

На правах рукописи



Ускова Ксения Александровна

**Автоматизированная диагностика новообразований кожи с использованием
искусственного интеллекта**

3.1.23. Дерматовенерология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, доцент

Шлишко Ирена Леонидовна

Официальные оппоненты:

Хлебникова Альбина Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», факультет усовершенствования врачей, кафедра дерматовенерологии и дерматоонкологии, профессор кафедры

Смирнова Ирина Олеговна – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Медицинский институт, кафедра дерматовенерологии и косметологии, заведующий кафедрой

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Защита диссертации состоится «17» февраля 2025 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.17 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая д. 8, стр. 2

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

Автореферат разослан «___» _____202__г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук, доцент

Чебышева Светлана Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последнее время искусственный интеллект (ИИ) стремительно интегрируется в различные сферы жизни человека, включая область медицины (И.Б. Аббасов и соавт., 2021).

Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин утвердил список задач, в соответствии с которыми Минздрав России вместе с Минэкономразвития и Минцифры России должны обеспечить использование результатов медицинских исследований, проводимых с применением технологий ИИ, в клинических рекомендациях и системе обязательного медицинского страхования в целях перехода к перспективной модели предоставления медицинских услуг. Кроме того, 7 февраля 2023 г. Президент Российской Федерации также подчеркнул необходимость распространения медицинских систем на основе ИИ.

ИИ представляет собой перспективную технологию, способную повысить точность медицинских назначений и рекомендаций, сократить время на рутинные процессы и улучшить качество диагностики. В последние годы на основе внедрения образовательных и диагностических технологий с использованием ИИ появились новые возможности проведения популяционного скрининга населения, позволяющие сводить к минимуму задержки в диагностике и способствующие побуждать людей обращаться к специалисту при необходимости (И.Б. Аббасов и соавт., 2021; M. Charalambides et al., 2020). В некоторых исследованиях ИИ продемонстрировал чувствительность и специфичность, сопоставимые с диагностическими возможностями опытных клиницистов и даже превосходящие их. Использование ИИ в качестве диагностического инструмента стало возможным благодаря широкой интеграции нейросетевых технологий и мобильных устройств (С.С. Короткий и соавт., 2023; D. Wen et al., 2022).

Данные современных эпидемиологических исследований свидетельствуют о стремительном росте заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) кожи во всем мире, в том числе и в России (А.Д. Каприн и соавт., 2022; M. Arnold et al., 2022; S. Zhu et al., 2022).

Ранняя диагностика и своевременное лечение меланомы и немеланомного рака кожи (НМРК) имеют решающее значение для улучшения прогноза выживаемости пациентов (K. Suozzi et al., 2020; S. Mylle et al., 2021). Своевременная диагностика ЗНО кожи зависит от многих факторов, таких как доступность и качество медицинской помощи, выявление факторов риска развития меланомы и НМРК, осведомленность населения, обучение населения правилам самообследования (L.E. Davis et al., 2019; T. Steeb et al., 2019; C. Quinlan et al., 2020).

Визуальное обследование кожного покрова с применением мнемонических правил является наиболее распространенным методом диагностики ЗНО кожи (K. Suozzi et al., 2020). Чувствительность обнаружения меланомы кожи при проведении визуального осмотра врачами

первичной медицинской помощи составляет 40,2–49%, неопытным врачом-дерматологом – 69%, по сравнению с опытным дерматологом, специализирующимся на диагностике новообразований кожи – 92%, аналогичный показатель чувствительности наблюдается и при анализе дерматоскопического изображения алгоритмами компьютерного зрения (L. Demidov et al., 2021).

Разработка специализированных и простых в использовании программных продуктов, адаптированных к потребностям клинической практики, может значительно повысить качество и доступность медицинской помощи населению. Имеющиеся в настоящее время программные решения в области медицинской визуализации недостаточно адаптированы для клинической практики и использования широкой аудиторией (D. Wen et al., 2022).

Таким образом, актуальность данного исследования определяется необходимостью разработки метода диагностики новообразований кожи, работающего на основе нейросетевых технологий, обладающего высокой чувствительностью и специфичностью, превышающей современные возможности диагностики среднего медицинского персонала и врачей неонкологических специальностей.

Степень разработанности темы исследования

Результаты анализа отечественной и зарубежной литературы свидетельствуют о недостаточной проработанности темы представленного исследования (D. Wen et al., 2022; G. Brancaccio et al., 2024). Существующие программные решения не в полной мере адаптированы для клинической практики и использования широкой аудиторией (Н.К. Flaten. et al., 2018; D. Wen et al., 2022). Несмотря на то, что некоторые приложения показали многообещающие результаты, лишь немногие из них, такие как SkinVision и MoleScope, имеют одобрение управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration) (N. Chuchu et al., 2018; A. Ngoo et al., 2018). Одной из основных проблем в разработке и обучении нейронных сетей для диагностики ЗНО кожи является отсутствие качественных и репрезентативных данных. Это ограничивает возможности создания эффективных алгоритмов и их применения в реальной клинической практике (F.W. Kong et al., 2020).

Несколько исследований сравнивали диагностическую точность ИИ и дерматологов в распознавании ЗНО кожи, в частности меланомы, на дерматоскопических изображениях. Исследование Н.А. Haenssle et al. (2018) показало, что ИИ продемонстрировал более высокую чувствительность (95,0% против 86,6%) и специфичность (82,5% против 71,3%) в диагностике меланомы по сравнению с дерматологами. В исследовании Р. Tschandl et al. (2019) ИИ также продемонстрировал высокую точность в классификации меланоцитарных образований кожи, сопоставимую с опытными дерматологами.

Несмотря на технологическую осуществимость и клиническую значимость, подтверждаемую постоянно расширяющимся объемом данных, реальное применение ИИ в диагностике ЗНО кожи остается ограниченным и недостаточно эффективным. Необходимы дальнейшие исследования и практические наблюдения для оценки применимости и уровня доверия к таким технологиям в реальных условиях медицинской практики (С.О. Самохин и соавт., 2024; Н. Tan et al., 2017).

Развитие новых программных продуктов с использованием ИИ, адаптированных для клинической практики, является важным направлением для улучшения диагностики новообразований кожи, что определяет цель настоящего исследования.

Цель и задачи исследования

Цель: создать метод автоматизированной диагностики новообразований кожи с использованием искусственного интеллекта.

Задачи:

1. Создать верифицированную базу изображений новообразований кожи для обучения нейросети классификации и определить параметры ее работы.
2. Оптимизировать критерии изображений для обучения, создать нейросеть детекции, провести дополнительные раунды обучения и определить параметры работы новой нейросети.
3. Охарактеризовать пользователей мобильного приложения «ПроРодинки».
4. Охарактеризовать клинические и демографические параметры обращений пользователей мобильного приложения с подозрением на злокачественные новообразования кожи.
5. Определить наиболее значимые факторы риска развития злокачественных новообразований кожи на основании проанализированных анкетных данных.

Научная новизна

Впервые создан обучающий архив изображений ЗНО кожи, верифицированный патоморфологическим исследованием, и доброкачественных – верифицированный патоморфологически и/или дерматоскопически и путем экспертной оценки двух специалистов.

Впервые создано мобильное приложения на основе нейросети, обученной распознаванию и классификации новообразований кожи.

Оценена чувствительность, специфичность постановки диагноза на основании ответа нейросети в сравнении с патоморфологическим исследованием и ответами экспертов.

Впервые дана характеристика пользователей мобильного приложения.

Выделены факторы риска развития ЗНО кожи в результате анализа заполненных анкетных данных пользователями.

Впервые дана характеристика обращений пользователей мобильного приложения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Разработанное мобильное приложение «ПроРодинки» функционирует на всей территории Российской Федерации. Для его использования достаточно иметь смартфон, оборудованный встроенной фотокамерой, что делает приложение широкодоступным для населения (Свидетельство о регистрации базы данных изображений и результатов диагностирования новообразований на кожных покровах RU 2021620654, заявл. 09.02.2021; опубл. 07.04.2021; Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020664964, заявл. 10.11.2020; опубл. 19.11.2020). Получен патент на изобретение «Способ автоматизированной дистанционной диагностики новообразования кожи» (Патент на изобретение RU 2817636, заявл. 15.12.2022; опубл. 17.04.2024).

Программный комплекс «ПроРодинки» внедрен в социальный проект, одобренный МЗ РФ «Регион без меланомы». Программа работает при сотрудничестве 2 клинических баз – ГАУЗ НО «НИИКО «НОКОД» и Университетской клиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Программа внедрена в Нижегородской области и Республике Татарстан. За внедрение программы получена Премия им. академика А.И. Савицкого. Проект «Регион без меланомы» входит в лучшие практики реализации региональных проектов национального проекта «Здравоохранение» (Письмо от 20.10.2021 № 29-3/И/2-17134).

Методология и методы исследования

Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационного исследования, определены цель и задачи, разработаны план и методика работы.

Диссертационное исследование было проведено на кафедре кожных и венерических болезней ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Проведение исследования было одобрено независимым локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 14 от 22 декабря 2023 г.).

В ходе проведения данного исследования были применены различные методы, включая клинико-anamnestический, инструментальный, лабораторный, и статистический.

Клинико-anamnestический метод основывался на анализе анкетных данных пользователей программного комплекса «ПроРодинки», а также информации пациентов, содержащейся в электронной медицинской карте. Инструментальный метод диагностики предполагал фотодокументирование с использованием зеркальной камеры, дерматоскопическое исследование новообразований кожи, фотографирование новообразований кожи с применением камеры смартфона. Лабораторный метод диагностики подразумевал проведение патоморфологического исследования удаленного новообразования кожи путем выполнения инцизионной/эксцизионной биопсии.

В ходе диссертационного исследования была проведена статистическая обработка данных с использованием следующих компьютерных программ: StatPlus «Статистика + Анализ», пакета Microsoft Excel 2019 и пакета «Statistica 9». В процессе анализа полученных результатов исследования были использованы стандартные методы статистики, параметрические и непараметрические критерии оценки статистической значимости полученных различий.

Для хранения полученных данных и их дальнейшей статистической обработки собранная информация была структурирована в электронных таблицах.

Положения, выносимые на защиту

1. Нейросеть, обученная на верифицированном наборе клинических изображений доброкачественных и злокачественных новообразований кожи и прошедшая раунды обучения, работает с чувствительностью – 85,32–86,97%; специфичностью – 87,59–88,92%, что превышает чувствительность и специфичность диагностики новообразований кожи врачами неонкологических специальностей при обследовании невооруженным глазом и позволяет использовать данный метод для проведения популяционного скрининга.

2. Масштабное исследование 417 187 аккаунтов позволило составить типичный портрет пользователя мобильного приложения «ПроРодинки», которым является женщина среднего возраста (41 ± 15 лет), имеющая III фототип и проживающая в мегаполисе.

3. В результате анализа обращений, полученных от пользователей мобильного приложения «ПроРодинки», нейросетью было установлено 16 478 подозрений на ЗНО кожи (из них подозрений на меланому – 9 428, на НМРК – 7 050) в возрастной категории для меланомы 43 ± 16 лет, для НМРК – 56 ± 15 лет.

4. Анализ анкетных данных пользователя позволил установить значимые факторы риска, к которым относятся для меланомы: > 20 невусов на одной руке и большой размер новообразований (>6 мм), посещение солярия; для НМРК – анамнестические данные о светлом фототипе и солнечных ожогах.

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» направлений исследований.

Степень достоверности и апробация результатов

Уровень достоверности диссертационной работы, основанной на представленных результатах апробированного научно-методического подхода, оценивается с использованием аналитических методов полученных данных, включая точные расчеты и статистический анализ.

Статистический анализ включает в себя применение современных программных средств для обработки данных, что обеспечивает высокую точность результатов и их надежность. Важным аспектом оценки достоверности является сопоставление полученных результатов с данными из научной литературы и проведенными ранее исследованиями. Комплексный подход к оценке достоверности результатов диссертационной работы обеспечивает высокий уровень научной обоснованности и позволяет сделать выводы о значимости и применимости разработанной методики.

Материалы диссертационного исследования доложены на следующих конференциях: V Ежегодная конференция с международным участием ассоциации специалистов по проблемам меланомы «Меланома и опухоли кожи» (г. Санкт-Петербург, 21–22.05.2021); Научно-практическая конференция дерматологов и косметологов с международным участием «Батунинские чтения» (г. Нижний Новгород, 27–28.05.2021); I съезд педиатров Приволжского федерального округа «Актуальные вопросы неонатологии и педиатрии» и V Всероссийская мультимедийная конференция «Время жить» (г. Нижний Новгород, 03.06.2021); 11 межрегиональный форум дерматовенерологов и косметологов (г. Москва, 05.10.2021); Межрегиональная междисциплинарная научно-практическая онкологическая конференция «Волжские огни 4» (г. Нижний Новгород, 14–15.10.2021); 15 Международный форум дерматовенерологов и косметологов «Синтез науки и практики» (г. Москва, онлайн-формат, 15–17.03.2022); VI Ежегодная конференция Ассоциации специалистов по проблемам меланомы «Меланома и опухоли кожи 2022» (г. Москва, 20–21.05.2022); Научно-практическая конференция дерматологов и косметологов с международным участием «Батунинские чтения» (г. Нижний Новгород, 26–27.05.2022); Межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы онкодерматологии» (г. Нижний Новгород, 20.10.2022); I Научно-практическая конференция с международным участием «Превентивная медицина как основа качественного и здорового долголетия» (г. Оренбург, 27–28.04. 2023); XII съезд онкологов России (г. Самара, 18–20.05.2023); Научно-практическая конференция дерматологов и косметологов с международным участием «Батунинские чтения» (г. Нижний Новгород, 01–02.06.2023); Международный Кировский дерматологический Форум «Актуальные вопросы дерматовенерологии, онкологии и интегративной медицины» (г. Киров, 14–15.09.2023); II Поволжский онкологический форум «Интеграция лучших практик регионов» (г. Нижний Новгород, 05–07.10.2023); 13 Всероссийский Форум Национального Альянса дерматовенерологов и косметологов «Дерматовенерология и косметология: синтез науки и практики» (г. Москва, 17–18.10.2023); Междисциплинарный форум «Кожная токсичность: взгляд онколога и дерматолога» (г. Нижний Новгород, 20.10.2023); II Всероссийская педиатрическая ассамблея (г. Москва, 23.10.2023); VIII-ая Научно-практическая ассамблея по

эстетической медицине, трихологии и дерматологии с международным участием (г. Санкт-Петербург, 21–22.03.2024).

Материалы проведенного исследования представлены на следующих выставках: Форум «Здоровое общество» (г. Санкт-Петербург, 23–24.03.2023); День здоровья в рамках Международной выставки-форума «Россия» (г. Москва, 2.02.2024); Форум будущих технологий (г. Москва, 13–14.02.2024); Всероссийский женский форум «Женщины: сохраняем традиции – развиваем Россию» в рамках Международной выставки-форума «Россия» (г. Москва, 05–06.03.2024).

Апробация диссертационной работы проведена на заседании проблемной комиссии «Внутренние болезни» ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 6 от 17 апреля 2024 года).

Внедрение результатов исследования в практику

Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, ГАУЗ НО «НИИКО «НОКОД» и ГБУЗ НО «НОКВД».

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры кожных и венерических болезней ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.

Личный вклад автора

Данные, полученные в ходе подготовки диссертационного исследования, лично были собраны и проанализированы автором на каждом из этапов представленной работы. Личный вклад состоит в том, что автором под руководством разработаны научная стратегия и методология, самостоятельно проведен обзор отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, разработан дизайн исследования, обоснованы цель и задачи, сформулированы основные положения диссертации, составляющие ее новизну и практическую значимость, самостоятельно проведено клинко-инструментальное обследование пациентов, подготовлен материал для создания базы данных, предназначенной для обучения НС, статистическая обработка данных и оценка результатов исследования. Настоящая диссертация и основные результаты представлены на научных конференциях регионального, общероссийского и международного уровня.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 19 печатных работ, в том числе 3 научных статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах Web of Science, Scopus, PubMed,

MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer; 3 иные публикации по теме диссертационного исследования; 2 патента; 7 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 164 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследований, 3 глав результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Работа иллюстрирована 21 таблицей (1 таблица в приложении) и 45 рисунками. Список литературы состоит из 201 источника, в том числе 162 – на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы

Диссертационное исследование было проведено на кафедре кожных и венерических болезней ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Проведение исследования было одобрено независимым локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 14 от 22 декабря 2023 г.).

Объектом исследования в диссертационном исследовании являлись: верифицированные фотоизображения новообразований кожи, использованные для обучения нейросетей; анамнестические данные пациента из электронной медицинской карты; программный комплекс «ПроРодинки» на основе ИИ для автоматизированной диагностики новообразований кожи; анкетные данные, полученные от пользователей мобильного приложения «ПроРодинки».

Для обучения нейросети классификации а (НСКа) был создан верифицированный датасет. В создании датасета приняли участие медицинские специалисты 5 клинических центров: Университетская клиника ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России; ГАУЗ НО «НИИКО «НОКОД»; ГБУ Республики Марий Эл «Республиканский кожно-венерологический диспансер»; ГБУЗ «Московский научно-практический центр дерматовенерологии и косметологии»; ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России. База клинических цифровых фотографий была собрана с 2017 по 2019 гг. В исследование включено 6 892 пациента, получено 7 680 цифровых изображений 4 нозологических форм: невус – 3 410 (44,4%); себорейная кератома – 1 635 (21,2%); меланома – 1 014 (13,2%); базальноклеточная карцинома – 1 621 (21,2%) – в соотношении доброкачественные/злокачественные – 1,5:1. 5 316 новообразований (55,53%) были подтверждены патоморфологическим исследованием; 2 364 новообразований (44,47%) оценены клинически и дерматоскопически.

При получении клинического и дерматоскопического изображения использовался цифровой фотоаппарат Canon EOS 750D (EF-S 60 mm f/2.8 Macro USM) (Тайвань (Китай), также могли использоваться другие устройства, при условии соответствия требованиям, описанным в критериях включения изображения в обучающий датасет. Дерматоскопическое исследование проводилось с помощью дерматоскопа HEINE DELTA 20. Фотографии были зашифрованы согласно разработанному алгоритму шифрования изображений и хранились на облачном хранилище данных «Яндекс Диск».

Патоморфологическое проводилось методом инцизионной и/или эксцизионной биопсии с традиционной окраской гематоксилином и эозином.

Дизайн исследования представлен на Рисунке 1.

Были описаны критерии включения и исключения для создания обучающего датасета:

- формат изображения JPEG или JPG, размер <10 Мб;
- условия съемки: фотография должна быть сделана при равномерном бестеневом естественном рассеянном освещении;
- содержание снимка: на снимках должен быть только один объект – «новообразование», в кадр не должны попадать посторонние объекты;
- расположение новообразования: новообразование должно быть сфокусировано и расположено в центральной части экрана, занимая значительную площадь изображения (более 30%), границы объекта должны быть полностью включены в снимок;
- качество изображения: изображение должно обладать достаточным уровнем резкости и детализации;
- размер новообразования: диаметр новообразования должен быть более 5 мм;
- нозологии: новообразование должно относиться к одной из 4 нозологий: невус, себорейная кератома, базальноклеточный рак кожи (БКРК), меланома;
- верификация: диагноз должен был подтвержден патоморфологическим исследованием или, при его отсутствии, должно быть проведено дерматоскопическое исследование и оценено 2 независимыми экспертами. Дерматоскопическое изображение должно быть представлено в базе, наряду с клиническим изображением.

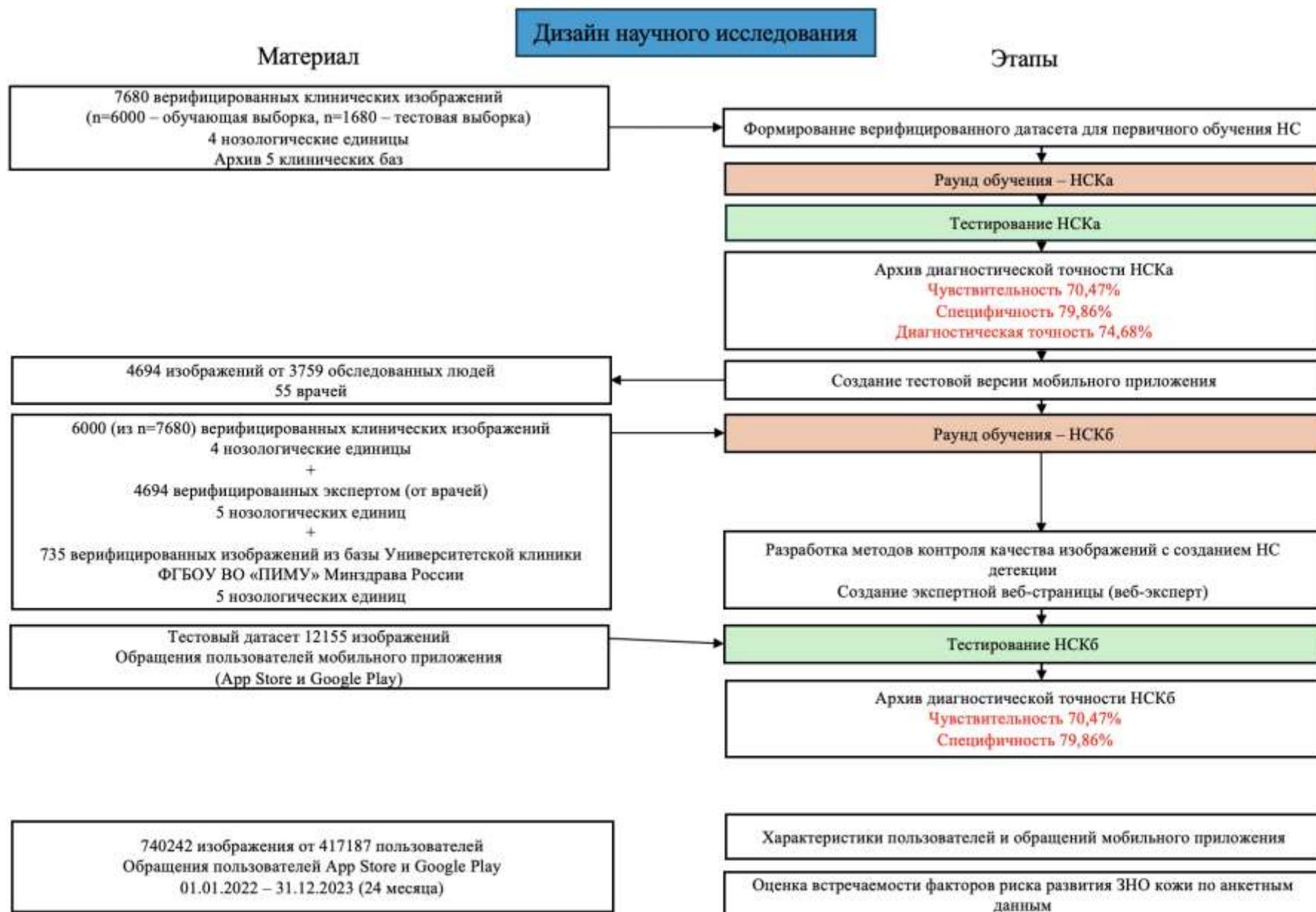


Рисунок 1 – Дизайн процесса обучения нейросети и процесса создания мобильного приложения на основе ИИ

Выделены дерматоскопические критерии для включения изображения в обучающий датасет для новообразований, не имеющих патоморфологического заключения.

На верифицированной базе данных были обучены 2 нейросети – детекции и классификации (НСКа), а также проводился дополнительный раунд обучения нейросети классификации б (НСКб).

Обученные НС внедрены в мобильное приложение «ПроРодинки», доступное на 2 платформах – iOS и Android.

Программный комплекс «ПроРодинки» на основе ИИ для автоматизированной диагностики новообразований кожи был разработан сотрудниками ИТ компании ООО «АИМЕД» совместно с сотрудниками кафедры кожных и венерических болезней ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.

Архитектура мобильного приложения «ПроРодинки» и алгоритм работы нейросетей.
Ввод данных осуществлялся с помощью мобильного приложения «ПроРодинки» (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Архитектура мобильного приложения «ПроРодинки»

Блок обработки данных представляет собой программную часть программно-аппаратного комплекса, в основе которого лежат обученные 2 нейросети:

- сверточная НС для детекции новообразований на изображении;
- сверточная НС для классификации кадрированных изображений.

Используемая архитектура сверточной нейросети представляла собой последовательное применение операций свертки и уменьшения размерности, завершающаяся шагом классификации изображения или детекции его границ.

Контроль качества изображения включал две проверки:

1. Проверка уровня освещения объектов на изображении;
2. Проверка резкости изображения.

Сегмент изображения передавался на сервисный блок. После получения подтверждения от сервисного модуля осуществлялась оценка предполагаемого новообразования посредством предварительно обученной классифицирующей сверточной нейросети (модуль классификации). По результирующей гипотезе формировалась рекомендация пользователю и передавалась в блок вывода информации.

Контроль за работой нейросети осуществлялся врачами-экспертами. Для контроля за работой эксперты использовали веб-страницу («веб-эксперт»).

В результате анализа зарубежной и отечественной литературы (А.В. Шулаев и соавт., 2020; S.N. Robinson et al., 2020; V. Gupta et al., 2019; M. Pellegrini et al., 2021; A. Aman et al., 2022; M. Mannino et al., 2022; S.B. Lunge et al., 2023) была разработана **анкета-опросник** по риск факторам для определения группы риска развития ЗНО кожи.

Вопросы были представлены в мобильном приложении:

1. цвет волос (темные; светлые/русые; рыжие);
2. оттенок кожи (светлая кожа; смуглая кожа);
3. наличие веснушек (да; нет);
4. количество родинок на одной руке (от 0 до 20; больше 20);
5. случаи солнечных ожогов (да; нет);
6. наличие больших родинок ($> 6 \text{ mm}$) (да; нет);
7. случаи меланомы (да, были; нет, не было);
8. случаи меланомы у родственников (да; нет); 9. посещение солярия (да; нет).

Ответы на вопросы анкеты были получены на добровольной основе.

Методы оценки диагностической точности. Была проведена оценка чувствительности и специфичности работы нейросети на разных этапах обучения. Результаты проведенного анализа определялись соотношением вариантов ответов: истинно положительных (TP), истинно отрицательных (TN), ложноположительных (FP), ложноотрицательных (FN) и рассчитывались по формулам: $TP / TP + FN$ (чувствительность); $TN / TN + FP$ (специфичность); $TN + TP / TP + TN + FP + FN$ (диагностическая точность).

Статистическая обработка данных. В ходе диссертационного исследования была проведена статистическая обработка данных с использованием следующих компьютерных программ: StatPlus «Статистика + Анализ», пакета Microsoft Excel 2019 и пакета «Statistica 9». В процессе анализа полученных результатов исследования были использованы стандартные методы статистики, параметрические и непараметрические критерии оценки статистической

значимости полученных различий. Для проверки нормальности распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка. Для сравнения среднего возраста показателя между мужчинами и женщинами был использован критерий Манна-Уитни. За критический уровень значимости принят $p \leq 0,05$.

При анализе полученных данных была рассчитана медиана, 1-й и 3-й квартили, использовались непараметрические статистические методы (коэффициент корреляции Крамера).

Для анализа данных по всем факторам риска, включенным в анкету, использовался коэффициент корреляции Крамера с целью определения связи между категориальными переменными. Для расчета коэффициента корреляции Крамера была создана таблица сопряженности для всех факторов риска. Результат расчета коэффициента корреляции Крамера позволил оценить степень взаимосвязи между категориальными переменными. Для оценки корреляции Крамера были приняты критические уровни значимости $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$.

Результаты исследования

Был создан датасет, содержащий 7680 верифицированных клинических изображений новообразований кожи. Для обучения НСКа было отобрано 6000 из этих изображений, а оставшиеся 1680 изображений использовались в качестве тестовой выборки для анализа точности работы НСКа (Рисунок 3).

Обучение и анализ НСКа. В результате обучения нейросети верифицированным датасетом была создана НСКа, способная классифицировать изображения по 4 нозологиям (меланома, БКРК, себорейная кератома и невус). Был проведен статистический анализ работы НСКа: чувствительность – 70,47%; специфичность – 79,86%; диагностическая точность – 74,68%. В результате проведенного анализа НСКа были выявлены недостаточные показатели чувствительности, специфичности и диагностической точности обученной модели. По результатам обучения НСКа была создана тестовая версия мобильного приложения. Данная версия имела примитивное строение с функцией приема изображения и его классификации по 4 нозологическим единицам. Версия получила распространение по QR-коду среди врачей ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. В исследовании приняли участие 55 врачей ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. В течение 8 месяцев было обследовано 3 759 человек (пользователей), при проведении скрининга врачами, у которых получено 4 694 изображений новообразований кожи.

Был проведен анализ относительно большого количества ошибок в работы НСКа:

1. отсутствие контроля качества изображений;
2. наличие посторонних объектов или артефактов на изображении;
3. маленький масштаб объекта новообразования относительно всего изображения.

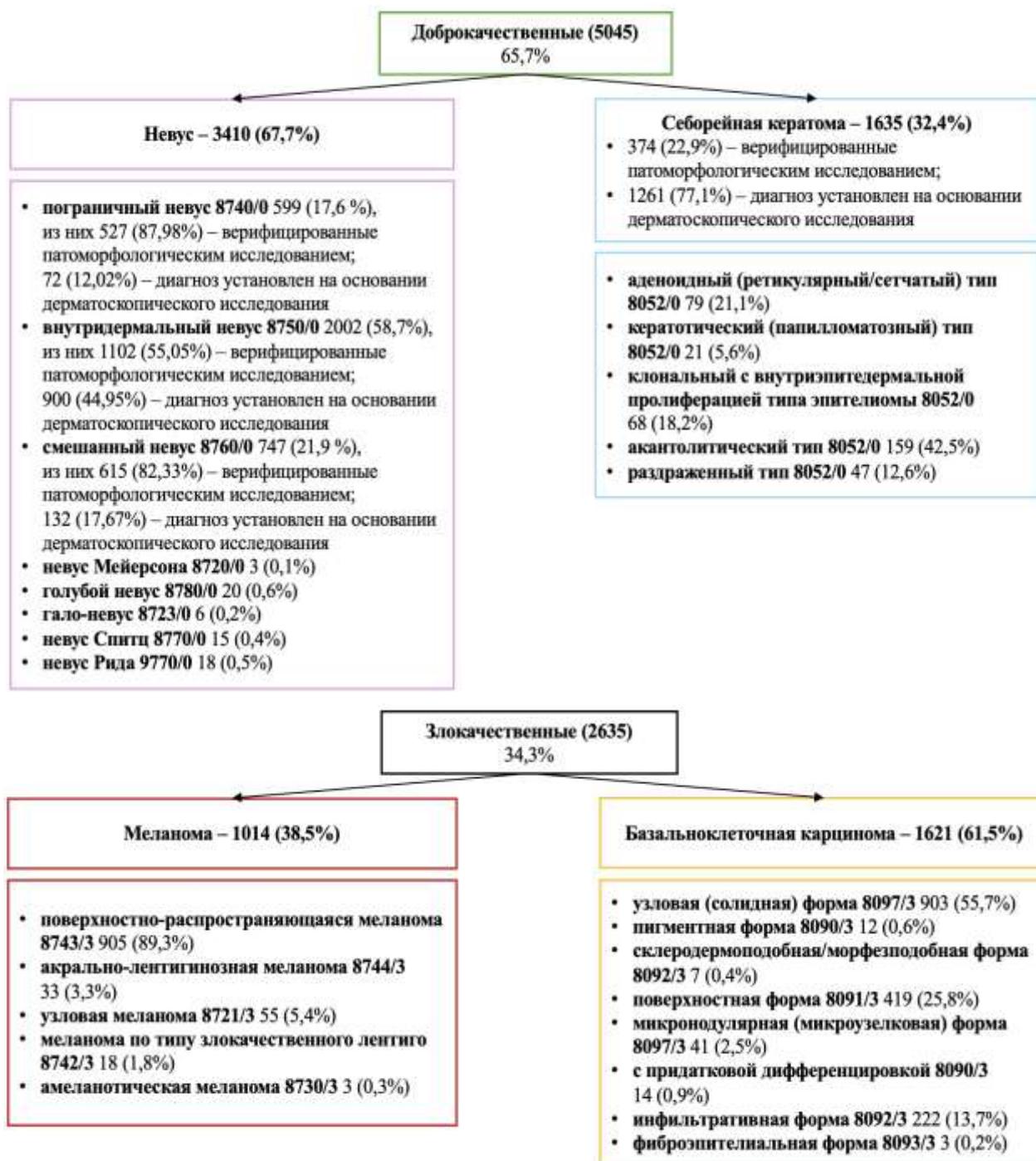


Рисунок 3 – Клинико-морфологическая классификация обучающего датасета

Были разработаны методы контроля качества изображения нейросетью и экспертом.

Количественная оценка качества изображений основывалась на использовании математических методов и алгоритмов для анализа изображений. Для улучшения качества работы НСКа был составлен перечень требований к подготовке и контролю качества изображения, которое впоследствии анализировалось нейросетью:

- для уменьшения влияния посторонней информации (шумов) на анализ изображения площадь новообразования должна занимать не менее 67% (2/3) площади всего изображения;

- для обеспечения необходимой детализации размеры сторон анализируемого изображения должны быть не менее 50 пикселей;
- необходимо исключить влияние посторонних предметов на анализ и дальнейшую классификацию изображения;
- изображение должно иметь гарантированный уровень резкости (минимально допустимое значения найденной величины – 16);
- изображение должно быть равномерно освещенным (максимальное значение яркости – 232; минимальное значение яркости – 23).

Создана вторая нейросеть – детекции, способная обнаруживать новообразование на изображении и не проводить анализ всего изображения. Субъективная оценка предполагала анализ изображений квалифицированными экспертами и участие врачей-экспертов в подготовке материала к обучению, контроль за работой НС. Для реализации данной задачи создана рабочая веб-страница («веб-эксперт»).

Обучение и анализ нейросети классификации б (НСКб). В связи с высокой частотой встречаемости гемангиом среди отправленных пользователями изображений, принято решение обучить нейронную сеть распознаванию 5 различных нозологий. Разработанная архитектура НСКб обучалась на подготовленном датасете верифицированных (n=6000 обучающей выборки из n=7680 клинических изображений 4 нозологических единиц (невус, себорейная кератома, меланома, базальноклеточная карцинома) + (n=4694) верифицированных изображений 5 нозологических единиц 2 экспертами (невус, себорейная кератома, гемангиома, меланома, НМРК), полученных в результате обследования при проведении скрининга врачами с помощью тестовой версии мобильного приложения + (n=735) изображений, верифицированных патоморфологически из базы Университетской клиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России 5 нозологических форм (невус, себорейная кератома, гемангиома, меланома, НМРК). В результате была создана НСКб, способная классифицировать изображения с новообразованиями кожи по 5 нозологическим единицам (меланома, НМРК, себорейная кератома, невус и гемангиома). Данная версия НС была использована для создания рабочей версии мобильного приложения на платформах App store и Google play и была доступна для широкого использования пользователями на территории Российской Федерации. Анализ диагностической точности обученной версии НСКб на тестовом датасете, который включал 12 155 изображений, полученных от пользователей мобильного приложения. Каждое изображение проходило этап проверки качества изображения на предмет равномерности освещения и достаточного уровня резкости, затем направлялось на анализ обученной модели нейросети детекции, затем НСКб. Для определения показателей чувствительности и специфичности работы НС был подготовлен валидационный датасет, состоящий из 12 155 деперсонифицированных фотографий, отобранных

из изображений, присланных пользователями мобильного приложения «ПроРодинки» и 2-х наборов диагнозов по данным снимкам от Эксперта 1 и от Эксперта 2. Благодаря комплексу усовершенствований, примененных к нейросетевым моделям, создание нейросети детекции, удалось получить рост показателей чувствительности и специфичности работы НСКБ. Показатели чувствительности НСКБ составили 85,32% по диагнозам Эксперта 1, 86,97% по диагнозам Эксперта 2; специфичности – 88,92% для набора диагнозов Эксперта 1, 87,59% по диагнозам Эксперта 2.

Мобильное приложение за 24 месяца работы (с января 2021 г. по декабрь 2023 г.) проанализировало 740 242 обращения у 417 187 пользователей из 72 регионов России. Среди пользователей преобладали женщины (73,48%) со средним возрастом – 41 ± 15 лет. Большинство пользователей (65,21%) относились к 3 (37,61%) или 2 (27,60%) фототипам кожи по Фитцпатрику. Выделены регионы с активным использованием населением мобильного приложения: г. Москва и Московская область, г. Санкт-Петербург и Ленинградская область, г. Краснодар и Краснодарский край, г. Нижний Новгород и Нижегородская область. По проценту охвата населения выделены наиболее популярные регионы – г. Нижний Новгород и Нижегородская область, г. Калининград и Калининградская область, Ненецкий АО и Ямало-Ненецкий АО, г. Мурманск и Мурманская область.

Из проанализированных данных по распределению локализации новообразования можно выделить 4 наиболее частые области: нижняя часть туловища – 137 759 случаев (18,61%), переднее декольте – 115 413 случаев (15,59%), лицо – 103 811 случаев (14,02%), заднее декольте – 94 082 случаев (12,71%). Распределение по времени появления новообразований выглядело следующим образом: большинство пользователей отмечало, что новообразование появилось недавно – 219 530 (29,66%), меньший процент пользователей отмечало, что образование со временем стало меняться – 182 207 (24,61%), часть пользователей ответила, что элемент появился много лет назад – 94 042 (12,70%), меньший процент, что помнят с детства – 120 506 (16,28%), некоторые пользователи не смогли ответить на вопрос – 124 157 (16,77%).

Из 740 242 изображений выявлено подозрений на меланому – 9 428 случаев, средний возраст: $43,88 \pm 17$ лет для мужчин и $42,04 \pm 16$ лет для женщин; на НМРК – 7 050 случаев, средний возраст: $56,28 \pm 15$ лет для мужчин и $55,46 \pm 16$ лет для женщин.

Четыре наиболее частые локализации новообразований у пациентов с подозрением на НМРК как у женщин, так и у мужчин – 72,7% лицо, верхняя часть туловища, плечо, бедро; на меланому как у женщин, так и у мужчин – 64,59% верхняя часть туловища, плечо, бедро, голень.

Согласно статистическим данным, полученным при анализе места проживания пользователей мобильного приложения «ПроРодинки» выделены 4 региона с наибольшим количеством подозрений на ЗНО кожи. В г. Москва и Московской области с помощью

мобильного приложения было отмечено 2225 подозрений на меланому, на НМРК – 1621; в г. Нижний Новгород и Нижегородской области отмечено подозрений на меланому – 1170, на НМРК – 1042; в г. Санкт-Петербург и Ленинградской области отмечено подозрений на меланому – 670, на НМРК – 422; в г. Краснодар и Краснодарском крае отмечено подозрений на меланому – 673, на НМРК – 587.

При использовании критерия Манна-Уитни с уровнем значимости $p \leq 0,05$ не было обнаружено статистически значимых различий в возрасте возникновения подозрения на меланому и на НМРК между мужчинами и женщинами по данным, собранным с помощью мобильного приложения.

Информация о возрасте возникновения меланомы, полученная из статистических данных приложения «ПроРодинки», отличается от данных официальной статистики (Таблица 1). Несмотря на отсутствие морфологической верификации случаев подозрения на ЗНО кожи нейросетью, данные обращения были верифицированы двумя независимыми экспертами. Сравнение этих данных с официальной статистикой невозможно, однако можно предположить, что возраст возникновения меланомы и рака кожи может быть более ранним, чем по данным официальной статистики. Наблюдаемые результаты требуют дополнительных исследований для подтверждения данных. Была предпринята попытка оценить верифицированные случаи ЗНО кожи у пациентов на территории Нижегородской области, посетивших дерматолога или онколога, после получения уведомления о необходимости консультации специалиста через мобильное приложение. Анализ данных за 2021–2023 гг. по Нижегородской области показал, что с помощью мобильного приложения удалось выявить 241 случай меланомы, верифицированный морфологически, из них 85,5% на ранней стадии. Это значительно выше, чем по официальной статистике за этот период, где на ранней стадии было выявлено 77,9% случаев. Таким образом, использование мобильного приложения «ПроРодинки» способствует более раннему выявлению ЗНО кожи, что открывает перспективы для применения нейросетевых технологий в онкодерматологии.

Проведенный анализ 280 000 обращений с анкетными данными от пользователей (37,82% от общего числа пользователей) показал, что количество случаев ЗНО кожи ожидаемо увеличивается с возрастом как для мужчин, так и для и женщин. Для меланомы наиболее характерны следующие признаки: наличие более 20 невусов на одной руке и большой размер новообразований (> 6 мм), посещение солярия, для НМРК – анамнестические данные о светлом фототипе и солнечных ожогах

Таблица 1 – Данные официальной статистики и статистические данные приложения «ПроРодинки»

Диаг ноз	Данные приложения «ПроРодинк и»	Пол		Средний возраст (лет)		Данные официальной статистики	Пол		Средний возраст (лет)	
		Женский	Мужской	Женский	Мужской		Женский	Мужской	Женский	Мужской
Мела нома	9428 обращений	6466 обращений	2962 обращений	42,04±16	43,88±17	11412 обращений	6824 обращений	4588 обращений	61,8	62,4
Н МРК	7050 обращений	4721 обращений	2329 обращений	55,46±16	56,28±15	68459 обращений	42408 обращений	26051 обращений	68,2	70,1

Примечание: *за критический уровень значимости принят $p \leq 0,05$

ВЫВОДЫ

1. База для обучения нейросети создана на основе 7 680 верифицированных изображений новообразований кожи, что позволило создать нейросеть классификации с параметрами чувствительности – 70,47%, специфичности – 79,86%.

2. Оптимизация параметров работы нейросети классификации, создание нейросети детекции и дополнительные туры обучения позволили увеличить чувствительность работы нейросети до 85,32–86,97% %, специфичность – 88,92–87,59%.

3. Среди 417 187 пользователей мобильного приложения преобладали женщины 73,48% со средним возрастом – 41 ± 15 лет, II (27,60%) и III (37,61%) фототипов кожи по Фитцпатрику, преимущественно проживающие в мегаполисе.

4. Анализ обращений из 740 242 изображений позволил установить 9 428 (1,27%) подозрений на меланому у пользователей мужского и женского пола в возрасте $43,88 \pm 17$ лет и $42,04 \pm 16$ лет соответственно и 7 050 (0,95%) подозрений на НМРК у пользователей мужского и женского пола со средним возрастом $56,28 \pm 15$ лет и $55,46 \pm 16$ лет соответственно.

5. К факторам риска развития ЗНО кожи с подозрением на меланому относятся наличие у пользователей более 20 невусов на одной руке, солнечные ожоги и посещение солярия в анамнезе; с подозрением на НМРК – 1–2 фототип, солнечные ожоги в анамнезе.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для осуществления популяционного скрининга населения и усовершенствования методов ранней диагностики злокачественных новообразований кожи рекомендовано внедрение автоматизированного метода диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований кожи с использованием искусственного интеллекта с целью повышения качества и доступности медицинской помощи, обеспечения раннего выявления и своевременного лечения, снижения нагрузки на систему здравоохранения и расширения охвата населения, способного воспользоваться методом скрининга.

2. Для улучшения проведения популяционного скрининга населения на злокачественные новообразования кожи рекомендуется использовать калькулятор риска развития злокачественных опухолей кожи на базе мобильного приложения с целью повышения информированности, внимательности населения к своему здоровью, а также формирования дальнейшей тактики и индивидуальных рекомендаций для каждого пользователя.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Сергеев, Ю.Ю. Меланома кожи в 2019 г.: особенности клинической и дерматоскопической картины опухоли на современном этапе / Ю.Ю. Сергеев, В.Ю. Сергеев, В.В. Мордовцева, И.Л. Шлишко, И.Е. Синельников, В.Е. Добровольский, А.Д. Гетьман, Д.Г. Лучинина, О.Е. Гаранина, Р.В. Гришко, Д.С. Бейнусов, С.С. Якушенко, М.Ю. Евдокимов, **К.А. Ускова** // **Фарматека**. – 2020. – Т. 27. – № 8. – С. 28–35.
2. Макарычев, И.С. Случаи меланом под маской меланоцитарных невусов / И.С. Макарычев, Е.С. Бабушкина, **К.А. Ускова**, О.Е. Гаранина // *VolgaMedScience*. Сборник тезисов VI Всероссийской конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Нижний Новгород, 16–17 марта 2020 года. – С. 191–192.
3. Бабушкина, Е.С. Анализ контингента Научно-практического центра диагностики и лечения опухолей кожи Университетской клиники «ПИМУ» / Е.С. Бабушкина, **К.А. Ускова**, И.Л. Шлишко // *VolgaMedScience*. Сборник тезисов VI Всероссийской конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Нижний Новгород, 16–17 марта 2020 года. – С. 193–195.
4. Шлишко, И.Л. Искусственный интеллект: как работает и критерии оценки / И.Л. Шлишко, О.Е. Гаранина, И.А. Клеменова, **К.А. Ускова**, А.М. Миронычева, В.И. Дардык, В.Н. Ласьков // *Consilium Medicum*. – 2021. – Т. 23. – № 8. – С. 626–632.
5. Сайфуллина, В.А. Уровень информативности работников медицинских и немедицинских специальностей в вопросах профилактики, клиники и факторах риска злокачественных опухолей кожи / В.А. Сайфуллина, М.А. Валуева, **К.А. Ускова** // *VolgaMedScience*. Сборник тезисов VII Всероссийской конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Нижний Новгород, 16–18 марта 2021 года. – С. 236–238.
6. Незнахина, М.С. Алгоритм ведения новообразований кожи розового цвета у детей / М.С. Незнахина, О.Е. Гаранина, **К.А. Ускова**, И.А. Клеменова, М.В. Зорькина, И.Л. Шлишко // **Клиническая дерматология и венерология**. – 2022. – Т. 21. – № 4. – С. 526–531. [**Scopus**]
7. Маринина, А.О. Анализ структуры первичной обращаемости специализированного кабинета дерматолога-онколога / А.О. Маринина, Я.Л. Степанова, **К.А. Ускова** // *VolgaMedScience*. Сборник тезисов VIII Всероссийской конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Нижний Новгород, 17–18 марта 2022 года. – С. 150–152.
8. Степанова, Я.Л. Массовый скрининг работников медицинских организаций с целью выявления злокачественных опухолей кожи и определения факторов риска / Я.Л. Степанова, **К.А. Ускова**, И.Л. Шлишко // *VolgaMedScience*. Сборник тезисов VIII Всероссийской

конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Нижний Новгород, 17–18 марта 2022 года. – С. 154–156.

9. Вертьянова, А.Н. Злокачественная лентиго-меланома / А.Н. Вертьянова, М.А. Валуева, **К.А. Ускова** // VolgaMedCase. Сборник тезисов I Межрегиональной междисциплинарной научно-практической конференции по итогам производственной практики с международным участием. – Нижний Новгород, 20 октября 2022 года. – С. 38–40.

10. Маринина, А.О. Оценка уровня знаний врачей-ординаторов и студентов медицинских вузов в вопросах ранней диагностики злокачественных новообразований кожи / А.О. Маринина, **К.А. Ускова** // Санкт-Петербургские дерматологические чтения: Материалы XVI Научно-практической конференции дерматовенерологов и косметологов. – Санкт-Петербург, 27–28 октября 2022 года. – С. 81–82.

11. Ukharov, A.O. Skin cancer risk self-assessment using AI as a mass screening tool / A.O. Ukharov, I.L. Shlivko, I.A. Klemenova, O.E. Garanina, **К.А. Uskova**, A.M. Mironycheva, Y.L. Stepanova // **Informatics in Medicine Unlocked**. – 2023. – Vol. 38. – Art. 101223. [Scopus]

12. Короткий, С.С. Сравнительный анализ смартфон-приложений на базе искусственного интеллекта для самостоятельной оценки риска рака кожи / С.С. Короткий, О.А. Салтыкова, А.О. Ухаров, И.Л. Шливко, И.А. Клеменова, О.Е. Гаранина, **К.А. Ускова**, А.М. Миронычева, Я.Л. Степанова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – Т. 24. – № 3. – С. 262–270.

13. Сиводедова, Н.А. Обзор результатов опроса пользователей мобильного приложения «ПроРодинки», используемого для выявления злокачественных новообразований кожи на территории Нижегородской области / Н.А. Сиводедова, Н.Н. Карякин, С.В. Гамаюнов, **К.А. Ускова** // ОРГЗДРАВ: новости, мнения, обучение. Вестник ВШОУЗ. – 2023. – Т. 9. – № 4 (34). – С. 107–115.

14. Миронычева, А.М. Анализ согласованности мнений врачей в оценке дерматоскопических изображений актинического кератоза, болезни Боуэна, кератоакантомы и плоскоклеточного рака кожи / А.М. Миронычева, В.Ф. Лазукин, А.С. Гришин, О.Е. Гаранина, **К.А. Ускова**, Я.Л. Степанова, Е.А. Зиновьева, И.С. Макарычев, В.О. Томилов, Е.С. Слесарева, Е.А. Ждакова, Л.Э.К. Абдуллаева, И.А. Клеменова, И.Л. Шливко // **Вестник дерматологии и венерологии**. – 2024. – Т. 100. – № 3. – С. 26–36. [Scopus]

15. Миронычева, А.М. Применение мази диглицидил метилфосфоната для лечения актинического кератоза, болезни Боуэна и базальноклеточного рака кожи под контролем дерматоскопии / А.М. Миронычева, И.А. Клеменова, О.Е. Гаранина, **К.А. Ускова**, Я.Л. Степанова, В.О. Томилов, И.Л. Шливко // **Клиническая дерматология и венерология**. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 181–192. [Scopus]

16. **Ускова, К.А.** Искусственный интеллект как инструмент популяционного скрининга опухолей кожи / **К.А. Ускова**, О.Е. Гаранина, А.О. Ухаров, И.А. Клеменова, С.В. Гамаюнов, А.М. Миронычева, В.И. Дардык, А.В. Бурдаков, Я.Л. Степанова, В.А. Сайфуллина, С.С. Короткий, И.Л. Шливко // **Эффективная фармакотерапия.** – 2024. – Т. 29. – № 1. – С. 62–71.

17. **Ускова, К.А.** Возможности оптимизации скрининга новообразований кожи / **К.А. Ускова**, О.Е. Гаранина, А.О. Ухаров, И.А. Клеменова, С.В. Гамаюнов, А.М. Миронычева, В.И. Дардык, В.А. Сайфуллина, С.С. Короткий, И.Л. Шливко // **Медицинский альманах.** – 2024. – № 1 (78). – С. 69–75.

18. **Патент на изобретение № 2817636**, Российская Федерация, С1, МПК А61В 8/08; G61Н 50/00; G06Т 7/00* G06N 3/02. Способ автоматизированной дистанционной диагностики новообразования кожи / И.Л. Шливко, И.А. Клеменова, О.Е. Гаранина, А.М. Миронычева, **К.А. Ускова**, В.И. Дардык, А.В. Бурдаков, А.О. Ухаров, Е.В. Донченко. Патентообладатели: ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, ООО «АИМЕД». – 2022132927, заявл. 15.12.2022; **опубл. 17.04.2024, Бюл. № 11.**

19. **Патент на изобретение № 2814539**, Российская Федерация, С1, МПК G61Н 50/00; G06Т 7/00; G06N 3/02. Система диагностики злокачественных и доброкачественных новообразований кожи / И.Л. Шливко, И.А. Клеменова, О.Е. Гаранина, А.М. Миронычева, **К.А. Ускова**, Я.Л. Степанова, В.А. Сайфуллина, Е.В. Донченко, В.И. Дардык, А.В. Бурдаков, А.О. Ухаров, В.О. Шалаева. Патентообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 2022135010, заявл. 28.12.2022; **опубл. 29.02.2024, Бюл. № 7.**

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БКРК – базальноклеточный рак кожи
 ДНО – доброкачественное новообразование
 ЗНО – злокачественное новообразование
 ИИ – искусственный интеллект
 НМРК – немеланомный рак кожи
 НСКa – нейросеть классификации a
 НСКб – нейросеть классификации б
 FN – ложно отрицательный
 FP – ложно положительный
 TN – истинно отрицательный
 TP – истинно положительный