

## ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ МЕТАЛЛОВ

С.О. Казанцев, А.Н. Фоменко, А.Н. Кондранова  
Научный руководитель – д.ф.-м.н., чл.-к. РАН, директор ИФПМ СО РАН С.Г. Псахье

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН  
634055, г. Томск, пр. Академический 2/4, kzso@ispms.tsc.ru*

В настоящее время актуальным является поиск новых соединений и лекарственных форм, обладающих ярко выраженными антимикробными свойствами. Прежде всего, это связано с возрастанием резистентности микроорганизмов к существующим антибиотикам. В литературе хорошо описана антимикробная активность наночастиц меди [1], серебра [2] и других наночастиц. Использование биметаллических частиц может расширить спектр их возможностей, поскольку они способны приобретать свойства, не характерные монометаллическим наночастицам и их смесям. Известно, что на поверхности частиц дисперсной фазы в следствии их ионизации или адсорбции ионов образуется двойной электрический слой, одной из характеристик которого является дзета-потенциал [3]. Исследование дзета-потенциала позволит изучить поверхностные свойства наночастиц и предсказать возможные механизмы взаимодействия поверхности наночастиц с мембраной клеток и микроорганизмов, а также возможные направления модификации поверхности для улучшения антимикробной активности.

В работе исследованы электрокинетические свойства наночастиц Ag, Cu и Ag/Cu с различным соотношением металлов. Для определения дзета-потенциала готовили суспензию нанопорошка в дистиллированной воде с концентрацией 2 мг/мл, обрабатывали ультразвуком в течении 3–5 минут и проводили измерение в U-образной кювете на приборе ZetaSizer Nano ZSP.

Исследования показали, что из спектра выбранных наночастиц только наночастицы серебра обладают отрицательным дзета-потенциалом, все остальные обладают положительным дзета-потенциалом (таблица 1). При изменении соотношений металлов в системе Ag/Cu происходит незначительное изменение дзета-потенциала.

Для исследования влияния наночастиц на культуру клеток ДК-4 готовили суспензий наночастиц с концентрацией 10, 50 и 100 мкг/мл.

Проводили инкубацию в течении 24 часов при температуре 37 °С. После чего клетки промывали, открепляли, окрашивали трипановым синим и подсчитывали в камере Горяева.

Показано, что наночастицы серебра, имея отрицательный дзета-потенциал значительно хуже подавляют пролиферацию клеток, чем наночастицы меди и бикомпонентные наночастицы. При взаимодействии серебра с клетками количество живых клеток составляло около 80% при концентрации 10 и 50 мкг/мл. При взаимодействии положительных наночастиц Cu количество живых клеток составляло менее 40% при концентрации порошка 10 и 50 мкг/мл. В случае Ag/Cu в зависимости от соотношения компонентов при концентрации 10 мкг/мл количество живых клеток составляло около 50–60%, при концентрации 50 мкг/мл количество живых клеток составляло около 30–40%. При концентрации 100 мкг/мл на всех порошках наблюдалось подавление жизнеспособности, которое вероятнее всего связано с высокой концентрацией наночастиц. Такой результат, вероятнее всего связан с тем, что наночастицы имеющие положительный дзета-потенциал взаимодействуют с отрицательно заряженной мембраной клетки, в следствие чего возможно перераспределение активных групп на мембране клеток или разрушение мембраны и гибель клеток. Возможно предположить, что аналогичная тенденция будет наблюдаться при действии данных наночастиц на бактерии.

Работы выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант № 17-79-20382).

**Таблица 1.** Дзета-потенциал наночастиц

Металл	Соотношение	$\xi$ -потенц., мВ
Ag	–	–19,00±0,5
Cu	–	+26,90±0,25
Ag/Cu	94/6	+28,00±0,40
	65/35	+31,1±0,40
	22/78	+24,60±0,50

## Список литературы

1. Ржеусский С.Э., Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Нанодиагностика и антимикробные свойства наночастиц меди // Вестник фармации, 2014.– №3(65).– С.62–68.
2. Silver S., Plung L.T., Silver G. Silver as biocides in burn and wound dressings and bacterial resistance to silver compounds // J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 2007.– V.33.– №7.– P.627–634.
3. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии химии. Поверхностные и дисперсные системы.– М.: Химия, 1989.– 464с.

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПЕНОСТЕКЛО С ПОКРЫТИЕМ

М.Р. Каймонов, К.В. Дорожкин

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [snooptax01@yandex.ru](mailto:snooptax01@yandex.ru)

Крайне высокочастотное электромагнитное излучение – это миллиметровые электромагнитные волны, с частотой от 3 до 300 ГГц, источниками которых являются излучающие объекты, заряженные частицы, антенны, колебательные контуры и др.

При работе КВЧ-радиоэлектронных устройств электромагнитные волны создают значительные помехи, снижают точность измерений и электромагнитную совместимость аппаратуры. Высокочастотное излучение в большом количестве негативно влияет не только на работу различных устройств, но и непосредственно на человека. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на разработку экологичных и легковесных радиопоглощающих материалов, эффективных в высокочастотном диапазоне. К таким материалам относится пеностекло, данный материал обладает способностью снижать уровень отраженного и прошедшего электромагнитного излучения [1] в сочетании с комплексом высоких теплотехнических характеристик, негорючестью, влагостойкостью и долговечностью [2, 3]. В тоже время пеностекло уступает по эффективности радиопоглощения некоторым видам поглотителей, поэтому ведутся работы по модификации пеностекла путем введения в его состав различных добавок для улучшения данных свойств, особенно в крайне высокочастотной области (свыше 100 ГГц), которая относится к малоизученной.

Цель работы – провести измерения электромагнитного отклика от плоских образцов пеностекла, модифицированных многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ), и установить влияние электромагнитного излучения на

радиопоглощающие характеристики модифицированного пеностекла в диапазоне частот 120–260 ГГц.

Выбор МУНТ в качестве модифицирующей добавки обусловлен известными свойствами нанотрубок: прочность, гибкость, проводимость. Данные свойства обеспечивает каркасная структура материала. При взаимодействии электромагнитной волны с МУНТ она равномерно распределяется по всей поверхности материала.

В работе использованы МУНТ с удельной поверхностью 300 м<sup>2</sup>/г и диаметром 10 нм, синтезированные в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск), МУНТ вводились путем нанесения на пеностекло покрытия, содержащего трубки в количестве 0,5 мас.%. Объектом исследования выбрано промышленное блочное пеностекло, полученное с использованием сажи. Измерения коэффициентов отражения, прохождения и поглощения образцов проводились на спектрометре терагерцового диапазона СТД-21 «Центра радиоизмерений ТГУ».

Композиция для покрытия готовилась на основе жидкого стекла с добавлением определенных компонентов. Для равномерности распределения трубок в покрытии использована ультразвуковая ванна. Продолжительность ультразвуковой обработки определялась экспериментальным путем и составила 20 минут. Гелеобразная композиция наносилась на образцы пеностекла тонким слоем, с последующей сушкой при комнатной температуре.

По результатам исследования электромагнитных характеристик образцов пеностекла в зависимости от частоты излучения установлено следующее. Максимальное значение коэффи-