

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зыковой Лидии Александровны «Разработка методов и средств ультразвуковой кардиографии малых биологических объектов *in vivo*» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационная работа Зыковой Л.А. посвящена актуальной междисциплинарной проблеме на стыке физики, приборостроения и биологии – разработке интегрированного подхода для проведения неинвазивных исследований сердечной деятельности малых биологических объектов на ранних стадиях развития *in vivo* путем совмещения высокочастотной ультразвуковой визуализации и оптической микроскопии.

Актуальность диссертационной работы определяется растущим интересом к использованию малых модельных организмов (в частности, рыб *Danio rerio*) в кардиологических исследованиях. Существующие методы визуализации, как правило, не позволяют одновременно отслеживать в реальном времени морфологическую динамику сердечных структур и функциональные параметры кровотока без повреждения объекта. Разработка методов, лишённых этих ограничений, представляет собой важную научную задачу.

Целью данной диссертационной работы являлась разработка методов и средств, обеспечивающих синхронную ультразвуковую и оптическую визуализацию для комплексного анализа сердечной деятельности малых биологических объектов *in vivo*.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке и экспериментальной реализации метода синхронизации ультразвуковых данных, записанных последовательно в разных точках, с фазой сердечного цикла, определяемой по оптическому сигналу фотоплетизмографии. Также создан оригинальный экспериментальный стенд, интегрирующий сканирующий акустический микроскоп (75 МГц) с инвертированным оптическим микроскопом, и разработаны алгоритмы цифровой обработки для анализа сигналов от движущейся крови и деформирующихся стенок сердца.

Практическая значимость работы заключается в разработке работоспособного инструментального комплекса для неинвазивной визуализации сердца малых объектов *in vivo*. Экспериментальный стенд обеспечивает высокое пространственное разрешение (около 20 мкм), необходимое для изучения сердца эмбрионов и личинок *Danio rerio* размером 100–300 мкм, и позволяет получать количественные данные о скорости кровотока и изменении геометрии сердечных камер. Разработанные методы и алгоритмы позволяют оценивать влияние на сердце различных внешних факторов, что делает их востребованными в биомедицинских исследованиях.

К замечаниям и недостаткам по содержанию автореферата можно отнести следующие вопросы:

1. В работе метод синхронизации, основанный на выделении сигнала фотоплетизмографии из оптических данных, разработан и апробирован на прозрачных объектах ранних стадий развития (эмбрионы и личинки *Danio rerio*). Существует ли возможность или потенциальные ограничения применения метода

для более взрослых, слабо прозрачных или непрозрачных модельных объектов, у которых оптический доступ к области сердца может быть существенно затруднён.

2. В работе указано, что выбор области для регистрации ФПГ-сигнала привязан к зоне максимальной активности сердца. Было бы полезно рассмотреть применимость именно этой зоны, а также проанализировать возможность использования для синхронизации сигналов, зарегистрированных в других областях организма (например, в хвостовой артерии или крупных сосудах).


Приведенные выше замечания носят частный характер и не влияют на общую оценку выполненной работы. Диссертация выполнена на высоком уровне, по материалам исследования опубликовано 24 печатные работы, из которых 8 работ рекомендованы ВАК и также выходят в базы Web of Science и Scopus. По материалам диссертации сделано 15 докладов на международных и российских научных конференциях.

Диссертационная работа Зыковой Л.А. «Разработка методов и средств ультразвуковой кардиографии малых биологических объектов *in vivo*» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики» является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, имеющим важное научное и практическое значение. По объему, новизне и практической значимости полученных результатов данная диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертация Зыкова Л.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики».

Я, Браже Надежда Александровна, даю свое согласие на обработку диссертационным советом моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник
кафедры биофизики биологического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

 Браже Н.А.

Адрес: 119234, г. Москва, МГУ имени М.В.

30 января 2026 года

Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

E-mail: nadiya.brazhe@gmail.com

Тел: +79032819017 (моб.)

