

Международная академия наук высшей школы
Академия наук высшей школы Российской Федерации
Сибирская академия наук высшей школы
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,
Омский, Томский научные центры САН ВШ
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021)

27-я международная
научно-практическая конференция

16 ноября 2021 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2021

А. В. БУСЫГИНА, ст. преподаватель, ТУСУР, Томск

ПОДХОД К ПОДБОРУ БИОМЕДИЦИНСКИХ СОСУДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Рассмотрено поглощение электромагнитной энергии биологическим объектом (мозговая ткань) при воздействии электромагнитного поля, возбуждаемого ТЕМ-камерой. Проведен сравнительный анализ распределения удельного электромагнитного поглощения при разных параметрах чашек Петри.

Тенденции развития современных электронных устройств приводят к увеличению интенсивности воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) на человека. Поэтому актуально исследовать воздействие ЭМИ на биологические объекты (БО). Мнения по вопросу безопасности ЭМИ разделяются, и в связи с недостаточностью экспериментальных доказательств радиочастотные (РЧ) электромагнитные поля (ЭМП) классифицированы как «возможно канцерогенные для человека» [1].

В настоящее время одним из устройств, позволяющих оценить влияние электромагнитного поля на исследуемые объекты, является ТЕМ-камера [2] и ее вариации для биомедицинских исследований [3–5]. Прежде чем приступить к экспериментальным исследованиям, необходимо провести ряд расчётов и имитационное моделирование поглощения электромагнитной энергии БО в ТЕМ-камере. Особое внимание уделяется выбору оптимальных параметров биомедицинских сосудов для проведения исследований, так как они способны исказить данные эксперимента при размещении их внутри ТЕМ-камеры [6], а также оптимальным параметрам БО.

Цель работы – определить оптимальные параметры чашек Петри (диаметр и высоту стенки) для обеспечения наибольшей однородности распределения коэффициента удельного электромагнитного поглощения (УЭП) внутри биологического объекта.

Ранее выявлено, что наиболее подходящим сосудом для проведения экспериментов по влиянию ЭМП на БО является пластиковая чашка Петри с толщиной стенок 0,25 мм [7]. В качестве критерия при оценке влияния ЭМП использовался коэффициент УЭП. При моделировании поглощения электромагнитной энергии БО обнаружено, что при толщине слоя БО 5 мм на его верхней и нижней поверхностях наблюдается выраженная неравномерность распределения УЭП [7]. Из этого можно сделать вывод, что необходимо уменьшить толщину слоя БО для достижения большей равномерности распределения УЭП.

Подробно методика расчета УЭП приведена в [7]:

$$УЭП = \frac{\sigma E^2}{\rho},$$

где σ – удельная проводимость, См/м; ρ – плотность материала, кг/м³; E – напряжённость электрического поля, В/м.

Характеристики БО для моделирования поглощения электромагнитной энергии приведены в таблице 1. Параметры модели ТЕМ-камеры: волновое сопротивление 50 Ом, КСВН<1,2, диапазон частот до 2 ГГц [7]. Для моделирования УЭП использовался метод конечных элементов.

Таблица 1 – Характеристики биологического объекта

Биологический объект	ρ , кг/м ³	ε_r	σ , См/м	η , Ом	E , В/м
Мозговая ткань	1030	45,8	1,1	55,8	4,21
E – значение, полученное при расчетах в [7].					

Чтобы определить оптимальную толщину слоя БО, позволяющую достичь наибольшей равномерности, выполнено моделирование поглощения электромагнитной энергии для БО толщиной 5, 4, 3, 2 и 1 мм. Моделирование проводилось без чашек Петри и с чашками Петри. Как отмечено ранее, наиболее подходящим сосудом является чашка Петри из пластика толщиной 0,25 мм. Характеристики материала чашки Петри представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики материала чашки Петри

Материал чашки	ε_r	ρ , кг/м ³	k , Вт/К/м	C , кДж/К/кг	σ , См/м
Пластик	3,6	1190	0,2	1,3	0,02
ε_r – диэлектрическая постоянная; ρ – плотность материала, кг/м ³ ; k – теплопроводность, Вт/К/м; C – теплоёмкость, кДж/К/кг; σ – удельная проводимость, См/м.					

При моделировании без чашек Петри определена оптимальная толщина слоя БО, обеспечивающая минимальные расхождения значений УЭП на верхней и нижней поверхностях слоя. Результаты моделирования представлены в таблице 3, из которой можно сделать вывод, что при толщине слоя БО 1 мм расхождение значений УЭП минимально.

Таблица 3 – Моделируемые значения УЭП (мВт/кг) при различной толщине слоя БО

Моделируемые значения УЭП	Толщина слоя, мм				
	5	4	3	2	1
На верхней поверхности БО	18,6	26,5	8,7	8,2	4,2
На нижней поверхности БО	14	19,2	6,84	9,4	4,1

Для дальнейшего моделирования использовался слой БО толщиной 1 мм, помещенный в чашку Петри. Результаты моделирования распределения УЭП представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что при высоте стенки 5 мм и диаметре 10 мм чашки Петри расхождений не наблюдается, из чего можно сделать вывод, что чашка Петри с данными параметрами оптимальна для проведения натуральных экспериментов в ТЕМ-камере. Незначительные расхождения имеются при высоте стенки 9 мм и диаметре 10 мм, высоте стенки 3 мм и диаметре 15 мм.

Представленный подход может стать частью методики подбора биомедицинских сосудов для проведения исследований биологического действия электромагнитных излучений.

Таблица 4 – Моделируемые значения УЭП (мВт/кг) для слоя БО толщиной слоя 1 мм при различных параметрах чашки Петри

Диаметр, мм	Высота стенок, мм								
	3			5			9		
	Max	Max на БО	Δ	Max	Max на БО	Δ	Max	Max на БО	Δ
10	11,8	11,55	0,25	14,04	14,04	0	9,11	9,1	0,01
15	16,6	16,59	0,01	20,4	20,37	0,03	28,34	28,09	0,25
25	39,2	35,49	3,71	43,7	37,28	6,42	19,9	15,33	4,57
35	9,26	9,24	0,02	10,5	8,54	1,96	12,6	9,84	2,76
Max – значение, полученное при моделировании; Max на БО – значение на поверхности БО.									

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту FEWM-2020-0041.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields / R. Baan [et al.] // The Lancet Oncology. 2011. Vol. 12, N 7. P. 624–626.
2. Crawford, M.L. Generation of standard EM fields using TEM transmission cells // IEEE Trans. on Electromagnetic Comp. 1974. Vol. EMC–16, N 4. P. 189–195.
3. Komnatnov, M.E., Gazizov, T.R. Environmental shielded TEM chamber for biomedical testing // Proc. of the IEEE MTT-S Int. Microwave Workshop Series on RF and Wireless Techn. for Biomed. and Healthcare Applic. (IMWS-BIO), London, Great Britain, December 2014. P. 1–4.
4. Комнатнов, М.Е., Газизов, Т.Р. О совместных климатических и электромагнитных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры // Доклады ТУСУР. 2014. № 4(34), ч. 1. С. 39–45.
5. Komnatnov, M.E., Busygina, A.V. Module for visual control of in vitro results of the joint impact of climatic and electromagnetic factors on living tissue // 16th Int. Conf. on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015, Erlagol, Altai, 29 June – 3 July 2015. P. 576–579.

6. Busygina, A.V., Komnatnov, M.E., Matveyenko, O.A. Problems of investigations in the sphere of electromagnetic fields impact on biological objects // Siberian Scientific Medical Journal. 2016. Vol. 36, N 1. P. 48–54.

7. Busygina, A.V., Bebyakina, E.V., Komnatnov, M.E. Simulation of absorption of electromagnetic energy by biological object in vessels // 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July, 2016. P. 646–649.

A. V. Busygina

Approach to the selection of biomedical vessels for researching the electromagnetic fields influence on biological objects

The absorption of electromagnetic energy by a biological object (brain tissue) under the influence of an electromagnetic field excited by a TEM-cell is considered. A comparative analysis of the SAR distribution for different parameters of the Petri dish was carried out.

bav-tusur@mail.ru