

УДК 677.499

**ПОЛУЧЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ  
ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ ИХ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА**

**CREATION OF THE FIBROUS TEXTILE MATERIALS  
WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES  
BY MODIFYING THE SURFACE OF NANOPARTICLES OF SILVER**

*Е.А. СЕРГЕЕВА, Ю.А. ТИМОШИНА*  
*E.A. SERGEEVA, YU.A. TIMOSHINA*

**(Казанский национальный исследовательский технологический университет)**  
**(Kazan National Research Technological University)**  
E-mail: katserg@rambler.ru, ybuki@mail.ru

*Работа направлена на решение актуальной проблемы модификации текстильных материалов с целью придания им антибактериальных свойств путем обработки их потоком неравновесной низкотемпературной плазмы. Эффективно изменяя физические и поверхностные свойства*

*текстильных полотен, плазменная модификация позволяет решить проблему нанесения антибактериального препарата на поверхность материалов, а также устойчивого закрепления нанесенного в процессе модификации антибактериального вещества на поверхность текстильного материала.*

*Work is directed on actual problem decision of textile materials the purpose of imparting antibacterial properties by treating them with a stream of non-equilibrium low-temperature plasma. Effectively changing the physical properties and surface of textile fabrics, plasma modification can solve the problem of drug deposition on the surface of the antibacterial material, and fixing the damage sustained in the process of modification of the antibacterial agent on the textile surface.*

**Ключевые слова:** текстильный материал, наночастица серебра, низкотемпературная плазма.

**Keywords:** textile material, silver nanoparticles, low-temperature plasma.

В настоящее время из-за сложного экологического состояния окружающей среды и общего снижения уровня иммунитета у населения возникает необходимость в разработке принципиально новых санитарно-гигиенических мероприятий и профилактических методов. Одним из направлений в решении этого вопроса является создание текстильных материалов и изделий легкой промышленности, обладающих антибактериальными свойствами. В развитии промышленности антибактериального текстиля на сегодняшний день одним из динамично развивающихся направлений является разработка трикотажных материалов и изделий, предназначенных для использования в экстремальных условиях эксплуатации, для занятий спортом и активного отдыха, а также нетканых материалов для производства одноразовых медицинских изделий.

Основным методом придания антибактериальных свойств текстильным материалам является применение антимикробных препаратов (биоцидов). Препараты на основе наночастиц серебра имеют ряд преимуществ, среди которых эффективность воздействия против наиболее распространенных микроорганизмов, нетоксичность применяемых концентраций биоцида для человеческого организма, а также невысокая стоимость биоцидов на основе наноча-

стиц серебра, которая не должна привести к значительному удорожанию готового изделия с антибактериальными свойствами. Обработка неравновесной низкотемпературной плазмой, эффективно изменяя физические и поверхностные свойства текстильных полотен, позволяет решить проблему нанесения антибактериального препарата на поверхность материалов, а также устойчивого закрепления нанесенного в процессе модификации антибактериального вещества на поверхность текстильного материала.

Входящие в состав текстильных материалов синтетические волокна в силу своей природы обладают недостаточной гидрофильностью, что препятствует эффективной и равномерной пропитке данных материалов антибактериальным препаратом, выпускаемым в форме водного коллоидного раствора наночастиц серебра. Поэтому для получения антибактериальных трикотажных и нетканых волокнистых материалов смешанного и синтетического состава остается проблема регулирования показателей их поверхностных свойств, а именно показателей гидрофильности поверхности. Для исследования влияния плазменной модификации на гидрофильные свойства трикотажных и нетканых материалов определяли показатели капиллярности и смачи-

ваемости, а именно высоту подъема столба жидкости по материалу и краевой угол смачивания материалов [1].

Наибольшее повышение показателей капиллярности и смачиваемости для трикотажного полотна 1 достигается при обработке в среде аргона, для трикотажного полотна 2 – воздуха, для нетканого полотна – в смеси газов аргон-азот в соотношении 70:30 соответственно. В названных газах высота подъема жидкости для трикотажного полотна 1 увеличивается в 1,7 раза; трикотажного полотна 2 – в 5,5 раза; нетканого полотна – в 40 раз (рис. 1 – изменение капиллярности трикотажных и нетканых материалов до и после обработки в плазме в оптимальных режимах: для трикотажного полотна 1 –  $W_p=1,4$  кВт;  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar}=0,04$  г/с; для трикотажного полотна 2 –  $W_p=1,8$  кВт;  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{возд}=0,04$  г/с; для нетканого полотна –  $W_p=1,4$  кВт,  $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar/N(70/30)}=0,04$  г/с).

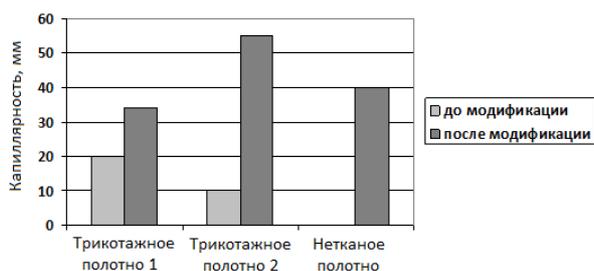


Рис. 1

Краевой угол смачивания немодифицированного трикотажного полотна 1 составляет  $109^\circ$ , трикотажного полотна 2... $112^\circ$ , нетканого полотна –  $118^\circ$ . После обработки текстильных материалов плазмой ВЧЕ-разряда пониженного давления значение краевого угла смачивания для трикотажных полотен 1 и 2 составляет  $45^\circ$  и  $36^\circ$  соответственно, а на поверхности нетканого материала происходит полное растекание капли и краевой угол смачивания не определяется.

Для эффективного закрепления наночастиц серебра на поверхности трикотажных и нетканых материалов проводилась повторная обработка в смеси плазмообразу-

ющих газов аргон – пропан-бутан (70:30), целесообразность применения которой обоснована ранее проведенными исследованиями [2], [3]. Режим плазменной модификации, в котором сохраняется максимальное количество серебра на поверхности материалов, устанавливался путем варьирования мощности разряда (рис. 2 – зависимость количества серебра на поверхности образцов после 5 циклов стирки с ПАВ (для трикотажных полотен) и цикла газовой стерилизации (для нетканого полотна) от мощности разряда ( $P=26,6$  Па;  $t=180$  с;  $G_{Ar/Pr/B}=0,04$  г/с)) и продолжительности плазменной обработки.

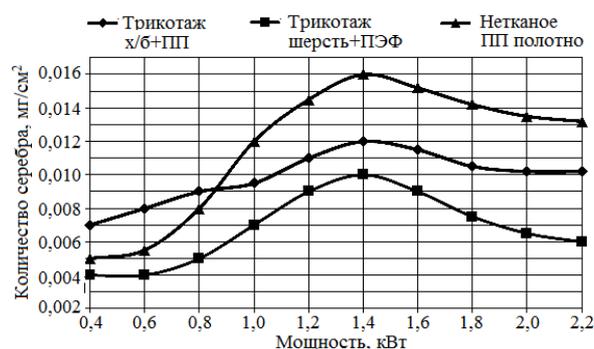


Рис. 2

Количество серебра в модифицированных образцах до их промывки и газовой стерилизации составляет для трикотажа х/б+ПП –  $0,012$  мг/см<sup>2</sup>, для трикотажа шерсть+ПЭФ –  $0,010$  мг/см<sup>2</sup>, для нетканого ПП полотна –  $0,017$  мг/см<sup>2</sup>.

Установлен режим обработки трикотажных и нетканых материалов:  $W_p=1,4$  кВт;  $t=180$  с;  $P=26,6$  Па;  $G_{Ar/Pr/B}=0,04$  г/с, препятствующий вымыванию наночастиц серебра с поверхности трикотажных материалов в процессе их эксплуатации и стирки, а нетканых материалов в процессе их предэксплуатационной газовой стерилизации. Тогда как у образцов без повторной плазменной обработки после 5 циклов стирки происходит вымывание содержащегося на их поверхности серебра на 42% и 60% – для трикотажа х/б+ПП и трикотажа шерсть+ПЭФ соответственно, а для необработанного нетканого ПП материала после цикла газовой стерилизации количество серебра уменьшается на 18%.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что применение обработки неравновесной низкотемпературной плазмой позволяет эффективно нанести биоцид на поверхность синтетических текстильных материалов, а также устойчиво закрепить нанесенные наночастицы серебра в поверхностном слое материалов.

2. Проведенные исследования модифицированных материалов на тест-культурах микроорганизмов *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* O55, *Salmonella paratyphi B*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC-9027, *Staphylococcus aureus* 6538-Ps и *Candida albicans* позволяют утверждать, что модификация текстильных материалов наночастицами серебра с применением плазменной обработки дает возможность получения материалов, обладающих устойчивыми антибактериальными и бактериостатическими свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеева Е.А.* Регулирование свойств полиолефиновых волокон и нитей с помощью неравновесной низкотемпературной плазмы // *Химические волокна*. – 2010, №3. С. 24.

2. *Букина Ю.А., Сергеева Е.А.* Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2012, №14. С.170...172.

3. *Абдуллина В.Х., Сергеева Е.А., Абдуллин И.Ш., Тихонова В.П.* Гидрофилизация полипропиленовой пленочной нити низкотемпературной плазмой пониженного давления // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2009, № 4С. С. 129...131.

## REFERENCES

1. *Sergeeva E.A.* Regulirovanie svojstv poliolefinovyh volokon i nitej s pomoshh'ju neravnovesnoj nizkotemperaturnoj plazmy // *Himicheskie volokna*. – 2010, №3. S. 24.

2. *Bukina Ju.A., Sergeeva E.A.* Antibakterial'nye svojstva i mehanizm baktericidnogo dejstvija nanochastic i ionov serebra // *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. – 2012, №14. S. 170...172.

3. *Abdullina V.H., Sergeeva E.A., Abdullin I.Sh., Tihonova V.P.* Gidrofilizacija polipropilenovoj plenochnoj niti nizkotemperaturnoj plazmoj ponizhenogo davlenija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2009, № 4S. S. 129...131.

Рекомендована кафедрой плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов. Поступила 02.10.15.