

УДК 615.849.19

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА РАКОВОЙ ОПУХОЛИ

Сфейр Б.Э.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ассистент кафедры ЭТТ

Давыдов М.В. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ТОЭ

Аннотация. Произведено моделирование распределения температурного поля и удельной мощности поглощения при микроволновой коагуляции злокачественных новообразований печени в среде COMSOL Multiphysics. В качестве излучателя была выбрана модель коаксиальной пазовой антенны для микроволновой коагуляционной терапии. Было проведено 2D и 3D моделирование. При мощности излучателя в 10Вт максимальная температура нагрева составила 101 °С. Максимум удельного поглощения совпал с целью, и составил 3000 Вт/кг.

Ключевые слова: микроволновая коагуляция, тепловые поля, COMSOL Multiphysics

Введение. Электромагнитное нагревание широко применяется в различных инженерных задачах, среда COMSOL Multiphysics идеально подходит для моделирования подобных процессов благодаря многокомпонентным возможностям. Нагрев тканей человеческого организма электромагнитной энергией различного диапазона частот широко используется для разнообразных терапевтических воздействий. Одна из перспективных сфер его применения — коагуляция тканей при хирургических операциях [1].

Среди возможных техник нагрева, радиочастотный и микроволновый нагрев привлекают много внимания от клинических исследователей. Микроволновая коагуляционная терапия - одна из таких техник, при которой тонкая микроволновая антенна вводится в опухоль. Микроволны нагревают опухоль, образуя коагулированную область, где уничтожаются раковые клетки. Терапия микроволновой коагуляцией (МСТ) используется как альтернатива хирургическому удалению.

При схожести микроволновой и радиочастотных методов коагуляции, микроволновая имеет ряд преимуществ [2].

- создает большую температуру в опухолевом очаге.
- длительность воздействия меньше. Серийный аппараты значительно меньше, чем у радиочастотных приборов.

- лучше распределяется тепло.

- отсутствие нейтральных электродов и связанных с ними осложнений (ожогов).

- меньше выражены болевые ощущения во время сеанса

Существуют ряд проблем, связанных с избирательным нагревом глубоко расположенных опухолей без повреждения окружающих тканей [3], таких как:

- управление мощностью нагрева и пространственным распределением;

- проектирование и размещение датчиков температуры.

Основная часть. Создание модели. Излучатель состоит из тонкого коаксиального кабеля с кольцеобразной щелью высотой в 1 мм, расположенный в 5 мм от кончика излучателя, погруженный в ткани на глубину 70мм, см. рисунок 1,2. Антенна излучает на частоте 2,45 ГГц. Моделирование микроволнового нагрева тканей проводилось при мощности излучателя в 10Вт, в течении 10минут. Максимальная температура нагрева составила 101 °С, см рисунки 2, 3.

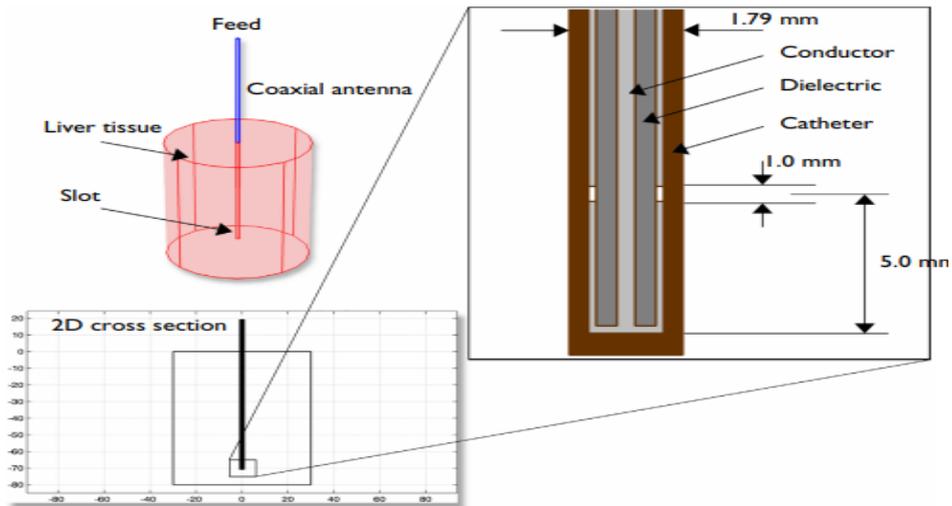


Рисунок 1– Геометрия антенны для микроволновой коагуляционной терапии

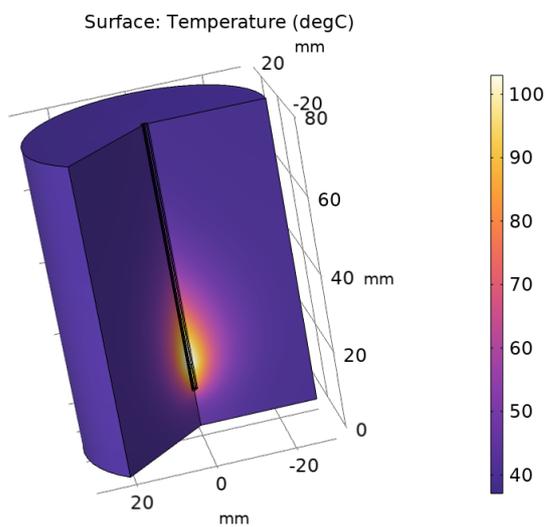


Рисунок 2 – Распределение температуры в 3D модели печени при $t = 10$ мин

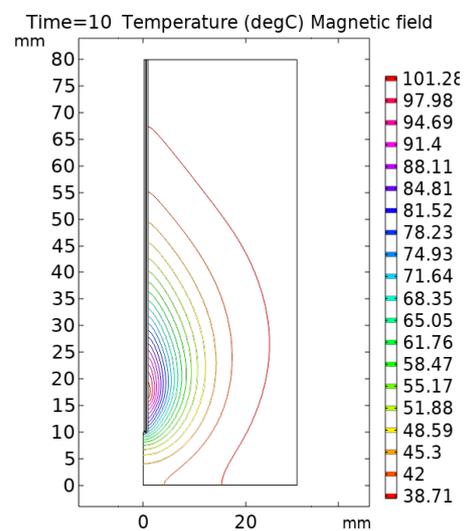


Рисунок 3 – Изотермический контур на 10 минуте нагрева

При этом максимальная скорость нарастания температуры наблюдался в течении 30с воздействия. После 5 мин. воздействия максимальная температура вышла на плато, см. рисунок 4. Удельная мощность поглощения (Вт/кг) показана на рисунке 5

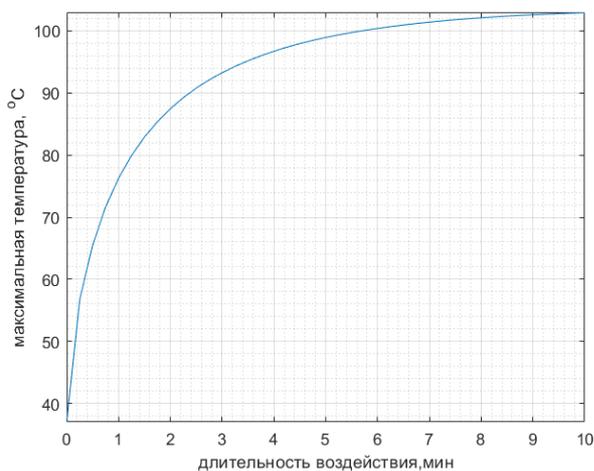


Рисунок 4 – Значение максимальной температуры, от длительности воздействия

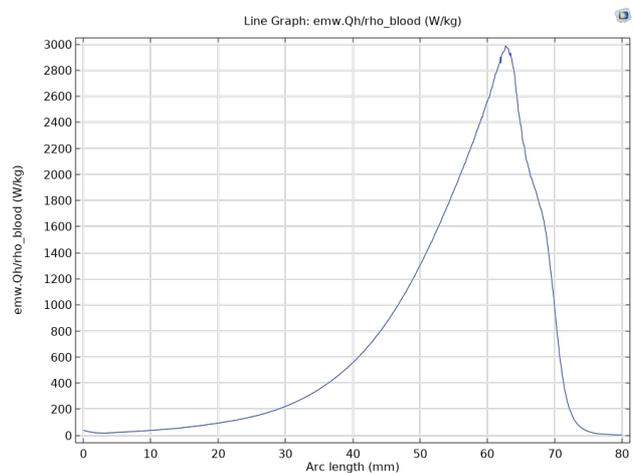


Рисунок 5 – Удельная мощность поглощения

Значения мощности поглощения даны по линии, параллельной антенне на расстоянии 2,5 мм от оси антенны. Кончик антенны расположен на 70 мм, а щель 65 мм. Пик поглощения совпадает с щелью, и составил 3000 Вт/кг.

Заключение. Произведено моделирование распределения температурного поля и удельной мощности поглощения при микроволновой коагуляции злокачественных новообразований печени в среде COMSOL Multiphysics. В качестве излучателя была выбрана модель коаксиальной пазовой антенны для микроволновой коагуляционной терапии мощностью излучения в 10Вт, в течении 10минут воздействия. Излучатель состоял из тонкого коаксиального кабеля с кольцеобразной щелью высотой в 1 мм, расположенный в 5 мм от кончика излучателя, погруженный в ткани на глубину 70мм. Максимальная температура нагрева составила 101 °С. Максимальная скорость нарастания температуры наблюдался в течении 30с воздействия, после 5 мин. воздействия максимальная температура вышла на плато. Максимум удельного поглощения совпал с щелью, и составил 3000 Вт/кг.

Список литературы

1. Макаров, В. Коагуляция тканей при хирургических операциях. Микроволновая энергия делает потери крови минимальными / В. Макаров // *Электроника: Наука, технология, бизнес.* – 1998. – № 3-4(15-16). – С. 45-48. – EDN WTJYDH.
2. Микроволновая абляция при лечении злокачественных новообразований печени / Д. В. Сидоров [и др.] // *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* – 2013. – Т. 1, № 2. – С. 27-31. – EDN PYPUHN.
3. Estimation of SAR distribution of a tip-split array applicator for microwave coagulation therapy using the finite element method / Saito, K. [et al] // *IEICE Transactions on Electronics* – 2001. –Vol.84-p. 948-954.

UDC 615.849.19

SIMULATION OF THE MICROWAVE DISTRIBUTION HEATING THE CANCER

Sfeir B.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilay I.U. - assistant of the Department of ETT

Davydov M.V. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of FEE

Annotation. The distribution of the temperature field and the specific absorption power during microwave coagulation of malignant liver tumors in the COMSOL Multiphysics environment was modeled. A model of a coaxial slot antenna for microwave coagulation therapy was chosen as a radiator. 2D and 3D modeling was carried out. With a radiator power of 10 W, the maximum heating temperature was 101 °C. The maximum specific absorption coincided with the gap and amounted to 3000 W/kg.

Keywords: microwave coagulation, thermal fields, COMSOL Multiphysics