

## Сравнительный анализ влияния доброкачественного и злокачественного новообразований на тепловое состояние ткани на основе одномерной модели Пеннеса

Д.В. Акулова<sup>1</sup>, М.А. Шеремет<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Проведен сравнительный анализ воздействия доброкачественных и злокачественных опухолей на тепловое состояние биологической ткани с использованием биотеплового уравнения Пеннеса. Молочная железа была выбрана в качестве модели многослойной биологической системы. Результаты исследования явно показывают, что злокачественные опухоли существенно изменяют поверхностную и внутреннюю температуру ткани по сравнению с их доброкачественными аналогами.

**Ключевые слова:** модель Пеннеса, одномерный подход, многослойная биологическая структура, математическое моделирование.

### Введение

В современной медицине одним из ключевых направлений исследований является изучение влияния новообразований на организм человека [1]. Особое значение в этой области имеет понимание различий между доброкачественными и злокачественными опухолями, а также их воздействие на биологические ткани. Для анализа этого влияния используется исследование теплового состояния тканей с применением модели Пеннеса [2].

Доброкачественные и злокачественные новообразования представляют собой серьезную медицинскую проблему, так как оказывают разное воздействие на организм человека [3, 4]. Доброкачественные опухоли, в отличие от злокачественных, обычно растут медленно и ограничиваются определенной областью, не прорастая в окружающие ткани. Тем не менее они могут влиять на соседние структуры, что в конечном итоге изменяет тепловое состояние окружающих тканей [5, 6].

Злокачественные новообразования, напротив, часто характеризуются быстрым и неограниченным ростом, инвазивно распространяясь по окружающим тканям и оказывая деструктивное воздействие [7–9]. Эти процессы значительно изменяют тепловое состояние тканей и оказывают негативное влияние на организм в целом [10].

Для выявления новообразований в молочной железе используются различные методы визуализации, такие как маммография, магнитно-резонансная томография и ультразвуковое исследование. Известно, что клетки новообразований отличаются по кровотоку и метаболизму от здоровых клеток. Эти изменения, вызванные наличием новообразования, влияют на окружающие ткани и приводят к изменениям температуры на поверхности молочной железы.

Инфракрасная термография является неинвазивным методом, позволяющим визуализировать тепловые характеристики тел и систем с помощью инфракрасных приборов. В отличие от других методов, инфракрасная термография не способна точно определить местоположение опухолей. Однако включение термографических данных в комплексные исследования значительно повышает вероятность ранней диагностики заболевания [11–14].

Модель Пеннеса, основанная на математических принципах описания процесса теплообмена, позволяет анализировать тепловое состояние тканей при наличии новообразований. Эта модель учитывает теплопроводность и теплоотдачу в тканях, что позволяет оценить их тепловое поведение в различных условиях, включая присутствие различных новообразований.

В данной статье проводится сравнительный анализ влияния доброкачественных и злокачественных опухолей на тепловое состояние тканей с применением модели Пеннеса. На основании современных исследований рассмотрено, как два типа опухолей влияют на тепловые характеристики тканей.

### Математическая модель

Для исследования влияния доброкачественных и злокачественных опухолей на температуру кожного покрова выбрана одномерная модель биологической ткани, представленная на рис. 1.