пациентов. В статье подчеркивается важность врачебного клинического опыта для эффективного использования ИИ в целях улучшения диагностики многих заболеваний [20]. Методики компьютерного зрения особенно хорошо себя зарекомендовали для расширения возможностей врачей-клиницистов с ограниченными техническими навыками по разработке диагностических моделей ИИ для медицинской визуализации [21].

Искусственный интеллект может улучшать раннюю диагностику различных онкологических заболеваний, в частности рака молочной железы. I. Schlam et al. (2023) отмечают преимущества ИИ в интерпретации маммограмм, повышении точности диагностики, снижении рутинной нагрузки на медицинских работников [22].

В настоящее время в практическом здравоохранении используются следующие диагностические программные комплексы на основе ИИ. Инструмент быстрой автоматической сегментации – FAST, разработанный Redbrick AI [<https://ai.meta.com/blog/segment-anything-foundation-model-image-segmentation/>], помогает врачам описывать различные цифровые изображения (компьютерная и магнитно-резонансная томография) с помощью процесса автоматической маркировки [10]. Программа Paige FullFocus [<https://paige.ai/clinical>], основанная на генеративном ИИ, позволяет врачам-патологоанатомам исследовать и анализировать цифровые изображения образцов тканей. Эта интеллектуальная система может значительно повысить точность и надежность интерпретации гистологических исследований, тем самым помогая выявлять и анализировать сложные клинические случаи [10].

E. Vorontsov et al. (2023) разработали программный комплекс цифровой патологоанатомической диагностики на основе ИИ под названием «Virchow». Эта модель обучена на 1,5 млн цифровых изображений и автоматически оценивает множество микроскопических параметров различных онкологических заболеваний [23].

Программный комплекс Glass AI [<https://glass.health/ai>] выполняет функции диагностического ассистента с целью составления полного списка потенциальных диагнозов и планов лечения, адаптированных к клиническим условиям [10]. Система способна самостоятельно провести исчерпывающую дифференциальную диагностику заболевания и помочь в стратегическом планировании обследования и лечения пациента. Модель Regard [<https://withregard.com/clinicians/>] интегрирована с электронными медицинскими картами, анализирует данные пациентов, ставит диагнозы, составляет журналы наблюдений и быстро предоставляет необходимую информацию, касающуюся оптимального лечения конкретного пациента [10].

Системы поддержки принятия врачебных решений

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) — медицинские компьютерные системы, представляющие собой комплексное программное обеспечение, обладающие функционалом постановки первичного диагноза и сопровождающие при принятии решений [24]. В статье N. Hassan et al. (2023) представлена подробная 9-этапная дорожная карта для врачей-исследователей по созданию и применению прогностических моделей ИИ в клинических условиях с акцентом на повышение эффективности принятия клинических решений [25]. Эти девять этапов включают в себя процесс выяснения интересующей клинической проблемы или результата, определения подходящих предикторов, выбора подходящих наборов данных, построения прогностической модели ИИ, ее проверки и тестирования, представления и интерпретации прогнозов модели, лицензирования и обслуживания прогностической модели ИИ, а также оценки ее влияния [25]. Внедрение прогностической модели ИИ в клиническую практику, по мнению авторов, обычно включает множество взаимодействующих компонентов, таких как точность прогнозов модели, понимание и использование этих вероятностей медицинскими работниками и пациентами, ожидаемая эффективность последующих действий или вмешательств и соблюдение режима их выполнения [25]. В настоящее время, когда растущая роль клинической составляющей СППВР в медицине не вызывает сомнения, внимание исследователей обращено на улучшение экономической эффективности функционирования системы здравоохранения путем внедрения современных генеративных СППВР [26].

Вместе с тем генеративный ИИ в качестве СППВР может иметь некоторые ограничения. В своем сравнительном исследовании T.I. Wilhelm

et al. (2023) выявили заметные различия в качестве медицинского контента, генерируемого большими языковыми моделями. Эти авторы подчеркивают возможную «несогласованность» рекомендаций ИИ, выявляя такие ошибки, как нечеткие советы и пропуски важных методов лечения в поддержке принятия врачебных решений [27].

Примером использования генеративного ИИ в качестве СППВР может являться Google Bard на базе Med-PaLM 2, которая предлагает интересные приложения в сфере здравоохранения, в том числе в ассистировании врачам в принятии клинических решений. Обученный на основе разнообразной медицинской информации, включая медицинские журналы, учебники, данные медицинской стационарной или амбулаторной карты, Med-PaLM 2 может помочь предложить вероятные диагнозы и помочь в составлении плана лечения [28].

Оформление медицинской документации, административная и управленческая поддержка

Одним из известных применений генеративных моделей ИИ в медицине является автоматизация ведения различной рутинной медицинской документации. Предоставляя компьютерным системам краткое устное изложение («подсказку») с соответствующими неструктурированными цифровыми данными о пациенте, можно создать более полную и хорошо оформленную медицинскую документацию в виде медицинской карты стационарного пациента, медицинской карты амбулаторного больного или заключений врачей-специалистов, значительно сэкономив рабочее время медицинских работников [29]. Существует много примеров эффективного использования генеративного ИИ с целью оформления медицинской документации [10]. Программный комплекс Nuance [<https://www.nuance.com/healthcare.html>] позволяет врачам диктовать данные о пациенте непосредственно в систему электронной медицинской документации. Этот инструмент может автономно расшифровывать устно сообщаемые врачами результаты лабораторных анализов в режиме реального времени [10]. Аналогичным образом Suki Assistant [<https://www.suki.ai/technology>] автоматизирует создание текстовой части истории болезни, прослушивая разговор врача и пациента во время сбора анамнеза, обследования пациента. Это оптимизирует задачи ведения первичной медицинской документации, освобождая больше времени для непосредственного общения с пациентами [10].

Модель Corti [<https://www.corti.ai/solutions/engage>] — это еще один возможный инструмент в работе врача, который использует генеративный

ИИ для расшифровки диалогов между врачами и пациентами в режиме реального времени. Corti работает на нескольких основных языках. Эта модель способна извлекать важные детали из записанных диалогов, включая конкретные симптомы, упомянутые лекарства и другие важные вопросы, упрощает анализ основных моментов беседы врача с пациентом. Используя полученную информацию, ИИ Corti предоставляет рекомендации по оптимальному ведению пациентов и дальнейшей лечебно-диагностической тактике, используя имеющуюся обширную базу данных [10].

Носимые устройства и управление образом жизни

Развитие носимых устройств и их интеграция в систему здравоохранения привели к появлению нового сектора, известного как Интернет медицинских вещей (Internet of Healthcare Things, IoHT). Типичная IoHT-система состоит из взаимосвязанных интеллектуальных медицинских устройств, которые собирают данные о состоянии пациента и взаимодействуют с медицинской информационной системой. IoHT-система также подключается к облачной платформе, где генерируемые медицинскими устройствами данные собираются, хранятся и анализируются [30].

Медицинские организации активно внедряют алгоритмы ИИ для мониторинга пациентов с различными заболеваниями. Эти алгоритмы позволяют повысить эффективность лечения и в сочетании с различными биометрическими устройствами обеспечивают непрерывный мониторинг жизненно важных показателей у пациентов на дому. Отслеживая тысячи пациентов и корректируя лечение, ИИ помогает врачам принимать обоснованные решения на основе получаемых из носимых устройств данных [30].

Однако важно отметить, что IoHT также создает проблемы, связанные с безопасностью и конфиденциальностью данных. Обеспечение безопасности данных пациентов и установление отраслевых стандартов связи между различными носимыми устройствами являются постоянными проблемами при внедрении IoHT [31]. Эти проблемы может помочь решить децентрализованный (блокчейн-усиленный) ИИ [32].

Виртуальные ассистенты и удаленная работа с пациентами

В настоящее время для виртуальных компьютерных помощников используются различные термины — «виртуальный ассистент», «чат-бот», «диалоговый интерфейс». В общем виртуальные ассистенты — это программные агенты, которые выполняют задачи на основе введенной пользователем информации [33]. G. Sun

и Y. H. Zhou (2023) в своей статье [34] описывают интеграцию чат-ботов с ИИ в систему здравоохранения, уделяя особое внимание их превращению из простых помощников в продвинутых агентов, улучшающих систему ухода за пациентами [34]. R. Nourse et al. (2023) подчеркивают потенциал экосистем из виртуальных ассистентов в предоставлении персонализированной медицинской помощи [35].

Системы удаленной работы с пациентами имеют важные преимущества: доступность медицинской поддержки 24/7, выявление ранних признаков нестандартных ситуаций, уменьшение предвзятости и человеческих ошибок. Вместе с тем в работе A. V. Eriksen et al. (2023) подчеркивается, что чат-боты в качестве виртуальных помощников, несмотря на полезность при принятии решений в сложных клинических случаях, могут иметь существенные недостатки, такие как «чрезмерная самоуверенность», требующая контроля со стороны человека [36].

Примеры практического использования виртуальных ассистентов также многочисленны. Модель Ellen AI [<https://round-spear-8489.typedream.app>] дополняет инструменты генеративного ИИ, в первую очередь ChatGPT. Врачи могут использовать возможности Ellen AI для преобразования письменных инструкций для пациентов в голосовые сообщения. Известно, что ChatGPT имеет определенный потенциал в анализе медицинских данных, поддержке принятия клинических решений, а также в определении и соблюдении плана лечения. Сочетание Ellen AI и ChatGPT открывает многообещающие возможности для улучшения ведения пациентов за счет инновационного голосового взаимодействия и интеллектуального создания медицинской текстовой информации [10]. Программный комплекс Kahun [<https://www.kahun.com/technology>] — это инструмент проверки симптомов различных заболеваний, оснащенный диалоговым чат-ботом, интегрированным с электронной медицинской документацией. Kahun обеспечивает клиническую оценку пациентов, выставляя ранжированные по вероятности диагнозы и помогает более точно определить лечебно-диагностическую тактику на основе данных пациента из медицинской карты, другой электронной медицинской документации [10].

Модель Hippocratic AI [<https://www.hippocraticai.com/benchmarks>] работает в сфере «генеративной эмпатии ИИ», предлагает пациент-ориентированный подход, отдающий приоритет сочувствию, заботе, состраданию и формированию дружественных к пациенту диалогов [10]. Программа Gridspace [<https://resources.gridspace.com>] автоматизирует работу с пациентами, обрабатывая телефонные звонки, отвечая на их во-

просы и выполняя различные административные задачи. Gridspace может работать круглосуточно и без выходных, легко масштабируется, обеспечивает оптимальное взаимодействие с пациентами при приеме входящих звонков и их обзвоне [10].

Модель Abridge [<https://www.abridge.com/our-technology>] предназначена для документирования медицинских диалогов, избавляя пациентов от необходимости детально запоминать разговор с врачом или делать какие-либо письменные записи. Abridge может предоставлять полную текстовую запись разговора, чтобы пациенты могли просмотреть ее позже. Эта система также выделяет важную информацию из диалога и упрощает сложные медицинские термины до более понятного языка [10].

Разработка лекарственных средств

Известно, что классические протоколы разработки лекарственных средств часто основаны на длительных клинических испытаниях, направленных на оценку потенциального воздействия нового соединения на организм человека. Анализируя большое количество информации, алгоритмы ИИ способны выявлять закономерности и тенденции, которые могут ускользать от врачей-исследователей. Это может способствовать быстрой идентификации новых биологически активных соединений с минимальными побочными эффектами, превосходящими эффективность классических протоколов [37].

Еще одним важнейшим направлением использования ИИ в разработке новых лекарственных средств является выявление взаимодействий между лекарственными средствами, возникающих при одновременном их применении у одного пациента. ИИ может анализировать обширные наборы данных об известных лекарственных взаимодействиях, а также помогать в оптимизации лечения в рамках персонализированной медицины. Это может позволить разрабатывать индивидуальные планы лечения, снижающие риск побочных реакций [38]. S. H. Chalasani et al. (2023) отмечают, что интеграция ИИ в фармацевтическую практику позволит повысить точность в принятии логистических решений, автоматизации процессов выдачи лекарств [39].

Генерация новых синтетических медицинских данных

Генеративный ИИ может использоваться для создания новых синтетических медицинских данных, взятых из обычной медицинской документации. Считается, что генерация синтетических медицинских данных облегчит доступ к конфиденциальной информации, что еще больше будет способствовать развитию медицинских

технологий [40]. Примером практического использования генеративного ИИ для создания реалистичных синтетических медицинских данных является модель Syntegra Medical Mind [<https://www.syntegra.io/technology>]. Syntegra клинически апробирована на пациентах с деменцией путем синтеза виртуальных групп исследования и продемонстрировала огромный потенциал [41].

Генеративный ИИ в виде Unlearn.AI [<https://www.unlearn.ai/technology>] начал использоваться для создания «цифровых двойников» пациентов. Цифровые двойники могут позволить выявить влияние различных методов лечения на состояние пациента, используя реальные данные помочь разрабатывать персонализированные планы лечения и проводить виртуальные клинические исследования [10]. Кроме того, синтетические цифровые двойники оптимизируют большие клинические исследования, предоставляя информацию без необходимости использования больших контрольных групп. Можно использовать цифровых двойников для моделирования прогрессирования заболевания при различных методах лечения, определяя оптимальный выбор лечения [10].

Медицинское образование

Искусственный интеллект с успехом может использоваться в медицинском образовании. В кратком руководстве, выпущенном ЮНЕСКО в апреле 2023 г., описываются различные возможные варианты применения генеративного ИИ в сфере высшего образования [42]. Многие из этих приложений могут быть адаптированы к высшему медицинскому образованию, санитарно-просветительской работе и даже для обучения пациентов [42].

Благодаря своей способности обобщать сложные концепции, служить интерактивным репетитором и медицинским справочником, системы генеративного ИИ могут улучшить понимание, запоминание и применение студентами медицинских знаний в режиме реального времени [43, 44]. Хотя интеграция чат-ботов с ИИ в медицинское образование дает множество преимуществ, очень важно, чтобы студенты использовали эти инструменты в качестве вспомогательных средств, а не полагались на них полностью. Чат-боты должны быть запрограммированы на ссылки на медицинские ресурсы, основанные на доказательной медицине, и создавать точный и достоверный контент, соответствующий стандартам медицинской науки, рекомендациям по написанию научных статей и принципам медицинской этики [43]. Цифровые двойники пациентов также с успехом могут использоваться в медицинском образовании [45].

В связи с предстоящим широким внедрением ИИ в медицинскую практику крайне важно, чтобы

медицинские вузы адаптировались к использованию этих передовых технологий в своих учебных программах для подготовки будущих специалистов в области здравоохранения [43].

Обсуждение

На сегодняшний день использование ИИ претерпевает бурное развитие во всех сферах человеческой деятельности. Системы ИИ в медицине могут помочь врачам сформулировать предложения по оптимизации принятия клинических и управленческих решений, что приведет к улучшению результатов лечения пациентов и качества медицинских услуг [46, 47]. Анализируя обширные наборы медицинских данных, модели ИИ могут помочь в диагностике и прогнозировании заболеваний, способствуя более раннему их выявлению и разработке персонализированных стратегий лечения. ИИ может помочь рентгенологам в клинической диагностике с интерпретацией медицинских изображений, чтобы повысить точность диагностики и сократить время интерпретации [48]. Используя свою способность понимать сложные молекулярные и биохимические взаимодействия, модели ИИ также могут революционизировать процессы открытия лекарственных препаратов, тем самым ускоряя разработку новых методов лечения [49]. ИИ может служить средством анализа больших массивов данных, полученных от секвенирования микробных геномов. Это позволяет на сегодняшний день улучшить распознавание различных микроорганизмов, диагностику и лечение ряда заболеваний [50].

Помимо повышения эффективности и качества медицинских услуг модели ИИ обладают потенциалом совершить революцию в коммуникации с пациентами. Будучи интерактивными языковыми моделями ИИ, эти системы могут взаимодействовать с пациентами, предоставлять им различные образовательные ресурсы, способствовать более активному участию пациентов и расширению их возможностей в управлении своим здоровьем [51]. Кроме того, способность ИИ оптимизировать оформление медицинской документации представляет собой потенциальный путь облегчения административного бремени, позволяя практическим врачам больше сосредоточиться на ведении пациентов [51].

Искусственный интеллект, в первую очередь генеративный ИИ, готов совершить революцию в медицине в ближайшие годы [52]. Однако уже сейчас видны общие проблемы и возможности генеративного ИИ и связанными с ним инструментами. Такими вопросами являются следующие:

- 1) доверие к генеративному ИИ [53];
- 2) безопасность использования ИИ в клинической работе [54];

3) проблемы регулирования, лицензирования и сертификации ИИ в медицине [55];

4) проблемы конфиденциальности [56];

5) вопросы авторского права и собственности [57];

6) проблемы компетенции [58];

7) будущее ИИ [59].

Доверие к достоверности и качеству результатов работы ИИ необходимо для его успешного внедрения в медицине. Например, ChatGPT известен тем, что может «выдумывать» ложную информацию, изобретая и цитируя несуществующие научные статьи [60]. Это получило название «галлюцинаций ИИ». Генеративный ИИ также склонен к различным формам предвзятости в зависимости от того, как он был обучен, и не всегда может одинаково хорошо работать на разных языках [61]. Эта «непредсказуемость» является основным препятствием на пути к внедрению ИИ [10, 53, 60].

Дискуссия о доверии к ИИ также затрагивает актуальные вопросы его клинической безопасности и надежности. Чтобы обеспечить безопасное медицинское применение, крайне важно иметь генеративный ИИ, прошедший соответствующее обучение на высококачественных медицинских данных с учетом требований доказательной медицины [28, 54].

Несмотря на всеобъемлющий преобразующий потенциал генеративных моделей, их внедрение в область медицины порождает ряд биоэтических проблем. Непрозрачность, присущая некоторым моделям ИИ, включая генеративные модели, вызывает опасения по поводу интерпретируемости создаваемых ими решений, что обуславливает необходимость повышения прозрачности и понятности систем ИИ, используемых в здравоохранении [28].

Существуют проблемы, связанные с клинической оценкой, регулированием и сертификацией ИИ в медицинской сфере. Эти трудности еще больше усугубляются постоянным обновлением медицинских знаний, в связи с чем возникает необходимость в специальном ИИ, который можно постоянно обучать и обновлять. Однако процессы лицензирования и сертификации традиционно занимают значительное время, поэтому к моменту завершения сертификации существует риск внесения существенных изменений в рабочие системы ИИ [55, 62].

Проблема авторского права и интеллектуальной собственности приобретает большое значение в контексте данных, генерируемых ИИ. Этот вопрос становится еще более сложным, когда этот контент основан на материалах, защищенных авторским правом [57]. Также существуют проблемы недостаточной компетенции медработников в вопросах использования ИИ [58].

В Республике Беларусь вопросами исследований и внедрения ИИ занимается Межведомственный исследовательский центр искусственного интеллекта, который создан на базе Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси и Института физиологии НАН Беларуси [63]. Центр объединяет усилия специалистов в области медицинских, биологических, информационных, технических и физико-математических наук для создания передовых и конкурентоспособных технологий ИИ и создает условия для выполнения научно-исследовательских проектов в этой области [63]. В Республике Беларусь проводятся научные исследования в ИИ-сфере на мировом уровне [64], развивается национальная платформа искусственного интеллекта BELAI.BY [65].

Будущее ИИ в медицине, как и в целом в других отраслях, видится в увеличении использования новых возможностей ИИ с дальнейшим развитием индивидуальных решений и улучшением пользовательских возможностей [66]. Главными трендами ИИ на ближайшие годы, по мнению исследовательской лаборатории Gartner, являются следующие [67]:

1) развитие генеративного ИИ — более 80 % учреждений внедряют генеративные приложения ИИ в свою операционную среду (на сегодняшний день — менее 5 %);

2) рост использования приложений ИИ на рабочем месте — в ближайшем будущем 60 % сотрудников будут использовать собственные инструменты ИИ для выполнения различных рабочих задач;

3) внедрение ИИ в учреждениях улучшит процессы принятия решений за счет удаления примерно 80 % неточных или ложных данных;

4) рост использования ИИ при написании но-

вых компьютерных программ до 75 %;

5) рост персонализации ИИ — 75 % новых компьютерных программ будет использовать ИИ для создания персонализированных под конкретного пользователя продуктов.

В целом, мы разделяем убеждение большинства исследователей, что ИИ будет играть все более важную роль в медицине. Дальнейшее развитие медицинской науки, практики и образования неразрывно связаны с прогрессом в технологиях ИИ.

Заключение

Существующие на сегодняшний день примеры использования ИИ в клинической практике еще относительно редкие, но их количество растет с каждым днем. Бурное развитие компьютерных технологий привело к появлению ряда проблем, непосредственно связанных с использованием ИИ в различных отраслях человеческой деятельности, таких как проблемы доверия к ИИ, достоверности и надежности сгенерированных данных, безопасности и конфиденциальности использования ИИ. Мы ожидаем, что все эти обсуждаемые проблемы со временем будут постепенно решены, законы и нормативная база продолжат формироваться.

В ближайшие годы мы увидим внедрение новых моделей ИИ, специально и всесторонне обученных с использованием качественных медицинских данных, основанных на доказательной медицине. В связи с существующей угрозой замещения искусственным интеллектом некоторых профессий мы видим, что в последующие годы «врачи, использующие ИИ», заменят «врачей, которые не используют ИИ» [68].

Список литературы / References

- Russell SJ, Norvig P. Artificial intelligence a modern approach. London, 2010, 1132 p.
- Sheikhtaheri A, Sadoughi F, Hashemi Dehaghi Z. Developing and using expert systems and neural networks in medicine: a review on benefits and challenges. *J Med Syst*. 2014;38(9):110
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0110-5>
- Michalski RS, Carbonell JG, Mitchell TM. (ed.). Machine learning: An artificial intelligence approach. Springer Science & Business Media, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-12405-5>
- Deo RC. Machine Learning in Medicine. *Circulation*. 2015;132(20):1920-1930.
DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.001593>
- Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18(8):500-510.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- Zakhem GA, Motosko CC, Ho RS. How Should Artificial Intelligence Screen for Skin Cancer and Deliver Diagnostic Pre-
- dictions to Patients? *JAMA Dermatol*. 2018;154(12):1383-1384.
DOI: <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2018.2714>
- Badrulhisham F, Pogatzki-Zahn E, Segelcke D, Spisak T, Vollert J. Machine learning and artificial intelligence in neuroscience: A primer for researchers. *Brain Behav Immun*. 2024;115:470-479.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2023.11.005>
- Loftus TJ, Tighe PJ, Filiberto AC, Efron PA, Brakenridge SC, Mohr AM, et al. Artificial Intelligence and Surgical Decision-making. *JAMA Surg*. 2020;155(2):148-158.
DOI: <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.4917>
- Salto-Tellez M, Maxwell P, Hamilton P. Artificial intelligence—the third revolution in pathology. *Histopathology*. 2019;74(3):372-376.
DOI: <https://doi.org/10.1111/his.13760>
- Zhang P, Kamel Boulos MN. Generative AI in Medicine and Healthcare: Promises, Opportunities and Challenges. *Future Internet*. 2023; 15(9):286.
DOI: <https://doi.org/10.3390/fi15090286>
- Dale R. GPT-3: What's it good for? *Natural Language*

Engineering. 2021;27(1):113-118.

DOI: <https://doi.org/10.1017/S1351324920000601>

12. Aydın Ö, Karaarslan E. OpenAI ChatGPT Generated Literature Review: Digital Twin in Healthcare. 2022:22-31.

DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4308687>

13. Doan S, Conway M, Phuong TM, Ohno-Machado L. Natural language processing in biomedicine: a unified system architecture overview. *Methods Mol Biol*. 2014;1168:275-294.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0847-9_16

14. Hossain E, Rana R, Higgins N, Soar J, Barua PD, Pisani AR, Turner K. Natural Language Processing in Electronic Health Records in relation to healthcare decision-making: A systematic review. *Comput Biol Med*. 2023;155:106649.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.106649>

15. Morris MX, Song EY, Rajesh A, Kass N, Asaad M, Phillips BT. New Frontiers of Natural Language Processing in Surgery. *Am Surg*. 2023;89(1):43-48.

DOI: <https://doi.org/10.1177/00031348221117039>

16. Meskó B, Topol EJ. The imperative for regulatory oversight of large language models (or generative AI) in healthcare. *NPJ Digit Med*. 2023;6(1):120.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00873-0>

17. Thirunavukarasu AJ, Ting DSJ, Elangovan K, Gutierrez L, Tan TF, Ting DSW. Large language models in medicine. *Nat Med*. 2023;29(8):1930-1940.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02448-8>

18. Bobba PS, Sailer A, Pruneski JA, Beck S, Mozayan A, Mozayan S, et al. Natural language processing in radiology: Clinical applications and future directions. *Clin Imaging*. 2023;97:55-61.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2023.02.014>

19. Marinov Z, Jaeger PF, Egger J, Kleesiek J, Stiefel-hagen R. Deep Interactive Segmentation of Medical Images: A Systematic Review and Taxonomy. *arXiv*. 2023;2311.13964.

DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.13964>

20. Alowais SA, Alghamdi SS, Alsuehaby N, Alqahtani T, Alshaya AI, Almohareb SN, et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Med Educ*. 2023;23:689.

DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z>

21. Thirunavukarasu AJ, Elangovan K, Gutierrez L, Li Y, Tan I, Keane PA, et al. Democratizing Artificial Intelligence Imaging Analysis with Automated Machine Learning: Tutorial. *Journal of Medical Internet Research*. 2023;25.

DOI: <https://doi.org/10.2196/49949>

22. Schlam I, Saad Menezes MC, Corti C, Tan A, Abuali I, Tolaney SM. Artificial intelligence as an adjunct tool for breast oncologists – are we there yet? *ESMO Open*. 2023;8(5).

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2023.101643>

23. Vorontsov E, Bozkurt A, Casson A, Shaikovski G, Zel-echowski M, Liu S, et al. Virchow: A Million-Slide Digital Pathology Foundation Model. *arXiv*, 28 Oct 2023.

DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.07778>

24. Muhiyaddin R, Abd-Alrazaq AA, Househ M, Alam T, Shah Z. The Impact of Clinical Decision Support Systems (CDSS) on Physicians: A Scoping Review. *Stud Health Technol Inform*. 2020;272:470-473.

DOI: <https://doi.org/10.3233/SHTI200597>

25. Hassan N, Slight R, Morgan G, Bates DW, Gallier S, Sapey E, Slight S. Road map for clinicians to develop and evaluate AI predictive models to inform clinical decision-making. *BMJ Health Care Inform*. 2023;30:e100784.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2023-100784>

26. Jiao W, Zhang X, D'souza F. The Economic Value and Clinical Impact of Artificial Intelligence in Healthcare: A Scoping Literature Review. *IEEE Access*. 2023;11:123445-123457.

DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3327905>

27. Wilhelm TI, Roos J, Kaczmarczyk R. Large Language Models for Therapy Recommendations Across 3 Clinical Specialties: Comparative Study. *J Med Internet Res*. 2023;25:e49324.

DOI: <https://doi.org/10.2196/49324>

28. Thapa S, Adhikari S. ChatGPT, Bard, and Large Language Models for Biomedical Research: Opportunities and Pitfalls. *Ann Biomed Eng*. 2023;51(12):2647-2651.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s10439-023-03284-0>

29. Mohsen F, Ali H, El Hajj N, Shah Z. Artificial intelligence-based methods for fusion of electronic health records and imaging data. *Sci Rep*. 2022;12(1):17981.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22514-4>

30. Srivastava J, Routray S, Ahmad S, Waris MM. Internet of Medical Things (IoMT)-Based Smart Healthcare System: Trends and Progress. *Comput Intell Neurosci*. 2022;2022:7218113.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7218113>

31. Uysal MP. Machine learning-enabled healthcare information systems in view of Industrial Information Integration Engineering. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022;30:100382.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100382>

32. Rumovskaya S, Litvin A. Capabilities of Distributed Artificial Intelligence in Medicine, 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2023;424-429.

DOI: <https://doi.org/10.1109/SUMMA60232.2023.10349394>

33. Curtis RG, Bartel B, Ferguson T, Blake HT, Northcott C, Virgara R, Maher CA. Improving User Experience of Virtual Health Assistants: Scoping Review. *J Med Internet Res*. 2021;23(12):e31737.

DOI: <https://doi.org/10.2196/31737>

34. Sun G, Zhou YH. AI in healthcare: navigating opportunities and challenges in digital communication. *Front Digit Health*. 2023;5:1291132.

DOI: <https://doi.org/10.3389/fgth.2023.1291132>

35. Nourse R, Dingler T, Kelly J, Kwasnicka D, Maddison R. The Role of a Smart Health Ecosystem in Transforming the Management of Chronic Health Conditions. *J Med Internet Res*. 2023;25:e44265.

DOI: <https://doi.org/10.2196/44265>

36. Eriksen AV, Møller S, Ryg J. Use of GPT-4 to Diagnose Complex Clinical Cases. *NEJM AI*. 2023;1(1).

DOI: <https://doi.org/10.1056/Alp2300031>

37. Blanco-González A, Cabezón A, Seco-González A, Conde-Torres D, Antelo-Riveiro P, Piñeiro Á, Garcia-Fandino R. The Role of AI in Drug Discovery: Challenges, Opportunities, and Strategies. *Pharmaceuticals*. 2023;16(6):891.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ph16060891>

38. Qureshi R, Irfan M, Gondal TM, Khan S, Wu J, Hadi MU, et al. AI in drug discovery and its clinical relevance. *Heliyon*. 2023;9(7):e17575.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17575>

39. Chalasani SH, Syed J, Ramesh M, Patil V, Pramod Kumar TM. Artificial intelligence in the field of pharmacy practice: A literature review. *Explor Res Clin Soc Pharm*. 2023;12:100346.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2023.100346>

40. Giuffrè M, Shung DL. Harnessing the power of synthetic data in healthcare: innovation, application, and privacy. *NPJ Digit Med*. 2023;6(1):186.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00927-3>

41. Muniz-Terrera G, Mendelevitsh O, Barnes R, Lesh MD. Virtual Cohorts and Synthetic Data in Dementia: An Illustration of Their Potential to Advance Research. *Front Artif Intell*. 2021;4:613956.

DOI: <https://doi.org/10.3389/frai.2021.613956>

42. Sabzalieva E, Valentini A. ChatGPT and Artificial Intelligence in Higher Education: Quick Start Guide. UNESCO. 2023. [Electronic resource]. [date of access 2023 December 8]. Available from: https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2023/04/ChatGPT-and-Artificial-Intelligence-in-higher-education-Quick-Start-guide_EN_FINAL.pdf

43. Ghorashi N, Ismail A, Ghosh P, Sidawy A, Javan R. AI-Powered Chatbots in Medical Education: Potential Applications and Implications. *Cureus*. 2023;15(8):e43271.

DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.43271>

44. Nagi F, Salih R, Alzubaidi M, Shah H, Alam T, Shah Z,

- Househ M. Applications of Artificial Intelligence (AI) in Medical Education: A Scoping Review. *Stud Health Technol Inform.* 2023;305:648-651.
DOI: <https://doi.org/10.3233/SHTI230581>
45. Peshkova M, Yumasheva V, Rudenko E, Kretova N, Timashev P, Demura T. Digital twin concept: Healthcare, education, research. *J Pathol Inform.* 2023;14:100313.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpi.2023.100313>
46. Webster P. Six ways large language models are changing healthcare. *Nat Med.* 2023;29(12):2969-2971.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02700-1>
47. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. AI in health and medicine. *Nat Med.* 2022;28(1):31-38.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01614-0>
48. Kelly BS, Judge C, Bollard SM, Clifford SM, Healy GM, Aziz A, et al. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE). *Eur Radiol.* 2022;32(11):7998-8007.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-022-08784-6>
49. Chan HCS, Shan H, Dahoun T, Vogel H, Yuan S. Advancing Drug Discovery via Artificial Intelligence. *Trends Pharmacol Sci.* 2019;40(8):592-604.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2019.06.004>
50. Sun T, Niu X, He Q, Chen F, Qi RQ. Artificial Intelligence in microbiomes analysis: A review of applications in dermatology. *Front Microbiol.* 2023;14:1112010.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1112010>
51. Sheikh A, Anderson M, Albala S, Casadei B, Franklin BD, Richards M, et al. Health information technology and digital innovation for national learning health and care systems. *Lancet Digit Health.* 2021;3(6):e383-e396.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00005-4)
52. Noorbakhsh-Sabet N, Zand R, Zhang Y, Abedi V. Artificial Intelligence Transforms the Future of Health Care. *Am J Med.* 2019;132(7):795-801.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.01.017>
53. Hunter DJ, Holmes C. Where Medical Statistics Meets Artificial Intelligence. *N Engl J Med.* 2023;389(13):1211-1219.
DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMr2212850>
54. Ellis RJ, Sander RM, Limon A. Twelve key challenges in medical machine learning and solutions. *Intelligence-Based Medicine.* 2022;6:100068.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2022.100068>
55. World Health Organization. (2023). Regulatory considerations on artificial intelligence for health. ISBN: 9789240078871 [Electronic resource]. [date of access 2024 January 12]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240078871>
56. Vo V, Chen G, Aquino YSJ, Carter SM, Do QN, Woode ME. Multi-stakeholder preferences for the use of artificial intelligence in healthcare: A systematic review and thematic analysis. *Soc Sci Med.* 2023;338:116357.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2023.116357>
57. Elendu C, Amaechi DC, Elendu TC, Jingwa KA, Okoye OK, John Okah M, et al. Ethical implications of AI and robotics in healthcare: A review. *Medicine (Baltimore).* 2023;102(50):e36671.
DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000036671>
58. Russell RG, Lovett Novak L, Patel M, Garvey Kim V, Kelly JT, Gretchen JP, et al. Competencies for the Use of Artificial Intelligence-Based Tools by Health Care Professionals. *Acad Med.* 2023;98(3):348-356.
DOI: <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004963>
59. Wubineh BZ, Deriba FG, Woldeyohannis MM. Exploring the opportunities and challenges of implementing artificial intelligence in healthcare: A systematic literature review. *Urol Oncol.* 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2023.11.019>
60. McGowan A, Gui Y, Dobbs M, Shuster S, Cotter M, Selloni A, et al. ChatGPT and Bard exhibit spontaneous citation fabrication during psychiatry literature search. *Psychiatry Res.* 2023;326:115334.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115334>
61. Seghier ML. ChatGPT: not all languages are equal. *Nature.* 2023;615(7951):216.
DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00680-3>
62. Yang YC, Islam SU, Noor A, Khan S, Afsar W, Nazir S. Influential Usage of Big Data and Artificial Intelligence in Healthcare. *Comput Math Methods Med.* 2021;2021:5812499.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5812499>
63. Межведомственный исследовательский центр искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. [дата обращения 27 января 2024]. Режим доступа: <http://uiip.bas-net.by/intellekt/>
Interdepartmental Research Center for Artificial Intelligence. [Electronic resource]. [date of access 2024 January 27]. Available from: <http://uiip.bas-net.by/intellekt/> (In Russ.).
64. Абламейко С. Искусственный интеллект в Беларуси – история и перспективы. Наука и инновации. 2022;(5):26-31. [дата обращения 27 января 2024]. Режим доступа: <https://innosfera.belnauka.by/jour/article/download/62/61>
65. Ablameyko S. Artificial intelligence in Belarus: history and prospects. *Science and Innovations.* 2022;(5):26-31. [date of access 2024 January 27]. Available from: <https://innosfera.belnauka.by/jour/article/download/62/61> (In Russ.).
66. Платформа Искусственного Интеллекта [Электронный ресурс]. [дата обращения 27 января 2024]. Режим доступа: <https://belai.by/>
Artificial Intelligence Platform [Electronic resource]. [date of access 2024 January 27]. Available from: <https://belai.by/> (In Russ.).
67. Wang F, Preininger A. AI in Health: State of the Art, Challenges, and Future Directions. *Yearb Med Inform.* 2019;28(1):16-26.
DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1677908>
68. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2024 [Electronic resource]. [date of access 2024 January 12]. Available from: <https://www.gartner.com/en/articles/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2024>
69. Sabry Abdel-Messih M, Kamel Boulos MN. ChatGPT in Clinical Toxicology. *JMIR Med Educ.* 2023;9:e46876.
DOI: <https://doi.org/10.2196/46876>

Информация об авторах / Information about the authors

Литвин Андрей Антонович, д.м.н., доцент, профессор кафедры хирургических болезней № 3, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9330-6513>
e-mail: aalitin@gmail.com

Стома Игорь Олегович, д.м.н., профессор, ректор, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0483-7329>

e-mail: gsmu@gsmu.by

Andrey A. Litvin, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases No. 3, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9330-6513>
e-mail: aalitin@gmail.com

Igor O. Stoma, Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0483-7329>

e-mail: gsmu@gsmu.by

Шаршакова Тамара Михайловна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5580-5939>

e-mail: t_sharshakova@mail.ru

Румовская София Борисовна, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Калининградский филиал, Калининград, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7115-8890>

e-mail: sophiyabr@gmail.com

Ковалев Алексей Алексеевич, старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9148-487X>

e-mail: kovalev.data.analysis.gsmu@yandex.by

Tamara M. Sharshakova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Public Health and Healthcare with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5580-5939>

e-mail: t_sharshakova@mail.ru

Sophiya B. Rumovskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences, Kaliningrad Branch, Kaliningrad, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7115-8890>

e-mail: sophiyabr@gmail.com

Alexey A. Kovalev, Senior Lecturer, Department of Medical and Biological Physics, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9148-487X>

e-mail: kovalev.data.analysis.gsmu@yandex.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Литвин Андрей Антонович

e-mail: aalitin@gmail.com

Andrey A. Litvin

e-mail: aalitin@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 15.11.2023

Поступила после рецензирования / Accepted 30.01.2024

Принята к публикации / Revised 19.02.2024