

УДК 537.868:620.22:678

**ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Банний В. А., Игнатенко В. А.

**Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь**

Введение

Существование биологических систем на Земле невозможно без электромагнитного излучения (ЭМИ), источником которого является в первую очередь Солнце. Такое ЭМИ считается фоновым излучением. Техногенная деятельность человека привела к значительному росту уровня электромагнитного загрязнения. Созданы системы сотовой и спутниковой связи, навигация, радиолокация, различные бытовые приборы и аппаратура, излучающая ЭМИ широкого частотного спектра от нескольких герц до сотен тысяч герц различной интенсивности. По интенсивности воздействия ЭМИ можно разделить на тепловое (свыше 10 мВт) и нетепловое. Тепловое ЭМИ вызывает значительный нагрев объекта и последующее разрушение биологической системы. Экспериментальные исследования также не свидетельствуют и о пользе нетеплового излучения, которое приводит к специфическому энерго–информационному воздействию. Существуют различные способы снижения уровня электромагнитного воздействия на биологические объекты. Это защита расстоянием, т. е. удаление от зоны действия ЭМИ; снижение продолжительности воздействия ЭМИ (т.е. защита временем); снижение мощности генераторов ЭМИ, а также применение защитных материалов (радиопоглощающих материалов (РПМ) и покрытий, электромагнитных экранов (ЭМЭ)) [1, 2].

Цель

Изучение механизмов взаимодействия ЭМИ СВЧ–диапазона с полимерными композитными материалами; анализ потенциала применения полимерных композитов в решении проблемы электромагнитной защиты биологических объектов; разработка и создание поглотителей ЭМИ на полимерной основе; исследование физико-химического взаимодействия функционального наполнителя и полимерной матрицы, оценка радиофизических свойств разработанных поглотителей ЭМИ.

Объекты исследования

Пленочные и листовые композитные РПМ на основе термопластичных полимеров — ПЭ (ГОСТ 16803–070, ТУ 6–05–1866–78, ГОСТ 16337–77), ПЭНД (ГОСТ 16338–77), ПП (ГОСТ 26996–86). В качестве наполнителя использовали магнитные и электропроводящие вещества: дисперсные магнитно-мягкий марганец-цинковый феррит (ТУ 6–09–5111–84, марка 2500 НМС), технический углерод; углеродные волокна, углеродные ткани, порошки металлов — карбонильного железа (КЖ, ТУ 6–09–300–78), меди, никеля (ГОСТ 9722–78) и др.; диэлектрические материалы.

Параметры экранирования и ослабления энергии СВЧ–излучения, проходящего через исследуемые РПМ и ЭМЭ, оценивали рефлектометрическим методом по коэффициенту отражения (R) и ослаблению (S) энергии СВЧ–излучения в диапазоне частот 2,0–27,0 ГГц при нормальном падении электромагнитной волны (ЭМВ) — в волноводных трактах измерителей (P2–50; P2–60; P2–61; P2–65; P2–66; P2–67) КСВ_н и ослабления.

Результаты исследования и обсуждение

Взаимодействие СВЧ–излучения с полимерным материалом, наполненным частицами функционального наполнителя, различающимися по природе, форме, размерам и распределению в полимерном связующем, определяется совокупностью физических механизмов. Оценка индивидуального вклада этих механизмов в эффективность экра-

нирования полезна и необходима при разработке листовых монолитных, волокнистых и комбинированных ЭМЭ на основе композитных полимерных РПМ. Такой подход позволяет регулировать функциональные возможности полимерных РПМ путем варьирования их рецептурных, структурных и размерных параметров.

Анализ взаимодействия ЭМИ с компонентами полимерного композитного ЭМЭ позволил представить эффективность экранирования как степень ослабления электрической и магнитной составляющих поля падающей на экран ЭМВ. Эффективность экранирования определяется суммой величины поглощения экраном энергии ЭМИ по механизмам магнитных, диэлектрических и джоулевых потерь, ее отражения на границе экрана с атмосферой и рассеяния вследствие многократных внутренних переотражений на межфазных поверхностях композита [3]. Эффективность экранирования зависят от частоты источника излучения, его пространственного расположения по отношению к ЭМЭ, а также от структуры и электрофизических свойств материала экрана. Основным вкладом в эффективность экранирования вносит поглощение электромагнитной энергии вследствие присущих РПМ диэлектрических и магнитных потерь, а также перехода ее в другие виды энергии, в частности, в тепловую [1–3].

Формирование адгезионных соединений полимер–металл сопровождается образованием химических связей между макромолекулами и поверхностью частиц. Межфазный поверхностный слой отличается по характеристикам радиопоглощения от связующего. При формировании адгезионных соединений происходит контактное окисление макромолекул и частиц металла, а также диффузия ионов металла в полимер. Образование межфазных слоев обуславливает электрическую поляризацию композита по механизму Максвелла–Вагнера [4]. Очевидно, это влияет на радиофизические характеристики полимерных композитов.

Установлено, что исследуемые параметры (R , S) зависят от степени окисления частиц железа, которая определяется температурой формирования РПМ. При $T = 210$ °С, соответствующей максимуму адгезии ПЭ к стали, на образцах толщиной 3 мм при частоте ЭМИ 10 ГГц зарегистрированы минимальное значение $R \sim 7$ % и ослабление ЭМИ до $S = 5$ –6 дБ. Результаты этого эксперимента подтверждают необходимость учета межфазного взаимодействия полимерного связующего и наполнителя.

Получены частотные зависимости R и S для экспериментальных образцов радиопоглощающих слоистых пластиков, армированных электропроводящими тканями и полимерных композитных РПМ, наполненных металлизированными волокнами и (или) стеклосферами, измеренные в волноводных линиях. Наполнение полимерного связующего стеклосферами и армирование композитного РПМ углеродной тканью улучшает параметры R и S . Это объясняется действием нескольких факторов. Во-первых, увеличение общего количества наполнителя, как правило, обеспечивает рост магнитных, диэлектрических и джоулевых потерь падающего на композит СВЧ–излучения (при соблюдении оптимизированной по критерию минимального отражения ЭМВ степени наполнения). Во-вторых, параметры R и S улучшаются при оптимальном сочетании разных механизмов потерь и, в третьих, вследствие оптимизации условий рассеяния ЭМИ на структурных неоднородностях композита.

Исследования показали, что наиболее эффективными СВЧ–поглотителями являются РПМ, которые содержат компоненты, обладающие одновременно электрической проводимостью и магнитной проницаемостью. Такие РПМ реализуют несколько механизмов потерь электромагнитной энергии, в частности, обусловленные: истинно омической проводимостью компонентов РПМ; явлениями естественного ферромагнитного резонанса; инерционностью поляризации и намагничивания РПМ под действием внешнего переменного электромагнитного поля; вихревыми индукционными токами.

ЭМЭ могут быть как отражающего типа, так и поглощающего, в зависимости от поставленных задач. Преимуществом экранов поглощающего типа является то, что вся

энергия ЭМВ, прошедшей в экран, должна поглотиться его материалом. Тем самым, не происходит паразитных переотражений от поверхности ЭМЭ и не возрастает электромагнитный фон, не происходит электромагнитное загрязнение окружающей среды. Экраны поглощающего типа более наукоемки и технологически сложнее в исполнении, нежели экраны отражающего типа.

Заключение

Изучены механизмы взаимодействия ЭМИ СВЧ-диапазона с полимерными композитами. Исследовано физико-химическое взаимодействие функционального наполнителя и полимерной матрицы. Показано, что радиофизические параметры РПМ зависят также от металлополимерной фазы, образующейся в результате диффузии ионов металла в полимер при термическом формовании композита. Дан анализ потенциала применения полимерных композитов в решении проблемы электромагнитной защиты биологических объектов. Разработаны и созданы поглотители ЭМИ на полимерной основе. Оценены радиофизические свойства РПМ.

Существенным остается разработка и применение полимерных композитных РПМ. Изготовление РПМ из полимерных композитных материалов привлекает малой удельной массой, технологичностью и относительной дешевизной исходных компонентов. Новейшая тенденция — создание «умных» (управляемых) РПМ, перспективными компонентами которых являются электропроводящие полимеры, например, полианилин, полипиррол [5]. Перспективы развития РПМ и ЭМЭ связаны с применением полимерных композитных материалов, в матрице которых содержатся наноконпоненты, обладающие магнитной проницаемостью и электрической проводимостью, параметры которых поддаются регулированию, а также киральные микроэлементы.

Полимерные РПМ и ЭМЭ являются эффективным средством защиты биологических объектов от негативного воздействия ЭМИ СВЧ-диапазона, а также позволяют обеспечить современные требования электромагнитной экологии и электромагнитной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаревич, А. В. Радиопоглощающие полимерные композиционные материалы в технике СВЧ / А. В. Макаревич, В. А. Банний // *Материалы, технологии, инструменты*. — 1999. — Т. 4, № 3. — С. 24–32.
2. Ковнеристый, Ю. К. *Материалы, поглощающие СВЧ-излучения*. / Ю. К. Ковнеристый, И. Ю. Лазарева, А. А. Раваев. — М.: Наука, 1982. — 164 с.
3. Влияние физико-химических процессов на межфазной границе полиэтилен — наполнитель на радиофизические свойства композитов / Л. С. Пинчук [и др.] // *Перспективные материалы*. — 2009. — № 2. — С. 5–12.
4. Kestelman, V. N. *Electrets in engineering: fundamentals and applications* / V. N. Kestelman, L. S. Pinchuk, V. A. Goldade — Boston. — Dordrecht. — London: Kluwer Academic Publishers, 2000. — 281 p.
5. Electromagnetic interference shielding efficiency of polyaniline mixtures and multiplayer films / C. Y. Lee [et.al.] // *Synthetic Metals*. — 1999. — № 102. — P. 1346–1349.

УДК 616.857—085.814.1

РОЛЬ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ МИГРЕНИ

Барбарович А. С., Саливончик Д. П.

Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

г. Гомель, Республика Беларусь

Введение

Мигрень — одно из наиболее распространенных неврологических заболеваний, основным проявлением которого являются повторяющиеся приступы интенсивной, пульсирующей и обычно односторонней головной боли. Тяжесть заболевания варьируется от редких (несколько раз в год), сравнительно легких приступов, до ежедневных; но, чаще всего, приступы мигрени повторяются с периодичностью 2–8 раз в месяц.