

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

^{a,b}**Москвитина Е.Н., ^bКузнецов В.Л., ^bМосеенков С.И., ^bСеркова А.Н., ^bЗаворин А.В.**

^a *Сибирский федеральный научно клинический центр ФМБА России, Томск, Россия*

^b *Институт катализа им. Г.К.Борескова, Новосибирск, Россия*

Развитие устойчивости бактерий к антибиотикам представляет серьезную мировую проблему. Уже сейчас мы сталкиваемся с инфекционными возбудителями, невосприимчивыми к одному, нескольким, или ко всем классам антибиотиков. В силу этого разработка новых альтернативных подходов в борьбе с возбудителями бактериальных и грибковых инфекций представляется актуальной задачей.

В данной работе мы исследовали наличие антимикробных свойств широкого набора углеродных наноматериалов (УНМ) и сравнили эффекты, вызванные ими на типичном распространенном условном патогене, а именно бактериях *E. Coli*. В исследовании использован системный набор УНМ, произведенных в России, в состав которого вошли тщательно охарактеризованные однослойные и многослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ, МУНТ), каталитические углеродные нановолокна с различной ориентацией графеновых блоков (коаксиально-конической и стопочной, КВУ1 и КВУ2), углерод луковичной структуры (УЛС), ультрадисперсные детонационные наноалмазы (УДА). В качестве биологического объекта для изучения цитотоксических свойств был использован стандартный эталонный штамм Американской коллекции типовых культур *E.coli* ATCC 25922. В работе использованы методы световой и люминесцентной микроскопии (Nicon eclips E200 и Carl Zeiss Axiostar), окраску препаратов для люминесцентной микроскопии проводили флуорохромами пропидий йодид (PI), акридиновый оранжевый, Cyto9. Продукты взаимодействия *E. Coli* с УНМ исследованы с использованием растровой электронной микроскопии (JSM-6460LV и Hitachi SU8230).

Для оценки действия УНМ на микроорганизм бактерии *E.coli* суспендировали в дистиллированной воде, доводя до мутности, соответствующей 0,5 МакФарланда ($1,5 \times 10^8$ кое/мл). Затем суспензию с *E.coli* добавляли к УНМ, предварительно суспендированных в воде (~ 100 мкг/мл). Через сутки инкубирования в темноте при 35 °С (при перемешивании в качалке) производили посев 0,20 мкл суспензий на питательные среды. Еще через 24 - 48ч подсчитывали количество колоний. ОУНТ и УЛС практически не проявляли антимикробных свойств. Небольшое снижение количества *E.coli* вероятнее всего вызвано частичной агрегацией бактерий на поверхности УНМ и уменьшением общего количества не связанных, свободных микроорганизмов, которые могут образовывать отдельные колонии в эксперименте. Наибольшей противомикробной активностью обладали УДА, оба типа КВУ, а также суспензированные МУНТ. При изучении времени воздействия оказалось, что УДА и КВУ в концентрации 100 мкг/мкл практически полностью подавляли рост *E.coli* в течение часа, тогда как суспендированные МУНТ для достижения эффективного противомикробного эффекта требуется более длительное время воздействия – от 12 до 16 часов.

Вероятно, это объясняется разным физико-механическим воздействием этих УНМ на микроорганизм, а также за счет большей энергией адгезии *E.coli* на КВУ и УДА, чем у МУНТ. Данные РЭМ свидетельствовали, что УДА и оба типа КВУ прочно адсорбируют бактериальные клетки с их дальнейшим распадом, тогда как суспензионные МУНТ физически повреждают клеточную стенку и мембрану, для чего требуется более длительное воздействие. Полученные данные будут использованы для разработки новых материалов в биомедицине.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ 22-25-00715.