



---

**ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, СОЦИОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ МЕДИЦИНЫ/PUBLIC HEALTH AND HEALTHCARE ORGANIZATION, SOCIOLOGY AND HISTORY OF MEDICINE**

---

DOI: <https://doi.org/10.60797/BMED.2026.8.3> EDN: JKBAFA**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СКРИНИНГУ И ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ: ИНТЕГРАЦИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Научная статья

**Фролов С.А.<sup>1</sup>, Золотарев П.Н.<sup>2,\*</sup>**<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-4020-0720;<sup>1</sup> Самарский областной клинический онкологический диспансер, Самара, Российская Федерация<sup>2</sup> Университет «Реавиз», Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (zolotareff[at]list.ru)

**Аннотация**

Рак молочной железы остаётся ведущей причиной онкологической заболеваемости и смертности среди женщин в мире и особенно в Российской Федерации, где наблюдается тенденция к «омоложению» заболевания. Несмотря на доказанную эффективность маммографического скрининга, данный метод имеет существенные ограничения, включая вариабельность чувствительности, субъективность интерпретации и дефицит кадров. В последние годы активно развиваются технологии искусственного интеллекта, способные повысить точность и эффективность диагностики. В настоящей статье представлен анализ современных подходов к скринингу и диагностике рака молочной железы с акцентом на интеграцию систем искусственного интеллекта в клиническую практику. На основе обзора эпидемиологических данных, нормативно-правовой базы и результатов пилотных проектов в России (включая Самарскую область) показано, что алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей обеспечивают чувствительность до 96%, снижают нагрузку на специалистов и повышают стандартизацию заключений. Обсуждаются организационные, этические и регуляторные аспекты широкого внедрения искусственного интеллекта в онкологический скрининг. Делается вывод о перспективности гибридных диагностических моделей, сочетающих машинное обучение и клинический опыт врача.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, скрининг, маммография, искусственный интеллект, глубокое обучение, ранняя диагностика, цифровое здравоохранение, онкология.

**MODERN APPROACHES TO BREAST CANCER SCREENING AND DIAGNOSIS: INTEGRATING TRADITIONAL METHODS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Research article

**Frolov S.A.<sup>1</sup>, Zolotarev P.N.<sup>2,\*</sup>**<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-4020-0720;<sup>1</sup> Samara Regional Clinical Oncology Center, Samara, Russian Federation<sup>2</sup> University "Reaviz", Saint-Petersburg, Russian Federation

\* Corresponding author (zolotareff[at]list.ru)

**Abstract**

Breast cancer remains the leading cause of cancer incidence and mortality among women worldwide, and particularly in the Russian Federation, where there is a tendency towards the 'younger onset' of the disease. Despite the proven effectiveness of mammography screening, this method has significant limitations, including varying sensitivity, subjective interpretation and a shortage of staff. In recent years, artificial intelligence technologies capable of improving the accuracy and effectiveness of diagnosis have been actively developed. This article presents an analysis of modern approaches to breast cancer screening and diagnosis, with a focus on the integration of artificial intelligence systems into clinical practice. Based on a review of epidemiological data, the regulatory framework and the results of pilot projects in Russia (including Samara Oblast), it is shown that algorithms based on convolutional neural networks provide sensitivity of up to 96%, reduce the workload on specialists and improve the standardisation of findings. The organisational, ethical and regulatory aspects of the widespread implementation of artificial intelligence in cancer screening are discussed. It is concluded that hybrid diagnostic models combining machine learning and the clinician's experience hold great promise.

**Keywords:** breast cancer, screening, mammography, artificial intelligence, deep learning, early diagnosis, digital health, oncology.

**Введение**

Рак молочной железы (РМЖ) представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современной онкологии. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2022 году в мире было зарегистрировано более 2,3 миллиона новых случаев РМЖ, что составляет 11,6% от всех злокачественных новообразований. Среди женщин РМЖ занимает первое место по заболеваемости (23,8%) и смертности (15,4%) от онкологических заболеваний [1].

В Российской Федерации ситуация вызывает особую тревогу. За последние десятилетия заболеваемость РМЖ увеличилась на 19,6%, а в 2022 году составила 22,4% от всех злокачественных новообразований у женщин [2].



Примечательно, что пик заболеваемости в России приходится на возрастную группу 39–50 лет, что на 5–10 лет раньше, чем в большинстве развитых стран. Это обстоятельство подчеркивает необходимость совершенствования стратегий раннего выявления и адаптации скрининговых программ к особенностям российской популяции [3].

Традиционным методом массового скрининга РМЖ является цифровая маммография, признанная «золотым стандартом» на протяжении нескольких десятилетий. Регулярное проведение маммографии у женщин в возрасте 50–69 лет снижает смертность от РМЖ на 20–25% [4]. В России с 2020 года действует обязательное двойное независимое прочтение маммограмм, что повышает чувствительность диагностики до 92%, однако одновременно создаёт значительную нагрузку на рентгенологов и требует дополнительных ресурсов [5].

В условиях растущей заболеваемости, дефицита кадров и необходимости повышения качества диагностики особую актуальность приобретают цифровые технологии, в частности системы искусственного интеллекта (ИИ). Современные ИИ-алгоритмы способны не только ускорить анализ изображений, но и повысить точность выявления ранних форм опухоли, особенно в сложных случаях (например, при высокой плотности молочной железы) [6], [7], [8].

*Целью настоящей статьи* является анализ современных подходов к скринингу и диагностике РМЖ с акцентом на интеграцию ИИ в российскую клиническую практику, а также обсуждение перспектив и барьеров внедрения этих технологий.

### **Методы и принципы исследования**

Настоящая работа представляет собой аналитический обзор, основанный на данных эпидемиологического мониторинга, нормативно-правовых актов Российской Федерации, а также результатах клинических и пилотных исследований, проведённых в России и за рубежом в период с 2019 по 2024 год.

Источниками данных выступили глобальные эпидемиологические данные ВОЗ, национальный канцер-регистр Российской Федерации, региональные данные по Самарской области, а также нормативные документы (Федеральный закон №323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»; приказ Минздрава России от 27.04.2021 №404н (ред. от 19.07.2024) называется «Об утверждении Порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определённых групп взрослого населения»; приказ Минздрава России от 20.10.2020 №1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю „акушерство и гинекология“»).

Методами анализа настоящего исследования выступили: сравнительный анализ показателей заболеваемости и смертности от РМЖ в России и мире; оценка диагностической точности маммографии и ИИ-систем по следующим параметрам: чувствительность, специфичность, частота ложноположительных и ложноотрицательных результатов; анализ организационных и технических аспектов внедрения ИИ в скрининговые программы, а также качественный синтез данных по эффективности ИИ на основе пилотных проектов и клинических исследований.

### **Основные результаты**

*Эпидемиологический контекст и социально-экономическое бремя.* Глобальный анализ заболеваемости РМЖ демонстрирует выраженную географическую гетерогенность: в странах Северной Америки и Западной Европы показатели превышают 80 случаев на 100 тыс. женщин, тогда как в Азии и Африке они в 3–4 раза ниже. Однако смертность в развивающихся странах выше из-за поздней диагностики и ограниченного доступа к лечению. В России наблюдается уникальная эпидемиологическая картина: высокая заболеваемость при относительно молодом возрасте пациенток. Это требует пересмотра возрастных рамок скрининга и адаптации протоколов к особенностям российской популяции.

Экономическое бремя РМЖ значительное: прямые затраты на лечение одного случая варьируют от 500 тыс. до 2 млн рублей, а косвенные потери (утрата трудоспособности) достигают 1,5–3 млн рублей. Учитывая, что РМЖ преимущественно поражает женщин трудоспособного возраста (40–60 лет), повышение эффективности ранней диагностики имеет не только медицинское, но и социально-экономическое значение.

*Ограничения традиционного маммографического скрининга.* Несмотря на доказанную эффективность, маммография имеет ряд фундаментальных ограничений. К методологическим ограничениям возможно отнести чувствительность, которая варьирует от 60% до 85% в зависимости от плотности молочной железы, а ложноотрицательные результаты достигают 10–40%, ложноположительные — 5–15%, что ведёт к избыточным биопсиям. К техническим трудностям относят зависимость качества изображения от оборудования, субъективность интерпретации, а также трудности выявления опухолей на фоне плотной ткани. Проблемы организационного характера обусловлены дефицитом рентгенологов, высокой стоимостью оборудования, низким охватом скринингом в отдельных регионах. При этом введение в России обязательного двойного прочтения маммограмм, хотя и повышает чувствительность, но увеличивает нагрузку на специалистов на 88%, что делает систему уязвимой к человеческому фактору и усталости.

*Потенциал искусственного интеллекта.* ИИ-системы предлагают решение многих из перечисленных проблем. Исследования в ряде стран показывают, что ИИ обеспечивает чувствительность 92–96% (против 75–85% у врачей), специфичность 85–90% и общую точность 88–93% [9], [10]. Российские разработки также демонстрируют высокие результаты: совпадение с экспертным заключением в 90% случаев, выявление опухолей <5 мм, автоматический анализ динамики изменений [11].

Практическое внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в систему лучевой диагностики рака молочной железы в Российской Федерации уже реализуется в ряде регионов. В частности, в Самарской области за пятилетний период был накоплен массив цифровых маммографических исследований, включающий более 17 000 изображений, пригодных для последующего анализа с использованием алгоритмов машинного обучения [7]. Основные направления клинического применения ИИ-систем включают:

– автоматизированный первичный скрининг с выявлением и маркировкой подозрительных морфологических изменений;



- функцию поддержки принятия диагностических решений;
- объективный контроль качества интерпретации рентгенологических изображений;
- генерацию стандартизированных структурированных заключений в соответствии с рекомендованными протоколами.

Подобная интеграция ИИ в диагностический процесс не предполагает замену врача-рентгенолога, а направлена на создание гибридной модели диагностики, в которой алгоритмы снижают когнитивную нагрузку на специалиста и способствуют минимизации диагностических ошибок, обусловленных субъективными и организационными факторами.

**Организационные и этические вызовы.** Несмотря на продемонстрированную высокую диагностическую эффективность и потенциал повышения качества скрининга рака молочной железы, широкое клиническое внедрение систем ИИ сопряжено с рядом существенных барьеров. К числу ключевых ограничений относятся отсутствие унифицированных национальных и международных стандартов валидации, верификации и сертификации ИИ-алгоритмов в медицинской практике; недостаточная цифровая компетентность медицинского персонала, что затрудняет интеграцию новых технологий в рутинную клиническую практику, а также нерешённые вопросы обеспечения кибербезопасности и защиты персональных данных пациентов в условиях обработки больших массивов медицинской информации. Кроме того, остаётся неурегулированным правовой аспект распределения ответственности за диагностические ошибки, возникшие при использовании ИИ-систем, что создаёт дополнительные риски как для медицинских учреждений, так и для самих специалистов.

### Обсуждение

Важно подчеркнуть, что алгоритмы ИИ, несмотря на высокую точность в распознавании визуальных паттернов на маммограммах, не способны учитывать контекстуальные клинические данные — такие как семейный и генетический анамнез, гормональный статус, сопутствующая патология или динамика изменений в течение времени. Следовательно, применение ИИ вне рамок комплексной клинической оценки может привести к диагностическим ошибкам и усилению феномена «технологического детерминизма». В этих условиях наиболее перспективной представляется гибридная диагностическая модель, в которой ИИ выступает в роли цифрового ассистента, обеспечивающего стандартизированный предварительный анализ изображений и снижающего когнитивную нагрузку врача, тогда как окончательное диагностическое решение принимается специалистом на основе интегральной оценки как инструментальных, так и клинических данных.

**Перспективы персонализированного скрининга.** Будущее скрининга РМЖ заключается в трансформации от универсального популяционного подхода к персонализированной стратегии раннего выявления, основанной на индивидуальном профиле риска. Современные системы ИИ обладают потенциалом для интеграции мультимодальных данных, включая результаты цифровой маммографии, показатели плотности молочной железы, данные генетического профилирования (в частности, наличие мутаций в генах BRCA1/BRCA2 и других онкосупрессорных генах), семейный анамнез, репродуктивный и гормональный статус, а также сопутствующие соматические заболевания. На основе такого комплексного анализа ИИ-алгоритмы способны рассчитывать персонализированный риск развития РМЖ и определять оптимальную частоту и методы скрининговых обследований для каждой пациентки. Подобный подход позволит не только повысить чувствительность и прогностическую ценность скрининга, но и минимизировать количество избыточных вмешательств, включая ненужные биопсии и повторные исследования, тем самым снижая как медицинские, так и психологические риски для пациенток.

### Заключение

Рак молочной железы остаётся серьёзной медико-социальной проблемой в России, характеризующейся ростом заболеваемости и «омоложением» контингента пациенток. Традиционный маммографический скрининг, несмотря на доказанную эффективность, имеет существенные ограничения, усугубляемые организационными трудностями, особенно в условиях обязательного двойного прочтения. Системы искусственного интеллекта на основе глубокого обучения демонстрируют высокую диагностическую точность (чувствительность до 96%), способны выявлять ранние формы опухоли и значительно ускорять анализ изображений. Российский опыт внедрения ИИ (включая пилотные проекты в Самарской области) подтверждает клиническую ценность этих технологий как инструмента поддержки принятия решений, а не замены врача. Наиболее перспективной является гибридная диагностическая модель, сочетающая стандартизированную обработку данных ИИ и клиническое мышление врача-рентгенолога. Для масштабного внедрения ИИ необходима разработка единых стандартов валидации и контроля качества алгоритмов, подготовка кадров, а также нормативно-правовое регулирование ответственности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оценку медико-экономической эффективности ИИ в скрининге и разработку персонализированных алгоритмов раннего выявления РМЖ с учётом индивидуальных факторов риска.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.



## Список литературы / References

1. Sedeta E.T. Breast cancer: Global patterns of incidence, mortality, and trends / E.T. Sedeta, B. Jobre, B. Avezbakiyev // *Journal of Clinical Oncology*. — 2023. — Vol. 41. — № 16. — 10528 p.
2. Мерабишвили В.М. Состояние онкологической помощи в России: рак молочной железы среди женского населения. Заболеваемость, смертность, достоверность учета, детальная локализационная и гистологическая структура. (Популяционное исследование на уровне федерального округа) / В.М. Мерабишвили // *Вопросы онкологии*. — 2022. — Т. 68. — № 3. — С. 286–293. — DOI: 10.37469/0507-3758-2022-68-3-286-293.
3. Мерабишвили В.М. Возрастные особенности распространенности, ранней диагностики и выживаемости больных раком молочной железы (клинико-популяционное исследование) / М. Мерабишвили, В.Ф. Семиглазов, Е.А. Бусько // *Вопросы онкологии*. — 2024. — Т. 70. — № 3. — С. 450–459. — DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-450-459.
4. Canelo-Aybar C. Benefits and harms of breast cancer mammography screening for women at average risk of breast cancer: A systematic review for the European Commission Initiative on Breast Cancer / C. Canelo-Aybar, D.S. Ferreira, M. Ballesteros [et al.] // *Journal of Medical Screening*. — 2021. — Vol. 28. — № 4. — P. 389–404. — DOI: 10.1177/0969141321993866.
5. Васильев Ю.А. Результативность профилактической маммографии в Российской Федерации: сравнение результатов первого этапа диспансеризации в 2019 и 2022 годах / Ю.А. Васильев, И.М. Сон, Л.Д. Пестренин [и др.] // *Менеджер здравоохранения*. — 2024. — № 11. — С. 63–76. — DOI: 10.21045/1811-0185-2024-11-63-76.
6. Золотарев П.Н. Опыт применения искусственных нейронных сетей в лучевой диагностике новой коронавирусной инфекции / П.Н. Золотарев, А.А. Курмангулов, Ю.П. Грабоздин [и др.] // *Менеджмент качества в медицине*. — 2025. — № 1. — С. 94–98.
7. Золотарев П.Н. Организационные мероприятия комплексного внедрения технологий искусственного интеллекта в Самарской области / П.Н. Золотарев, С.А. Фролов, Р.Ш. Шамсудинов [и др.] // *Менеджмент качества в медицине*. — 2025. — № 3. — С. 29–32.
8. Орлов А.Е. Программа тренинга рентгенологов в рамках совершенствования мультидисциплинарного подхода к лечению рака прямой кишки / А.Е. Орлов, О.И. Каганов, С.А. Фролов [и др.] // *Российский онкологический журнал*. — 2024. — Т. 29. — № 1. — С. 43–50. — DOI: 10.17816/onco633748. — EDN AIFBAK.
9. Zakharova P. The Use of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Breast Cancer / P. Zakharova, T. Tkebuchava, P. Ibrokhimova [et al.] // *Journal of Clinical Physiology and Pathology*. — 2023. — Vol. 2. — № 2. — P. 8–11. — DOI: 10.59315/JISCPP.2023-2-2.8-11.
10. Kim H.E. Changes in cancer detection and false-positive recall in mammography using artificial intelligence: a retrospective, multireader study / H.E. Kim, H.H. Kim, B.K. Han [et al.] // *The Lancet Digital Health*. — 2020. — Vol. 2. — № 3. — P. e138–e148. — DOI: 10.1016/S2589-7500(20)30003-0.
11. Павлова В.И. Результаты научно-исследовательской работы Российского общества онкоммаммологов «Использование искусственного интеллекта для раннего выявления рака молочной железы» / В.И. Павлова, Ю.А. Беляя, А.Ю. Воронцов [и др.] // *Опухоли женской репродуктивной системы*. — 2023. — Т. 19. — № 2. — С. 54–60. — DOI: 10.17650/1994-4098-2023-19-2-54-60. — EDN GLWOSV.

## Список литературы на английском языке / References in English

1. Sedeta E.T. Breast cancer: Global patterns of incidence, mortality, and trends / E.T. Sedeta, B. Jobre, B. Avezbakiyev // *Journal of Clinical Oncology*. — 2023. — Vol. 41. — № 16. — 10528 p.
2. Merabishvili V.M. Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi v Rossii: rak molochnoj zhelezy sredi zhenskogo naseleniya. Zaboлеваemost', smertnost', dostovernost' ucheta, detal'naya lokalizatsionnaya i gistologicheskaya struktura. (Populyatsionnoe issledovanie na urovne federal'nogo okruga) [The state of cancer care in Russia: breast cancer among the female population. Morbidity, mortality, index of accuracy, detailed localization and histological structure. (Population study at the federal district level) / V.M. Merabishvili // *Voprosy Onkologii [Problems in Oncology]*. — 2022. — Vol. 68. — № 3. — P. 286–293. — DOI: 10.37469/0507-3758-2022-68-3-286-293. [in Russian]
3. Merabishvili V.M. Vozrastnyye osobennosti rasprostranennosti, rannej diagnostiki i vyzhivaemosti bol'nyh rakom molochnoj zhelezy (kliniko-populyatsionnoe issledovanie) [Age-Related Features of the Prevalence, Early Diagnosis and Survival of Breast Cancer Patients (Clinical and Population-Based Study)] / V.M. Merabishvili, V.F. Semiglazov, E.A. Busko // *Voprosy Onkologii [Problems in Oncology]*. — 2024. — Vol. 70. — № 3. — P. 450–459. — DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-450-459. [in Russian]
4. Canelo-Aybar C. Benefits and harms of breast cancer mammography screening for women at average risk of breast cancer: A systematic review for the European Commission Initiative on Breast Cancer / C. Canelo-Aybar, D.S. Ferreira, M. Ballesteros [et al.] // *Journal of Medical Screening*. — 2021. — Vol. 28. — № 4. — P. 389–404. — DOI: 10.1177/0969141321993866.
5. Vasilev Y.A. Rezul'tativnost' profilakticheskoy mammografii v Rossijskoj Federacii: sravnienie rezul'tatov pervogo etapa dispanserizatsii v 2019 i 2022 godah [Effectiveness of preventive mammography in the Russian Federation: comparison of the results of the first stage of dispensarization in 2019 and 2022] / Y.A. Vasilev, I.M. Son, L.D. Pestrenin [et al.] // *Manager Zdravookhraneniya [Healthcare Manager]*. — 2024. — № 11. — P. 63–76. — DOI: 10.21045/1811-0185-2024-11-63-76. [in Russian]
6. Zolotarev P.N. Opyt primeneniya iskusstvennykh neyronnykh setey v luchevoj diagnostike novoy koronavirusnoy infektsii [Experience of using artificial neural networks in radiological diagnostics of a new coronavirus infection] / P.N. Zolotarev, A.A. Kurmangulov, Yu.P. Grabozdin [et al.] // *Menedzhment kachestva v meditsine [Quality Management in Medicine]*. — 2025. — No. 1. — P. 94–98. [in Russian]



7. Zolotarev P.N. Organizatsionnyye meropriyatiya kompleksnogo vnedreniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta v Samarskoy oblasti [Organizational measures for the integrated implementation of artificial intelligence technologies in the Samara region] / P.N. Zolotarev, S.A. Frolov, R.Sh. Shamsudinov [et al.] // Menedzhment kachestva v meditsine [Quality Management in Medicine]. — 2025. — № 3. — P. 29–32. [in Russian]
8. Orlov A.E. Programma treninga rentgenologov v ramkah sovershenstvovaniya mul'tidisciplinarnogo podhoda k lecheniyu raka pryamoj kishki [Training program for radiologists for improving the multidisciplinary approach for the treatment of rectal cancer] / A.E. Orlov, O.I. Kaganov, S.A. Frolov [et al.] // Rossijskij onkologicheskij zhurnal [Russian Journal of Oncology]. — 2024. — Vol. 29. — № 1. — P. 43–50. — DOI: 10.17816/onco633748.
9. Zakharova P. The Use of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Breast Cancer / P. Zakharova, T. Tkebuchava, P. Ibrokhimova [et al.] // Journal of Clinical Physiology and Pathology. — 2023. — Vol. 2. — № 2. — P. 8–11. — DOI: 10.59315/JISCPP.2023-2-2.8-11.
10. Kim H.E. Changes in cancer detection and false-positive recall in mammography using artificial intelligence: a retrospective, multireader study / H.E. Kim, H.H. Kim, B.K. Han [et al.] // The Lancet Digital Health. — 2020. — Vol. 2. — № 3. — P. e138–e148. — DOI: 10.1016/S2589-7500(20)30003-0.
11. Pavlova V.I. Rezul'taty nauchno-issledovatel'skoj raboty Rossijskogo obshchestva onkomammologov "Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta dlya rannego vyyavleniya raka molochnoj zhelezy" [Results of research work Russian society of oncomammologists "The use of artificial intelligence for early detection of breast cancer"] / V.I. Pavlova, Yu.A. Belaya, A.Yu. Vorontsov [et al.] // Opuholi zhenskoj reproduktivnoj sistemy [Tumors of Female Reproductive System]. — 2023. — Vol. 19. — № 2. — P. 54–60. — DOI: 10.17650/1994-4098-2023-19-2-54-60.