

*На правах рукописи*



**Ламоткин Андрей Игоревич**

**Дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных  
меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи с помощью программ  
искусственного интеллекта**

3.1.23. Дерматовенерология

3.1.6. Онкология, лучевая терапия

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2026

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

**Научные руководители:**

доктор медицинских наук, профессор,  
член-корреспондент РАН

**Олисова Ольга Юрьевна**

кандидат медицинских наук, доцент

**Корабельников Даниил Иванович**

**Официальные оппоненты:**

**Бельшева 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

**Мордовцева Вероника Владимировна** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет(РОСБИОТЕХ)», Медицинский институт непрерывного образования, кафедра кожных и венерических болезней с курсом косметологии, профессор кафедры

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого» Министерства обороны Российской Федерации

Защита состоится «16» марта 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](http://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 настоящее время отмечается стремительный рост заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) кожи во всем мире, в том числе и в России. В 2024 г. в России было выявлено 12 135 новых случаев меланомы кожи и 77 794 новых случаев злокачественных немеланоцитарных опухолей кожного покрова. Распространенность меланомы кожи и злокачественных немеланоцитарных опухолей кожи в России в 2023 г. составила 75,5 и 305,5 случаев на 100 тыс. населения, а в 2024 г. – 95,5 и 313,9 случаев на 100 тыс. населения. Кроме того, в России в 2024 г. продолжают сохраняться высокие проценты меланомы кожи, выявленных в запущенной стадии (III-IV) (17,9%) и высокие проценты летальности больных с меланомой кожи (6,6%) [Каприн А.Д., и соавт., 2025]. Такая распространенность и высокая смертность требуют совершенствования ранней дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи.

В настоящее время медицинская отрасль переживает этап активной цифровизации, что проявляется в увеличении количества и разнообразия интеллектуальных программных комплексов и мобильных решений. Данные технологии постепенно становятся неотъемлемым элементом стандартных клинических процедур, способствуя повышению точности диагностики. Несмотря на очевидный преобразующий потенциал искусственного интеллекта (ИИ), сохраняется насущная потребность в проведении строгой экспертизы для подтверждения его клинической значимости [Ламоткин А.И., и соавт., 2024; Куракова Н. Г. и соавт., 2020; Guo Y., et al., 2020; Flaten H. K., et al., 2018; Jimma, B. L., 2023].

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений ИИ в областях дерматовенерологии и онкологии стало создание программ компьютерного зрения на основе моделей ИИ для карманных персональных компьютеров (КПК) (смартфонов), предназначенных для автоматизированной классификации фотоизображений опухолей кожи для дифференциальной диагностики новообразований кожи и выявления ЗНО кожи, таких как меланома и раки кожи [Kränke T., et al., 2023; Kong F.W., et al., 2021]. Опираясь на обычные фотоизображения, полученные с помощью камер смартфонов, такие программы ИИ позволяют классифицировать кожные образования как «Меланома» или «Не меланома», либо как «Доброкачественные» или «Злокачественные» [Корабельников Д.И и соавт., 2025] и, тем самым, облегчают предварительную дифференциальную диагностику доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи для врачей общей практики, терапевтов, онкологов и дерматовенерологов.

### **Степень разработанности темы исследования**

Диагностика злокачественных и доброкачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи является одной из наиболее актуальных задач современной дерматовенерологии и онкологии. Традиционные методы диагностики кожных опухолей включают визуальный осмотр, дерматоскопию, биопсию и морфологические исследования. Визуальная оценка основана на клиническом осмотре поражения кожи, учитывая его размер, форму, цвет и динамику изменений. Дерматоскопия позволяет неинвазивно исследовать структуры кожи, но ее доступность ограничена из-за необходимости наличия специального медицинского оборудования и подготовки врачей [Narayanamurthy V., et al., 2018]. Морфологические исследования, являясь золотым стандартом, требуют инвазивного вмешательства (биопсии) [Heibel H. D., et al., 2020; Malvey J., et al., 2017]. Кроме того, субъективность визуальной оценки и вариабельность интерпретации результатов среди врачей-специалистов создают дополнительные сложности [Goyal M., et al., 2020]. В условиях нехватки врачей-специалистов - дерматологов и онкологов, особенно в регионах с ограниченными ресурсами, первичная диагностика часто ложится на врачей общей практики (ВОП) и терапевтов, которые не обладают достаточным опытом для точного распознавания ЗНО кожи [Brown A. E., et al., 2022].

С развитием технологий ИИ и машинного обучения появились новые возможности для улучшения дифференциальной диагностики опухолей кожи. Системы компьютерного зрения на основе моделей ИИ - глубоких нейронных сетей демонстрируют высокую точность в классификации изображений поражений кожи, сопоставимую с уровнем диагностической точности врачей-дерматологов [Esteva A., et al., 2017]. В связи с чем развитие и внедрение новых программ ИИ для диагностики опухолей кожи явилось целью настоящего исследования.

### **Цель и задачи исследования**

Разработать способ ранней дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных опухолей из меланоцитарной и немеланоцитарной тканей кожи с помощью моделей на основе ИИ.

Задачи исследования:

1. Разработать модели ИИ на основе общедоступных баз данных HAM10000, ISIC 2019 и собственного набора данных для ранней дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи и исследовать их эффективность (диагностическую точность, чувствительность, специфичность).
2. Сравнить эффективность дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи (диагностическую

точность, чувствительность, специфичность) программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» с эффективностью диагностики врачей-дерматовенерологов.

3. Сравнить эффективность дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи (диагностическую точность, чувствительность, специфичность) программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» с эффективностью диагностики врачей-онкологов.

4. Разработать алгоритмы маршрутизации пациентов с меланоцитарными и немеланоцитарными опухолями кожи к врачам-дерматовенерологам и врачам-онкологам с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check».

### **Научная новизна**

Разработаны и валидированы программы ИИ на основе архитектур MobileNetV2 и Xception на аугментированных базах данных с морфологической верификацией опухолей и предобработанными изображениями для дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи (патент Российской Федерации RU 2853036, патент Российской Федерации RU 2853090), продемонстрировавшие высокие показатели диагностической точности, чувствительности и специфичности при сравнении с заключениями врачей-дерматовенерологов, онкологов и результатами патоморфологических исследований, с практической реализацией на мобильной платформе Android для КПК (смартфонов) для дифференциальной диагностики с последующим применением разработанного алгоритма маршрутизации пациентов для обследования с целью установления заключительного клинического диагноза.

Предложен и реализован метод повышения точности диагностики меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи за счет сочетанного применения двух программ ИИ («Melanoma Check» и «Derma Onko Check»).

Предложен алгоритм маршрутизации пациентов с меланоцитарными и немеланоцитарными опухолями кожи к врачам-дерматовенерологам и онкологам с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check», позволяющий повысить выявляемость ЗНО кожи.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Сформированы клинические принципы применения и программные подходы к разработке и настройке эффективных инструментов дифференциальной диагностики опухолей кожи с помощью программ компьютерного зрения на основе моделей ИИ для КПК (смартфонов), предназначенных для неспециалистов в области дерматоонкологии без глубоких знаний в этой области.

Расширены представления о внедрении структур сверточных нейронных сетей (MobileNetV2, Xception) и приемов предварительной обработки визуальных данных (расширение датасета, стандартизация) в рамках задач по распознаванию и классификации новообразований кожи.

Внедрение разработанных мобильных приложений, не требующих специализированного оборудования, подключения к интернету и сложного обучения пользователей, в практику врачей первичного звена (ВОП и терапевтов), предоставляющих объективный, быстрый и неинвазивный инструмент поддержки принятия врачебных решений, оптимизирует маршрутизацию пациентов, ускоряет процесс дифференциальной диагностики меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи, снижает нагрузку на врачей-дерматологов и онкологов.

### **Методология и методы исследования**

Исследование с набором пациентов проводилось в ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России (ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко) с одобрения независимых этических комитетов при АНО ДПО «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» и при ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко.

Выполнен анализ отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационного исследования, определены цель и задачи, разработаны план, методология и методы исследования. В ходе проведения данного исследования были применены клиничко-анамнестический, инструментальный, клиничко-лабораторный и статистический методы.

Клиничко-анамнестический метод основывался на сборе анамнеза, клиничском осмотре с использованием лупы и подсветки, оценки дерматоскопических признаков. Инструментальный метод включал получение фотоизображений с помощью фотоаппарата Sony DSLR-A100, смартфонов Samsung A8 и Vivo 100 Ultra, а также дерматоскопическое исследование с помощью HEINE DELTA 20. Клиничко-лабораторный метод подразумевал морфологическую верификацию опухолей (цитологическое, гистологическое, иммуногистохимическое исследования). Статистическая обработка проведена в Python (библиотеки SciPy, StatsModels, scikit-learn): рассчитаны точность, чувствительность, специфичность, PPV, NPV, коэффициент Мэтьюса, отношения правдоподобия; применены t-критерий, ANOVA, критерий Фишера, МакНемара, коэффициент Каппа ( $p \leq 0,05$ ).

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Разработанные способы ранней диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» обладают высокой эффективностью.

2. При диагностике меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи заключения программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» по выявлению ЗНО кожи сопоставимы

с предварительными клиническими диагнозами врачей-дерматовенерологов со стажем работы более 20 лет.

3. При диагностике меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи заключения программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» по выявлению ЗНО кожи сопоставимы с предварительными клиническими диагнозами врачей-онкологов со стажем работы более 20 лет.

4. Разработанные алгоритмы маршрутизации пациентов при дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» позволяют повысить выявляемость злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.23. Дерматовенерология, пункту 4 направлений исследований «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 направлений исследований «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 направлений исследований «Разработка и совершенствование программ скрининга и ранней диагностики онкологических заболеваний».

### **Степень достоверности и апробация результатов**

Достоверность результатов исследования подтверждена анализом достаточного числа клинических наблюдений, оценкой и интерпретацией, статистическими расчетами полученных результатов исследования.

Материалы диссертации и основные положения доложены и обсуждены на 1162 заседании Московского общества дерматовенерологов и косметологов им. А.И. Поспелова (Москва, 15 апреля 2025 г.), на XXXVIII Научно-практической конференции с международным участием «Рахмановские чтения». «Дерматовенерология и косметология на стыке науки и практики» (Москва, 16 мая 2025 г.), на научно-врачебной конференции кафедры и клиники кожных и венерических болезней им. В.А. Рахманова Института клинической медицины им. Н.В. Склифосовского ФGAOY BO Первого MГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский

Университет) (Москва, 17 июня 2025 г.), на XXV Всероссийском съезде дерматовенерологов и косметологов (Москва, 16-19 сентября 2025 г.).

### **Внедрение результатов исследования в практику**

Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность: в лечебно-диагностический процесс ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко, в учебный процесс кафедр АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза».

### **Личный вклад автора**

Автором сформулирована научная проблема, определены цели и задачи исследования. Автором созданы мобильные приложения для КПК (смартфонов) с целью предварительной дифференциальной диагностики меланоцитарных и кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи. Автором произведены отбор и осмотры пациентов, включенных в исследование. Автором подготовлены и опубликованы научные статьи по теме научно-квалификационной работы, в том числе по основным результатам исследования.

### **Публикации по теме диссертации**

По результатам исследования автором опубликовано 19 печатных работ, в том числе 4 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 кандидата наук; 1 статья в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer), 6 иных публикаций по результатам исследования, 2 патента, 2 публикации в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 162 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, описание материалов и методов исследования, двух глав о результатах собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, приложения. Список литературы состоит из 162 источников (32 – на русском и 130 – на иностранных языках). Работа иллюстрирована 34 рисунками, 20 таблицами (2 таблицы в приложении).

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Материалы и методы исследования**

В период с мая 2024 г. по сентябрь 2025 г. на базе ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко обследован 381 пациент старше 18 лет с доброкачественными и злокачественными

новообразованиями кожи меланоцитарного и немеланоцитарного происхождения. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Клинический диагноз (предварительный и заключительный) устанавливался врачами-дерматовенерологами со стажем не менее 20 лет на основании анамнеза, клинической картины и дерматоскопических признаков в соответствии с Международной классификацией опухолей кожи ВОЗ 2018 г. При подозрении на злокачественность после осмотра врача-онколога и проведения биопсии опухоль была верифицирована с помощью морфологического исследования.

На первичном приеме все новообразования оценивались программами искусственного интеллекта (ИИ) для КПК (смартфонов) «Melanoma Check» и «Derma Onko Check». Фотографирование выполнялось встроенными камерами КПК (смартфонов) с расстояния 8–15 см.

После установления заключительного диагноза проводилось сравнение трех видов данных: предварительного клинического диагноза, заключительного клинического диагноза и заключений программ ИИ с анализом их соответствия.

Объектами исследования являлись: пациенты с меланоцитарными и немеланоцитарными опухолями кожи; анамнестические данные; клинические и дерматоскопические признаки; заключения программ ИИ; заключения морфологических исследований.

Применялись методы анализа: клиничко-анамнестический (сбор анамнеза, осмотр с лупой и подсветкой), инструментальный (фотографирование зеркальной камерой и КПК (смартфонами), дерматоскопия, биопсия), клиничко-лабораторный (цитологические, гистологические, иммуногистохимические исследования) и клиничко-статистический.

Для получения клинических фотоизображений использовались цифровой фотоаппарат Sony DSLR-A100 с макрообъективом Sony 50mm f/1.4, смартфоны Samsung A8 и Vivo 100 Ultra; дерматоскопические изображения получали с помощью дерматоскопа HEINE DELTA 20 и указанных смартфонов.

**Общая характеристика пациентов.** В исследование включен 381 пациент, получено 539 цифровых фотоизображений (381 клиническое и 158 дерматоскопических). Превышение числа фотоизображений над числом пациентов объясняется получением у части пациентов как клинических, так и дерматоскопических изображений. Группы пациентов формировались на основе предварительных клинических диагнозов, установленных врачами-дерматовенерологами со стажем работы более 20 лет. Затем для оценки эффективности приложений ИИ проводилось сравнение заключений программ ИИ с заключительными клиническими диагнозами, установленными либо по результатам морфологических исследований (гистологическое, цитологическое и иммуногистохимическое исследования), либо клинически с использованием

дерматоскопии. Для сравнения эффективности анализировались предварительные клинические диагнозы врачей, что позволило оценить диагностическую точность программ ИИ и врачей-специалистов на разных этапах диагностики.

У 230 пациентов по 230 клиническим фотоизображениям программами ИИ было предварительно диагностировано меланоцитарных опухолей: 38 меланом и 192 меланоцитарных невуса. У 151 пациента по 151 клиническому фотоизображению программами ИИ было предварительно диагностировано немеланоцитарных (кератиноцитарных/эпидермальных) опухолей: 47 случаев базальноклеточного рака кожи (БКРК) и 104 случая доброкачественных опухолей.

Морфологическая верификация опухолей (цитологическое, гистологическое и иммуногистохимическое исследования) была проведена у 169 пациентов, что составило 44,4% от общего числа случаев меланоцитарных и кератиноцитарных/эпидермальных новообразований. При этом у пациентов со злокачественными опухолями кожи и у пациентов с новообразованиями, подозрительными на злокачественные (диспластические невусы и актинический кератоз) морфологические исследования проводились в обязательном порядке. Морфологические исследования проводились в патологоанатомическом отделении ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко. У 212 пациентов (55,6%) окончательный диагноз установлен клинически и дерматоскопически без проведения биопсии с морфологическим исследованием, поскольку врачи-дерматовенерологи и/или онкологи подтверждали доброкачественный характер образований.

Заключительный диагноз формулировался в соответствии с Международной классификацией опухолей кожи ВОЗ 2018 г. с использованием морфологических кодов ICD-O. Стадирование меланомы проводилось в соответствии с 8-й редакцией TNM UICC/AJCC 2017 г., БКРК – в соответствии с 8-м изданием TNM 2017 г.

**Критерии включения и исключения пациентов и фотоизображений новообразований кожи в исследование.** Критерии включения пациентов: возраст  $\geq 18$  лет; стационарное лечение и подписанное информированное согласие; профилактический осмотр или удаление хотя бы одного меланоцитарного или кератиноцитарного/эпидермального новообразования.

Критерии исключения пациентов: несоответствие критериям включения; отказ от участия.

Критерии исключения пациентов: отсутствие морфологической верификации при подозрении на злокачественный характер образований.

Критерии включения фотоизображений для оценки программами ИИ: формат JPEG/JPG, размер  $< 5$  Мб; единственный объект (опухоль) без посторонних предметов; достаточная

резкость, фокус, полная видимость границ; опухоль > 3 мм, занимает > 30–40% площади кадра; принадлежность к меланоцитарным или кератиноцитарным/эпидермальным опухолям; злокачественные – с морфологической верификацией; доброкачественные – либо морфологически подтвержденные, либо дерматоскопически оцененные двумя специалистами.

Критерии невключения фотоизображений: несоответствие критериям включения; полученные фотоизображения после уже проведенных диагностических манипуляций.

#### **Разработка моделей и программ ИИ и подготовка данных к обучению моделей ИИ.**

Разработаны две программы компьютерного зрения на основе моделей ИИ: «Melanoma Check» для классификации «Меланома» – «Не меланома» и «Derma Onko Check» для классификации «Доброкачественное» – «Злокачественное». Процесс подготовки данных унифицирован для обеспечения сопоставимости результатов. Данные загружались из открытых баз HAM10000 и ISIC 2020, содержащих фотоизображения различных новообразований кожи с метаданными. Фотоизображения проверялись на артефакты с использованием библиотеки OpenCV. Для классификации «Меланома – Не меланома» сформирована база из 10 000 фотоизображений (5000/класс). Для классификации «Доброкачественное» – «Злокачественное» сформирована база из 30 000 фотоизображений с равномерным распределением подтипов. Применялась аугментация данных: изменения освещенности, повороты, масштабирование, отражения. Использовались генераторы ImageDataGenerator для обработки фотоизображений в реальном времени. Данные разделялись на тренировочные, валидационные и тестовые выборки с соотношением 80/20. Модели ИИ на базе MobileNetV2 и Xception конвертировались в TFLite с квантованием INT8 для КПК (мобильных устройств). Интеграция в Android-приложение включала унифицированную загрузку моделей ИИ, обработку фотоизображений (ресайз, нормализация) и асинхронное выполнение классификации с выводом вероятностей в UI.

**Методы оценки диагностической точности.** Для оценки эффективности алгоритмов моделей ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» был проведен комплексный анализ их диагностической производительности. Базовые метрики определялись на основе анализа матрицы ошибок, включающей истинно положительные, истинно отрицательные, ложноотрицательные и ложноположительные результаты. Были рассчитаны следующие ключевые показатели: диагностическая точность, чувствительность, специфичность, положительная и отрицательная прогностическая ценность.

Для углубленной характеристики диагностического инструментария – моделей ИИ были определены дополнительные показатели, коэффициент корреляции Мэтьюса, а также отношения правдоподобия. Для оценки клинической полезности моделей ИИ применялся анализ «чистой выгоды» (Net Benefit).

**Статистическая обработка данных.** Статистическая обработка и визуализация данных проводились с использованием языка программирования Python и специализированных библиотек, включая SciPy, StatsModels, Matplotlib и Seaborn. Расчет всех статистических показателей и метрик производился программными средствами.

Для наглядного представления данных и анализа распределения признаков (таких как яркость, контраст, энтропия) строились графики, включая boxplots (ящики с усами) и pairplots (диаграммы рассеяния). Это позволило провести визуальную оценку различий между группами изображений доброкачественных и злокачественных новообразований.

**Методы статистического анализа.** В процессе анализа полученных результатов были использованы стандартные параметрические и непараметрические методы статистики для оценки значимости различий. Сравнение метрик изображений между группами проводилось с помощью t-теста для независимых выборок и дисперсионного анализа (ANOVA). Для анализа категориальных данных и таблиц сопряженности применялись точный критерий Фишера и критерий МакНемара. Оценка согласованности прогнозов модели с заключительным диагнозом выполнялась с расчетом коэффициента Каппа. За критический уровень статистической значимости во всех тестах был принят  $p \leq 0,05$ .

Симуляционное моделирование на реальных данных клинического тестирования программ ИИ «Melanoma Check» и «Derma Onko Check» проводилось с использованием языка программирования Python и специализированных библиотек, включая SciPy и Matplotlib с порогом алгоритмов маршрутизации на уровне 62% вероятности злокачественности.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Результаты дифференциальной диагностики меланоцитарных опухолей кожи с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check»**

Проведено обследование 230 пациентов с предварительными клиническими диагнозами различных меланоцитарных опухолей кожи: 192 доброкачественных образования и 38 меланом. Все диагнозы меланом подтверждены морфологическими исследованиями (гистологическими и иммуногистохимическими). Доброкачественные опухоли верифицированы морфологически в 90 случаях (39,1%), в остальных 140 случаях (60,9%) диагноз установлен клинически с применением дерматоскопии. Группа включала пациентов 22-90 лет: 174 мужчины (75,7%) и 56 женщин (24,3%). Гендерный дисбаланс обусловлен контингентом пациентов военно-медицинской организации.

**Точность заключений программ ИИ при диагностике меланом кожи.** Программа ИИ «Derma Onko Check» правильно классифицировала 37 случаев (94,9%) меланом кожи (истинно положительные результаты, правильно определенные как «Злокачественное»). Из них: 36 случаев с предварительным клиническим диагнозом «меланома кожи» и 1 случай с

предварительным диагнозом «диспластический невус» (всего: 23 случая поверхностно распространяющейся меланомы (код ICD-O 8743/3) и 14 случаев узловой меланомы (код ICD-O 8721/3)). Программа ИИ «Derma Onko Check» допустила 2 случая (5,1%) ошибочных заключений (ложноотрицательных результатов, ошибочно определенных как «Доброкачественное») при оценке поверхностно распространяющейся меланомы.

Программа ИИ «Melanoma Check» правильно классифицировала 36 случаев (92,3%) меланом кожи (истинно положительные результаты, правильно определенные как «Меланома»). Из них 35 случаев с предварительным клиническим диагнозом «меланома кожи» и 1 случай с предварительным клиническим диагнозом «диспластический невус» (всего: 23 случая поверхностно распространяющейся меланомы и 13 случаев узловой меланомы). Программа ИИ «Melanoma Check» допустила 3 случая (7,7%) ошибочных заключений (ложноотрицательных результатов, ошибочно определенных как «Не меланома») (2 случая при оценке поверхностно распространяющейся меланомы и 1 случай узловой меланомы).

**Точность заключений программ ИИ при диагностике доброкачественных меланоцитарных опухолей кожи.** Обследовано 192 пациента с доброкачественными меланоцитарными опухолями: невусы пограничные плоские (36 случаев, код ICD-O 8740/0), смешанные (39 случаев, код ICD-O 8760/0), внутридермальные (70 случаев, код ICD-O 8750/0), диспластические (15 случаев, код ICD-O 8727/0), пятнистые (4 случая, код ICD-O 8720/0), голубые (14 случаев, коды ICD-O 8780/0 и 8790/0) и врожденные невусы (14 случаев, код ICD-O 8761/0). В группе «диспластические невусы» был выявлен 1 случай с меланомой кожей (код ICD-O 8742/3), который программой ИИ «Derma Onko Check» был правильно идентифицирован как «Злокачественное», а программой «Melanoma Check» – как «Меланома».

Программа ИИ «Derma Onko Check» правильно классифицировала 172 случая (90,1%) как доброкачественные опухоли (истинно отрицательные результаты, правильно определенные программой как «Доброкачественное»), в 19 случаях заключения программы ИИ «Derma Onko Check» были ошибочны (9,9%) (ложноположительные результаты, количество случаев доброкачественных меланоцитарных опухолей кожи, ошибочно определенных как «Злокачественное»).

Программа ИИ «Melanoma Check» дала правильные заключения в 158 случаях (82,7%) (истинно отрицательные результаты, правильно определенные программой как «Не меланома»), в 33 случаях отмечены ложноположительных заключения (17,3%) (количество случаев доброкачественных меланоцитарных опухолей кожи, ошибочно определенных как «Меланома»).

Среди 18 предварительно диагностированных доброкачественных меланоцитарных опухолей кожи, при которых программа ИИ «Derma Onko Check» сделала заключение как

«Доброкачественное», в 18 случаях были такие клинические и дерматоскопические признаки, которые по заключению дерматовенерологов требовали биопсии и морфологического исследования. Эти заключения дерматовенерологов совпали с заключениями морфологических исследований в 6 случаях (1 меланома *in situ*, 3 невуса с дисплазией, 2 клеточных голубых невуса).

Среди 23 предварительно диагностированных доброкачественных меланоцитарных опухолей кожи, при которых программа ИИ «Melanoma Check» сделала заключение как «Меланома», в 23 случаях были такие клинические и дерматоскопические признаки, которые по заключению дерматовенерологов требовали биопсии и морфологического исследования, из них в 7 случаях по заключениям морфологических исследований были диагностированы 1 меланома *in situ*, 4 невуса с дисплазией, 2 клеточных голубых невуса.

**Точность заключений врачей-дерматовенерологов и врачей-онкологов при диагностике меланоцитарных опухолей кожи.** По аналогичной методике сравнили точность 90 диагнозов врачей-дерматовенерологов и онкологов на первичном приеме только у тех пациентов, которым заключительный диагноз был установлен на основании результатов морфологических (гистологических и иммуногистохимических) методов исследования.

Результаты точности заключений в диагностике доброкачественных и злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с помощью программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» в сравнении с врачами-дерматовенерологами и онкологами представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение точности заключений программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» с предварительными клиническими диагнозами врачей-дерматовенерологов и онкологов с помощью основных статистических показателей

	Показатели								
	ИО	ИП	ЛП	ЛО	% ЛП	% ЛО	ДТ, %	Ч, %	С, %
<b>Заключения программы «Derma Onko Check» n = 230</b>	172	37	19	2	9,9	5,1	90,9	94,9	90,1
<b>Заключения программы «Melanoma Check» n = 230</b>	158	36	33	3	17,3	7,7	84,3	92,3	82,7
<b>Предварительный клинический диагноз врачей-дерматовенерологов, n = 90</b>	51	38	0	1	0	2,6	98,9	97,4	100
<b>Предварительный клинический диагноз врачей-онкологов, n = 90</b>	37	39	14	0	27,5	0	84,4	100	72,5
Примечание: ИО – истинно отрицательные; ИП – истинно положительные; ЛП – ложноположительные; ЛО – ложно отрицательные; % ЛП – доля ложноположительных результатов, %; % ЛО – доля ложноотрицательных результатов, %; ДТ – диагностическая точность, %; Ч – чувствительность, %; С – специфичность, %									

При сравнении в 39 случаях меланоцитарных опухолей чувствительности заключений программы ИИ «Derma Onko Check» с чувствительностью предварительной диагностики врачей-дерматовенерологов и онкологов тест МакНемара с поправкой Эдвардса ( $\chi^2 = 0,000$  при  $df=1$ ,  $p=1,000$  и  $\chi^2 = 0,500$  при  $df=1$ ,  $p=0,480$ , соответственно) не обнаружил статистически значимых различий. Коэффициент Каппа для программы ИИ «Derma Onko Check» составил 0,724 (значительное согласие).

При сравнении в 39 случаях меланоцитарных опухолей чувствительности заключений программы ИИ «Melanoma Check» с чувствительностью предварительной диагностики врачей-дерматовенерологов и онкологов тест МакНемара с поправкой Эдвардса ( $\chi^2 = 0,250$  при  $df=1$ ,  $p=0,617$  и  $\chi^2 = 1,333$  при  $df=1$ ,  $p=0,248$ , соответственно) не обнаружил статистически значимых различий. Коэффициент Каппа для программы ИИ «Melanoma Check» составил 0,574 (умеренное согласие).

Для подтверждения клинической эффективности программы ИИ «Melanoma Check» рассчитаны дополнительные показатели: NPV – отрицательная прогностическая ценность 98,1 %; PPV – положительная прогностическая ценность 52,2 %; MCC – коэффициент корреляции Мэтьюса 0,61. Эти же показатели были рассчитаны для программы ИИ «Derma Onko Check»: NPV – 98,9 %; PPV – 66,1 %; MCC – 0,74.

#### **Результаты дифференциальной диагностики немеланоцитарных опухолей кожи с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check»**

Обследован 151 пациент с предварительными клиническими диагнозами различных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи: БКРК (47 случаев, код ICD-O 8090/3), актинический кератоз (12 случаев, код ICD-O 8070/0), вульгарные бородавки (8 случаев), себорейный кератоз и кератопапилломы (84 случая, код ICD-O 8052/0). Возраст 18-92 года; мужчин 110 (72,8%), женщин 41 (27,2%). Морфологическая верификация проведена в 79 случаях (52,3%).

**Точность заключений программ ИИ при диагностике базальноклеточного рака кожи.** Программа ИИ «Derma Onko Check» правильно классифицировала 45 случаев БКРК (88,2%) (истинно положительные результаты, правильно определенные как «Злокачественное»). Из них 43 пациента из группы с предварительным клиническим диагнозом «БКРК» и 2 случая из группы с предварительным диагнозом «кератоз актинический». Программа ИИ «Derma Onko Check» допустила 6 случаев (11,8%) ошибочных заключений (ложноотрицательных результатов, ошибочно определенных как «Доброкачественное») при оценке БКРК.

Программа ИИ «Melanoma Check» корректно определила 18 случаев БКРК (35,3%) как «Не меланома». Из них 17 пациентов из группы с диагнозом «БКРК» и один случай из группы с предварительным диагнозом «кератоз актинический». В 33 случаях (64,7%) программа

ошибочно классифицировав БКРК как «Меланома». Из них 30 пациентов из группы с диагнозом «БКРК» и 3 случая из группы с предварительным диагнозом «кератоз актинический». Программа ИИ «Melanoma Check» неэффективна для диагностики БКРК, но может дополнять программу ИИ «Derma Onko Check» для снижения ложноотрицательных результатов.

**Точность заключений программ ИИ при диагностике доброкачественных немеланоцитарных опухолей кожи.** Провели оценку 104 фотоизображений новообразований кожи у пациентов с предварительными клиническими диагнозами различных доброкачественных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи: кератоз актинический (12 случаев), бородавки вульгарные (8 случаев), кератоз себорейный (69 случаев), кератопапилломы (15 случаев). По результатам морфологических (цитологических) исследований в группе «кератоз актинический» было выявлено 4 случая БКРК, которые программой ИИ «Derma Onko Check» были правильно идентифицированы как «Злокачественное» в 2 случаях, а программой ИИ «Melanoma Check» – как «Меланома» в 3 случаях и в 1 случае – как «Не меланома».

Программа ИИ «Derma Onko Check» правильно классифицировала 86 новообразований (86,0%) из 100 новообразований как доброкачественные опухоли (истинно отрицательные результаты, правильно определенные программой как «Доброкачественное»); 14 доброкачественных немеланоцитарных опухолей кожи (14,0%) ошибочно определила как «Злокачественное» (ложноположительные результаты).

Программа ИИ «Melanoma Check» у 104 пациентов с предварительными клиническими диагнозами различных доброкачественных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи в 96 случаях (92,3%) сделала правильные заключения «Не меланома» и в 8 случаях (7,7%) – ошибочные «Меланома».

Среди 16 предварительно диагностированных доброкачественных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи, при которых программа ИИ «Derma Onko Check» сделала заключение как «Доброкачественное» при всех 16 случаях были такие клинические и дерматоскопические признаки, которые по заключениям врачей-дерматовенерологов требовали биопсии и морфологического исследования. Такой подход врачей-специалистов оказался полностью обоснованным по заключению цитологических исследований в 12 случаях (4 случая БКРК, 8 случаев кератоза с дисплазией).

Среди 8 предварительно диагностированных доброкачественных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей кожи, при которых программа ИИ «Melanoma Check» сделала заключение как «Меланома», в 8 случаях были такие клинические и дерматоскопические признаки, которые по заключениям врачей-дерматовенерологов требовали

биопсии и морфологического исследования, из них в 3 случаях по заключениям морфологических исследований был диагностирован БКРК.

**Точность заключений врачей-дерматовенерологов и врачей-онкологов при диагностике немеланоцитарных опухолей кожи.** По аналогичной методике сравнили точность 79 предварительных клинических диагнозов врачей-дерматовенерологов и врачей-онкологов на первичном приеме только у тех пациентов, которым заключительный диагноз был установлен на основании результатов гистологических и цитологических методов исследования

Результаты точности заключений в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных кератиноцитарных/эпидермальных опухолей с помощью программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» в сравнении с врачами-дерматовенерологами и онкологами представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение точности заключений программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» с предварительными клиническими диагнозами врачей-дерматовенерологов и онкологов

	Показатели								
	ИО	ИП	ЛП	ЛО	% ЛП	% ЛО	ДТ, %	Ч, %	С, %
<b>Заключения программы «Derma Onko Check» n = 151</b>	86	45	14	6	14,0	11,7	86,7	88,2	86,0
<b>Заключения программы «Melanoma Check» n = 151</b>	113	-	38	-	25,1	-	-	-	74,8
<b>Предварительный клинический диагноз врачей-дерматовенерологов, n = 79</b>	28	47	0	4	0	7,8	94,9	92,2	100
<b>Предварительный клинический диагноз врачей-онкологов, n = 79</b>	23	51	5	0	17,9	0	93,7	100	82,1
Примечание: ИО – истинно отрицательные; ИП – истинно положительные; ЛП – ложноположительные; ЛО – ложно отрицательные; % ЛП – доля ложноположительных результатов, %; % ЛО – доля ложноотрицательных результатов, %; ДТ – диагностическая точность, %; Ч – чувствительность, %; С – специфичность, %									

При сравнении в 51 случае эпидермальных ЗНО чувствительности заключений программы ИИ «Derma Onko Check» с чувствительностью предварительной диагностики врачей-дерматовенерологов и онкологов тест МакНемара с поправкой Эдвардса ( $\chi^2 = 2,250$  при  $df=1$ ,  $p=0,134$  и  $\chi^2 = 0,167$  при  $df=1$ ,  $p=0,683$ , соответственно) не обнаружил статистически значимых различий. Коэффициент Каппа для программы ИИ «Derma Onko Check» составил 0,715 (значительное согласие).

Для подтверждения клинической эффективности «Derma Onko Check» рассчитаны дополнительные показатели: NPV – отрицательная прогностическая ценность 93,5 %; PPV –

положительная прогностическая ценность 76,3 %; МСС – коэффициент корреляции Мэтьюса 0,7.

### **Алгоритм применения программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» при дифференциальной диагностике новообразований кожи**

Маршрутизация пациентов при новообразованиях кожи начинается на уровне оказания первичной медико-санитарной помощи: первичный осмотр проводится врачом общей практики (ВОП)/терапевтом с последующим направлением к врачу-дерматовенерологу и/или онкологу (Приказ Минздрава России от 19.02.2021 N 116н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при онкологических заболеваниях»). Биопсия проводится в день установления врачом-онкологом предварительного клинического диагноза, морфологическая верификация выполняется в соответствии с порядками оказания медицинской помощи, на основе клинических рекомендаций и с учетом стандартов медицинской помощи в регламентированные сроки (Приказ Минздрава России от 14.04.2025 N 207н «Об утверждении Правил проведения патолого-анатомических исследований и унифицированных форм медицинской документации, используемых при проведении прижизненных патолого-анатомических исследований»), сроки проведения исследований, осмотров и ожидания оказания плановой медицинской помощи определены в «Программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов» (Постановление Правительства РФ №1940 от 27.12.2024).

**Схема маршрутизации пациентов с опухолями кожи без применения ИИ.** Стандартный маршрут пациента: осмотр ВОП → осмотр врачом-дерматовенерологом → осмотр врачом-онкологом → биопсия → морфологическое исследование → повторный прием врачом-онкологом). Для ДНО кожи длительность установления заключительного клинического диагноза составляет 15 дней, для ЗНО кожи – 37 дней.

**Предлагаемые схемы маршрутизации пациентов с опухолями кожи с применением программ ИИ.** Схема маршрутизации зависит от заключений программ: «Злокачественное/Меланома» или «Доброкачественное/Не меланома», а также от уровня вероятности этих заключений (50-100%). Порог алгоритмов маршрутизации установлен на уровне 62% вероятности злокачественности.

При высокой вероятности наличия ЗНО кожи (заключение ИИ «Злокачественное» или «Меланома» с вероятностью  $\geq 62\%$ ) пациент направляется на осмотр к онкологу, что сокращает длительность диагностики ЗНО кожи до 23 дней. При низкой вероятности наличия ЗНО кожи (заключение ИИ «Злокачественное» или «Меланома» с вероятностью  $< 62\%$  или «Доброкачественное» или «Не меланома» с вероятностью  $< 62\%$ ) пациент направляется на осмотр к дерматовенерологу. При сочетанном применении обеих программ ИИ целевая

длительность диагностики ЗНО кожи составляет 23 дня, ДНО кожи – 1 день (с рекомендацией диспансерного наблюдения у ВОП).

### **Моделирование внедрения алгоритма маршрутизации пациентов с опухолями кожи с применением программ ИИ**

Сравнительное исследование маршрутизации пациентов с новообразованиями кожи проведено методом симуляционного моделирования на реальных данных клинического тестирования программ ИИ «Melanoma Check» и «Derma Onko Check». Порог алгоритмов маршрутизации установлен на уровне 62% вероятности злокачественности.

Было выявлено, что для меланоцитарных опухолей обе программы ИИ показали очень низкий уровень необоснованных направлений к врачам-онкологам (0,9%) и дерматовенерологам (0–9,1%), не установленные случаев ЗНО кожи (ложноотрицательные) составили 0,4%. Для кератиноцитарных/эпидермальных опухолей необоснованные направления составили 0–4,0%, пропущенные ЗНО – 0,7%. Сочетанное применение двух программ ИИ обеспечило выявление ЗНО кожи в 97–98% случаев (направление к врачам-онкологам или дерматовенерологам), при этом ложноотрицательные случаи все равно направлялись к врачам-дерматовенерологам по алгоритму маршрутизации. ДНО кожи в 49–51% случаев на этапе ВОП/терапевт оставались под диспансерным наблюдением и не направлялись к врачам-специалистам (врачам-дерматовенерологам и онкологам), существенно снижая нагрузку на систему здравоохранения. Необоснованные направления составили 3–5,2% (Таблица 3).

Таблица 3 – Показатели пропущенных ЗНО кожи и необоснованных направлений к специалистам при моделировании внедрения ИИ в маршрутизацию пациентов с новообразованиями кожи

<b>Программа ИИ</b>	<b>Тип опухолей</b>	<b>ЗНО не установлено (ЛО)</b>	<b>Направление к врачу-онкологу не обосновано</b>	<b>Направление к врачу-дерматовенерологу не обосновано</b>
Melanoma Check n =230	Меланоцитарные	1 (0.4%)	2 (0.9%)	21 (9.1%)
Derma Onko Check n =230	Меланоцитарные	1 (0.4%)	2 (0.9%)	0 (0.0%)
Melanoma Check n =100	Кератиноцитарные/эпидермальные	0 (0.0%)	0 (0.0%)	4 (4.0%)
Derma Onko Check n =151	Кератиноцитарные/эпидермальные	1 (0.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Сочетание программ (Melanoma Check + Derma Onko Check), n =151	Кератиноцитарные/эпидермальные	0 (0.0%)	2 (1.3%)	2 (1.3%)
Сочетание программ (Melanoma Check + Derma Onko Check), n =230	Меланоцитарные	0 (0.0%)	12 (5.2%)	7 (3.0%)

## Сравнительный анализ эффективности индивидуального и сочетанного применения программ ИИ в маршрутизации пациентов с опухолями кожи

При совместном применении программ ИИ для злокачественных случаев верные направления к врачам-онкологам составили 17,8% (против 8,9% у программы ИИ «Melanoma Check» и 18,9% у программы ИИ «Derma Onko Check»), пропуски ЗНО отсутствовали (0% против 0,3% и 0,5% соответственно) (Рисунок 1). Для доброкачественных случаев отсев на этапе ВОП достиг 49,9% (против 56,4% и 65,9%). Чувствительность при сочетанном применении алгоритма составила 100% без пропущенных случаев, при раздельном применении каждой программы ИИ – 97,4% с 1 пропущенным случаем. Совместный подход обеспечивает максимальную безопасность и оптимальную маршрутизацию пациентов, снижая нагрузку на ВОП за счет отсева 49,9–65,9% доброкачественных новообразований.

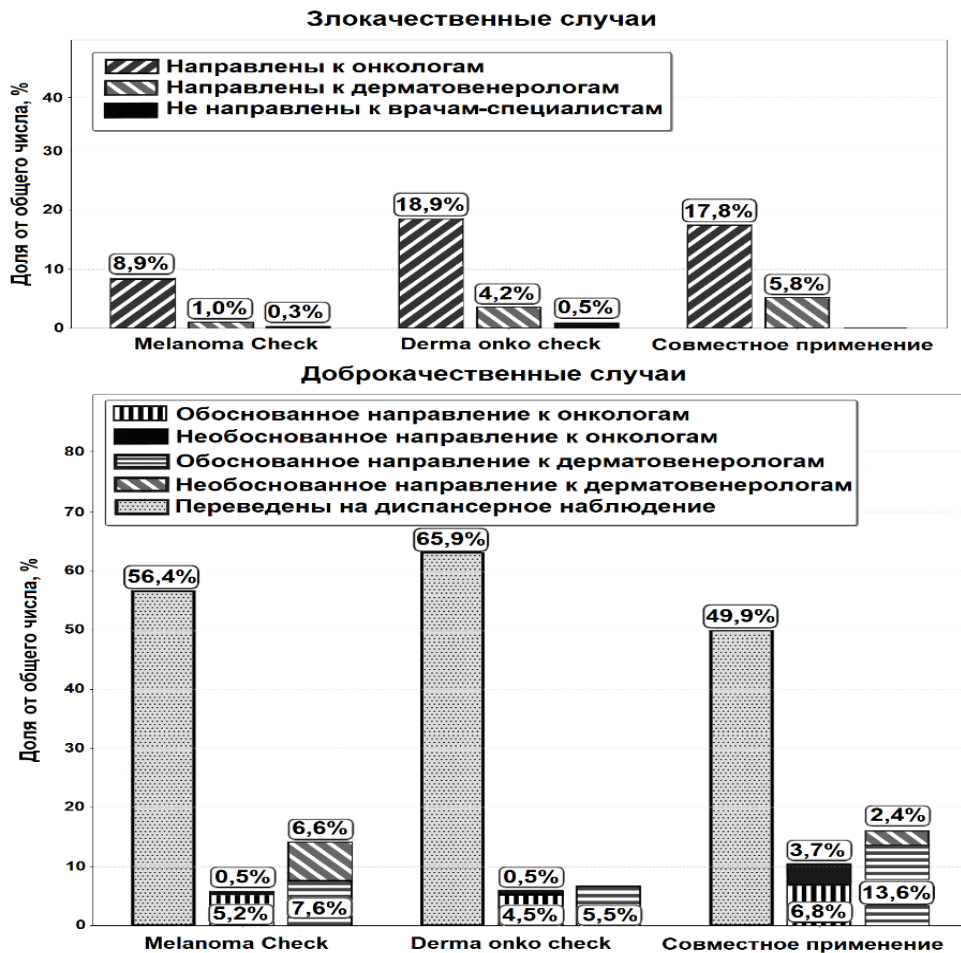


Рисунок 1 – Сравнение эффективности программ ИИ для диагностики меланоцитарных и кератиноцитарных/эпидермальных тканей

### ВЫВОДЫ

1. Разработанные модели для ранней дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи с помощью программ

ИИ для КПК (мобильных устройств) «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» обладают высокой эффективностью. При диагностике меланоцитарных опухолей кожи у программы ИИ «Derma Onko Check» выявлена точность 90,9%, чувствительность 94,9%, специфичность 90,1%, при диагностике немеланоцитарных опухолей кожи – точность 86,7%, чувствительность 88,2%, специфичность 86,0%.

При диагностике меланоцитарных опухолей кожи у программы ИИ «Melanoma Check» выявлена точность 84,3%, чувствительность 92,3%, специфичность 82,7%, при диагностике немеланоцитарных опухолей кожи – специфичность 74,8%.

2. Эффективность программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи сопоставима в выявлении ЗНО кожи с эффективностью диагностики врачей-дерматовенерологов со стажем работы более 20 лет. Статистический анализ (тест МакНемара с поправкой Эдвардса) не выявил значимых различий в чувствительности между программами ИИ и врачами-дерматовенерологами как для меланоцитарных, так и для немеланоцитарных опухолей ( $p > 0,05$ ).

3. Эффективность программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи сопоставима в выявлении ЗНО кожи с эффективностью диагностики врачей-онкологов со стажем работы более 20 лет. Статистический анализ (тест МакНемара с поправкой Эдвардса) не выявил значимых различий в чувствительности между программами ИИ и врачами-онкологами для меланоцитарных и между программой ИИ «Derma Onko Check» и врачами-онкологами для немеланоцитарных опухолей ( $p > 0,05$ ).

4. Разработанные алгоритмы маршрутизации пациентов к врачам-дерматовенерологам и врачам-онкологам с применением программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» повышают выявляемость злокачественных меланоцитарных и немеланоцитарных опухолей кожи до 97,4% при отдельном применении каждой программы ИИ и до 100% при сочетанном применении обеих программ ИИ.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Программы ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» рекомендованы к применению врачами общей практики, терапевтами, онкологами и дерматовенерологами медицинских организаций 1 и 2 уровней при оказании первичной медико-санитарной помощи, в том числе первичной специализированной медико-санитарной помощи как вспомогательный инструмент («второе мнение») в системе поддержке принятия клинических решений для дифференциальной диагностики опухолей кожи с последующей морфологической верификацией при высокой вероятности злокачественности по заключению программ ИИ. Для оптимизации диагностики новообразований рекомендуется применять следующую схему

маршрутизации пациентов на основе заключений программ ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check»: при вероятности злокачественности больше или равно 62% – направлять к врачу-онкологу, меньше 62% – к врачу-дерматовенерологу; при доброкачественности больше или равно 62% – рекомендуется диспансерное наблюдение, меньше 62% – направлять к врачу-дерматовенерологу. Применение алгоритма может снизить число необоснованных направлений к врачам-специалистам и повысить раннюю выявляемость ЗНО кожи.

2. В медицинских организациях 2 и 3 уровней, при оказании специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи по профилям «дерматовенерология» и «онкология», программы ИИ «Derma Onko Check» и «Melanoma Check» могут применяться как вспомогательный инструмент («второе мнение») в системе поддержке принятия клинических решений для повышения точности дифференциальной диагностики, особенно у пациентов с атипичной клинической картиной.

3. Рекомендуется регулярная валидация моделей ИИ на локальных базах данных с учетом фототипа кожи и половозрастных особенностей популяции, а также мониторинг их производительности в клинической практике с целью своевременного обновления алгоритмов и минимизации предвзятости.

### **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. 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

2. 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

3. **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

4. 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

5. 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.

6. **Ламоткин, А. И.** Точность предварительной диагностики злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с помощью программы искусственного интеллекта «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

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

8. **Ламоткин, А. И.** Предварительная дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей из эпидермальной ткани кожи с применением программы искусственного интеллекта «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

9. **Ламоткин, А. И.** Сравнение точности классификации опухолей кожи с помощью программ искусственного интеллекта 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.

10. Эффективность предварительной дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с помощью программы искусственного интеллекта 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]

11. Корабельников, Д. И. Эффективность применения искусственного интеллекта 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

12. 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.

**13. Патент на изобретение № 2853090**, Российская Федерация, С1, МПК 06М№М 3/02. Способ дифференциальной диагностики меланомы кожи и доброкачественных меланоцитарных и немеланоцитарных новообразований кожи с применением модели искусственного интеллекта / **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, Бюл. № 35.**

**14. Патент на изобретение № 2853036**, Российская Федерация, С1, МПК 06М 3/02. Способ дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с применением модели искусственного интеллекта / 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, Бюл. № 35.**

**15. Эффективность программы искусственного интеллекта 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.**

**16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668566**, Российская Федерация. Программа для визуальной идентификации злокачественных и доброкачественных опухолей кожи «Derma Onko Check» / **А. И. Ламоткин**, И. А. Ламоткин, Д. И. Корабельников; заявитель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза. – № 2024668247: заявл. 08.08.2024: **опубл. 08.08.2024**

**17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024668565**, Российская Федерация. Программа для визуальной идентификации меланомы кожи «Melanoma Check» / **А. И. Ламоткин**, И. А. Ламоткин, Д. И. Корабельников; заявитель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза – № 2024668246: заявл. 08.08.2024: **опубл. 08.08.2024**

**18. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624714**, Российская Федерация. База данных новообразований кожи / Корабельников Д.И., **Ламоткин А.И.**; заявитель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза – № 2025624278: заявл. 16.10.2025: **опубл. 27.10.2025**

**19. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624747**, Российская Федерация. База данных оригинальных и аугментированных фотоизображений новообразований кожи с характеристиками новообразований и пациентов / **Ламоткин А.И.**, Корабельников Д.И.; заявитель АНО ДПО «Московский медико-социальный институт имени Ф.П. Гааза – № 2025624361: заявл. 19.10.2025: **опубл. 27.10.2025**

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

БКРК – базальноклеточный рак кожи

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ВОП – врач общей практики

ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко - ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России

ДНО – доброкачественное новообразование

ДТ – диагностическая точность

ЗНО – злокачественное новообразование

ИИ – искусственный интеллект

ИО – истинно отрицательные

ИП – истинно положительные

ИППП – инфекции, передающиеся половым путем

КПК – карманный персональный компьютер

ЛО – ложно отрицательные

ЛП – ложно положительные

С – специфичность

Ч – чувствительность

CNN – Convolutional Neural Networks (сверточные нейронные сети)

DL – Deep Learning (глубокое обучение)

MCC – Matthews correlation coefficient (коэффициент корреляции Мэтьюса)

NPV – Negative predictive value (отрицательная прогностическая ценность)

PPV – Positive predictive value (положительная прогностическая ценность)

CV – Computer Vision (компьютерное зрение)