ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зотова Арсена Кареновича

«Оптические методы мониторинга криодеструкции биологических тканей с использованием сапфировых криоаппликаторов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Диссертационная работа Зотова А.К. посвящена актуальной междисциплинарной задаче — разработке оптических методов мониторинга формирования ледяного слоя в биологических тканях в процессе криодеструкции с использованием криоаппликаторов на основе профилированных кристаллов сапфира. Автор решает комплексную научно-техническую задачу, охватывающую выращивание сапфировых кристаллов сложной геометрии методами с капиллярной подпиткой (EFG) и некапиллярного формообразования (NCS), экспериментальное сопоставление эффективности сапфировых и металлических криоаппликаторов, построение математической модели диффузного рассеяния излучения в двухслойной среде, а также разработку и апробацию двух взаимодополняющих методов оптического мониторинга - на основе анализа интенсивности диффузно рассеянного излучения и ТГц импульсной спектроскопии.

В работе предложена новая математическая модель, описывающая интенсивность диффузно рассеянного излучения в двухслойной рассеивающей среде (ледяной слой - незамороженная ткань) на расстоянии от источника излучения, основанная на диффузионном приближении теории переноса излучения. На её основе разработан новый метод мониторинга процесса криодеструкции с помощью сапфировых криоаппликаторов, позволяющий восстанавливать толщину ледяного слоя до 8 мм. Впервые экспериментально изучены и количественно оценены сравнительные временные зависимости температуры фантомов биологических тканей при криодеструкции сапфировыми и металлическими криоаппликаторами. Разработан новый метод мониторинга процесса криодеструкции биологических сред с помощью ТГц импульсной спектроскопии, основанный на диэлектрическом контрасте между замороженной и незамороженной тканями и обеспечивающий восстановление толщины ледяного слоя до 650 мкм на начальной стадии криодеструкции. Разработанные сапфировые криоаппликаторы и новые методы оптического мониторинга могут быть использованы в практической криохирургии для повышения её безопасности, позволяя оценивать толщину формируемого ледяного слоя без использования дополнительных датчиков и методов визуализации. Полученные выражения для программного изменения весового сигнала в процессе формирования переходной трубчато-монолитной зоны полого сапфирового криоаппликатора позволяют выращивать полые кристаллы различного диаметра и геометрии, предотвращая образование газовых включений.

Замечания по автореферату диссертационной работы:

- В диссертационной работе экспериментальная апробация разработанных методов оптического мониторинга проводилась преимущественно при однократном криовоздействии. Вместе с тем в клинической практике криохирургии для достижения максимального объёма крионекроза широко

применяются повторные циклы замораживания-оттаивания, которые могут существенно изменить оптические и теплофизические свойства ткани (в частности, за счёт накопления структурных повреждений, изменения содержания свободной и связанной воды, формирования зон ишемии).

- В работе продемонстрированы преимущества сапфировых криоаппликаторов в эффективности охлаждения биотканей. Представляет интерес вопрос, проводились ли экспериментальные измерения расхода жидкого азота при использовании сапфировых аппликаторов по сравнению с металлическими аналогами.

Отмеченные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы и носят характер вопросов, на которые автор может ответить в ходе дискуссии.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, перечисленным в «Положении о присуждении ученых степеней» ВАК РФ (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в текущей редакции), а её автор, Зотов Арсен Каренович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

доктор технических наук, доцент, заведующий отделом ЭМ 3.1 НИИ ЭМ,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

\ Шакуров Алексей Валерьевич

«13» ноября 2026 г.

Согласен на обработку персональных данных

\ Шакуров Алексей Валерьевич

«13» ноября 2026 г.

Контактная информация

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес организации: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к 1

Телефон: 89778279745

E-mail: shakurov@bmstu.ru