

Л.И. Антоновская, М.Г. Липницкая, Н.С. Бухтаревич, Н.А. Белясова
**РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ
СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ**

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Введение. Биоповреждения материалов и изделий, вызываемые микроорганизмами, наносят огромный экономический и социальный ущерб различным отраслям народного хозяйства. Особенно важно не допустить развитие микроорганизмов на материалах, контактирующих с питьевой водой [1]. Для защиты материалов и изделий от биоповреждений все чаще стали разрабатываться и внедряться в производство материалы, содержащие в своем составе наночастицы различных металлов [2]. В частности, в лаборатории химии тонких пленок НИИ «Физико-химических проблем Белорусского государственного университета» на протяжении нескольких лет ведется разработка пористой проницаемой керамики, поверхность пор которой модифицируют наночастицами серебра [3]. При этом актуальной задачей остается подбор подходов и методов для оценки эффективности вводимых добавок по отношению к различным видам микроорганизмов. Согласно литературным данным, а также нашим собственным наблюдениям, процесс формирования биопленки на поверхности материалов, контактирующих с водой, как правило, начинают бактерии, поэтому считаем целесообразным в первую очередь определять именно антибактериальные свойства модифицированной керамики.

Цель исследования заключалась в разработке подходов и методов для оценки антибактериальных свойств биозащищенных материалов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования служили керамические фильтры, модифицированные ионами серебра (№12, №13, №15, №16), а также образец немодифицированной керамики (К).

Для оценки антибактериальных свойств керамических фильтров использовали как стандартные (суспензионный и диффузионный), так и разработанный нами методы.

Суть суспензионного метода заключается в совместном инкубировании биозащищенного материала с бактериальной тест-культурой. Количественную оценку антибактериальных свойств образцов в этом методе проводили с помощью такого параметра, как выживаемость клеток, который характеризует эффективность гибели клеток в процессе инкубирования в присутствии антибактериального агента в составе материала. В диффузионном методе образцы биозащищенного материала некоторое время выдерживали на поверхности плотной питательной среды, предварительно инокулированной тест-бактериями. Спустя определенный промежуток времени учитывают ширину зон ингибирования вокруг образцов.

В разработанном нами ранее и модифицированном методе, основанном на оценке респираторной активности облигатно-аэробных бактерий при совместном инкубировании с исследуемым материалом использовали

популяцию клеток *Pseudomonas fluorescens* В 22 в логарифмической фазе роста. После совместного инкубирования бактерий с биозащищенным материалом измеряли дыхательную активность клеток. Контролем служила суспензия бактерий в среде без материала. Регистрацию кислорода в среде осуществляли с использованием портативного кислородомера АЖА-101МА. Строили графические зависимости концентрации растворенного кислорода в питательной среде с биозащищенным материалом и без него от длительности инкубирования. Для каждой кривой задавали аппроксимацию полиномом степени, соответствующей уровню достоверности аппроксимации $R^2 \geq 0,995$. В качестве показателя антибактериальной активности использовали коэффициент эффективности ингибирования дыхания клеток EI , который рассчитывали по формуле:

$$EI = \frac{EI}{EI'_{min}} = \frac{\int_0^T c(t)dt}{T \times EI'_{min}} \quad EI' = \frac{\int_0^T c(t)dt}{T}$$

где $c(t)$ – уравнение зависимости концентрации растворенного кислорода в среде от длительности инкубирования, полученное в результате аппроксимации, мг/л; T – длительность инкубирования, мин, EI'_{min} – минимальный коэффициент EI' (значение для контрольного образца):

Результаты исследования и их обсуждение. Первоначально антибактериальные свойства керамических фильтров изучали с помощью суспензионного метода. При этом было обнаружено, что из всех образцов материала антибактериальные добавки, в качестве которых выступали ионы серебра, вымываются в питательную среду с разной интенсивностью в зависимости от способа их введения в состав керамики. Соответственно, образцы керамических фильтров в суспензионном методе испытаний демонстрировали удовлетворительные антибактериальные свойства лишь в тех случаях, когда слабо удерживали в своем составе ионы серебра (данные не приведены).

Результаты оценки антибактериальных свойств керамических фильтров в диффузионном методе (рисунок 1) показали, что вокруг всех испытанные образцов образуются небольшие (до 2 мм) зоны ингибирования. Столь малый диаметр зон ингибирования не позволяет корректно различить между собой испытываемые образцы по степени антибактериальной активности.

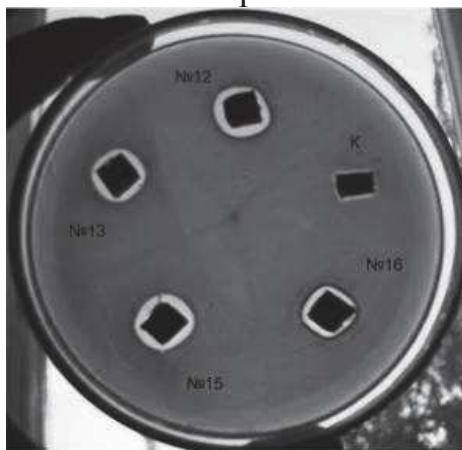


Рисунок 1 – Результаты диффузионного метода

Результаты оценки антибактериальных свойств керамических фильтров по респираторной активности облигатно аэробных бактерий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки антибактериальных свойств материалов по респираторной активности облигатно аэробных бактерий

Образец материала	Интегральный критерий оценки антибактериальных свойств материалов (<i>EI</i>), отн.ед.
№12	1,091
№13	1,067
№15	1,088
№16	1,056

Как видно из представленных результатов, антибактериальные свойства материалов выражены тем сильнее, чем выше показатель *EI*.

Выводы. Таким образом, используя модифицированный метод оценки антибактериальных свойств материалов по респираторной активности облигатно аэробных бактерий, удалось показать, что образец №12 демонстрирует более выраженные антибактериальные свойства, чем образцы №13, №15 и №16. В целом применение интегрального критерия оценки позволило повысить точность метода и расположить образцы керамических фильтров в следующий ряд по ухудшению их антибактериальных свойств: №12→№15→№13→№16.

Литературные источники

1. Werkstoff für den Einsatz im Kontakt mit Trinkwasser sowie mit mikrobebestandigen Eigenschaften: applic. 102005004735 Deutschland МПК8 С 08 L 15/02 / Maaß Uwe; Phoenix AG. –№ 102005004735.1, almeldetag 02.02.05; offeriegungstag 10.08.06 / Bundesrepublik Deutschland, Deutsches Patent- und Markenamt – 2006 – 6 с.
2. Фотохимический синтез наночастиц серебра, обладающих высокой антибактериальной активностью / Anh-Tuan Le [и др.] // Рос. нанотехн. – 2010. – Т 5, № 7–8. – С. 125–131.
3. Браницкий, Г.А. Антимикробные свойства керамики с пленочными серебросодержащими структурами / Г.А. Браницкий [и др.] // Свиридовские чтения: Сб. статей. – 2010. – Вып. 6. – С. 61–69.

L.I. Antanouskaya, M.G. Lipnitskaya, N.S. Bukhtarevich, N.A. Belyasova

DIFFERENT APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF CERAMIC FILTERS

Belarusian State Technological University, Minsk

Summary

The assessment of antimicrobial properties of ceramic filters modified with silver ions in different ways was accomplished. The inability of suspension and diffusion methods to measure the materials that hold up antimicrobial admixtures strongly was revealed. Herewith, the use of integral criterion in the modified method of assessment of antimicrobial properties according to respiratory activity of obligate aerobic bacteria allowed us to improve accuracy of the method and find the difference between the similar according to their antimicrobial properties samples.