



DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-6-435-441

УДК 616.12-008.46

EDN: DNHNKH



Д.А. Елфимов<sup>1</sup>, И.В. Елфимова<sup>1</sup>, Д.Д. Харченко<sup>1</sup>,  
А.Е. Чупраков<sup>1</sup>, Н.В. Тюменцева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>— Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Тюмень, Россия

<sup>2</sup>— Государственное автономное учреждение здравоохранения Тюменской области «Городская поликлиника № 12», Тюмень, Россия

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ REDS В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

D.A. Elfimov<sup>1</sup>, I.V. Elfimova<sup>1</sup>, D.D. Harchenko<sup>1</sup>,  
A.E. Chuprakov<sup>1</sup>, N.V. Tjumenceva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>— Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tyumen State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Tyumen, Russia

<sup>2</sup>— Municipal Polyclinic No. 12, Tyumen, Russia

## The Possibilities of Using the Reds System in Clinical Practice

### Резюме

Представлен обзор литературы, в которой описывается уникальная мобильная неинвазивная система для измерения совокупного объёма жидкости в лёгких — ReDS, исследование её эффективности на животных, добровольцах, а также опыт применения в клинической практике. Проведён анализ отечественных и зарубежных литературных источников порталов PubMed, Web of Science, Nature, опубликованных в период 2012–2024 годов. Ежегодно во всём мире наблюдается тенденция к увеличению числа больных с хронической сердечной недостаточностью. Ключевой проблемой диагностического поиска остаётся раннее выявление декомпенсации хронической сердечной недостаточности. Одним из надёжных и ранних маркеров надвигающейся острой декомпенсации хронической сердечной недостаточности служит мониторинг показателя объёма жидкости в лёгких. Определение показателя объёма жидкости может служить критерием проведения коррекции проводимой терапии, что, в свою очередь, должно повлиять на частоту повторных госпитализаций. Таким образом, жизненно необходимым для дальнейшего ведения пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности является контроль волемии, а также выявление и количественное определение степени застоя. Оценка объёма жидкости является ключевым фактором при ведении пациентов с хронической сердечной недостаточностью в стационарных и амбулаторных условиях. Мониторинг ReDS значительно снижает вероятность повторной госпитализации с хронической сердечной недостаточностью в течение 3 месяцев после выписки, по сравнению с пациентами, у которых не проводилось исследование на системе ReDS.

**Ключевые слова:** ReDS, отёк лёгких, сердечная недостаточность, диагностика отёка лёгких

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, её тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов

### Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования

Статья получена 14.04.2024 г.

Одобрена рецензентом 25.08.2024 г.

Принята к публикации 28.10.2024 г.

**Для цитирования:** Елфимов Д.А., Елфимова И.В., Харченко Д.Д. и др. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ REDS В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ. Архивъ внутренней медицины. 2024; 14(6): 435-441. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-6-435-441. EDN: DNHNKH

### Abstract

A review of the literature is presented, which describes a unique mobile non-invasive system for measuring the total volume of fluid in the lungs ReDS, a study of its effectiveness on animals and volunteers, as well as experience of use in clinical practice. An analysis of domestic and foreign literary sources of the portals PubMed, Web of Science, Nature, published in the period from 2012–2024, was carried out. Every year around the world there

is a tendency to increase the number of patients with chronic heart failure. The key problem of the diagnostic search remains the early detection of decompensation of chronic heart failure. One of the reliable and early markers of impending acute decompensation of chronic heart failure is monitoring of the fluid volume in the lungs. Determining the fluid volume indicator can serve as a criterion for adjusting the therapy, which, in turn, should affect the frequency of re-hospitalizations. Thus, vital for the further management of patients with acute decompensation of chronic heart failure is the control of volume, as well as the identification and quantification of the degree of congestion. Fluid volume assessment is a key factor in the management of patients with chronic heart failure in inpatient and outpatient settings. ReDS monitoring significantly reduces the likelihood of readmission to hospital with chronic heart failure within 3 months compared with patients not tested on the ReDS system.

**Key words:** *ReDS, pulmonary edema, heart failure, diagnosis of pulmonary edema*

### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests

### Sources of funding

The authors declare no funding for this study

Article received on 14.04.2024

Reviewer approved 25.08.2024

Accepted for publication on 28.10.2024

**For citation:** Elfimov D.A., Elfimova I.V., Harchenko D.D. et al. The Possibilities of Using the ReDS System in Clinical Practice. The Russian Archives of Internal Medicine. 2024; 14(6): 435–441. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-6-435-441. EDN: DNHNKH

ОДХСН — острая декомпенсация хронической сердечной недостаточности, ХСН — хроническая сердечная недостаточность

## Введение

Ежегодно во всём мире наблюдается тенденция к увеличению числа больных с хронической сердечной недостаточностью (ХСН). По статистике, распространённость ХСН в Российской Федерации в 2022 году составила 7,2% [1]. Декомпенсация ХСН стала причиной госпитализации в стационары кардиологического и терапевтического профилей в 4,9% всех случаев. В 82% случаев при повторной госпитализации пациентов с ХСН выявлялся декомпенсированный отёк лёгких [2].

Ключевой проблемой диагностического поиска остаётся раннее выявление декомпенсации ХСН. Одним из надёжных и ранних маркеров надвигающейся острой декомпенсации хронической сердечной недостаточности (ОДХСН) служит мониторинг показателя объёма жидкости в лёгких. Определение показателя объёма жидкости может служить критерием проведения коррекции проводимой терапии, что, в свою очередь, должно повлиять на частоту повторных госпитализаций [3].

Таким образом, жизненно необходимым для дальнейшего ведения пациентов с ОДХСН является контроль волемии, а также выявление и количественное определение степени застоя. Оценка объёма жидкости является ключевым фактором при ведении пациентов с ХСН в стационарных и в амбулаторных условиях [4].

## Биофизическая основа технологии ReDS

Современные неинвазивные методы оценки застоя жидкости в лёгких включают физикальное обследование, рентгенографию органов грудной клетки и измерение уровня мозгового натрийуретического пептида В-типа, а также компьютерную томографию органов грудной клетки [5].

В 2015 году в США была зарегистрирована технология неинвазивного измерения совокупного объёма жидкости в лёгких ReDS™ (сокращённо от remote

dielectric sensing, т.е. «дистанционное диэлектрическое измерение» — мобильная система для неинвазивного измерения совокупного объёма жидкости в лёгких), которая может являться альтернативой вышеперечисленным методам и применяться в стационаре, на амбулаторном этапе оказания медицинской помощи, а также в домашних условиях [6].

Технология ReDS (Sensible Medical Innovations Ltd, Нетания, Израиль) измеряет диэлектрические свойства тканей. Данная технология была создана специалистами отдела исследований и разработок из Израиля на основе военной технологии «See through wall», позволяющей обнаруживать биологические объекты сквозь стены. Хотя она была представлена широкой общественности на крупнейшей международной выставке по наземной и воздушно-десантной обороне и безопасности Eurosatory только в 2022 году, первая публикация, описывающая принцип работы «See through wall», появилась в 2005 году [7].

Устройство ReDS состоит из двух датчиков, закреплённых в жилете, который пациент надевает для измерения продолжительностью около 90 секунд. Датчики располагаются спереди — на груди, и сзади — на спине, с правой стороны туловища пациента. Жилет подключается с помощью кабеля к консоли монитора. Каждый датчик представляет собой небольшое круглое устройство, способное передавать и перехватывать энергию, отражённую от лёгочной ткани или передаваемую через неё.

Неинвазивное измерение жидкости в лёгких с помощью ReDS происходит следующим образом: датчик посылает в организм электромагнитные сигналы малой мощности, а перехваченные сигналы отражают диэлектрические свойства тканей, на которые больше всего влияет их жидкостное содержимое [8]. Диэлектрический коэффициент материала представлен частотно-зависимым комплексным числом, описывающим его взаимодействие с электромагнитной энергией, включая степени поглощения, отражения и удержания энергии.

Разные ткани характеризуются разными диэлектрическими коэффициентами. Поскольку вода имеет очень высокий диэлектрический коэффициент (около 80), диэлектрические коэффициенты тканей определяются преимущественно содержанием в них жидкости. Например, здоровая жировая ткань с низким содержанием жидкости характеризуется относительно низким диэлектрическим коэффициентом, тогда как здоровая мышечная ткань, относительно богатая жидкостью, характеризуется более высоким диэлектрическим коэффициентом. Диэлектрический коэффициент лёгочной ткани определяется диэлектрическими коэффициентами каждого из её компонентов и их концентрацией (например, кровь, паренхима лёгких, воздух и их относительные концентрации). Поскольку воздух имеет самый низкий диэлектрический коэффициент, а диэлектрические коэффициенты остальных компонентов крови примерно одинаковы и значительно выше, чем у воздуха, можно говорить о том, что лёгочная ткань состоит из двух типов высококонтрастных компонентов. Следовательно, воздух делает диэлектрический коэффициент лёгочной ткани очень чувствительным и прямым индикатором объёмного соотношения жидкости и воздуха, то есть показателем концентрации жидкости. Высокая чувствительность этого параметра к концентрации жидкости является физической основой предполагаемой высокой точности прибора в обнаружении отёка лёгких и его прогрессирования с течением времени [9].

## Область применения ReDS

Применение системы ReDS позволяет измерять абсолютное значение уровня жидкости в лёгких. Увеличение количества жидкости в лёгких свидетельствует о декомпенсации ХСН.

Ведущим маркером развития и диагностики сердечной недостаточности является показатель диуреза. Было проведено клиническое исследование системы ReDS на добровольцах, целью которого являлась оценка способности показателей системы ReDS коррелировать как с клиническим течением ОДХСН, проявляющимся застоем лёгких, так и с изменением состояния баланса жидкости. Показатели концентрации жидкости в лёгких у пациентов с ОДХСН, по данным системы ReDS, коррелировали сильной связью с диурезом пациентов. На протяжении всей госпитализации показатели системы ReDS демонстрировали положительную динамику и соответствовали клиническому улучшению пациентов, а при сравнении исходных показателей системы ReDS и при выписке выявлялось значительное улучшение [10].

## Сравнительная диагностическая ценность системы ReDS

Важной задачей применения системы ReDS является сопоставление её показателей с данными других методов измерения жидкости в лёгких, а также корреляция с другими методиками диагностики ХСН в целом.

В настоящее время золотым стандартом измерения жидкости в лёгких является метод компьютерной томографии. Исследование связей показателей ReDS и компьютерной томографии проводились многими зарубежными, а также отечественными учёными.

В 2013 году вышла научная статья, в которой проводилась оценка эффективности системы ReDS на животных и на пациентах-добровольцах. Исследование позволило сравнить данные компьютерной томографии и ReDS. Результаты, полученные системой ReDS, показали высокую чувствительность к изменениям содержания лёгочной жидкости. Сравнительный анализ показателей системы ReDS и данных компьютерной томографии на модели сердечной недостаточности у свиней продемонстрировал, что технология ReDS точна в обнаружении изменений концентрации жидкости в лёгких, о чём свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции ICC (коэффициент внутрикласовой корреляции) и Пирсона, равные 0,95 [9].

В 2016 году в журнале *International Journal of Cardiology* была опубликована статья, в которой приводилась валидация технологии диэлектрического измерения ReDS для количественной оценки состояния лёгочной жидкости путём сравнения с компьютерной томографией грудной клетки высокого разрешения у пациентов с острой сердечной недостаточностью и без неё. Данное исследование продемонстрировало, что количественное определение содержания жидкости с помощью системы ReDS тесно коррелирует с данными компьютерной томографии при количественном определении содержания лёгочной жидкости [11].

В другом исследовании, при сравнении корреляции показателей ReDS с данными компьютерной томографии, было выявлено, что точность измерений технологии ReDS сопоставима с результатами компьютерной томографии, уровень корреляции составляет 94 %. Эти данные подтверждают возможности замены компьютерной томографии обследованием на системе ReDS для измерения абсолютного значения уровня жидкости в лёгких [12].

Что касается других методов диагностики ХСН, например, зондирования по Суону-Ганцу, то было опубликовано исследование, по результатам которого учёными был сделан вывод, что в некоторых случаях ReDS-диагностика может быть использована в качестве неинвазивной альтернативы зондированию по Суону-Ганцу, так как была обнаружена корреляция между показателями системы ReDS и давлением заклинивания в лёгочных капиллярах. Показатель системы ReDS в пределах нормы имеет высокую прогностическую ценность (95 %), свидетельствующую о давлении заклинивания в лёгочных капиллярах менее 18 мм рт. ст. [13, 14].

Проанализировав результаты и выводы из научных публикаций по данной теме, можно сделать заключение о точности данных ReDS, по сравнению с компьютерной томографией органов грудной клетки, подтверждённую высокими коэффициентами соответствия.

## ReDS как индикатор риска развития ОДХСН

Развитие ОДХСН у пациента с ХСН в анамнезе непременно приводит к повторной госпитализации, высокому риску развития осложнений и в целом негативно сказывается на клиническом течении ХСН. Представлено исследование, в котором проводилась оценка использования показателей системы ReDS в качестве критерия оценки допустимости выписки по суммарному объёму жидкости в лёгких у пациентов, считающихся клинически готовыми к выписке.

Результат исследования системы ReDS показал преждевременность выписки на 32 %, так как у этих пациентов сохранялись повышенные суммарные объёмы жидкости в лёгких. Применение показателя системы ReDS в качестве критерия достижения оптимального результата лечения позволяет не допустить выписку пациентов с повышенным объёмом жидкости в лёгких, тем самым снизив уровень повторных госпитализаций [4, 15, 16].

В 2012 году автором Dan Rappaport было опубликовано первое клиническое исследование системы ReDS на добровольцах. Показатели ReDS оценивались в условиях госпитализации, а также на амбулаторном этапе после выписки из стационара в течение 3 месяцев. В период госпитализации у пациентов отмечено снижение концентрации жидкости в лёгких на  $18 \pm 8$  %, по данным системы ReDS, что указывает на «высыхание» лёгких. Снижение показателей системы ReDS получило корреляционную связь с клиническими проявлениями (корреляция Пирсона = 0,85). Амбулаторно исследование показателей ReDS в 67 % отображало клиническую стабильность на фоне проводимой терапии ХСН. У этих пациентов отмечались минимальные изменения количественной оценки концентрации жидкости в лёгких, по данным системы ReDS ( $2,5 \pm 4$ ), что подтверждалось отсутствием необходимости повторных госпитализаций. В 33 % случаев пациенты были повторно госпитализированы с отёком лёгких через  $28 \pm 12$  дней. Динамические данные системы ReDS продемонстрировали увеличение суммарного объёма жидкости в лёгких ( $17 \pm 7$ ), по сравнению с данными при выписке. Ухудшение показателей у пациентов, наблюдаемое при использовании системы ReDS, предшествовало повторной госпитализации на  $22 \pm 5$  дней. По результатам исследования, авторы статьи пришли к выводу, что количественная оценка концентрации жидкости в лёгких с помощью ReDS может быть полезна при мониторинге состояния застойных явлений в лёгких у пациентов в стационаре и при амбулаторном лечении. Этот факт позволяет использовать данные измерений ReDS для определения динамики течения ХСН и возможного развития ОДХСН. [17].

По данным метаанализа семи исследований, в которых были использованы показатели 985 пациентов, выявлен низкий риск повторных госпитализаций у пациентов с сердечной недостаточностью, у которых проводился динамический контроль показателей системы ReDS, по сравнению с пациентами, у которых не оценивались показатели системы ReDS [18-20].

Высокая чувствительность системы ReDS обеспечивает обнаружение застоя в лёгких до значительного клинического (симптоматического) ухудшения ХСН, таким образом открывая возможность использовать показатель ReDS как индикатор риска развития ОДХСН.

## Возможности ReDS для управления терапией пациентов с ХСН

Принимая во внимание высокую корреляцию показателей ReDS с данными компьютерной томографии, а также показателями диуреза и мозгового натрийуретического пептида, авторы некоторых исследований предполагают, что во время госпитального лечения оценка показателей системы ReDS помогла бы определять терапию. Динамика изменений показателей ReDS соответствует клиническому течению, улучшению состояния в течение всей госпитализации, так как показатели перед выпиской значительно улучшаются по сравнению с показаниями ReDS при поступлении, что дополнительно подтверждается динамикой уровня мозгового натрийуретического пептида. Применение системы ReDS позволяет оценивать данные в широком диапазоне уровня содержания жидкости, включая применимый клинический диапазон [11, 21].

Также исследователи настаивают на продолжении амбулаторного мониторинга показателей системы ReDS у пациентов после выписки для своевременной коррекции терапии [9].

В 2017 году была опубликована научная статья в журнале International Journal of Cardiology «Оценка технологии дистанционного диэлектрического измерения (ReDS) — управляемая терапия для уменьшения повторных госпитализаций при сердечной недостаточности». В статье описывалось исследование, направленное на снижение повторных госпитализаций пациентов с ХСН и развития ОДХСН, с помощью мониторинга показателей измерения с помощью системы ReDS в домашних условиях [22, 23].

В период с 2012 по 2015 годы проводилось исследование, в результате которого сделан вывод, что неинвазивная технология ReDS позволяет сигнализировать о раннем выявлении декомпенсации ХСН с относительно низкой нагрузкой для пациентов. Поддержание нормального содержания жидкости в лёгких в результате коррекции терапии на основе показателей ReDS приводит к снижению уровня мозгового натрийуретического пептида и снижению количества госпитализаций [24].

Также отмечено, что проведение терапии ХСН под контролем показателей ReDS во время 30-дневного дистанционного наблюдения за пациентами после госпитализации по поводу ОДХСН может приводить к более низкому (на 54 %) риску повторной госпитализации, в том числе по кардиологическим причинам — на 78 % [25].

В результате ретроспективного анализа карт 112 госпитализированных пациентов с ОДХСН сделан вывод, что контроль показателей ReDS и коррекция терапии

позволили снизить продолжительность госпитализации у пациентов, поступивших по поводу ХСН, и расширить возможности врача по коррекции терапии [26].

Система ReDS была применена в 2020 году, во время пандемии COVID-19, в пульмонологическом отделении госпиталя Ospedali Riuniti, г. Анкона, Италия. Измерение с помощью ReDS проводилось непосредственно в палате пациента. Определение динамики показателей ReDS позволило оценивать эффективность проводимой терапии [27].

В совокупности результаты исследований подтверждают потенциальную клиническую полезность мониторинга ReDS при лечении пациентов с ХСН. Контроль показателей системы ReDS и поддержание суммарного объёма жидкости в лёгких в нормальном диапазоне приводит к снижению уровня мозгового натрийуретического пептида и уменьшению числа повторных госпитализаций. Таким образом, технология ReDS представляется полезной для удалённого ведения пациентов, подверженных риску повторной госпитализации с ХСН на амбулаторном этапе.

## Преимущества и недостатки ReDS

Особенностями системы ReDS являются высокая чувствительность и быстрый результат динамики показателей уже в первые секунды небольших изменений застоя в лёгких, полученный вследствие проводимых манипуляций в исследованиях, моделирующих ОДХСН [9].

К тому же система ReDS имеет ряд преимуществ перед компьютерной томографией: быстрый результат динамики показателей, компактный размер прибора, быстрота измерения, возможность частых измерений и диагностики даже небольших изменений застоя в лёгких, а также отсутствие лучевой нагрузки. Все вышеизложенное делает возможным замену компьютерной томографии на обследование с помощью ReDS для измерения абсолютного значения уровня жидкости в лёгких. Мобильность оборудования позволяет использовать систему пациентом на дому для мониторинга состояния и возможной коррекции терапии.

Не менее ценна возможность использования ReDS как альтернативы зондирования по Суону-Ганцу, что открывает потенциал для неинвазивной оценки функций правого и левого желудочков сердца, контроля эффективности лечения инфаркта миокарда, кардиогенного шока, отёка лёгких, контроля гиповолемии и гипертензии, различных нарушений ритма сердца. Технология ReDS обладает высокой чувствительностью и специфичностью для выявления аномально высокого давления заклинивания в лёгочных капиллярах, что позволяет своевременно проводить коррекцию медикаментозной терапии [14].

Простота проведения методики, время, затраченное на исследование, сопоставимая достоверность полученных результатов, а также безопасность для пациента и персонала (для измерения используются электромагнитные волны малой мощности, менее

1/1000 излучения мобильного телефона), отражают бесспорное преимущество технологии ReDS для ранней диагностики декомпенсации ХСН.

Однако пространственное разрешение не позволяет различить, в каком отделе лёгких скопилась жидкость: внутрисосудистом, интерстициальном или альвеолярном [9].

К недостаткам применения также можно отнести высокую стоимость системы ReDS, малое количество научных публикаций в отечественных журналах, описывающих технологию и преимущества её применения.

## Отечественная практика применения ReDS и её экономическая эффективность

Российские учёные также проводят исследования, демонстрируя эффективность системы ReDS в амбулаторных условиях. Так, в условиях сельского здравоохранения проводился мониторинг показателей ReDS. Динамическое исследование показателей системы ReDS в амбулаторных условиях позволило своевременно проводить коррекцию терапии, выявить начинающуюся декомпенсацию ХСН и снизить количество повторных госпитализаций. Авторы исследования отмечают, что измерение системой ReDS можно проводить в отдалённом медицинском учреждении, а специалист-кардиолог может дистанционно провести оценку показателей и коррекцию терапии. Такая модель оказания медицинской помощи улучшает организацию помощи больным с ХСН и тем самым снижает смертность и частоту повторных госпитализаций [28].

Подводя итог вышесказанному, можно считать возможным проведение коррекции медикаментозной терапии у пациентов с ХСН по данным мониторинга показателей ReDS.

Внедрение технологии ReDS в систему здравоохранения России на федеральном уровне, её использование в амбулаторных и стационарных условиях довольно перспективно. Клиническая и экономическая эффективность считается обоснованной, так как уменьшается число повторных госпитализаций, что позволяет системе здравоохранения экономить средства, начиная с третьего года использования. Проведённая оценка показала, что для покрытия более 95 % населения требуется от 1129 до 1234 единиц медицинского изделия ReDS [6].

## Заключение

Коррекция терапии по данным системы ReDS может помочь в определении скорости и степени диуреза, назначении других лекарственных препаратов, например, сосудорасширяющих средств, а также избежать преждевременной выписки пациентов.

К преимуществам метода ReDS по измерению жидкости в лёгких относятся неинвазивность, малая длительность процедуры, отсутствие необходимости расходных материалов, подготовки специальных помещений. Само устройство мобильно и может

перемещаться из кабинета в кабинет (из палаты в палату), что невозможно сделать с аппаратом компьютерной томографии. Аппарат позволяет проводить исследование поверх одежды, на дому. Также важными факторами в проведении исследования являются безопасность для пациента и медицинского персонала, возможность многократного измерения показателей в течение суток.

Мониторинг показателей ReDS значительно снижает вероятность повторной госпитализации пациентов с хронической сердечной недостаточностью в течение 3 месяцев, по сравнению с пациентами, у которых не проводилось исследование системой ReDS. Методика является клинически обоснованной, позволяющей проводить коррекцию терапии сердечной недостаточности по результатам исследования ReDS. Вместе с тем необходимо отметить, что мало изучено применение системы ReDS у коморбидных пациентов. Компанией-разработчиком представлена схема проведения исследования на системе ReDS, но периодичность проведения исследований оставлена на усмотрение медицинской организации. Показанные исследования также не отражают единства в выборе частоты проведения исследований. Применение системы ReDS у пациентов с ХСН клинически оправдано, и результаты сопоставимы с данными компьютерной томографии, однако, требуется разработка алгоритмов проведения исследования системой ReDS в зависимости от тяжести ХСН и наличия сопутствующей (коморбидной) патологии.

#### Вклад авторов:

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией

**Елфимов Д.А.:** создание идеи и концепции рукописи, утверждение окончательного варианта

**Елфимова И.В.:** создание дизайна рукописи, критический обзор материала, окончательное редактирование рукописи

**Харченко Д.Д.:** написание обзорной части и заключения рукописи

**Чупраков А.Е.:** сбор и анализ литературных данных

**Тюменцева Н.В.:** редактирование рукописи

#### Author contribution:

All the authors contributed significantly to the study and the article, read and approved the final version of the article before publication

**Elfimov D.A.:** creation of the idea, conceptualisation, approval of the final version

**Elfimova I.V.:** creation of the manuscript design, critical review of the material, final editing of the manuscript

**Harchenko D.D.:** writing the review and conclusion of the manuscript

**Chuprakov A.E.:** collection and analysis of literature data

**Tjumenceva N.V.:** revision of the text

#### Список литературы/References:

1. Фомин, И. В., Поляков Д. С., Вайсберг А. Р. 25 лет реальной клинической практики в лечении хронической сердечной недостаточности в РФ — все ли мы правильно делаем в 2022 году. Оригинальные исследования. 2022; 4:27–37.  
Fomin, I. V., Polyakov D. S., Vajsberg A. R. 25 years of real clinical practice in the treatment of chronic heart failure in the Russian Federation — are we doing everything right in 2022. Original research. 2022; 4:27–37 [In Russian].
2. Арутюнов, А. Г., Арутюнов Г. П. Повторные госпитализации у больных с синдромом острой декомпенсации ХСН. Особенности, прогностическая значимость, новые подходы к снижению риска их возникновения. Русский медицинский журнал. 2013; 21(12):612–616.  
Arutyunov, A. G., Arutyunov G. P. Repeated hospitalizations in patients with acute CHF decompensation syndrome. Features, prognostic significance, new approaches to reducing the risk of their occurrence. RMJ. 2013; 21(12): 612–616 [In Russian].
3. Ziaieian B., Fonarow G. C. The prevention of hospital readmissions in heart failure. The Journal Progress in cardiovascular diseases. 2016; 58(4): 379–385. DOI: 10.1016/j.pcad.2015.09.004.
4. Жиров И. В., Насонова С. Н., Терещенко С. Н. Острая декомпенсация сердечной недостаточности: Состояние проблемы. Терапевтический архив. 2022; 94(9):1047–1051. doi: 10.26442/00403660.2022.09.201839.  
Zhirov I. V., Nasonova S. N., Tereshchenko S. N. Acute decompensation of heart failure: state of the problem. Terapevticheskii arkhiv. 2022. 94(9):1047–1051. doi: 10.26442/00403660.2022.09.201839 [In Russian].
5. Mueller C, McDonald K, de Boer RA, et al. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology practical guidance on the use of natriuretic peptide concentrations. Eur J Heart Fail. 2019; 21(6):715–31. doi: 10.1002/ejhf.1494.
6. Серпик В. Г., Куликов А. Ю., Проценко М. В. и др. Оценка технологии здравоохранения и значение дистанционного диэлектрического исследования в диагностике и контроле лечения хронической сердечной недостаточности в Российской Федерации. Фармакоэкономика: теория и практика. 2023; 11(3):24–35 doi: 10.30809/phe.3.2023.3.  
Serpik V. G., Kulikov A. Yu., Protsenko M. V., et al. Health technology assessment and clinical role of remote dielectric sensing in the diagnosis and control of the treatment of chronic heart failure in the Russian Federation. Pharmacoeconomics: theory and practice. 2023; 11(3):24–35 doi: 10.30809/phe.3.2023.3 [In Russian].
7. Yang Y., Fathy A. E. See-through-wall imaging using ultra wide-band short-pulse radar system. IEEE. 2005; 3B: 334–337. doi: 10.1109/APS.2005.1552508.
8. Жиров И. В., Насонова С. Н., Сырхаева А. А. и др. Оптимизация определения волемического статуса у пациентов с острой декомпенсацией сердечной недостаточности. Российский кардиологический журнал. 2022; 27(5): 5039. doi: 10.15829/1560–4071–2022–5039.  
Zhirov I. V., Nasonova S. N., Syrkhayeva A. A., et al. Optimization of intravascular volume determination in patients with acute decompensated heart failure. Russian Journal of Cardiology. 2022; 27(5): 5039. doi: 10.15829/1560–4071–2022–5039 [In Russian].
9. Amir O, Rappaport D, Zafrir B, et al. A novel approach to monitoring pulmonary congestion in heart failure: initial animal and clinical experiences using remote dielectric sensing technology. Congest Heart Fail. 2013; 19(3): 149–155. doi: 10.1111/chf.12021.
10. Curran L., Peck K., Bensimhon D. A. Descriptive Analysis of ReDS Technology across the Continuum of Care. Journal of Cardiac Failure. 2019; 25(8S): S135–S136. doi: 10.1016/j.cardfail.2019.07.390.
11. Offer Amir, Zaher S. Azzam, Tamar Gaspar, et al. Validation of remote dielectric sensing (ReDS™) technology for quantification of lung fluid status: Comparison to high resolution chest computed tomography in patients with and without acute heart failure. International Journal of Cardiology. 2016; 221: 841–846. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.06.323.
12. Imamura T., Gono W., Hori M. Validation of Noninvasive Remote Dielectric Sensing System to Quantify Lung Fluid Levels. Journal of Clinical Medicine. 2022; 11(1): 164. doi: 10.3390/jcm11010164.

13. Uriel N., Sayer G., Imamura T., et al. Relationship Between Noninvasive Assessment of Lung Fluid Volume and Invasively Measured Cardiac Hemodynamics. *Journal of the American Heart Association*. 2018; 7(22): e009175. doi: 10.1161/JAHA.118.009175.
14. Sattar Y., Zghouzi M., Suleiman A. M., et al. Efficacy of remote dielectric sensing (ReDS) in the prevention of heart failure rehospitalizations: a meta-analysis. *Journal Of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*. 2021; 11(5): 646–652. doi: 10.1080/20009666.2021.1955451.
15. Barghash M.H., Lala A., Giustino G., et al. Use of Remote Dielectric Sensing (ReDS) as Point-of-Care Testing Following Heart Failure Hospitalization and Risk of 30-Day Readmission. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2019; 38(4): S140–S141. doi: 10.1016/j.healun.2019.01.335.
16. Izumida T., Imanura T., Koi T., et al. Prognostic impact of residual pulmonary congestion assessed by remote dielectric sensing system in patients admitted for heart failure. *ESC Heart Fail*. 2024 Jun; 11(3): 1443–1451. doi: 10.1002/ehf2.14690. Epub 2024 Feb 14.
17. Rappaport D. Noninvasive monitoring of pulmonary congestion using a remote dielectric sensing (ReDS) system: a prospective single-arm study in patients suffering from heart failure. *J Card Fail*. 2012. 18(8S): S61. doi: 10.1016/j.cardfail.2012.06.207.
18. Сырхаева А. А., Насонова С. Н., Жиров И. В. и др. Возможности инструментального определения волемического статуса у пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности. *Терапевтический архив*. 2023; 95(9): 769–775. doi: 10.26442/00403660.2023.09.202375.  
Syrkhaeva A. A., Nasonova S. N., Zhiron I. V., et al. Possibilities of instrumental determination of volemic status in patients with acute decompensation of chronic heart failure. *Terapevticheskii arkhiv*. 2023; 95(9): 769–775. doi: 10.26442/00403660.2023.09.202375.
19. Bensimhon D., Alali S. A., Curran L. The use of the ReDS noninvasive lung fluid monitoring system to assess readiness for discharge in patients hospitalized with acute heart failure: A pilot study. *Heart Lung*. 2021; 50(1): C.59–64. doi: 10.1016/j.hrtlng.2020.07.003.
20. Roy S., McCabe P., Karnes A., et al. Effect of the Remote Dielectric Sensing Vest on Reducing Heart Failure Admissions. *Journal of Cardiac Failure*. 2019; 205(8): S126. doi: 10.1016/j.cardfail.2019.07.360.
21. Olessen A. S., Miger K., Fabricius-Bjerre A., et al. Remote Dielectric Sensing to detect acute heart failure in patients with dyspnoea — a prospective observational study in the emergency department. *European Heart Journal Open*. 2022; 2(6): oeac073. doi: 10.1093/ehjopen/oeac073.
22. Volz E, Tordella M, Miller R, et al. ReDS vest use in the emergency department: identifying high risk heart failure patients. *J Card Fail*. 2019; 25(8S): S68–S69. doi: 10.1016/j.cardfail.2019.07.195.
23. Adatya S., Imamura T., Kim G.H., et al. Noninvasive Assessment of Lung Fluid Content in Heart Failure Patients. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2017; 36(4S): S213–S214. doi: 10.1016/j.healun.2017.01.561.
24. Offer Amir, Tuvia Ben-Gal, Jean Marc Weinstein, et al. Evaluation of remote dielectric sensing (ReDS) technology-guided therapy for decreasing heart failure re-hospitalizations. *International Journal of Cardiology*. 2017; 240: 279–284. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.02.120.
25. Lala A., Barghash M. H., Giustino G., et al. Early use of remote dielectric sensing after hospitalization to reduce heart failure readmissions. *ESC Heart Fail*. 2021; 8(2): 1047–1054. doi: 10.1002/ehf2.13026.
26. Opsha Y., Zhuge P., Guevarra J., et al. Retrospective Evaluation of Remote Dielectric Sensing (ReDS) Vest Technology and its Impact on Heart Failure Readmission Rates and Diuretics Therapy. *Journal of Cardiac Failure*. 2019; 25(8): S147–S148. doi: 10.1016/j.cardfail.2019.07.424.
27. Mei F., Di Marco Berardino A., Bonifazi M., et al. Validation of Remote Dielectric Sensing (ReDS) in Monitoring Adult Patients Affected by COVID-19 Pneumonia. *Diagnostics (Basel)*. 2021; 11(6): 1003. doi: 10.3390/diagnostics11061003.
28. Рейтблат О.М. Реальный опыт работы центра хронической сердечной недостаточности: есть ли в нём место инновациям? Эффективная фармакотерапия. 2023; 19(30): 60.  
Rejtblat O. M. The real experience of the chronic heart failure center: is there a place for innovation in it? *Effective pharmacotherapy*. 2023; 19(30): 60.

### Информация об авторах

**Елфимов Дмитрий Анатольевич**  — к.м.н., доцент, доцент кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: yelfimovda@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4875-1244>

**Елфимова Ирина Валерьевна** — к.м.н., доцент, доцент кафедры факультетской терапии ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: iyelfimova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4724-0664>

**Харченко Дарья Дмитриевна** — Студент 5 курса очной формы обучения направления «Лечебное дело» ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: kharchenkodariaoff@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0000-4011-1467>

**Чупраков Александр Евгеньевич** — Студент 5 курса очной формы обучения направления «Лечебное дело» ФГБОУ ВО Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: Sasha13.02.2002@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-0472-5310>

**Тюменцева Наталия Валентиновна** — заведующий сектором внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности, врач терапевт ГАУЗ ТО «Городская поликлиника № 12», Тюмень, e-mail: Tnv911@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0000-9379-9058>

### Information about the authors

**Dmitry A. Elfimov**  — PhD, docent, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tyumen State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, e-mail: yelfimovda@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4875-1244>

**Irina V. Elfimova** — PhD, docent, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tyumen State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, e-mail: iyelfimova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4724-0664>

**Darya D. Kharchenko** — 5th year full-time student of the direction "General Medicine" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, e-mail: kharchenkodariaoff@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0000-4011-1467>

**Aleksandr E. Chuprakov** — 5th year full-time student of the direction "General Medicine" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tyumen, e-mail: Sasha13.02.2002@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0005-0472-5310>

**Natalia V. Tyumentseva** — Head of the Internal Quality Control and Safety of Medical Activities Sector, General Practitioner, State Autonomous Healthcare Institution of the Tyumen Region "City Polyclinic No. 12", Tyumen, e-mail: Tnv911@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0000-9379-9058>

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author