Сравнительное исследование противомикробной активности наноструктурированных углеродных материалов

Москвитина Е.Н. [1,2] , *Кузнецов В.Л.* [2] , *Мосеенков С.И.* [2] , *Серкова А.Н.* [2] , *Заворин А.В.* [2] , *Голубцов Г.В.* [2]

ecoli@rambler.ru
[1] СИБФНКЦ ФМБА России, Томск, Россия
[2] Институт катализа им. Г.К.Борескова, Новосибирск, Россия

В связи повышающейся резистентностью болезнетворных микроорганизмов к антибиотикам необходима разработка альтернативных способов борьбы с ними. Нами выполнен цикл исследований по изучению бактерицидных и фунгицидных свойств наноструктурированных углеродных материалов (НУМ) по отношению к возбудителям различных бактериальных и грибковых инфекций in vitro (*Escherichia coli*, грамположительных *Staphylococcus aureus*, дрожжеподобных грибов рода *Candida*). В качестве системного набора НУМ использовались многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ), каталитический волокнистый углерод с различной ориентацией графеновых блоков (коаксиально-конической и стопочной, КВУ), углерод луковичной стрктуры (УЛС) и ультрадисперсные взрывные наноалмазы (НА).

Антимикробный эффект НУМ сильно зависит от их структуры, размера частиц, степени агрегации, концентрации и функционализации поверхности. Наибольшую антибактериальную активность имеют НА, КВУ и, в меньшей степени, карбоксилированные МУНТ. Установлено, что для всех НУМ, демонстрирующих эффективные антибактериальные свойства в водной среде, наблюдалось резкое снижение их антимикробной активности при добавлении в суспензию питательных веществ, обеспечивающих размножение микробов. Отсутствие антимикробного эффекта НУМ в питательной среде объясняется конкуренцией за адсорбцию на поверхности УНМ, между белками, питательными веществами и микробами и, как следствие, возможностью размножения несвязанных микробов в объеме питательной среды. Нанесение наноразмерных частиц Ag или AgCl на поверхность наиболее активных НУМ приводило к значительному увеличению их антибактериальных и противогрибковых свойств за счет их бинарного механизма действия. Наименьшая бактерицидная концентрация наблюдалась для 5% AgCl/УДА: 25 мкг/мл в отношении *E.coli* и 100 мкг/мл в отношении *C.albicans*.

Установлено сохранение противомикробных свойств Ag(AgCl)/НУМ в суспензиях, с питательными веществами, обеспечивающими размножение микробов, что свидетельствовало о противомикробном действии переходящих в раствор ионов Ag^+, убивающих микробов за счёт адсорбции на их стенках. С использованием РЭМ в сочетании с ЭДС подтверждено бинарное действие КМ, модифицированных соединениями серебра, заключающемся в обездвиживании и разрушении микробов поверхностями НУМ в сочетании с действием элюированных ионов серебра на микробов непосредственно в жидкой среде. Разработаны методы получения гибридных функциональных композиционных материалов путем пропитки волокнистых материалы (хлопок, вискоза, Спанлейс и др.) суспензиями AgCl/НУМ. Полученные результаты будут использованы для разработки новых антибактериальных материалов для медицинских приложений НУМ, модифицированных серебросодержащими наночастицами, в том числе нанесенными на природные и синтетические волокна (в качестве фильтрующих материалов, перевязочных средств, обеззараживающих покрытий и др.).

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