

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 618.19-006.6-07-039.11:004.8

ЛОСЬ
Дмитрий Михайлович

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ
ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

по специальности 14.02.03 – общественное здоровье и здравоохранение

Гомель, 2025

Научная работа выполнена в учреждении образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Научный руководитель: **Шаршакова Тамара Михайловна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКиП учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Официальные оппоненты: **Глушанко Василий Семенович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКиП учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

Тризна Наталья Михайловна, доктор медицинских наук, доцент, заведующий отделением (малоинвазивной хирургии) дневного пребывания государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова»

Оппонирующая организация: Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»

Защита состоится 10 июля 2025 года в 12.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 03.13.01 при учреждении образования «Гомельский государственный медицинский университет» (246000, ул. Федюнинского, 17, тел.: 8-0232-537115, e-mail: dissovet@gsmu.by).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет».

Автореферат разослан «09» июня 2025 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат медицинских наук, доцент

К.М.Семутенко

ВВЕДЕНИЕ

Рак молочной железы является одной из наиболее значимых медико-социальных проблем современности, занимая лидирующее место среди злокачественных новообразований у женщин во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения в 2022 году было зарегистрировано более 2,2 миллиона новых случаев рака молочной железы, а смертность от этого заболевания составила около 685 тысяч случаев [GLOBOCAN, 2022].

В Республике Беларусь рак молочной железы также остается ведущей онкологической патологией среди женского населения с устойчивым ростом заболеваемости, особенно в Гомельской области, где показатели заболеваемости увеличились с 71,5 до 111,8 на 100 тысяч женщин за период с 2013 по 2023 г. [Океанов А. Е. и др., 2023; Океанов А. Е. и др., 2024]. Высокая заболеваемость и смертность, а также социально-экономические последствия рака молочной железы подчеркивают необходимость разработки и внедрения инновационных подходов к раннему выявлению данной патологии.

Ключевым фактором, определяющим успех в борьбе с раком молочной железы, является своевременная диагностика, которая позволяет выявить заболевание на доклинических стадиях и значительно повысить шансы на успешное лечение. Маммографический скрининг остается «золотым стандартом» раннего выявления рака молочной железы, однако его эффективность ограничена рядом системных проблем, включая неравномерный доступ населения к диагностическим ресурсам, недостаточную квалификацию медицинского персонала, высокую вариабельность интерпретации маммограмм и значительные временные и финансовые затраты.

Современные достижения в области цифровых технологий, в частности технологии искусственного интеллекта, открывают новые перспективы для преодоления указанных ограничений. Исследования, проведенные в Соединенных Штатах Америки, Европе и Российской Федерации, подтверждают способность технологии искусственного интеллекта снижать количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов, оптимизировать нагрузку на медицинский персонал и повышать доступность диагностики в условиях ограниченных ресурсов [Саибу С. Ф., 2024].

Настоящее диссертационное исследование направлено на повышение эффективности раннего выявления рака молочной железы путем

интеграции технологии искусственного интеллекта в процессы маммографического скрининга, совершенствование организационных процессов и снижение экономической нагрузки на систему здравоохранения, что обуславливает его актуальность и своевременность.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научных исследований в Республике Беларусь.

Диссертационное исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы кафедры общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКиП учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» «Инновационные технологии формирования здоровья и благополучия населения в сфере общественного здравоохранения» (регистрационный номер: ГР 20161609 от 18.05.2016; срок реализации: 2016–2028 гг.).

Направления диссертационной работы соответствуют требованиям научного сопровождения Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 гг, Целям устойчивого развития Республики Беларусь до 2030 г. (в части реализации задач цели № 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте»), Государственной программы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг.

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Цель: усовершенствовать организацию раннего выявления рака молочной железы с использованием технологии искусственного интеллекта.

Задачи исследования:

1. Выявить региональные особенности заболеваемости, смертности и инвалидности от рака молочной железы.
2. Проанализировать установленные барьеры среди врачей и женского населения Гомельской области в раннем выявлении рака молочной железы.
3. Разработать, оценить и внедрить программно-аппаратный комплекс на основе технологии искусственного интеллекта для раннего выявления рака молочной железы.

4. Провести анализ эффективности организации раннего выявления рака молочной железы с применением разработанного программно-аппаратного комплекса.

Объект исследования: организации здравоохранения Гомельской области, занимающиеся диагностикой рака молочной железы; врачи организаций здравоохранения и женское население Гомельской области.

Предмет исследования: система организации раннего выявления рака молочной железы.

Научная новизна

Выявлены региональные особенности заболеваемости, смертности и инвалидности от рака молочной железы в Гомельской области.

Впервые выявлены и проанализированы барьеры в раннем выявлении рака молочной железы путем анкетирования врачей и женского населения Гомельской области.

Впервые разработан, оценен и внедрен в организацию раннего выявления рака молочной железы программно-аппаратный комплекс на основе технологии искусственного интеллекта.

Впервые проведен анализ эффективности организации раннего выявления рака молочной железы с применением разработанного программно-аппаратного комплекса.

Положения, выносимые на защиту

1. Выявленные региональные особенности заболеваемости, смертности и инвалидности от рака молочной железы, полученные на основе данных Белорусского канцер-регистра (БКР) за 2013–2023 гг., отражают устойчивый рост заболеваемости раком молочной железы в Гомельской области. Заболеваемость раком молочной железы в Гомельской области была значимо выше в период с 2015 по 2019 г. ($p < 0,001$), чем в других периодах исследования. Отмечена тенденция по темпам прироста заболеваемости раком молочной у жителей Гомельской области (по сравнению с общереспубликанскими показателями) и жителей села (по сравнению с городскими жителями) ($p > 0,05$).

Значительный рост заболеваемости раком молочной железы привел к росту показателей смертности от данной патологии в Республике Беларусь, которая увеличилась с $23,4 \pm 1,33$ ($24,5 \pm 1,56$ у жителей города и $19,7 \pm 2,51$ у жителей села) до $25,2 \pm 1,4$ ($26,1 \pm 1,6$ у жителей города и $21,8 \pm 2,85$ у жителей

села). Показатели смертности от рака молочной железы в Гомельской области увеличились с $22,4 \pm 3,35$ ($22,5 \pm 3,9$ у жителей города и $22,1 \pm 6,7$ у жителей села) до $26,5 \pm 3,7$ ($26,8 \pm 4,3$ у жителей города и $25,4 \pm 7,9$ у жителей села). В Республике Беларусь смертность от рака молочной железы за 2013–2023 гг. была статистически значимо выше у городских жителей по сравнению с сельскими, кроме 2015, 2018, 2021 и 2022 г., в Гомельской области различий между показателями смертности городского и сельского населения не отмечалось. Смертность от рака молочной железы в Гомельской области была значимо выше в периоды с 2015 по 2019 г. ($p=0,04$), с 2020 по 2023 г. ($p=0,04$).

Общее количество случаев первичной инвалидности среди женского населения старше 18 лет увеличилось с 224 в 2014 г. до 300 в 2023 г. Показатель тяжести первичной инвалидности снизился с 69,2 на 10 тыс. населения в 2014 г. до 46,0 на 10 тыс. населения в 2023 г. ($p<0,001$).

2. Анализ результатов проведенного социологического исследования среди врачей и женского населения Гомельской области выявил барьеры, затрудняющие раннее выявление рака молочной железы. Установлено, что 34,4% пациентов ожидают маммографию более недели из-за дефицита оборудования и перегруженности диагностических служб, 23,4% врачей отмечают разрывы в информационном взаимодействии между специалистами маммографических кабинетов, гинекологами и онкологами, что нарушает преемственность оказания медицинской помощи. Низкий уровень навыков пальпации молочных желез у 27,9% специалистов и отсутствие унифицированных протоколов контроля за повторными обращениями пациентов к врачу (30,4 % учреждений не отслеживают посещения онкологического диспансера) повышают риск выявления рака молочной железы в III-IV стадиях.

Со стороны женского населения только 8,2% ($p<0,001$) респондентов указали, что маммографию с целью раннего выявления рака молочной железы необходимо проходить с 50 лет. Установлено, что 22,4% ($p<0,001$) респондентов не получали информацию о раннем выявлении рака молочной железы на амбулаторном этапе оказания медицинской помощи, 57,4% ($p<0,001$) не знают о реализации программы раннего выявления рака молочной железы в Республике Беларусь.

3. Разработанный программно-аппаратный комплекс «Faust View» на основе технологии искусственного интеллекта обладает высокой диагностической точностью. Алгоритм показал значения площади под ROC-кривой (AUC ROC) от 0,928 (95% доверительный интервал (95% ДИ): 0,862; 0,994) до 0,946 (95% ДИ: 0,887; 1) при интерпретации изображений,

что превосходит точность врача-рентгенолога со стажем до 5 лет (AUC от 0,856 (95% ДИ: 0,771; 0,941) до 0,910 (95% ДИ: 0,838; 0,982) и сопоставимо с оценками эксперта со стажем более 10 лет. С помощью технологии искусственного интеллекта эффективно выявляются микрокальцинаты, архитектурные искажения и другие ранние признаки рака молочной железы, автоматически происходит их классификация по шкале BI-RADS, что снижает вероятность субъективных ошибок. Время анализа одного снимка алгоритмом составляет 15 ± 3 секунды, что значительно быстрее, чем при традиционном подходе (20 минут на описание маммографических изображений молочных желез одним врачом-рентгенологом). Внедрение технологии искусственного интеллекта как «параллельного ассистента» или инструмента сортировки маммографических изображений позволяет улучшить раннее выявление рака молочной железы, повысить доступность качественной диагностики.

4. Интерпретация маммографических изображений с применением технологии искусственного интеллекта (метод с одним врачом и «Faust View») снижает себестоимость диагностики с 23,39 руб. до 11,69 руб. на одного пациента. Предлагаемая технология снижает временные затраты с 40 минут до 20 минут в интерпретации маммографических изображений. Инвестиции в разработку технологии искусственного интеллекта в размере 997 592,59 руб. окупаются за 1,74 года при обработке 44 793 исследований ежегодно. Использование технологии искусственного интеллекта способствует усовершенствованию раннего выявления рака молочной железы, обеспечивает улучшение профессиональных навыков медицинских работников и особенно актуально для сельских районов.

Личный вклад соискателя ученой степени

Диссертация является результатом самостоятельного научного исследования автора. Совместно с научным руководителем определены цель, задачи, положения, выносимые на защиту, результаты и выводы, объем и методы исследования. Автором проведен патентно-информационный поиск, аналитический обзор литературы по изучаемой проблеме, составлена программа исследования, собран статистический материал и произведена его статистическая обработка, создан программный продукт, выполнено анкетирование экспертов (участие автора 100%).

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на: Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы медицины» (г. Гомель, 11 ноября 2022 г.), IX Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Современные подходы к продвижению здоровья» (г. Гомель, 13 октября 2023 г.), Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы медицины» (г. Гомель, 10 ноября 2023 г.), Общероссийской конференции «Современная онкология: из центра в регионы-IV» (Российская Федерация, г. Курск, 30–31 мая 2024 г.), Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы медицины» (г. Гомель, 13 ноября 2024 г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Традиции и инновации онкологической помощи» (г. Воронеж, 12–13 декабря 2024 г.), Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Школа специалистов медицинской визуализации: комплексный подход в диагностике заболеваний» (г. Гомель, 3–4 апреля 2025 г.), Республиканском семинаре «Современные подходы к созданию здоровьесберегающей среды для сохранения и укрепления здоровья» (г. Минск, 15 апреля 2025 г.).

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическое здравоохранение (совместный приказ главного управления по здравоохранению Гомельского облисполкома и учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» от 31.12.2024 № 577/2015 «О совершенствовании мероприятий по медицинской профилактике рака молочной железы»; 4 акта внедрения) и в учебный процесс в учреждении образования «Гомельский государственный медицинский университет» (3 акта внедрения).

Программное обеспечение «Faust View» внесено в реестр национального центра интеллектуальной собственности (свидетельство о регистрации и депонировании объекта авторского права от 25.06.2024 № 1747-КП).

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 9 статьях, из них 8 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований (2 статьи опубликованы в моноавторстве), 1 статья –

в сборнике научных трудов и материалах конференции; общий объем публикаций – 6,59 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 86 страницах компьютерного текста и состоит из введения; общей характеристики работы; основной части, включающей 5 глав, в том числе аналитический обзор литературы, материал и методы исследования, результаты собственных исследований, изложенные в главах 3, 4 и 5; заключения; списка использованных источников и приложений. Диссертация содержит 14 таблиц, 28 рисунков, 20 формул, 22 приложения. Список использованных источников включает 123 источника (52 – на русском языке, 71 – на английском языке) и список публикаций соискателя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проведенный аналитический обзор литературы показал, что теоретические аспекты и результаты экспериментальных исследований по применению технологии искусственного интеллекта (ТИИ) в раннем выявлении рака молочной железы (РМЖ) освещаются в научных публикациях достаточно широко. Однако вопросы внедрения и реального применения данной технологии в практическом здравоохранении, а также оценка ее клинической эффективности и экономической целесообразности изучены недостаточно [1–А, 8–А].

Материал и методы исследования

Исследование проводилось ретроспективно и проспективно, основывалось на данных БКР группы канцер-регистра государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова» № 0073, № 0072, № 0047, № 0047а, № 0048 и № 0079а за период с 2013 по 2023 г., данных республиканской информационно-аналитической системы «Медицинская экспертиза и реабилитация».

Для реализации поставленной цели использовались следующие методы исследования: эпидемиологический, социологический, статистический, графический, экономический, метод экспертных оценок.

Исследование состояло из 3 этапов:

1-й этап – анализ показателей заболеваемости, смертности и инвалидности от РМЖ за период с 2013 по 2023 г.

2-й этап – исследование информированности женского населения Гомельской области по вопросам осведомленности о раннем выявлении РМЖ, влиянии различных факторов образа жизни на развитие РМЖ.

В анкетировании женского населения Гомельской области приняли участие 317 женщин, 61,51% из них приходилось на возрастную группу 39–60 лет, еще 70 женщин (22,1%) были в возрасте 18–38 лет и 52 женщины (16,4%) – в возрастной группе старше 60 лет.

Проведен экспертный опрос врачей общей практики, врачей-онкологов, и врачей других специальностей по вопросам организации раннего выявления РМЖ. Исследование охватило 337 медицинских работников из 20 районов Гомельской области и г. Гомеля, отобранных по методу целенаправленной выборки с учетом их вовлеченности в процессы раннего выявления РМЖ.

3-й этап – оценка эффективности внедрения ТИИ в процесс раннего выявления РМЖ. Внедряемая ТИИ базируется на системе автоматизированного анализа маммографических изображений с использованием программного стека Python с интеграцией модулей на C++ для оптимизации ресурсоемких операций обработки изображений. Основой для работы с DICOM-стандартом (Digital Imaging and Communications in Medicine) послужила библиотека PyDiCom, обеспечивающая декодирование метаданных и нормализацию входных данных. Критически важным аспектом стало соответствие разработанного программно-аппаратного комплекса на основе технологии искусственного интеллекта международным стандартам ISO 12052:2017, гарантирующее корректную интерпретацию медицинских изображений независимо от источника их получения.

На 1-м этапе исследования использовались методы дескриптивной статистики для оценки общей заболеваемости и смертности от РМЖ, а также аналитические методы для выявления тенденций и корреляций между различными факторами. Проанализированы данные о степени инвалидности, связанной с РМЖ, включая статистику по первичной инвалидности (ПИ). Для оценки динамики и прогноза показателей использовался анализ темпов прироста на основе линейной (изменения количества случаев в год) или экспоненциальной (среднегодовое изменение заболеваемости в процентах в год (annual percent change – APC)) моделей регрессии. Оценка APC показателя проводилась методом построения 95% ДИ. Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью программ Microsoft Office Excel 2016 и WinPepi V.9.2. Оценка достоверности различий частот встречаемости признаков проводилась с

использованием точного критерия Фишера. Данные представлены в виде показателей и 95% ДИ, построенного с использованием хи-квадрат (χ^2), z, Пуассона и биномиального критериев в зависимости от вида распределения признака.

На 2-м этапе исследования данные обрабатывались с применением количественного анализа для оценки процентного распределения ответов и качественного контент-анализа для интерпретации открытых предложений. Статистическая обработка выполнена с использованием пакета SPSS v.26. Для выявления взаимосвязей применялись критерий χ^2 и корреляционный анализ Пирсона. Графическая визуализация данных реализована в формате диаграмм и таблиц сопряженности.

На 3-м этапе оценку точности программного комплекса на основе ТИИ проводили относительно врача и эксперта путем расчета следующих метрик: AUC ROC, точности, чувствительности и специфичности. Все количественные расчеты совпадений, расхождений, коэффициента Каппа - Коэна, а также расчеты метрик (операционных характеристик): ложноположительные результаты, ложноотрицательные результаты, истинноположительные результаты, истинноотрицательные результаты, AUC ROC, точности, чувствительности и специфичности – проводили с использованием языка программирования R и библиотек epiR, caret, pROC. Для проведения сравнительной оценки экономических затрат были рассмотрены два метода описания маммографических изображений: 1-й метод – традиционный, описание маммографических изображений с участием двух врачей-рентгенологов; 2-й метод – описание маммографических изображений с участием одного врача-рентгенолога и с применением ТИИ. Был использован анализ «минимизации затрат» - частный случай анализа «затраты – эффективность», при котором проводят сравнительную оценку технологий, характеризующихся идентичной эффективностью, но разной стоимостью.

Результаты собственных исследований

Результаты наших исследований показали, что РМЖ имеет наивысшие показатели заболеваемости среди всех видов злокачественных новообразований (ЗНО) в Гомельской области, составляя 111,8 на 100 тыс. населения. За период с 2013 по 2023 г. наблюдается устойчивый рост заболеваемости РМЖ – с 558 случаев в 2013 г. до 810 случаев в 2023 г. Средний возраст пациентов увеличился с 60,8 года до 62 лет. РМЖ занимает одно из лидирующих мест по показателям смертности среди всех видов ЗНО в Гомельской области, составляя 22,8 на 100 тыс. населения (рисунок 1).

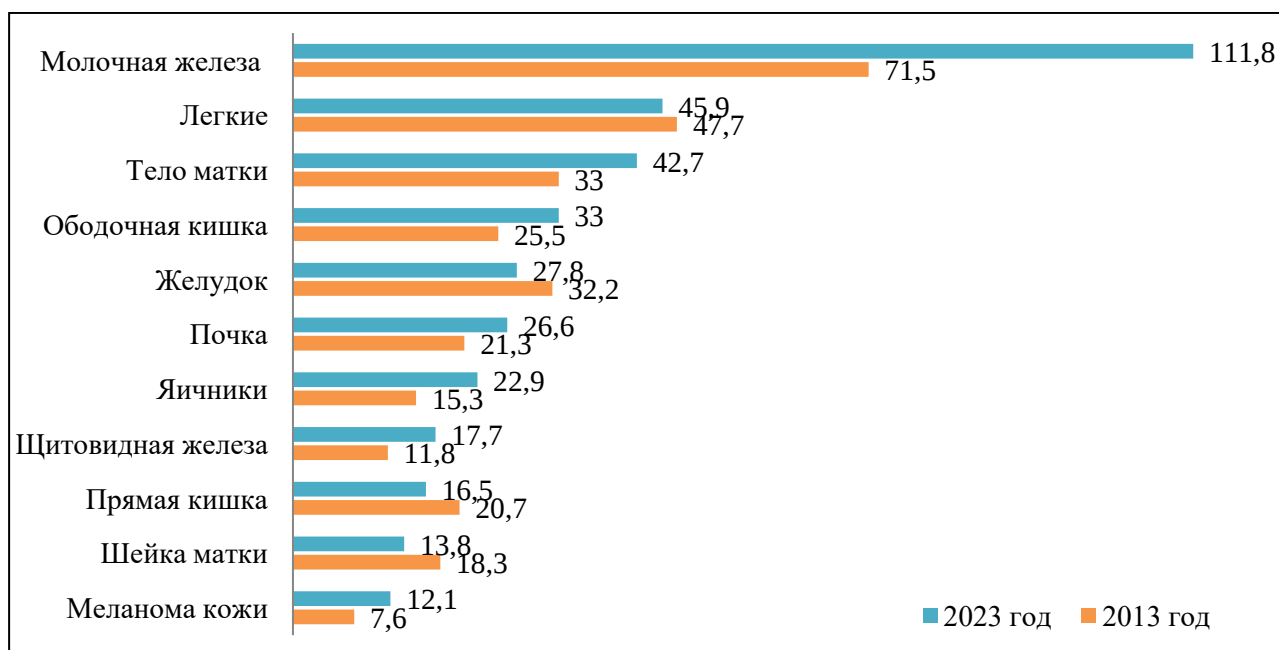


Рисунок 1 – Показатели заболеваемости различными ЗНО в Гомельской области на 100 тыс. населения в 2013 и 2023 г.

Количество случаев ПИ вследствие РМЖ также имеет тенденцию к росту. Показатель ПИ на 10 тыс. населения увеличился с 1,94 в 2014 г. до 2,79 в 2023 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели первичной инвалидности населения Гомельской области старше 18 лет вследствие РМЖ за 2014–2023 гг.

Год	1-я группа	2-я группа	3-я группа	Всего	Тяжесть ПИ	ПИ на 10 тыс. нас.
2014	27	128	69	224	69,2	1,94
2015	22	164	66	252	73,8	2,19
2016	18	129	75	222	66,2	1,94
2017	16	160	94	270	65,2	2,37
2018	8	150	136	294	53,7	2,59
2019	17	136	142	295	51,9	2,62
2020	10	94	115	219	47,5	1,95
2021	23	117	128	268	52,2	2,44
2022	23	115	150	288	47,9	2,65
2023	32	106	162	300	46,0	2,79

В то же время индекс тяжести ПИ снизился, что может свидетельствовать о повышении качества лечения и реабилитации. РМЖ вызывает значительные физические, психологические и социальные проблемы, приводящие к социальной изоляции пациентов.

Для эффективной борьбы с РМЖ предложены мероприятия по раннему выявлению и социальной поддержке пациентов. Продолжение мониторинга и анализа эпидемиологических данных способствует разработке и внедрению наиболее эффективных стратегий для снижения заболеваемости, смертности и инвалидности от РМЖ [4–А; 6–А].

Результаты исследования выявили значительные пробелы в осведомленности женского населения о возрастных пиках заболеваемости РМЖ и модифицируемых факторах риска (ожирение, гиподинамия, табакокурение). Это определяет необходимость реализации образовательных программ, направленных на популяризацию превентивных мер и коррекции образа жизни.

Параллельно выявлены барьеры в информировании о скрининговых программах: 91,8% участников исследования не знакомы с существующими алгоритмами профилактики РМЖ, несмотря на получение общей информации в поликлиниках. Это свидетельствует о потребности в повышении компетенций врачей первичного звена и активном использовании цифровых платформ для массового просвещения.

К организационным проблемам относятся фрагментированность системы маршрутизации: 30,4% учреждений не осуществляют контроль за посещением пациентами онкодиспансеров, а 75,1% врачей направляют пациентов в онкологический диспансер без проведения предварительной пункции, увеличивая сроки диагностики. Решением является внедрение единой электронной системы с автоматическим мониторингом и централизацией анализа маммограмм.

В клинической практике обнаружен дисбаланс в качестве первичной диагностики: 27,9% специалистов отметили недостаточные навыки пальпации молочных желез, а 23,5% тратят на их осмотр менее минуты.

Критическим барьером остается доступность диагностики: 34,4% пациентов ожидают маммографию более недели, 51,2% вынуждены обращаться к платным услугам из-за дефицита оборудования. Для устранения проблемы требуется расширение аппаратного парка, создание мобильных скрининговых бригад и оптимизация логистики.

Психосоциальные аспекты также требуют коррекции: 91,3% врачей ограничиваются минимальным информированием пациентов о предполагаемом диагнозе, а 55% используют неоднозначные формулировки в направлениях на консультацию. Внедрение тренингов по коммуникации для врачей улучшает приверженность пациентов лечению.

Реализация предложенных мер (цифровизация процессов, стандартизация протоколов, обучение персонала) сокращает

диагностические задержки и повышает выявляемость РМЖ на ранних стадиях [2–А; 7–А].

Внедрение ТИИ продемонстрировало высокую диагностическую эффективность, сопоставимую с эффективностью интерпретации маммографических изображений врачами-экспертами. Значения AUC ROC для ТИИ составили 0,93–0,95 (правая и левая молочная железа), что превышает показатели врачей-рентгенологов с небольшим стажем работы (AUC=0,86–0,91) (рисунок 2).

Чувствительность и специфичность ИИ достигла 86–89% и 100% соответственно, что подтверждает его способность минимизировать ложноположительные результаты. Коэффициент Каппа – Коэна показал высокую степень согласованности результатов между ТИИ и экспертом, особенно для BI-RADS 1–2. В бинарных шкалах (наличие/отсутствие патологии) ТИИ демонстрирует сопоставимую с врачом точность, что позволяет рассматривать ее как инструмент для двойного чтения.

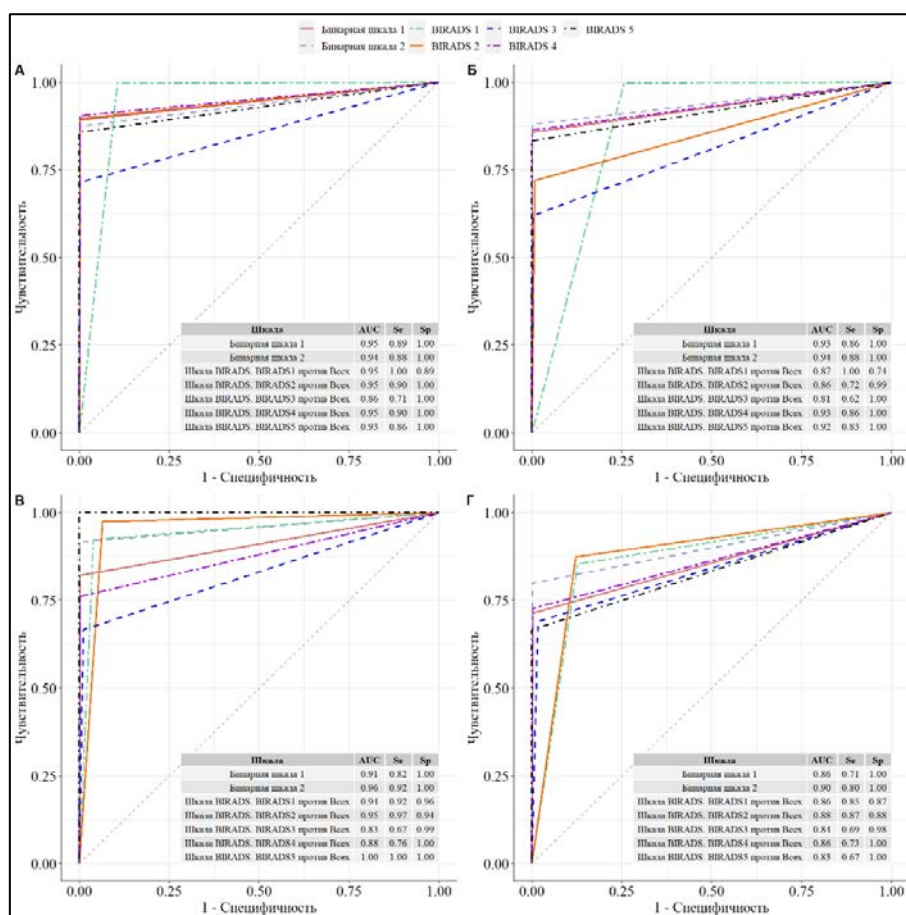


Рисунок 2 – Объединенные ROC-кривые для сравнения диагностической эффективности врача и программно-аппаратного комплекса

Использование ТИИ вместо второго врача-рентгенолога снижает себестоимость диагностики в 2 раза (с 23,38 до 11,69 руб. на одного пациента).

ТИИ позволяет сократить время интерпретации маммографических изображений и снизить нагрузку на врачей-рентгенологов. Программно-аппаратный комплекс способен выполнять функции «параллельного ассистента», выделяя подозрительные области и уменьшая риск пропуска патологий. Внедрение ТИИ повышает доступность качественной диагностики РМЖ, что важно для раннего выявления РМЖ.

Внедрение ТИИ в качестве вспомогательного инструмента для двойного чтения является важным компонентом совершенствования оказания медицинской помощи населению в Гомельской области. Разработанный программно-аппаратный комплекс также используется для первичной сортировки маммографических изображений с выделением подозрительных случаев для углубленного анализа. Следует отметить, что при использовании ТИИ крайне важен регулярный аудит работы алгоритма с участием экспертов для коррекции ошибок и постоянного обучения программно-аппаратного комплекса на основе ТИИ [8–А].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Проведенный анализ региональных особенностей заболеваемости, смертности и инвалидности от РМЖ в Гомельской области за 2013–2023 гг. выявил устойчивый рост заболеваемости РМЖ – с 558 случаев в 2013 г. до 810 случаев в 2023 г. РМЖ имеет наивысшие показатели заболеваемости среди всех видов ЗНО в Гомельской области, составляя 111,8 на 100 тыс. населения. В 2013 г. было выявлено 3870 случаев РМЖ в Республике Беларусь, из которых 554 случая – в Гомельской области, в 2023 г. количество зарегистрированных случаев РМЖ выросло до 5656, из которых 865 – в Гомельской области. Темп прироста составил $128,4 \pm 29,8$ случая в год в Республике Беларусь и $19,4 \pm 6,4$ случая в год в Гомельской области, что составляло 2,8% (1,37–4,2) в год для Республики Беларусь и 2,8% (0,69–4,85) в год в Гомельской области (темпы прироста в Республике Беларусь и Гомельской области достоверно не различались). Средний возраст пациентов увеличился с 60,8 года до 62 лет [3–А].

Рак молочной железы занимает одно из лидирующих мест по показателям смертности среди всех видов ЗНО в Гомельской области, составляя 22,8 на 100 тыс. населения.

Показатели смертности в Гомельской области увеличились с $22,4 \pm 3,35$ ($22,5 \pm 3,88$ у жителей города и $22,12 \pm 6,69$ у жителей села) до $26,5 \pm 3,74$ ($26,8 \pm 4,25$ у жителей города и $25,4 \pm 7,88$ у жителей села). При этом, если смертность в Республике Беларусь была статистически значимо выше у городских жителей по сравнению с сельскими, кроме 2015, 2018, 2021 и 2022 г., то в Гомельской области различий между показателями смертности городского и сельского населения не отмечалось. Смертность была значимо выше в Гомельской области за весь период с 2015–2019 гг. ($p=0,04$), в 2020–2023 гг. ($p=0,04$).

Показатель ПИ на 10 тыс. населения увеличился с 1,94 в 2014 г. до 2,79 в 2023 г. Рак молочной железы вызывает значительные физические, психологические и социальные трудности, приводящие к социальной изоляции пациентов. Особенно уязвимы пациенты трудоспособного возраста, для которых инвалидность имеет серьезные социально-экономические последствия [4–А; 6–А].

2. Анализ барьеров в раннем выявлении РМЖ выявил значительные пробелы в осведомленности женского населения о возрастных пиках заболеваемости РМЖ и модифицируемых факторах риска (ожирение, гиподинамия, табакокурение), длительное ожидание проведения маммографии (34,4% пациентов ожидают ее проведения более недели), пробелы в информационном обмене между медицинскими работниками (23,4% врачей отметили нарушения преемственности в оказании медицинской помощи), недостаточную подготовку врачей к пальпации молочных желез (27,9% врачей имеют низкий уровень навыков) и отсутствие унифицированных протоколов контроля за повторными обращениями (30,4% учреждений не отслеживают случаи посещения пациентами онкодиспансера). Эти факторы увеличивают риск пропуска патологий на ранних стадиях, что подтверждает необходимость системных изменений, включая цифровизацию процессов, стандартизацию диагностики и внедрение ТИИ для недопущения врачебных ошибок и оптимизации маршрутизации пациентов.

Выявлены барьеры в информировании населения о скрининговых программах: 91,8% участников исследования не знакомы с существующими алгоритмами раннего выявления РМЖ, несмотря на получение общей информации в поликлиниках. Только 26 респондентов (8,2% от общего числа опрашиваемых) указали, что маммографию с профилактической целью необходимо проходить с 50 лет. Четверть респондентов (24,29%) утверждает, что прохождение маммографического исследования с целью

раннего выявления РМЖ нужно начинать с 20 лет, 110 (34,7%) – с 39 лет и еще 102 (32,18%) – с 45 лет.

Не получали информации в поликлинике о раннем выявлении РМЖ более 70 респондентов (22,4%), 182 респондента (57,4 %) не знают о реализации программы раннего выявления РМЖ в Республике Беларусь.

Организационной проблемой является фрагментированность системы маршрутизации: 75,1% врачей направляют пациентов в онкодиспансеры без проведения предварительной пункции, увеличивая сроки диагностики. Решением может стать внедрение единой электронной системы с автоматическим мониторингом и централизацией анализа маммограмм [2–А; 7–А].

3. Оценка диагностической эффективности программно-аппаратного комплекса «Faust View», основанного на ТИИ, проведенная на 1147 цифровых маммограммах в Гомельской области в октябре-декабре 2024 г., показала высокую точность алгоритма. Значения AUC ROC составили 0,93–0,95, что превосходит точность врачей-рентгенологов со стажем до 5 лет (AUC 0,86–0,91) и сопоставимо с оценками экспертов со стажем более 10 лет. ТИИ эффективно выявляет микрокальцинаты, архитектурные искажения и другие ранние признаки РМЖ, автоматически классифицируя их по шкале BI-RADS с чувствительностью 86–89% и специфичностью до 100%. Время анализа одного снимка программно-аппаратным комплексом составляет 15 секунд, что в десятки раз быстрее традиционного подхода (20 минут на описание маммографических изображений молочных желез одним врачом-рентгенологом). Эти результаты особенно значимы в условиях высокой нагрузки на медицинских работников. Использование ТИИ в качестве «параллельного ассистента» или инструмента сортировки маммограмм позволяет повысить доступность качественной диагностики, минимизировать пропуск патологий и снизить вариабельность интерпретаций [8–А].

4. Проведенный экономический анализ, выполненный с использованием метода минимизации затрат, продемонстрировал, что интерпретация маммограмм с применением ТИИ снижает себестоимость диагностики с 23,39 до 11,69 руб. на пациента, то есть в два раза по сравнению с традиционным методом двойного чтения. Это достигается за счет сокращения временных затрат (с 40 до 20 минут на врача плюс 15±3 секунды на ТИИ) и уменьшения нагрузки на медицинских работников. Полученные результаты показывают, что затраты на разработку программно-аппаратного комплекса в размере 997 592,59 руб. окупаются за 1,74 года при обработке 44 793 исследований ежегодно, что подтверждает

долгосрочную экономическую выгоду. Для охвата скринингом РМЖ женщин в возрасте 50–69 лет использование ТИИ позволяет оптимизировать ресурсы без потери качества диагностики [8–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Проведенное диссертационное исследование, направленное на разработку и внедрение ТИИ в раннее выявление РМЖ, предоставило научно обоснованные результаты, которые имеют значительный потенциал для практического применения в системе общественного здравоохранения. На основе результатов исследования разработаны следующие рекомендации по практическому использованию, ориентированные на совершенствование системы раннего выявления РМЖ в Гомельской области и других регионах Республики Беларусь.

1. Для увеличения охвата женского населения маммографическим скринингом рекомендуется использование программно-аппаратного комплекса на основе ТИИ «Faust View» в соответствии с методическими рекомендациями.

2. Внедрение ТИИ в качестве инструмента для двойного чтения или сортировки маммографических изображений позволит повысить доступность качественной диагностики, особенно в сельских районах с ограниченными ресурсами, и минимизировать пропуск РМЖ на I–II стадиях.

3. Рекомендуется внедрение программно-аппаратного комплекса на основе ТИИ в централизованные цифровые платформы для координации маршрутизации пациентов, включая интеграцию данных маммографии, гинекологических осмотров и онкологического учета.

4. Для повышения эффективности диагностики и работы с ТИИ в клинической практике рекомендуется разработать и внедрить программы подготовки и переподготовки медицинских работников. Данные образовательные инициативы должны быть интегрированы в учебные планы подготовки врачей медико-диагностического профиля. Освоение использования ТИИ позволит медицинским работникам использовать алгоритмы машинного обучения в качестве «параллельного ассистента» или инструмента сортировки результатов инструментальных исследований. Реализация указанных мер будет способствовать минимизации субъективного фактора в диагностике и повышению точности выявления патологий, особенно в условиях нехватки квалифицированных врачей-рентгенологов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных журналах

1–А. Лось, Д. М. Организационно-функциональная модель оказания специализированной медицинской помощи пациентам со злокачественными новообразованиями молочной железы / Д. М. Лось // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2022. – № 4. – С. 41–51.

2–А. Лось, Д. М. Оценка осведомленности женского населения Гомельской области о профилактике и ранней диагностике рака молочной железы / Д. М. Лось, В. С. Волчек // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2023. – № 2 (30). – С. 106–110.

3–А. Оценка реализации скрининговых программ по раннему выявлению рака молочной железы и рака шейки матки в Гомельской области / В. С. Волчек, Т. М. Шаршакова, В. Н. Беляковский, Д. М. Лось, Л. П. Зайцева // Проблемы здоровья и экологии. – 2023. – Т. 23, № 4. – С. 88–97.

4–А. Волчек, В. С. Динамика заболеваемости и смертности от рака в Гомельской области: статистический анализ и прогноз с использованием модели ARIMA до 2030 г. / В. С. Волчек, Т. М. Шаршакова, Д. М. Лось // Проблемы здоровья и экологии. – 2024. – Т. 21, № 1. – С. 102–115.

5–А. Шаршакова, Т. М. Комплексная реабилитация пациентов с постмастэктомическим синдромом: методические и организационные подходы / Т. М. Шаршакова, Д. М. Лось, И. Г. Лисицкая // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2024. – № 2. – С. 54–62.

6–А. Лось, Д. М. Эпидемиология рака молочной железы в Гомельской области: заболеваемость, смертность и инвалидизация / Д. М. Лось // Проблемы здоровья и экологии. – 2024. – Т. 21, № 3. – С. 87–93.

7–А. Лось, Д. М. Оптимизация ранней диагностики рака молочной железы: результаты опроса медицинских работников / Д. М. Лось, Т. М. Шаршакова, К. Д. Сенчук // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2025. – № 1. – С. 68–74.

8–А. Лось, Д. М. Применение искусственного интеллекта в диагностике рака молочной железы / Д. М. Лось, Т. М. Шаршакова // Наука и инновации. – 2025. – № 3 (265). – С. 76–83.

Статьи в сборниках научных трудов, материалах конференций

9–А. Лось, Д. М. Характеристика контингента заболевших раком молочной железы с учетом скрининга в Гомельской области в 2016–2018 гг. /

Д. М. Лось, С. О. Курбатова, А. С. Селюнина // Проблемы и перспективы развития современной медицины : сб. науч. ст. XI Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов и молодых ученых, г. Гомель, 2–3 мая. 2019 г. : в 2 т. / Гомел. гос. мед. ун-т ; редкол. : А. Н. Лызиков [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2019. – Т. 1. – С. 51–53.

РЭЗІЮМЭ
Лось Дзмітрый Міхайлавіч

**Арганізацыя ранняга выяўлення рака малочнай залозы з ужываннем
тэхналогіі штучнага інтэлекту**

Ключавыя словы: рак малочнай залозы, ранняе выяўленне, тэхналогія штучнага інтэлекту.

Мэта: удасканалваць арганізацыю ранняга выяўлення рака малочнай залозы з выкарыстаннем тэхналогіі штучнага інтэлекту.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура:

Для рэалізацыі пастаўленай мэты выкарыстоўваліся наступныя метады даследавання: эпідэміялагічны, сацыялагічны, графічны, эканамічны, метады экспертных ацэнак, эканамічны.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выяўлены рэгіянальныя асаблівасці захворвання, смяротнасці і інваліднасці ад раку малочнай залозы ў Гомельскай вобласці.

Упершыню выяўлены і прааналізаван бар'еры ў раннім выяўленні рака малочнай залозы шляхам анкетавання ўрачоў і жаночага насельніцтва Гомельскай вобласці.

Упершыню распрацаваны, ацэнены і ўкаранёны ў арганізацыю ранняга выяўлення рака малочнай залозы праграма-апаратны комплекс на аснове тэхналогіі штучнага інтэлекту.

Упершыню праведзены аналіз эфектыўнасці арганізацыі ранняга выяўлення рака малочнай залозы з ужываннем распрацаванага праграма-апаратнага комплексу.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: тэхналогія штучнага інтэлекту ў раннім выяўленні рака малочнай залозы прызначана для прымянення спецыялістамі ў галіне анкалогіі і прамянёвай дыягностыкі ў арганізацыях аховы здароўя, установах, якія ажыццяўляюць дыягнастычныя і лячэбныя мерапрыемствы.

Вобласць ужывання: грамадскае здароўе і ахова здароўя, анкалогія, прамянёвая дыягностыка.

РЕЗЮМЕ

Лось Дмитрий Михайлович

Организация раннего выявления рака молочной железы с применением технологии искусственного интеллекта

Ключевые слова: рак молочной железы, раннее выявление, технология искусственного интеллекта.

Цель: совершенствовать организацию раннего выявления рака молочной железы с использованием технологии искусственного интеллекта.

Методы исследования и использованная аппаратура:

Для реализации поставленной цели использовались следующие методы исследования: эпидемиологический, социологический, графический, экономический, метод экспертных оценок, экономический.

Полученные результаты и их новизна: выявлены региональные особенности заболеваемости, смертности и инвалидности от рака молочной железы в Гомельской области.

Впервые выявлены и проанализированы барьеры в раннем выявлении рака молочной железы путем анкетирования врачей и женского населения Гомельской области.

Впервые разработан, оценен и внедрен в организацию раннего выявления рака молочной железы программно-аппаратный комплекс на основе технологии искусственного интеллекта.

Впервые проведен анализ эффективности организации раннего выявления рака молочной железы с применением разработанного программно-аппаратного комплекса.

Рекомендации по использованию: технология искусственного интеллекта в раннем выявлении рака молочной железы предназначена для применения специалистами в области онкологии и лучевой диагностики в организациях здравоохранения, учреждениях, осуществляющих диагностические и лечебные мероприятия.

Область применения: общественное здоровье и здравоохранение, онкология, лучевая диагностика.

SUMMARY

Los Dmitry Mikhailovich

Organization of early detection of breast cancer using artificial intelligence technology

Key words: breast cancer, early detection, artificial intelligence technology.

Objective: improve the organization of early detection of breast cancer using artificial intelligence technology.

Research methods and equipment used: The following research methods were used to realize the set goal: epidemiological, sociological, graphic, economic, method of expert evaluations, economic.

The results obtained and their novelty: regional peculiarities of morbidity, mortality and disability from breast cancer in Gomel region were revealed.

For the first time barriers in early detection of breast cancer were identified and analyzed by questioning doctors and female population of Gomel region.

For the first time a software and hardware complex based on artificial intelligence technology was developed, evaluated and implemented in the organization of early detection of breast cancer.

For the first time the analysis of the efficiency of the organization of early detection of breast cancer using the developed hardware-software complex was carried out.

Recommendations for use: artificial intelligence technology in early detection of breast cancer is intended for application by specialists in the field of oncology and radiation diagnostics in health care organizations, institutions carrying out diagnostic and treatment activities.

Application area: public health and health care, oncology, radiation diagnostics.

Научное издание

Лось Дмитрий Михайлович

**ОРГАНИЗАЦИЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ
ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

по специальности 14.02.03 – общественное здоровье и здравоохранение

Подписано в печать 09.06.2025.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная 80 г/м². Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,08. Тираж 60 экз. Заказ № 342.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/46 от 03.10.2013.
ул. Ланге, 5, 246000, Гомель.