

# КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПЛЕНКИ, СФОРМИРОВАННЫЕ ИЗ РАСТВОРОВ СОЕДИНЕНИЙ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИ- ДИНГИДРОХЛОРИДА И СЕРЕБРА КАК СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ КЕРАМИКИ ОТ БИООБРАСТАНИЯ

Г. А. Браницкий<sup>1</sup>, С. М. Азаров<sup>2</sup>, Т. А. Азарова<sup>2</sup>,  
В. А. Тарасевич<sup>3</sup>, В. А. Добыш<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт физико-химических  
проблем БГУ, Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь*

<sup>3</sup>*Институт химии новых материалов НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь*

Проводимые исследования посвящены разработке простых и эффективных способов придания материалам и устройствам на их основе, а также изделиям различного назначения антимикробных свойств с целью защиты от биозагрязнения, на устранение которого затрачиваются значительные материальные средства и время. Проблема биообрастания особо актуальна для керамических фильтрующих материалов. Поэтому представляется интересным исследование возможности получения композиционных пленок из растворов соединений полигексаметиленгуанидингидрохлорида (ПГМГГХ) и серебра как средства защиты керамики от биообрастания.

ПГМГГХ представляет собой устойчивое при температуре 25–350 °С нетоксичное вещество, хорошо растворимое в воде и не имеющее запаха. Оно используется в качестве микробицидного средства в составе производственной продукции различного назначения: лаков, красок, бумаги, фотоматериалов, а также в медицине, ветеринарии и сельском хозяйстве [1]. Рассматриваемый метод защиты керамических материалов от биообрастания состоит в формировании на их поверхности микрогетеро-

генных композиций, в составе которых ПГМГГХ, обладающий широким спектром антимикробного действия, выполняет роль пленкообразующего и прочно сцепленного с поверхностью покрытия, содержащего дополнительно наноразмерные частицы Ag и AgCl.

Изучение антибактериальной активности образцов проводили в отношении трех тест-культур микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* методом их диффузии в питательный агар, который используется для определения чувствительности микробов к антибиотикам [2]. Количество КОЕ тест-суспензии микробов составляло  $10^9$  в  $1 \text{ см}^3$ . Как и в случае антибиотиков, считали, что культура не чувствительна к биоциду при диаметре зоны просветления (зоны ингибирования)  $\sim 15$  мм вблизи испытуемого образца керамики с композиционной пленкой, помещенного в мясо-пептонный агар с тест-культурой микроорганизмов. Культуру считали малочувствительной при зонах 15–20 мм (проявление олигодинамического действия) и высокочувствительной при размерах зон  $\geq 25$  мм.

Для получения композиционных пленок используются достаточно устойчивые при хранении золи AgCl, приготовленные путем смешивания в разных соотношениях растворов ПГМГГХ и AgNO<sub>3</sub>. Они хорошо смачивают поверхность керамики, а сформированные из них равномерные по толщине пленки ( $\sim$  до 150–200 нм) после прогрева становятся водостойкими. Такие же пленочные композиции можно сформировать из зольей после их хранения на свету или при воздействии УФ-света, приводящего к образованию частиц фотолитического серебра не только на поверхности AgCl, но также в объеме раствора. Присутствие коллоидных частиц Ag в объеме раствора подтверждается появлением широкой полосы в спектре поглощения в области 350–470 нм. Тонкая структура пленок представлена на рис. 1.

В таблице приведены данные о микробицидных свойствах керамики с композиционными пленками, сформированными из растворов AgNO<sub>3</sub> и ПГМГГХ+AgNO<sub>3</sub> в исходном состоянии и после облучения УФ-светом.

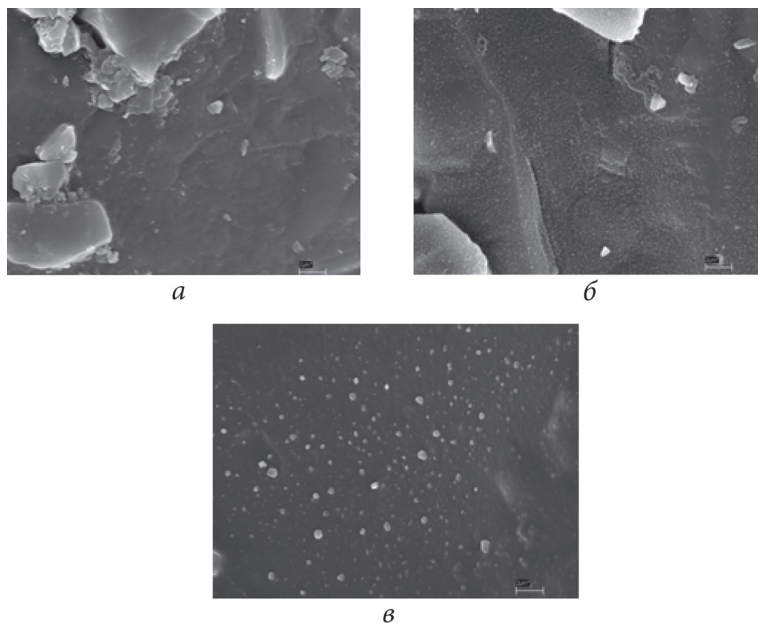


Рис. 1. Микрорельеф поверхности керамики с пленочными структурами, сформированными из раствора ПГМГГХ (а), и золей ПГМГГХ –  $\text{AgNO}_3$ : исходного (б) и облученного УФ-светом (в)

#### Микробицидные свойства образцов силикатной керамики с композиционными пленками

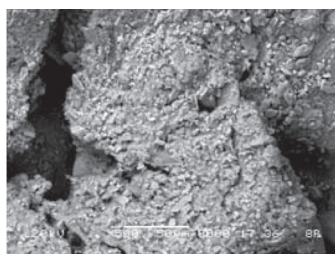
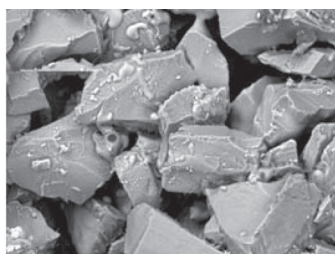
Условия формирования пленок		Размеры зон ингибирования, мм		
		Тестируемые микроорганизмы		
компонент раствора	обработка	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>
$\text{AgNO}_3$	–	12	12	14
ПГМГГХ	–	13	11	14
ПГМГГХ + $\text{AgNO}_3$	–	16	17	17
ПГМГГХ + $\text{AgNO}_3$	УФ	23	27	25

Как следует из представленных результатов, размеры зон ингибирования в случае пленочных структур, содержащих  $\text{AgCl}$  и  $\text{Ag}$  – продукт фотолиза, намного больше, чем в случае

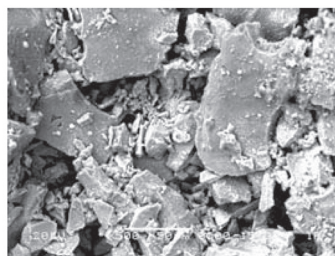
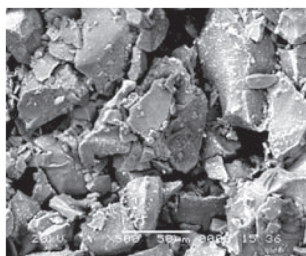
отсутствия таких частиц, что свидетельствует об их хорошей микробицидной устойчивости. Это можно объяснить различием в структурной организации входящих в их состав биоцидных веществ разной химической природы.

Для определения склонности к биообрастанию образцы с композиционными пленками и контрольный образец исходной силикатной керамики помещали в защитную камеру, исключая загрязнение исследуемых поверхностей случайными механическими осадками, после чего опускали в природный водоем со стоячей водой. Через 4 мес. образцы извлекали и высушивали на воздухе при комнатной температуре.

На рис. 2 представлена морфология поверхностей исходной силикатной керамики и керамики с композиционными пленка-



поверхность исходной силикатной керамики



пленка из ПГМГГХ, содержащая  $\text{AgCl}$  и нанодисперсное серебро, на поверхности исходной силикатной керамики

*a*

*б*

Рис. 2. Морфология поверхностей исходной силикатной керамики и керамики с композиционными пленками из ПГМГГХ, содержащими  $\text{AgCl}$  и нанодисперсное серебро, до (*a*) и после (*б*) выдержки в водоеме в течение 4 мес.  $\times 500$

ми из ПГМГГХ, содержащими AgCl и нанодисперсное серебро, до (а) и после (б) выдержки в водоеме в течение 4 мес.

Фотографии свидетельствуют о формировании на незащищенной поверхности силикатной керамики биопленки обрастания. Сравнительный анализ представленных структур позволяет сделать вывод о том, что нанесение композиционной пленки позволяет защитить материал от вредного биологического воздействия окружающей среды.

Таким образом, на данном этапе работы показана принципиальная возможность создания на поверхности силикатной керамики композиционной пленки, сформированной из растворов соединений ПГМГГХ и серебра, обладающей выраженными антимикробными свойствами.

### **Литература**

1. *Воинцева, И. И.* Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И. И. Воинцева, П. И. Гембицкий. – М.: ЛКМ-пресс, 2009. – 304 с.
2. Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь № 68, 2007.

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ ОПТОВОЛОКОННЫМ ЛАЗЕРОМ**

**П. В. Веремей, О. Г. Девойно, И. П. Филонов**

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь,  
тел/факс: (+375 17) 293-92-23, e-mail: scvmed@bntu.by*

В настоящее время в области машиностроения остро стоит задача обеспечения равноресурсности работы деталей и узлов машин и механизмов. Так называемое «узкое место» стремятся «расширить», например, дополнительной упрочняющей обработкой деталей, так как она позволяет использовать широкораспро-