

*С.П. Морозов¹, В.Г. Говорухина², В.В. Диденко¹, О.С. Пучкова¹, Н.А. Павлов¹,
А.Г. Овсянников¹, А.Е. Андрейченко¹, Н.В. Ледихова¹, А.В. Владзимирский¹*

Перспективы использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) в скрининге рака молочной железы

¹ГБУЗ «Научно-практический Центр Медицинской Радиологии» Департамента здравоохранения города Москвы,
²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

В статье представлен обзор литературы баз данных PubMed, MEDLINE, Springer, eLIBRARY, а также найденных с помощью Google Scholar актуальных российских научных статей. Для стратегии поиска использованы ключевые слова: «рак молочной железы», «искусственный интеллект», «скрининг». Полученная релевантная информация объединена, структурирована и проанализирована с целью рассмотрения текущей ситуации и проблематики в области скрининга рака молочной железы и использования в этой области технологий искусственного интеллекта в мире и в России. Обсуждены перспективы применения технологий искусственного интеллекта при организации программ скрининга рака молочной железы в условиях российского здравоохранения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, скрининг, маммография, молочная железа, рак

Актуальность скрининга рака молочной железы

Рак молочной железы (РМЖ) в России так же, как и во всем мире, диагностируется у женщин чаще других онкологических заболеваний. За период 2018 г. в России заболеваемость РМЖ составила 89,8 случаев на 100 000 женского населения, а смертность, ассоциированная с этим заболеванием, – 27,9 случаев на 100 000 женского населения. Смертность, ассоциированная с РМЖ, по частоте стоит на первом месте в структуре смертности от всех злокачественных новообразований у женщин [1].

Во многих развитых странах в систему здравоохранения внедрен популяционный скрининг РМЖ [2]. Несмотря на то, что в литературе встречаются противоречия [3], обоснованность и необходимость скрининга РМЖ опираются на результаты, полученные в ходе многочисленных рандомизированных контролируемых исследований о снижении смертности среди пациенток, которые участвуют в скрининге, поскольку это позволяет диагностировать заболевание на более

ранних стадиях. Ранняя диагностика и адекватное лечение РМЖ с учетом биологических особенностей опухоли сохраняют высокий уровень качества жизни пациенток [4, 5, 6, 7]. Немаловажно и то, что лечение на поздних стадиях заболевания сопряжено со значительно большими финансовыми затратами, чем на ранних стадиях РМЖ [8].

Скрининг РМЖ включает в себя интерпретацию маммографических изображений для выявления подозрительных изменений, при обнаружении которых может потребоваться дообследование [2]. Анализ маммограмм – одна из самых сложных задач во всей лучевой диагностике. Позиционирование и уровень компрессии желез отличается от исследования к исследованию. Структура молочных желез не одинакова у разных пациенток [9], а также зависит от возраста. Опыт рентгенолога, специализация, количество проанализированных маммограмм за год – все это отражается на частоте возникновения расхождений в интерпретации скрининговых исследований [10]. Отрицательные последствия скрининга включают в себя как ложноположительные (гипердиагностика) результаты и вытекающие из этого излишние инвазивные болезненные процедуры, сопровождающиеся тревожностью пациенток, так и ложноотрицательные (гиподиагностика) результаты, позволяющие выявить РМЖ только на поздних стадиях [11]. Ложноположительные результаты встречаются у 8–10% женщин, проходящих скрининг, а около 20–25% опухолей остаются незамеченными экспертами [12, 13, 14].

Много усилий по улучшению качества результатов скрининга сосредоточено на привлечении большего количества экспертов, а именно на реализации двойного чтения вместо интерпретации маммограмм одним рентгенологом [2]. Однако квалифицированных кадровых ресурсов для реализации двойного чтения не хватает.

Текущие исследования в области скрининга РМЖ, в том числе с использованием искусственного интеллекта (ИИ) для интерпретации маммографических снимков, нацелены на достижение требуемого баланса между пользой

и отрицательными последствиями скрининга [15, 16], а также на снижение нагрузки на врачей.

Системы автоматизированного выявления патологических образований

С конца XX века для помощи рентгенологам в поиске новообразований по снимкам разрабатывались системы автоматизированного выявления патологических образований (CAD от англ. Computed Aided Detection). Традиционные CAD-системы разработаны с использованием классических подходов к алгоритмам поиска находок на изображениях. Функционал систем и алгоритмы обработки изображений в CAD-системах написаны программистом и соответствуют базовым знаниям и опыту рентгенологов, полученных эмпирическим путем и сформулированных в виде правил и признаков. Системы, основанные только на опыте рентгенолога, могут не распознать нетипичные изменения на снимках, и, следовательно, плохо применимы для различных вариантов находок в популяции [18]. Алгоритмы CAD-систем выполняют поиск областей, которые содержат запрограммированные признаки; если вероятность находки определенной характеристики высока, то эта область отмечается на изображении как подозрительная. В этом заключается основное отличие традиционных алгоритмов CAD-систем от нового поколения алгоритмов на основе искусственного интеллекта. Системы на основе ИИ самостоятельно «учатся» отличать злокачественные образования от доброкачественных. Именно нейронная сеть определяет, чем отличается злокачественное образование в изображении от доброкачественного, совершенствуя свой механизм распознавания без участия человека [19]. ИИ самостоятельно извлекает информацию из снимков, а не отталкивается от мнения экспертов, что позволяет оптимально использовать растущие объемы цифровых данных, а также снизить количество субъективных ошибок [22].

До сих пор почти ни в одном исследовании не получено явных доказательств улучшения качества результатов скрининга при использовании CAD из-за низкой специфичности этих систем ввиду большого количества ложноположительных результатов [21].

Понятие искусственного интеллекта

Искусственный интеллект описывается как: «Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами

интеллектуальной деятельности человека»¹. ИИ стал собирательным термином для ряда различных компонентов и методов обучения, включая искусственные нейронные сети, машинное обучение (МО) и глубокое обучение (ГО); хотя эти термины похожи, они не взаимозаменяемы [17] (рис. 1).

Машинное обучение – это часть ИИ, изучающая методы построения алгоритмов, обучения системы на имеющихся данных, которые впоследствии смогут быть инструментом для распознавания новых данных или прогнозирования, реализуя индуктивный вывод. Вначале система обобщает и выделяет общие закономерности из представленных данных. Потом она выстраивает такие правила или алгоритмы, которые в дальнейшем могли бы делать выводы из новых данных. Этот подход лежит в основе большинства современных алгоритмов ИИ [23].

Нейронные сети – один из методов МО. Среди нейронных сетей глубокое (глубинное) обучение предполагает обучение нейронных сетей, которые состоят из множества слоев. Тип глубоких нейронных сетей, наиболее часто используемых в анализе изображений – сверточные нейронные сети.



Рис. 1. Диаграмма иллюстрирует взаимосвязь между ИИ, машинным обучением, нейронными сетями, глубоким обучением и сверточными нейронными сетями [17]

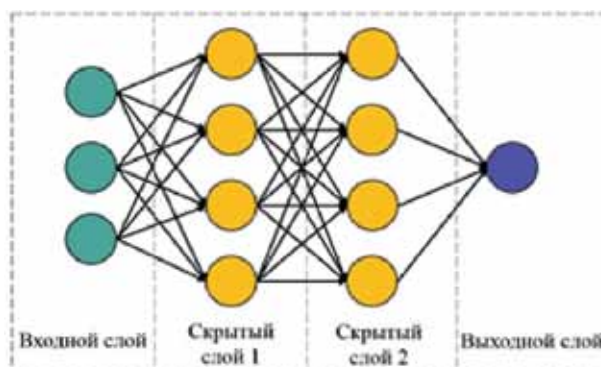


Рис. 2. Структура нейронной сети

¹ Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»)

Нейронная сеть состоит из последовательных слоев (группы искусственных нейронов, выполняющих аналогичные функции): входной слой, например, представлен необработанными пикселями маммограммы; скрытые слои и выходной слой, например, вывод результата – «доброкачественная»/«злокачественная» отметка [24] (рис. 2). В зависимости от характера и цели алгоритма вариантом вывода может быть положительный/отрицательный результат или вывод с оценкой вероятности злокачественности для каждой находки [19].

Разработка сети с точки зрения количества и типа слоев и соединений между слоями (т.е. определение гиперпараметров сети) все еще проводится программистами. Тем не менее, слои также включают в себя тысячи числовых параметров, обозначаемых весовыми коэффициентами устойчивости связей между узлами нейронных сетей, которым присвоены конкретные значения (от англ. *weights* – «веса»). Значения тысяч весовых коэффициентов определяют характеристики, искомые на изображениях, и то, как различные характеристики влияют на конечный вывод. Эти значения узлов нейронной сети определяются ИИ в процессе обучения [19].

Опыт применения искусственного интеллекта в диагностике рака молочной железы

В исследовании 2019 г. Wu et al. [21] описана разработанная авторами сверточная нейронная сеть, обученная более чем на 1 000 000 снимков для обнаружения РМЖ. Модель показала точность на уровне качества диагностики, выполняемой обычными рентгенологами, что было оценено при помощи площади под ROC-кривой (от англ. *Receiver Operating Curve*) Классическая ROC-кривая: представлена графиком зависимости чувствительности от специфичности. Исследователи предложили двухступенчатую нейронную сеть для объединения глобальной (симметрия между двумя молочными железами) и локальной (на уровне пикселей) информации [21].

Для успешной интеграции ГО в клиническую практику необходимо представить результаты анализа снимков ИИ в форме, которая будет понятна пользователям системы. Простейшая форма такого объяснения указывает на входные пиксели, повлиявшие на результат. С этой целью модель способна создавать тепловые карты или карты значимости, указывающие на места подозрительных находок [17, 21, 26].

Недавнее исследование, опубликованное в журнале *Nature* [27], показало, что ИИ смог обнаружить РМЖ на маммограммах со снижением числа ложноположительных результатов, по сравнению с чтением одним рентгенологом из

США, на 5,7% и на 1,2% – из Великобритании, по сравнению с чтением первым рентгенологом, а ложноотрицательных результатов – на 9,4% в США и на 2,7% в Великобритании. Точность диагностики РМЖ по маммограммам с помощью ИИ была не хуже, чем точность диагностики РМЖ при двойном чтении, которое является стандартом диагностики РМЖ в большинстве европейских стран и в Соединенном Королевстве. Также путем моделирования удалось установить снижение необходимости двойного чтения в 88% случаев, то есть уменьшение рабочей нагрузки на врачей с поддержанием необходимого уровня диагностической точности [27]. В США и в Англии, как и в России, маммограммы интерпретируют общие, а не специализированные рентгенологи. Преимущество такого подхода в том, что можно использовать ИИ в клинической практике общих рентгенологов вместо того, чтобы затрачивать финансовые ресурсы и время на обучение профильных специалистов.

Проблемы, которые еще встречаются в некоторых алгоритмах, связаны с более низкой специфичностью в сравнении с интерпретацией снимков рентгенологами, то есть с гипердиагностикой [37].

Добавление системы ИИ с чувствительностью и специфичностью, сравнимыми с заключениями эксперта при интерпретации маммограмм, приведет к улучшению диагностической точности для раннего выявления РМЖ и сможет повысить экономическую эффективность скрининга [28].

Решения, готовые к клиническому применению

В настоящее время есть несколько готовых к клиническому применению решений на основе технологий искусственного интеллекта для скрининга РМЖ. Kheiron Medical, Lunit, Curemetrix — примеры компаний с готовым продуктом на мировом рынке. Сервис Lunit дает возможность онлайн загрузить снимки и апробировать систему. Lunit работает в виде системы поддержки принятия врачебных решений. Информация о локализации находок выводится в виде тепловых карт. Работа сервиса направлена на помощь врачам в интерпретации скрининговых маммограмм, и позволяет рентгенологам проводить интерпретацию наравне со специалистами по молочной железе [38]. Продукт Mia™ компании Kheiron Medical обладает высокой точностью и предназначен для анализа цифровых маммограмм в условиях скрининга РМЖ [39]. Сервис CureMetrix нацелен на улучшение качества интерпретации маммограмм молочных желез с высокой плотностью тканей и с возможностью отслеживания изменений в динамике (при наличии заболевания) [40].

В российском сегменте сервис Цельс уже используется медицинскими учреждениями в 13 субъектах Российской Федерации в рамках пилотных проектов, а также применяется в отделениях лучевой диагностики города Москвы в рамках эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы. Сервис детектирует и выделяет на снимках злокачественные и доброкачественные новообразования, кальцинаты, лимфоузлы, фиброзно-кистозную мастопатию и присваивает исследованию категорию BI-RADS (от англ. Breast Imaging Reporting and Data System – Система описания и обработки данных лучевых исследований молочной железы). Также система автоматически формирует описание исследований [41].

Возможности применения искусственного интеллекта в скрининге и диагностике рака молочной железы в России

Президент Российской Федерации 6 июня 2019 года подписал Указ № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года», согласно которому решение основных задач развития здравоохранения должно осуществляться, в том числе, в направлении развития единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения, обеспечивающей взаимосвязь процессов организации оказания медицинской помощи; развитие государственных информационных систем субъектов Российской Федерации в сфере здравоохранения в целях их интеграции в единую государственную информационную систему. При этом эффективность внедрения и использования IT-технологий определяет доступность и качество работы системы здравоохранения регионов Российской Федерации [29].

Одно из больших потенциальных преимуществ ИИ заключается в возможности его использования для диагностики РМЖ в регионах, где мало опытных рентгенологов, что препятствует развитию программ скрининга. В таких случаях ИИ может применяться для первого или второго чтения [30].

В некоторых регионах России остаются муниципальные образования, в которых в течение года не выявляется ни одного случая РМЖ по итогам скрининга, что, вероятно, говорит о низком качестве медицинской аппаратуры или недостаточной квалификации специалистов [33]. Оценка качества исследования проводится рентгенолаборантом-экспертом или врачом-рентгенологом. Для оценки качества проведенного исследова-

ования используется Британская система PGM² (от англ. Perfect, Good, Moderate, Inadequate – превосходное, хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное). Благодаря развитию ГО существует возможность мгновенно распознавать исследование низкого качества, что особенно актуально для регионов в ситуации нехватки квалифицированных кадров; это позволило бы получать информацию об ошибках до окончания исследования. В перспективе такие интеллектуальные системы могут быть встроены непосредственно в оборудование. Кроме того, новые маммограммы будут вносить вклад в обучение глубоких нейронных сетей и, следовательно, в дальнейшее повышение эффективности оценки качества снимков [31, 32, 34].

Другим достоинством применения таких технологий в практике врачей выступает потенциальное снижение рабочей нагрузки [20]. Кроме того, хорошо известно, что низкая распространенность РМЖ при популяционном скрининге увеличивает риск ложноотрицательных результатов. Система ИИ с высокой чувствительностью может использоваться для автоматического выявления значительного количества нормальных маммограмм, снижая рабочую нагрузку и оставляя случаи с более высокой вероятностью РМЖ для интерпретации специалистами [30]. Однако рассматривать вышеописанный сценарий предварительного отбора стоит с осторожностью, поскольку есть риск пропуска маммограмм с РМЖ, если система ИИ недостаточно обучена [20].

В настоящее время системы ИИ оценивают последние маммограммы, не анализируя предыдущие исследования. Для повышения качества вывода нейронных сетей возможно будет использовать сделанные ранее маммограммы и снимки, полученные с помощью других методов визуализации, и сопутствующие клинические данные. В модель может быть также включена информация о ранее диагностированных онкологических заболеваниях пациенток и их генетической предрасположенности к РМЖ. Так ИИ сможет использовать дополнительную информацию о пациентке в сочетании с результатами, полученными при анализе снимков, для идентификации женщин с высоким риском развития РМЖ. Сходным образом для пациенток с РМЖ искусственный интеллект сможет выбирать персонализированную терапию с использованием радиомики, основанной на ГО [17].

Быстрое развитие ИИ требует от экспертов по лучевой диагностике обладания знаниями об этой технологии, чтобы понимать возможности ИИ и то, как он может повлиять на практику рентгенологов в ближайшем будущем [36].

2 Беляев, А.М., Блудов, А.Б., Ветшева, Н.Н. Методические рекомендации по выполнению программы популяционного скрининга злокачественных новообразований молочной железы среди женского населения / А.М. Беляев, А.Б. Блудов, Н.Н. Ветшева, [и др.]. – М., 2019. – 22 с.

ИИ вскоре будет играть значимую роль в поле заболеваний молочной железы на многих этапах: от выявления новообразования, прогнозирования риска развития РМЖ до выбора терапии и прогнозирования исхода болезни. По сравнению с традиционными САД-системами, системы ИИ, основанные на ГО, имеют лучшую продуктивность, достигая или даже превосходя возможности человека при решении некоторых задач. Однако, чтобы избежать неоправданных ожиданий, важно понимать ограничения систем ИИ. Если применение ИИ в диагностике новообразований молочной железы оправдывает ожидания, то преимущества скрининга РМЖ намного превысят вред от него, и в таком случае существует веский этический аргумент в пользу быстрого внедрения ИИ в программы скрининга РМЖ [17, 25].

Заключение

Стремительное увеличение количества информации в цифровом виде в медицине является предпосылкой для поиска новых, наиболее эффективных путей, обработки большого количества данных [23]. Благодаря развитию ГО скорость внедрения и клиническая ценность ИИ заметно возросли за последние несколько лет [36].

Существует и ряд задач, требующих решения. В первую очередь – до внедрения в практику такие технологии должны пройти клинические испытания и доказать свою эффективность. Кроме того, современные нейросетевые модели требуют для своего обучения больших объемов данных высокого качества, которые не всегда доступны даже при современном уровне развития цифровых технологий [26].

Важно отметить, что ИИ не заменит экспертов по лучевой диагностике, но рентгенологи, знающие, как использовать его возможности, несомненно, будут на шаг впереди [35].

ЛИТЕРАТУРА

- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / А.Д. Каприн, В.В. Старинский, Г.В. Петрова. — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2019.
- Houssami N., Lee C.I., Buist D.S.M. Artificial intelligence for breast cancer screening: Opportunity or hype? // *Breast*. — 2017. — Vol. 36. — P. 31–33. — DOI:10.1016/j.breast.2017.09.003.
- Autier P., Boniol M. Mammography screening: A major issue in medicine // *Eur J Cancer*. — 2018. — Vol. 90. — P. 34–62. — doi:10.1016/j.ejca.2017.11.002.
- Massat N.J., Dibden A., Parmar D. Impact of Screening on Breast Cancer Mortality: The UK Program 20 Years On // *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. — 2016. — Vol. 25 (3). — P. 455–462. — doi:10.1158/1055-9965.EPI-15-0803.

- Рассказова Е.А., Рожкова Н.И. Скрининг для ранней диагностики рака молочной железы // *Исследования и практика в медицине*. — 2014. — Т. 1 (1). — С. 45–51.
- Семиглазова Т.Ю., Дашян Г.А., Семиглазов В.В. и др. Качество жизни — принципиальный критерий эффективности таргетной терапии метастатического HER2-положительного рака молочной железы // *Современная онкология*. — 2015. — №1. — С. 19–24.
- Попова Т.Н., Кузеванова Е.А. Качество жизни больных местно-распространенным раком молочной железы с прогрессированием заболевания после комплексного лечения // *Опухоли женской репродуктивной системы*. — 2011. — №4. — С. 13–18.
- Blumen H., Fitch K., Polkus V. Comparison of Treatment Costs for Breast Cancer, by Tumor Stage and Type of Service // *Am Health Drug Benefits*. — 2016. — Vol. 9. — №1. — P. 23–32.
- Philpotts L.E. Can computer-aided detection be detrimental to mammographic interpretation? // *Radiology*. — 2009. — Vol. 253. — № 1. — P. 17–22. — doi:10.1148/radiol.2531090689.
- Ekpo E.U., Alakhras M., Brennan P. Errors in Mammography Cannot be Solved Through Technology Alone // *Asian Pac J Cancer Prev*. — 2018. — Vol. 19. — № 2. — P. 291–301. — doi:10.22034/APJCP.2018.19.2.29.
- Shi W., Nagler R.H., Fowler E.F. et al. Predictors of Women's Awareness of the Benefits and Harms of Mammography Screening and Associations with Confusion, Ambivalence, and Information Seeking // *Health Commun*. — 2019. — P. 1–12. — doi:10.1080/10410236.2019.1687129.
- Seely J.M., Alhassan T. Screening for breast cancer in 2018-what should we be doing today? // *Curr Oncol*. — 2018. — Vol. 25 (Suppl 1). — P. S115–S124. — doi:10.3747/co.25.3770.
- DeFrank J.T., Rimer B.K., Bowling J.M. et al. Influence of false-positive mammography results on subsequent screening: do physician recommendations buffer negative effects // *J Med Screen*. — 2012. — Vol. 19. — №1. — P. 35–41. — doi:10.1258/jms.2012.01112.
- Houssami N., Hunter K. The epidemiology, radiology and biological characteristics of interval breast cancers in population mammography screening // *NPJ Breast Cancer*. — 2017. — Vol. 3. — №12. — doi:10.1038/s41523-017-0014-x.
- Nelson H.D., O'Meara E.S., Kerlikowske K. et al. Factors Associated With Rates of False-Positive and False-Negative Results From Digital Mammography Screening: An Analysis of Registry Data // *Ann Intern Med*. — 2016. — Vol. 164. — №4. — P. 226–235. — doi:10.7326/M15-0971.
- Siu A.L. Screening for Breast Cancer: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement // *Ann Intern Med*. — 2016. — Vol. 164. — №4. — P. 279–296. — doi:10.7326/M15-2886.
- Geras K.J., Mann R.M., Moy L. Artificial Intelligence for Mammography and Digital Breast Tomosynthesis: Current Concepts and Future Perspectives // *Radiology*. — 2019. — Vol. 293, №2. — P. 246–259. — DOI:10.1148/radiol.2019182627.
- Chan H.P., Samala R.K., Hadjiiski L.M. CAD and AI for breast cancer-recent development and challenges // *Br J Radiol*. — 2020. — Vol. 93. — doi:10.1259/bjr.20190580.
- Sechopoulos I., Mann R.M. Stand-alone artificial intelligence — The future of breast cancer screening? //

- The Breast. — 2020. — Vol. 49. — P. 254–260. — doi:10.1016/j.breast.2019.12.014.
20. Rodriguez-Ruiz A., Lång K., Gubern-Merida A. et al. Can we reduce the workload of mammographic screening by automatic identification of normal exams with artificial intelligence? A feasibility study // *Eur Radiol.* — 2019. — Vol. 29, №9. — P. 4825–4832. — doi:10.1007/s00330-019-06186-9.
 21. Wu N., Phang J., Park J. et al. Deep Neural Networks Improve Radiologists' Performance in Breast Cancer Screening // *IEEE Trans Med Imaging.* — 2020. — Vol. 39, №4. — P. 1184–1194. — doi:10.1109/TMI.2019.2945514.
 22. Kooi T., Litjens G., van Ginneken B. et al. Large scale deep learning for computer aided detection of mammographic lesions // *Med Image Anal.* — 2017. — Vol. 35. — P. 303–312. — doi:10.1016/j.media.2016.07.007.
 23. Медло А.А., Уткин Л.В., Моисеенко В.М. Алгоритмы диагностики XXI века. Искусственный интеллект в распознавании рака легкого // *Практическая онкология.* — 2018. — Т. 19(3). — С. 292–298. — doi:10.31917/1903292.
 24. Le E.P.V., Wang Y., Huang Y. et al. Artificial intelligence in breast imaging // *Clin Radiol.* — 2019. — Vol. 74. — № 5. — P. 357–366. — doi:10.1016/j.crad.2019.02.006.
 25. Trister A.D., Buist D.S.M., Lee C.I. Will Machine Learning Tip the Balance in Breast Cancer Screening? // *JAMA Oncol.* — 2017. — Vol. 3. — № 11. — P. 1463–1464. — doi:10.1001/jamaoncol.2017.0473.
 26. Ганцев Ш.Х., Франц М.В. Искусственный интеллект в онкологии: взгляд в будущее // *Практическая онкология.* — 2019. — Т. 20 (1). — С. 21–28. — doi:10.31917/2001021.
 27. McKinney S.M., Sieniek M., Godbole V. et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening // *Nature.* — 2020. — Vol. 577. — № 7788. — P. 89–94. — doi:10.1038/s41586-019-1799-6.
 28. Houssami N., Kirkpatrick-Jones G., Noguchi N. et al. Artificial Intelligence (AI) for the early detection of breast cancer: a scoping review to assess AI's potential in breast screening practice // *Expert Rev Med Devices.* — 2019. — Vol. 16. — № 5. — P. 351–362. — doi:10.1080/17434440.2019.1610387.
 29. Егорова А.В. Цифровизация системы здравоохранения регионов в условиях цифровой экономики // *Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования.* — 2018. — №2. — С. 256–261.
 30. Rodriguez-Ruiz A., Lång K., Gubern-Merida A. et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists // *J Natl Cancer Inst.* — 2019. — Vol. 111. — №9. — P. 916–922. — doi:10.1093/jnci/djy222.
 31. Kretz T., Anton M., Schaeffter T., Elster C. et al. Determination of contrast-detail curves in mammography image quality assessment by a parametric model observer // *Physica medica.* — 2019. — Vol. 62. — P. 120–128. — doi:10.1016/j.ejmp.2019.05.008.
 32. Lakhani P., Prater A.B., Hutson R.K. et al. Machine Learning in Radiology: Applications Beyond Image Interpretation // *J Am Coll Radiol.* — 2018. — Vol. 15. — №2. — P. 350–359. — doi:10.1016/j.jacr.2017.09.044.
 33. Новикова Т.С., Доможирова А.С., Аксенова И.А. Состояние профилактических программ в онкологии в Челябинской области // *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* — 2017. — Т. 6 (5). — С. 50–55. — doi:10.17116/onkolog20176550-55.
 34. Li Y., Ye X., Li Y. Image quality assessment using deep convolutional networks // *AIP Advances.* — 2017. — Vol. 7. — №12. — doi:10.1063/1.5010804.
 35. Çelik L. Role of Artificial Intelligence in Imaging: From A Radiologist's Point of View with A Focus on Breast Imaging // *Anatol J Cardiol.* — 2019. — Vol. 22 (Suppl 2). — P. 13–14. — doi:10.14744/AnatolJCardiol.2019.35625.
 36. Lee J.G., Jun S., Cho Y.W. et al. Deep Learning in Medical Imaging: General Overview // *Korean J Radiol.* — 2017. — Vol. 18, № 4. — P. 570–584. — doi:10.3348/kjr.2017.18.4.57.
 37. Sasaki M., Tozaki M., Rodriguez-Ruiz A. et al. Artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: experience of use of the ScreenPoint Medical Transpara system in 310 Japanese women // *Breast Cancer.* — 2020. — Vol. 27. — № 4. — P. 642–651. — doi:10.1007/s12282-020-01061-8.
 38. Lunit Insight MMG. Fore breast cancer detection. / *Electronic data.* — Seoul. — URL: https://www.lunit.io/en/product/insight_mmg/ (accessed: 18.07.20).
 39. Kheiron Medical Technologies. Meet Mia™ Mammography Intelligent Assessment. / *Electronic data.* — London. — URL: <https://www.kheironmed.com/meet-mia> (accessed: 18.07.20).
 40. Curemetrix. Pursuing A New Standard For Breast Health Exams / *Electronic data.* — California. — URL: <https://curemetrix.com/> (accessed: 18.07.20).
 41. Цельс. Маммография. Искусственный интеллект для выявления онкологии на ранней стадии. [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Калуга. — URL: <https://celsus.ai/products-mammography/> (дата обращения: 18.07.20).

Поступила в редакцию 30.07.2020 г.

*S.P. Morozov¹, V.G. Govorukhina², V.V. Didenko¹,
O.S. Puchkova¹, N.A. Pavlov¹, A.G. Ovsyannikov¹,
A.E. Andreychenko¹, N.V. Ledikhova¹,
A.V. Vladzimirsky¹*

Prospect of application of artificial intelligence systems for breast cancer screening

¹Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow,

²Faculty of Fundamental Medicine, Moscow State University

The article presents a literature review of the databases such as PubMed, MEDLINE, Springer eLIBRARY and found via Google Scholar relevant Russian scientific articles. Articles were searched using the keywords: “breast cancer”, “artificial intelligence”, “screening”. The information obtained was then pooled, structured and analyzed in order to review the current state and problems in the field of breast cancer screening and application of artificial intelligence systems in this field in the world and in Russia. The possibility of applying artificial intelligence technologies for breast cancer screening in Russian healthcare system is discussed.

Key words: artificial intelligence, screening, mammography, breast, cancer