DOI: https://doi.org/10.17816/dv678577 EDN: LKDQID

Научный обзор

Применение технологий на основе искусственного интеллекта в дерматологии

Т.Г. Рукша, Е.З. Лапкина

Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

АННОТАЦИЯ

Дерматология представляет область медицины с высокими возможностями анализа патологических изменений в непосредственном очаге поражений, что находит отражение в широком применении морфологических исследований для диагностики заболеваний кожи. В связи с интенсивным внедрением технологий искусственного интеллекта в медицину заболевания кожи вновь становятся одной из перспективных задач апробации и применения методов, основанных на нейронных сетях и машинном обучении, для практических задач медицины.

В представленной статье осуществлён обзор научных публикаций, представляющих результаты использования технологий искусственного интеллекта в дерматологии. С этой целью проанализированы 120 научных исследований за период с 2020 по 2025 год, отражённых в базе данных PubMed.

Проведённая аналитическая работа позволила установить, что технологии искусственного интеллекта применимы для дифференциальной диагностики злокачественных новообразований кожи. Высокое число изображений является критическим для создания платформ на основе искусственного интеллекта для диагностики меланомы кожи из-за высокой гетерогенности как клинической, так и морфологической картины новообразований. Вместе с тем в ряде случаев применение процессов обогащения образов может повысить эффективность создаваемых методов. Так, помимо новообразований, машинное обучение применялось для создания алгоритмов дифференциальной диагностики хронических дерматологических заболеваний кожи — атопического дерматита, псориаза, очаговой алопеции, розацеа и акне. Наряду с клиническими задачами показано использование искусственного интеллекта и для образовательной деятельности.

Вместе с тем применение искусственного интеллекта вызывает обеспокоенность больных в отношении вопросов этики, а также грамотности диагностических и терапевтических стратегий, в связи с чем на сегодняшний день пациенты видят эти технологии в первую очередь как дополняющие деятельность врача.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машинное обучение; нейронная сеть; атопический дерматит; псориаз; алопеция.

Как цитировать:
Рукша Т.Г., Лапкина Е.З. Применение технологий на основе искусственного интеллекта в дерматологии // Российский журнал кожных и венерических болезней. 2025. Т. 28, № 4. С. 429–436. DOI: 10.17816/dv678577 EDN: LKDQID

Рукопись получена: 16.04.2025 **Рукопись одобрена:** 01.08.2025 **Опубликована online:** 22.09.2025

ЭКО • ВЕКТОР

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/dv678577 EDN: LKDQID

Review

Application of Artificial Intelligence Technologies in Dermatology

Tatiana G. Ruksha, Ekaterina Z. Lapkina

Professor V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

ABSTRACT

Dermatology represents a field of medicine with extensive potential for analyzing pathological changes directly in the lesion site, which is reflected in the widespread use of morphological studies for diagnosing skin diseases. With the rapid integration of artificial intelligence technologies into medicine, dermatology has once again become a promising area for the testing and implementation of neural network- and machine learning-based methods for practical medical applications.

This article provides a review of scientific publications reporting the use of artificial intelligence technologies in dermatology. For this purpose, 120 research studies published between 2020 and 2025 and indexed in the PubMed database were analyzed. The analysis established that artificial intelligence technologies can be used for the differential diagnosis of malignant skin neoplasms. A large number of images is critical for developing artificial intelligence-based platforms for skin melanoma due to the high heterogeneity of both the clinical and morphological presentation of neoplasms. At the same time, in some cases, image augmentation processes may enhance the effectiveness of the developed methods. In addition to neoplasms, machine learning methods have been applied to develop differential diagnostic algorithms for chronic dermatologic conditions such as atopic dermatitis, psoriasis, alopecia areata, rosacea, and acne. Along with clinical applications, the use of artificial intelligence in dermatology education has also been reported.

At the same time, the use of artificial intelligence raises patients' concerns regarding ethical issues as well as the accuracy of diagnostic and therapeutic strategies; therefore, patients currently view these technologies primarily as complementary to physicians' work.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; neural network; atopic dermatitis; psoriasis; alopecia.

To cite this article:
Ruksha TG, Lapkina EZ. Application of Artificial Intelligence Technologies in Dermatology. *Russian journal of skin and venereal diseases.* 2025;28(4):429–436. DOI: 10.17816/dv678577 EDN: LKDQID

Submitted: 16.04.2025 **Accepted:** 01.08.2025 **Published online:** 22.09.2025

ECO•VECTOR

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Термин «искусственный интеллект» (ИИ) впервые упоминается в одноимённой книге, выпущенной под редакцией Бена Герцеля и Кассио Пенанчина [1]. До сих пор нет точного определения этого понятия, но общепринятым стало его употребление в отношении систем, воспроизводящих человеческие способности к мышлению и общению. Последние достижения в области создания ИИ демонстрируют широкий спектр его возможностей, что позволяет рассматривать ИИ как самодостаточную и развивающуюся систему [2]. В основе больших языковых моделей (large learning models, LLM) лежат нейронные сети и модели машинного обучения, в которых сеть состоит из многоуровневых искусственных нейронов или вычислительных блоков с настраиваемыми параметрами, показывающими силу связей между нейронами [3]. Для машинного обучения обычно используется метод предсказания следующего токена, при котором модели многократно передаются образцы разделённого на фрагменты текста, известные как токены [4]. Последний токен во фрагменте скрыт, и модели предлагается его предсказать. Обучающий алгоритм с предсказанным токеном включает последующую корректировку параметров, чтобы в следующий раз модель могла предсказать лучше. В процессе обучения используются миллиарды фрагментов слов, научного текста или программного кода, пока модель не сможет надёжно предсказать скрытые токены. В дальнейшем применяются структурированные параметры для предсказания новых токенов без запросов, которые присутствовали на первом этапе обучения [5].

Одной из наиболее важных задач при применении ИИ в медицине является создание лекарственных препаратов [6]. Возможность ИИ объединить трёхмерную геометрию и атомную структуру молекулы предполагаемого лекарственного вещества, предсказание его взаимодействия с белковой молекулой может в значительной степени ускорить процесс разработки новых лекарственных средств. Многообещающими выглядят возможности изменения структуры молекулы вещества с целью повышения эффективности его действия, а также прогнозирования негативных эффектов действия [7].

Методология написания обзора

Анализ литературы проведён на основе базы данных PubMed за последние пять лет (с 2020 по 2025 год). Ключевые слова для поиска включали термины «искусственный интеллект» и «дерматология» («artificial intelligence» and «skin diseases»), а также «искусственный интеллект» в сочетании с названиями распространённых дерматологических заболеваний. В целом было рассмотрено порядка 120 статей, из которых результаты отобранных для анализа представлены в статье с соответствующим указанием библиографических данных в списке литературы.

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОНКОДЕРМАТОЛОГИИ

Дерматология является областью медицины, в которой применение ИИ представляется наиболее прогнозируемым и возможным [8], при этом онкологические заболевания кожи, составляя одну из наиболее частых форм злокачественных новообразований, являются важным и перспективным объектом для применения технологий ИИ с целью совершенствования их ранней диагностики [9].

В исследовании N.G. Maher и соавт. [10] технологии ИИ использованы для дифференциальной диагностики доброкачественных меланоцитарных новообразований и меланомы кожи. Для врачей-патологоанатомов в ряде случаев дифференциальная диагностика между этими нозологиями бывает затруднительной и субъективной. Безусловно, существует ряд технологий для подтверждения диагноза в спорных случаях: флуоресцентная гибридизация *in situ* (FISH), анализ однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), иммуногистохимическое определение экспрессии S100, Melan A, а также сравнительно недавно идентифицированный антиген PRAME — репрессор рецептора ретиноевой кислоты, предпочтительно экспрессируемый при меланоме [11]. Применяемые ранее технологии автоматизированного анализа показали, что вследствие высокой морфологической гетерогенности меланомы и доброкачественных меланоцитарных новообразований для машинного обучения является критическим большое количество случаев в обучающей выборке. Таким образом, в проекте N.G. Maher и соавт. [10] исследование было произведено на выборке из 520 случаев меланомы и 260 случаев доброкачественных меланоцитарных новообразований, представленных в виде морфологических препаратов с окраской гематоксилином и эозином, с выполнением полного сканирования гистологических образцов. Авторами проведён тщательный отбор образцов, в исследование были включены варианты новообразований, собранные за 15 лет в клинике, и включающие меланомы с различными показателями толщины опухоли, различными гистотипами, паттернами инвазии в дерму. Из исследования были исключены Шпиц-невусы и новообразования с инактивирующей мутацией в гене *BAP1* как новообразования, имеющие очень схожую с меланомой патоморфологическую картину. Все случаи были проанализированы двумя врачами-патологоанатомами, один из которых имел специализацию в области диагностики пигментных новообразований кожи. Окрашивание гистологических препаратов, а также дальнейшее сканирование с целью получения цифрового изображения осуществлялись по одной технологии для всех образцов. Случайным образом вся коллекция биоптатов была распределена на три группы — обучающую, валидирующую

и тестовую выборки. Осуществлялся анализ полного изображения, сделанного при увеличении 10, 20 и 40, с помощью технологий глубокого обучения. Изображения разбивали на отдельные фрагменты, в которых оценивали большое количество деталей с помощью метода многократного обучения на основе кластеризации (CLAM), представляющего способ машинного обучения без учителя [12], а также на основе методов Trans-MIL, DFTD-MIL [10]. Все клинические случаи для каждого типа машинного обучения были одинаковыми. Результаты показали, что лучше всего дифференциальная диагностика меланоцитарных невусов и меланомы была проведена при анализе цифровых гистологических изображений, сделанных при увеличении 20. На основе определения показателя площади под кривой (AUC) были идентифицированы высокие уровни качества созданных алгоритмов.

Подходы с применением анализа больших данных широко используются для поиска новых диагностических маркеров новообразований, исследования молекулярных механизмов устойчивости опухолей к терапии [13, 14]. Перспективными являются результаты исследования [15], в котором на основе ИИ были объединены данные протеомного анализа и дерматоскопии меланоцитарных новообразований. Для интеграции результатов использовался алгоритм мультимодальной нейронной сети (MMNN), состоящий из двух ветвей. Было определено, что 927 белков присутствовали как минимум в 50% образцов каждой группы; 2048 визуальных характеристик были определены как позволяющие дифференцировать доброкачественные и злокачественные новообразования. Дальнейший классификационный анализ на основе нейронных сетей определил 44 дифференциально экспрессируемых белковых молекулы (показатели качества классификатора: чувствительность 82%, F1-мера 75%); анализ 188 дифференциально изменённых дерматоскопических признаков показал чувствительность 64%, уровень F1-меры 61%. Интеграция данных привела к повышению чувствительности до 90%, F1-меры — до 77%. Авторы делают вывод, что применение интегративного анализа на основе нейронных сетей повышает качество дифференциальной диагностики меланоцитарных новообразований кожи.

Важный аспект применения технологий ИИ в медицинской практике — отношение к ним пациентов. J. Caffery и соавт. [16] провели анализ 16 исследований, в которых оценивались ожидания пациентов от применения технологий на основе ИИ для оптимизации ранней диагностики злокачественных новообразований кожи. Выявлено, что в целом пациенты рассматривают использование ИИ позитивно, но предпочитают, чтобы эти технологии дополняли диагностику врача-дерматолога, но не замещали её полностью. Беспокойство пациентов и негативные ожидания были связаны с возможной утратой квалификации врачами при условии широкого внедрения методов ИИ, раскрытием персональных данных пациентов и нарушением коммуникации между пациентами и врагами.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ И МОНИТОРИНГЕ ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Применение технологий ИИ является востребованным в отношении хронических дерматологических заболеваний кожи. В частности, для псориаза сохраняет актуальность прогнозирование эффективности системной терапии, особенно на фоне широкого внедрения в клиническую практику синтетических антител — ингибиторов фактора некроза опухоли α, интерлейкина-17, интерлейкина-23 [17, 18]. Современные подходы, включающие определение индекса площади и тяжести псориаза (PASI), а также площади поверхности кожи, поражённой псориазом (BSA), субъективны и имеют низкую чувствительность, молекулярные прогностические маркеры отсутствуют [19, 20]. В исследовании [21] осуществлена попытка повысить эффективность модели для дифференциальной диагностики пяти распространённых дерматологических заболеваний — атопического дерматита, псориаза, акне, розацеа, вульгарного импетиго — посредством дополнения входных данных преобразованием изображений, а именно масштабированием, сдвигом, вращением, горизонтальным и вертикальным переворачиванием. На основе открытого биоинформатического ресурса TensorFlow™ было осуществлено распознавание образов поражения кожи. Все уровни нейронной сети были обучены на более чем 1,2 млн образов, включая дерматоскопические изображения. На этапе валидации использовались новые образы, ранее не применявшиеся с целью обучения. В итоге автором был сделан ряд важных выводов. В частности, диагнозы псориаза и атопического дерматита из всех анализируемых нозологий чаще всего устанавливались ошибочно, при этом диагностика атопического дерматита максимально подвергалась коррекции в положительную сторону при дополнении входных данных преобразованными, что регистрировалось по уровню F1-меры, отражающей точность и полноту диагностики, коэффициента корреляции Мэтьюса (MCC), используемого для отражения качества бинарных классификаторов.

В другой работе на модели атопического дерматита *in vivo* была применена нейронная сеть U-Net для распознавания признаков воспаления после применения оксазолона с целью индукции иммуноопосредованного воспаления [22]. В дальнейшем в качестве терапии использовался JAK-ингибитор руксолитиниб с выполнением в десяти временных точках изображений, позволяющих оценить выраженность толщины кожи и эритемы как маркеров воспаления и определить по фотографиям динамику патологического процесса, эффективность

проводимой терапии. Для валидации патологических изменений использовались методы когерентной антистоксовой спектроскопии комбинационного рассеяния (CARS) и вынужденной комбинационной спектроскопии (SRS). Исследование позволило сравнить несколько подходов в качестве диагностических инструментов для динамической оценки выраженности воспаления как фактора, отражающего эффективность терапии. Бинарные модели показали сравнительно высокую точность — 93%, площадь под кривой (AUC) составил выше 0,95. Самые большие трудности возникали при оценке различий между здоровой кожей и умеренно поражённой. Порядка 20% умеренно выраженных изменений кожи были признаны как островоспалительные, в то время как в 5% случаев здоровая кожа ошибочно была расценена как кожа с поражениями умеренной тяжести. Авторы отмечают, что в таком случае гипердиагностика является предпочтительнее в связи с тем, что акцентирует внимание специалиста на патологическом процессе. Так как все эксперименты в этом исследовании были выполнены на коже ушной раковины мелких лабораторных животных, авторы обращают внимание на то, что в модель не были включены жалобы пациентов, в равной степени как и собственно поражения на коже человека. И всё же исследователи резюмируют, что применение технологий CARS и SRS может являться перспективным для автоматизированной оценки выраженности изменений воспалительного характера и прогнозирования течения заболевания, эффективности терапии.

Другая попытка на основе применения технологий ИИ была предпринята для дифференциальной диагностики псориаза и красного плоского лишая [23]. С целью решения этой задачи авторами были выбраны 1528 изображений (1100 фотографий с поражениями кожи при псориазе, 428 — при красном плоском лишае) ресурса DermNet, в котором хранятся порядка 23 000 фотографий поражений кожи. На 15% количество изображений было увеличено посредством аугментации — ротации файлов, поворота вдоль оси, увеличения образа на 20%, переворачивания по вертикальной и горизонтальной осям, изменения уровня яркости изображения. Далее файлы подвергались предварительной обработке, включающей удаление всех объектов, не являющихся проявлением заболевания, выравнивание по ширине и длине, удаление водяных знаков. Окончательный размер изображений был установлен на основе применения свёрточной нейронной сети ResNet-50 (Residual NetWork with 50-lyers). Свёрточные нейронные сети представляют собой вид нейросетей, специализирующихся на обработке изображений с целью распознавания и классификации последних. Выполнялась оценка изображений: 20% изображений были включены в обучающую выборку, 80% — в тестовую. Для оценки производительности модели применялись несколько критериев — точность, чувствительность, предсказательность, площадь под кривой (AUC), кривая операционной характеристики получателя (ROC). Самую высокую точность продемонстрировал метод балансировки классов и аугментации (обогащения) данных. Наименьшую эффективность показали методы анализа изображений без балансировки классов: точность дифференциальной диагностики в таком случае была менее 80%. Аугментация повышала в незначительной степени эффективность — с 86,4% до 89,1%. И вместе с тем сочетание вышеуказанных методов в значительной степени позволяло улучшить процесс дифференциальной диагностики.

В отношении красного плоского лишая одной из наиболее значимых диагностических задач является его дифференциация от лихеноидных поражений полости рта, так как оба заболевания входят в группу потенциально злокачественных заболеваний полости рта (oral potentially malignant disorders, OPMD). Риск малигнизации при поражении полости рта при красном плоском лишае составляет 1,37%, при лихеноидных поражениях полости рта — 2,43%. Дифференциальная диагностика красного плоского лишая ротовой полости включает лейкоплакию полости рта, гиперпластическую форму кандидоза, язвенные поражения полости рта, вульгарную пузырчатку, буллёзный пемфигоид и красную волчанку. В работе [24] вновь использовалась свёрточная нейронная сеть с распознаванием объектов и классификацией изображений. Анализ выполнялся на основе 1089 изображений, по 55 изображений было взято в тестовую выборку, остальные изображения разделены поровну на обучающую и валидационную выборки. Эффективность работы оценивалась на основе ряда критериев, включающих точность, которая достигала 88,2%, чувствительность 96,4% и специфичность 92,7%, при этом наиболее частые ошибки наблюдались при дифференциальной диагностике с травматическими язвенными дефектами, хроническим афтозным стоматитом, эритематозной формой кандидоза ротовой полости. Авторы исследования полагают, что если практикующему дерматологу легко дифференцировать все эти заболевания с красным плоским лишаём, для более сложных, с точки зрения дифференциальной диагностики, случаев, включая поражение слизистой оболочки при вульгарной пузырчатке, пемфигоиде слизистых оболочек, технологии ИИ могут быть применены с целью повышения качества диагностики.

Другой социально значимой группой дерматологических заболеваний, связанных со снижением качества жизни пациентов, является патология волос. Технологии ИИ были применены для оценки тяжести течения алопеции (Severity of Alopecia Tool, SALT) [25]. В основу системы оценивания был положен анализ квадрантов, на которые разделялись изображения кожи волосистой части головы (левый, правый, верхний, нижний), и анализируя которые система ИИ EfficientNetB4 на основе глубокого обучения производит оценку состояния по четырёхбалльной

системе. При этом входным параметром являлось изображение кожи волосистой части головы, а выходными — сегментация изображений кожи с выходными значениями 0 или 1, а также тепловая карта, показывающая процент утраты волос на изображении. Таким образом, модель была обучена на 823 изображениях, которые прошли предварительную аннотацию обученными специалистами, а затем были проверены врачами-дерматологами. Степень потери волос была разделена на четыре уровня — 0; 0,33; 0,66; 1. Далее система компилировала результаты анализа четырёх квадрантов для получения единого показателя SALT для всей площади кожи волосистой части головы. Все больные были представлены взрослыми лицами с очаговой алопецией. Изображения были получены при визите пациентов в клинику посредством их фотографирования на iPad. После анализа изображений определялся коэффициент корреляции между оценкой показателя врачом-дерматологом и программой. Коэффициент корреляции варьировал от 0,75 до 0,9, при этом показатель выше 0,9 рассматривался как очень хороший результат. На результат не оказывали влияния оттенок кожи, длина волос. Наиболее значимая разница в результатах и, соответственно, низкий коэффициент корреляции регистрировались у пациентов с седыми короткими волосами, а также с тяжёлыми формами заболевания [26].

Помимо непосредственного использования для диагностики и оценки эффективности терапии, технологии ИИ применимы в обучении студентов и ординаторов. В работе C.D. Cortez и соавт. [27] описано обучение ординаторов-врачей общей практики дерматоскопии в сочетании с применением технологий ИИ. Обучение дерматоскопии проводилось в два этапа: первый этап включал только обучение принципам дерматоскопии на основе стандартных технологий, второй этап представлял собой обучение с применением технологий ИИ. В процессе врачам проводилось онлайн-тестирование на распознавание случаев дерматоскопической картины. Тестирование осуществлялось перед первым этапом, до и после второго этапа и через месяц после завершения обучения. По окончании каждого этапа регистрировалось повышение точности диагностики. Врачи оценивали 51 изображение, каждому положительному ответу присуждался 1 балл. В итоге средний балл после первого этапа составил 4,71, после второго этапа — 25,6. Таким образом, дополнение курса дерматоскопии программами на основе ИИ достоверно приводило к повышению уровня знаний обучающихся.

Применение ИИ во многих областях деятельности человека открывает новые перспективы, но и генерирует опасения общественности в связи с возможным широким внедрением подобных технологий [28]. И вместе с тем ряд исследователей указывает, что LLM вне зависимости от мощности имеет ограниченные возможности для решения новых задач с использованием рекомбинации предыдущей информации, что показывает сложности адаптации систем ИИ к новизне, в частности возможности перекомбинировать полученные ранее знания и использовать их для адаптации к новому контексту [29]. Второй вопрос, это текстовые данные, на основе которых происходит обучение программ ИИ. Подсчитано, что между 2026 и 2030 годами все текстовые данные, используемые для обучения ИИ, закончатся [30]. Нейробиологи говорят, что интеллект человека есть результат способности головного мозга строить модель мира, окружения индивида. В дальнейшем эта модель применяется для того, чтобы предполагать различные варианты действий, предсказывать их последствия, планировать и делать умозаключения, использовать для обобщения навыков и решения новых задач на основе моделирования различных вариантов сценариев. Ограничением систем ИИ являются возможность обобщения полученной информации (решение задач с использованием абстрактных правил, созданных на основе предыдущего опыта), репрезентация модели окружения, чтобы принимать решения, предвидя их последствия; выбор только соответствующей контексту информации. Мозг человека представляет орган, эволюционно формировавшийся в среде, с которой он динамически взаимодействует, являясь результатом биологических процессов, что ограничивает полное воспроизведение его функции посредством ИИ [31].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В медицине технологии ИИ для ряда специальностей могут быть способом, повышающим эффективность диагностики и прогнозирования течения заболеваний.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Т.Г. Рукша — концепция работы, написание и научное редактирование статьи; Е.З. Лапкина — написание статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Доступ к данным, полученным в настоящем исследовании, не предоставляется.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: T.G. Ruksha: conceptualization, writing—original draft, writing—review & editing; E.Z. Lapkina: writing—original draft. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.
Funding sources: No funding.
Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.
Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this article.
Data availability statement: Access to the data obtained in this study is not available.
Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Stanton RB. Artificial intelligence. *Nature.* 1971;234:279–280. doi: 10.1038/234279b0
2. Wang H, Fu T, Du Y, et al. Scientific discovery in the age of artificial intelligence. *Nature.* 2023;620(7972):47–60. doi: 10.1038/s41586-023-06221-2 EDN: DNMAKR
3. Shanahan M, McDonell K, Reynolds L. Role play with large language models. *Nature.* 2023;623(7987):493–498. doi: 10.1038/s41586-023-06647-8 EDN: RGHFTH
4. Feng J, Wang Q, Qiu H, Liu L. Retrieval in decoder benefits generative models for explainable complex question answering. *Neural Netw.* 2025;181:106833. doi: 10.1016/j.neunet.2024.106833
5. Ananthaswamy A. How close is AI to human-level intelligence? *Nature.* 2024;636(8041):22–25. doi: 10.1038/d41586-024-03905-1 EDN: WEDYSK
6. Zhang M, Yang Q, Lou J, et al. A new strategy to HER2-specific antibody discovery through artificial intelligence-powered phage display screening based on the Trastuzumab framework. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis.* 2025;1871(5):167772. doi: 10.1016/j.bbadis.2025.167772
7. King A. Four ways to power-up AI for drug discovery. *Nature.* 2025 Feb 27. doi: 10.1038/d41586-025-00602-5
8. Nordmann TM, Anderton H, Hasegawa A, et al. Spatial proteomics identifies JAKi as treatment for a lethal skin disease. *Nature.* 2024;635(8040):1001–1009. doi: 10.1038/s41586-024-08061-0
9. Modiri O, Ebriani J, Davis J. Can AI models assist patients in screening for non-melanoma skin cancer? Evaluating diagnostic accuracy of ChatGPT and Gemini using clinical images. *Arch Dermatol Res.* 2025;317(1):555. doi: 10.1007/s00403-025-04062-9
10. Maher NG, Danaei Mehr H, Cong C, et al. Weakly supervised deep learning image analysis can differentiate melanoma from naevi on haematoxylin and eosin-stained histopathology slides. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2024;38(12):2250–2258. doi: 10.1111/jdv.20307
11. Mudhar HS, Milman T, Stevenson S, et al. PRAME expression by immunohistochemistry and reverse transcription quantitative PCR in conjunctival melanocytic lesions-a comprehensive clinicopathologic study of 202 cases and correlation of cytogenetics with PRAME expression in challenging conjunctival melanocytic lesions. *Hum Pathol.* 2023;134:1–18. doi: 10.1016/j.humpath.2023.02.002
12. Cui Y, Li Y, Miedema JR, et al. Region of interest detection in melanocytic skin tumor whole slide images-nevus and melanoma. *Cancers (Basel).* 2024;16(15):2616. doi: 10.3390/cancers16152616
13. Esimbekova AR, Palkina NV, Zinchenko IS, et al. Focal adhesion alterations in G0-positive melanoma cells. *Cancer Med.* 2023;12(6):7294–7308. doi: 10.1002/cam4.5510
14. Komina AV, Palkina NV, Aksenenko MB, et al. Semaphorin-5A downregulation is associated with enhanced migration and invasion of BRAF-positive melanoma cells under vemurafenib treatment in melanomas with heterogeneous BRAF status. *Melanoma Res.* 2019;29(5):544–548. doi: 10.1097/CMR.0000000000000621
15. Azimi A, Bi L, Bonfil A, et al. Integrated analysis of proteomic and dermoscopy imaging data improves non-invasive classification of benign nevi and melanoma. *J Invest Dermatol.* 2025;145(8):2108–2111.e5. doi: 10.1016/j.jid.2025.01.022
16. Kuppanda PM, Janda M, Soyer HP, Caffery LJ. What are patients' perceptions and attitudes regarding the use of artificial intelligence in skin cancer screening and diagnosis? Narrative review. *J Invest Dermatol.* 2025;145(8):1858–1865. doi: 10.1016/j.jid.2025.01.013
17. Kimball AB, Jemec GB, Alavi A, et al. Secukinumab in moderate-to-severe hidradenitis suppurativa (SUNSHINE and SUNRISE): week 16 and week 52 results of two identical, multicentre, randomised, placebo-controlled, double-blind phase 3 trials. *Lancet.* 2023;401(10378):747–761. doi: 10.1016/S0140-6736(23)00022-3
18. Demirel Öğüt N, Ayanoğlu MA, Koç Yıldırım S, et al. Are IL-17 inhibitors superior to IL-23 inhibitors in reducing systemic inflammation in moderate-to-severe plaque psoriasis? A retrospective cohort study. *Arch Dermatol Res.* 2025;317(1):232. doi: 10.1007/s00403-024-03768-6
19. Zhang Y, Qian H, Kuang YH, et al. Evaluation of the inflammatory parameters as potential biomarkers of systemic inflammation extent and the disease severity in psoriasis patients. *Arch Dermatol Res.* 2024;316(6):229. doi: 10.1007/s00403-024-02972-8
20. Hawro M, Sahin E, Steć M, et al. A comprehensive, tri-national, cross-sectional analysis of characteristics and impact of pruritus in psoriasis. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2022;36(11):2064–2075. doi: 10.1111/jdv.18330
21. Aggarwal SL. Data augmentation in dermatology image recognition using machine learning. *Skin Res Technol.* 2019;25(6):815–820. doi: 10.1111/srt.12726
22. Greenfield DA, Feizpour A, Evans CL. Quantifying inflammatory response and drug-aided resolution in an atopic dermatitis model with deep learning. *J Invest Dermatol.* 2023;143(8):1430–1438. doi: 10.1016/j.jid.2023.01.026
23. Eskandari A, Sharbatdar M. Efficient diagnosis of psoriasis and lichen planus cutaneous diseases using deep learning approach. *Sci Rep.* 2024;14(1):9715. doi: 10.1038/s41598-024-60526-4
24. Achararit P, Manaspon C, Jongwannasiri C, et al. Artificial intelligence-based diagnosis of oral lichen planus using deep convolutional neural networks. *Eur J Dent.* 2023;17(4):1275–1282. doi: 10.1055/s-0042-1760300
25. Kaya G, Tak AY. Evaluation of SALT score severity in correlation with trichoscopic findings in alopecia areata: a study of 303 patients. *Arch Dermatol Res.* 2025;317(1):523. doi: 10.1007/s00403-025-04026-z
26. Bhardwaj V, Rodgers N, Harth O, Harth Y. Artificial intelligence-based personalization of treatment regimen for hair loss: a 6-month clinical trial. *J Drugs Dermatol.* 2025;24(3):233–238. doi: 10.36849/JDD.8611
27. Cortez CD, Fakih A, Bruet M, et al. Impact of dermoscopy training associated with artificial intelligence on general practitioner residents. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2024;38(12):2323–2325. doi: 10.1111/jdv.20328
28. Khawaja Z, Adhoni MZ, Byrnes KG. Generative artificial intelligence powered chatbots in urology. *Curr Opin Urol.* 2025;35(3):243–249. doi: 10.1097/MOU.0000000000001280
29. Ananthaswamy A. How close is AI to human-level intelligence? *Nature.* 2024;636(8041):22–25. doi: 10.1038/d41586-024-03905-1 EDN: WEDYSK
30. Villalobos P, Ho A, Sevilla J, et al. Will we run out of data? Limits of LLM scaling based on human-generated data. *arXiv.* 2024. doi: 10.48550/arXiv.2211.04325
31. Muñoz JM, Bernacer J, Noë A, Thompson E. Why AI will never be able to acquire human-level intelligence. *Nature.* 2025;637(8047):794. doi: 10.1038/d41586-025-00170-8

ОБ АВТОРАХ

*** Рукша Татьяна Геннадьевна,** д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1;
ORCID: 0000-0001-8142-4283;
eLibrary SPIN: 5412-2148;
e-mail: tatyana_ruksha@mail.ru

Лапкина Екатерина Зиядхановна, канд. биол. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-7226-9565
eLibrary SPIN: 7656-8584;
e-mail: e.z.lapkina@mail.ru

AUTHORS' INFO

Tatiana G. Ruksha, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 1 P. Zeleznyak st, Krasnoyarsk, Russia, 660022;
ORCID: 0000-0001-8142-4283;
eLibrary SPIN: 5412-2148;
e-mail: tatyana_ruksha@mail.ru

Ekaterina Z. Lapkina, Cand. Sci. (Biology), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-7226-9565
eLibrary SPIN: 7656-8584;
e-mail: e.z.lapkina@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author