

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Кудаевой Фатимат Хусейновны

*«Математическое моделирование фазовых переходов при низкотемпературных
воздействиях на биоткани»*

по специальности *1.2.2 Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ*

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

Актуальность темы диссертационной работы «Математическое моделирование фазовых переходов при низкотемпературных воздействиях на биоткани» определяется рядом факторов.

Криомедицина занимает одно из ключевых мест как передовой, малоинвазивный метод лечения различных заболеваний, что требует совершенствования методов точного моделирования для повышения эффективности и безопасности клинических процедур.

Биоткани характеризуются сложной структурой, неоднородностью и мультифазностью, что обуславливает также необходимость использования сложных математических моделей с учётом индивидуальных особенностей тканей и переходов.

Современные научные вызовы требуют разработки многоуровневых моделей, способных не только описывать феномены, но и прогнозировать поведение систем для клинического и инженерного применения, делая математическое моделирование незаменимым инструментом в данной области.

Разработанные модели способствуют развитию инновационных медицинских технологий и систем поддержки принятия решений, что тесно связано с национальными приоритетами в области биомедицинских исследований и высокотехнологичного здравоохранения.

Таким образом, тема диссертации обладает высокой актуальностью, практической значимостью и соответствует современным потребностям научного сообщества, обеспечивая перспективы для дальнейших исследований и внедрений.

Научная новизна диссертационной работы Кудаевой Фатимат Хусейновны заключается в развитии теоретических и прикладных основ математического моделирования тепловых и фазовых процессов в биотканях при низкотемпературных воздействиях. Автором предложены одномерные и двумерные модели, учитывающие индивидуальные различия в теплофизических свойствах тканей и геометрии инструментов для криовоздействия, что обеспечивает персонализированный подход к моделированию.

Ею разработана оригинальная модель матрицы коэффициентов теплопроводности на основе метода одномерной цепи Маркова и сформулирована гипотеза о применении комплексных статусных функций для повышения точности численного моделирования.

В работе доказаны леммы, теоремы о существовании, единственности и стабилизации решений задач с фазовыми переходами, созданы конструктивные методы решения для одномерных и двумерных постановок. Предложены адаптированные численные методы с каноническими разложениями случайных функций, что позволило получить условия сходимости и обеспечить устойчивость вычислений.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в развитии современных методов математического моделирования тепловых процессов и фазовых переходов в биотканях при низкотемпературных воздействиях. Полученные модели уточняют условия существования, устойчивости и сходимости решений задач со свободными границами, внося вклад в развитие науки. Практическая значимость определяется возможностью применения разработанных моделей, методов и программных комплексов для прогнозирования температурных полей, расчета зон замораживания и оптимизации криовоздействий в медицинской практике. Полученные результаты востребованы при проектировании криохирургического оборудования. Следует отметить системный подход автора к изучению механизма фазовых переходов в биотканях при низкотемпературных воздействиях, что является существенным достоинством работы.

Замечания:

1. К сожалению, автореферат содержит лингвистические небрежности, затрудняющие осмысление прочитанного, например стр. 31. «...датчик не совсем точный, и не совсем плохой» и т.п.
2. В процедуре фильтрации используется аппроксимационная модель временного ряда в виде суммы комплексных экспонент (формула (57)). В последние 15-20 лет такие ряды достаточно успешно обрабатываются методом Прони, но этот метод не задействован в работе.

Заключение. Диссертационная работа характеризуется достаточно высокой научной новизной, выполнена системно и комплексно, включает создание оригинальных математических моделей и численных методов с доказанными свойствами сходимости и устойчивости, что обеспечивает достоверность и точность полученных результатов. Разработанные модели и алгоритмы при соответствующей экспериментальной базе могут быть интегрированы в клинические программные модули планирования криовоздействий

и в цифровые системы поддержки принятия решений, обеспечивая воспроизводимость моделирования и прослеживаемость результатов.

Диссертационная работа «Математическое моделирование фазовых переходов при низкотемпературных воздействиях на биоткани» соответствует требованиям, установленным в пп.9-14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842 (ред. от 25.01.2024). *Кудаева Фатимат Хусейновна*, заслуживает присуждения ученой степени доктора *физико-математических наук* по специальности *1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*.

Директор

Федерального государственного автономного учреждения науки «Института конструкторско-технологической информатики Российской академии наук»

Адрес организации:

127055, Россия, г. Москва, Вадковский пер., д.18, стр.1А

8(499)978-57-15, ship@ikti.ru, www.ikti.ru

доктор технических наук (05.13.06)



/ Шептунов Сергей Александрович /

01.12.2025

Я, *Шептунов Сергей Александрович*, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела *Фатимат Хусейновны Кудаевой*.



/ Шептунов Сергей Александрович /

01.12.2025

Подпись *Шептунова Сергея Александровича* удостоверяю

Ученый секретарь ИКТИ РАН



Запольская Анна Николаевна

01.12.2025

