

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кравчук Дениса Александровича «Исследование принципов диагностики состояния эритроцитов на основе оптоакустического эффекта и разработка биотехнической системы экспресс-анализа», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12 – приборы, системы и изделия медицинского назначения

Диссертационная работа Кравчук Д.А. посвящена разработке нового вида экспресс-диагностики крови, позволяющего на основе оптоакустического эффекта получать широкий спектр диагностических показателей состояния эритроцитов. Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в работе, создают научную и практическую основу для развития соответствующей технологии, обеспечивая возможность ее дальнейшее совершенствование и оптимизацию для разработки новых биотехнических систем экспресс-анализа. Таким образом, тематика диссертации Кравчук Д.А., является, безусловно, актуальной и соответствует современным приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации.

Автором получены десять актов о внедрении научных результатов диссертации и одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ, что подтверждает практические цели работы. Научная новизна и практическая значимость диссертационной работы определяется в каждой конкретной главе по ходу изложения материала.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений общим объемом 259 страниц. Список цитируемой литературы составляет 255 наименований.

Во введении обоснован выбор научного направления исследований, показана актуальность решаемых проблем, сформулированы цели и задачи работы, указаны научная новизна и практическая ценность полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава носит обзорный характер. В ней систематизированы данные о применении оптоакустических методов в области биомедицинских исследований, описаны характеристики эритроцитов, проанализированы методы анализа состава крови. На основе данных обзора установлено, что акустические сигналы, формируемые в результате оптоакустического эффекта, могут быть использованы для решения большого круга задач, связанных с изучением переноса кислорода эритроцитами к тканям тела.

Во-второй главе представлены результаты теоретического исследования генерации акустических волн сферическими поглотителями при различных условиях нагрева.

Рассчитаны характеристики акустических сигналов, возбуждаемых при воздействии коротких лазерных импульсов в воде на слой жидкости внутри жидкостного цилиндра. Установлено, что на основе характеристик акустических сигналов возможно построение математических моделей эритроцитов с учетом агрегации, кислородонасыщения, внутриэритроцитарными инфекциями, патологиями форм для диагностики оптоакустическим методом.

В третьей главе выполнено моделирование акустических сигналов, полученных при оптоакустическом преобразовании от неагрегированных и агрегированных эритроцитов. На основе метода Монте-Карло разработана математическая модель образца крови с неагрегированными эритроцитами. Анализируется распределение эритроцитов в зависимости от гематокрита. Сформированы модельные образцы биологических тканей с различной степенью агрегации и размерами агрегатов на основе метода Монте-Карло. Проанализировано влияние лазерного облучения на спектральную плотность мощности акустического сигнала для различных уровней кислородонасыщения SO_2 .

В четвертой главе приведены результаты теоретического исследования возбуждения оптоакустических сигналов с нормальными и патологическими измененными эритроцитами крови. Разработана математическая модель здоровых и инфицированных эритроцитов с разными стадиями поражения малярией. На основе метода Монте-Карло рассчитаны акустические сигналы для смоделированного расположения тканей. Показана применимость оптоакустического метода для различения интраэритроцитарных стадий малярийного паразита. Выполнено математическое моделирование оптоакустического эффекта в клетках с эндоцитозными наночастицами, что позволило зарегистрировать акустический сигнал на больших расстояниях в образцах крови. Проанализировано формирование акустического сигнала при оптоакустическом преобразовании для нормальных и патологических эритроцитов с применением метода функции Грина.

В пятой главе разработана схема эксперимента и лабораторная установка, приведены результаты экспериментальных исследований форменных элементов крови. По итогам исследований построены акустические сигналы и их спектры в модельных жидкостях. На основе сопоставления с данными, полученными в клинических условиях, выполнена оценка точности оптоакустических измерений.

В шестой главе разработана система экспресс диагностики эритроцитов на основе оптоакустического эффекта. Приведены результаты расчетов по реконструкции оптоакустического изображения эритроцитов с различной степенью агрегации.

В заключении перечислены основные результаты работы.

В приложении приведена информация об апробации и использовании результатов диссертации.

Значительная часть выводов диссертации основана на данных математического моделирования и экспериментов, проведенных автором с использованием оригинальной методологии. Подробное изложение условий их проведения обеспечивает возможность их повторения и верификации. Автор использовал современные аналитические методики, взаимно дополняющие друг друга. Теоретические модели диагностики форменных элементов крови на основе оптоакустического эффекта, предложенные в диссертации, подтверждены экспериментальными исследованиями и позволили на их основе разработать систему экспресс анализа диагностики эритроцитов. Таким образом, представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации надежно обоснованы.

К наиболее важным и значимым достижениям, определяющим научную новизну диссертационной работы, можно отнести следующие результаты.

1. Созданы и протестированы методы диагностики эритроцитов с применением лазерного излучения и оптоакустического эффекта.
2. Построены модели распределения эритроцитов при разных значениях гематокрита, агрегации, кислородонасыщения в крови, патологических изменений их форм.
3. Экспериментально изучены характеристики модельных жидкостей с использованием полистирольных микросфер, дисков и углеродных наночастиц. Сформулирован алгоритм диагностики жидких биологических сред оптоакустическим методом на примере измерения значений гематокрита в пробах крови человека.
4. Разработаны физико-математические принципы построения системы экспресс-анализа, которая позволяет регистрировать концентрации гематокрита, агрегации и кислородонасыщения эритроцитов, дает возможность обнаружения внутриэритроцитарных инфекций и патологий формы эритроцитов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается высоким уровнем проведения численного моделирования и использованием экспериментальных исследований. Предложенные теоретические модели формирования эритроцитов согласуются качественно и количественно с экспериментальными данными. Достоверность результатов исследования подтверждается также их публикацией в рецензируемых научных журналах и апробацией на научных конференциях.

Научная значимость диссертации заключается в разработке теоретических и экспериментальных основ диагностики эритроцитов с применением оптоакустических методов. Здесь можно выделить несколько моментов. Во-первых, разработаны на основе

метода Монте-Карло математические модели оптоакустического преобразования лазерного излучения в присутствии неагрегированных и агрегированных эритроцитов с учетом кислородонасыщения и дезоксигенации эритроцитов в крови, а также их патологий. Во-вторых, теоретически изучен оптоакустический эффект в модельной биологической жидкости с использованием поглотителей в форме эритроцитов. Наконец, в-третьих, разработан метод экспресс-анализа состояния эритроцитов на основе оптоакустического эффекта. Полученные результаты существенно расширяют современные физические представления об использовании оптоакустического эффекта в биомедицинских исследованиях.

Высокая практическая значимость диссертации не вызывает сомнений, учитывая высокий потенциал технологии оптоакустического метода для различных применений, некоторые из которых протестированы в рамках диссертационного исследования.

Автор провел значительные по объему исследования, и постарался всесторонне изучить и описать возможности оптоакустического эффекта при его применении в диагностике эритроцитов, однако по диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В работе используется нейронная сеть глубокого обучения, но недостаточно детализирована роль этой сети в реконструкции или распознавании данных.
2. При описании моделирования оптоакустического сигнала автор отмечает, что в «эластичных слоистых средах возникают сдвиговые волны», но не пояснен физический процесс их возникновения и что понимается под слоистой средой.
3. В работе не приведено описание технологической схемы проведения аналитических исследований на разработанной биотехнической системе экспресс-анализа, что затрудняет понимание ее эффективности.
4. В работе имеются стилистические неточности в описании процессов медицинской диагностики.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Диссертация представляет собой цельное и законченное научное исследование, содержание которого соответствует целям работы и названию диссертации. Все защищаемые научные положения и выводы хорошо обоснованы. Работа выполнена автором на высоком научном уровне, характеризуется новизной и достоверностью полученных результатов, написана понятным и грамотным языком, хорошо оформлена и показывает, несомненно, высокую квалификацию и зрелость автора. Содержание диссертации правильно отражено в автореферате.

Считаю, что содержание диссертационной работы Кравчук Дениса Александровича и форма ее представления полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России и «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Автор обладает высокой квалификацией и достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.12 – приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки).

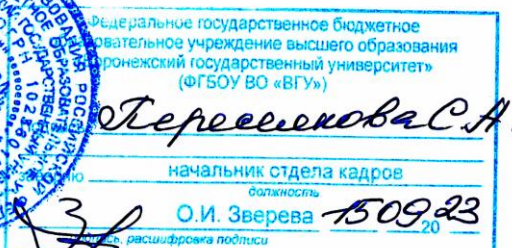
Я, Переселков Сергей Алексеевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

15.09.2023 г.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой математической физики
и информационных технологий Воронежского
государственного университета

Адрес: 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1
ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет
Телефон: +7 (473) 220-87-48
E-mail: pereselkov@yandex.ru


Переселков С.А.



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Воронежский государственный университет
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)
Переселкова С.А.
начальник отдела кадров
полностью
О.И. Зверева 15.09.23
расшифровка подписи