

### Заключение

В результате проведенных исследований выявлены некоторые отличия спектральных характеристик нормальных и опухолевых тканей. Обнаружен небольшой сдвиг по частоте амплитудно-частотной характеристики при исследовании здоровой и опухолевой тканей. Определены частоты для некоторых клеточных культур, на которых выявлены существенные отличия поведения частотных характеристик и уровней коэффициента прохождения КВЧ-волн в тканях с карциномой и без нее. Все это позволяет выявить опухоли на ранней стадии.

### STUDY OF SPECTRAL CHARACTERISTICS OF NORMAL AND TUMOR TISSUES IN MILLIMETER RANGES FREQUENCY

V.V. MURAV'EV, A.A. TAMELO, Yu.P. ISTOMIN, E.L. PROTOPOVICH,  
D.A. TZERKOVSKY, M.O. DOSINA, D.I. MATVEEV, A.A. POPOV, D.F. MOLODKIN

### Abstract

The regularities of differences are identified and the prospects marked for the use of extremely high frequency to detail representations about the features of the spectral characteristics of the tumor and non-tumor tissues.

*Keywords:* extremely high frequency, spectroscopy, carcinoma, carcinosarcoma Walker 256, lymphosarcoma Plissa.

### Список литературы

1. *Хотянович М.О., Муравьев В.В., Тамело А.А. и др. // Сб. тез. науч. докл. на VIII МНТК «Медэлектроника-2014». Минск, 2014. С. 232–235.*
2. *Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., 1998.*

УДК 004.353.2-026.66:549.623.59

### КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВСПУЧЕННОГО ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.А. ДМИТРИЕВ, С.Н. ПЕТРОВ, Т.А. ПУЛКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 22 ноября 2016*

Приведены результаты исследования композиционных материалов для экранов электромагнитного излучения на основе вспученного вермикулита. Получены экранирующие характеристики сформированных конструкций на основе композиционных материалов в диапазоне частот 0,7...17 ГГц.

*Ключевые слова:* композиционный экранирующий материал, эффективность экранирования, вспученный вермикулит, защита обслуживающего персонала.

## Введение

Изучение уровня электромагнитных «загрязнений» и их биологической роли (на фоне естественных ЭМИ) актуально на фоне экспериментальных исследований, которые свидетельствуют о высокой чувствительности живых систем, в том числе и человека, к электромагнитным воздействиям, сравнимым по напряженности с естественными полями. В помещениях имеют место внутренние ЭМИ, возникающие от строго локализованных источников, дополненных многократными отражениями от поверхностей стен, пола, потолка и различных предметов. Внутренние поля могут формироваться вследствие проникания через окна, стены или крышу электромагнитных излучений – прямых или переотраженных металлическими включениями, имеющимися в материале окон, стен и крыш. Особенностью внутренних полей является то, что в результате наложения многократно отраженных полей и, возможно, их интерференции могут возникать зоны с высоким уровнем ЭМП, интенсивность которых может во много раз превышать интенсивность падающего излучения, что увеличивает биологическую опасность ЭМИ. Исключая возможность переотражений, можно значительно снизить риск возникновения подобных зон. Целью данных исследований являлась разработка композиционных экранирующих материалов на основе вермикулита с радиопоглощающими свойствами для внутренней отделки помещений и защиты обслуживающего персонала от вредных воздействий ЭМИ различной природы.

## Методика эксперимента

Вермикулит ( $(\text{Mg}^{+2}, \text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3})_3 [(\text{AlSi})_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) является высокопористым экологически чистым материалом чешуйчатой структуры, который обладает тепло- и звукоизоляционными свойствами, высокой термостойкостью, огнестойкостью и отражательной способностью, благодаря этому вермикулитовые плиты используются при решении задач, связанных с противопожарной и огневой защитой. Помимо этого он не поддается гниению и разложению, а также не создает условия для размножения патогенных микроорганизмов и насекомых, нейтрален к воздействию кислот и щелочей, не оказывает токсичного воздействия и не содержит тяжелых металлов [1, 2]. Перечисленные выше свойства позволяют предложить вермикулит в качестве основы для формирования композиционных материалов для экранов ЭМИ.

Так как вспученный вермикулит является сыпучим веществом, то формирование вермикулита возможно только с использованием органического связующего, которое обеспечивает агломерацию частиц вермикулита. Жидкое стекло является одним из перспективных и доступных вяжущих для изготовления плит высокой прочности, поэтому для повышения эксплуатационных свойств в их состав вводят пористые заполнители, волокнистые материалы, отвердители и добавки. В структуре твердых материалов, подлежащих склеиванию, на поверхности молекулы связаны между собой не так прочно, как внутри. Внедряясь в структуру материала, жидкое стекло отдает ему влагу и увеличивает за счет адгезивности собственную плотность и вязкость [3]. Были изготовлены три группы образцов экранов ЭМИ в виде плит методом прессования вязкой смеси в формах размером 300×400 мм. Производилось смешивание зерен вермикулита с жидким стеклом (образец №1) до получения однородной вязкой массы, которая затем помещалась в разборную форму под пресс. В качестве наполнителей использовались углеродное волокно (образец № 2) и гранулы силикагеля (образец № 3) в соотношении 1:1 (рис. 1).

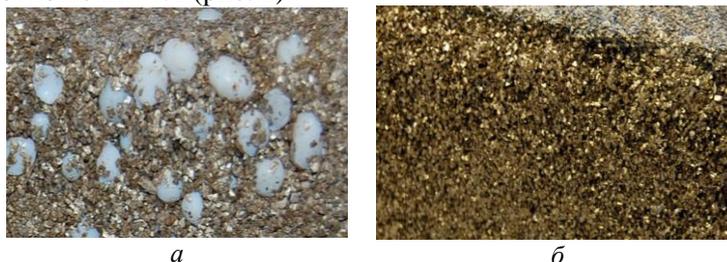


Рис. 1 Фрагменты образцов композиционных материалов для экранов ЭМИ: *а* – вермикулит с добавлением гранул силикагеля; *б* – вермикулит с добавлением углеродного волокна

Использование композиционных материалов с различными характеристиками позволяет создавать экраны ЭМИ с высоким уровнем ослабления электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. Толщина сформированных образцов составила 20 мм при массе 1200 гр. на 1 м<sup>2</sup>. Эффективность экранирования ЭМИ оценивалась соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней этого материала и характеризовалась коэффициентами отражения и передачи ЭМИ. Для исследования экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18 в диапазоне 0,7...17 ГГц, работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Измерения выполнялись с усреднением результата в 3 раза и включали в себя калибровку, измерения коэффициентов передачи и отражения.

### Результаты и их обсуждение

На рис. 2 и 3 представлены частотные зависимости коэффициентов отражения в диапазонах 0,7...3 ГГц и 2...17 ГГц, на рис. 4 и 5 – частотные зависимости коэффициентов передачи в диапазонах 0,7...3 ГГц и 2...17 ГГц.

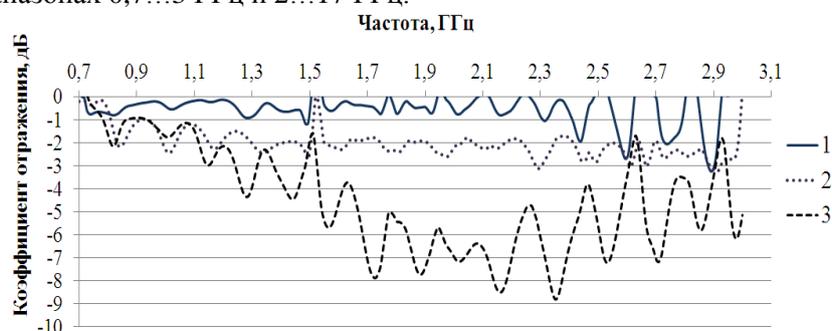


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициента отражения в диапазоне 0,7...3 ГГц: 1 – образец на основе вермикулита; 2 – образец на основе вермикулита с добавлением углеводородного волокна; 3 – плита на основе вермикулита с добавлением силикагеля

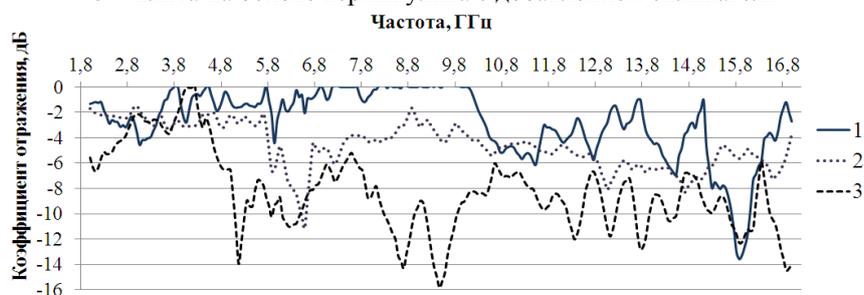


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента отражения в диапазоне 2...17 ГГц: 1 – образец на основе вермикулита и жидкого стекла; 2 – образец на основе вермикулита с добавлением углеводородного волокна; 3 – плита на основе вермикулита с добавлением силикагеля

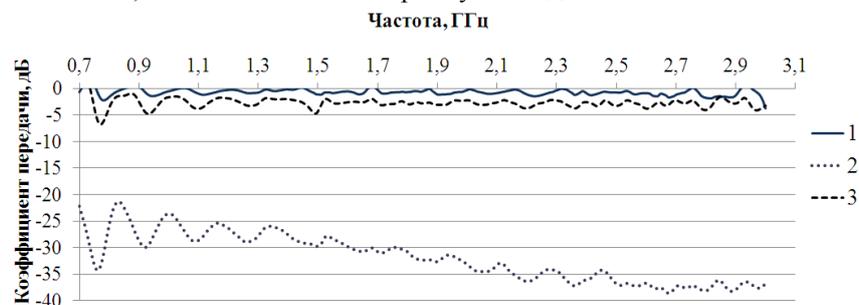


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента передачи в диапазоне 0,7...3 ГГц: 1 – образец на основе вермикулита и жидкого стекла; 2 – образец на основе вермикулита с добавлением углеводородного волокна; 3 – плита на основе вермикулита с добавлением силикагеля

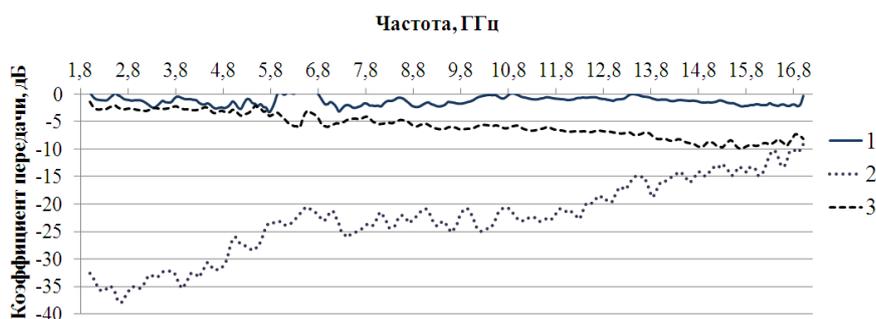


Рис. 5. Частотные зависимости коэффициента передачи в диапазоне 2...17 ГГц: 1 – образец на основе вермикулита и жидкого стекла; 2 – образец на основе вермикулита с добавлением углеродородного волокна; 3 – плита на основе вермикулита с добавлением силикагеля

Образцы на основе вермикулита (образец № 1) характеризуются коэффициентами передачи до  $-4$  дБ в диапазоне  $0,7...17$  ГГц. При добавлении гранулированного силикагеля (образец № 2) сформированные образцы обеспечивают коэффициент передачи в пределах  $-1...-6$  дБ в диапазоне частот  $0,7...3$  ГГц. В диапазоне частот  $2...17$  ГГц коэффициент передачи принимает значение  $-3...-10$  дБ. Образцы на основе вермикулита с добавлением углеродного волокна (№ 3) обладают коэффициентом передачи  $-25...-37$  дБ в диапазоне частот  $0,7...3$  ГГц. В диапазоне частот  $2...17$  ГГц коэффициент передачи принимает значение от  $-37$  до  $-10$  дБ. Величина коэффициентов передачи образцов № 2 и № 3 определяется типом наполнителя, размером его фракций и неоднородностью структуры сформированного материала. Приведенные на рис. 2 и 3 характеристики отражения, получены с использованием металлического отражателя. В диапазоне  $0,7...17$  ГГц коэффициент отражения образца № 1 достигает  $-3$  дБ. Коэффициент отражения образца № 2 в диапазоне частот  $0,7...3$  ГГц принимает значение  $-3$  дБ в среднем. В диапазоне частот  $2...17$  ГГц коэффициент передачи принимает значение  $-10...-2$  дБ. Коэффициент отражения образца № 3 в диапазоне частот  $0,7...17$  ГГц принимает значение от  $-1$  до  $-9$  дБ. В диапазоне частот  $2...17$  ГГц коэффициент передачи принимает значение от  $-37...-10$  дБ. Частотные зависимости коэффициентов отражения, полученные без использования металлического отражателя, незначительно отличаются по форме огибающей, однако численные результаты находятся в тех же пределах.

### Заключение

Полученные результаты позволяют предложить сформированные конструкции на основе вермикулита для экранирования производственных и жилых помещений с целью обеспечения экологической безопасности и создания благоприятного электромагнитного фона. Предложен метод формирования из композиционных материалов плит методом пластичного формования в отдельных формах или на конвейере, пропуская формовочную массу через насадку определенной формы и размера, в виде непрерывного полотна или профильного изделия с последующей резкой по размерам.

## COMPOSITE MATERIALS BASED ON EXFOLIATED VERMICULITE FOR ELECTROMAGNETIC RADIATION SHIELDS

M.A. DMITRIEV, S.N. PETROV, T.A. PULKO

### Abstract

The results of the study composite materials for electromagnetic radiation shields based on exfoliated vermiculite are described. Shielding characteristics of formed designs based on composite materials in the frequency range  $0,7...17$  MHz are obtained.

*Keywords:* composite shielding material, shielding effectiveness, expanded vermiculite, protection of staff.

### Список литературы

1. Яхонтова Л.К. Геология, свойства и применение вермикулита. Л., 1967.
2. Дубенецкий К.Н., Пожнин А.П. Вермикулит (свойства, технология и применение в строительстве). Л. 1971.
3. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб, 1996.

УДК 577.357.464.23

## ЛИПОСОМАЛЬНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ: ХАРАКТЕРИСТИКА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТА ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Т.Е. ЗОРИНА, И.Е. КРАВЧЕНКО, И.И. ХЛУДЕЕВ

*Белорусский государственный университет  
пр. Независимости, 4, Минск, 220030, Беларусь*

*Поступила в редакцию 22 ноября 2016*

Методом экструзии получены стабильные фосфолипидные наночастицы с включенными в них фотосенсибилизаторами лоринового ряда. Проведена оценка структурных и физико-химических характеристик комплексов липосомальных форм хлоринов. Изучены возможности использования наноразмерных липосом в качестве носителей гидрофобных фотосенсибилизаторов.

*Ключевые слова:* экструзионные липосомы, фотосенсибилизаторы, производная хлорина, распределение в биологических системах.

### Введение

Наноразмерные системы, созданные на основе амфифильных молекул, в настоящее время вызывают большой интерес в фармакологии, так как они являются одним из видов терапевтических систем и дают возможность проводить целевую доставку лекарственных препаратов в организме без потери активности, осуществлять их пролонгированное действие, регулировать накопление включенных соединений в различных органах и тканях [1]. Использование таких систем как фосфолипидные везикулы, полимеры, циклодекстрины и др. – один из наиболее распространенных способов введения нерастворимых в воде порфириновых фотосенсибилизаторов (ФС) при проведении фотодинамической терапии. Процессы биораспределения при этом существенно зависят как от свойств самого активного соединения, так и от структурных характеристик частиц-носителей.

Целью данной работы являлось исследование физических характеристик, параметров связывания с биологическими объектами и оценка возможности использования липосомальных форм (ЛФ) в качестве носителей гидрофобных неполярных производных хлорина  $e_6$  (ПХл  $e_6$ ) – диметилового эфира Хл  $e_6$  (ДМЭ) и триметилового эфира Хл  $e_6$  (ТМЭ).

### Экспериментальная часть

*Фотосенсибилизаторы и их липосомальные формы.* Синтез хлоринов проводили по модифицированной методике Фишера и Орта [2]. При синтезе неполярных хлоринов, диметилового эфира Хл  $e_6$  и триметилового эфира Хл  $e_6$ , в качестве исходных субстанций использовали феофитин или Хл  $e_6$ . Чистоту Хл  $e_6$  и его производных контролировали хроматографически. Содержание основного вещества в препаратах составляло более 95 %.

Для получения многослойных липосом с инкапсулированными производными хлорина  $e_6$  использовали метод Бенгема. Для приготовления комплексов хлорин-липосомы этанольные растворы димиристоилфосфатидилхолина (ДМФХ), производства Sigma (США), смешивали с пигментом и высушивали на роторном испарителе под вакуумом на водяной бане