

АНАЛИЗ ПРОХОЖДЕНИЯ КВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ШЕРСТНЫЙ ПОКРОВ ЖИВОТНОГО

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко**В статье рассматриваются вопросы распространения электромагнитных полей внутри иммунных клеток.*

Постановка проблемы. Степень терапевтического воздействия электромагнитных излучений СВЧ и КВЧ-диапазонов на биологические объекты, с учетом ингибирования, определяется не столько величиной мощности ЭМП, сколько его частотными и модуляционными характеристиками. В свою очередь, исследование механизма взаимодействия ЭМП с клетками иммунной системы невозможно без информации о распространении этих полей внутри иммунных клеток.

Анализ последних исследований и публикаций. Из анализа экспериментальных исследований по терапевтическому воздействию электромагнитных излучений СВЧ и КВЧ-диапазонов на биологические объекты различной природы следует, что указанные воздействия приводят даже при незначительных уровнях плотности потока энергии (10 мкВт/см^2) к существенным изменениям на клеточном уровне.

Цель статьи. Исследование распространения ЭМП через шерстный покров животного. Так как экспериментальное исследование распределения внутренних полей провести практически невозможно, то возникает актуальный вопрос о решении этой задачи теоретическими методами.

Основные материалы исследования. Возможны различные подходы к решению данной задачи, однако наиболее строгим и информационным будет подход электродинамический. С его точки зрения вопросы подобного типа могут быть рассмотрены как задачи дифракции электромагнитного поля на диэлектрических телах сферической, эллипсоидальной и цилиндрической формы, обладающих различными электрофизическими характеристиками.

Для получения исходных выражений, позволяющих решить поставленную задачу, рассмотрим вначале рассеяние плоской электромагнитной волны на биологическом объекте, имеющем, для простоты, структуру плоскопараллельных слоев. Поскольку в данном случае речь идет о кожном покрове, будем считать, что первый слой – это шерстный покров, второй – кожа, третий – биологические ткани (мышцы, жир, кости). Для решения поставленной задачи актуально определение уровня сигнала на поверхности кожи животного. Положим, что облучаемый участок однороден в областях, параллельных поверхности облучения. Это позволит исследовать распределение электромагнитного поля только в направлении, перпендикулярном поверхности кожи. Кроме того, положим, что электромагнитное поле (ЭМП) падает также перпендикулярно к поверхности кожи, а сам участок облучения имеет линейные размеры, значи-

тельно превышающие длину волны ($\lambda \approx 7 \text{ мм}$), что позволит не учитывать краевые эффекты на нем [1]. Используем тот факт, что биологические объекты являются немагнитными, поэтому $\mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

Предположим, что шерстный покров характеризуется диэлектрической и магнитной проницаемостями ε_1 и μ_1 , кожный ε_2 и μ_2 . Внешнее по отношению к шерстному покрову пространство является однородным и характеризуется электрической и магнитной проницаемостями ε_0 и μ_0 ($\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$). Шерсть, покрывающая биологический объект, считается радиопрозрачной, и ее относительная диэлектрическая проницаемость равна $\varepsilon = 4,63 - 5,36$ при частоте 40 ГГц [2].

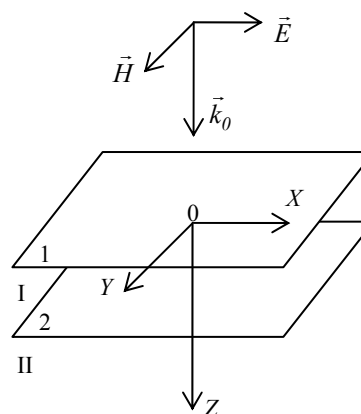


Рисунок 1 – Модель слоистой среды, соответствующей кожному покрову животного, где: 1 – граница шерстного покрова; 2 – граница кожи; I – слой кожного покрова; II – слой кожи

Для задач, решаемых СВЧ-энергетикой при оценке поля, прошедшего внутрь среды 1, и падающего на поверхность среды 2 (кожи животного), с учетом радиопрозрачности шерстяного покрова воспользуемся известными соотношениями [3], определяющими коэффициент отражения R , который определяется как отношение среднего по времени потока отраженной энергии к падающему потоку энергии.

Нормальное падение плоской волны на границу раздела двух сред эквивалентно случаю возможной поляризации (вектор \vec{E} находится в плоскости поля-

ризации и перпендикулярен плоскости поляризации). В этом случае:

$$R = \left| \frac{\vec{E}_1}{\vec{E}_0} \right|^2;$$

$$R = \frac{\left| \frac{\sqrt{\varepsilon_\varepsilon} - \sqrt{\varepsilon_1}}{\sqrt{\varepsilon_\varepsilon} + \sqrt{\varepsilon_1}} \right|^2}{\left| \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_1 / \varepsilon_\varepsilon}}{1 + \sqrt{\varepsilon_1 / \varepsilon_\varepsilon}} \right|^2}.$$

При условии $\varepsilon_\varepsilon = 1$ для первой среды (воздух) соотношение для R можно переписать следующим образом:

$$R = \frac{\left| \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_1}}{1 + \sqrt{\varepsilon_1}} \right|^2}{\left| \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_1}}{1 + \sqrt{\varepsilon_1}} \right|^2}, \quad (1)$$

а коэффициент прохождения во вторую среду (кожа) равен:

$$T = 1 - R = 1 - \frac{\left| \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_1}}{1 + \sqrt{\varepsilon_1}} \right|^2}{\left| \frac{1 - \sqrt{\varepsilon_1}}{1 + \sqrt{\varepsilon_1}} \right|^2}. \quad (2)$$

Данные расчета коэффициента отражения R и коэффициента прохождения T в диапазоне $\varepsilon_1 \in [4,63 \dots 5,36]$ приведены на рис. 2 и рис. 3.

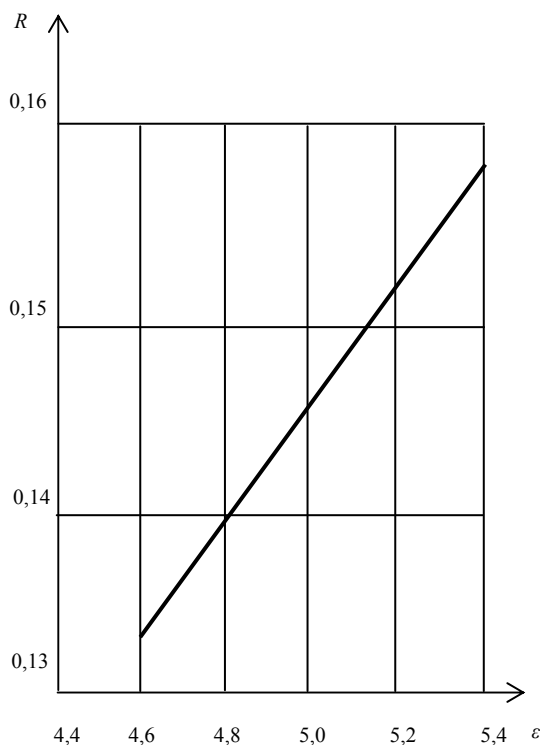


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента отражения электромагнитной энергии от шерстного покрова животного от значения ε

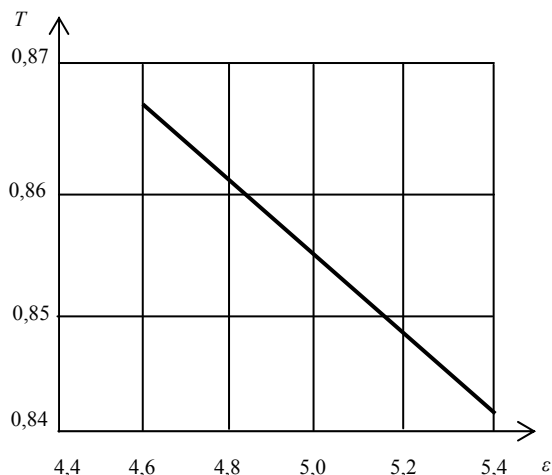


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента прохождения потока энергии ЭМИ через слой покрова шерсти от значения ее диэлектрической проницаемости

Выводы. Как видно из расчетов, поток энергии электромагнитного излучения при прохождении через шерстяной покров несколько ослабляется ($T \approx 0,842 \dots 0,867$), а длина волны согласно известным соотношениям [3], определяющим скорость распространения волны, при данной частоте f укорачивается в $\sqrt{\varepsilon}$ раз.

Список использованных источников

1. Пресман А. С. Действие микроволн на живые организмы и биологические структуры / А. С. Пресман. Успехи физических наук. – Т. 86. – Вып. 2, 1965. – С. 263 – 302.
2. Александр П. А. Физика и химия шерсти / П. А. Александр, Р. Ф. Хадсон. – М.: Мир, 1958. – 390 с.
3. Диденко А. Н. СВЧ-энергетика. Теория и практика / А. Н. Диденко. – М.: Наука, 2003. – 446 с.

Анотація

ПРОХОЖДЕННЯ КВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ ЧЕРЕЗ ШЕРСТНИЙ ПОКРИВ ТВАРИНИ

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.

У статті розглядаються питання розповсюдження електромагнітних полів всередині імунних клітин.

Abstract

ANALYSIS OF PASSING OF EXTREMELY HIGH-FREQUENCY RADIATION THROUGH FUR COVER OF ANIMAL

G. Lyashenko, N. Polyanova

The questions of distribution of the electromagnetic fields inside the immunity cages are examined in the article.