

## КОМПАРАТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЦИФРОВОЙ МАММОГРАФИИ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА «ЦЕЛЬС» И ВРАЧЕЙ-РЕНТГЕНОЛОГОВ

Карпов О.Э.<sup>1</sup>, Броннов О.Ю.\*<sup>1</sup>, Капнинский А.А.<sup>2</sup>, Павлович П.И.<sup>1</sup>, Абович Ю.А.<sup>1</sup>, Субботин С.А.<sup>1</sup>, Соколова С.В.<sup>1</sup>, Рычагова Н.И.<sup>1</sup>, Милова А.В.<sup>1</sup>, Никитин Е.Д.<sup>2</sup>

DOI: 10.25881/20728255\_2021\_16\_2\_86

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

<sup>2</sup> ООО «Медицинские скрининг системы», Калуга

**Резюме.** В статье рассматриваются возможности использования системы анализа маммологических изображений «Цельс», использующей технологии искусственного интеллекта, для обнаружения злокачественных новообразований молочной железы при проведении скрининговых маммографических исследований. Представлены результаты ретроспективного когортного исследования, выполненного на группе из 49 пациентов, прошедших скрининг в ФГБУ «НМХЦ имени Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский Центр) и имеющих верифицированный диагноз злокачественного поражения по данным гистологического исследования.

Получены количественные характеристики анализа цифровых маммограмм системой «Цельс». В частности, злокачественные новообразования были выявлены в 92% случаях, полное совпадение заключений с группой врачей-рентгенологов, специализирующихся в маммографии, было сделано в 90% случаев. Приведены результаты сравнительного клинического разбора наиболее сложных для диагностирования случаев. Показана целесообразность использования системы «Цельс» для аналитической поддержки врачей-рентгенологов при скрининговых маммографических исследованиях и определены сценарии их использования.

**Ключевые слова:** маммография, искусственный интеллект, BI-RADS, Breast Imaging-Reporting and Data System.

### Цель исследования

В настоящее время в большинстве развитых стран активно реализуются программы скрининга заболеваний молочной железы. Доказано, что ежегодная маммография увеличивает вероятность обнаружения злокачественных новообразований молочной железы на более ранней стадии и приводит к улучшению прогноза у таких пациентов, а также снижению смертности [1–5]. Подсчитано, что злокачественное новообразование размерами <10 мм, без вовлечения регионарных лимфоузлов можно успешно лечить примерно в 90% случаев, тогда как это значение падает примерно до 55% в случае вовлечения местных-регионарных лимфоузлов и 18% — в случае отдаленных метастазов [2–4].

Маммография является методом выбора при скрининге злокачественных новообразований молочной железы на протяжении десятилетий. Более чем 200 млн. женщин обследуют ежегодно в мире [1; 3; 4]. Однако ограничения применяемого метода по чувствительности и специфичности сохраняются даже перед лицом

### COMPARATIVE STUDY OF DATA ANALYSIS RESULTS OF DIGITAL MAMMOGRAPHY AI-BASED SYSTEM «CELSUS» AND RADIOLOGISTS

Karpov O.E.<sup>1</sup>, Bronov O.Yu.\*<sup>1</sup>, Kapninskiy A.A.<sup>2</sup>, Pavlovich P.I.<sup>1</sup>, Abovich Yu.A.<sup>1</sup>, Subbotin S.A.<sup>1</sup>, Sokolova S.V.<sup>1</sup>, Rychagova N.I.<sup>1</sup>, Milova A.V.<sup>1</sup>, Nikitin E.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

<sup>2</sup> Medical Screening Systems LLC, Kaluga

**Abstract.** The article discusses the possibility of using the AI-based system for the analysis of mammological images Celsus for the detection of malignant neoplasms of the mammary gland during screening mammographic studies. The article presents the results of a retrospective cohort study performed on a group of 49 patients screened at the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov and with a verified diagnosis of malignant lesions according to histological examination data.

The quantitative characteristics of the analysis of digital mammograms by the Celsus system were obtained. In particular, malignant neoplasms were detected in 92% of cases, and a complete agreement with a group of radiologists specializing in mammography was made in 90% of cases. The results of a comparative clinical analysis of the most difficult cases for diagnosis are presented. The expediency of using the Celsus system for analytical support of radiologists during screening mammographic studies is shown and use-cases of their use are determined.

**Keywords:** mammography, artificial intelligence (AI), BI-RADS, Breast Imaging-Reporting and Data System.

самых последних технологических усовершенствований. До 10–40% случаев злокачественного образования молочной железы может быть пропущено во время скрининга. В среднем, только 10% женщин направляют после скрининговой маммографии на цитологическое дообследование [4].

Традиционные автоматизированные системы компьютерной помощи обнаружения (Computer Aided Detection — CAD) могут повысить чувствительность и специфичность, а также эффективность работы врача-рентгенолога с точки зрения экономии времени. В США автоматизированные системы обнаружения злокачественных новообразований используются в 83% всех проводимых цифровых маммографических исследований [5]. Тем не менее, информация, полученная из литературных источников, об их эффективности противоречива. Некоторые исследования с использованием компьютерных систем обнаружения злокачественных новообразований показали более точное обнаружение за счет увеличения истинно-положительных результатов [6–8]. Работы

\* e-mail: doctorbronnov@gmail.com

других исследователей продемонстрировали не такие убедительные результаты. Большие исследования, одно из которых оценивало работу врачей-рентгенологов в 43 учреждениях (выборка за 4-летний период), показало, что использование САД-систем привело к снижению точности обнаружения злокачественных новообразований за счет роста ложно-положительных результатов, а также увеличению направлений на цитологическую диагностику [9–10].

Учитывая растущий интерес к использованию систем искусственного интеллекта в медицинской визуализации, было разработано несколько новых алгоритмов, которые применяются для помощи врачу-рентгенологу в оценке результатов цифровой маммографии. Предварительные исследования показали, что использование систем на основе технологий искусственного интеллекта для интерпретации цифровых маммограмм может повысить чувствительность и специфичность метода, а также эффективность работы врача-рентгенолога [11–14].

В России имеется несколько решений на базе технологий искусственного интеллекта, которые специализируются на анализе медицинских изображений, в т.ч. данных цифровой маммографии. В нашем исследовании мы ретроспективно проанализировали данные, полученные после обработки анонимизированных цифровых маммограмм системой искусственного интеллекта «Цельс». Решение «Цельс» к началу 2021 года было апробировано в 13 пилотных региональных проектах, в т.ч. в рамках эксперимента города Москвы по использованию систем искусственного интеллекта в радиологии по направлениям «Маммография» и «Флюорография». За 2020 год «Цельсом» было проанализировано более 350 000 исследований в отделениях лучевой диагностики города Москвы и более 90 000 в рамках пилотных проектов других субъектов РФ.

Целью настоящего исследования является оценка возможности идентифицировать злокачественные новообразования молочной железы технологиями искусственного интеллекта, и определение сценариев их использования в Пироговском Центре, для чего было проведено компаративное исследование результатов анализа данных системой «Цельс» и двумя врачами-рентгенологами.

## Материалы и методы

### Пациенты

Исследование представляет собой ретроспективное когортное исследование, выполненное на группе пациентов, проходивших скрининг в НМХЦ имени Н.И. Пирогова в период с 01.10.2017 г. по 01.10.2020 г. Размер выборки составил 49 человек. Условием включения являлся верифицированный гистологически диагноз злокачественного новообразования и установленная стадия по стандартизированной шкале оценки результатов маммографии по степени риска наличия злокачественных образований молочной железы BI-RADS (Breast Imaging-Reporting and Data System — шкала отчетов и данных при визуализации

Табл. 1. Данные пациенток

Гистологический тип	Кол-во случаев	Доля
Инвазивная протоковая карцинома	6	12%
Протоковая карцинома in situ	13	27%
Инвазивная лобулярная карцинома	18	37%
Инвазивная солидная папиллярная карцинома	5	10%
Другие формы рака	7	14%
Всего:	49	100%

грудной железы, рекомендуемая American College of Radiology — ACR), равная 6. Распределение пациентов по гистологическому типу опухоли представлено в таблице 1.

Исследования были анонимизированы и предоставлены для анализа двум врачам-рентгенологам, с опытом работы 8 и 18 лет, соответственно, для последующего независимого анализа. Ежегодно через их практическую деятельность описывается не менее 2000 цифровых маммограмм. Врачи-рентгенологи оценивали цифровые маммограммы независимо, в индивидуальном рандомизированном порядке. Система «Цельс», а также врачи-рентгенологи использовали как краниокаудальные, так и медиолатеральные косые проекции правой и левой молочных желез. Для каждого случая врачи-рентгенологи должны были маркировать цифрой от 1 до 5 по системе BI-RADS. Расхождения между мнениями врачей решались путем консенсуса.

Настоящее компаративное исследование имело следующие ограничения:

- малый размер выборки;
- отсутствие контрольной группы пациентов с неонкологической патологией;
- отказ от использования данных предыдущих исследований, которые будут сняты при продолжении анализа применимости технологий искусственного интеллекта в Пироговском Центре.

### Система «Цельс»

Используемая в исследовании система искусственного интеллекта «Цельс» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019610585, патент на изобретение № 2697733) предназначена для выявления областей, подозрительных на наличие злокачественных новообразований молочной железы на двумерных цифровых маммограммах и оценки вероятности злокачественного образования. Система принимает в качестве входных данных полный набор из четырех (или двух) изображений, составляющих маммограмму (левое/правое или левое и правое краниокаудальные и медиолатеральные косые изображения) и выводит набор положений изображений с соответствующей оценкой подозрительности. В системе используется ансамбль глубоких сверточных нейронных сетей, объединенных вместе с модулем агрегации. В связи с разнообразием типов входных данных (разные типы оборудования и настройки) используется универсальный препроцессинг, а результаты детектирования пост-

обрабатываются мета-моделью. При анализе изображений в системе «Цельс» анализируется наличие и определение типов таких классов, как:

- доброкачественные / злокачественные новообразования;
- доброкачественные / злокачественные кальцинаты;
- фиброзы;
- плотность ткани по ACR.

Система адаптирована под скрининговую классификацию вероятности рака молочной железы в соответствии с методическими рекомендациями по использованию международной системы BI-RADS при маммографическом исследовании [15] и оценивает вероятность злокачественного образования по следующим скрининговым категориям:

- 0, отражает изменения, соответствующие значениям шкалы BI-RADS по ACR 3–5;
- 1, соответствует значению шкалы BI-RADS по ACR 1;
- 2, соответствует BI-RADS по ACR 2.

## Результаты

В группе пациентов со злокачественными новообразованиями молочных желез были получены следующие результаты (Сводные — таблица 2):

- 44 случая, в которых заключение поставлено верно системой ИИ «Цельс» и врачами;
- 4 случая, в которых заключение поставлено неверно системой ИИ «Цельс» и верно врачами (пациенты 1, 2, 3, 4). При этом следует отметить, что «Цельс» детектировал новообразования как доброкачественные с рекомендацией необходимости проведения дополнительного обследования;
- 1 случай, в котором заключение поставлено верно системой «Цельс» и неверно врачами (пациент 28).

Далее приводится разбор наиболее сложных для диагностирования, интересных и наглядных клинических случаев. Материалы проиллюстрированы разметкой маммограмм из системы «Цельс», где используются следующие условные обозначения:

- красным цветом обозначены злокачественные образования;
- зеленым цветом — объемные новообразования;
- желтым цветом — злокачественные кальцинаты;
- желто-зеленым цветом — доброкачественные кальцинаты;
- пурпурным цветом — лимфоузлы;
- голубым цветом — фиброзно-кистозную мастопатию.

В заключении системы «Цельс» везде используется значение скрининговой категории.

## Клинический случай № 1. Пациентка С., 61 год

Заключение системы «Цельс»:

Правая сторона (R):

- структура молочной железы по ACR — С: молочные железы неоднородной (гетерогенной) плотности,

Табл. 2. Сравнение данных, полученных от системы ИИ «Цельс» и двух врачей-рентгенологов

Пациенты	Результат «Цельс» (скрин. категория)	Результат рентгенолога 1		Результат рентгенолога 2		Консенсус	
		L	R	L	R	L	R
1	2	1	5	1	4	1	5
2	2	2	5	2	5	2	5
3	2	5	2	5	2	5	2
4	2	2	2	5	2	5	2
5	0	2	2	5	2	5	2
6	0	5	5	5	4	5	4
7	0	3	5	3	5	3	5
8	0	2	5	2	5	2	5
9	0	5	2	5	2	5	2
10	0	5	2	5	2	5	2
11	0	1	5	2	5	2	5
12	0	2	5	2	5	2	5
13	0	5	2	5	2	5	2
14	0	2	5	2	5	2	5
15	0	2	5	2	5	2	5
16	0	5	2	5	2	5	2
17	0	5	5	5	2	5	5
18	0	2	5	2	5	2	5
19	0	1	5	1	5	1	5
20	0	1	5	1	5	1	5
21	0	1	5	2	5	1	5
22	0	5	2	4	2	5	2
23	0	2	5	2	5	2	5
24	0	1	5	2	5	1	5
25	0	4	5	2	5	2	5
26	0	5	2	5	5	5	2
27	0	2	5	2	5	2	5
28	0	2	2	2	2	2	2
29	0	5	2	5	2	5	2
30	0	2	5	2	5	2	5
31	0	2	5	2	5	2	5
32	0	2	5	2	5	2	5
33	0	5	1	5	1	5	1
34	0	2	5	2	5	2	5
35	0	5	2	5	2	5	2
36	0	2	5	2	5	2	5
37	0	5	2	5	2	5	2
38	0	5	2	5	2	5	2
39	0	5	2	5	2	5	2
40	0	2	5	2	5	2	5
41	0	-	5	-	5	-	5
42	0	5	1	5	1	5	1
43	0	2	5	2	5	2	5
44	0	2	5	2	5	2	5
45	0	2	2	4	2	4	2
46	0	5	2	5	2	5	2
47	0	5	2	5	2	5	2
48	0	2	5	2	5	2	5
49	0	4	2	4	2	4	2

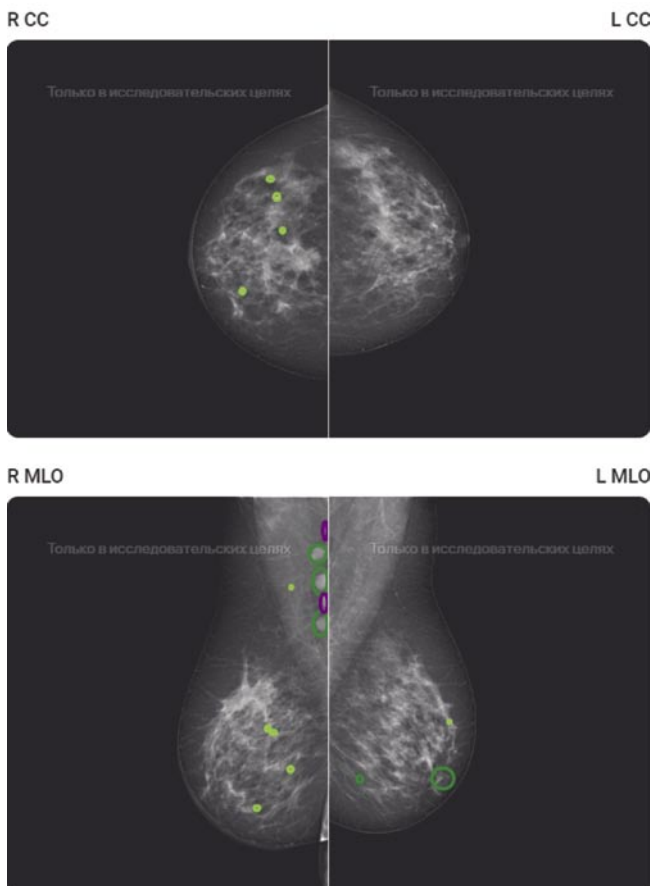


Рис. 1. Разметка маммограммы системой «Цельс» для клинического случая № 1.

либо отдельные участки молочных желез достаточно плотные и могут скрывать небольшие образования;

- рекомендуется проведение УЗ-дообследования;
- определены доброкачественные кальцинаты;
- определено объемное новообразование;
- определены лимфоузлы.

Скрининговая категория 2.

#### Заключение врачей-рентгенологов:

Правая молочная железа (R) не деформирована. Кожа утолщена от 1,5 мм до 3 мм (преимущественно в ареолярной области). Сосок не визуализируется. Подкожный жировой слой без особенностей. Ткань молочной железы преимущественно смешанной структуры. Плотность ткани по ACR — C. На границе верхних квадрантов определяется узловое образование, неправильной формы, высокой плотности, с неровными, местами тяжистыми контурами, размерами 37×27 мм. В нижне-внутреннем квадранте определяются два рядом лежащих уплотнения, неправильной формы, с тяжистыми контурами, размерами 12×8 мм и 14×10 мм (узловые образования?, локальный фиброз?). В ткани железы рассеянные макрокальцинаты по типу «оправы линзы». В аксиллярной области множественные плотные л/узлы, диаметром от 10 мм до 15 мм.

Заключение: BIRADS-5. Узловое образование на фоне диффузных фиброзно-кистозных изменений молочной железы. Узловые образования(?), участки локального фиброза(?) молочной железы. Аденопатия.

Рекомендуется: УЗИ молочных желез, консультация маммолога-онколога.

Гистологическое заключение: инвазивная дольковая карцинома неспецифического типа G1, ER+, PR-, люминальный тип B (HER2 негативный).

#### Обсуждение

Система «Цельс» определила объемное новообразование, но не отметила его локализацию и злокачественность, кроме того, она выявила макрокальцинаты, указав их доброкачественную природу. Также «Цельс» определил лимфоузлы, но не отметил их увеличение повышенную плотность и патологическую перестройку, что также подозрительно на злокачественность процесса. Система верно определила плотность молочной железы (R), указав неоднородность структуры и наличие плотных участков, которые могут скрывать объемные новообразования. Как и врачи-рентгенологи, «Цельс» рекомендует дообследование в виде УЗИ молочных желез.

#### Клинический случай № 2. Пациентка Б., 55 лет

Заключение системы «Цельс»:

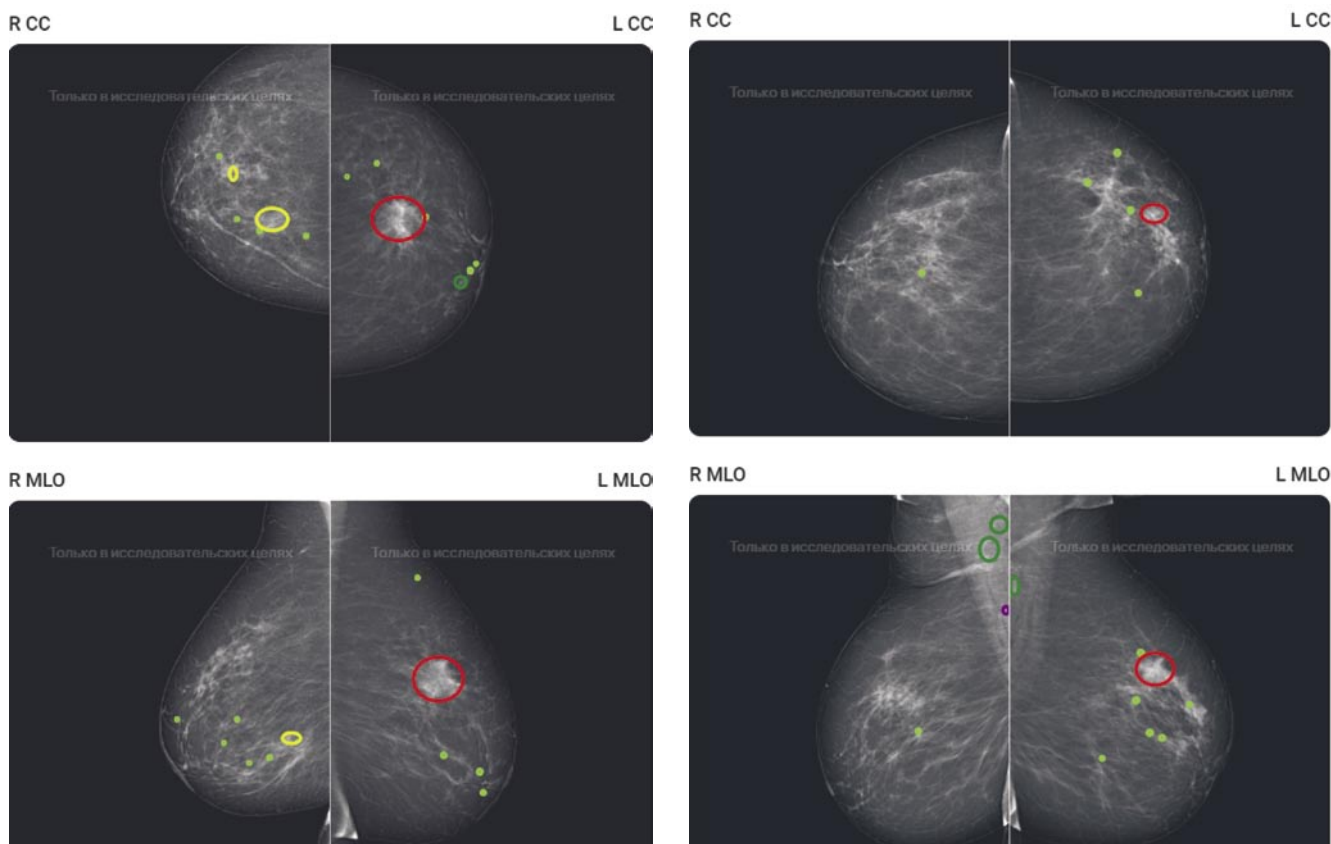
Левая сторона (L):

- структура молочной железы по ACR — A: молочная железа практически полностью жировой плотности;
  - определено объемное новообразование;
  - подозрение на злокачественное новообразование;
  - определены доброкачественные кальцинаты.
- Скрининговая категория 0.

#### Заключение врачей-рентгенологов

Левая молочная железа не деформирована. Сосок уплощен. Кожа в ареолярной области утолщена, максимально до 3,5 мм. Подкожный жировой слой без особенностей. Ткань молочной железы фиброзно-жировой структуры. Плотность ткани по ACR — A. Отмечается снижение интенсивности паренхимы молочной железы, по сравнению с правой железой. В верхне-наружном квадранте определяется узловое образование, неправильной формы, высокой плотности, с тяжистыми контурами, размерами 52×50 мм, на фоне которого визуализируются плеоморфные микрокальцинаты. Также в ткани железы отмечаются единичные, рассеянные, микро- и макрокальцинаты. В нижне-внутреннем квадранте, на расстоянии 3 см от соска, определяется овальная тень, средней плотности, с ровными контурами, размерами 6×4 мм. Аксиллярной области полностью не визуализируется.

Заключение: BIRADS-5. Узловое образование на фоне фиброзно-жировых изменений молочной железы. Киста(?) молочной железы. Рекомендуется: УЗИ молочных желез, консультация маммолога-онколога.



**Рис. 2.** Разметка маммограммы системой «Цельс» для клинического случая № 2.

**Рис. 3.** Разметка маммограммы системой «Цельс» для клинического случая № 3.

**Гистологическое заключение:** инвазивная карцинома левой молочной железы неспецифического типа G3, ypT1cN0R0, RCB-I (TNM 8th ed.) (Invasive carcinoma of no special type ICD-O cod 8500/3).

#### Обсуждение

В левой молочной железе система «Цельс», как и врачи-рентгенологи, определила новообразование, отметив правильную локализацию и его злокачественную природу, что подтвердилось гистологически. «Цельс» выявил несколько единичных доброкачественных кальцинатов в ткани железы, в то время как врачи-рентгенологи кроме вышеуказанных кальцинатов, отметили наличие плеоморфных микрокальцинатов в самом образовании, что может указывать на злокачественность процесса. Система верно определила плотность молочных желез.

#### Клинический случай № 3. Пациентка Б., 68 лет

##### Заключение системы «Цельс»:

Левая сторона (L):

- структура молочной железы по ACR — В: отдельные участки фиброзно-железистой плотности;
  - определены доброкачественные кальцинаты;
  - определено объемное новообразование;
  - подозрение на злокачественное новообразование.
- Скрининговая категория 0.

#### Заключение врачей-рентгенологов:

Левая молочная железа (L) не деформирована. Кожа в ареолярной области умеренно утолщена до 2 мм. Сосок уплощен. Подкожный жировой слой без особенностей. Ткань молочной железы преимущественно фиброзно-жировой структуры. Плотность ткани по ACR — А. В верхне-наружном квадранте, на фоне фиброзных изменений, локальное уплотнение структуры, неправильной формы, с тяжистыми контурами, размерами 20×9 мм. В ткани железы рассеянные макрокальцинаты. Узловые образования достоверно не определяются. Заключение: BIRADS-3 Выраженный локальный фиброз(?) на фоне фиброзно-жировых изменений молочной железы. В аксиллярной области частично визуализированный л/узел, диаметром до 20 мм.

Рекомендуется: Динамическое наблюдение с последующим ММГ-контролем через 3 месяца, консультация маммолога-онколога.

#### Гистологическое заключение

Микроскопическое описание: фрагменты ткани молочной железы с ростом опухоли в виде солидных скоплений атипичных клеток с выражено полиморфными ядрами и многочисленными митозами (в т.ч. патологическими). Окружающая строма с признаками десмоплазии.

Гистологическое заключение: низкодифференцированная неспецифицированная инвазивная карцинома молочной железы G3, люминальный тип В (HER2 негативный).

#### Обсуждение:

Система «Цельс» определила объемное новообразование и отметила его злокачественность в отличие от врачей, которые верифицировали это как локальный фиброз. «Цельс», как и врачи-рентгенологи, обнаружил макрокальцинаты, указав их доброкачественную природу. По-разному оценена плотность молочной железы (L). Система «Цельс» воспринимает участки суммации фиброзных элементов за железистый эпителий. В данном случае более точная верификация по плотности сделана врачами-рентгенологами.

#### Клинический случай № 4. Пациентка К., 62 года

##### Заключение системы «Цельс»:

Правая сторона (R):

- структура молочной железы по ACR — В: отдельные участки фиброзно-железистой плотности;
- определено объемное новообразование;
- подозрение на злокачественное новообразование;
- определен доброкачественный кальцинат;
- определен злокачественный кальцинат.

Скрининговая категория 0.

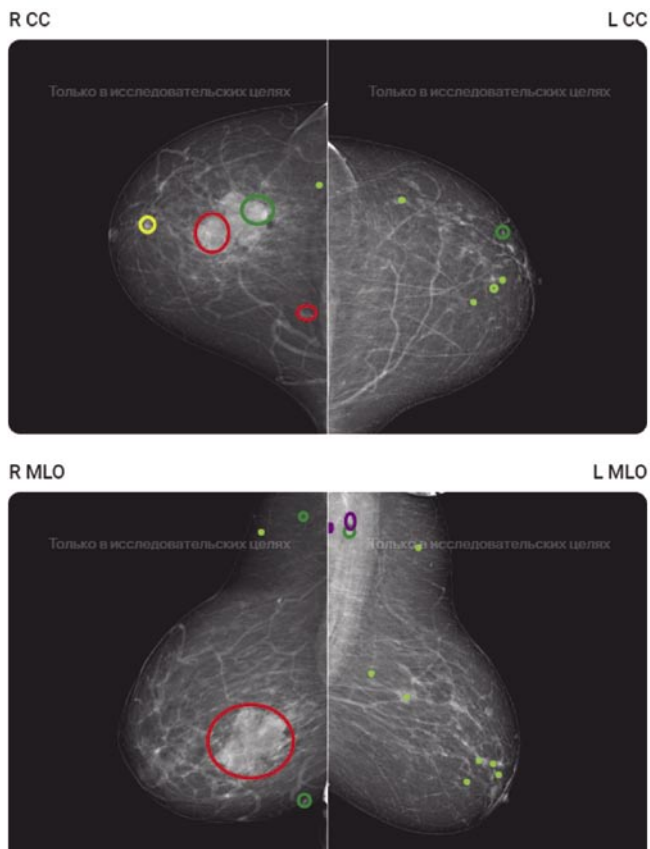


Рис. 4. Разметка маммограммы системой «Цельс» для клинического случая № 4.

#### Заключение врачей-рентгенологов

Правая молочная железа не деформирована. Кожа не изменена. Сосок уплощен. Подкожный жировой слой без особенностей. Ткань молочной железы преимущественно фиброзно-жировой структуры, несколько уплотнена за счет диффузной перестройки элементов. Плотность ткани по ACR — А. На границе нижних квадрантов определяется узловое образование, дольчатой формы, высокой плотности, с бугристыми контурами, размерами 56×46 мм. В медиолатеральной проекции, в верхних квадрантах, ретромаммарно, определяется овальная тень, средней плотности, с ровными контурами, размерами 6×4 мм (интрамаммарный л/узел?). Аксилярная область не визуализируется.

Заключение: BI-RADS 5. Узловое образование на фоне фиброзно-жировых изменений молочной железы.

Гистологическое заключение: инвазивная протоковая карцинома правой молочной железы T2N0MX люминальный тип А.

#### Обсуждение

В правой молочной железе система «Цельс», как и врачи-рентгенологи, определила новообразование, отметив правильную локализацию и его злокачественную природу, что подтвердилось гистологически. «Цельс» выявил единичные доброкачественные и злокачественные кальцинаты в ткани железы, в то время как врачи-рентгенологи не отметили это при описании. Система верно определила плотность молочных желез (R), отметив наличие участков фиброзно-железистой ткани.

#### Обсуждение результатов компаративного исследования

Системы анализа медицинских изображений в настоящее время бурно развиваются, и самое первое и логичное их применение — это использование в скрининговых целях. Маммографический скрининг имеет важное как социальное, так и экономическое значение. Повсеместное внедрение цифровой маммографии в сочетании с сервисами на основе технологий искусственного интеллекта может повысить количество исследуемых пациентов с одновременным повышением точности выявления злокачественных поражений.

Компаративное исследование результатов анализа данных цифровой маммографии системы на основе искусственного интеллекта «Цельс» и врачей-рентгенологов Пироговского Центра продемонстрировало высокую чувствительность метода (злокачественных образований было определено в 45 случаях из 49, что составляет 92%). Сравнительный клинический разбор наиболее сложных для диагностирования случаев показал, что визуализация результатов, автоматическая классификация обнаруженных артефактов являются полезными для совместного анализа врачами разной квалификации, а также позволяют быстро подготовить предварительные материалы для контроля работы врачей со стороны руководства отделения.

## Выводы

Несмотря на указанные в разделе «Материалы и методы» ограничения исследования, хорошая чувствительность метода уже сейчас позволяет применять систему «Цельс» для аналитической поддержки врачей-рентгенологов Пироговского Центра при скрининговых маммографических исследованиях.

Дополнительными сценариями использования технологий искусственного интеллекта в деятельности рентгенологических отделений могут стать:

- создание специализированного обучающего и тестирующего сервиса для подготовки и повышения квалификации врачей-рентгенологов;
- аудит и контроль выполняемых описаний маммограмм со стороны заведующего отделением, и в перспективе создание целостной системы контроля качества рентгенологического отделения.

Технологии искусственного интеллекта имеют большой потенциал в обнаружении злокачественных новообразований, и могут быть эффективным помощником принятия решений для врачей-рентгенологов, занимающихся маммографией, и имеющих разный опыт работы в данной специальности.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Marmot MG, Altman DG, Cameron DA, Dewar JA, Thompson SG, Wilcox M. The benefits and harms of breast cancer screening: an independent review. *Br J Cancer*. 2013; 108(11): 2205-2240.
2. Sant M, Allemani C, Berrino F, et al. Breast carcinoma survival in Europe and the United States. *Cancer*. 2004; 100(4): 715-722.
3. Breast Cancer Screening Market. Global Analysis by Population, Screening Tests [Mammography, MRI, Ultrasound], Countries & Forecast (2018-2024). Available at: <https://www.renub.com/breast-cancer-screening-mammography-mri-andultrasound-market-and-forecast-worldwide-63-p.php>. Accessed November 18, 2019.
4. Rawashdeh MA, Lee WB, Bourne RM, et al. Markers of good performance in mammography depend on number of annual readings. *Radiology*. 2013; 269(1): 61-67.
5. Lehman CD, Wellman RD, Buist DSM, et al. Diagnostic Accuracy of Digital Screening Mammography With and Without Computer-Aided Detection. *JAMA Intern Med*. 2015; 175(11): 1828-1837.
6. Gilbert FJ, Astley SM, Gillan MGC, et al. Single reading with computer-aided detection for screening mammography. *N Engl J Med*. 2008; 359(16): 1675-1684.
7. James JJ, Gilbert FJ, Wallis MG, et al. Mammographic features of breast cancers at single reading with computer-aided detection and at double reading in a large multicenter prospective trial of computer-aided detection: CADET II. *Radiology*. 2010; 256(2): 379-386.
8. Gromet M. Comparison of computer-aided detection to double reading of screening mammograms: review of 231, 221 mammograms. *AJR Am J Roentgenol*. 2008; 190(4): 854-859.
9. Fenton JJ, Taplin SH, Carney PA, et al. Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography. *N Engl J Med*. 2007; 356(14): 1399-1409.
10. Kooi T, Litjens G, van Ginneken B, et al. Large scale deep learning for computer aided detection of mammographic lesions. *Med Image Anal*. 2017; 35: 303-312.
11. Rodríguez-Ruiz A, Krupinski E, Mordang JJ, et al. Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System. *Radiology*. 2019; 290(2): 305-314.
12. 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(1): 12495.
13. Wu N, Phang J, Park J, et al. Deep Neural Networks Improve Radiologists' Performance in Breast Cancer Screening. arXiv:190308297 [cs, stat]. [preprint]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1903.08297>. Accessed October 3, 2019.
14. Sahran S, Qasem A, Omar K, et al. Machine Learning Methods for Breast Cancer Diagnostic. *Breast Cancer and Surgery*. Published November 5, 2018. Accessed October 3, 2019.
15. Методические рекомендации по использованию международной системы BI-RADS при маммографическом исследовании, рекомендованы решением бюро Ученого медицинского совета Департамента здравоохранения Москвы от 18 октября 2017 г. [Methodological recommendations on the use of the international system for mammography research, recommended by the decision of the Bureau of the Scientific Medical Council of the Moscow Department of Health dated October 18, 2017. (In Russ).]