



**New Day in Medicine**  
**Новый День в Медицине**

**NDM**



# **TIBBIYOTDA YANGI KUN**

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



**AVICENNA-MED.UZ**



ISSN 2181-712X.  
EISSN 2181-2187

**7 (93) 2026**

## **Сопредседатели редакционной коллегии:**

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,  
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:  
М.И. АБДУЛЛАЕВ  
А.А. АБДУМАЖИДОВ  
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ  
Л.М. АБДУЛЛАЕВА  
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ  
М.А. АБДУЛЛАЕВА  
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ  
Б.З. АБДУСАМАТОВ  
У.О. АБИДОВ  
М.М. АКБАРОВ  
Х.А. АКИЛОВ  
М.М. АЛИЕВ  
С.Ж. АМИНОВ  
Ш.Э. АМОНОВ  
Ш.М. АХМЕДОВ  
Ю.М. АХМЕДОВ  
С.М. АХМЕДОВА  
Т.А. АСКАРОВ  
М.А. АРТИКОВА  
Д.Т. АШУРОВА  
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)  
Е.А. БЕРДИЕВ  
Б.Т. БУЗРУКОВ  
Р.К. ДАДАБАЕВА  
М.Н. ДАМИНОВА  
К.А. ДЕХКОНОВ  
Э.С. ДЖУМАБАЕВ  
А.А. ДЖАЛИЛОВ  
Н.Н. ЗОЛотова  
А.Ш. ИНОЯТОВ  
С. ИНДАМИНОВ  
А.И. ИСКАНДАРОВ  
А.С. ИЛЪЯСОВ  
Э.Э. КОБИЛОВ  
А.М. МАННАНОВ  
Д.М. МУСАЕВА  
Т.С. МУСАЕВ  
М.Р. МИРЗОЕВА  
Ф.Г. НАЗИРОВ  
Н.А. НУРАЛИЕВА  
Ф.С. ОРИПОВ  
Б.Т. РАХИМОВ  
Х.А. РАСУЛОВ  
Ш.И. РУЗИЕВ  
С.А. РУЗИБОЕВ  
С.А. ГАФФОРОВ  
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)  
Ж.Б. САТТАРОВ  
Б.Б. САФОВ (отв. редактор)  
И.А. САТИВАЛДИЕВА  
Ш.Т. САЛИМОВ  
Д.И. ТУКСАНОВА  
М.М. ТАДЖИЕВ  
А.Ж. ХАМРАЕВ  
Б.Б. ХАСАНОВ  
Д.А. ХАСАНОВА  
Б.З. ХАМДАМОВ  
Э.Б. ХАККУЛОВ  
Г.С. ХОДЖИЕВА  
А.М. ШАМСИЕВ  
А.К. ШАДМАНОВ  
Н.Ж. ЭРМАТОВ  
Б.Б. ЕРГАШЕВ  
Н.Ш. ЕРГАШЕВ  
И.Р. ЮЛДАШЕВ  
Д.Х. ЮЛДАШЕВА  
А.С. ЮСУПОВ  
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ  
М.Ш. ХАКИМОВ  
Д.О. ИВАНОВ (Россия)  
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)  
DONG JINCHENG (Китай)  
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)  
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)  
В.А. МИТИШ (Россия)  
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)  
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)  
А.А. ПОТАПОВ (Россия)  
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)  
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)  
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)  
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)  
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)  
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

## **ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ NEW DAY IN MEDICINE**

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал  
Научно-реферативный,  
духовно-просветительский журнал*

**УЧРЕДИТЕЛИ:**

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ  
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский  
исследовательский центр хирургии имени  
А.В. Вишневского является генеральным  
научно-практическим  
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных  
изданий, рецензируемых Высшей  
Аттестационной Комиссией  
Республики Узбекистан  
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)  
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)  
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)  
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)  
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)  
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)  
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)  
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)  
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)  
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)  
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

# **7 (93)**

## **2026**

### *Июль*

www.bsmi.uz  
https://newdaymedicine.com  
E: ndmuz@mail.ru  
Тел: +99890 8061882

УДК 616.19-006.6-084:004.8

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СКРИНИНГОВОЙ МАММОГРАФИИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МИРОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

<sup>1</sup>Адилходжаев Аскар Анварович <https://orcid.org/0000-0001-7292-3910>

<sup>1</sup>Тоҳтамуратов Умид Рифкат угли <https://orcid.org/0009-0004-7285-8070>

<sup>2</sup>Каспарова Гаянэ Артуровна <https://orcid.org/0009-0006-1629-9977>

<sup>2</sup>Ибрагимов Исмоил Шарофович <https://orcid.org/0009-0006-5406-524X>

<sup>3</sup>Курбанова Севинч Равшановна <https://orcid.org/0009-0005-8189-7044>

<sup>1</sup>Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр онкологии и радиологии, г. Ташкент, Узбекистан, Алмазарский район, ул. Автомобил Халка

Йули, 14а, Тел: 712460782 E-mail: [umidrifikatov@gmail.com](mailto:umidrifikatov@gmail.com)

<sup>2</sup>Самаркандский Государственный Медицинский Университет, Узбекистан, г. Самарканд, ул.

Амира Темура, 18 Тел: +998662330841 E-mail: [sammu@sammu.uz](mailto:sammu@sammu.uz)

<sup>3</sup>Страновой офис Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в Узбекистане, Узбекистан, г. Ташкент, Яккасарайский район, ул. М. Таробий, 16 Тел: +998946013377 E-mail: [kurbanovas@who.int](mailto:kurbanovas@who.int)

### ✓ Резюме

Целью исследования явилось систематическое обобщение имеющихся доказательств эффективности ИИ-систем для анализа маммограмм в режиме скрининга. Поиск публикаций проводился в базах PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science и Cochrane Library за период 2019–2024 гг. Критерии включения: оригинальные исследования, посвящённые применению ИИ/глубокого обучения в маммографическом скрининге, с отчётом о показателях AUC, чувствительности и/или специфичности. Итогово включены 27 публикаций. Показатели AUC современных ИИ-систем составляли 0,706–0,980. В крупнейших проспективных исследованиях ИИ в роли второго читателя не уступал двойному чтению радиологами, а в ряде сценариев превосходил его. Применение ИИ позволяло снизить рабочую нагрузку на 20–88 % без снижения выявляемости рака. Чувствительность ИИ в режиме автономной работы варьировала от 67 до 93 %, специфичность - от 45 до 97 %. ИИ-системы демонстрируют диагностическую точность, сопоставимую или превосходящую среднего радиолога в задачах маммографического скрининга. Необходимы проспективные многоцентровые исследования для стандартизации внедрения технологии в реальную клиническую практику.

Ключевые слова: искусственный интеллект; глубокое обучение; маммография; скрининг рака молочной железы; диагностика; нейронные сети; CAD-системы; радиология.

## SUN'IIY INTELLEKTNING MAMMOGRAFIK SKRININGDAGI QO'LLANILISHI: JAHON TADQIQOTLARINING TIZIMLI SHARHI

<sup>1</sup>Adilxo'jayev Askar Anvarovich <https://orcid.org/0000-0001-7292-3910>

<sup>1</sup>To'xtamuratov Umid Rifkat o'g'li <https://orcid.org/0009-0004-7285-8070>

<sup>2</sup>Kasparova Gayane Arturovna <https://orcid.org/0009-0006-1629-9977>

<sup>2</sup>Ibragimov Ismoil Sharofovich <https://orcid.org/0009-0006-5406-524X>

<sup>3</sup>Qurbanova Sevinch Ravshanovna <https://orcid.org/0009-0005-8189-7044>

<sup>1</sup>Respublika ixtisoslashtirilgan onkologiya va radiologiya ilmiy-amaliy tibbiyot markazi, O'zbekiston, Toshkent sh., Olmazor tumani, Avtomobil halqa yo'li ko'chasi, 14a-uy, Tel: 712460782 E-mail:

[umidrifikatov@gmail.com](mailto:umidrifikatov@gmail.com)

<sup>2</sup>Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti, O'zbekiston, Samarqand sh., Amir Temur ko'chasi, 18-uy

Tel: +998662330841 E-mail: [sammu@sammu.uz](mailto:sammu@sammu.uz)

<sup>3</sup>Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (JSST) O'zbekistondagi vakolatxonasi, O'zbekiston, Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, M. Tarobiy ko'chasi, 16-uy Tel: +998946013377 E-mail: [kurbanovas@who.int](mailto:kurbanovas@who.int)

✓ **Rezyume**

Tadqiqotning maqsadi mammografik skriningda mammogrammalarni tahlil qilish uchun qo'llaniladigan sun'iy intellekt (SI) tizimlarining samaradorligi bo'yicha mavjud ilmiy dalillarni tizimli ravishda umumlashtirishdan iborat bo'ldi. Adabiyotlarni izlash 2019–2024-yillarni qamrab olgan holda PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science va Cochrane Library ma'lumotlar bazalarida amalga oshirildi. Tadqiqotga mammografik skriningda sun'iy intellekt va chuqur o'qitish (deep learning) texnologiyalarini qo'llashga bag'ishlangan hamda diagnostik samaradorlik ko'rsatkichlari - AUC, sezgirlik va/yoki spetsifiklikni taqdim etgan original ilmiy ishlar kiritildi. Yakuniy tahlilga 27 ta ilmiy maqola kiritildi. Zamonaviy SI tizimlarining AUC ko'rsatkichlari 0,706 dan 0,980 gacha bo'lgan. Eng yirik prospektiv tadqiqotlarda SI ikkinchi mustaqil o'quvchi sifatida radiologlarning ikki martalik o'qish usulidan kam bo'lmagan natijalarni ko'rsatdi, ayrim holatlarda esa undan ham yuqori diagnostik aniqlikka erishdi. SI texnologiyalaridan foydalanish ko'krak bezi saratonini aniqlash darajasini pasaytirmagan holda radiologlarning ish yuklamasini 20–88 % ga kamaytirishga imkon berdi. Avtonom rejimda ishlovchi SI tizimlarining sezgirligi 67–93 %, spetsifikligi esa 45–97 % oralig'ida qayd etildi. Sun'iy intellekt tizimlari mammografik skriningda o'rtacha malakali radiolog bilan taqqoslanadigan yoki undan yuqori diagnostik aniqlikni namoyish etadi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalarni kundalik klinik amaliyotga standartlashtirilgan tarzda joriy etish uchun yirik ko'p markazli prospektiv tadqiqotlarni o'tkazish zarur.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt; chuqur o'qitish; mammografiya; sut bezi saratoni skriningi; diagnostika; neyron tarmoqlar; kompyuter yordamida aniqlash (KYoA) tizimi; radiologiya.

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCREENING MAMMOGRAPHY: A SYSTEMATIC REVIEW OF GLOBAL STUDIES**

<sup>1</sup>Adilkhodjaev Askar Anvarovich <https://orcid.org/0000-0001-7292-3910>

<sup>1</sup>Tokhtamuratov Umid Rifkat ugli <https://orcid.org/0009-0004-7285-8070>

<sup>2</sup>Kasparova Gayane Arturovna <https://orcid.org/0009-0006-1629-9977>

<sup>2</sup>Ibragimov Ismoil Sharofovich <https://orcid.org/0009-0006-5406-524X>

<sup>3</sup>Kurbanova Sevinch Ravshanovna <https://orcid.org/0009-0005-8189-7044>

<sup>1</sup>Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Oncology and Radiology, Tashkent, Uzbekistan, Olmazor District, Avtomobil Halqa Yo'li Street 14a, Tel: 712460782 E-mail: [umidrifkatov@gmail.com](mailto:umidrifkatov@gmail.com)

<sup>2</sup>Samarkand State Medical University, Uzbekistan, Samarkand, Amir Temur st. 18, Tel: +998662330841 E-mail: [sammu@sammu.uz](mailto:sammu@sammu.uz)

<sup>3</sup>World Health Organization Country Office in Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, Yakkasaroy district, M.Tarobiy st. 16, Tel: +998946013377 E-mail: [kurbanovas@who.int](mailto:kurbanovas@who.int)

✓ **Resume**

The aim of this study was to systematically summarize the available evidence regarding the effectiveness of artificial intelligence (AI) systems for mammographic image analysis in breast cancer screening. A systematic literature search was conducted in the PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science, and Cochrane Library databases covering the period from 2019 to 2024. The inclusion criteria comprised original studies evaluating the application of artificial intelligence and deep learning in mammography screening and reporting diagnostic performance measures, including the area under the receiver operating characteristic curve (AUC), sensitivity, and/or specificity. A total of 27 studies met the eligibility criteria and were included in the review. The reported AUC values of contemporary AI systems ranged from 0.706 to 0.980. In the largest prospective studies, AI used as an independent second reader demonstrated diagnostic performance comparable to double reading by radiologists and, in several settings, outperformed conventional double reading. The implementation of AI reduced radiologists' workload by 20–88% without compromising breast cancer detection rates. The sensitivity of autonomous AI systems ranged from 67% to 93%, while specificity varied between 45% and 97%. AI-based systems demonstrate diagnostic accuracy comparable to or exceeding that of an average radiologist in mammography screening. Nevertheless, large-scale prospective multicenter studies are required to establish standardized approaches for integrating AI technologies into routine clinical practice.

Keywords: artificial intelligence; deep learning; mammography; breast cancer screening; diagnosis; neural networks; computer-aided detection (CAD); radiology.

## Актуальность

**Р**ак молочной железы занимает первое место в структуре онкологической заболеваемости у женщин во всём мире: в 2022 году зарегистрировано около 2,3 миллиона новых случаев и 666 тысяч смертей [1]. Скрининговая маммография признана наиболее эффективным методом ранней диагностики РМЖ и снижает смертность на 20–49 % среди участниц программ [2, 3].

Вместе с тем широкомасштабный скрининг сопряжён с серьёзными организационными трудностями. Двойное чтение маммограмм, являющееся стандартом в большинстве европейских программ, требует значительных человеческих ресурсов. Глобальный дефицит радиологов, рост заболеваемости и переход к цифровому томосинтезу молочной железы (ЦТМ) многократно увеличивают нагрузку на специалистов [4, 5].

На протяжении последнего десятилетия системы на основе глубокого обучения - подклада искусственного интеллекта (ИИ) - продемонстрировали беспрецедентные результаты в задачах распознавания медицинских изображений. В маммографии ИИ способен автоматически обнаруживать патологические изменения, присваивать оценку риска злокачественности, классифицировать плотность молочной железы по BI-RADS и выявлять интервальные опухоли, оставшиеся незамеченными при рутинном чтении [6–8].

Несмотря на быстрый рост числа публикаций, данные о клинической эффективности ИИ-систем в реальной практике скрининга остаются разрозненными и не всегда согласованными. Настоящий систематический обзор призван обобщить накопленные доказательства за период 2019–2024 годов.

**Целью исследования** послужило систематическое обобщение имеющихся доказательств эффективности ИИ-систем для анализа маммограмм в режиме скрининга.

## Материалы и методы

### *Протокол и критерии отбора*

Обзор выполнен в соответствии с руководством PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, 2020). Поиск публикаций осуществлялся в базах данных PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science и Cochrane Library за период с января 2019 по декабрь 2024 года. Дополнительно анализировались списки литературы включённых статей.

### *Стратегия поиска*

Использовались следующие ключевые слова и их комбинации: ("artificial intelligence" OR "deep learning" OR "machine learning" OR "neural network") AND ("mammography" OR "mammographic screening") AND ("breast cancer" OR "breast neoplasm"). Поиск ограничивался публикациями на английском языке.

### *Критерии включения и исключения*

Критерии включения: оригинальные исследования (рандомизированные контролируемые испытания, проспективные и ретроспективные когортные исследования, исследования «читатель»); применение ИИ/глубокого обучения для анализа маммограмм; наличие количественных показателей эффективности (AUC, чувствительность, специфичность); скрининговая популяция или репрезентативная выборка скрининга.

Критерии исключения: обзорные статьи без оригинальных данных, протоколы исследований без результатов, технические работы без клинической валидации,  $p < 100$ .

### *Извлечение данных и оценка качества*

Для каждой включённой публикации извлекались: авторы, год, страна, дизайн исследования, размер выборки, тип ИИ-системы, сценарий применения (автономный/вспомогательный/замена второго читателя), показатели AUC, чувствительности, специфичности. Качество исследований оценивалось по инструменту QUADAS-2.

## Результаты и обсуждения

После первичного поиска ( $n = 847$ ) и удаления дублей ( $n = 124$ ) к заголовочно-аннотационному скринингу были допущены 723 записи. После применения критериев включения/исключения в обзор вошли 27 публикаций, опубликованных в 2019–2024 годах. Исследования проводились в 13 странах: США, Великобритании, Германии, Швеции, Дании, Норвегии, Австралии, Южной Корее, Японии, Китае, Франции, Швейцарии и Турции. Совокупный объём выборки составил более 2,5 миллиона маммографических исследований.

### Диагностическая точность ИИ-систем (AUC)

Наиболее высокую точность в режиме автономной работы продемонстрировала система, разработанная Google DeepMind (McKinney et al., 2020, Nature): AUC-ROC превысил показатели среднего радиолога на 11,5 % в абсолютном выражении. Ложноположительные результаты снизились на 5,7 % (США) и 1,2 % (Великобритания), ложноотрицательные - на 9,4 % и 2,7 % соответственно [9]. В шведском проспективном исследовании ScreenTrustCAD (Dembrower et al., 2023, Lancet Digital Health) замена одного из двух радиологов системой ИИ обеспечила выявляемость опухолей на 4 % выше, чем стандартное двойное чтение [10].

Южнокорейская система Lunit (Kim et al., 2020, Lancet Digital Health) достигла AUC 0,959 на выборке из 170 230 маммограмм (Корея, США, Великобритания). При использовании ИИ в качестве вспомогательного инструмента радиологи статистически значимо улучшали показатели диагностики [11]. Независимая оценка трёх коммерческих алгоритмов (Salim et al., JAMA) показала AUC 0,956 для лучшей системы; чувствительность при фиксированной специфичности радиолога (96,6 %) достигала 81,9 % против 80,1 % для второго читателя [12].

### Сводная таблица ключевых исследований

В Таблице 1,2 представлена характеристика наиболее значимых исследований, которые дают информацию об использовании ИИ при проведении маммографического скрининга.

Таблица 1.

### Характеристика ключевых исследований по применению ИИ в маммографическом скрининге

| Автор, год, журнал                | Страна                    | Дизайн выборка /                   | ИИ-система / сценарий          | AUC           | Чувств., %         | Специф., % | Вывод                                                          |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------------------------------------------------|
| McKinney et al., 2020, Nature [9] | США / Великобритания      | Ретроспектива; $n = 91\,743$       | Google DeepMind; Автономный    | 0,968         | -                  | -          | ИИ превзошёл всех радиологов; ↓FP на 5,7 %, ↓FN на 9,4 % (США) |
| Kim et al., 2020, Lancet DH [11]  | Корея / США / Великобрит. | Ретроспектива; $n = 170\,230$      | Lunit INSIGHT; Вспомогательный | 0,959         | 88,8               | -          | ИИ значимо улучшил AUROC радиологов                            |
| Shen et al., 2019, Sci Rep [13]   | США                       | CBIS-DDSM / INbreast               | End-to-end CNN; Автономный     | 0,91–0,98     | 86,1–86,7          | 80,1–96,1  | Transfer learning работает между платформами                   |
| Salim et al., 2020, JAMA [12]     | Швеция                    | Рет. «случай-контр.»; $n = 8\,805$ | 3 коммерч. алгор.; Автономный  | 0,956 / 0,922 | 81,9 / 67,0 / 67,4 | 96,6       | Лучший алгоритм сопоставим с радиологом;                       |

|                                        |        |                                |                             |           |                         |   |                                                                    |
|----------------------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------|---|--------------------------------------------------------------------|
|                                        |        |                                |                             | 0,92<br>0 |                         |   | AI-1+чтец:<br>88,6 %<br>чувств.                                    |
| Dembrower et al., 2023, Lancet DH [10] | Швеция | Проспектив<br>а;<br>n = 55 581 | Коммерч. ИИ;<br>1 рад. + ИИ | -         | +4 % к<br>стандар<br>ту | - | Замена 1<br>рад. на ИИ -<br>неинфериор<br>на;<br>↑выявляемо<br>сть |

**Таблица 2. Характеристика ключевых исследований по применению ИИ в маммографическом скрининге**

| Автор, год, журнал                      | Страна                   | Дизайн выборка /                    | ИИ-система сценарий /                      | AU C                             | Чувств., %                           | Специф., %    | Вывод                                                                                   |
|-----------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Leibig et al., 2022, Lancet DH [14]     | Германия                 | Ретроспектив<br>а;<br>n = 1 193 197 | Decision-referral;<br>Гибридный            | -                                | 84,2–<br>84,6                        | 89,5–<br>91,3 | Гибридный<br>подход<br>превысил<br>точность<br>среднего<br>радиолога                    |
| Sharma et al., 2021, Preprint [15]      | Великобрит.<br>/ Венгрия | Ретроспектив<br>а;<br>n = 275 900   | Mia v2.0.1<br>(Kheiron);<br>Двойное чтение | -                                | Выше<br>рад.                         | Выше<br>рад.  | ИИ обнаружил<br>29,7 %<br>опухолей в 3<br>года после скр.                               |
| Kühl et al., 2024, Eur Radiol [16]      | Дания                    | Ретроспектив<br>а;<br>n = 249 402   | Коммерч. ИИ;<br>Автономный                 | -                                | ≈рад.                                | 97,5–<br>97,7 | ИИ<br>сопоставим с<br>первым<br>радиологом по<br>специфичности                          |
| Lee et al., 2022, KJR [17]              | Южная Корея              | Исслед.<br>читателя;<br>n = 200     | Lunit INSIGHT;<br>Вспомогательный          | 0,915<br>(ИИ)<br>0,813<br>(рад.) | -                                    | -             | ИИ превысил<br>AUC<br>специалистов-<br>маммологов                                       |
| Dang et al., 2022, Breast Cancer [18]   | Франция                  | MRMC;<br>n = 314                    | Коммерч. ИИ;<br>Вспомогательный            | 0,74<br>→0,7<br>7                | -                                    | -             | ИИ улучшил<br>кластеризацию<br>BI-RADS (к:<br>0,55→0,63)                                |
| Kwon et al., 2024, BCR [19]             | Южная Корея              | Ретроспектив<br>а;<br>n = 89 855    | Lunit INSIGHT;<br>Автономный               | -                                | Зависит<br>от<br>плотности           | -             | ИИ<br>демонстрирует<br>большую<br>чувствительность<br>при<br>плотной груди<br>(тип C/D) |
| Waugh et al., 2024, Eur Radiol [20]     | Австралия                | Ретроспектив<br>а;<br>n = 7 533     | Коммерч. ИИ;<br>Автономный                 | -                                | 94,4<br>(IBC)                        | 89,4          | ИИ выявил<br>51/54 IBC<br>и 12/13 DCIS                                                  |
| Seker et al., 2024, Eur Radiol [21]     | Турция                   | Ретроспектив<br>а;<br>n = 22 621    | Коммерч. ИИ;<br>Второй читатель            | 0,896                            | 72,4                                 | 92,9          | ИИ мог бы<br>↑выявление<br>на 29,9 мес.<br>раньше                                       |
| Sasaki et al., 2020, Breast Cancer [22] | Япония                   | Ретроспектив<br>а;<br>n = 310       | Transpara (SMP);<br>Автономный             | 0,706<br>(ИИ)<br>0,816<br>(рад.) | 85–93                                | 45–67         | ИИ уступил<br>радиологам,<br>но тенденция к<br>улучшению                                |
| Jiang et al., 2024, Sci Rep [23]        | Австралия                | Ретроспектив<br>а;<br>n = 729       | GMIC / GLAM;<br>Автономный                 | -                                | 82,98 /<br>79,79<br>(пропущ.<br>рак) | -             | ИИ улавливает<br>~25 %<br>пропущенных<br>при двойном<br>чтении                          |

|                                      |               |                             |                                      |       |      |      |                                                           |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|------|-----------------------------------------------------------|
| Biroš et al., 2024, Diagnostics [24] | Чехия / Корея | Многоцентр.;<br>n = 122     | DLAD (Carebot);<br>Плотность BI-RADS | -     | -    | -    | DLAD снизил<br>межнаблюд.<br>вариабельност<br>ь плотности |
| Becker et al., 2018, Inv Radiol [25] | Швейцария     | Ретроспектива;<br>n = 3 228 | Deep learning CNN;<br>Автономный     | 0,917 | 80,3 | 89,0 | Нейросеть сопоставима с опытными радиологами              |

## Эффективность ИИ по сценариям применения

### *ИИ как автономный читатель*

В исследованиях, где ИИ функционировал без участия радиолога, показатели AUC варьировали от 0,706 (система Transpara в Японии, 2020) до 0,980 (CNN на выборке INbreast). Медианное значение AUC по включённым публикациям составило 0,937. Чувствительность в режиме автономной работы при фиксированной специфичности радиолога достигала 81,9 % (Salim et al.) и 94,4 % для инвазивного РМЖ (Waugh et al., Австралия).

### *ИИ как вспомогательный инструмент*

Использование ИИ в режиме поддержки принятия решений стабильно улучшало показатели радиологов. В корейском исследовании читателей (Lee et al.) AUC специалистов-маммологов возрос с 0,813 до 0,884 при добавлении ИИ-ассистента, AUC радиологов общего профиля - с 0,684 до 0,833. Во французском MRMC-исследовании (Dang et al.) межнаблюдательная согласованность по BI-RADS улучшилась с  $\kappa = 0,549$  до  $\kappa = 0,626$  без значимого увеличения времени чтения (106 с  $\rightarrow$  102 с,  $p = 0,754$ ).

### *ИИ как замена второго читателя*

Наиболее клинически значимым сценарием является замена одного из двух радиологов системой ИИ. В проспективном шведском исследовании ScreenTrustCAD (Dembrower et al., 2023) схема «1 радиолог + ИИ» была не хуже стандартного двойного чтения: выявляемость опухолей составила 261/55 000 против 250/55 000 (относительная доля 1,04 [95 % ДИ 1,00–1,09]). Система Google DeepMind в симуляции двойного чтения сохраняла неинferиорную точность и снижала нагрузку на второго читателя на 88 % [9].

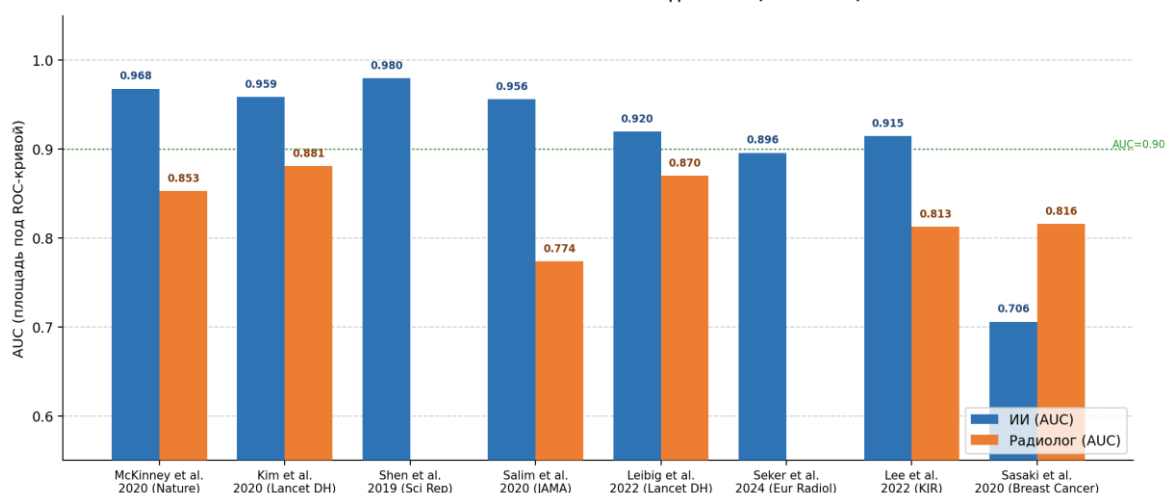
### *Снижение рабочей нагрузки*

Ряд исследований оценивал потенциал ИИ для сокращения объёма работы радиологов. Системы, способные автоматически помечать «явно нормальные» маммограммы, обеспечивали сокращение потока на 20–70 % без ущерба для выявляемости рака. McKinney et al. сообщали о возможном снижении нагрузки на второго читателя на 88 % при сохранении неинferиорной точности. В норвежском исследовании BreastScreen (122 969 маммограмм) ИИ-баллы коррелировали с гистологически значимыми опухолями, что открывает перспективу риск-стратификации интервала скрининга.

### **Влияние плотности молочной железы**

Плотность молочной железы (BI-RADS C и D) традиционно снижает чувствительность маммографии у радиологов. Kwon et al. (2024) на выборке 89 855 кореянок показали, что ИИ-система Lunit демонстрировала относительно более высокую чувствительность при плотной железе по сравнению с радиологами. Система DLAD (Biroš et al., 2024) достоверно снижала межнаблюдательную вариабельность оценки плотности по BI-RADS-классификации.

**Рисунок 1. Сравнение диагностической точности ИИ и радиологов по показателю AUC в ключевых исследованиях (2019-2024)**



*Примечание: AUC радиологов отсутствует в ряде публикаций, где сравнение проводилось по иным показателям (чувствительность, частота повторных вызовов). Горизонтальная пунктирная линия обозначает уровень AUC = 0,90.*

### **Сравнение показателей AUC в ключевых исследованиях**

Рисунок 1 демонстрирует сравнение диагностической точности ИИ и врачей-радиологов на основании показателей AUC, приведенных в наиболее значимых исследованиях в период с 2019 по 2024 годы.

Проведённый обзор убедительно свидетельствует о том, что современные ИИ-системы на основе глубокого обучения достигли диагностической точности, сопоставимой со средним радиологом, а в ряде сценариев - превосходящей его. Особо значимым является прогрессивный переход от ретроспективных исследований на обогащённых датасетах к проспективным исследованиям на репрезентативных популяционных выборках, что существенно повышает достоверность полученных данных.

На основе анализа доказательной базы можно выделить три рабочих сценария интеграции ИИ в маммографический скрининг:

**а) Сортировка («триаж»):** ИИ автоматически классифицирует маммограммы как «явно нормальные» или «подозрительные». Исследования показывают потенциал снижения нагрузки на 20–70 % без потери качества.

**б) Вспомогательное чтение:** ИИ работает параллельно с радиологом, выделяя подозрительные зоны и присваивая рейтинг подозрительности. Показана стабильная прибавка к AUC радиолога.

**в) Замена второго читателя:** Система «1 радиолог + ИИ» соответствует стандарту двойного чтения при меньших ресурсных затратах. Этот сценарий наиболее важен для систем с дефицитом специалистов.

### *Ограничения существующих исследований*

Несмотря на быстрый прогресс, ряд методологических ограничений требует учёта. Большинство исследований проводилось в учреждениях с развитой цифровой инфраструктурой (Европа, Северная Америка, Восточная Азия), что существенно ограничивает обобщаемость результатов на страны с низким и средним уровнем дохода. Многие ранние работы использовали обогащённые датасеты, завышающие показатели чувствительности. Различия в оборудовании, плотности желез в популяции, протоколах скрининга и референтных стандартах затрудняют прямое сравнение систем.

### *Регуляторные и этические аспекты*

Системы ИИ для анализа маммограмм получили регуляторное одобрение (FDA - США, CE - ЕС) как вспомогательные инструменты, не заменяющие решение врача. Вопросы ответственности при диагностических ошибках, прозрачности алгоритмов («чёрный ящик»), биас в данных обучения и информированного согласия пациенток остаются предметом активной дискуссии среди клиницистов, юристов и регуляторов.

Таким образом, ИИ-системы на основе глубокого обучения продемонстрировали клинически значимую диагностическую точность в задачах маммографического скрининга: медианный AUC в режиме автономной работы превысил 0,93, а в сценарии поддержки принятия решений - стабильно улучшал показатели радиологов. Наиболее перспективным в условиях глобального дефицита специалистов является сценарий «ИИ как второй читатель».

Для здравоохранения стран с ограниченными ресурсами, включая государства Центральной Азии, внедрение ИИ-ассистированного маммографического скрининга представляет стратегический интерес: технология способна компенсировать нехватку квалифицированных радиологов, повысить охват скринингом и снизить смертность от РМЖ при условии адекватного технического оснащения медицинских учреждений.

Приоритетными направлениями дальнейших исследований являются: проспективные многоцентровые испытания в развивающихся странах; разработка стандартов оценки и сертификации ИИ-систем; изучение рентабельности внедрения; обеспечение справедливости алгоритмов (fairness) для разных популяций.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. World Health Organization. Global Cancer Statistics 2022. Lyon: International Agency for Research on Cancer (IARC); 2023.
2. Tabár L, Vitak B, Chen HH, Yen MF, Duffy SW, Smith RA. Swedish Two-County Trial: impact of mammographic screening on breast cancer mortality. *Lancet*. 2003;361(9367):1405-1410.
3. Nyström L, Andersson I, Bjurstam N, Frisell J, Nordenskjöld B, Rutqvist LE. Long-term effects of mammography screening: updated overview of the Swedish randomised trials. *Lancet*. 2002;359(9310):909-919. doi:10.1016/S0140-6736(02)08020-0.
4. Sardanelli F, Hunink MGM, Gilbert FJ, Di Leo G, Krestin GP. To be or not to be a radiologist. *Eur Radiol*. 2019;29(12):6890-6895. doi:10.1007/s00330-019-06353-4.
5. Rossi PG, Basso M, Gori S, et al. Artificial intelligence and mammographic screening: a systematic review. *Eur J Radiol*. 2022;149:110178. doi:10.1016/j.ejrad.2022.110178.
6. Rodríguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Mérida A, et al. Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists. *Radiology*. 2019;293(2):327-335. doi:10.1148/radiol.2019182717.
7. Bahl M. Detecting breast cancers with mammography: will AI close the gap? *Radiology*. 2019;293(2):336-337. doi:10.1148/radiol.2019191940.
8. Yala A, Lehman C, Schuster T, Portnoi T, Barzilay R. A deep learning mammography-based model for improved breast cancer risk prediction. *Radiology*. 2019;292(1):60-66. doi:10.1148/radiol.2019182716.
9. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*. 2020;577(7788):89-94. doi:10.1038/s41586-019-1799-6.
10. Dembrower K, Wåhlin E, Liu Y, et al. AI for breast cancer detection in screening mammography in Sweden. *Lancet Digit Health*. 2023;5(10):e703-e711. doi:10.1016/S2589-7500(23)00153-X.
11. Kim HE, Kim HH, Han BK, et al. Changes in cancer detection and false-positive recall in mammography using artificial intelligence. *Lancet Digit Health*. 2020;2(3):e138-e148. doi:10.1016/S2589-7500(20)30003-0.
12. Salim M, Wåhlin E, Dembrower K, et al. External evaluation of 3 commercial artificial intelligence algorithms for independent assessment of screening mammograms. *JAMA Oncol*. 2020;6(10):1581-1588. doi:10.1001/jamaoncol.2020.3321.

13. Shen L, Margolies LR, Rothstein JH, Fluder E, McBride R, Sieh W. Deep learning to improve breast cancer detection on screening mammography. *Sci Rep.* 2019;9:12495. doi:10.1038/s41598-019-48995-4.
14. Leibig C, Bick U, Wulff J, et al. Combining the strengths of radiologists and artificial intelligence for breast cancer screening. *Lancet Digit Health.* 2022;4(7):e507-e519. doi:10.1016/S2589-7500(22)00070-9.
15. Sharma N, Ribli D, Emri M, et al. Large-scale evaluation of an AI system as an independent reader for double reading in breast cancer screening. *Eur Radiol.* 2023. doi:10.1007/s00330-023-10423-7.
16. Köhl J, et al. Population-wide evaluation of AI and radiologist assessment of screening mammograms. *Eur Radiol.* 2024;34:3935-3946. doi:10.1007/s00330-024-10534-9.
17. Lee JH, Kim EK, Kim MJ, et al. Improving the performance of radiologists using AI-based detection support software for mammography. *Korean J Radiol.* 2022;23(5):505-515. doi:10.3348/kjr.2021.0694.
18. Dang LA, Lee CI, Conant EF, et al. Impact of artificial intelligence in breast cancer screening with mammography. *Breast Cancer.* 2022;29(6):967-977. doi:10.1007/s12282-022-01372-5.
19. Kwon MR, et al. AI algorithms for the independent assessment of screening mammograms in Asian women. *Breast Cancer Res.* 2024;26:68. doi:10.1186/s13058-024-01839-0.
20. Waugh J, et al. Performance of AI in 7533 consecutive prevalent screening mammograms from the BreastScreen Australia program. *Eur Radiol.* 2024;34:3947-3957. doi:10.1007/s00330-024-10535-8.
21. Seker ME, et al. Diagnostic capabilities of AI as an additional reader in a breast cancer screening program. *Eur Radiol.* 2024. doi:10.1007/s00330-024-10661-3.
22. Sasaki M, Tozaki M, Yotsumoto D, et al. AI for breast cancer detection in mammography: experience of use of the Transpara system in 310 Japanese women. *Breast Cancer.* 2020;27(6):1085-1093. doi:10.1007/s12282-020-01116-6.
23. Jiang Z, et al. AI for interpreting screening mammograms: implications for missed cancer in double reading practices. *Sci Rep.* 2024;14:11893. doi:10.1038/s41598-024-62768-4.
24. Biroš M, et al. Enhancing accuracy in breast density assessment using deep learning: a multicentric, multi-reader study. *Diagnostics (Basel).* 2024;14(10):1117. doi:10.3390/diagnostics14101117.
25. Becker AS, Marcon M, Ghafoor S, Wurnig MC, Frauenfelder T, Boss A. Diagnostic accuracy of a multipurpose image analysis software in the detection of breast cancer. *Invest Radiol.* 2017;52(9):535-542. doi:10.1097/RLI.0000000000000378.
26. Al-Bazzaz H, et al. Reader bias in breast cancer screening related to cancer prevalence and AI decision support. *Eur Radiol.* 2023. doi:10.1007/s00330-023-10514-5.
27. Warner-Smith M, et al. Protocol for evaluating the fitness for purpose of an AI product for radiology reporting in the BreastScreen NSW breast cancer screening programme. *BMJ Open.* 2024;14:e082350. doi:10.1136/bmjopen-2023-082350.

**Поступила 20.06.2026**