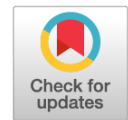


DOI: <https://doi.org/10.17816/DD691113>

EDN: RUTROV



# Цифровые технологии и искусственный интеллект в диагностике кардиологических осложнений беременности: обзор

Ю.А. Трусов<sup>1</sup>, Х.Т. Шамсуева<sup>2</sup>, М.З. Колхидова<sup>2</sup>, А.Т. Индербиева<sup>2</sup>, Е.Д. Барышникова<sup>3</sup>, К.А. Хуснутдинова<sup>3</sup>, А.Е. Распономарёва<sup>4</sup>, А.Р. Шабазгериева<sup>2</sup>, Х.К. Раджабов<sup>5</sup>, С.А. Санаков<sup>2</sup>, В.Х. Кудзиева<sup>6</sup>, А.В. Пономарева<sup>7</sup>, Н.К. Козырева<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия;

<sup>2</sup> Северо-Осетинская государственная медицинская академия, Владикавказ, Россия;

<sup>3</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова (Пироговский Университет), Москва, Россия;

<sup>4</sup> Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия;

<sup>5</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия;

<sup>6</sup> Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия;

<sup>7</sup> Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

## АННОТАЦИЯ

Сердечно-сосудистая патология во время беременности остаётся одной из ведущих причин материнской заболеваемости и смертности во всём мире. Развитие цифровых технологий и искусственного интеллекта открывает новые возможности для совершенствования стратификации риска, ранней диагностики и мониторинга сердечно-сосудистых осложнений у беременных. Традиционные методы, включая электрокардиографию, эхокардиографию и биохимические маркёры, хотя и эффективны, часто ограничены чувствительностью, воспроизводимостью и возможностью своевременного применения в условиях беременности. Модели искусственного интеллекта, интегрирующие мультимодальные данные — клинический анамнез, визуализацию, лабораторные показатели и результаты носимых устройств — демонстрируют потенциал выявления субклинических изменений, которые могут оставаться незамеченными при стандартном подходе. Появляющиеся данные подтверждают эффективность искусственного интеллекта в прогнозировании риска сердечно-сосудистых осложнений, выявлении аритмий, диагностике перипартальной кардиомиопатии, оценке клапанных пороков, а также прогнозировании гипертензивных расстройств беременности, включая преэклампсию. Нейронные сети показали преимущество по сравнению с традиционными статистическими моделями, достигая высокой прогностической точности (площадь под ROC-кривой >0,90 в отдельных исследованиях). Кроме того, использование искусственного интеллекта при интерпретации изображений и фонокардиограмм может снизить межнаблюдательную вариабельность и повысить эффективность диагностического процесса. Несмотря на обнадеживающие результаты, остаются нерешёнными проблемы качества данных, предвзятости, этических аспектов и нормативного регулирования, а также ограниченная клиническая валидация у беременных. Ответственная интеграция искусственного интеллекта в акушерско-кардиологическую практику требует междисциплинарного сотрудничества, строгой проверки и прозрачного управления.

Таким образом, технологии искусственного интеллекта обладают трансформационным потенциалом для оптимизации ведения беременных с сердечно-сосудистой патологией и может способствовать снижению материнской заболеваемости и смертности при условии преодоления этических и организационных барьеров.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания во время беременности; искусственный интеллект; машинное обучение; диагностика; стратификация риска; перипартальная кардиомиопатия; преэклампсия; обзор.

### Как цитировать:

Трусов Ю.А., Шамсуева Х.Т., Колхидова М.З., Индербиева А.Т., Барышникова Е.Д., Хуснутдинова К.А., Распономарёва А.Е., Шабазгериева А.Р., Раджабов Х.К., Санаков С.А., Кудзиева В.Х., Пономарева А.В., Козырева Н.К. Цифровые технологии и искусственный интеллект в диагностике кардиологических осложнений беременности: обзор // Digital Diagnostics. 2025. Т. 6, № 4. С. 603–617. DOI: 10.17816/DD691113 EDN: RUTROV

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD691113>

EDN: RUTROV

# Digital Technologies and Artificial Intelligence in the Diagnosis of Cardiovascular Complications in Pregnancy: A Review

Yurii A. Trusov<sup>1</sup>, Khadizhat T. Shamsueva<sup>2</sup>, Marianna Z. Kolkhidova<sup>2</sup>, Albina T. Inderbieva<sup>2</sup>, Elizaveta D. Baryshnikova<sup>3</sup>, Kamilya A. Khusnutdinova<sup>3</sup>, Aleksandra E. Rasponomareva<sup>4</sup>, Alina R. Shabazgerieva<sup>2</sup>, Khadzhimurad K. Radzhabov<sup>5</sup>, Stanislav A. Sanakoev<sup>2</sup>, Valeria Kh. Kudzieva<sup>6</sup>, Alina V. Ponomareva<sup>7</sup>, Natalia K. Kozyreva<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia;

<sup>2</sup> North-Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz, Russia;

<sup>3</sup> The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov (Pirogov University), Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Professor V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia;

<sup>5</sup> Penza State University, Penza, Russia;

<sup>6</sup> Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia;

<sup>7</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

## ABSTRACT

Cardiovascular diseases during pregnancy remain a leading cause of maternal morbidity and mortality worldwide. The development of digital technologies and artificial intelligence offers new opportunities to improve risk stratification, early diagnosis, and monitoring of cardiovascular complications in pregnant women. Although effective, conventional diagnostic approaches, including electrocardiography, echocardiography, and biochemical markers are often limited by sensitivity, reproducibility, and feasibility for immediate use during pregnancy. Artificial intelligence models integrating multimodal data—clinical history, imaging, laboratory values, and wearable data—demonstrate the potential to detect subclinical changes that may remain unrecognized using standard diagnostic approaches. Emerging evidence supports the effectiveness of artificial intelligence in detecting arrhythmias, diagnosing peripartum cardiomyopathy, assessing valvular heart disease, and predicting cardiovascular risk and hypertensive disorders of pregnancy, including preeclampsia. Neural network–based models have shown advantages over traditional statistical methods, achieving high predictive accuracy (with areas under the ROC curve > 0.90 in some studies). Furthermore, the use of artificial intelligence in the interpretation of medical imaging and phonocardiographic recordings may reduce inter-observer variability and enhance diagnostic efficiency. Despite these promising findings, significant challenges remain, including data quality, algorithmic bias, ethical considerations, regulatory constraints, and limited clinical validation in pregnant populations. Responsible integration of artificial intelligence into obstetric and cardiovascular practice requires interdisciplinary collaboration, rigorous validation, and transparent control.

In summary, artificial intelligence technologies possess a transformative potential for optimizing the management of pregnant women with cardiovascular disease and may contribute to reducing maternal morbidity and mortality, provided that ethical and organizational barriers are adequately addressed.

**Keywords:** cardiovascular diseases in pregnancy; artificial intelligence; machine learning; diagnosis; risk stratification; peripartum cardiomyopathy; preeclampsia; review.

### To cite this article:

Trusov YuA, Shamsueva KhT, Kolkhidova MZ, Inderbieva AT, Baryshnikova ED, Khusnutdinova KA, Rasponomareva AE, Shabazgerieva AR, Radzhabov KhK, Sanakoev SA, Kudzieva VKh, Ponomareva AV, Kozyreva NK. Digital Technologies and Artificial Intelligence in the Diagnosis of Cardiovascular Complications in Pregnancy: A Review. *Digital Diagnostics*. 2025;6(4):603–617. DOI: 10.17816/DD691113 EDN: RUTROV

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD691113>

EDN: RUTROV

# 数字技术与人工智能在妊娠期心血管并发症诊断中的应用： 综述

Yurii A. Trusov<sup>1</sup>, Khadzhat T. Shamsueva<sup>2</sup>, Marianna Z. Kolkhidova<sup>2</sup>, Albina T. Inderbieva<sup>2</sup>, Elizaveta D. Baryshnikova<sup>3</sup>, Kamilya A. Khusnutdinova<sup>3</sup>, Aleksandra E. Rasponomareva<sup>4</sup>, Alina R. Shabazgerieva<sup>2</sup>, Khadzhimurad K. Radzhabov<sup>5</sup>, Stanislav A. Sanakoev<sup>2</sup>, Valeria Kh. Kudzieva<sup>6</sup>, Alina V. Ponomareva<sup>7</sup>, Natalia K. Kozyreva<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia;

<sup>2</sup> North-Ossetian State Medical Academy, Vladikavkaz, Russia;

<sup>3</sup> The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov (Pirogov University), Moscow, Russia;

<sup>4</sup> Professor V.F. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia;

<sup>5</sup> Penza State University, Penza, Russia;

<sup>6</sup> Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia;

<sup>7</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

## 摘要

妊娠期心血管疾病仍然是全球范围内孕产妇发病率和死亡率的主要原因之一。数字技术与人工智能的发展为妊娠期心血管并发症的风险分层、早期诊断及监测提供了新的可能性。尽管心电图、超声心动图及生物化学标志物等传统方法具有一定的有效性，但在妊娠条件下，其敏感性、可重复性及及时应用能力仍受到限制。人工智能模型通过整合多模态数据——包括临床病史、影像学资料、实验室指标及可穿戴设备数据——显示出识别亚临床心血管改变的潜力，而这些改变在常规诊断中可能被忽视。现有研究表明，人工智能在心血管并发症风险预测、心律失常识别、围产期心肌病诊断、瓣膜性心脏病评估以及妊娠期高血压疾病，包括子痫前期，的预测方面具有应用前景。神经网络模型在多项研究中显示出优于传统统计模型的预测性能，在部分研究中其预测准确性达到较高水平（ROC曲线下面积AUC>0.90）。此外，人工智能在医学影像及心音图解读中的应用，有助于降低观察者间差异并提高诊断效率。尽管研究结果令人鼓舞，但人工智能在该领域的临床应用仍面临若干问题，包括数据质量与代表性不足、算法偏倚、伦理与监管问题，以及在孕妇人群中临床验证证据有限等。人工智能在产科—心脏病学实践中的应用，需要多学科协作、严格验证及透明的治理体系。综上所述，人工智能技术在优化妊娠期合并心血管疾病孕妇的管理方面具有重要潜力，在克服伦理和组织层面障碍的前提下，可能有助于降低孕产妇发病率和死亡率。

**关键词：**妊娠期心血管疾病；人工智能；机器学习；诊断；风险分层；围产期心肌病；子痫前期；综述。

## 引用本文：

Trusov YuA, Shamsueva KhT, Kolkhidova MZ, Inderbieva AT, Baryshnikova ED, Khusnutdinova KA, Rasponomareva AE, Shabazgerieva AR, Radzhabov KhK, Sanakoev SA, Kudzieva VKh, Ponomareva AV, Kozyreva NK. 数字技术与人工智能在妊娠期心血管并发症诊断中的应用：综述. *Digital Diagnostics*. 2025;6(4):603–617. DOI: 10.17816/DD691113 EDN: RUTROV

收到: 22.09.2025

接受: 22.10.2025

发布日期: 02.12.2025

## ВВЕДЕНИЕ

Беременность у женщин с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) рассматривают как одно из наиболее сложных направлений акушерства высокого риска. По данным мировой статистики, кардиальная патология осложняет до 4% всех беременностей [1] и остаётся ведущей причиной косвенной материнской смертности. В 2019 году в Российской Федерации болезни системы кровообращения преобладали среди причин материнской смертности от экстрагенитальных заболеваний и составили 57,6% [2]. Рост распространённости данной проблемы обусловлен как увеличением числа женщин с врождёнными пороками сердца, доживающих до репродуктивного возраста, так и тенденцией к более позднему материнству, что сопряжено с высокой частотой артериальной гипертензии, ожирения, сахарного диабета и других сопутствующих заболеваний [3]. Современные эпидемиологические исследования подчёркивают существенный вклад приобретённых пороков сердца в показатели материнской смертности [2].

Спектр ССЗ у беременных чрезвычайно разнообразен. В свою очередь, у части пациенток сердечная патология впервые манифестирует именно во время беременности или в послеродовом периоде. Так, в России значительная часть случаев материнской смертности от ССЗ приходится на женщин, у которых патология не выявлена до наступления беременности и манифестировала только в родах или в послеродовом периоде [4]. Трудности диагностики обусловлены схожестью симптомов с физиологическими изменениями гестационного периода, а также слабой корреляцией клинической картины с тяжестью заболевания. В исследовании перипартальной кардиомиопатии 1/4 пациенток с фракцией выброса левого желудочка <25% отмечали лишь лёгкие жалобы [5]. Вместе с тем своевременное выявление имеет решающее значение: ретроспективный анализ случаев материнской смертности во Франции показал, что почти половина (47%) таких исходов могла бы быть предотвращена при более ранней диагностике [6]. В настоящее время универсальных протоколов скрининга не существует, и решение о дальнейшем обследовании чаще всего основывается на настороженности врача и жалобах пациентки. Ключевыми инструментами диагностики остаются электрокардиография, эхокардиография, а при необходимости — магнитно-резонансная томография [1].

Эффективное ведение беременных с заболеваниями сердца требует участия мультидисциплинарной команды, включающей кардиологов, акушеров-гинекологов, анестезиологов и смежных специалистов [1]. По нашему мнению, особая роль принадлежит анестезиологу-реаниматологу, который обеспечивает оценку перипартального риска, выбор оптимальной тактики обезболивания и поддержание стабильной гемодинамики во время родов или хирургических вмешательств.

Отдельного внимания заслуживает внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые в последние годы находят всё большее применение в клинической медицине. Системы на основе методов машинного обучения и глубокого анализа позволяют интегрировать и интерпретировать большие массивы клинических и визуализационных данных, что открывает новые возможности для ранней диагностики, стратификации риска и прогнозирования исходов [7, 8]. Следует подчеркнуть, что ИИ не подменяет клиническое мышление, а расширяет его возможности, обеспечивая поддержку в принятии решений. Учитывая значимость визуализационных методов и диагностики в кардиологии, перспективы применения ИИ в акушерстве высокого риска у пациенток с ССЗ представляются особенно актуальными [4, 6, 9].

В настоящем обзоре рассмотрены современные подходы к ведению беременности у женщин с ССЗ и перспективные возможности интеграции ИИ в данную область.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СТРАТИФИКАЦИИ РИСКОВ

Оценка риска сердечно-сосудистых осложнений у беременных является фундаментальной частью дородового консультирования, а также важным инструментом планирования наблюдения в антенатальном, интранатальном и послеродовом периодах. Для пациенток с заболеваниями сердца разработано несколько систем прогнозирования, позволяющих стратифицировать риск осложнений. Так, модели CARPREG (Cardiac Disease in Pregnancy Study) I и II [10, 11], основанные на клинических данных, результатах обследования и визуализации, позволяют предсказать вероятность кардиальных осложнений во время беременности. Шкала ZAHARA (Zwangerschap bij Aangeboren Hartafwijking) [12] акцентирует внимание преимущественно на женщинах с врождёнными пороками сердца. В последние годы широкое распространение получила модифицированная классификация Всемирной организации здравоохранения, разделяющая женщин на пять категорий риска в зависимости от характера патологии сердца, каждая из которых ассоциирована с определённой вероятностью осложнений [13]. Применение этой системы обеспечивает более точное консультирование, помогает определить допустимость беременности и позволяет разработать оптимальную тактику ведения.

Традиционные прогностические модели, несмотря на свою клиническую значимость, ограничены в выявлении нелинейных взаимосвязей между факторами риска [11, 12]. В отличие от них, алгоритмы ИИ способны анализировать большие массивы мультимодальных данных, учитывать динамику изменений и выявлять сложные закономерности, недоступные при использовании классических методов многомерного анализа [2, 14, 15]. Благодаря этому ИИ рассматривают как перспективный инструмент для динамической стратификации риска и раннего выявления осложнений у беременных с ССЗ [2, 6, 9].

N. Shara и соавт. [7] представили модель машинного обучения, созданную на основе анализа более чем 6000 электронных медицинских карт, включая 604 случая сердечно-сосудистых осложнений у беременных. Наиболее частыми из них были преэклампсия (90,6%), тромбэмболические события (2,7%), а также острое заболевание почек или почечная недостаточность (2,2%). Алгоритм учитывал как статические (анамнестические и демографические данные), так и переменные факторы (клинические симптомы и текущие наблюдения). Валидация показала, что модель способна прогнозировать развитие преэклампсии в среднем за 62 дня, инфаркта миокарда — за 66 дней, а кардиомиопатии и сердечной недостаточности — за 13 дней до постановки диагноза в медицинской документации. Несмотря на обнадёживающий потенциал, клиническая применимость заявленных временных интервалов пока остаётся под вопросом. Вероятно, данная модель наиболее полезна в качестве динамического инструмента «раннего предупреждения», используемого в течение всей беременности.

S. Zahid и соавт. [8] проанализировали данные более 2 млн беременных, из которых у 7% развились острые сердечно-сосудистые осложнения (преэклампсия/эклампсия, перипартальная кардиомиопатия, острая сердечная недостаточность, острый коронарный синдром, аритмии, острое повреждение почек, отёк лёгких, венозная тромбоземболия). На основе 14 переменных (демографические характеристики, анамнез, лабораторные показатели) авторы разработали прогностическую модель со 100-балльной системой оценки риска. Результаты валидации показали значение площади под ROC-кривой (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve, ROC-AUC) — 0,68, что указывает на умеренную предсказательную ценность и необходимость дальнейшего совершенствования модели перед внедрением в практику. Несмотря на ограниченную прогностическую точность, данное исследование продемонстрировало возможности ИИ в обработке больших массивов данных и быстрой стратификации риска при оказании помощи в послеродовом периоде.

Таким образом, использование технологий ИИ в стратификации рисков у беременных с ССЗ представляет перспективное направление. Однако для их широкого внедрения необходимы более высокая точность прогнозов, стандартизация моделей и подтверждение их клинической эффективности в проспективных исследованиях.

## НАРУШЕНИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОЦЕНКЕ РИТМА

Физиологические изменения во время беременности оказывают значительную нагрузку на сердечно-сосудистую систему и могут провоцировать как дебют аритмий, так

и обострение существующих нарушений ритма. Наибольшему риску подвержены женщины с врождёнными пороками сердца, кардиомиопатиями и ранее диагностированными аритмиями. Наиболее часто у беременных встречаются наджелудочковые тахикардии, реже — желудочковые аритмии. По данным регистра ROPAC (Registry of Pregnancy and Cardiac Disease), их частота в период беременности у женщин с ССЗ составляет 1,7 и 1,6% соответственно [9].

Ведение аритмий у беременных имеет свои особенности и несколько отличается от стандартных протоколов, используемых у небеременных. Основное внимание уделяют безопасности как матери, так и плода, что ограничивает использование определённых антиаритмических препаратов вследствие их потенциальных тератогенных эффектов. В случае резистентных аритмий кардиоверсия и катетерная абляция остаются эффективными и относительно безопасными методами лечения [1, 16].

Диагностика аритмий у беременных традиционно основана на записи стандартной электрокардиограммы (ЭКГ) или проведении холтеровского мониторирования. Эти методы просты, доступны и неинвазивны, однако их интерпретация может варьировать в зависимости от опыта и квалификации врача [17]. Именно на этом этапе значимым представляется потенциал применения ИИ для стандартизации и повышения точности анализа электрокардиографических данных.

Несмотря на то что исследований по применению технологий ИИ в диагностике аритмий у беременных практически нет, многочисленные работы в популяции небеременных демонстрируют многообещающие результаты [14, 18–21]. Так, нейронные сети показали способность выявлять аритмии на ЭКГ (как в 12 стандартных отведениях, так и в одном отведении) с точностью, сопоставимой или даже превосходящей опытных кардиологов [14]. Более того, разработаны модели, способные прогнозировать развитие фибрилляции предсердий на основании стандартной ЭКГ в покое при сохранённом синусовом ритме [14, 18, 19]. Эти возможности подтверждены как при анализе рутинных 12-канальных ЭКГ, так и при кратковременном амбулаторном мониторинге или использовании домашних устройств для регистрации одномерной ЭКГ [20, 21]. Таким образом, ИИ способен выявлять пациентов с высоким риском развития клинически значимых аритмий даже при отсутствии их явных проявлений.

Перспективы расширяются вследствие активного внедрения носимых устройств (Wearables), регистрирующих сердечный ритм с помощью фотоплетизмографии. Результаты масштабных проектов, таких как Huawei Heart Study [22] и Apple Heart Study [23], показали, что носимые устройства способны эффективно выявлять фибрилляцию предсердий, открывая новые подходы к дистанционному скринингу и мониторингу. Применение моделей ИИ к данным, полученным с носимых устройств, позволяет повысить чувствительность и специфичность диагностики, обеспечивая более надёжный долгосрочный мониторинг.

**Таблица 1.** Нарушения сердечного ритма при беременности и возможности применения искусственного интеллекта

Патология/технология	Частота/характеристика	Методы диагностики	Потенциал искусственного интеллекта	Ссылка
Наджелудочковые тахикардии	~1,7% у беременных с сердечно-сосудистыми заболеваниями	Стандартная электрокардиография, холтеровское мониторирование	Способен автоматизировать интерпретацию электрокардиограмм и выявлять скрытые формы аритмии	[9]
Желудочковые аритмии	~1,6% у беременных с сердечно-сосудистыми заболеваниями	Электрокардиография, наблюдение в условиях стационара	Модели машинного обучения позволяют прогнозировать развитие угрожающих аритмий	[9]
Электрокардиография (12 отведений)	Базовый метод, доступный и неинвазивный	Интерпретация варьирует между специалистами	Нейросети распознают аритмии с точностью, сопоставимой или выше кардиологов	[14, 17]
Прогнозирование фибрилляции предсердий	Даже при нормальной электрокардиограмме в синусовом ритме возможно выявление риска	Алгоритмы глубокого обучения анализируют скрытые паттерны	Ранняя стратификация риска развития фибрилляции предсердий	[14, 18 19]
Амбулаторное и домашнее мониторирование электрокардиограммы (I отведение)	Применяется для длительного наблюдения	Накопители электрокардиограмм, портативные устройства	Выявляет пациентов с высоким риском скрытой фибрилляции предсердий	[20, 21]
Носимые устройства (Wearables) с фотоплетизмографией	Массовое использование, удобный метод самоконтроля	Контроль частоты сердечных сокращений и ритма через смарт-часы и браслеты	Повышает чувствительность и специфичность диагностики фибрилляции предсердий	[22, 23]

Хотя исследования по использованию ИИ для выявления аритмий у беременных пока отсутствуют, результаты, полученные в общей популяции, позволяют рассматривать данное направление как перспективное (табл. 1). В будущем интеграция ИИ с носимыми устройствами и стандартными методами диагностики может стать важным шагом к персонализированному мониторингу беременных с высоким риском аритмий и улучшению исходов как для матери, так и для плода.

## СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Сердечная недостаточность во время беременности является одним из наиболее серьёзных осложнений акушерской практики. Её развитие обусловлено сочетанием врождённых и приобретённых заболеваний сердца, а также уникальными физиологическими изменениями периода гестации. У некоторых женщин сердечная недостаточность манифестирует впервые именно во время беременности, что часто связано с недиагностированными ранее кардиомиопатиями. У других пациенток физиологическая нагрузка, включающая увеличение объёма циркулирующей крови и сердечного выброса, а также гормональные и иммунные изменения, приводит к декомпенсации существующих ССЗ [24].

Особое место занимают две формы сердечной недостаточности, встречающиеся преимущественно в акушерской практике.

- Перипартальная кардиомиопатия — систолическая сердечная недостаточность, связанная с дисфункцией левого желудочка и снижением его фракции выброса (<45%), которая развивается в последний месяц беременности или в течение пяти месяцев после родов. Заболевание часто имеет тяжёлое течение и сопровождается высоким риском жизнеугрожающих аритмий, тромбоэмболий и прогрессирования сердечной недостаточности [25].
- Сердечная недостаточность с сохранённой фракцией выброса, при которой характерную симптоматику сердечной недостаточности наблюдают при нормальной или близкой к нормальной фракции выброса левого желудочка. Чаще всего она ассоциирована с артериальной гипертензией, ожирением и преэклампсией [24, 26]. Клиническое ведение пациенток с сердечной недостаточностью во время беременности осложняется ограниченностью терапевтического арсенала вследствие возможного тератогенного действия препаратов. Основу терапии составляют диуретики для устранения гиперволемии, β-адреноблокаторы для контроля частоты сердечных сокращений и снижения потребности миокарда в кислороде, дигоксин при систолической дисфункции, а также гидралазин и нитраты для уменьшения постнагрузки в тяжёлых случаях [27]. Несмотря на наличие этих подходов, ключевым фактором остаётся своевременная диагностика, позволяющая выявить перипартальную кардиомиопатию и начать лечение до развития необратимых осложнений [1, 2, 5].

Традиционная диагностика сердечной недостаточности включает клиническую оценку, проведение эхокардиографии и определение концентраций натрийуретических

пептидов [1, 28]. Однако симптомы — одышка, усталость, отёки — часто имитируют нормальные проявления беременности, а лабораторные маркёры и эхокардиография не всегда доступны, особенно в регионах с ограниченными ресурсами [1, 4, 28]. Это определяет интерес к использованию технологий ИИ, которые способны выявлять скрытые закономерности в электрокардиографических данных и прогнозировать снижение сократительной функции миокарда [2, 5, 6].

В некоторых исследованиях последних лет показали высокую эффективность ИИ в диагностике перипартальной кардиомиопатии [29, 30]. Так, D.A. Adedinsewo и соавт. [29] проанализировали ЭКГ 1807 женщин и сопоставили их с результатами эхокардиографии. Модель глубокого обучения позволила диагностировать снижение фракции выброса левого желудочка  $\leq 35\%$  (ROC-AUC=0,92), продемонстрировав более высокую точность по сравнению с моделью, основанной на данных о концентрации натрийуретического пептида, и многофакторной моделью, включающей демографические и клинические параметры (ROC-AUC=0,85). Кроме того, модель предсказывала умеренное снижение фракции выброса левого желудочка  $<45$  и  $<50\%$  (ROC-AUC составила 0,89 и 0,87 соответственно). В исследовании Y. Lee и соавт. [30], авторы использовали более 58 тыс. пар ЭКГ и результатов эхокардиографии для обучения модели, которая показала ROC-AUC=0,87 при внешней валидации среди 157 беременных и родильниц.

Интерес представляют работы, где проверяли применимость упрощённых методов регистрации [31, 32]. Так, Y.M. Jung и соавт. [31] оценивали эффективность программного обеспечения на основе ИИ для анализа как 12-канальной ЭКГ, так и в одном отведении (1 отведение) для скрининга перипартальной кардиомиопатии.

У 204 женщин модель продемонстрировала высокую диагностическую точность: ROC-AUC составила 0,979 и 0,944 соответственно, что свидетельствует о перспективности применения подобных технологий в носимых устройствах. I. Karabayir и соавт. [32] разработали модель на основе данных, извлечённых из ЭКГ небеременных, и проверили её на двух когортах беременных. Несмотря на различия в выборках, модель показала сопоставимую точность (ROC-AUC от 0,73 до 0,94), что подтверждает универсальность подхода.

Отдельного внимания заслуживает инновационный метод, предложенный D.A. Adedinsewo и соавт. [33]. Авторы применили цифровой стетоскоп для одновременной записи одномерной ЭКГ и фонокардиограммы у 100 женщин в течение беременности и в послеродовом периоде. Модель ИИ достигла ROC-AUC=1,0 при анализе ЭКГ в 12 отведениях и ROC-AUC=0,987 при анализе одномерной ЭКГ в сочетании с фонокардиограммой. Этот подход позволяет проводить диагностику у постели пациентки без использования сложного оборудования.

Значимым достижением стало первое рандомизированное клиническое исследование, проведённое в Нигерии [34]. В него включены 1232 женщины, рандомизированные на две группы: 1-я группа — стандартная акушерская помощь; 2-я группа — стандартная помощь с дополнительным применением технологии ИИ (анализ ЭКГ, цифровой стетоскоп, эхокардиография при необходимости). Использование технологий ИИ позволило почти вдвое чаще выявлять перипартальную кардиомиопатию, чем в случае стандартной практики, однако различия между интерпретацией ЭКГ с ИИ и обычной клинической оценкой не достигли статистической значимости.

**Таблица 2.** Сердечная недостаточность во время беременности и применение искусственного интеллекта

Авторы	Год	Дизайн	Выборка	Метод	Основные результаты	ROC-AUC
D.A. Adedinsewo и соавт. [29]	2021	Ретроспективное исследование	1807 женщин, ЭКГ + ЭхоКГ	Глубокое обучение на ЭКГ (12 отведений)	Определение ФВЛЖ $\leq 35\%$	0,92
Y. Lee и соавт. [30]	2022	Ретроспективное исследование	58 350 пар ЭКГ + ЭхоКГ, валидация на 157 женщинах	Нейросеть для прогнозирования ФВЛЖ	Диагностика ППКМ	0,87
Y. M. Jung и соавт. [31]	2023	Ретроспективное исследование	204 женщины	ЭКГ (12 и 1 отведение) + ИИ	Выявление ППКМ	0,979/0,944
I. Karabayir и соавт. [32]	2024	Одноцентровое ретроспективное исследование	2 когорты беременных, модель обучена на небеременных	ЭКГ (12 отведений)	Диагностика ППКМ	0,73–0,94
D.A. Adedinsewo и соавт. [33]	2024	Проспективное исследование	100 женщин	ЭКГ (12 и 1 отведение), цифровой стетоскоп	Выявление ФВЛЖ $<50\%$	1,0/0,987
D.A. Adedinsewo и соавт. [34]	2024	Рандомизированное клиническое исследование	1232 женщины	ЭКГ (12 отведений), цифровой стетоскоп	Диагностика ППКМ выше по сравнению со стандартной практикой	$>0,9$

**Примечание.** ППКМ — перипартальная кардиомиопатия; ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка; ЭКГ — электрокардиограмма; ЭхоКГ — эхокардиография; ИИ — искусственный интеллект; ROC-AUC (Area the Under Curve) — площадь под ROC-кривой, показатель диагностической или прогностической точности модели.

Таким образом, накопленные данные свидетельствуют, что модели ИИ демонстрируют высокую диагностическую точность (ROC-AUC >0,9) при выявлении перипартальной кардиомиопатии и дисфункции левого желудочка [31, 34]. Их применение особенно перспективно в условиях ограниченных ресурсов и при использовании упрощённых технологий (одномерная ЭКГ, цифровой стетоскоп, носимые устройства) (табл. 2). В то же время для интеграции ИИ в клинические алгоритмы необходимы крупные многоцентровые исследования, стандартизация методик и оценка их влияния на исходы для матери и ребёнка.

## ПОРОКИ КЛАПАНОВ СЕРДЦА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Клапанные пороки сердца составляют значительную часть сердечно-сосудистой патологии у беременных, на их долю приходится около 27% всех случаев заболеваний сердца у матерей [35]. Этиология варьирует в зависимости от региона: в странах с высоким уровнем дохода преобладают врождённые аномалии развития клапанов [3, 10], тогда как в странах с низким и средним уровнем дохода ведущую роль сохраняют ревматические поражения сердца [1, 3, 10].

Тяжёлые клапанные пороки ассоциированы с высоким риском как материнских, так и перинатальных осложнений. При стенозирующих поражениях (митральный или аортальный стеноз) фиксированное препятствие кровотоку ограничивает возможность увеличения сердечного выброса, что приводит к повышенному давлению в предсердиях, лёгочной гипертензии, отёку лёгких и аритмиям уже во II триместре беременности. При регургитирующих пороках (митральная или аортальная недостаточность)

клиническое течение часто более благоприятное вследствие снижения постнагрузки во время беременности, однако тяжёлая регургитация может провоцировать декомпенсацию сердечной деятельности на поздних сроках [28].

Тактика ведения беременных с клапанными пороками во многом зависит от степени их выраженности. В большинстве случаев возможно проведение медикаментозной терапии (диуретики, β-адреноблокаторы, антиаритмические препараты), однако при жизнеугрожающих состояниях может потребоваться вмешательство: баллонная вальвулопластика или транскатетерная имплантация аортального клапана во время беременности либо хирургическая коррекция в послеродовом периоде [1, 28].

В последние годы активно изучают роль ИИ в диагностике и лечении клапанных пороков сердца [36, 37]. В общей популяции ИИ уже продемонстрировал значительные преимущества: интерпретация фонокардиограмм, полученных с помощью цифровых стетоскопов, оказалась более чем в два раза чувствительнее в выявлении клапанной патологии по сравнению с врачами первичного звена [36]. Кроме того, ИИ показал высокую эффективность в анализе результатов эхокардиографии. G. Holste и соавт. [37] разработали модель, способную диагностировать тяжёлый аортальный стеноз на основании двухмерных эхокардиографических изображений без необходимости применения доплеровского режима.

Хотя подобные разработки ещё не были системно апробированы у беременных, они открывают значительные перспективы для акушерской практики (табл. 3). По нашему мнению, использование технологий ИИ для анализа аускультации и эхокардиографических данных у беременных позволит стандартизировать интерпретацию, повысить точность диагностики и обеспечить

**Таблица 3.** Пороки клапанов сердца у беременных и применение искусственного интеллекта

Тип порока	Гемодинамические изменения при беременности	Риск осложнений	Клиническая тактика	Потенциал применения искусственного интеллекта
Митральный стеноз	Фиксированное препятствие кровотоку, повышение давления в левом предсердии, риск лёгочной гипертензии	Отёк лёгких, аритмии, сердечная недостаточность уже во II триместре	<ul style="list-style-type: none"> <li>диуретики, β-адреноблокаторы;</li> <li>при тяжёлых формах — баллонная вальвулопластика</li> </ul>	Интерпретация фонокардиограмм для раннего выявления стеноза; анализ результатов ЭхоКГ для оценки тяжести
Аортальный стеноз	Ограничение увеличения сердечного выброса, повышение нагрузки на левый желудочек	Сердечная недостаточность, синкопальные состояния, риск внезапной смерти	<ul style="list-style-type: none"> <li>медикаментозная терапия;</li> <li>при критических формах — транскатетерная имплантация аортального клапана</li> </ul>	Анализ результатов ЭхоКГ для автоматической диагностики тяжёлого аортального стеноза
Митральная регургитация	Объёмная перегрузка левого желудочка, частично компенсируется снижением постнагрузки	Декомпенсация на поздних сроках, аритмии	<ul style="list-style-type: none"> <li>консервативное лечение;</li> <li>хирургическая коррекция чаще в послеродовом периоде</li> </ul>	Анализ результатов ЭхоКГ для динамического контроля прогрессирования
Аортальная регургитация	Перегрузка объёмом левого желудочка, обычно лучше переносится за счёт снижения постнагрузки	При тяжёлой форме — сердечная недостаточность, неблагоприятные перинатальные исходы	<ul style="list-style-type: none"> <li>медикаментозное лечение;</li> <li>хирургическое вмешательство после родов</li> </ul>	Стандартизация интерпретации результатов ЭхоКГ и выявление скрытой дисфункции

*Примечание.* ЭхоКГ — эхокардиография.

раннее выявление критических пороков. Это, в свою очередь, может улучшить стратификацию риска и оптимизировать выбор тактики ведения, включая своевременное направление пациентки в специализированный центр.

Таким образом, в будущем технологии ИИ могут стать важным дополнением к традиционным методам диагностики клапанных пороков сердца у беременных, способствуя повышению качества оказания медицинской помощи и снижению риска неблагоприятных исходов как для матери, так и для плода.

## ГИПЕРТЕНЗИВНЫЕ РАССТРОЙСТВА ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Гипертензивные расстройства во время беременности являются одной из наиболее значимых причин материнской и перинатальной заболеваемости и смертности, встречаясь в 6–8% случаев всех беременностей [26]. К ним относят хроническую артериальную гипертензию, гестационную гипертензию, преэклампсию, эклампсию и HELLP-синдром. Эти состояния имеют различные патофизиологические механизмы, однако объединены высоким риском неблагоприятных исходов для матери и плода [1, 4]. Для матери гипертензивные расстройства во время беременности связаны с сердечно-сосудистой декомпенсацией, инсультом, полиорганной недостаточностью, а для плода — с задержкой внутриутробного развития, преждевременными родами и антенатальной гибелью [6, 26].

Традиционная диагностика включает измерение артериального давления с помощью сфигмоманометра, лабораторные тесты и ультразвуковое исследование. Однако эти методы имеют ограниченную прогностическую ценность. ИИ открыл новые перспективы в мониторинге и прогнозировании гипертензивных расстройств во время беременности. Продемонстрирована возможность прогнозирования артериального давления с использованием суррогатных сигналов — фотоплетизмограммы и одномерной ЭКГ, которые могут быть интегрированы в носимые устройства, обеспечивая непрерывный мониторинг [38, 39]. Кроме того, разработаны модели, позволяющие предсказать индивидуальную реакцию на антигипертензивную терапию, что открывает путь к персонализированному лечению [40, 41].

Отдельный интерес представляют исследования, посвященные диагностике преэклампсии с использованием ЭКГ. Так, L. Butler и соавт. [42] обучили нейронную сеть с использованием данных, извлеченных из коротких ЭКГ в 12 отведениях (904 записи), протестировав её на независимой когорте (817 записей ЭКГ). Модель показала высокую точность (ROC-AUC — 0,85 и 0,81 соответственно), включая анализ записей за 30–90 дней до постановки диагноза и при ранней преэклампсии (<34 нед.). Этот результат обусловлен изменениями электрической

активности сердца во время преэклампсии — удлинением интервалов  $Q-T/Q-Tc$ , увеличением их дисперсии и изменением зубца  $P$ , что отражает реполяризационные нарушения и электрическое ремоделирование на фоне эндотелиальной дисфункции [43, 44].

Другой подход — интеграция демографических характеристик и биомаркёров в прогностические модели. Так, M.M. Gil и соавт. [45] использовали данные более 30 тыс. беременных, включающие индекс пульсации маточных артерий, среднее артериальное давление, плацентарный фактор роста и ассоциированный с беременностью протеин-А плазмы. При уровне ложноположительных результатов 10% модель выявляла раннюю преэклампсию в 75,3% случаев (ROC-AUC=0,909). Валидация в испанском исследовании PREVAL (10 110 женщин) показала сопоставимую эффективность: выявление ранней преэклампсии (<34 нед.) — 84,4% (ROC-AUC=0,920), преждевременной (<37 нед.) — 77,8% (ROC-AUC=0,913), всех случаев — 55,7% (ROC-AUC=0,846). Эти результаты оказались сравнимы с моделью конкурирующих рисков Фонда фетальной медицины, но в отношении ранней преэклампсии ИИ продемонстрировал более высокую точность.

Таким образом, ИИ обладает значительным потенциалом в прогнозировании и диагностике гипертензивных расстройств во время беременности:

- выявление субклинических изменений по ЭКГ задолго до клинической манифестации;
- интеграция демографических и биохимических данных для стратификации риска;
- использование носимых устройств для динамического наблюдения;
- прогнозирование индивидуальной реакции на терапию.

Несмотря на то что большинство моделей пока находятся на стадии валидации, полученные результаты демонстрируют перспективность внедрения ИИ в алгоритмы раннего скрининга и наблюдения за беременными высокого риска [9, 43, 44].

## ОСТРЫЙ КОРОНАРНЫЙ СИНДРОМ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Острый коронарный синдром у беременных встречается относительно редко, он составляет менее 2% всех сердечно-сосудистых осложнений в этой группе [46]. В отличие от общей популяции, где основной причиной острого коронарного синдрома является атеросклероз, у беременных и женщин в послеродовом периоде ведущим фактором становится спонтанное расслоение коронарных артерий (СРКА), на долю которого приходится более 40% случаев [47]. Повышенная уязвимость сосудистой стенки в этот период ассоциирована с гормонально обусловленными изменениями соединительной ткани под влиянием эстрогенов и прогестерона, а также

с возросшей гемодинамической нагрузкой [48]. Известными факторами риска СРКА являются заболевания соединительной ткани и перенесённое расслоение в анамнезе, однако у значительной части пациенток заболевание развивается при отсутствии традиционных предикторов [49].

Его ранняя и точная диагностика имеет критическое значение для выбора тактики лечения. Несмотря на то что коронарография остаётся «золотым стандартом», её двумерные изображения не всегда позволяют выявить интрамуральную гематому или атипичные формы расслоения, что может приводить к ошибкам. В свою очередь, внутрисосудистое ультразвуковое исследование и оптическая когерентная томография обладают более высокой чувствительностью, однако их применение ограничено вследствие инвазивности, технических трудностей и повышенного риска при беременности [50]. Эти ограничения подчёркивают необходимость совершенствования интерпретации коронарографии.

В последние годы активно разрабатывают технологии количественной коронарографии на основе ИИ, позволяющие автоматизировать анализ изображений. Модель DeepDiscern, представленная J. Chae и соавт. [51], продемонстрировала точность 87,6% при выявлении коронарных патологий, включая расслоения. Y. Kim и соавт. [52] показали, что количественная коронарография на основе ИИ не уступает чрескожному коронарному вмешательству под контролем оптической когерентной томографии в оптимизации стентирования, что делает её потенциальной альтернативой в определённых клинических сценариях. Хотя эти подходы ещё не апробированы специально для диагностики СРКА у беременных, по нашему мнению, они представляют перспективное направление для повышения точности диагностики и своевременного вмешательства.

ИИ также полезен в прогнозировании риска неблагоприятных исходов. В ретроспективном исследовании S. Krittanawong и соавт. [53], включавшем 375 пациентов с СРКА (средний возраст 52,2 года, женщины — 64,3%), смертность составила 11,5%. Модель глубокого обучения продемонстрировала значительно более высокую прогностическую точность (ROC-AUC=0,98), чем традиционные методы, включая логистическую регрессию. Среди ключевых предикторов повышенной смертности были: высокая концентрация С-реактивного белка, фибрилляция предсердий, артериальная гипертензия и применение стероидов. Эти данные открывают возможности для разработки специализированных моделей риска у беременных с СРКА, где потенциальные факторы могут отличаться.

Таким образом, острый коронарный синдром во время беременности, несмотря на редкость, характеризуется высокой клинической значимостью и уникальными особенностями патогенеза. Внедрение технологий ИИ в анализ изображений коронарографии и прогнозирование исходов

представляет перспективное направление, способное повысить точность диагностики, сократить риск пропуска СРКА и улучшить исходы как для матери, так и для ребёнка.

## ЛЁГОЧНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Лёгочная гипертензия представляет тяжёлое, угрожающее жизни состояние, характеризующееся стойким повышением давления в лёгочных артериях, что приводит к перегрузке правого желудочка и прогрессирующей сердечной недостаточности. Беременность у женщин с лёгочной гипертензией классифицируется как IV класс риска по модифицированной классификации Всемирной организации здравоохранения и считается противопоказанной в связи с высокой материнской и перинатальной смертностью. По данным систематического обзора R. Ma и соавт. [54], средний уровень материнской летальности при лёгочной гипертензии средней и тяжёлой степени составляет около 9%.

Тем не менее в случае наступления и сохранения беременности терапевтические возможности ограничены вследствие тератогенного действия некоторых препаратов. Антагонисты рецепторов эндотелина и стимуляторы растворимой гуанилатциклазы не применяются во время беременности. Вместе с тем ингибиторы фосфодиэстеразы-5 можно использовать для снижения лёгочного давления, тогда как простагландины (эпопростенол<sup>®</sup>, трепростинил<sup>®</sup>), обладающие мощным вазодилатирующим эффектом, считаются относительно безопасными и их применяют для контроля гемодинамики у беременных [13].

Вне беременности в диагностике и скрининге лёгочной гипертензии активно изучают роль технологий ИИ. Так, M. Elgendi и соавт. [55] показали возможность её высокоточной идентификации на основании анализа фонокардиограмм, записанных цифровым стетоскопом: модель глубокого обучения распознавала специфический акустический паттерн (сигнатуру), связанный с повышением давления в лёгочных артериях. J. Kwon и соавт. [56] продемонстрировали эффективность нейросетевой модели при анализе ЭКГ как в одном, так и в 12 отведениях, где ИИ позволял выявлять признаки лёгочной гипертензии, ускользающие от традиционной визуальной интерпретации. Кроме того, модели машинного обучения, применённые к данным эхокардиографии, показали способность автоматизировать оценку вероятности развития лёгочной гипертензии и превосходили по точности субъективную оценку врача [57]. Дополнительно, анализ рентгенограмм грудной клетки с помощью ИИ также продемонстрировал

<sup>®</sup> Лекарственное средство не зарегистрировано в Российской Федерации.

потенциал для раннего выявления структурных признаков, указывающих на лёгочную гипертензию [58].

Совокупность этих результатов подчёркивает широту спектра методов ИИ, которые могут быть интегрированы в клиническую практику для раннего выявления и мониторинга лёгочной гипертензии. В акушерстве эти подходы особенно перспективны, так как позволяют использовать неинвазивные и доступные методы (электрокардиографию, фонокардиографию, рентгенографию) для скрининга у женщин высокого риска [55–57].

Таким образом, несмотря на ограниченность терапевтических возможностей во время беременности, внедрение технологий ИИ в диагностику лёгочной гипертензии может повысить точность раннего выявления, ускорить принятие решений о тактике ведения и потенциально улучшить прогноз как для матери, так и для ребёнка.

## ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ

### Качество данных и предвзятость

Несмотря на значительный потенциал, внедрение ИИ в медицину сопровождается определёнными проблемами. Одним из ключевых барьеров остаётся качество исходных данных. Для построения надёжных моделей необходимы крупные репрезентативные базы, формируемые в основном на основе электронных медицинских карт. Однако такие данные часто бывают фрагментарными, неполными и неоднородными между различными системами здравоохранения, что снижает точность и воспроизводимость моделей. Более того, электронные медицинские карты отражают существующие системные неравенства — различия в доступе к помощи и в качестве лечения у разных социальных, этнических и демографических групп. Модели, обученные на подобных данных, рискуют не только воспроизводить эти искажения, но и усиливать их, что может приводить к несправедливым клиническим рекомендациям и неблагоприятно сказываться на уязвимых категориях пациентов [59].

### Интерпретируемость, доверие и регулирование

Ещё одной серьёзной проблемой является интерпретируемость моделей. Большинство моделей ИИ функционируют как «чёрные ящики», где путь от исходных данных

к прогнозу остаётся непрозрачным [59]. Это ограничивает доверие со стороны врачей, которые не готовы полагаться на рекомендации системы без чёткого понимания их обоснования. Недостаточная нормативная база также тормозит внедрение технологий: отсутствуют стандартизированные процедуры валидации, пострыночного контроля и правовые механизмы распределения ответственности в случае неблагоприятных исходов [1, 6].

Определённые опасения высказывают и пациенты — как в части участия ИИ в принятии клинических решений, так и в отношении использования их персональных данных для обучения моделей. Защита конфиденциальности и обеспечение прозрачных механизмов согласия остаются критически важными этическими задачами [1, 59].

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

### Скрининг

На сегодняшний день отсутствуют унифицированные протоколы скрининга ССЗ у бессимптомных беременных. Используемый, например, в США алгоритм California Maternal CVD Screening Algorithm<sup>1</sup> представляет структурированный подход, но не учитывает возможности современных цифровых технологий. Вместе с тем исследования показывают, что ИИ способен выявлять кардиальную патологию по данным ЭКГ. Мы считаем, если эффективность будет подтверждена у беременных, то ИИ-анализ короткой ЭКГ может стать доступным и масштабируемым методом раннего скрининга. Особенно это важно для женщин, традиционно относимых к группе низкого риска, у которых всё же возникают тяжёлые осложнения, такие как перипартальная кардиомиопатия или СРКА.

### Визуализация

Рентгенография и эхокардиография являются наиболее перспективными методами для применения ИИ, учитывая объём стандартизированных данных. Модели уже продемонстрировали эффективность в автоматической сегментации, распознавании структур и выявлении патологий по данным магнитно-резонансной томографии и эхокардиографии [60, 61]. Эти технологии легко адаптируются для беременных, поскольку протоколы визуализации у них не отличаются от таковых в общей популяции. По нашему мнению, внедрение ИИ может ускорить подготовку диагностических заключений и повысить точность интерпретации, что особенно значимо для своевременной диагностики осложнений у беременных.

<sup>1</sup> CMQCC and California Department of Public Health Cardiovascular Disease Assessment in Pregnant and Postpartum Women [Internet]. Palo Alto: CMQCC and California Department of Public Health, 2017. Режим доступа: <https://www.cmqcc.org/resource/cardiovascular-disease-assessment-pregnant-and-postpartum-women> Дата обращения: 21.11.2025.

**Таблица 4.** Проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта при сердечно-сосудистых заболеваниях во время беременности

Клиническое значение	Барьеры	Возможные пути решения
<i>Качество данных и предвзятость</i>		
Ошибки в диагностике и прогнозе, риск несправедливых рекомендаций	Фрагментарность электронных медицинских карт, социальные и этнические различия	Создание единых регистров, стандартизация данных, контроль качества
<i>Интерпретируемость алгоритмов</i>		
Недоверие врачей, ограниченное внедрение в практику	Искусственный интеллект работает как «чёрный ящик»	Разработка методов интерпретируемого искусственного интеллекта, обучение врачей
<i>Нормативное регулирование</i>		
Риски юридической ответственности и безопасности	Отсутствие стандартов валидации и пострыночного контроля	Создание правовой базы, международные стандарты оценки искусственного интеллекта
<i>Этические и правовые аспекты</i>		
Снижение доверия пациентов, риск утечки данных	Вопросы конфиденциальности и согласия	Законы о защите данных, прозрачные механизмы согласия
<i>Скрининг</i>		
Выявление женщин из группы скрытого риска	Отсутствие универсальных протоколов	Применение искусственного интеллекта для анализа электрокардиограмм и биомаркёров
<i>Визуализация</i>		
Своевременная диагностика осложнений	Перегруженность специалистов, задержка в отчётности	Автоматическая сегментация и анализ изображений с помощью искусственного интеллекта
<i>Удалённый мониторинг</i>		
Раннее выявление аритмий и сердечной недостаточности у беременных	Ограниченный доступ к стационарному наблюдению	Носимые устройства с поддержкой искусственного интеллекта, амбулаторное наблюдение

## Удалённый мониторинг

Носимые устройства с поддержкой ИИ открывают новые возможности для амбулаторного наблюдения. Установлено, что такие системы способны предсказывать декомпенсацию сердечной недостаточности [15] и выявлять фибрилляцию предсердий [62]. Для беременных эта возможность особенно ценна, поскольку аритмии часто протекают бессимптомно или эпизодически [16]. Мы считаем, что постоянный мониторинг ЭКГ с помощью ИИ может обеспечить раннее выявление нарушений ритма, снизить потребность в стационарном наблюдении и уменьшить нагрузку на систему здравоохранения.

В табл. 4 резюмированы проблемы и перспективы применения ИИ при ССЗ во время беременности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИИ открывает новые перспективы в области диагностики, стратификации риска и мониторинга ССЗ во время беременности. Появляющиеся данные демонстрируют его потенциал для повышения точности раннего выявления патологии и оптимизации маршрутизации пациенток. Вместе с тем для безопасного и справедливого внедрения этих технологий в клиническую практику необходимы дальнейшие исследования, строгая клиническая валидация и нормативное регулирование.

Интеграция технологий ИИ в акушерско-кардиологическую практику способна снизить заболеваемость и смертность,

улучшить качество оказания помощи и при этом минимизировать экономические затраты. Реализация этого потенциала требует междисциплинарного взаимодействия специалистов в области кардиологии, акушерства и гинекологии, медицинской информатики, биоэтики и права.

Таким образом, ИИ может стать важным инструментом в охране здоровья матери и ребёнка, однако его широкое применение должно сопровождаться ответственным научным обоснованием, этической экспертизой и созданием эффективной системы регулирования.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Ю.А. Трусов — концепция работы, сбор литературных данных, написание текста рукописи, научное руководство; Х.Т. Шамсуева — концептуальное планирование структуры обзора, анализ литературных данных, подготовка графических материалов; М.З. Колхидова — сбор и анализ литературных данных, написание текста рукописи; А.Т. Индербиева — анализ литературных данных, написание текста рукописи; Е.Д. Барышникова, С.А. Санаков — написание и редактирование текста рукописи; К.А. Хуснутдинова — сбор и анализ англоязычных литературных данных, написание текста рукописи; А.Е. Распономарёва, А.Р. Шабазгериева — написание текста рукописи; Х.К. Раджабов — проверка статистических данных, редактирование текста рукописи; В.Х. Кудзиева, А.В. Пономарева — подготовка графических материалов, редактирование текста рукописи; Н.К. Козырева — редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

**Этическая экспертиза.** Неприменимо.

**Источники финансирования.** Отсутствуют.

**Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Оригинальность.** При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

**Доступ к данным.** Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

**Генеративный искусственный интеллект.** При подготовке рукописи использовали технологии генеративного искусственного интеллекта (модель ChatGPT 4.0, OpenAI). Применение искусственного интеллекта ограничивалось редактированием формулировок и выявлением стилистических и орфографических ошибок. Анализ и интерпретацию данных проводили авторы; научные выводы, изложенные в рукописи, полностью принадлежат авторам.

**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена в соответствии с процедурой fast-track. В рецензировании участвовали два внешних рецензента и член редакционной коллегии журнала.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contributions:** Yu.A. Trusov: conceptualization, data curation, writing—original draft, supervision; Kh.T. Shamsueva: conceptualization, data curation, visualization; M.Z. Kolkhidova: data curation, writing—original draft; A.T. Inderbieva: data curation, writing—original

draft; E.D. Baryshnikova, S.A. Sanakoev: writing—original draft, writing—review & editing; K.A. Khusnutdinova: data curation (English), writing—original draft; A.E. Rasponomareva, A.R. Shabazgerieva: writing—original draft; Kh.K. Radzhabov: formal analysis, writing—review & editing; V.Kh. Kudzieva, A.V. Ponomareva: visualization, writing—review & editing; N.K. Kozyreva: writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

**Ethics approval:** Not applicable.

**Funding sources:** No funding.

**Disclosure of interests:** The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

**Statement of originality:** No previously published material (text, images, or data) was used in this study or article.

**Data availability statement:** The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.

**Generative AI:** Generative artificial intelligence technologies (ChatGPT 4.0, OpenAI) were used during manuscript preparation. The use of artificial intelligence was limited to language editing and the identification of stylistic and spelling errors. Data analysis and interpretation were performed by the authors; all scientific conclusions presented in the manuscript are the sole responsibility of the authors.

**Provenance and peer-review:** This article was submitted unsolicited and reviewed following the fast-track procedure. The peer-review process involved two external reviewers and member of the Editorial Board.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(6):151–228. doi: 10.15829/1560-4071-2019-6-151-228 EDN: TDBQET
- Shigabutdinova TN, Gabidullina RI, Imanulova LI, et al. Cardiovascular diseases during pregnancy in the cardioscreening program. *Obstetrics and gynecology: News, Opinions, Training*. 2025;13(1):66–71. doi: 10.33029/2303-9698-2025-13-1-66-71 EDN: CIIFFP
- Rudaeva EV, Mozes VG, Kashtalap VV, et al. Congenital heart disease and pregnancy. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2019;4(3):102–112. doi: 10.23946/2500-0764-2019-4-3-102-112 EDN: EAKKTS
- Baranovskaya EI. Maternal mortality in modern world. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2022;16(3):296–305. doi: 10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2022.279 EDN: VZUXCE
- Sliwa K, Petrie MC, van der Meer P, et al. Clinical presentation, management, and 6-month outcomes in women with peripartum cardiomyopathy: an ESC EORP registry. *European Heart Journal*. 2020;41(39):3787–3797. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa455 EDN: XYUFMX
- Diguisto C, Choinier PM, Saucedo M, et al. Timing and preventability of cardiovascular-related maternal death. *Obstetrics & Gynecology*. 2023;141(6):1190–1198. doi: 10.1097/AOG.0000000000005176 EDN: WJTKXO
- Shara N, Mirabal-Beltran R, Talmadge B, et al. Use of machine learning for early detection of maternal cardiovascular conditions: retrospective study using electronic health record data. *JMIR Cardio*. 2024;8:e53091. doi: 10.2196/53091 EDN: OMSPPF
- Zahid S, Jha S, Kaur G, et al. PARCCS. *JACC: Advances*. 2024;3(8):101095. doi: 10.1016/j.jaccadv.2024.101095 EDN: ETPOAQ
- Roos-Hesselink J, Baris L, Johnson M, et al. Pregnancy outcomes in women with cardiovascular disease: evolving trends over 10 years in the ESC Registry of Pregnancy and Cardiac disease (ROPAC). *European Heart Journal*. 2019;40(47):3848–3855. doi: 10.1093/eurheartj/ehz136 EDN: CILAFV
- Silversides CK, Grewal J, Mason J, et al. Pregnancy outcomes in women with heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;71(21):2419–2430. doi: 10.1016/j.jacc.2018.02.076 EDN: VHZMVL
- Siu SC, Sermer M, Colman JM, et al; on behalf of the Cardiac Disease in Pregnancy (CARPREG) Investigators. Prospective multicenter

study of pregnancy outcomes in women with heart disease. *Circulation*. 2001;104(5):515–521. doi: 10.1161/hc3001.093437

12. Drenthen W, Boersma E, Balci A, et al; On behalf of the ZAHARA Investigators. Predictors of pregnancy complications in women with congenital heart disease. *European Heart Journal*. 2010;31(17):2124–2132. doi: 10.1093/eurheartj/ehq200

13. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, et al. 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *Kardiologia Polska*. 2019;77(3):245–326. doi: 10.5603/KP.2019.0049

14. Hannun AY, Rajpurkar P, Haghpanahi M, et al. Cardiologist-level arrhythmia detection and classification in ambulatory electrocardiograms using a deep neural network. *Nature Medicine*. 2019;25(1):65–69. doi: 10.1038/s41591-018-0268-3 EDN: UPBXPX

15. Stehlik J, Schmalfluss C, Bozkurt B, et al. Continuous wearable monitoring analytics predict heart failure hospitalization. *Circulation: Heart Failure*. 2020;13(3):e006513. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006513 EDN: GLATSO

16. Vaidya VR, Arora S, Patel N, et al. Burden of arrhythmia in pregnancy. *Circulation*. 2017;135(6):619–621. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.026681

17. Kashou AH, Noseworthy PA, Beckman TJ, et al. ECG interpretation proficiency of healthcare professionals. *Current Problems in Cardiology*. 2023;48(10):101924. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2023.101924 EDN: TWVGWN

18. Raghunath S, Pfeifer JM, Ulloa-Cerna AE, et al. Deep neural networks can predict new-onset atrial fibrillation from the 12-lead ECG and help identify those at risk of atrial fibrillation-related stroke. *Circulation*. 2021;143(13):1287–1298. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.051111 EDN: OTIPBV

19. Ribeiro AH, Ribeiro MH, Paixão GMM, et al. Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network. *Nature Communications*. 2020;11(1):1760. doi: 10.1038/s41467-020-15432-4

20. Singh JP, Fontanarava J, de Massé G, et al. Short-term prediction of atrial fibrillation from ambulatory monitoring ECG using a deep neural network. *European Heart Journal - Digital Health*. 2022;3(2):208–217. doi: 10.1093/ehjdh/ztac014 EDN: ZGCIUB

21. Gdaleta M, Harrington P, Barnhill E, et al. Prediction of atrial fibrillation from at-home single-lead ECG signals without arrhythmias. *NPJ Digital Medicine*. 2023;6(1):229. doi: 10.1038/s41746-023-00966-w EDN: SFKVYU

22. Liang H, Zhang H, Wang J, et al. The Application of artificial intelligence in atrial fibrillation patients: from detection to treatment. *Reviews in Cardiovascular Medicine*. 2024;25(7):257. doi: 10.31083/j.rcm2507257 EDN: SSWGQO
23. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, et al. Large-scale assessment of a smartwatch to identify atrial fibrillation. *New England Journal of Medicine*. 2019;381(20):1909–1917. doi: 10.1056/NEJMoa1901183
24. Shperling MI, Mols AA, Kosulina VM, et al. Gender-specific characteristics of heart failure with preserved ejection fraction in women: focus on pregnancy factors. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(8):4006. doi: 10.15829/1728-88002024-4006 EDN: EEKFMJ
25. Panchuk YP, Yaroslavtsev MY, Polonnikova AA, et al. Peripartum cardiomyopathy: literature review and clinical case description. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2024;14(3):89–95. doi: 10.20340/vmi-rvz.2024.3.CASE.2 EDN: PNEJSU
26. Chulkov VS, Syundyukova EG, Chulkov VS, et al. Hypertensive disorders during pregnancy and risk of cardiovascular disease. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2021;24(12):97–104. doi: 10.17116/profmed20212412197 EDN: XLTUBJ
27. Yurista S, Wadhwa P, Eder RA, et al. Peripartum HFpEF. *JACC: Advances*. 2024;3(2):100799. doi: 10.1016/j.jacadv.2023.100799 EDN: JMKIMP
28. Hodgson NR, Lindor RA, Monas J, et al. Pregnancy-related heart disease in the emergency department. *Journal of Personalized Medicine*. 2025;15(4):148. doi: 10.3390/jpm15040148
29. Adedinsewo DA, Johnson PW, Douglass EJ, et al. Detecting cardiomyopathies in pregnancy and the postpartum period with an electrocardiogram-based deep learning model. *European Heart Journal - Digital Health*. 2021;2(4):586–596. doi: 10.1093/ehjdh/ztab078 EDN: TFSPPX
30. Lee Y, Choi B, Lee MS, et al. An artificial intelligence electrocardiogram analysis for detecting cardiomyopathy in the peripartum period. *International Journal of Cardiology*. 2022;352:72–77. doi: 10.1016/j.ijcard.2022.01.064 EDN: HGEJZV
31. Jung YM, Kang S, Son JM, et al. Electrocardiogram-based deep learning model to screen peripartum cardiomyopathy. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*. 2023;5(12):101184. doi: 10.1016/j.ajogmf.2023.101184 EDN: FJEPHZ
32. Karabayir I, Wilkie G, Celik T, et al. Development and validation of an electrocardiographic artificial intelligence model for detection of peripartum cardiomyopathy. *American Journal of Obstetrics & Gynecology MFM*. 2024;6(4):101337. doi: 10.1016/j.ajogmf.2024.101337 EDN: HVLVST
33. Adedinsewo DA, Morales-Lara AC, Hardway H, et al. Artificial intelligence-based screening for cardiomyopathy in an obstetric population: A pilot study. *Cardiovascular Digital Health Journal*. 2024;5(3):132–140. doi: 10.1016/j.cvdhj.2024.03.005 EDN: HMJUIY
34. Adedinsewo DA, Morales-Lara AC, Afolabi BB, et al; on behalf of the SPEC-AI Nigeria Investigators. Artificial intelligence guided screening for cardiomyopathies in an obstetric population: a pragmatic randomized clinical trial. *Nature Medicine*. 2024;30(10):2897–2906. doi: 10.1038/s41591-024-03243-9 EDN: VUKAWP
35. Chen QF, Shi S, Wang YF, et al. Global, regional, and national burden of valvular heart disease, 1990 to 2021. *Journal of the American Heart Association*. 2024;13(24):e037991. doi: 10.1161/JAHA.124.037991 EDN: TMTEIO
36. Kovelkova MN, Iakovleva EG. Artificial intelligence in the prevention and diagnosis of cardiovascular diseases in Russia (literature review). *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(1):28–41. doi: 10.29001/2073-8552-2025-40-1-28-41 EDN: ZKPMNP
37. Holste G, Oikonomou EK, Mortazavi BJ, et al. Severe aortic stenosis detection by deep learning applied to echocardiography. *European Heart Journal*. 2023;44(43):4592–4604. doi: 10.1093/eurheartj/ehad456 EDN: UNRTZX
38. Miao F, Wen B, Hu Z, et al. Continuous blood pressure measurement from one-channel electrocardiogram signal using deep-learning techniques. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2020;108:101919. doi: 10.1016/j.artmed.2020.101919 EDN: TQNVQE
39. Angelaki E, Barmparis GD, Fragkiadakis K, et al. Diagnostic performance of single-lead electrocardiograms for arterial hypertension diagnosis: a machine learning approach. *Journal of Human Hypertension*. 2024;39(1):58–65. doi: 10.1038/s41371-024-00969-4 EDN: APNREL
40. Hu Y, Huerta J, Cordella N, et al. Personalized hypertension treatment recommendations by a data-driven model. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2023;23(1):44. doi: 10.1186/s12911-023-02137-z EDN: GTLZBJ
41. Hae H, Kang SJ, Kim TO, et al. Machine learning-based prediction of post-treatment ambulatory blood pressure in patients with hypertension. *Blood Pressure*. 2023;32(1):2209674. doi: 10.1080/08037051.2023.2209674 EDN: CTFXYQ
42. Butler L, Gunturkun F, Chinthala L, et al. AI-based preeclampsia detection and prediction with electrocardiogram data. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2024;11:1360238. doi: 10.3389/fcvm.2024.1360238 EDN: OGAMVC
43. Angeli F, Angeli E, Verdecchia P. Electrocardiographic changes in hypertensive disorders of pregnancy. *Hypertension Research*. 2014;37(11):973–975. doi: 10.1038/hr.2014.128
44. Raffaelli R, Antonia Prioli M, Parissoni F, et al. Pre-eclampsia: evidence of altered ventricular repolarization by standard ECG parameters and QT dispersion. *Hypertension Research*. 2014;37(11):984–988. doi: 10.1038/hr.2014.102
45. Gil MM, Cuenca-Gómez D, Rolle V, et al. Validation of machine-learning model for first-trimester prediction of pre-eclampsia using cohort from PREVAL study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2024;63(1):68–74. doi: 10.1002/uog.27478 EDN: GMWZRJ
46. O'Kelly AC, Ludmir J, Wood MJ. Acute Coronary Syndrome in Pregnancy and the Post-Partum Period. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2022;9(7):198. doi: 10.3390/jcdd9070198 EDN: NNVWVK
47. Nedbaeva DN, Aseeva AS, Zhiduleva EV, et al. Clinical features of acute coronary syndrome associated with spontaneous coronary artery dissection in women: a case series. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(3S):62–69. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5982 EDN: NBTKTE
48. Hayes SN, Kim ESH, Saw J, et al. Spontaneous coronary artery dissection: current state of the science: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2018;137(19):523–557. doi: 10.1161/CIR.0000000000000564
49. Sheikh AS, O'Sullivan M. Pregnancy-related spontaneous coronary artery dissection: Two case reports and a comprehensive review of literature. *Heart Views*. 2012;13(2):53. doi: 10.4103/1995-705X.99229
50. Jackson R, Al-Hussaini A, Joseph S, et al. Spontaneous coronary artery dissection. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2019;12(12):2475–2488. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.01.015
51. Chae J, Kweon J, Park GM, et al. Enhancing quantitative coronary angiography (QCA) with advanced artificial intelligence: comparison with manual QCA and visual estimation. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2025;41(3):559–568. doi: 10.1007/s10554-025-03342-9 EDN: JUCBJZ
52. Kim Y, Yoon HJ, Suh J, et al. Artificial Intelligence-Based Fully Automated Quantitative Coronary Angiography vs Optical Coherence Tomography-Guided PCI. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2025;18(2):187–197. doi: 10.1016/j.jcin.2024.10.025 EDN: RQQPEO
53. Krittanawong C, Virk HUH, Kumar A, et al. Machine learning and deep learning to predict mortality in patients with spontaneous coronary artery dissection. *Scientific Reports*. 2021;11(1):8992. doi: 10.1038/s41598-021-88172-0 EDN: PBXYRP
54. Ma R, Gao H, Cui J, et al. Pregnancy feasibility in women with mild pulmonary arterial hypertension: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2023;23(1):427. doi: 10.1186/s12884-023-05752-w EDN: REWRBO
55. Elgendi M, Bobhate P, Jain S, et al. The voice of the heart: vowel-like sound in pulmonary artery hypertension. *Diseases*. 2018;6(2):26. doi: 10.3390/diseases6020026
56. Kwon J, Kim KH, Medina-Inojosa J, et al. Artificial intelligence for early prediction of pulmonary hypertension using electrocardiography. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2020;39(8):805–814. doi: 10.1016/j.healun.2020.04.009 EDN: PTEVKR
57. Liao Z, Liu K, Ding S, et al. Automatic echocardiographic evaluation of the probability of pulmonary hypertension using machine learning. *Pulmonary Circulation*. 2023;13(3):e12272. doi: 10.1002/pul2.12272 EDN: OUOPMO

58. Imai S, Sakao S, Nagata J, et al. Artificial intelligence-based model for predicting pulmonary arterial hypertension on chest x-ray images. *BMC Pulmonary Medicine*. 2024;24(1):101. doi: 10.1186/s12890-024-02891-4 EDN: SENDZY

59. Celi LA, Cellini J, Charpignon ML, et al; for MIT Critical Data. Sources of bias in artificial intelligence that perpetuate healthcare disparities—A global review. *PLOS Digital Health*. 2022;1(3):e0000022. doi: 10.1371/journal.pdig.0000022 EDN: FFUSAN

60. He B, Kwan AC, Cho JH, et al. Blinded, randomized trial of sonographer versus AI cardiac function assessment. *Nature*. 2023;616(7957):520–524. doi: 10.1038/s41586-023-05947-3 EDN: BJAAZQ

61. Moradi A, Olanisa OO, Nzeako T, et al. Revolutionizing cardiac imaging: a scoping review of artificial intelligence in echocardiography, CTA, and cardiac MRI. *Journal of Imaging*. 2024;10(8):193. doi: 10.3390/jimaging10080193 EDN: XWHBRA

62. Fu W, Li R. Diagnostic performance of a wearing dynamic ECG recorder for atrial fibrillation screening: the HUAMI heart study. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2021;21(1):558. doi: 10.1186/s12872-021-02363-1 EDN: QKSYGD

## ОБ АВТОРАХ

**\* Шамсуева Хадижат Тамерлановна;**

адрес: Россия, 362025, Владикавказ, ул. Пушкинская, д. 40;  
ORCID: 0009-0003-7173-9072;  
e-mail: shamsuevakh@mail.ru

**Трусов Юрий Александрович;**

ORCID: 0000-0001-6407-3880;  
eLibrary SPIN: 3203-5314;  
e-mail: yu.a.trusov@samsmu.ru

**Колхидова Марианна Зурабовна;**

ORCID: 0009-0003-1301-8795;  
e-mail: mari\_kolxi@mail.ru

**Индербиева Альбина Тимуровна;**

ORCID: 0009-0007-8620-4790;  
e-mail: dr.inderbieva@mail.ru

**Барышникова Елизавета Дмитриевна;**

ORCID: 0009-0007-6066-9354;  
e-mail: mazhirinal2013@yandex.ru

**Хуснутдинова Камиля Айдаровна;**

ORCID: 0009-0004-7935-9477;  
e-mail: Khusnutdinova.k@mail.ru

**Распономарёва Александра Евгеньевна;**

ORCID: 0009-0008-3382-1493;  
e-mail: aleksandrarasp@mail.ru

**Шабазгериева Алина Руслановна;**

ORCID: 0009-0003-5687-7098;  
e-mail: alyashabazgerieva@gmail.com

**Раджабов Хаджимурад Курбанович;**

ORCID: 0009-0004-3169-951X;  
e-mail: khadzhimurad.radzhabov@mail.ru

**Санакоев Станислав Александрович;**

ORCID: 0009-0003-1058-9226;  
e-mail: stas.sanakoev-2018@mail.ru

**Кудзиева Валерия Хасановна;**

ORCID: 0009-0006-6371-6112;  
e-mail: kudzievavaleria@mail.ru

**Пономарева Алина Владимировна;**

ORCID: 0009-0004-3936-7982;  
e-mail: alipon4@yandex.ru

**Козырева Наталья Константиновна;**

ORCID: 0009-0003-1517-0539;  
e-mail: Nata05042004@yandex.ru

## AUTHORS' INFO

**\* Khadizhat T. Shamsueva;**

address: 40 Pushkinskaya st, Vladikavkaz, Russia, 362025;  
ORCID: 0009-0003-7173-9072;  
e-mail: shamsuevakh@mail.ru

**Yurii A. Trusov, MD;**

ORCID: 0000-0001-6407-3880;  
eLibrary SPIN: 3203-5314;  
e-mail: yu.a.trusov@samsmu.ru

**Marianna Z. Kolkhidova;**

ORCID: 0009-0003-1301-8795;  
e-mail: mari\_kolxi@mail.ru

**Albina T. Inderbieva;**

ORCID: 0009-0007-8620-4790;  
e-mail: dr.inderbieva@mail.ru

**Elizaveta D. Baryshnikova;**

ORCID: 0009-0007-6066-9354;  
e-mail: mazhirinal2013@yandex.ru

**Kamilya A. Khusnutdinova;**

ORCID: 0009-0004-7935-9477;  
e-mail: Khusnutdinova.k@mail.ru

**Aleksandra E. Rasponomareva;**

ORCID: 0009-0008-3382-1493;  
e-mail: aleksandrarasp@mail.ru

**Alina R. Shabazgerieva;**

ORCID: 0009-0003-5687-7098;  
e-mail: alyashabazgerieva@gmail.com

**Khadzhimurad K. Radzhabov, MD;**

ORCID: 0009-0004-3169-951X;  
e-mail: khadzhimurad.radzhabov@mail.ru

**Stanislav A. Sanakoev;**

ORCID: 0009-0003-1058-9226;  
e-mail: stas.sanakoev-2018@mail.ru

**Valeria Kh. Kudzieva;**

ORCID: 0009-0006-6371-6112;  
e-mail: kudzievavaleria@mail.ru

**Alina V. Ponomareva;**

ORCID: 0009-0004-3936-7982;  
e-mail: alipon4@yandex.ru

**Natalia K. Kozyreva;**

ORCID: 0009-0003-1517-0539;  
e-mail: Nata05042004@yandex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author