

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о работе Зотова Арсена Кареновича по диссертации «Оптические методы мониторинга криодеструкции биологических тканей с использованием сапфировых криоаппликаторов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Диссертация А.К. Зотова посвящена разработке физических методов анализа процесса формирования ледяного слоя в биологических тканях с использованием сапфировых криоаппликаторов. Криодеструкция является перспективным минимально инвазивным методом направленного разрушения патологических тканей, однако её эффективность и безопасность ограничены низкой предсказуемостью процесса формирования ледяного слоя, а также несовершенством применяемых криоаппликаторов и методов мониторинга. Традиционные металлические инструменты обладают неоднородностью теплового поля, склонны к окислению и затрудняют интеграцию систем мониторинга; существующие методы визуализации характеризуются недостаточной точностью или сложностью интеграции в хирургический процесс. Преодоление указанных ограничений возможно за счёт создания криоаппликаторов на основе профилированных кристаллов сапфира, позволяющих измерять оптические параметры формируемого ледяного слоя и определять его толщину. В связи с этим тема диссертационной работы обладает выраженной актуальностью и практической значимостью.

В диссертации получены результаты, обладающие существенной научной новизной и практической значимостью. Методами с капиллярной подпиткой и некапиллярного формообразования выращены профилированные кристаллы сапфира постоянного и переменного сечения для их использования в качестве криоаппликаторов; получены выражения для программного изменения весового сигнала в процессе формирования переходной трубчато-монокристаллической зоны полого кристалла, что позволяет предотвращать образование газовых включений и получать высококачественные инструменты сложной геометрии. Экспериментально изучены особенности формирования ледяного слоя в модельных средах при использовании сапфировых и металлических криоаппликаторов: показано, что сапфировые аппликаторы обеспечивают более низкие температуры, более высокие скорости охлаждения и больший объём замороженной области. Разработан метод мониторинга процесса криодеструкции с помощью сапфировых криоаппликаторов, заключающийся в решении обратной задачи по восстановлению толщины ледяного слоя на основе анализа интенсивности диффузно рассеянного излучения, а также метод мониторинга процесса криодеструкции биологических сред с помощью ТГц импульсной спектроскопии, основанный на диэлектрическом контрасте между замороженной и незамороженной тканями.

Вклад А.К. Зотова в данную работу значителен и связан с проведением численных и натуральных экспериментов. Все результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором либо при его непосредственном участии. Автор участвовал в постановке задач, разработке и изготовлении конструкций сапфировых криоаппликаторов, разработке экспериментальных методов измерения и анализа оптического диффузного и ТГц откликов от образцов рассеивающих сред при формировании в них ледяного слоя. Автором лично проведены все экспериментальные исследования по изучению эффективности сапфировых криоаппликаторов и влияния их теплофизических параметров и формы на скорость и объём формирования ледяного слоя, исследования по апробации

разработанных методов, включая разработку алгоритмов мониторинга и обработку экспериментальных данных. Высокий уровень полученных данных подтверждается 9 опубликованными научными статьями, включенными в перечень изданий рекомендованных ВАК РФ и одним патентом РФ.

В связи с вышеизложенным, считаю, что диссертация Зотова Арсена Кареновича «Оптические методы мониторинга криодеструкции биологических тканей с использованием сапфировых криоаппликаторов» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), а ее автор, Зотов Арсен Каренович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель,  
с.н.с. ИФТТ РАН  
кандидат технических наук по специальности  
05.11.07 – Оптические и оптико-электронные  
приборы и комплексы

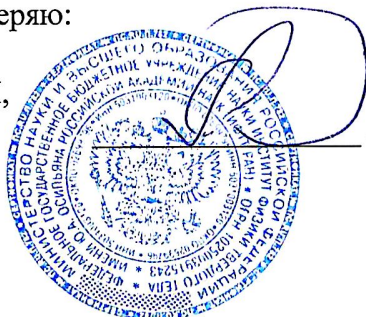


/ Долганова Ирина Николаевна

«9» сентября 2026 г.

Подпись Долгановой И.Н. заверяю:

Ученый секретарь ИФТТ РАН,  
к.ф.-м.н.



/ Терещенко Алексей Николаевич