

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Серебровского Андрея Вадимовича  
«Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска  
рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий  
искусственного интеллекта» на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия  
медицинского назначения

Несмотря на активное развитие методов и средств инструментальной и интеллектуальной поддержки диагностики онкологических заболеваний, они имеют ряд ограничений, которые обусловлены дисбалансом ошибок первого и второго рода, неблагоприятными воздействиями на здоровье пациента, а также высокими экономическими показателями диагностики, что снижает доступность ее для большого круга пациентов. Поэтому научно-технической задачей данной работы является повышение эффективности диагностики онкологических заболеваний молочной железы (МЖ) путем разработки мультимодального классификатора (ММК) риска рака молочной железы (РМЖ).

Целью диссертационной работы является повышение эффективности диагностики РМЖ посредством гибридных технологий искусственного интеллекта с дескрипторами, полученными путем спектроскопии биоимпеданса.

В первом разделе диссертации выполнен системный анализ в области современных методов и экспериментальных исследований по диагностике и дифференциальной диагностике РМЖ, и использование ансамбля классификаторов для улучшения результатов классификации. Во втором разделе приведены разработанные Серебровским А.В. модель биоимпеданса для электродной матрицы, основанная на трехзвенном эквивалентном двухполоснике, позволяющая определять параметры эквивалентного двухполосника, которые используются в качестве дескрипторов для классификатора риска РМЖ; структура искусственной нейронной сети для оценки риска РМЖ на основе данных биоимпедансных исследований; раскрыта структурная схема мультимодального классификатора риска РМЖ, позволяющего агрегировать решения систем машинного и глубокого обучения, а также экспертного оценивания медицинского риска. В третьем разделе представлен авторский способ оценки риска РМЖ, основанный на спектроскопии биоимпеданса с использованием электродной матрицы, позволяющий учитывать анизотропию биоматериала. В четвертом разделе представлены аппаратно-программные средства для биоимпедансных исследований риска РМЖ, реализующие авторские методы и алгоритмы.

Результаты работы внедрены в образовательный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению

12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» и прошли клинические испытания в ООО «Бионика», которые показали целесообразность их использования для интеллектуальной поддержки выявления РМЖ.

Результаты диссертации были представлены в 16 работах, 4 из которых входит в издания из перечня ВАК.

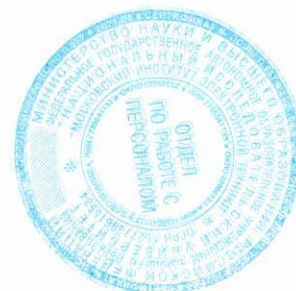
В автореферате имеются некоторые ошибки и неточности, в частности, мультимодальный классификатор агрегирует *решения* интеллектуальных агентов, и не сами интеллектуальные агенты, по определению они должны быть *автономными*.

Указанный недостаток не снижает общей положительной оценки работы. Содержание диссертации Серебровского А.В. соответствует научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки). Диссертация отвечает критериям пп. 9-14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Серебровский Андрей Вадимович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Начальник лаборатории беспроводных биомедицинских интерфейсов  
Института БМС МИЭТ, к.ф.-м.н. (01.04.07 – физика конденсированного  
состояния), доцент




/ Данилов Арсений Анатольевич/



Адрес: 124498, Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д.1.

Тел.: +7(499)720-8763

E-mail: [arseny.danilov@gmail.com](mailto:arseny.danilov@gmail.com)

Подпись Данилова А.А. заверю.  
Начальник ОПИТ  Данилова Е. У.

№ 01. 2025

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Серебровского Андрея Вадимовича «Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Диссертационное исследование посвящено актуальной теме, связанной с биоимпедансным анализом как контактным методом измерения электрической проводимости биологических тканей, дающим возможность оценки широкого спектра морфологических и физиологических параметров организма. Это относительно новая и массово доступная диагностическая методика, которая находит все большее применение в медицине. Но на отечественном рынке практически нет доступной аппаратуры для электроимпедансной электроскопии (ЭИС).

Разработка новых отечественных диагностических комплексов, использующих биоимпедансную многочастотную и многоканальную спектрометрию, является актуальной и научной и практической задачей.

Повышение эффективности диагностики рака молочной железы посредством гибридных технологий искусственного интеллекта с дескрипторами, полученными путем спектроскопии биоимпеданса является основной целью работы.

Для достижения поставленной цели автором получены новые научные результаты:

- разработка многозвенных импедансных моделей биоматериала молочной железы, предназначенных для формирования дескрипторов для классификаторов риска рака молочной железы;

- разработка мультимодального классификатора риска рака молочной железы, основанного на анализе данных, формируемых матрицей электродов импедансного измерительного преобразователя;

- разработка структурно-функциональных решений для нейронных сетей, предназначенных для формирования дескрипторов и классификации медицинского риска в составе мультимодального классификатора риска рака молочной железы;

- разработка способа оценки риска рака молочной железы, основанного на спектроскопии биоимпеданса и учитывающего анизотропию биоматериала;

- разработка и экспериментальные исследования аппаратно-програмного обеспечения, предназначенного для выявления включений повышенной проводимости (опухолей) в молочной железе и основанного на предложенных моделях, структурно-функциональных решениях.

Диссертационная работа состоит из введения четырех разделов, заключения и библиографического списка.

Содержание разделов раскрывает задачи, реализующие цель исследования. Автореферат позволяет понять и оценить достигнутые автором научные и практические результаты.

Замечания по автореферату.

1. Из рисунка 3 автореферата неясно, сколько эквивалентных двуполосников было получено при формировании дискрипторов нейронной сети и каким образом они были получены?

2. В автореферате не освещена роль БУ и роль ЗУ в структуре нейронной сети, рисунок 3 автореферата

Приведенные замечания не носят существенного характера. В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Серебровского А.В. соответствует научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки). Диссертация отвечает критериям пп.9-14 действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Серебровский Андрей Вадимович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Доцент кафедры электротехники и электроэнергетики,  
Курского ГАУ, к.т.н.



/Мясоедова Марина Анатольевна/

Шифр и наименование научной специальности:

05.11.17 -Приборы, системы и изделия медицинского назначения  
(технические науки)

Адрес: 305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70

Тел.: +7(904)523-2764,

E-mail lady.mysoedova@yandex.ru



Т.Т. Мясоедова М.В.

Удостоверяю:

А.В. Серебровский

енваря

20 25.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Серебровского Андрея Вадимовича  
«Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения

В настоящее время не существует универсальных инструментальных интроскопических приборов для диагностики рака молочной железы (РМЖ). Биоимпедансная интроскопия относится к достаточно чувствительным и специфичным методам диагностики онкологических заболеваний. Основными ее достоинствами является оперативность и безопасность. Однако на рынке медицинских услуг практически отсутствуют лицензированные и сертифицированные биоимпедансные маммографы. Таким образом, разработка новых отечественных диагностических комплексов, использующих биоимпедансную многочастотную и многоканальную спектрометрию, является актуальной научной и практической задачей.

Научная значимость проведенных исследований определяется предложенными автором методами, моделями и алгоритмами синтеза многоканального классификатора риска РМЖ.

К научной новизне можем отнести разработанную автором модель биоимпеданса молочной железы, структуру трехканального классификатора риска РМЖ, способ оценки риска РМЖ, основанный на исследовании биоимпеданса с помощью матричного преобразователя, позволяющего учитывать анизотропию биоматериала.

Работа выполнена в рамках реализации программы развития ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030». Достоверность результатов исследования подтверждается экспериментальными исследованиями показателей качества предложенных классификаторов риска РМЖ на множестве разнородных данных, полученных при различных режимах как на фантоме, так и на живых объектах.

### Замечания по автореферату

1. Из автореферата неясно, какие помехи оказывают влияние на получение биоимпедансных данных и насколько стабильны показания биоимпеданса в пространстве и времени.
2. В автореферате на странице 16 соискатель пишет о физической модели получения данных, но не раскрывает ее сущность.

Приведенные замечания не снижают общей научно-технической ценности работы.

Содержание диссертации Серебровского А.В. соответствует научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения. Диссертация отвечает критериям пп. 9-14 действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Серебровский Андрей Вадимович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Доцент факультета технологий искусственного интеллекта Университета ИТМО  
К.т.н., РИД медико-биологические науки

/ Копаница Георгий Дмитриевич /

К.т.н. специальность 15.13.11 Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Адрес: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49, лит. А.

Тел.: +79528088099

E-Mail: georgy.kopanitsa@gmail.com



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Серебровского Андрея Вадимовича  
“Развитие технологий биоимпедансного анализа для классификаторов риска  
рака молочной железы, построенных на основе гибридных технологий  
искусственного интеллекта” на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия  
медицинского назначения

Рак молочной железы (РМЖ) представляет серьезную угрозу для здоровья и жизни женщин любого возраста во всех странах мира. Подавляющее большинство смертей от РМЖ связаны с поздней диагностикой. Так, важнейшей задачей врача, при диагностике РМЖ, является выявление заболевания на начальной стадии.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности диагностики РМЖ посредством гибридных технологий искусственного интеллекта с дескрипторами, полученными путем спектроскопии биоимпеданса.

Автор представляет к защите научные положения (стр. 7 автореферата), обладающие теоретической значимостью, позволяющие разработать классификаторы для интеллектуальной поддержки оценки риска рака молочной железы.

Научные положения диссертации обоснованы теоретически и иллюстрируются с помощью вычислительных экспериментов на основе обработки реальной медико-биологической информации, полученной в результате клинических исследований в учреждениях здравоохранения, а также информации, полученной на фантоме молочной железы.

Выполненные в процессе теоретического обоснования математические преобразования являются корректными, полученные выводы не противоречат известным и широко используемым положениям теории и практики распознавания образов. Вычислительные эксперименты спланированы, включая обоснование интерпретации их результатов. Таким образом, как следует из автореферата, полученные в диссертации результаты являются достоверными.

Теоретическая значимость работы заключается, по нашему мнению, в развитии теории классификаторов медицинского риска на основе иерархических нейросетевых структур.

Результаты работы внедрены в образовательный процесс Юго-Западного государственного университета при подготовке магистров по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» и прошли клинические испытания в ООО «Бионика», которые показали целесообразность их использования для интеллектуальной поддержки выявления РМЖ.

Полученные автором результаты опубликованы в различных научных изданиях, всего 16 публикаций, из них 4 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, материалы диссертации обсуждались на всероссийских и международных конференциях.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Получены ли информированные согласия у пациенток экспериментальной группы и одобрено ли проводимое исследование этическим комитетом?
2. Каковы клинические характеристики пациенток в экспериментальной группе и по какому критерию они вводились/не вводились в состав экспериментальной группы?
3. Чем объясняется очень высокий показатель точности диагностики (99%), полученный на классификаторе, выполненном на СНС?

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки работы. Содержание диссертации Серебровского А.В. соответствует научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки). Диссертация отвечает критериям пп. 9-14 действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Серебровский Андрей Вадимович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Профессор кафедры онкологии КГМУ,  
д.м.н., доцент



/ Станоевич Ирина Васильевна/

06.02.2025

«Онкология, лучевая терапия» — 3.1.6  
Адрес: 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, д.3  
Тел.: +7(915)284-9143  
E-mail: [stanoevichiv@kursksmu.net](mailto:stanoevichiv@kursksmu.net)

“Подпись Станоевич Ирины Васильевны заверяю”

Ученый секретарь Курского государственного медицинского университета,  
д.м.н., профессор



/ О.А.Медведева/