

DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-1-24-30>

# Трехмерное автоматизированное ультразвуковое исследование – дополнительный инструмент онкомаммоскрининга

Е.А. Бусько<sup>1,2</sup>, В.В. Семиглазов<sup>1,3</sup>, Н.И. Рожкова<sup>4,5</sup>, С.К. Джахилова<sup>1</sup>, Э.Р. Акзянова<sup>1</sup>, П.В. Криворотько<sup>1</sup>, В.В. Рязанов<sup>6,7</sup>, С.С. Багненко<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; Россия, 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, 68;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7–9;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России; Россия, 197022 Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6–8;

<sup>4</sup>Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 3;

<sup>5</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы»; Россия, 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;

<sup>6</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»; Россия, 194100 Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2А;

<sup>7</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

**Контакты:** Екатерина Александровна Бусько [katrn@mail.ru](mailto:katrn@mail.ru)

**Введение.** Трехмерное автоматизированное ультразвуковое исследование (АУЗИ) – инновационная технология, позволяющая глобально визуализировать молочные железы и исключая операторозависимость ручного ультразвукового исследования. Трехпроекционное сканирование при АУЗИ обеспечивается сверхдлинным (15,4 см) датчиком с частотой 14–16 МГц, затем срезы реконструируются на рабочей станции, при этом высокочастотные преобразователи создают изображение с высоким разрешением. Благодаря специальной коронарной проекции АУЗИ выявляет варианты минимального, непальпируемого рака молочной железы, в том числе при высокой маммографической плотности молочных желез, что делает его перспективным дополнительным методом онкомаммоскрининга.

**Цель исследования** – оценка перспективности использования АУЗИ в качестве дополнительного метода скрининга при высокой маммографической плотности молочных желез.

**Материалы и методы.** Исследование было проведено в 2018 г. в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. В рамках исследования 192 женщинам выполнялись маммография, АУЗИ и мультипараметрическое ультразвуковое исследование в стандартном ручном режиме (В-режим, режим цветового доплеровского картирования, режим соноэластографии).

**Результаты.** При маммографическом исследовании 192 пациенток выявлено 42 случая РМЖ, при использовании АУЗИ и ручного ультразвукового исследования дополнительно определено 9 случаев. Также по данным АУЗИ были выявлены дополнительные опухолевые фокусы, что позволило более точно оценить мультифокальность, мультицентричность и билатеральность рака молочной железы. При этом отмечены некоторые ограничения метода АУЗИ, не позволяющие полностью оценить состояние аксиллярных лимфатических узлов и выполнить дополнительные опции соноэластографии и доплерографии, уточняющие природу изменений.

**Выводы.** АУЗИ – перспективный и высокоэффективный метод диагностики у женщин с высокой маммографической плотностью молочных желез, имеющий свои преимущества и недостатки, который может использоваться в комбинации с маммографией в качестве метода дополнительного скрининга, особенно у женщин с высоким риском развития рака молочной железы.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, плотная молочная железа, автоматизированное ультразвуковое исследование, маммография, дополнительный скрининг

**Для цитирования:** Бусько Е.А., Семиглазов В.В., Рожкова Н.И. и др. Трехмерное автоматизированное ультразвуковое исследование – дополнительный инструмент онкомаммоскрининга. Опухоли женской репродуктивной системы 2024;20(1):24–30. DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-1-24-30>

## Three-dimensional automated breast ultrasound – a supplemental screening tool

E.A. Busko<sup>1, 2</sup>, V.V. Semiglazov<sup>1, 3</sup>, N.I. Rozhkova<sup>4, 5</sup>, S.K. Dzhahilova<sup>1</sup>, E.R. Akzyanova<sup>1</sup>, P.V. Krivorotko<sup>1</sup>, V.V. Ryazanov<sup>6, 7</sup>, S.S. Bagnenko<sup>1, 6</sup>

<sup>1</sup>N.N. Petrov National Medical Research Oncology Center, Ministry of Health of Russia; 68 Leningradskaya St., Pesochnyy Settlement, Saint Petersburg 197758, Russia;

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University; 7–9 Universitetskaya Naberezhnaya, Saint Petersburg 199034, Russia;

<sup>3</sup>I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; 6–8 Lva Tolstogo St., Saint Petersburg 197022, Russia;

<sup>4</sup>P.A. Herten Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia; 3 2-oy Botkinskiy Proezd, Moscow 125284, Russia;

<sup>5</sup>Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198, Russia;

<sup>6</sup>Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of Russia; 2A Litovskaya St., Saint Petersburg 194100, Russia;

<sup>7</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Akademiya Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia

**Contacts:** Ekaterina Aleksandrovna Busko [katrn@mail.ru](mailto:katrn@mail.ru)

**Background.** Three-dimensional automated breast ultrasound (ABUS) is an innovative technology that allows global visualization of the breast and eliminates the operator-dependence of hand held ultrasound. Three-projection scanning during ABUS is provided by an ultra-long (15.4 cm) probe with a frequency of 14–16 MHz, and then the slices are reconstructed on a workstation. At the same time, high-frequency converters create high-resolution images. Through a special coronal projection, ABUS identifies variants of minimal, non-palpable breast cancer, including those with women with high mammographic breast density, which makes it a promising additional (supplemental screening) method of oncomammogram screening.

**Aim.** To assess the use of ABUS as a supplemental screening tool in women with high mammographic breast density.

**Materials and methods.** The study was conducted in 2018 at the N.N. Petrov National Medical Research Oncology Center, Ministry of Health of Russia. As part of the study, 192 women underwent mammography, ABUS, and multiparametric ultrasound (B-mode, color Doppler, elastography) in standard manual mode.

**Results.** In the course of the study, in 192 patients, mammography revealed 42 cases of breast cancer, while using the AUS and manual ultrasound, additionally were identified 9 cases of breast cancer. Also, the ABUS showed high accuracy in assessment of the distribution of breast cancer – multifocal, multicentric and bilateral.

**Conclusion.** ABUS is a promising and highly effective diagnostic method in women with high mammographic breast density, with its advantages and disadvantages, which can be used in combination with mammography as a supplemental screening tool, especially in women at high risk of developing breast cancer.

**Keywords:** breast cancer, dense breast, automated breast ultrasound, mammography, supplemental screening

**For citation:** Busko E.A., Semiglazov V.V., Rozhkova N.I. et al. Three-dimensional automated breast ultrasound – a supplemental screening tool. *Opukholi zhenskoy reproduktivnoy systemy = Tumors of Female Reproductive System* 2024;20(1): 24–30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-1-24-30>

### Введение

Маммография (МГ) сохраняет лидирующие позиции в выявлении ранних непальпируемых форм рака молочной железы (РМЖ) при онкомаммоскрининге, тем самым снижая смертность на 20–50 %, что доказано результатами долгосрочных рандомизированных исследований [1, 2]. МГ является единственным методом выявления микрокальцинатов размером от 50 мКм, которые могут указывать как на неинвазивный, так и на ранний инвазивный РМЖ. Вместе с тем возможности ее ограничены при высокой маммографической плотности (МП) молочных желез (типы С и D по системе ACR), приводящей к пропуску 20–30 % случаев РМЖ [3]. Низкая чувствительность МГ при высокой МП снижает эффективность дифференциальной диагностики до 40–60 % и приводит к гипо- или гипердиагностике [4].

Вместе с тем установлено, что высокая МП как независимый фактор риска развития РМЖ определяется

примерно у 43 % женщин в возрасте после 40 лет [5]. Эта дополнительная группа риска диктует необходимость комбинирования МГ с ультразвуковым исследованием (УЗИ), которое при высокой МП хорошо дифференцирует структурные элементы ткани молочной железы [6].

В таких ситуациях достаточно эффективно используется трехмерное (3D) автоматизированное ультразвуковое исследование (АУЗИ) – инновационная технология, позволяющая глобально визуализировать молочные железы и исключая операторозависимость ручного УЗИ [7]. Трехпроекционное сканирование при АУЗИ обеспечивается сверхдлинным (15,4 см) датчиком с частотой 14–16 МГц, затем срезы реконструируются на рабочей станции [8], при этом высокочастотные преобразователи создают изображение с высоким разрешением [9]. Получение коронарных срезов позволяет улучшить выявляемость мелких деталей, что важно для дифференциальной диагностики.

Результаты мультицентрового исследования R. F. Vrem и соавт. (2015) подтверждают, что АУЗИ, использованное в качестве дополнительного метода к скрининговой МГ у женщин с высоким генетическим риском, повышает шансы обнаружения РМЖ [9]. По результатам скрининга 15 318 женщин было выявлено 112 случаев рака, из них 82 случая – при помощи МГ и еще 30 случаев – при АУЗИ, что привело к увеличению чувствительности комбинированного чтения на 26,7 % [9].

В работах M. Golatta и соавт. чувствительность АУЗИ составляла 82 %, специфичность – 68 % [10]. Факторами, осложняющими визуализацию при 3D-АУЗИ, были ретроареолярная локализация новообразования, большой объем молочных желез. Также ошибки в интерпретации изображения отмечены в связи с отсутствием клинической информации [10, 11]. Сходные показатели высокой чувствительности АУЗИ представлены и в работе В. Е. Гажоновой и соавт. (2015), в которой приведена высокая эффективность АУЗИ в дифференциальной диагностике опухолей молочной железы с чувствительностью 87 % и специфичностью 72 % [12].

**Цель исследования** – оценка перспективности использования АУЗИ в качестве дополнительного метода при скрининге женщин с высокой МП молочных желез.

### Материалы и методы

Исследование было проведено в 2018 г. в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» Минздрава России. В рамках исследования 192 женщинам в возрасте старше 40 лет (средний возраст пациенток составил  $49,1 \pm 8,7$  года), у которых имелись жалобы на дискомфорт и уплотнение в молочных железах, после объективного осмотра и сбора анамнеза выполняли: 1) МГ на аппарате Senographe DS GE с компрессией молочной железы по стандартной методике в краниокаудальной и медиолатеральной проекциях с определением типа плотности молочных желез по ACR; 2) АУЗИ молочных желез на системе Invenia ABUS 2.0; 3) мультипараметрическое УЗИ с применением эластографии на ультразвуковом сканере Hitachi Hi Vision Ascendus с помощью линейного датчика с диапазоном частот 5–13 МГц.

Оценка результатов эластографии проводилась по классификации эластотипов [13] и определению порогового значения коэффициента жесткости [14], согласно свидетельству о регистрации электронного ресурса в ФГНУ «Институт научной и педагогической информации» Российской академии образования ОФЭРНИО «Автоматизированное 3D ультразвуковое сканирование пациенток с различной патологией молочной железы» № 2019621385 [15].

Для анализа данных применялись Microsoft Excel 365, MatLab R2021a с использованием Statistics and Machine Learning Toolbox [16, 17].

При подозрении на злокачественный процесс пациенткам выполнялась трепанобиопсия, затем гистологические и, если требовалось, иммуногистохимические исследования. Для подтверждения доброкачественных процессов проводилась тонкоигольная пункция с цитологическим исследованием. Результаты гистологического исследования подтвердили РМЖ у 51 пациентки и доброкачественную природу новообразования у 141 пациентки.

### Результаты

По данным МГ в исследуемой группе пациенток наблюдалось следующее распределение типов плотности молочных желез по системе ACR: тип А – у 24 (12,5 %) пациенток, тип В – у 82 (42,7 %), тип С – у 68 (35,4 %), тип D – у 18 (9,4 %) пациенток. Высокая МП определялась у 86 (44,8 %) женщин, что коррелирует с данными литературы.

По результатам МГ из 192 пациенток РМЖ был выявлен у 42, а при АУЗИ и ручном УЗИ добавилось еще 9 случаев.

У пациенток, у которых по данным МГ злокачественные новообразования были пропущены, определялась высокая МП: в 78 % случаев – тип С и в 22 % случаев – тип D. Пропущенные при МГ 9 случаев РМЖ относились к неспецифицированному гистологическому типу: люминальный А молекулярный подтип – 1 (11 %), люминальный В – 5 (55 %), HER2-положительный – 1 (11 %), трижды негативный – 2 (22 %) случая.

Анализ оценки мультифокальности и мультицентричности показал, что АУЗИ более точно определяет количество и пространственное расположение дополнительных фокусов РМЖ по сравнению с МГ. Так, по данным АУЗИ было выявлено 40 случаев унифокального и 8 случаев мультифокального РМЖ, в 2 случаях РМЖ был мультицентричным, в 1 случае – билатеральным. При этом по данным МГ мультифокальная форма РМЖ была выявлена лишь в 4 случаях, а мультицентричное и билатеральное расположение очагов не определялось. По данным МГ при билатеральном РМЖ справа визуализировалось только 1 новообразование. По данным АУЗИ был также обнаружен узел у пациентки в левой молочной железе, который по результатам гистологического исследования оказался РМЖ.

### Клинический случай

*Пациентка, 54 лет, онкологический анамнез неотягощен, жалобы на новообразование в правой молочной железе, обнаруженное при пальпации. Пациентке выполнили МГ в 2 проекциях, тип плотности молочных желез*



по АСР — С, в правой молочной железе в краниокаудальной проекции определялось гиперденное образование с четкими неровными контурами, была установлена категория BI-RADS 4a. В левой молочной железе узловые новообразования не обнаружены, была установлена категория BI-RADS 2 (рис. 1, а).

Поскольку по данным МГ тип строения молочных желез относился к высокой МП, пациентке было также выполнено АУЗИ, при котором в левой молочной железе обнаружено новообразование гипэхогенной эхоструктуры, с нечеткими контурами, соответствующее категории BI-RADS 5 (рис. 1, б).

При дополнительном ручном УЗИ с эластографией картировался 5-й эластотип, коэффициент жесткости StR составил 7,31 (пороговое значение — 4,0) — категория BI-RADS 5.

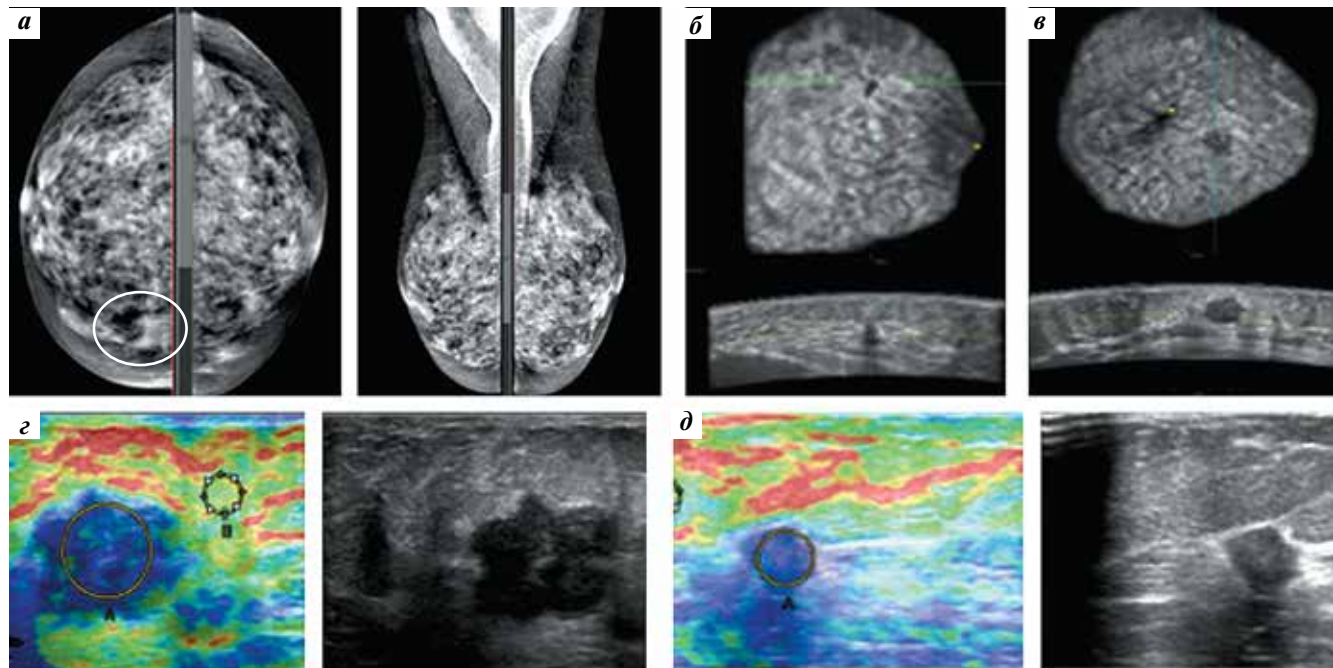
По совокупности данных мультимодального исследования установлен диагноз синхронного билатерального

РМЖ. Пациентке выполнена трепанобиопсия под ультразвуковым контролем. Гистологическое исследование: неспецифицированный РМЖ, люминальный В молекулярный подтип (см. рис. 1).

### Обсуждение

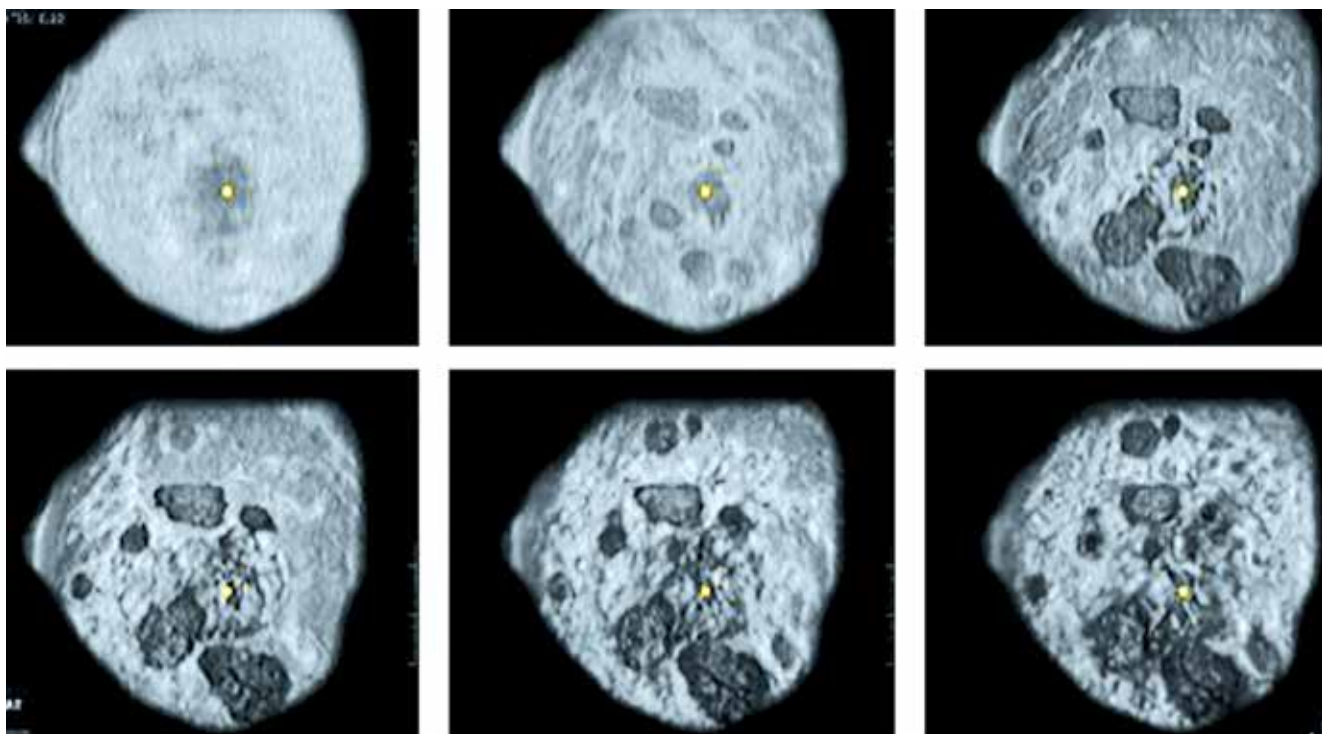
Проведенное исследование показало, что АУЗИ дополнительно на фоне высокой МП выявляет рак, не определяемый при МГ, что согласуется с данными ряда авторов, в том числе R. F. Brem и соавт. (2015) [9], и диктует необходимость дополнять стандартный рентгенологический скрининг методом АУЗИ, особенно у женщин с высокой МП. Уточненная диагностика распространенности процесса клинически значима и существенно влияет на выбор тактики лечения.

В исследования Т. Parris и соавт. (2012), W. A. Berg и соавт. (2013), где оценивалась эффективность УЗИ и магнитно-резонансной томографии у женщин



**Рис. 1.** Данные мультимодальной диагностики (маммографии, автоматизированного ультразвукового исследования и ультразвукового исследования в В-режиме и режиме эластографии) при синхронном билатеральном раке молочной железы (РМЖ), по результатам гистологического исследования определенном как неспецифицированный РМЖ люминального В молекулярного подтипа: а — данные маммографии в 2 проекциях (краниокаудальной и медиолатеральной): тип строения С по АСР, в правой молочной железе определяется новообразование, соответствующее категории BI-RADS 4a (указано белым кругом); в левой молочной железе новообразования не определяются, установлена категория BI-RADS 2; б — данные автоматизированного ультразвукового исследования (АУЗИ) в коронарной проекции: слева определяется гипэхогенное новообразование неправильной формы, с нечеткими контурами, категории BI-RADS 5; в — данные АУЗИ в коронарной проекции: справа определяется гипэхогенное новообразование неправильной формы, с неровными нечеткими контурами, категории BI-RADS 5; г — данные эластографии: справа новообразование при картировании имеет 5-й эластотип, StR = 6,49 (пороговое значение — 4,0), категория BI-RADS 5; д — данные эластографии: слева новообразование при картировании имеет 5-й эластотип, StR = 7,31 (пороговое значение — 4,0), категория BI-RADS 5

**Fig. 1.** Multimodal diagnostics (mammography, automated ultrasound, and ultrasound in B-mode and elastography mode) data for synchronous bilateral breast cancer (BC), according to histological examination, defined as unspecified BC of luminal B molecular subtype: а — mammography data in 2 projections (craniocaudal, mediolateral): structure type C according to ACR, a neoplasm category BI-RADS 4a (indicated by white circle) is detected in the right mammary gland; no neoplasms are detected in the left mammary gland, category BI-RADS 2 is defined; б — automated breast ultrasound (ABUS), coronal projection: on the left, a hypoechoic neoplasm of irregular shape, with unclear contours, category BI-RADS 5 is determined; в — ABUS data, coronal projection: on the right, a hypoechoic neoplasm of irregular shape, with uneven, unclear contours, category BI-RADS 5 is determined; г — elastography data: on the right, a neoplasm during mapping has the 5<sup>th</sup> elastotype, StR = 6.49 (threshold value — 4.0), category BI-RADS 5; д — elastography data: on the left, a neoplasm during mapping has the 5<sup>th</sup> elastotype, StR = 7.31 (threshold value — 4.0), category BI-RADS 5



**Рис. 2.** Данные автоматизированного ультразвукового исследования в коронарной проекции. В правой молочной железе определяются множественные фибroadеномы, гистологически верифицированные

**Fig. 2.** Automated breast ultrasound data, coronal projection. Multiple fibroadenomas are identified in the right mammary gland, these fibroadenomas are histologically verified

с высокой МП, были включены пациентки группы высокого риска развития РМЖ — с личным или семейным анамнезом РМЖ или наличием мутаций *BRCA1/2*. Выявляемость дополнительных случаев рака у этих пациенток была значительно выше, чем при обычном скрининге [18, 19]. Так, дополнительный ультразвуковой скрининг у женщин с высоким риском развития РМЖ позволил выявить 3,7 случая рака на 1000 пациенток при стандартных показателях эффективности скрининга 1,9 случая рака на 1000 пациенток. Данный факт убеждает в необходимости более углубленного обследования женщин из групп риска с применением современных ультразвуковых технологий.

По результатам настоящего исследования были определены преимущества и недостатки АУЗИ.

Преимущество АУЗИ по сравнению с традиционным УЗИ заключается в возможности более точной локализации множественных новообразований в молочной железе за счет глобальной визуализации молочных желез. В случае доброкачественных новообразований автоматический режим сканирования обеспечивает более точную локализацию процесса, а также оптимизирует возможность сравнения пространственной ориентации и размеров очага при динамическом наблюдении. При РМЖ АУЗИ за счет более высокой разрешающей способности и возможности многопроекционного исследования позволяет

более точно определять мультифокальность и мультицентричность процесса, топическую локализацию опухолевых узлов с проекцией их на коже с помощью 3D реконструирования (рис. 2).

Использование коронарных срезов позволяет более точно обнаруживать мелкие детали, которые имеют большое значение для дифференциальной диагностики, что является его основным преимуществом. Возможность архивирования и хранения полученных данных позволяет проводить двойное чтение, что также является важным достоинством метода как инструмента, дополнительно к традиционному маммографическому скринингу. Важнейшее преимущество АУЗИ — возможность комплексной оценки изображений МГ и АУЗИ на рабочей станции, что повышает точность диагностики РМЖ.

К недостаткам следует отнести высокую стоимость оборудования, что снижает востребованность и распространенность метода на территории Российской Федерации. Ограничивают внедрение метода и необходимость дополнительного обучения среднего медицинского персонала, необходимость сохранения большого объема получаемой цифровой информации, а также технологические ограничения в виде отсутствия изображения аксиллярных областей, опции эластографии, доплерографии. К недостаткам можно отнести и более высокие временные затраты на проведение исследования. Однако эти недостатки частично компенсируются

удобством просмотра, интерпретации и архивации данных на специализированной рабочей станции.

Настоящее исследование имеет некоторые особенности, поскольку проводилось с включением пациенток с жалобами на болезненность и уплотнение в молочных железах. В перспективе необходимо провести исследование на большей когорте бессимптомных пациенток.

## Выводы

Автоматизированное ультразвуковое исследование является перспективным и высокоэффективным методом диагностики у женщин с высокой МП молочных желез, имеющим свои преимущества и недостатки, и может использоваться в комбинации с МГ в качестве метода дополнительного скрининга, особенно у женщин с высоким риском развития РМЖ.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Oeffinger K.C., Fontham E.T., Etzioni R. et al. Breast cancer screening for women at average risk: 2015 guideline update from the American Cancer Society. *JAMA* 2015;314(15):1599–614. DOI: 10.1001/jama.2015.12783
- Tabar L., Vitak B., Chen T.H. et al. Swedish two-county trial: Impact of mammographic screening on breast cancer mortality during 3 decades. *Radiology* 2011;260(3):658–63. DOI: 10.1148/radiol.11110469
- Sprague B.L., Gangnon R.E., Burt V. et al. Prevalence of mammographically dense breasts in the United States. *JNCI* 2014;106(10):dju255. DOI: 10.1093/jnci/dju255
- Wang H.Y., Jiang Y.X., Zhu Q.L. et al. Differentiation of benign and malignant breast lesions: A comparison between automatically generated breast volume scans and handheld ultrasound examinations. *Eur J Radiol* 2012;81(11):3190–200. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.01.034
- Chou Y.H., Tiu C.M., Chen J. et al. Automated full-field breast ultrasonography: The past and the present. *J Med Ultrasound* 2007;15(1):31–44. DOI: 10.1016/S0929-6441(08)60022-3
- Vourtsis A. Three-dimensional automated breast ultrasound: Technical aspects and first results. *Diagn Interv Imaging* 2019;100(10):579–92. DOI: 10.1016/j.diii.2019.03.012
- Vourtsis A., Berg W.A. Breast density implications and supplemental screening. *Eur Radiol* 2019;29:1762–77. DOI: 10.1007/s00330-018-5668-8
- Vourtsis A., Kachulis A. The performance of 3D ABUS versus HHUS in the visualisation and BI-RADS characterisation of breast lesions in a large cohort of 1.886 women. *Eur Radiol* 2018;28(2):592–601. DOI: 10.1007/s00330-017-5011-9
- Brem R.F., Tabar L., Duffy S.W. et al. Assessing improvement in detection of breast cancer with three-dimensional automated breast US in women with dense breast tissue: The Somoinstight Study. *Radiology* 2015;274(3):663–73. DOI: 10.1148/radiol.14132832
- Golatta M., Franz D., Harcos A. et al. Interobserver reliability of automated breast volume scanner (ABVS) interpretation and agreement of ABVS findings with hand held breast ultrasound (HHUS), mammography and pathology results. *Eur J Radiol* 2013;82(8):e332–e336. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.03.005
- Golatta M., Baggs C., Schweitzer-Martin M. et al. Evaluation of an automated breast 3D-ultrasound system by comparing it with hand-held ultrasound (HHUS) and mammography. *Arch Gynecol Obstet* 2015;29:889–95. DOI: 10.1007/s00404-014-3509-9
- Гажонова В.Е., Ефремова М.П., Хлюстина Е.М. и др. Автоматическая сонотомография молочных желез – новая методика диагностики рака. *Медицинская визуализация* 2015;(2):67–77. Gazhonova V.E., Efremova M.P., Khlustina E.M. et al. Automated breast volume sonography – new technology in breast cancer diagnosis. *Meditsinskaya vizualizatsiya = Medical Imaging* 2015;(2):67–77. (In Russ.).
- Itoh A., Ueno E., Tohno E. et al. Breast disease: Clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006;239(2):341–50. DOI: 10.1148/radiol.2391041676
- Бусько Е.А., Мищенко А.В., Семиглазов В.В. Определение порогового значения соноэластографического коэффициента жесткости в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных образований молочной железы. *Кремлевская медицина. Клинический вестник* 2013;(1):112–5. Busko E.A., Mishchenko A.V., Semiglazov V.V. et al. Determination of the threshold value of the sonoelastographic stiffness coefficient in the differential diagnosis of benign and malignant breast tumors. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik = Kremlin medicine. Clinical Bulletin* 2013;(1):112–5. (In Russ.).
- Бусько Е.А., Мамедова С.К., Галиева Э.Р. Автоматизированное 3D ультразвуковое сканирование пациенток с различной патологией молочной железы. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 2019621385 от 29 июля 2019 г. Busko E.A., Mamedova S.K., Galieva E.R. Automated 3D ultrasound scanning of patients with various breast pathologies. Certificate of registration of the electronic resource No. 2019621385 dated July 29, 2019.
- Гончарова А.Б. Постановка предварительного медицинского диагноза на основе теории нечетких множеств с использованием меры Сугено. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления* 2019;(4):529–43. DOI: 10.21638/11702/spbu10.2019.409 Goncharova A.B. Preliminary medical diagnostics based on the fuzzy sets theory using the Sugeno measure. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Processy upravleniya = Bulletin of St. Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Management Processes* 2019;(4):529–43. (In Russ.). DOI: 10.21638/11702/spbu10.2019.409
- Краско О. Пособие по анализу медико-биологических данных (с примерами в R). Доступно по: [https://www.researchgate.net/publication/312126731\\_Posobie\\_po\\_analizu\\_mediko-biologicheskikh\\_dannyh\\_s\\_primerami\\_v\\_R](https://www.researchgate.net/publication/312126731_Posobie_po_analizu_mediko-biologicheskikh_dannyh_s_primerami_v_R). Krasko O. A manual for the analysis of medical and biological data (with examples in R). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/312126731\\_Posobie\\_po\\_analizu\\_mediko-biologicheskikh\\_dannyh\\_s\\_primerami\\_v\\_R](https://www.researchgate.net/publication/312126731_Posobie_po_analizu_mediko-biologicheskikh_dannyh_s_primerami_v_R). (In Russ.).
- Parris T., Wakefield D., Frimmer H. Real world performance of screening breast ultrasound following enactment of Connecticut Bill 458. *Breast* 2013;19(1):64–70. DOI: 10.1111/tbj.12053
- Berg W.A., Zhang Z., Lehrer D. et al. Detection of breast cancer with addition of annual screening ultrasound or a single screening MRI to mammography in women with elevated breast cancer risk. *JAMA* 2012;307(13):1394–404. DOI: 10.1001/jama.2012.388

**Вклад авторов**

Е.А. Бусько: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных, интерпретация результатов, написание статьи;

В.В. Семиглазов, Н.И. Рожкова: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, критический анализ текста статьи;

С.К. Джахилова, Э.Р. Акзянова: проведение ультразвукового исследования, сбор и анализ данных;

П.В. Криворотко, С.С. Багненко: анализ полученных данных, критический анализ текста статьи;

В.В. Рязанов: анализ полученных данных.

**Authors' contributions**

E.A. Busko: development of the study design, obtaining data for analysis, analysis of the data obtained, interpretation of the results, writing the article;

V.V. Semiglazov, N.I. Rozhkova: development of the study design, analysis of the data obtained, critical analysis of the text of the article;

S.K. Dzhahilova, E.R. Akzyanova: ultrasound examination, data collection and analysis;

P.V. Krivorotko, S.S. Bagnenko: analysis of the data obtained, critical analysis of the text of the article;

V.V. Ryazanov: analysis of the data obtained.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

Е.А. Бусько / E.A. Busko: <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

В.В. Семиглазов / V.V. Semiglazov: <https://orcid.org/0000-0002-8825-5221>

Н.И. Рожкова / N.I. Rozhkova: <https://orcid.org/0000-0003-0920-1549>

С.К. Джахилова / S.K. Dzhahilova: <https://orcid.org/0000-0003-0651-2499>

Э.Р. Акзянова / E.R. Akzyanova: <https://orcid.org/0000-0002-2213-7441>

П.В. Криворотко / P.V. Krivorotko: <https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

В.В. Рязанов / V.V. Ryazanov: <https://orcid.org/0000-0002-0037-2854>

С.С. Багненко / S.S. Bagnenko: <https://orcid.org/0000-0002-4131-6293>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики.** Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Compliance with patient rights and principles of bioethics.** The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the N.N. Petrov National Medical Research Oncology Center, Ministry of Health of Russia. All patients signed informed consent to participate in the study.