

На правах рукописи



Корабельников Даниил Иванович

**Дифференциальная диагностика новообразований кожи
с использованием технологий искусственного интеллекта**

3.1.23. Дерматовенерология

3.1.6. Онкология, лучевая терапия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Москва – 2026

Работа выполнена в автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза»

Научные консультанты:

доктор медицинских наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Олисова Ольга Юрьевна

доктор медицинских наук, профессор

Ламоткин Игорь Анатольевич

Официальные оппоненты:

Раводин Роман Анатольевич – доктор медицинских наук, доцент, государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская клиническая больница имени С. С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Центр амбулаторной онкологической помощи Центрального административного округа «Онкологический центр №1», отделение онкодерматологии, заведующий отделением

Соколова Анна Викторовна – доктор медицинских наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра дерматовенерологии и косметологии, профессор кафедры

Белышева Татьяна Сергеевна – доктор медицинских наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Научно-исследовательский институт детской онкологии и гематологии имени академика РАМН Л. А. Дурнова, поликлиническое отделение, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневского» Минобороны России

Защита диссертации состоится «16» ноября 2026 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.17 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская д. 19

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1 и на сайте www.sechenov.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук, доцент



Чебышева Светлана Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последние десятилетия во всем мире регистрируется устойчивый рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) кожи, что формирует значительную и постоянно возрастающую нагрузку на системы здравоохранения [Н. Sung, 2021; А.Н. Roky, 2024; Y. Fujisawa, 2025]. Кожа является органом, наиболее часто поражаемым ЗНО у человека: по данным международной базы GLOBOCAN и проекта Международного агентства по изучению рака (IARC), входящего в состав Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), рак кожи представляет собой наиболее распространенную группу онкологических заболеваний в мире. В популяциях европеоидной расы меланома и немеланомные раки кожи являются наиболее частыми ЗНО [Z. Apalla, 2017; U. Leiter, 2020; M. Arnold, 2022]. В Российской Федерации новообразования кожи традиционно занимают одно из ведущих мест в структуре онкологической заболеваемости, при этом сохраняется значимая доля запущенных случаев меланомы, диагностируемых на поздних стадиях [А.Д. Каприн и др., 2024, 2025, 2026].

Основную часть первичного потока пациентов с новообразованиями кожи принимают на себя врачи общей практики (ВОП) и врачи-терапевты первичного звена здравоохранения, которые сталкиваются с растущим числом обращений по поводу подозрительных новообразований кожного покрова [K. Ahmadi, 2018; M. Wakkee, 2019]. При этом дифференциальная диагностика новообразований кожи для врача первичного звена представляет существенную трудность, что приводит либо к необоснованным направлениям пациентов с ДНО к онкологам, либо к позднему выявлению ЗНО [S.C. Chen, 2001; K.V. Viola, 2011; A.M. Smak Gregoor, 2023]. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость совершенствования методов ранней дифференциальной диагностики ЗНО кожи на всех этапах оказания медицинской помощи [P.P. Naik, 2021; A.E. Brown, 2022].

Важнейшим инструментом повышения точности диагностики новообразований кожи стала дерматоскопия, применение которой обученными специалистами достоверно увеличивает чувствительность и специфичность выявления меланомы и других ЗНО кожи, сокращает число необоснованных биопсий и снижает затраты здравоохранения [Y.A. Chen, 2017; H. Kittler, 2021; C. Ring, 2021; K. Harrison, 2024]. Тем не менее не все специалисты владеют методом дерматоскопии, а некоторые не имеют дерматоскопа вовсе; число подготовленных врачей-дерматовенерологов, владеющих методом, остается ограниченным, особенно в регионах с дефицитом специализированных кадров [И.М. Сон, 2016; P. Patel, 2017].

На этом фоне бурное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) и, прежде всего, методов глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей открыло принципиально новые возможности автоматизированного анализа медицинских изображений

[Y. LeCun, 2015; G. Litjens, 2017; A. Esteva, 2017; И.А. Ламоткин, 2026]. Начиная с основополагающей работы А. Esteva и соавт. (2017), продемонстрировавшей уровень классификации новообразований кожи, сопоставимый с уровнем сертифицированных дерматологов, был опубликован целый ряд исследований, в которых алгоритмы на основе нейронных сетей достигали или превосходили диагностическую точность врачей-специалистов в задачах распознавания меланомы по дерматоскопическим и клиническим фотоизображениям (ФИ) [Н.А. Naenssle, 2018; T.J. Brinker, 2019; P. Tschandl, 2019]. Программы компьютерного зрения (ПКЗ) на основе ИИ в формате мобильных приложений все шире применяются как для скрининга новообразований кожи пациентами, так и в качестве систем поддержки принятия врачебных решений [K. Freeman, 2020; O.T. Jones, 2022; А.И. Ламоткин, 2026].

Вместе с тем внедрение технологий ИИ в реальную клиническую практику дерматовенерологии и дерматоонкологии сопряжено с рядом нерешенных проблем. К их числу относятся зависимость точности классификации от качества входных ФИ и характеристик устройств фотофиксации [V. Thambawita, 2021; Д.И. Корабельников, 2026], «черный ящик» нейросетевых моделей, затрудняющий интерпретацию причин ошибочных заключений [С. Rudin, 2019; T. Qamar, 2023; H. Evans, 2024], недостаточная прозрачность и репрезентативность обучающих наборов данных [R. Daneshjou, 2021; D. Wen, 2022; Y. Li, 2025], а также систематическое занижение клинической ценности программ ИИ при их оценке по стандартной матрице ошибок без учета онкологической настороженности. Отдельной, недостаточно изученной в отечественной литературе проблемой остается отношение врачей к технологиям ИИ; уровень их осведомленности, доверия и готовности к применению этих технологий во многом определяет успешность внедрения ИИ-систем в практическое здравоохранение [R.C. Maron, 2020; S. Polesie, 2020; J. Scheetz, 2021].

Наконец, для обоснования широкого внедрения программ ИИ в дерматовенерологию и дерматоонкологию необходима не только оценка их диагностической точности, но и анализ клинической эффективности и медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностических алгоритмов на основе заключений моделей ИИ как на уровне медицинской организации (МО), так и на уровне региона [G.O. Santana, 2023; R.A. El Arab, 2025]. Отдельного внимания требует разработка программных инструментов на основе технологий ИИ для обучения врачей визуальной диагностике и клиническим подходам к диагностике дерматозов и новообразований кожи, поскольку эффективность внедрения ИИ-систем во многом определяется уровнем подготовки врачей-специалистов. Комплексное решение перечисленных проблем определяет актуальность настоящего диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования

Пионерские исследовательские работы начала 2010-х годов заложили концептуальный фундамент, когда сверточные нейронные сети впервые продемонстрировали способность классифицировать дерматоскопические ФИ на уровне дерматологов-экспертов. Проблематике применения технологий ИИ в диагностике новообразований кожи посвящено значительное число зарубежных научных работ, а также отечественные исследования, включая систематические обзоры и метаанализы диагностической точности нейросетевых алгоритмов [V. Dick, 2019; T.J. Brinker, 2018; S. Haggenmüller, 2021; M.P. Salinas, 2024], исследования по формированию и валидации наборов данных дерматоскопических и клинических ФИ [P. Tschandl, 2018; M. Combalia, 2022; A. Pedro, 2025], а также работы, посвященные методологии оценки исследований в области медицинского ИИ [G.S. Collins, 2015; H. Ibrahim, 2021; B. Vasey, 2022]. В отечественной литературе вопросы применения ИИ в дерматовенерологии и онкологии, оценки его клинической и экономической эффективности, а также внедрения технологий ИИ в целом также затрагиваются, однако научные работы немногочисленны [А.И. Ламоткин, 2024; М.А. Мурашко, 2025].

До начала настоящего исследования в отечественной литературе отсутствовали: (1) масштабные опросные исследования врачей трех ключевых для выявления ЗНО кожи специальностей (терапевтов и ВОП, дерматовенерологов, онкологов) с единой строгой статистической методологией; (2) систематизированные основные проблемы диагностики новообразований кожи с помощью программ ИИ; (3) требования и описания «золотого стандарта» характеристик и функционала программ ИИ для автоматизированной дифференциальной диагностики патологии кожи; (4) методологически обоснованные способы оценки клинической точности ПКЗ на основе технологий ИИ, учитывающие онкологическую настороженность как самостоятельный клинический параметр; (5) воспроизводимые способы оценки клинической точности диагностики программами ИИ в дерматоонкологии; (6) воспроизводимые способы оценки МЭЭ диагностики с применением алгоритмов маршрутизации на основании заключений ИИ применительно к российской системе здравоохранения; (7) основанные на технологиях ИИ программы обучения визуальной диагностике и клиническим подходам к диагностике дерматозов и новообразований кожи. Разработка вышеперечисленных научных направлений составляет ключевое содержание настоящего исследования.

Цель и задачи исследования

Разработать и научно обосновать комплексный подход к дифференциальной диагностике новообразований кожи с использованием технологий ИИ с оценкой клинической и медико-экономической эффективности и повышением компетенций врачей в области дерматоонкологии.

Задачи исследования:

1. Изучить отношение врачей первичного звена здравоохранения (терапевтов и врачей общей практики), врачей-дерматовенерологов, врачей-онкологов к технологиям ИИ: оценить уровень осведомленности, частоту применения, доверие к заключениям ИИ, субъективное восприятие точности диагностических систем ИИ; сравнить восприятие технологий ИИ у обучающихся (студентов младших (1–3 курсов), старших (4–6 курсов), ординаторов), практикующих врачей-специалистов, преподавателей и научных работников при контроле размера групп, провести кластерный анализ по типу отношения к технологиям ИИ.
2. Провести обзор и дать сравнительную характеристику баз данных и наборов данных, применяемых в моделях ИИ для дифференциальной диагностики дерматозов и новообразований кожи; разработать методику формирования датасетов из клинических баз данных.
3. Провести аналитический обзор и дать сравнительную характеристику доступных программ для ЭВМ на основе моделей ИИ и медицинских изделий с искусственным интеллектом, применяемых в дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении России. Разработать классификацию программ ЭВМ, в том числе основанных на технологиях ИИ и программ компьютерного зрения.
4. Проанализировать и систематизировать основные проблемы, возникающие при дифференциальной диагностике новообразований кожи в условиях реальной клинической практики, предложить и обосновать пути их решения.
5. Исследовать влияние фотометрических и текстурных характеристик фотоизображений новообразований кожи на точность классификации программ компьютерного зрения на основе моделей ИИ; разработать обобщенную методологию анализа причин ошибочной классификации новообразований кожи с применением методов объяснимого ИИ.
6. Исследовать клиническую точность и клиническую эффективность диагностики новообразований кожи программами для ЭВМ на основе технологий ИИ с применением оригинальной методологии, учитывающей онкологическую настороженность как самостоятельную клиническую ценность.
7. Разработать, валидировать и апробировать способ оценки клинической эффективности диагностики новообразований кожи с использованием алгоритмов на основании заключений моделей ИИ. Создать, валидировать и апробировать программу для ЭВМ.
8. Разработать, валидировать и апробировать способ оценки медико-экономической эффективности диагностики новообразований кожи с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ на уровне медицинской организации, сети медицинских организаций и региона. Разработать, валидировать и апробировать программу для

ЭВМ оценки медико-экономической эффективности диагностики новообразований кожи с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ.

9. Разработать, валидировать и апробировать программу для ЭВМ – систему поддержки принятия врачебных решений для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики дерматозов и новообразований кожи с модулями анализа фотоизображений, анамнеза, объяснимого ИИ, с персонализированными алгоритмами маршрутизации, личным кабинетом врача и функцией динамического наблюдения образований; исследовать диагностическую точность, чувствительность и специфичность диагностики новообразований кожи и дерматозов с применением программы для ЭВМ.

10. Разработать, валидировать и апробировать программный модуль на основе технологий ИИ с возможностью формирования тестов и задач; автоматизированной проверки ответов; с банком тестов, клинических задач и справочных материалов для интерактивного обучения диагностике и клиническим подходам к диагностике новообразований кожи и дерматозов и повышении компетенций в дерматовенерологии и дерматоонкологии.

Научная новизна

Впервые на репрезентативном материале выполнен комплексный анализ отношения врачей трех специальностей (терапевтов и ВОП, дерматовенерологов, онкологов) к технологиям ИИ с выделением ключевых предикторов доверия и готовности к их применению.

Разработана шестиэтапная методология формирования датасетов из клинических баз данных для обучения моделей ИИ для диагностики дерматозов и новообразований кожи.

Разработана оригинальная классификация программ для ЭВМ, включая основанные на технологиях ИИ и ПКЗ, применяемых в клинической дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении, построенная на девятнадцати признаках, объединенных в пять тематических блоков.

Проанализированы и систематизированы основные проблемы, возникающие при диагностике новообразований кожи с помощью программ ИИ, и предложены решения этих проблем.

Разработана и валидирована оригинальная методология анализа причин ошибочной классификации ФИ новообразований кожи ПКЗ на основе технологий ИИ, основанная на вычислении 13 фотометрических и текстурных метрик для каждого ФИ, многоуровневом статистическом анализе и методах объяснимого ИИ (Score-CAM, Occlusion Sensitivity).

Разработана, валидирована и апробирована оригинальная методология оценки клинической точности диагностики программами ИИ в дерматоонкологии, учитывающая онкологическую настороженность как самостоятельную клиническую ценность, включающая систему четырех категорий клинической эффективности («полное совпадение», «совпадение по

онкологической настороженности», «несовпадение по онкологической настороженности», «полное несовпадение») и формулы расчета клинической чувствительности, клинической специфичности и клинической точности диагностики.

Разработан и валидирован способ оценки клинической эффективности диагностики новообразований кожи с использованием алгоритмов на основании заключений моделей ИИ. Создана, апробирована и внедрена соответствующая программа для ЭВМ.

Разработан и валидирован способ оценки медико-экономической эффективности диагностики новообразований кожи с применением заключений моделей ИИ на уровне МО (с квадрантной матрицей предотвратимых и потенциально предотвратимых финансовых затрат), сети МО и региона РФ. Создана, апробирована и внедрена соответствующая программа для ЭВМ.

Разработана, апробирована и внедрена в лечебно-диагностический процесс программа для ЭВМ – система поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе технологий ИИ «Derma Check» для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики дерматозов и новообразований кожи с персонализированными алгоритмами маршрутизации, личным кабинетом врача и функцией динамического наблюдения образований.

Разработан, апробирован и внедрен в образовательный процесс программный модуль непрерывного профессионального развития (НПР) на основе технологий ИИ «Derma Check Educational Module» для интерактивного обучения визуальной диагностике и клиническим подходам к диагностике дерматозов и новообразований кожи с возможностью формирования тестов и задач, автоматизированной проверки ответов, с банком медицинских ФИ, тестов, клинических задач и справочников.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты исследования углубляют представления о факторах, определяющих восприятие технологий ИИ врачами и готовность применять их в медицинской деятельности; о формировании наборов данных из клинических баз данных для ПКЗ; о стандартизированной оценке и описании программ для ЭВМ, в том числе на основе технологий ИИ; об основных проблемах, возникающих при диагностике новообразований кожи и дерматозов с помощью программ ИИ; о причинах диагностических ошибок ПКЗ вследствие ошибочной классификации фотоизображений кожи; об оценке клинической точности диагностики программами ИИ с учетом онкологической настороженности; об оценке клинической и медико-экономической эффективности диагностики с применением алгоритмов маршрутизации пациентов; о возможностях и ограничениях применения программ ИИ для автоматизированной дифференциальной диагностики новообразований кожи и дерматозов и в обучении визуальной диагностике.

Впервые охарактеризованы закономерности восприятия технологий ИИ обучающимися по программам высшего образования (специалитет, ординатура) и врачами трех ключевых для выявления ЗНО кожи специальностей, что является важным вкладом в социологию медицины и служит основой для разработки образовательных программ.

Разработанная шестиэтапная методология формирования наборов данных может применяться при подготовке датасетов из клинических баз данных для программ компьютерного зрения в клинической медицине. Формализовано разграничение понятий «набор данных» (датасет) и «база данных» применительно к медицинским ИИ-системам, что устраняет существующую терминологическую неопределенность.

Разработанная классификация программ для ЭВМ обеспечивает стандартизированное, понятное и полное описание систем, необходимое для их корректного сравнения и регуляторной оценки.

Разработанный и валидированный способ анализа причин ошибочной классификации фотоизображений кожи с применением методов объяснимого ИИ позволяет выявить причины ошибочной классификации новообразований кожи для внесения изменений в модели и программы с последующим повышением точности и эффективности диагностики.

Разработанные показатели клинической точности и клинической эффективности диагностики программами ИИ, учитывающие онкологическую настороженность как самостоятельную клиническую ценность, устраняют недостатки оценки точности диагностики «пограничных новообразований кожи», занимающих промежуточное положение по степени риска злокачественности.

Разработанные методологические инструменты оценки клинической и медико-экономической эффективности могут применяться при клинических испытаниях медицинских изделий с ИИ, при формировании регуляторных требований и стандартов, при сравнительных исследованиях диагностических стратегий и могут быть адаптированы для других областей медицинской визуализации.

Разработаны, апробированы и внедрены программа для ЭВМ «Derma Check» для автоматизированной диагностики дерматозов и новообразований кожи и программный модуль непрерывного профессионального развития «Derma Check Educational Module».

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование выполнено в АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» (г. Москва). Клинический материал для оценки клинической точности и МЭЭ программ ИИ получен на базе ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской

Федерации и филиалов в период 2024–2026 гг. Опросные исследования проводились в марте–июле 2026 г. на анонимной онлайн-платформе Anketolog.ru.

В работе применен комплекс методов исследования, включающий: систематический анализ отечественной и зарубежной научной литературы, нормативно-правовой документации и патентной базы; анонимный онлайн-опрос (анкета из 26 закрытых вопросов, объединенных в два тематических блока); ретроспективный анализ ФИ новообразований кожи с гистологической и дерматоскопической верификацией диагнозов; методы объяснимого ИИ – взвешенное картирование активации классов (Score-CAM) и анализ чувствительности к окклюзии (Occlusion Sensitivity); математическое моделирование сценариев диагностической маршрутизации (с применением заключений программ ИИ и без них).

Статистическая обработка данных выполнена с применением критериев Манна–Уитни (U-тест), Краскела–Уоллиса (H-тест), Уэлча (t-тест для неравных дисперсий); коэффициента ранговой корреляции Спирмена (ρ); однофакторного (ANOVA), двухфакторного и многомерного (MANOVA) дисперсионного анализа; множественной логистической регрессии; кластерного анализа методом порогового агрегирования; метода Уилсона для расчета 95% доверительных интервалов долей.

Положения, выносимые на защиту

1. Среди врачей-терапевтов, дерматовенерологов и онкологов преобладает умеренный дефицит доверия к технологиям ИИ: 64,8–68,7% специалистов оценивают его как незначительное или полностью отсутствующее. Единственным достоверным предиктором позитивного отношения к технологиям ИИ является реальный практический опыт взаимодействия с технологиями ИИ в профессиональной деятельности. Различия в цифровой активности обучающихся (ординаторов) и практикующих врачей-дерматовенерологов не определяют достоверных различий в профессиональном доверии к технологиям ИИ (все $p > 0,05$).

2. Разработанная шестиступенчатая методика формирования наборов данных для применения в моделях ИИ для дифференциальной диагностики заболеваний кожи при валидации демонстрирует превосходство: чувствительность, специфичность и точность диагностики модели, обученной на датасете, подготовленном по предлагаемой методике, составляет 96,7% (94,5–98,1), 96,0% (93,3–97,6) и 96,2% (93,8–97,7) против метрик эффективности диагностики модели, обученной без применения предлагаемой методики: 89,2% (82,4–93,5), 87,5% (83,2–90,8) и 88,0% (84,2–91,0), коэффициент согласия Коэна 0,906 против 0,732 соответственно (статистическая значимость различий подтверждена тестом Макнемара $\chi^2=12,4$; $p < 0,001$).

3. В государственном реестре медицинских изделий и организаций (индивидуальных предпринимателей), осуществляющих производство и изготовление медицинских изделий, зарегистрировано 1 медицинское изделие на основе технологий ИИ для применения в

дерматовенерологии – сервис принятия врачебных решений для диагностики новообразований кожи «ПроРодинки» (РУ от 27 декабря 2023 г. № РЗН 2023/21776) для детекции и классификации пяти нозологических единиц новообразований кожи: меланомы, базальноклеточный рак кожи, меланоцитарный невус, себорейный кератоз, гемангиома с чувствительностью не менее 85%, специфичностью не менее 80%, точностью 81,5%.

Предложенная классификация программ для ЭВМ, в том числе на основе технологий ИИ и программ компьютерного зрения, применяемых в дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении, точно, всесторонне описывает и систематизирует программы для ЭВМ, в том числе на основе технологий ИИ и программ компьютерного зрения, применяемые в клинической медицине и здравоохранении, по девятнадцати признакам, объединенным в пять тематических блоков.

4. Проблемы дифференциальной диагностики новообразований кожи могут быть классифицированы с разделением на объективные трудности и субъективные сложности.

Выявленные в условиях реальной клинической практики и систематизированные шесть групп основных проблем применения программ для ЭВМ на основе технологий ИИ для диагностики новообразований кожи: а) дисбаланс обучающих наборов данных с преобладанием дерматоскопических фотоизображений; б) низкое качество клинических фотоизображений (пересвет, размытие, затемнение); в) малый размер образования в кадре; г) одномодельная архитектура большинства программ и отсутствие онкологической настороженности; д) отсутствие объяснимого ИИ в заключениях программ; е) невозможность учета данных анамнеза пациента, имеют технически реализуемые решения: (1) автоматический контроль качества фотоизображений с блокировкой некачественных фотоизображений; (2) контроль размера образования в кадре; (3) мультимодельная архитектура на основе ансамбля нейронных сетей с механизмом голосования; (4) визуализация зон риска и текстовый вывод распознанных признаков для обеспечения объяснимости заключений; (5) интерактивный интерфейс для ввода данных анамнеза и дополнительных клинических признаков; (6) поддержка мультимодального анализа клинических и дерматоскопических фотоизображений.

5. Разработанный и валидированный способ анализа причин ошибочной классификации фотоизображений новообразований кожи с применением методов объяснимого ИИ позволяет выявить следующие причины ошибочной классификации новообразований кожи по клиническим и дерматоскопическим фотоизображениям.

Для меланоцитарных новообразований (выборка 485 фотоизображений) ложноположительные ошибки обусловлены повышенной яркостью фотоизображений (медиана 0,740 против 0,638 ед. у истинно положительных) и сниженной энтропией (4,898 против 5,159 ед.), при которых модель ИИ утрачивает диагностически значимые текстурные признаки

пигментной сети. Ложноотрицательные ошибки связаны со смещением фокуса нейронной сети на нерелевантные области вследствие недостаточного контраста фотоизображения.

Для немеланоцитарных (кератиноцитарных/эпидермальных) новообразований (выборка 151 фотоизображение) выявлены аналогичные закономерности. Ложноположительные ошибки также ассоциированы с повышенной яркостью (медиана 0,7994 против 0,6914 ед. у истинно положительных) и сниженной энтропией (4,6414 против 4,8584 ед.). Методы объяснимого ИИ (Score-CAM и Occlusion Sensitivity) показали, что при ложноотрицательных ошибках модель фокусируется на фоновых текстурах (нормальная кожа) вследствие недостаточного контраста фотоизображений новообразований, а при ложноположительных ошибках переобучается на артефактах (теньях, волосах), ошибочно интерпретируя их как признаки злокачественности. Дообучение моделей с учетом выявленных факторов повысило общую диагностическую точность с 84,3 до 92,4% для программы «Melanoma Check» и с 90,9 до 92,4% для программы «Derma Onko Check».

6. Оценка клинической точности диагностики программами для ЭВМ на основе технологий ИИ в дерматоонкологии посредством стандартной матрицы ошибок систематически занижает их клиническую ценность. Применение разработанной методологии с учетом онкологической настороженности на выборке из 342 новообразований кожи показывает, что 12,9% наблюдений, квалифицируемых стандартной матрицей как ложноположительные, относятся к клинически ценной категории «совпадение по онкологической настороженности»; клиническая точность при этом составляет 92,1% (95% ДИ 88,8–94,5) против формальной точности 89,7%.

7. Способ оценки клинической эффективности диагностики с использованием алгоритмов на основании заключений моделей ИИ выявил, что применение алгоритмов маршрутизации на основании заключений программы «Derma Onko Check» на выборке 381 пациента с новообразованиями кожи обеспечивает снижение доли необоснованных направлений к дерматовенерологам с 40,6 до 6,9%, к онкологам – с 22,0 до 7,6%; коэффициент соотношения финансовых затрат составляет 0,49, что соответствует снижению общих затрат на диагностику меланоцитарных новообразований кожи на 51% по сравнению с традиционной диагностикой без применения ИИ.

8. При применении способа оценки медико-экономической эффективности диагностики новообразований кожи с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ: на уровне учреждения применение технологий ИИ снижает общие затраты на 51%, а на региональном уровне (на примере г. Москвы) обеспечивает потенциальную экономию порядка 436 млн руб. в год при сокращении сроков диагностики на 10,5 суток.

9. Формальная и клиническая точность программы для ЭВМ на основании технологий ИИ для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики дерматозов и новообразований кожи «Derma Check» составляют: формальная чувствительность, специфичность и точность – 96,7% (94,5–98,1), 84,7% (83,0–86,3), 86,8% (85,4–88,2); клиническая чувствительность, специфичность и точность – 93,3%, 96,2%, 95,3% соответственно. При сопоставлении заключений программы с заключительным клиническим диагнозом по всему массиву клинических случаев: совпадение – 80,8%, совпадение по онконастороженности – 10,4%, несовпадение по онконастороженности – 6,0%, несовпадение – 2,8%. При многоклассовой классификации по укрупненным классам новообразований вероятность топ-1/топ-3/топ-5 верных диагнозов в среднем по массиву составила: для новообразований – 89,4%, 95,4% и 98,7% соответственно; для дерматозов – 82,0%, 90,7% и 95,1% соответственно.

10. Разработанный программный модуль непрерывного профессионального развития на основе технологий ИИ «Derma Check Educational Module» обеспечивает статистически значимое повышение как непосредственных, так и отсроченных показателей усвоения знаний и навыков диагностики дерматозов и новообразований кожи.

При сопоставимом исходном уровне знаний (39,0 и 38,0 баллов, $p=0,876$) доля сохранения знаний через 30 дней в группе интерактивного обучения составила 69,9 против 60,3% в контрольной группе ($p=0,008$). Медиана времени усвоения одной нозологической единицы при интерактивном обучении была на 25% меньше (4,8 против 6,4 мин, $p=0,004$).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.23. Дерматовенерология, пункту 4 «Диагностика дерматозов, лимфопролиферативных заболеваний кожи, новообразований кожи и ИППП с использованием клинических, лабораторных, инструментальных и других методов исследования. Разработка диагностических критериев, дифференциальный диагноз дерматозов и ИППП» и пункту 7 «Разработка и совершенствование организационных направлений и методов оказания медицинской помощи пациентам с дерматозами, лимфопролиферативными заболеваниями кожи, новообразованиями кожи и инфекциями, передаваемыми половым путем, включая диспансерное наблюдение и повышение качества жизни».

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.6. Онкология, лучевая терапия, пункту 3 «Разработка и совершенствование программ скрининга и ранней диагностики онкологических заболеваний».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность диссертационного исследования подтверждена результатами анализа значительного числа клинических наблюдений, гистологической и дерматоскопической

верификацией диагнозов в клинической части исследования, точными расчетами, статистическим анализом, оценкой и интерпретацией полученных результатов, обусловлена достаточным размером выборки и подтверждена при проверке первичной документации. Статистическая обработка проведена в соответствии с рекомендуемыми методами статистического анализа медико-биологических исследований. Практические рекомендации и выводы соответствуют цели и задачам исследования.

Материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на ежегодной итоговой научно-практической конференции АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» «Актуальные вопросы медицинской науки и практики» (Гаазовские чтения) (Москва, 2024, 2025 гг.); 1162 заседании Московского общества дерматовенерологов и косметологов им. А.И. Пospelова (Москва, 2025 г.); XLII и XLIII Научно-практических конференциях с международным участием «Рахмановские чтения» (Москва, 2025, 2026 гг.); XXV Всероссийском съезде дерматовенерологов и косметологов (Москва, 2025 г.); X Всероссийской конференции по искусственному интеллекту в здравоохранении (Москва, 2026 г.); IX Петербургском медицинском инновационном форуме (Санкт-Петербург, 2026 г.); XIV международном конгрессе «ОргЗдрав – 2026» (Москва, 2026 г.) и других научных форумах. Апробация диссертационной работы проведена на заседании ученого совета АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза».

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты, основные научные положения, выводы и практические рекомендации диссертационного исследования внедрены в лечебно-диагностическую деятельность ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России (головной организации и филиалов) и головного учреждения и 12 филиалов, включающих амбулаторно-поликлинические подразделения, ФГКУ «1586 ВКГ» Минобороны России и применяются в работе с больными при диагностике и диспансерном наблюдении новообразований кожи, а также при повышении квалификации врачей-дерматовенерологов, онкологов и терапевтов.

Результаты, основные научные положения, выводы и практические рекомендации внедрены в учебный процесс АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» и медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» при изучении дисциплин «Дерматовенерология» и «Онкология».

Личный вклад автора

Автором лично сформулированы цель, задачи и разработан дизайн диссертационного исследования; выполнен анализ отечественной и зарубежной литературы; разработаны анкеты

для опросных исследований; организован и проведен анонимный онлайн-опрос врачей; осуществлен проспективный и ретроспективный анализ клинических случаев с ФИ новообразований кожи и статистическая обработка всего массива данных; разработаны, валидированы и апробированы оригинальные методологические инструменты оценки клинической точности и МЭЭ диагностических систем ИИ; подготовлены научные статьи, текст диссертации и автореферата. Автор организовал и участвовал в разработке программ для ЭВМ и формировании баз данных, в сборе клинического материала на клинических базах, а также принимал личное участие в апробации результатов исследования, выступал с докладами на российских и международных конференциях.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликованы 62 печатные работы, в том числе 15 научных статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук; 18 статей в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus; 12 иных публикаций; 2 публикации в сборниках материалов международных научных конференций; 2 патента; 2 свидетельства о государственной регистрации базы данных; 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 500 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложений. Работа иллюстрирована 72 таблицами и 127 рисунками (из них 1 в Приложении). Список литературы содержит 374 источника, из которых 109 – на русском языке и 265 – на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с поставленными задачами в несколько этапов; на каждом этапе решались конкретные задачи с применением адекватных дизайну методов. Организационной базой служила АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза». Клинический материал для оценки клинической точности и МЭЭ программ ИИ получен на базе ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России и филиалов в 2024–2026 гг. Работа с клиническим материалом проводилась с соблюдением требований к обезличиванию персональных данных;

при формировании наборов данных ФИ применялась деперсонализация в соответствии с Федеральным законом «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ.

Опросное исследование выполнено методом анонимного онлайн-анкетирования на платформе Anketolog.ru. Анкета включала 26 закрытых вопросов, объединенных в два тематических блока: общие сведения о применении ИИ и оценка отношения к ИИ. В опросе приняли участие 105 терапевтов и ВОП, 191 дерматовенеролог и 249 онкологов, а также обучающиеся (студенты и ординаторы), преподаватели и научные работники.

Клинический материал для оценки диагностической точности представлял собой массив дерматоскопических и клинических ФИ новообразований кожи с гистологической и дерматоскопической верификацией диагнозов. Массив включал широкий спектр нозологических форм: злокачественные меланоцитарные новообразования (поверхностно распространяющаяся и узловая меланома, злокачественное лентиго), злокачественные кератиноцитарные/эпидермальные новообразования (базальноклеточный и плоскоклеточный рак кожи), доброкачественные меланоцитарные новообразования (пограничный, сложный, внутридермальный меланоцитарный невус, невус Шпитц, голубой невус), доброкачественные кератиноцитарные/эпидермальные новообразования (себорейный кератоз, актинический кератоз, кератоакантома и другие), а также сосудистые и прочие новообразования. Для анализа причин ошибочной классификации сформированы выборки из 485 ФИ меланоцитарных и 151 ФИ немеланоцитарных новообразований; для оценки клинической точности и клинической эффективности использованы выборки из 342 и 381 наблюдения соответственно; для оценки диагностической эффективности программы «Derma Check» использован массив из 2250 клинических наблюдений. Для каждого ФИ вычислялись 13 фотометрических и текстурных метрик качества. Анализ областей, определяющих классификационное решение нейронной сети, проводился методами объяснимого ИИ (Score-CAM, Occlusion Sensitivity).

Для оценки эффективности обучения с применением программного модуля НПР проведено сравнительное исследование в основной (интерактивное обучение, $n=25$) и контрольной (традиционные учебники, $n=25$) группах обучающихся с тестированием в четырех временных точках (до обучения, сразу после обучения, через 7 и через 30 дней). Для оценки МЭЭ выполнено математическое моделирование сценариев диагностической маршрутизации пациентов с новообразованиями кожи с применением заключений программ ИИ и без них на уровне медицинской организации и с последующей экстраполяцией на региональный уровень.

Статистическая обработка данных проводилась с применением непараметрических критериев Манна–Уитни и Краскела–Уоллиса, критерия Уэлча, коэффициента ранговой корреляции Спирмена, дисперсионного анализа (ANOVA, двухфакторный, MANOVA), множественной логистической регрессии, кластерного анализа методом порогового

агрегирования и теста Макнемара; 95% доверительные интервалы долей рассчитывались методом Уилсона. Для оценки согласованности заключений между модальностями и экспертами применялись коэффициент Коэна (κ) и анализ по методу Бланда–Альтмана. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Изучение отношения врачей к технологиям ИИ

Все три выборки респондентов (терапевты и ВОП, дерматовенерологи, онкологи) характеризовались преобладанием женщин (от 64,7% среди онкологов до 85,9% среди дерматовенерологов), концентрацией в московском регионе и преобладанием специалистов амбулаторно-поликлинических медицинских организаций. Сводная характеристика выборок представлена в Таблице 1.

Таблица 1 – Сводная характеристика групп врачей трех специальностей

Параметр	Терапевты и ВОП (n=105)	Дерматовенерологи (n=191)	Онкологи (n=249)
Средний возраст, лет	40,2 ± 17,3	34,4 ± 12,1	37,2 ± 11,0
Медиана возраста, лет	35	29	33
Женщины, %	71,4	85,9	64,7
Ученая степень, %	3,8	18,9	9,6
Амбулаторные МО, %	66,7	—	79,5

Уровень скептицизма в отношении ИИ оказался сопоставим у врачей всех трех специальностей и несколько нарастал от терапевтов к онкологам: 64,8% скептически настроенных специалистов среди терапевтов, 66,5% среди дерматовенерологов и 68,7% среди онкологов. Средний балл доверия (по 4-балльной шкале) находился в диапазоне 2,1–2,3 во всех группах, что соответствует категории «доверяю незначительно» (Рисунок 1). Вместе с тем готовность к применению ИИ существенно опережала уровень доверия: суммарно готовы применять ИИ 87,6% терапевтов, 88,0% дерматовенерологов и 89,2% онкологов, что отражает универсальный феномен «не доверяю, но готов попробовать».

Полная осведомленность о возможностях ИИ в медицине отмечена лишь у небольшой доли специалистов во всех трех выборках, тогда как большинство врачей оценивали свою осведомленность как частичную. При этом лишь единичные респонденты считали невозможным применять ИИ в своей профессиональной деятельности, что свидетельствует о принципиальной открытости медицинского сообщества к внедрению технологий ИИ при недостаточном уровне их фактического освоения. Такое сочетание высокой готовности, умеренного доверия и ограниченной осведомленности определяет ключевую роль образовательных программ и практического знакомства с технологиями в формировании обоснованного отношения врачей к искусственному интеллекту.

Субъективная оценка точности ИИ во всех трех специальностях оказалась существенно заниженной по сравнению с реальными клиническими показателями (80–95%), что формирует устойчивый «разрыв восприятия» (Таблица 2). Наибольший разрыв между субъективной оценкой точности ИИ и врачей отмечен у дерматовенерологов.

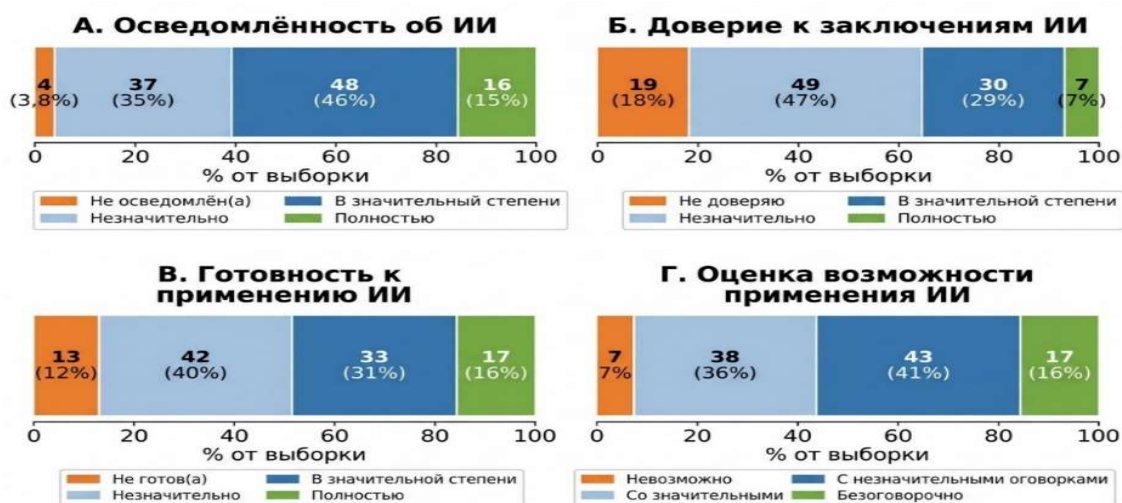


Рисунок 1 – Осведомленность, доверие, готовность и оценка возможности применения ИИ в профессиональной деятельности врачами-терапевтами и врачами общей практики (n = 105)

Таблица 2 – Субъективная оценка точности диагностики системами искусственного интеллекта врачами разных специальностей

Показатель	Терапевты и ВОП	Дерматовенерологи	Онкологи
Точность ИИ (медиана), %	55	45	55
Точность врачей (медиана), %	75	75	75
Разрыв, п.п.	20	30	20

Наиболее показательным индикатором интеграции ИИ в профессиональную деятельность оказался разрыв между бытовым и профессиональным неприменением технологий. У врачей-терапевтов и ВОП он был минимальным (около 5 п.п.), что объясняется органичным встраиванием освоенных в быту генеративных систем в задачу оформления медицинской документации – ключевую для первичного звена. У дерматовенерологов разрыв достигал 18 п.п., указывая на то, что бытовое использование ИИ слабо конвертируется в профессиональные задачи, для которых требуются специализированные ПКЗ. Во всех трех специальностях главным ожидаемым преимуществом внедрения ИИ единодушно признавалось сокращение рутины (71,4–77,8%) и снижение нагрузки на врачей (61,0–66,5%), тогда как повышение точности диагностики ценилось существенно ниже (31,3–38,1%), что отражает сохраняющуюся уверенность врачей в собственных диагностических компетенциях. Структура ожидаемых проблем демонстрировала специфичность: лидирующая позиция опасений диагностических ошибок была универсальной (60,6–73,8%), однако наибольшую обеспокоенность выражали дерматовенерологи (73,8%).

Кластерный анализ по совокупности показателей доверия, готовности и применения ИИ выделил во всех трех специальностях устойчивую типологию отношения к технологиям: группу «прагматиков» («умеренных»), готовых к применению ИИ при сохранении критического отношения к его заключениям, группу «скептиков» с низким доверием и низкой готовностью и группу «энтузиастов» с высоким доверием и активным применением. Наибольшую долю во всех выборках составили «прагматики», что подтверждает вывод об универсальности феномена «не доверяю, но готов попробовать» (Рисунок 2).

Множественный регрессионный и кластерный анализ показали, что единственным достоверным предиктором позитивного отношения к технологиям ИИ является реальный практический опыт взаимодействия с ними в профессиональной деятельности; возраст, стаж, тип организации – места работы врача и уровень информированности достоверными предикторами доверия не являлись.

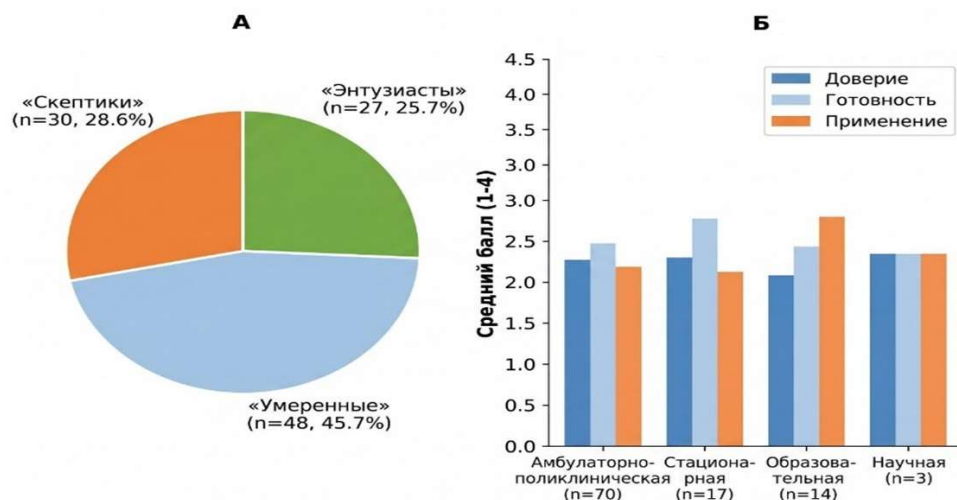


Рисунок 2 – Кластерный профиль выборки врачей-терапевтов и врачей общей практики (А) и отношение к ИИ по типу медицинской организации (Б)

Сопоставление обучающихся (студентов младших и старших курсов, ординаторов), практикующих врачей-специалистов, преподавателей и научных работников при контроле размера групп показало, что более высокая бытовая цифровая активность обучающихся не переходит автоматически в профессиональное доверие к технологиям ИИ.

Подгруппа специалистов, имевших практический контакт с технологией, демонстрировала статистически значимо более высокий уровень доверия во всех трех специальностях. Различия в цифровой активности обучающихся (ординаторов) и практикующих врачей-дерматовенерологов не определяли достоверных различий в профессиональном доверии к ИИ (все $p > 0,05$) (Рисунок 3).

Анализ восприятия технологий ИИ отдельными специальностями выявил характерные различия. Врачи-дерматовенерологи, для профессиональной деятельности которых требуются

специализированные ПКЗ, демонстрировали наибольший разрыв между бытовым и профессиональным применением ИИ и наибольшую обеспокоенность возможными диагностическими ошибками. Врачи-онкологи, для специальности которых характерна особенно высокая цена диагностической и лечебной ошибки, показали наиболее выраженный скептицизм при сохранении высокой готовности к применению ИИ и указывали на неприемлемость передачи алгоритму наиболее ответственных клинических решений. Врачи-терапевты и ВОП продемонстрировали наиболее широкое проникновение ИИ в профессиональную деятельность, преимущественно за счет задач оформления медицинской документации.

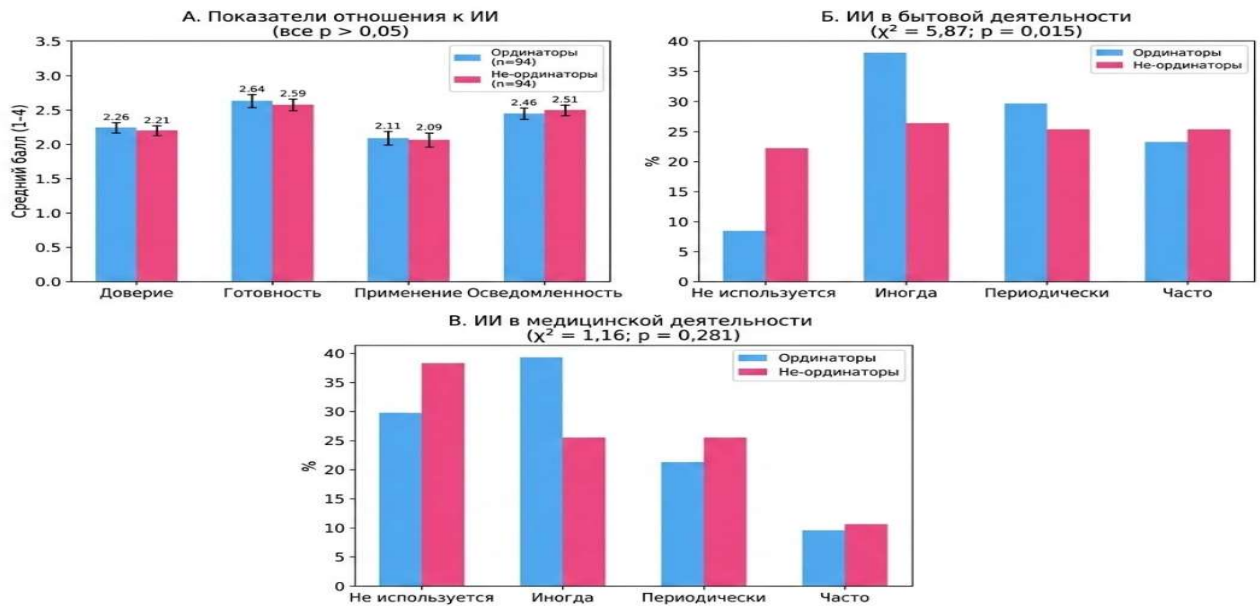


Рисунок 3 – Сравнение показателей отношения к ИИ, частоты применения ИИ в бытовой и медицинской деятельности между ординаторами и не-ординаторами (врачами-дерматовенерологами) (сбалансированная выборка, $n = 94 + 94$)

Наиболее часто применявшимися технологиями ИИ во всех трех специальностях оказались генеративные системы на основе больших языковых моделей, используемые преимущественно для поиска информации и оформления документации, тогда как специализированные ПКЗ для анализа медицинских изображений применялись значительно реже. Среди целесообразных направлений применения ИИ врачи всех специальностей чаще всего указывали автоматизацию рутинных задач, поддержку принятия решений и обработку медицинской документации, при этом наиболее ответственные клинические решения (установление заключительного клинического диагноза, назначение лечения) большинство специалистов считали недопустимым передавать алгоритмам ИИ. Полученные закономерности послужили основой для формулирования практических рекомендаций по проектированию образовательных программ, обеспечивающих практический контакт обучающихся с ИИ-системами.

Базы данных, наборы данных и методология формирования датасетов

Сравнительный анализ международных публичных (ISIC Archive, HAM10000, PH2, Derm7pt) и российских клинических баз данных показал, что публичные наборы данных характеризуются преобладанием дерматоскопических ФИ, ограниченной представленностью фототипов кожи и систематическими смещениями, которые являются, по существу, неустранимым свойством баз данных. Систематизирована типология клинических баз данных, показаны различия в объеме, структуре, способах верификации диагнозов и регуляторном контексте между международными публичными и российскими клиническими базами данных. Международные публичные базы данных обеспечивают большой объем размеченных ФИ, однако их применение в российских условиях ограничено особенностями популяции, преобладанием дерматоскопической модальности и неполнотой гистологической верификации. Российские клинические базы данных, напротив, содержат преимущественно клинические ФИ с гистологической верификацией, что делает их предпочтительными для обучения моделей, ориентированных на применение в первичном звене, при условии соблюдения регуляторных требований. Формализовано разграничение понятий «база данных» и «набор данных» (датасет) применительно к медицинским ИИ-системам, что устраняет существующую терминологическую неопределенность и позволяет корректно описывать процесс подготовки обучающих данных.

Систематические смещения баз данных (смещение отбора, смещение аннотации, смещение представленности фототипов кожи и нозологических форм) проявляются в моделях ИИ, обученных на этих данных, в виде снижения точности на недостаточно представленных группах наблюдений. Показано, что публичные наборы данных, сформированные преимущественно из дерматоскопических ФИ светлого населения, ограниченно переносимы на клинические ФИ, получаемые врачами первичного звена в реальной практике. Это обуславливает необходимость формирования собственных клинических наборов данных с соблюдением регуляторных требований и стандартизированной процедуры подготовки.

Разработана шестиступенчатая методология формирования наборов данных из клинических баз данных, последовательно включающая: (1) определение задачи и формирование технического задания; (2) выгрузку и первичную фильтрацию данных; (3) деперсонализацию в соответствии с Федеральным законом «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ; (4) верификацию качества и медицинскую аннотацию не менее чем двумя специалистами экспертного уровня с измерением межэкспертного согласия; (5) организацию структуры со стратифицированным разбиением на уровне пациентов, балансировку и аугментацию; (6) документирование в виде паспорта датасета. В рамках методологии систематизированы типы наборов данных по их предназначению (обучающие, валидационные, тестовые) и обоснована

необходимость отдельного формирования выборок для корректной оценки диагностической точности моделей ИИ.

Валидация методики проведена путем сравнения двух моделей идентичной архитектуры (Xception с переносом обучения от ImageNet), обученных на наборе А, сформированном по шестиступенчатой методике с гистологической верификацией, и на контрольном наборе Б из публичных источников без стандартизированной процедуры. Обе модели тестировались на единой независимой выборке из 381 гистологически верифицированного наблюдения. Модель А статистически значимо превзошла контрольную модель по всем ключевым диагностическим метрикам (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты сравнения диагностической точности моделей, обученных на наборе данных по шестиступенчатой методике (модель А) и на контрольном наборе (модель Б)

Показатель	Модель А (шестиступенчатая методика)	Модель Б (контроль)
Чувствительность (Se), %	96,7 (94,5–98,1)	89,2 (82,4–93,5)
Специфичность (Sp), %	96,0 (93,3–97,6)	87,5 (83,2–90,8)
Точность (Ac), %	96,2 (93,8–97,7)	88,0 (84,2–91,0)
AUC-ROC	0,985	0,931
F1-мера	0,936	0,843
Коэффициент согласия Коэна (κ)	0,906	0,732
Оценка Бриера	0,044	0,102
Тест Макнемара	$\chi^2 = 12,4; p < 0,001$	
Примечание: обе модели тестировались на единой независимой выборке из 381 гистологически верифицированного наблюдения; доверительные интервалы рассчитаны методом Уилсона		

Преимущество модели, обученной на наборе А, обусловлено несколькими факторами, непосредственно вытекающими из шестиступенчатой методики. Привязка каждого случая ЗНО кожи к гистологическому «золотому стандарту» устраняет шум меток, неизбежный при экспертной визуальной аннотации, поскольку межэкспертное согласие даже среди опытных дерматовенерологов редко превышает $\kappa = 0,80–0,85$ для сложных пограничных случаев. Стратифицированное разбиение на уровне пациентов исключает утечку данных, при которой ФИ кожи одного пациента попадают одновременно в обучающую и тестовую выборки, искусственно завышая оценку точности. Стандартизированная деперсонализация и документирование в виде паспорта датасета обеспечивают воспроизводимость обучения и независимой валидации. Таким образом, обучение на ФИ, верифицированных гистологически, является необходимым условием достижения клинически приемлемого уровня точности ПКЗ в дерматовенерологии и дерматоонкологии.

Анализ программ и медицинских изделий с ИИ и классификация программ для ЭВМ

Проведен систематический поиск и отбор программ для ЭВМ на основе технологий ИИ, применяемых в дерматовенерологии. Из более чем девятисот найденных записей мобильных

приложений в сравнительный анализ отобранные самостоятельные программы, различающиеся по назначению, целевым пользователям, решаемым клиническим задачам, типам входных данных, архитектуре моделей ИИ и характеристикам обучающих выборок. Сравнение по точности и эффективности показало значительную вариабельность заявленной диагностической эффективности при неоднородности методологии оценки и ограниченной прозрачности сведений об обучающих наборах данных, что затрудняет прямое сопоставление программ и обоснованный выбор для внедрения. Большинство проанализированных программ построено на одномодельной архитектуре, ориентировано на дерматоскопические ФИ и не обеспечивает объяснимости заключений, что ограничивает их применимость в реальной клинической практике первичного звена, где преобладают клинические ФИ.

Сравнительный анализ реестров медицинских изделий (МИ) с ИИ России, США и Китая показал устойчивый рост числа ежегодных регистраций и различия в структуре реестров и составе ведущих производителей. Большинство зарегистрированных в России МИ с ИИ приходится на анализ лучевых изображений, тогда как для диагностики дерматозов и новообразований кожи представлено одно МИ с ИИ – сервис принятия врачебных решений для диагностики новообразований кожи «ПроРодинки» (РУ от 27 декабря 2023 г. № РЗН 2023/21776) для детекции и классификации пяти нозологических единиц (меланома, базальноклеточный рак кожи, меланоцитарный невус, себорейный кератоз, гемангиома) с чувствительностью не менее 85%, специфичностью не менее 80%, точностью 81,5%, в заключении предоставляется результат бинарной классификации без указания конкретного диагноза.

Разработана оригинальная классификация программ для ЭВМ, включая основанные на технологиях ИИ и ПКЗ, применяемых в дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении, построенная на девятнадцати признаках, объединенных в пять тематических блоков: контекст применения; развертывание и реализация; данные и оборудование; архитектура моделей ИИ и обработка входных данных; характеристики обучения моделей ИИ (Рисунок 4). Классификация обеспечивает стандартизированное, полное и понятное описание систем, необходимое для их корректного сравнения, регуляторной оценки и обоснованного выбора для внедрения.

Блок I «Контекст применения» описывает область и уровень медицинского применения программы, целевого пользователя и решаемую клиническую задачу. Блок II «Развертывание и реализация» характеризует форму поставки программы (мобильное приложение, веб-сервис, встроенное программное обеспечение медицинского изделия), место выполнения вычислений и способ интеграции в информационные системы здравоохранения. Блок III «Данные и оборудование» описывает типы входных данных (клинические, дерматоскопические ФИ, анамнестические данные) и оборудование их получения. Блок IV «Архитектура моделей ИИ и

обработка входных данных» характеризует метод обработки ФИ, одномодельную или мультимодельную структуру и способ формирования итогового заключения. Блок V «Характеристики обучения моделей ИИ» описывает объем и качество обучающих выборок, способ верификации диагнозов и метрики диагностической эффективности. Дополнительно предложены уровни клинического применения ПКЗ в клинической медицине, отражающие степень их клинической ответственности.



Рисунок 4 – Обобщенная схема классификации программ для ЭВМ, включая основанных на технологиях искусственного интеллекта и программ компьютерного зрения, применяемых в клинической медицине и здравоохранении

Систематизация проблем диагностики и решения

Проблемы дифференциальной диагностики новообразований кожи систематизированы с разделением на объективные трудности (обусловленные природой новообразований и методов их исследования) и субъективные сложности (связанные с человеческим и организационным звеном). К объективным трудностям отнесены трудность визуальной диагностики меланоцитарных, кератиноцитарных/эпидермальных, фиброзных и сосудистых новообразования кожи, трудности морфологической диагностики и субъективность методов клинического исследования. К субъективным сложностям отнесены большое разнообразие нозологических форм, недостаточная онкологическая настороженность врачей, субъективность оценки клинических симптомов, отсутствие или нарушения маршрутизации выявленных пациентов, а также недостаточное санитарно-гигиеническое просвещение населения и поздняя обращаемость. Такое разделение позволяет отделить факторы, коренящиеся в природе новообразований, от факторов, связанных с человеческим и организационным звеном.

Выявлены и систематизированы шесть групп основных проблем применения программ ИИ для диагностики новообразований кожи и предложены их технически реализуемые решения

(Таблица 4). Обоснованность решений подтверждена на примере клинических случаев, демонстрирующих ограничения одномодельной архитектуры и преимущества мультимодельного анализа с онкологической настороженностью.

Таблица 4 – Основные проблемы применения программ искусственного интеллекта для диагностики новообразований кожи и предложенные решения

Проблема	Предложенное решение
Дисбаланс обучающих наборов данных с преобладанием дерматоскопических фотоизображений	Формирование сбалансированных наборов данных по шестиступенчатой методике с гистологической верификацией
Низкое качество клинических фотоизображений (пересвет, размытие, затемнение)	Автоматический контроль качества фотоизображений с блокировкой некачественных фотоизображений
Малый размер новообразования в кадре	Контроль размера новообразования в кадре
Одномодельная архитектура	Мультимодельная архитектура на основе ансамбля нейронных сетей с механизмом голосования
Отсутствие онкологической настороженности в алгоритмах	Использование оценки клинической точности и клинической эффективности при разработке и анализе моделей ИИ
Отсутствие объяснимого ИИ в заключениях	Визуализация зон риска и текстовый вывод распознанных признаков
Невозможность учета данных анамнеза пациента	Интерактивный интерфейс для ввода анамнеза и поддержка мультимодального анализа

Анализ причин ошибочной классификации фотоизображений новообразований кожи

Разработана и валидирована методология анализа причин ошибочной классификации, основанная на вычислении 13 фотометрических и текстурных метрик качества для каждого ФИ, многоуровневом статистическом анализе межгрупповых различий и методах объяснимого ИИ. Для меланоцитарных новообразований (выборка 485 ФИ) ложноположительные ошибки были обусловлены повышенной яркостью ФИ (медиана 0,740 против 0,638 ед. у истинно положительных) и сниженной энтропией (4,898 против 5,159 ед.), при которых модель утрачивает диагностически значимые текстурные признаки пигментной сети. Ложноотрицательные ошибки были связаны со смещением фокуса нейронной сети на нерелевантные области вследствие недостаточного контраста ФИ. Статистическая значимость выявленных различий подтверждена непараметрическими критериями и многофакторным анализом совместного влияния категории заключения и ПКЗ. Для немеланоцитарных новообразований (выборка 151 ФИ) выявлены аналогичные закономерности (медиана яркости 0,7994 против 0,6914 ед.; энтропия 4,6414 против 4,8584 ед.).

Методы объяснимого ИИ (Score-CAM и Occlusion Sensitivity) показали, что при ложноотрицательных заключениях модель фокусируется на фоновых текстурах (нормальной коже) вследствие недостаточного контраста новообразования, а при ложноположительных – переобучается на артефактах (теньях, волосах), ошибочно интерпретируя их как признаки

злокачественности (Рисунок 5). Дообучение моделей с учетом выявленных факторов повысило общую диагностическую точность с 84,3 до 92,4% для программы «Melanoma Check» и с 90,9 до 92,4% для программы «Derma Onko Check».



Рисунок 5 – Пример ошибочного заключения программы с тепловыми картами Score-CAM и картами чувствительности Occlusion Sensitivity: врожденный меланоцитарный невус, ложноположительный результат

На основании результатов анализа сформулированы практические рекомендации по получению ФИ новообразований кожи для повышения точности классификации ПКЗ: контроль экспозиции с недопущением пересвета и затемнения; обеспечение достаточного контраста между образованием и окружающей кожей; исключение попадания в кадр посторонних артефактов (волос, теней, элементов разметки); соблюдение достаточного относительного размера новообразования в кадре. Разработанная методология анализа причин ошибочной классификации носит обобщенный характер и может применяться для оптимизации и модернизации моделей и ПКЗ, в дерматовенерологии и других областях клинической медицины и здравоохранения.

Методология оценки клинической точности с учетом онкологической настороженности

Разработана оригинальная методология оценки клинической точности диагностики программами ИИ в дерматовенерологии и дерматоонкологии, учитывающая онкологическую настороженность как самостоятельную клиническую ценность. Методология вводит систему четырех категорий клинической эффективности: «полное совпадение», «совпадение по онкологической настороженности», «несовпадение по онкологической настороженности» и «полное несовпадение» и формулы расчета клинической чувствительности, клинической специфичности и клинической точности диагностики. Ключевой предпосылкой методологии является клиническая практика, при которой заключение программы о повышенном риске для доброкачественного новообразования (ДНО) кожи не всегда является ошибкой: если пациент с образованием направлено врачом на биопсию с последующим морфологическим исследованием и морфологически выявлена атипия, дисплазия или предраковое изменение, такая онкологическая настороженность оправдана и обладает самостоятельной клинической ценностью.

Методология реализуется в три уровня оценки: первый уровень – формальная точность и ее систематическая ошибка (по стандартной матрице ошибок); второй уровень – клиническая эффективность как качественная мера согласованности заключений; третий уровень – клиническая точность как количественная мера обоснованности. Надежность эталона обеспечивается оценкой межэкспертной согласованности.

Оценка клинической точности посредством стандартной матрицы ошибок систематически занижает клиническую ценность программ ИИ. Применение разработанной методологии на выборке из 342 новообразований кожи показало, что 12,9% заключений программы, квалифицируемых стандартной матрицей как ложноположительные, относятся к клинически ценной категории «совпадение по онкологической настороженности»; клиническая точность при этом составила 92,1% (95% ДИ 88,8–94,5) против формальной точности 89,7% (Рисунок 6).

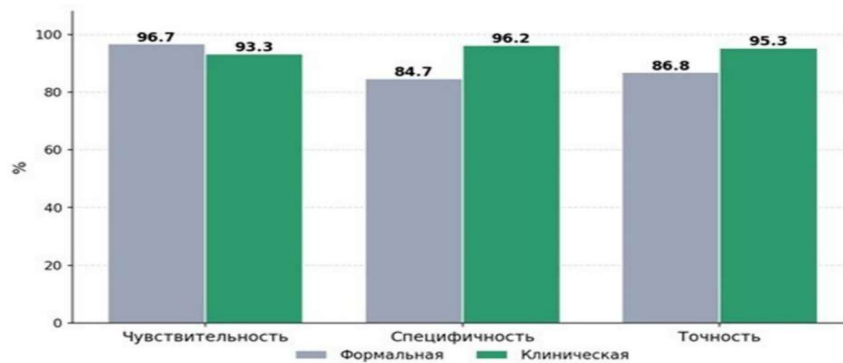


Рисунок 6 – Формальные и клинические чувствительность, специфичность, точность программы

Оценка клинической эффективности диагностики с применением алгоритмов маршрутизации

Разработан и валидирован способ оценки клинической эффективности диагностики с использованием алгоритмов на основании заключений моделей ИИ, основанный на двух мерах относительной эффективности и комплексной визуализации в виде квадрантной матрицы эффективности. Способ моделирует сценарии диагностической маршрутизации пациентов с новообразованиями кожи (с применением заключений программ ИИ и без них) и количественно оценивает долю обоснованных и необоснованных направлений к дерматовенерологам и онкологам.

Способ реализует три уровня оценки. Первый уровень – формальная точность и ее систематическая ошибка по стандартной матрице ошибок. Второй уровень – клиническая эффективность как качественная мера согласованности заключений программы и врача, оцениваемая через систему четырех категорий совпадения по онкологической настороженности.

Третий уровень – клиническая точность как количественная мера обоснованности диагностических решений. Сопоставление трех уровней оценки на едином массиве наблюдений показало, что стандартная формальная точность систематически недооценивает клиническую ценность программ ИИ, тогда как учет онкологической настороженности обеспечивает более адекватную оценку. Надежность эталона подтверждена высокой межэкспертной согласованностью при формировании клинического эталона.

Применение алгоритмов маршрутизации на основании заключений программы «Derma Onko Check» на выборке 381 пациента с новообразованиями кожи обеспечило снижение доли необоснованных направлений к дерматовенерологам с 40,6 до 6,9%, к онкологам – с 22,0 до 7,6%. Коэффициент соотношения финансовых затрат составил 0,49, что соответствует снижению общих затрат на диагностику меланоцитарных новообразований кожи на 51% по сравнению с традиционной диагностикой без применения ИИ.

Оценка медико-экономической эффективности диагностики

Разработан и валидирован способ оценки МЭЭ диагностики новообразований кожи с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ на уровне медицинской организации (с квадрантной матрицей предотвратимых и потенциально предотвратимых финансовых затрат), сети медицинских организаций и региона. В основе способа лежит разграничение обоснованных и необоснованных финансовых затрат на выявление одного случая целевого заболевания и переход от удельных показателей к совокупным затратам путем региональной экстраполяции. Структура затрат учитывает прямые затраты на диагностические исследования, консультации специалистов и маршрутизацию пациентов; необоснованными признаются затраты, обусловленные направлением пациентов с ДНО кожи к профильным специалистам без достаточных клинических оснований. Целевым заболеванием при апробации выбрана меланома кожи (C43).

На уровне учреждения применение технологий ИИ снижает общие затраты на 51%. При экстраполяции на региональный уровень (на примере г. Москвы, где в 2024 г. под диспансерное наблюдение с впервые установленным диагнозом меланомы кожи было взято 1470 больных) необоснованные затраты на выявление одного случая целевого заболевания снижались с 579 069 руб. до 282 269 руб. (на 51,3%), а интегральный коэффициент соотношения обоснованных и необоснованных затрат возрастал с 0,31 (при традиционной маршрутизации необоснованные расходы преобладают) до 1,7 (при диагностике с применением ИИ обоснованные затраты преобладают). Потенциальная экономия составила порядка 436 млн руб. в год при сокращении сроков установления заключительного диагноза с 18,3 до 7,8 суток, то есть на 10,5 суток. Разработанная программа для ЭВМ обеспечивает автоматизированный расчет МЭЭ и может

быть адаптирована к различным нозологиям, диагностическим системам ИИ, медицинским организациям и регионам.

Разработка и клиническая апробация программы «Derma Check»

Разработана, апробирована и внедрена в лечебно-диагностический процесс программа для ЭВМ – система поддержки принятия врачебных решений на основе технологий ИИ «Derma Check» для автоматизированной диагностики дерматозов и новообразований кожи. Программа реализует мультимодельную ансамблевую архитектуру с механизмом консенсуса и включает модули анализа ФИ, анализа анамнестических данных, сегментации образования, анализа асимметрии методом главных компонент, объяснимого ИИ, многоклассовой классификации, картотеку пациентов, личный кабинет врача, подсистему динамического наблюдения и персонализированные алгоритмы маршрутизации.

Конвейер обработки ФИ кожи включает последовательные этапы: автоматический контроль качества входного ФИ с блокировкой некачественных фотоизображений (пересвет, размытие, затемнение) и контроль минимального размера образования в кадре; сегментацию образования и выделение области интереса; параллельную обработку ансамблем нейронных сетей (сверточные сети и трансформеры) с механизмом голосования для формирования консенсусного заключения о бинарной принадлежности (доброкачественное / злокачественное) и уровне риска; многоклассовую классификацию по укрупненным классам новообразований и дерматозов; формирование объяснимого заключения с визуализацией зон риска и текстовым выводом распознанных признаков (Рисунок 7). Модуль анализа анамнестических данных обеспечивает учет клинических признаков и факторов риска пациента, а подсистема динамического наблюдения позволяет сопоставлять ФИ одного образования во времени с оценкой изменений.

Исследование диагностической эффективности программы «Derma Check» выполнено на массиве из 2250 клинических наблюдений (399 ЗНО и 1851 ДНО). Формирование заключения об уровне риска осуществляется на основе консенсусной вероятности злокачественности, вычисляемой ансамблем моделей, с последующим отнесением образования к категориям низкого, промежуточного или высокого риска и формированием персонализированной рекомендации по маршрутизации пациента. Формальная чувствительность, специфичность и точность программы составили 96,7% (94,5–98,1), 84,7% (83,0–86,3) и 86,8% (85,4–88,2) соответственно; прогностическая ценность отрицательного результата достигла 99,2%, AUC-ROC – 0,985 (Таблица 5). Высокая NPV и близкое к нулю отношение правдоподобия отрицательного результата ($LR- = 0,038$) подтверждают надежность программы как инструмента исключения злокачественности.



Рисунок 7 – Сопоставление одномоделной и мультимодельной архитектуры: а – одномоделная программа, б – мультимодельная программа

Таблица 5 – Показатели формальной диагностической точности программы «Derma Check»

Показатель	Значение	95% ДИ
Чувствительность (Se), %	96,7	94,5–98,1
Специфичность (Sp), %	84,7	83,0–86,3
Диагностическая точность, %	86,8	85,4–88,2
PPV, %	57,7	53,9–61,4
NPV, %	99,2	98,6–99,5
Индекс Юдена	0,815	–
AUC-ROC	0,985	–

Оценка клинической точности с учетом онкологической настороженности показала, что большинство заключений о повышенном риске для ДНО совпала с решением врача о направлении на биопсию: клиническая чувствительность составила 93,3%, клиническая специфичность – 96,2%, клиническая точность – 95,3% (Рисунок 9). При сопоставлении заключений программы с заключительным клиническим диагнозом по всему массиву клинических случаев доля полного совпадения составила 80,8%, совпадения по онконастороженности – 10,4%, несовпадения по онконастороженности – 6,0%, несовпадения – 2,8%.

Подсистема динамического наблюдения программы «Derma Check» обеспечивает сопоставление ФИ одного новообразования, сделанных в разное время, с автоматическим совмещением масок сегментации и оценкой изменений размера, формы и характеристик новообразования, что позволяет реализовать диспансерное наблюдение пациентов групп высокого риска. Персонализированные алгоритмы маршрутизации формируют рекомендацию о направлении пациента к профильному врачу-специалисту в зависимости от уровня риска и клинического контекста.

Картотека пациентов и личный кабинет врача обеспечивают хранение результатов приемов (осмотров), сопоставление заключений во времени и ведение истории наблюдения (Рисунок 8). На примерах клинических случаев продемонстрированы ограничения одномодельной структуры программ и преимущества мультимодельной архитектуры с учетом онкологической настороженности и данных анамнеза, что подтверждает обоснованность заложенных в программу архитектурных решений.

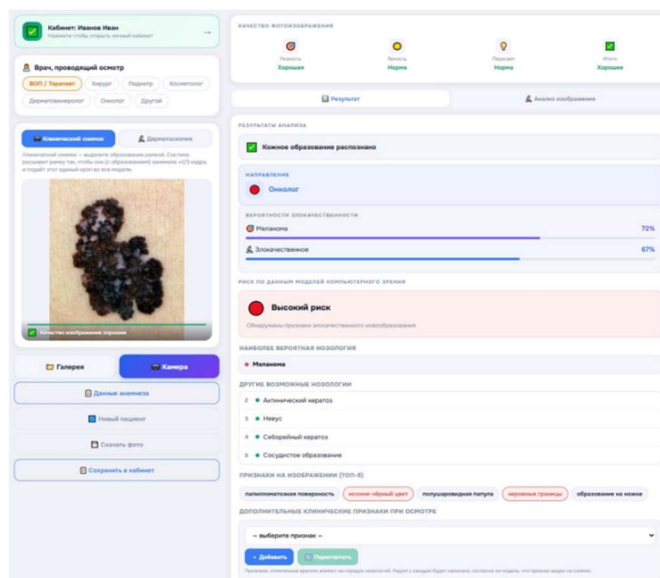


Рисунок 8 – Личный кабинет врача: список пациентов с поиском (левая панель), детали пациента с сеткой анализов и заключениями (правая панель)

При многоклассовой классификации по укрупненным классам новообразований вероятность верного диагноза в топ-1/топ-3/топ-5 в среднем по массиву составила 89,4%, 95,4% и 98,7% для новообразований и 82,0%, 90,7% и 95,1% для дерматозов, соответственно (Таблица 6). Сравнение точности заключений программы с точностью заключений врачей-дерматовенерологов и врачей-онкологов на гистологически верифицированном подмножестве показало, что программа не уступает врачам-специалистам по способности исключать злокачественность, при этом обеспечивает воспроизводимость заключений и не подвержена усталости врача из-за когнитивной нагрузки и субъективным факторам.

Исследование диагностической эффективности программы в зависимости от вида ФИ (дерматоскопических и клинических) подтвердило высокую согласованность предсказаний между модальностями: значения AUC превышали 0,98 для обеих модальностей, коэффициенты корреляции вероятностей злокачественности между модальностями были высокими, а анализ по методу Бланда–Альтмана не выявил систематического смещения. Анализ вклада компонентов ансамбля показал взаимодополняющий характер сверточных нейронных сетей и трансформеров: при расхождении заключений отдельных моделей механизм голосования обеспечивал более

устойчивый и точный консенсус, чем любая отдельная модель. Полученные результаты подтверждают обоснованность мультимодельной и мультимодальной архитектуры программы.

Таблица 6 – Вероятность верного диагноза при многоклассовой классификации, %

Группа	Топ-1	Топ-3	Топ-5
Новообразования кожи	89,4	95,4	98,7
Дерматозы	82,0	90,7	95,1

Анализ распределения вероятности злокачественности, формируемой программой, продемонстрировал бимодальный характер с концентрацией заключений в зонах низкого и высокого риска и промежуточной областью, соответствующей спорным случаям, требующим повышенного внимания врача (Рисунок 9). Это распределение отражает клинически обоснованное поведение программы, при котором большинство новообразований уверенно относится к ДНО или ЗНО, а пограничные случаи выделяются для дополнительной оценки.

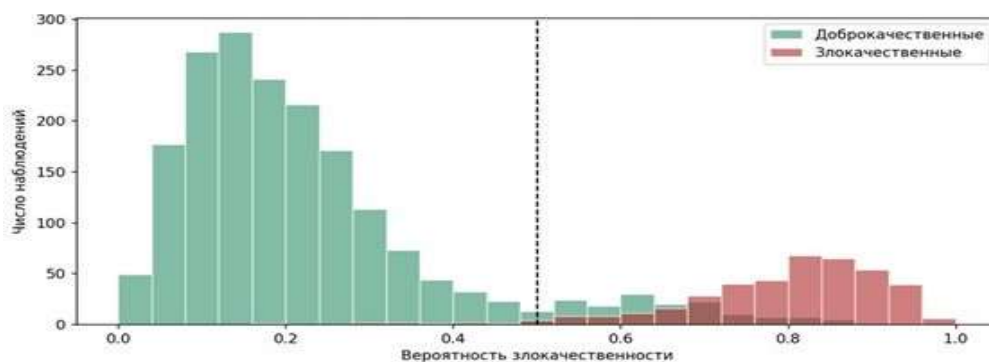


Рисунок 9 – Гистограмма распределения вероятности злокачественности по заключениям программы

Разработка и апробация модуля «Derma Check Educational Module»

Разработан, апробирован и внедрен в образовательный процесс программный модуль НПР на основе технологий ИИ «Derma Check Educational Module», включающий четыре взаимосвязанных компонента: «Тест по нозологиям», «Клинические задачи», «Атлас нозологий» и интеграцию с диагностическим ядром. Модуль обеспечивает автоматизированное формирование тестов и задач на основании текстовых запросов и медицинских изображений с автоматизированной проверкой ответов и немедленной обратной связью.

Компонент «Тест по нозологиям» позволяет обучающемуся выбрать количество вопросов и фильтр по группе нозологий и злокачественности, предъявляет ФИ новообразования или дерматоза с четырьмя вариантами ответа и обеспечивает немедленную обратную связь с подсветкой правильного и неправильного ответа. Компонент «Клинические задачи» предъявляет ФИ новообразования кожи или дерматоза с описанием клинической ситуации и эталонным ответом для самопроверки, а также ссылкой на справочный материал по соответствующему диагнозу. Компонент «Атлас нозологий» содержит структурированные описания нозологий с

разделами «Определение», «Клиническая картина», «Дифференциальная диагностика» и поиском по нозологиям. Интеграция с диагностическим ядром обеспечивает связь обучающих компонентов с реальными результатами работы программы «Derma Check», что реализует принцип обучения на клинически достоверном материале. Методические принципы модуля основаны на активном воспроизведении, немедленной обратной связи и контекстной привязке визуальной информации к клиническому ФИ.

Эффективность обучения оценена в основной (интерактивное обучение, $n=25$) и контрольной (традиционные учебники, $n=25$) группах методом тестирования в четырех временных точках. При сопоставимом исходном уровне знаний (39,0 и 38,0 баллов, $p=0,876$) в основной группе достигнуты статистически значимо более высокие непосредственные и отсроченные показатели усвоения (Таблица 7). Доля сохранения знаний через 30 дней в основной группе составила 69,9% против 60,3% в контрольной ($p=0,008$), а медиана времени усвоения одной нозологической единицы была на 25% меньше (4,8 против 6,4 мин, $p=0,004$).

Таблица 7 – Результаты тестирования обучающихся в основной и контрольной группах, Me [Q1; Q3]

Показатель	Основная группа ($n=25$)	Контрольная группа ($n=25$)	p
Балл до обучения (T-1)	39,0 [33,0; 45,0]	38,0 [32,0; 44,0]	0,876
Балл сразу после обучения (T0)	73,0 [67,0; 79,0]	68,0 [61,0; 74,0]	0,038
Балл через 7 дней (T7)	62,0 [56,0; 68,0]	52,0 [45,0; 59,0]	0,004
Балл через 30 дней (T30)	51,0 [45,0; 57,0]	41,0 [34,0; 48,0]	0,002
Сохранение знаний через 30 дней, %	69,9 [63,4; 75,0]	60,3 [52,1; 67,6]	0,008
Время, мин/нозология	4,8 [3,9; 5,6]	6,4 [5,2; 7,8]	0,004
Примечание: T-1 – до обучения; T0 – сразу после обучения; T7 – через 7 дней; T30 – через 30 дней			

Двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями подтвердил статистически значимое влияние как фактора группы ($F=8,7$, $p=0,005$), так и фактора времени ($F=84,3$, $p<0,001$) и их взаимодействия ($F=4,9$, $p=0,029$). В основной группе сформировался эффект «плато» в кривой забывания: снижение результата в первые 7 дней составило 15,1% от уровня T0 против 23,5% в контрольной группе, что свидетельствует о формировании более устойчивых следов памяти при интерактивном формате обучения с немедленной обратной связью (Рисунок 12). Формирование эффекта «плато» может быть объяснено реализацией принципа активного воспроизведения (англ. testing effect), контекстной привязкой визуальной информации к конкретному клиническому ФИ и немедленной коррекцией ошибок в момент их возникновения.

Преимущество интерактивного обучения сохранялось во всех укрупненных группах нозологий: доля сохранения знаний через 30 дней в основной группе была статистически значимо выше по ЗНО кожи (70,1% против 61,4%, $p=0,014$), меланоцитарным доброкачественным (68,3%

против 58,7%, $p=0,021$), кератиноцитарным/эпидермальным доброкачественным (69,5 против 60,2%, $p=0,012$) и сосудистым и прочим новообразованиям (66,8 против 56,9%, $p=0,028$) (Таблица 8).

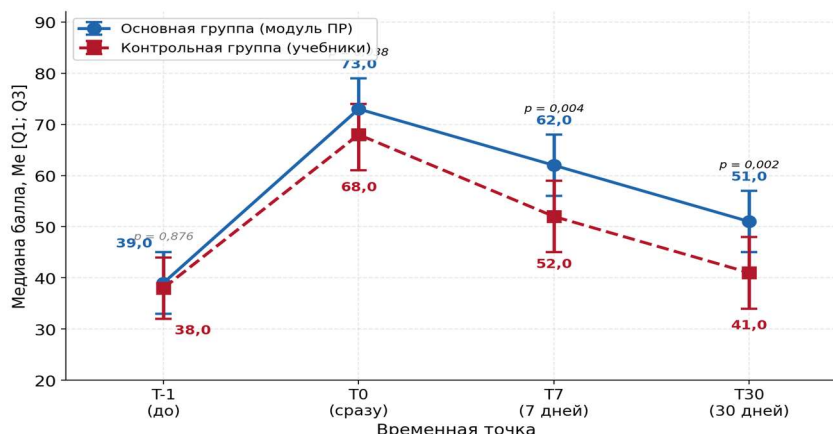


Рисунок 12 – Динамика результатов тестирования во временных точках

Таблица 8 – Доля сохранения знаний через 30 дней по укрупненным группам нозологий, Ме [Q1; Q3]

Группа нозологий	Основная, %	Контрольная, %	p
Злокачественные новообразования	70,1 [63,8; 76,4]	61,4 [52,7; 70,2]	0,014
Меланоцитарные доброкачественные новообразования	68,3 [61,0; 74,9]	58,7 [48,5; 68,1]	0,021
Кератиноцитарные/эпидермальные доброкачественные новообразования	69,5 [62,4; 75,8]	60,2 [51,8; 68,7]	0,012
Сосудистые и прочие новообразования	66,8 [58,9; 73,5]	56,9 [46,3; 66,0]	0,028

Таким образом, разработанный программный модуль непрерывного профессионального развития «Derma Check Educational Module» обеспечивает статистически значимое повышение как непосредственных, так и отсроченных показателей усвоения знаний и навыков диагностики дерматозов и новообразований кожи и может применяться как инструмент самостоятельного профессионального развития врачей и внутренней аттестации в медицинских организациях.

Полученные результаты в совокупности формируют комплексный, научно обоснованный подход к дифференциальной диагностике новообразований кожи и дерматозов с использованием технологий ИИ, охватывающий все этапы – от изучения отношения врачей к технологиям ИИ, формирования наборов данных, классификации и оценки программ, систематизации проблем и анализа причин диагностических ошибок до разработки методологий оценки клинической точности, клинической эффективности и МЭЭ, создания и клинической апробации системы поддержки принятия врачебных решений и обучающего модуля. Разработанные методологические инструменты являются воспроизводимыми, применимы к различным диагностическим системам ИИ и могут быть адаптированы для других областей медицинской

визуализации, а созданные программы для ЭВМ внедрены в лечебно-диагностический и образовательный процесс.

ВЫВОДЫ

1. Среди врачей-терапевтов, дерматовенерологов и онкологов преобладает умеренный дефицит доверия к технологиям ИИ: 64,8–68,7% специалистов оценивают его как незначительное или полностью отсутствующее. Единственным достоверным предиктором позитивного отношения к технологиям искусственному интеллекту является реальный практический опыт взаимодействия с технологиями ИИ в профессиональной деятельности.

2. Шестиэтапная методология формирования наборов данных демонстрирует эффективность (чувствительность, специфичность и точность модели 96,7% (94,5–98,1), 96,0% (93,3–97,6) и 96,2% (93,8–97,7) против 89,2%, 87,5% и 88,0%, соответственно, у модели, обученной без ее применения; коэффициент согласия Коэна 0,906 против 0,732; тест Макнемара $\chi^2=12,4$; $p<0,001$) и может применяться при подготовке наборов данных (датасетов) из клинических баз данных для программ компьютерного зрения для применения в дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении.

3. В РФ отмечается дефицит медицинских изделий на основе технологий ИИ для диагностики новообразований кожи и дерматозов. Единственным зарегистрированным в реестре Росздравнадзора медицинским изделием с ИИ для диагностики новообразований кожи является сервис поддержки принятия врачебных решений «ПроРодинки» (РУ от 27 декабря 2023 г. № РЗН 2023/21776), предназначенный для распознавания пяти нозологических единиц (меланома, базальноклеточный рак кожи, меланоцитарный невус, себорейный кератоз и гемангиома) с чувствительностью не менее 85%, специфичность не менее 80%, точность 81,5%, в заключении предоставляется результат бинарной классификации без указания конкретного диагноза.

Классификация программ для ЭВМ, в том числе на основе технологий ИИ и программ компьютерного зрения, стандартизированно всесторонне и корректно описывает с научной и практической точек зрения и программы для ЭВМ, применяемые в дерматовенерологии, других областях клинической медицины и здравоохранении; позволяет проводить сопоставления программ для ЭВМ, в том числе на основе технологий ИИ и программ компьютерного зрения.

4. Классификация проблем дифференциальной диагностики новообразований кожи с разделением на объективные трудности и субъективные сложности носит содержательный характер и позволяет отделить факторы, коренящиеся в природе новообразований и методов их исследования, от факторов, связанных с человеческим и организационным звеном.

Шесть групп основных проблем применения программ для ЭВМ на основе технологий ИИ для диагностики новообразований кожи имеют валидированные, технически реализуемые

решения: (1) автоматический контроль качества фотоизображений с блокировкой некачественных фотоизображений; (2) контроль размера образования в кадре; (3) мультимодельная архитектура на основе ансамбля нейронных сетей с механизмом голосования; (4) визуализация зон риска и текстовый вывод распознанных признаков для обеспечения объяснимости заключений; (5) интерактивный интерфейс для ввода данных анамнеза и дополнительных клинических признаков; (6) поддержка мультимодального анализа клинических и дерматоскопических фотоизображений.

5. Валидированный способ анализа причин ошибочной классификации фотоизображений новообразований кожи с применением методов объяснимого ИИ позволяет выявить причины ошибочной классификации новообразований кожи программами для ЭВМ на основе технологий ИИ (для меланоцитарных новообразований ($n=485$ фотоизображений) ложноположительные ошибки обусловлены повышенной яркостью (0,740 против 0,638 ед.) и сниженной энтропией (4,898 против 5,159 ед.), для немеланоцитарных ($n=151$ фотоизображение) – яркостью (0,7994 против 0,6914 ед.) и энтропией (4,6414 против 4,8584 ед.) и может применяться для оптимизации и модернизации моделей и программ для ЭВМ, основанных на технологиях ИИ, для диагностики дерматозов и новообразований кожи с целью повышения точности и эффективности диагностики (дообучение с учетом выявленных факторов повысило общую диагностическую точность с 84,3 до 92,4% для программы «Melanoma Check» и с 90,9 до 92,4% для программы «Derma Onko Check»).

6. Применение методики оценки клинической точности и клинической эффективности программ ИИ в дерматовенерологии с учетом онкологической настороженности на выборке из 342 новообразований кожи выявляет 12,9% наблюдений, квалифицируемых стандартной матрицей как ложноположительные, которые относятся к клинически ценной категории «совпадение по онкологической настороженности», а клиническая точность составляет 92,1% (95% ДИ 88,8–94,5) против формальной точности диагностики 89,7%.

7. При анализе с использованием способа оценки клинической эффективности диагностики новообразований кожи с использованием алгоритмов на основании заключений программ ИИ на выборке ($n=381$ пациент) с помощью программы для ЭВМ отмечается, что применение алгоритмов маршрутизации на основании заключений программы «Derma Onko Check» обеспечивает снижение доли необоснованных направлений к дерматовенерологам с 40,6 до 6,9%, к онкологам с 22,0 до 7,6%; коэффициент соотношения финансовых затрат 0,49, что соответствует снижению общих затрат на 51%).

8. При расчетах с применением способа оценки медико-экономической эффективности диагностики новообразований кожи с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ с помощью программы для ЭВМ отмечается: на уровне

учреждения применение технологий ИИ снижает общие затраты на 51%, а на региональном уровне на примере г. Москвы обеспечивает потенциальную экономию порядка 436 млн руб. в год).

9. При клиническом применении программы для ЭВМ, основанной на технологиях ИИ, системы поддержки принятия врачебных решений для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики дерматозов и новообразований кожи «Derma Check» отмечается: формальная чувствительность, специфичность и точность 96,7% (94,5–98,1), 84,7% (83,0–86,3), 86,8% (85,4–88,2), соответственно; клиническая 93,3%, 96,2%, 95,3%; вероятность верного диагноза топ-1/топ-3/топ-5 – 89,4%, 95,4% и 98,7% для новообразований и 82,0%, 90,7% и 95,1% для дерматозов, соответственно).

10. Применение в учебном процессе программного модуля непрерывного профессионального развития на основе технологий ИИ «Derma Check Educational Module» обеспечивает статистически значимое повышение показателей усвоения знаний (доля сохранения знаний через 30 дней 69,9 против 60,3%, $p=0,008$; время усвоения одной нозологической единицы на 25% меньше, 4,8 против 6,4 мин, $p=0,004$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проектировании дополнительных профессиональных программ, направленных на формирование осознанного подхода к применению ИИ в медицине, рекомендуется обеспечивать практический контакт обучающихся с ИИ-системами, поскольку именно практический опыт, а не возраст, стаж или информированность, является единственным устойчивым предиктором позитивного отношения к технологиям ИИ.

2. При разработке программ компьютерного зрения для диагностики новообразований кожи и дерматозов рекомендовано применение шестиступенчатой методики формирования обучающих наборов данных (датасетов), последовательно включающей: определение задачи и формирование технического задания; выгрузку и первичную фильтрацию данных; деперсонализацию в соответствии с Федеральным законом «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ; верификацию качества и медицинскую аннотацию не менее чем двумя специалистами экспертного уровня с измерением межэкспертного согласия; организацию структуры со стратифицированным разбиением на уровне пациентов, балансировку и аугментацию; документирование в виде паспорта датасета. Для новообразований кожи обучение моделей рекомендуется проводить на наборах данных фотоизображений новообразований, подтвержденных гистологической диагностикой – «золотым стандартом» диагностики, поскольку это обеспечивает статистически значимое повышение диагностической точности по сравнению с использованием наборов данных с экспертной визуальной аннотацией.

3. Разработчикам программного обеспечения рекомендовано проектировать комплексные мультимодельные и мультимодальные программы для ЭВМ - системы поддержки принятия врачебных решений на основе программ компьютерного зрения и технологий ИИ, сочетающие бинарные и многоклассовые классификации, для применения врачами общей практики, терапевтами, дерматовенерологами и косметологами для дифференциальной диагностики дерматозов и выявления злокачественных новообразований кожи.

Классификация программ для ЭВМ, включая основанные на технологиях ИИ и программ компьютерного зрения, применяемых в дерматовенерологии, клинической медицине и здравоохранении, построенная на девятнадцати признаках, объединенных в пять тематических блоков, рекомендована для стандартизированного описания программ для ЭВМ, включая основанные на технологиях ИИ и программ компьютерного зрения, необходимого для их корректного сравнения, регуляторной оценки и обоснованного выбора для внедрения в различные области клинической медицины.

4. Классификация проблем дифференциальной диагностики злокачественных и доброкачественных новообразований кожи с разделением на объективные трудности и субъективные сложности рекомендована при анализе выявляемости злокачественных новообразований кожи для отделения факторов, коренящихся в природе новообразований и методов их исследования, от факторов, связанных с человеческим и организационным звеном.

Предложенные решения основных групп проблем применения программ для ЭВМ на основе технологий ИИ для диагностики новообразований кожи: 1) автоматический контроль качества фотоизображений с блокировкой некачественных фотоизображений; 2) контроль размера образования в кадре; 3) мультимодельная архитектура на основе ансамбля нейронных сетей с механизмом голосования; 4) визуализация зон риска и текстовый вывод распознанных признаков для обеспечения объяснимости заключений; 5) интерактивный интерфейс для ввода данных анамнеза и дополнительных клинических признаков; 6) поддержка мультимодального анализа клинических и дерматоскопических фотоизображений – рекомендованы разработчикам программного обеспечения для проектирования программ для ЭВМ на основе технологий ИИ для применения в дерматовенерологии и дерматоонкологии.

5. Способ анализа причин ошибочной классификации фотоизображений с применением методов объяснимого ИИ рекомендован для анализа эффективности программ для ЭВМ на основе технологий ИИ, использующих технологии компьютерного зрения в дерматовенерологии и других областях клинической медицины и здравоохранения.

6. Методология оценки клинической точности и клинической эффективности программ ИИ с учетом онкологической настороженности рекомендована при оценке программ для ЭВМ на основе технологий ИИ для диагностики новообразований кожи.

7. Способ оценки клинической эффективности диагностики новообразований кожи программами для ЭВМ для автоматизированной оценки эффективности моделей ИИ и алгоритмов маршрутизации на основании заключений моделей ИИ в диагностике новообразований кожи рекомендован при внедрении программ ИИ для диагностики новообразований кожи в медицинских организациях. Для автоматизации оценки рекомендована программа для ЭВМ.

8. Способ оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ рекомендован на уровне медицинской организации (с квадрантной матрицей предотвратимых и потенциально предотвратимых финансовых затрат), сети медицинских организаций и региона (с расчетом потенциальной экономии необоснованных финансовых затрат при экстраполяции на регион) для сравнительной оценки диагностических стратегий. Программа для ЭВМ для оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ рекомендована для автоматизированного расчета медико-экономической эффективности.

9. Комплексная программа для ЭВМ на основании технологий ИИ, система поддержки принятия врачебных решений для автоматизированной диагностики новообразований кожи и дерматозов «Derma Check» с модулями анализа фотоизображений, анамнеза, объяснимого ИИ, с персонализированными алгоритмами маршрутизации, кабинетом врача и функцией динамического наблюдения образований после регистрации как медицинское изделие рекомендована для применения в дифференциальной диагностике и определения маршрутизации врачами-терапевтами, врачами общей практики, дерматовенерологами, косметологами и уполномоченными медицинскими работниками при диагностике новообразований кожи и дерматозов при оказании первичной врачебной и специализированной медико-санитарной помощи, а также в качестве инструмента «второго мнения» для дерматовенерологов и онкологов при оказании первичной специализированной медико-санитарной помощи.

10. Модуль непрерывного профессионального развития «Derma Check Educational Module» с возможностью формирования тестов и клинических задач на основании дерматоскопических и клинических фотоизображений рекомендован к применению в образовательных и медицинских организациях, а также для самостоятельного применения врачами для повышения компетенций в области дерматовенерологии и дерматоонкологии и формирования навыков использования технологий ИИ в клинической медицине.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дерматоскопическая характеристика различных сосудистых признаков в опухолях кожи / И.А. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, Е.Г. Перевалова, А.И. Ламоткин // Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко. – 2023. – № 1 (11). – С. 12–21. – DOI: 10.53652/2782-1730-2023-4-1-12-21
2. Диагностика диспластических невусов по клиническим, дерматоскопическим и гистологическим признакам / И.А. Ламоткин, Г.Н. Тарасенко, **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин, Ю.Г. Тарасенко // Медицинский вестник МВД. – 2023. – Т. 124. – № 3 (124). – С. 42–47. – DOI: 10.52341/20738080_2023_124_3_42
3. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668566** Российская Федерация. Программа для визуальной идентификации злокачественных и доброкачественных опухолей кожи "Derma Onko Check" – программа для ЭВМ: № 2024668247: заявл. 08.08.2024: **опубл. 08.08.2024** / Ламоткин А. И., Ламоткин И. А., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 8.**
4. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668565** Российская Федерация. Программа для визуальной идентификации меланомы кожи "Melanoma check" – программа для ЭВМ: № 2024668246: заявл. 08.08.2024: **опубл. 08.08.2024** / Ламоткин А. И., Ламоткин И. А., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 8.**
5. Искусственный интеллект в здравоохранении и медицине: история ключевых событий, его значимость для врачей, уровень развития в разных странах / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин, С.А. Лившиц, Е.Г. Перевалова // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. – 2024. – Т. 17. – № 2. – С. 243–250. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.254
6. Ламоткин, А.И. Искусственный интеллект: основные термины и понятия, применение в здравоохранении и клинической медицине / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. – 2024. – Т. 17. – № 3. – С. 409–415. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2024.267
7. Ламоткин, И.А. Диагностика меланом по клиническим, дерматоскопическим и гистологическим признакам / И.А. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // Медицинский вестник МВД. – 2024. – Т. 131. – № 4 (131). – С. 66–71. – DOI: 10.52341/20738080_2024_131_4_66

8. Ламоткин, И.А. Экспресс-диагностика меланом кожи с помощью программы ЭВМ для смартфона «Melanoma Check» / И.А. Ламоткин, А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников** // 14 Всероссийский форум национальных дерматовенерологов и косметологов с международным участием «Дерматовенерология и косметология: синтез науки и практики» : сб. тр. / Под ред. О.В. Жуковой. – Москва : НАДК, 2024. – С. 33–34.

9. Эффективность предварительной дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с помощью программы ИИ Derma Onko Check / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, О.Ю. Олисова, И.А. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2025. – Т. 18. – № 2. – С. 261–270. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.294 [Scopus].

10. Корабельников, Д.И. Алгоритм маршрутизации пациентов при дифференциальной диагностике новообразований кожи при сочетанном применении программ ИИ "Derma Onko Check" и "Melanoma Check" / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **Клинический разбор в общей медицине.** – 2025. – Т. 6. – № 12. – С. 71–79. – DOI: 10.47407/kr2025.6.11.00715 [Scopus].

11. Корабельников, Д.И. Искусственный интеллект в дерматовенерологии: сравнительный анализ применяемых программ компьютерного зрения на основе моделей машинного обучения / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2025. – Т. 18. – № 4. – С. 571–581. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.340 [Scopus].

12. Точность предварительной диагностики злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с помощью программы ИИ «Melanoma Check» / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин, О.Г. Капустина, Е.В. Мухина // **Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко.** – 2025. – № 1 (19). – С. 42–51. – DOI: 10.53652/2782-1730-2025-6-1-42-51

13. Точность предварительной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с применением программы ИИ для смартфона Derma Onko Check / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин, Е.В. Мухина, О.Г. Капустина // **Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко.** – 2025. – № 2 (20). – С. 39–48. – DOI: 10.53652/2782-1730-2025-6-2-39-48

14. Ламоткин, А.И. Предварительная дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей из эпидермальной ткани кожи с применением программы ИИ «Derma Onko Check» / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин // **Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.** – 2025. – № 2. – С. 223–242. – DOI: 10.24412/2312-2935-2025-2-223-242

15. Ламоткин, А.И. Сравнение точности классификации опухолей кожи с помощью программ ИИ при использовании изображений, полученных с применением цифровых

зеркальных фотокамер и камер смартфонов / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин // **Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко**. – 2025. – № 3 (21). – С. 36–41. – DOI: 10.53652/2782-1730-2025-6-3-36-41

16. Ламоткин, А.И. Алгоритм маршрутизации пациентов при дифференциальной диагностике новообразований кожи при применении программы ИИ «Melanoma Check» / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин // **Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко**. – 2025. – № 4 (22). – С. 6–13. – DOI: 10.53652/2782-1730-2025-6-4-06-13

17. Алгоритм маршрутизации пациентов при применении программы ИИ «Derma Onko Check» при дифференциальной диагностике новообразований кожи / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, О.Ю. Олисова, И.А. Ламоткин // **Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики**. – 2025. – № 5. – С. 139–159. – DOI: 10.24412/2312-2935-2025-5-139-159

18. Ламоткин, А.И. Эффективность предварительной диагностики доброкачественных опухолей из сосудистой и фиброзной тканей кожи с применением программы ИИ «Derma Onko Check» / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин, В.В. Гладько // **Медицинский вестник МВД**. – 2025. – № 4 (137). – С. 45–52. – DOI: 10.52341/20738080_2025_137_4_45

19. Ламоткин, А.И. Диагностика меланомы кожи с помощью ИИ с применением программы компьютерного зрения / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин // **Клиническая медицина**. – 2025. – Т. 103. – № 7. – С. 540–545. – DOI: 10.30629/0023-2149-2025-103-7-540-545

20. Корабельников, Д.И. Эффективность применения ИИ в клинической медицине / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2025. – Т. 18. – № 1. – С. 114–124. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.287

21. Корабельников, Д.И. Искусственный интеллект в онкологии: мировой опыт использования и перспективы развития / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2025. – Т. 18. – № 3. – С. 437–447. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.302

22. Ламоткин, А.И. Сверточные нейронные сети и визуальные трансформеры в диагностике опухолей кожи: сравнительный анализ эффективности моделей ИИ в программах компьютерного зрения / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников** // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2025. – Т. 18. – № 3. – С. 365–375. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.327

23. **Корабельников, Д.И.** Искусственный интеллект в здравоохранении: мировой опыт внедрения, правовое регулирование, проблемы и этические аспекты / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и**

фармакоэпидемиология. – 2025. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.328>

24. Ламоткин, И.А. Эффективность программы ИИ для смартфона «Derma Onko Check» в экспресс-диагностике злокачественных опухолей кожи / И.А. Ламоткин, А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников** // 18 Всероссийский съезд национального альянса дерматовенерологов и косметологов : сб. тр. / Под ред. О.В. Жуковой. – Москва : НАДК, 2025. – С. 28.

25. **Патент на изобретение № 2853036** С1 Российская Федерация, МПК G06N 3/02. Способ дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с применением модели ИИ / **Д. И. Корабельников**, А. И. Ламоткин ; патентообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза». – № 2025130390 ; заявл. 04.11.2025 ; **опубл. 17.12.2025.**

26. **Патент на изобретение № 2853090** С1 Российская Федерация, МПК G06N 3/02. Способ дифференциальной диагностики меланомы кожи и доброкачественных меланоцитарных и немеланоцитарных новообразований кожи с применением модели ИИ / А. И. Ламоткин, **Д. И. Корабельников** ; патентообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза». – № 2025130587 ; заявл. 06.11.2025 ; **опубл. 18.12.2025.**

27. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661514** Российская Федерация. Программа для автоматизированной визуальной идентификации меланомы кожи «Melanoma check» ver. 2.0 – программа для ЭВМ: № 2025660545: заявл. 06.05.2025: **опубл. 22.05.2025** / Ламоткин А. И., Ламоткин И. А., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 6.**

28. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661513** Российская Федерация. Программа для автоматизированной визуальной идентификации злокачественных и доброкачественных опухолей кожи «Derma Onko Check» ver. 2.0 – программа для ЭВМ: № 2025660544: заявл. 06.05.2025: **опубл. 22.05.2025** / Ламоткин А. И., Ламоткин И. А., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 6.**

29. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661515** Российская Федерация. Программа для автоматизированной визуальной идентификации злокачественных и доброкачественных опухолей кожи «Derma Onko Melanoma Check» – программа для ЭВМ: № 2025660546: заявл. 06.05.2025: **опубл. 22.05.2025** / Ламоткин А. И., Ламоткин И. А., **Корабельников Д. И.** // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 6.**

30. **Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624714**
Российская Федерация. База данных новообразований кожи – база данных: № 2025624278: заявл. 16.10.2025: **опубл. 27.10.2025 / Корабельников Д. И.,** Ламоткин А. И. ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 11.**

31. **Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624747**
Российская Федерация. База данных оригинальных и аугментированных фотоизображений новообразований кожи с характеристиками новообразований и пациентов – база данных: № 2025624361: заявл. 19.10.2025: **опубл. 27.10.2025 / Ламоткин А. И., Корабельников Д. И. ;** правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 11.**

32. Корабельников, Д.И. Способ оценки эффективности диагностики с использованием алгоритмов на основании заключений моделей ИИ / **Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – Т. 19. – № 1. – С. 79–91. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.355 [Scopus].

33. Корабельников, Д.И. Способ повышения эффективности программ компьютерного зрения на основе моделей ИИ с помощью модуля коррекции параметров фотоизображений / **Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – Т. 19. – № 1. – С. 158–167. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.364 [Scopus].

34. Корабельников, Д.И. Способ оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением алгоритмов маршрутизации пациентов на основании заключений моделей ИИ / **Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – Т. 19. – № 2. – С. 314–333. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.358 [Scopus].

35. Корабельников, Д.И. Способ расчета финансовых затрат на диагностику с применением моделей ИИ случая заболевания и оценки ее медико-экономической эффективности на уровне региона / **Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – Т. 19. – № 2. – С. 369–380. – DOI: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.362 [Scopus].

36. Корабельников, Д.И. Анализ причин ошибочной классификации изображений немеланоцитарных опухолей кожи программами на основе технологий ИИ / **Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.** – 2026. – Т. 41. – № 1. – С. 221–231. – DOI: 10.29001/2073-8552-2026-2881 [Scopus].

37. Ламоткин, А.И. Искусственный интеллект в дерматовенерологии: обзор применяемых мобильных приложений на основе моделей ИИ / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников** // **Клинический разбор в общей медицине**. – 2026. – Т. 7. – № 1. – С. 95–104. – DOI: 10.47407/kr2026.7.1.00761 [Scopus].

38. Корабельников, Д.И. Отношение врачей-терапевтов к применению технологий ИИ в клинической медицине (по результатам опроса) / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **Клинический разбор в общей медицине**. – 2026. – Т. 7. – № 5. – С. 138–144. – DOI: 10.47407/kr2026.7.5.00855 [Scopus].

39. Корабельников, Д.И. Проблемы дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи / **Д.И. Корабельников**, И.А. Ламоткин, А.И. Ламоткин // **Клинический разбор в общей медицине**. – 2026. – Т. 7. – № 9. – С. 91–98. – DOI: 10.47407/kr2026.7.9.00p4574 [Scopus].

40. Корабельников, Д.И. Программы компьютерного зрения в медицине: методология формирования наборов данных, классификация и особенности клинического применения / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.374> [Scopus].

41. Ламоткин, А.И. Методология анализа причин ошибочной классификации фотоизображений программами компьютерного зрения на основе ИИ в медицинской визуализации / А.И. Ламоткин, **Д.И. Корабельников** // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.382> [Scopus].

42. Корабельников Д.И. Методологические подходы к оценке точности и эффективности диагностики программами ИИ на основе логики клинического мышления в дерматоонкологии / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин, И.А. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.385> [Scopus].

43. Корабельников, Д.И. Результаты опроса врачей-специалистов, ординаторов и студентов медицинских вузов о применении технологий ИИ в медицине / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология**. – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.402> [Scopus].

44. Корабельников, Д.И. Проблемы диагностики злокачественных новообразований кожи с применением программ ИИ и пути их решения на примере программы Derma Onko Melanoma Check / **Д.И. Корабельников**, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА.**

Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.403> [Scopus].

45. Корабельников, Д.И. Классификация применяемых в клинической медицине и здравоохранении профессиональных специализированных программ для ЭВМ, включая основанные на технологиях ИИ / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.407> [Scopus].

46. Корабельников, Д.И. Сравнительный анализ медицинских изделий с искусственным интеллектом в государственных реестрах США, Китая, России / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.404> [Scopus].

47. Дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с применением программы ИИ «Derma Onko Melanoma Check» / А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников, И.А. Ламоткин, О.В. Гладько // **Медицинский вестник МВД.** – 2026. – № 4 (143). – С. 38–45. – DOI: 10.52341/20738080_2026_143_4_38

48. Корабельников, Д.И. Модуль непрерывного профессионального развития врача «Derma Check Educational Module» в повышении компетенций в дерматоонкологии / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин, И.А. Ламоткин // **Вестник медицинского института непрерывного образования.** – 2026. – Т. 6. – № 3. – С. 29–35. – DOI: 10.36107/2782-1714_2026-6-3-29-35

49. Ламоткин, И.А. Эффективность дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с помощью программы ИИ «Derma Onko Check» (версия 2.0) / И.А. Ламоткин, Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // **Вестник медицинского института непрерывного образования.** – 2026. – Т. 6. – № 3. – С. 46–54. – DOI: 10.36107/2782-1714_2026-6-3-46-54

50. Ламоткин, А.И. Анализ причин ошибочной классификации меланоцитарных опухолей кожи программами компьютерного зрения на основе технологий ИИ / А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников // **Вестник медицинского института непрерывного образования.** – 2026. – Т. 6. – № 3. – С. 102–110. – DOI: 10.36107/2782-1714_2026-6-3-102-110

51. Корабельников, Д.И. Дифференциальная диагностика новообразований кожи и дерматозов с применением программы на основе моделей ИИ Derma Check: результаты клинической апробации / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // **Вестник последиplomного медицинского образования.** – 2026. – № 3. – С. 28–32. – DOI: 10.22363/2221-74IX-2026-3-28-32

52. Ламоткин, А.И. Сравнение диагностической эффективности моделей компьютерного зрения на основе технологий ИИ программы Derma Check при использовании

дерматоскопических и клинических фотоизображений новообразований кожи / А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников // **Вестник последипломного медицинского образования.** – 2026. – № 3. – С. 33–45. – DOI: 10.22363/2221-74IX-2026-3-33-45

53. Эффективность обучения диагностике новообразований кожи с применением программного модуля на основе технологий ИИ Derma Check Educational Module / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин, В.В. Гладько, И.А. Ламоткин // **Вестник медицинского института непрерывного образования.** – 2026. – Т. 6. – № 4. – С. 72–77. – DOI: 10.36107/2782-1714_2026-6-4-72-77

54. Корабельников, Д.И. Искусственный интеллект в здравоохранении: история развития, термины и понятия, классификации / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин, И.А. Ламоткин // **ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.** – 2026. – – URL: <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.372>

55. Ламоткин, А.И. Веб-приложение «Derma Check»: архитектура мультимодульной системы компьютерного зрения для диагностики новообразований и другой патологии кожи с модулями бинарной и многоклассовой классификации, анамнеза, объяснимого ИИ, динамического наблюдения и кабинетом врача / А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников // **Менеджер здравоохранения.** – 2026. – № 10. – С. 90–101. – DOI: 10.21045/1811-0185-2026-10-90-101

56. Корабельников, Д.И. Эволюция семейства программ компьютерного зрения, основанных на технологиях ИИ, для дифференциальной диагностики новообразований кожи и дерматозов «Derma Check» / Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин // **Менеджер здравоохранения.** – 2026. – № 11. – С. 78–87. – DOI: 10.21045/1811-0185-2026-11-78-87

57. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026613742** Российская Федерация. Программа для автоматизированной оценки эффективности моделей ИИ и алгоритмов маршрутизации на основании заключений моделей ИИ в диагностике заболеваний "CalcRDAI&RNDAI" – программа для ЭВМ: № 2026612771: заявл. 10.02.2026: **опубл. 10.02.2026** / Корабельников Д. И., Ламоткин А. И. ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 2.**

58. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026616231** Российская Федерация. Программа для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей кожи с модулем нормализации параметров фотоизображений и алгоритмами маршрутизации пациентов "Derma Onko Melanoma Check Plus" – программа для ЭВМ: № 2026615441: заявл. 04.03.2026: **опубл. 04.03.2026** / Корабельников Д. И., Ламоткин А. И. ;

правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 3.**

59. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026662061** Российская Федерация. Мульти модельная программа для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи «Диагностика злокачественных новообразований кожи» («Derma Onko Melanoma Check New») – программа для ЭВМ: № 2026661893: заявл. 25.04.2026: **опубл. 25.04.2026** / Ламоткин А. И., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 5.**

60. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026615027** Российская Федерация. Программа для автоматизированного расчета стоимости диагностики случая и оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением моделей ИИ (Health care efficiency calculator for AI-diagnostics algorithms) – программа для ЭВМ: № 2026614147: заявл. 20.02.2026: **опубл. 20.02.2026** / **Корабельников Д. И.**, Ламоткин А. И. ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности . – **Бюллетень № 2.**

61. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026683792** Российская Федерация. Веб-приложение мульти модельной системы поддержки принятия врачебных решений для автоматизированной визуальной идентификации и дифференциальной диагностики патологии кожи с модулями анализа изображений, анамнеза, объяснимого ИИ, кабинетом врача и функцией динамического наблюдения образований «Derma Check Web» – программа для ЭВМ: № 2026683503: заявл. 04.08.2026: **опубл. 04.08.2026** / Ламоткин А. И., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 8.**

62. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026683871** Российская Федерация. Модуль профессионального развития знаний и компетенций врача в дерматологии и дерматоонкологии со справочниками и автоматизированным формированием интерактивных тестов и клинических задач «Derma Check Educational Module» – программа для ЭВМ: № 2026683616: заявл. 04.08.2026: **опубл. 04.08.2026** / Ламоткин А. И., **Корабельников Д. И.** ; правообладатель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – **Бюллетень № 8.**

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВОП – врач общей практики

ДНО – доброкачественное новообразование

ЗНО – злокачественное новообразование

ИИ – искусственный интеллект

ИППП – инфекции, передающиеся половым путем

МИ – медицинское изделие

МО – медицинская организация

МЭЭ – медико-экономическая эффективность

НПР – непрерывное профессиональное развитие

ПКЗ – программа компьютерного зрения

п.п. – процентный пункт

РУ – регистрационное удостоверение

ФИ - фотоизображение

AUC ROC – англ. Area Under the ROC Curve – площадь под ROC-кривой

NPV – англ. negative predictive value - отрицательная прогностическая ценность

PPV – англ. Positive predictive value - положительная прогностическая ценность