

БИОЛОГИЯ

МРНТИ 34.27.51, 34.27.49

**К.Ж. Дюсенбиева¹, Б.Р. Таусарова¹, Г.Е. Кричевский²,
А.Ж. Кутжанова¹**

¹Алматинский технологический университет,
г. Алматы, Казахстан

²Московский государственный университет технологий
и управления им. К. Г. Разумовского,
г. Москва, Россия

АНТИМИКРОБНАЯ ОБРАБОТКА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Аннотация. Для антимикробной отделки целлюлозных материалов использован золь-гель метод. Антимикробная обработка осуществлялась в водно-спиртовом растворе тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц цинка. Антимикробная активность определена к *S.aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans*, *Ps. Aeruginosa*. Установлено, что обработанные текстильные материалы имеют отличные антимикробные свойства. По результатам электронно-сканирующей микроскопии показано изменение морфологической поверхности волокон. Определено количественное содержание веществ на текстильных волокнах. Изучено влияние композиций на свойства текстильных материалов.

Ключевые слова: золь-гель метод, текстильные материалы, антимикробная активность, тетраэтоксисилан.



Түіндеме. Целлюлозалық текстиль материалдарын антимикробтық өңдеу үшін золь-гель әдісі қолданылды. Антимикробтық өңдеу тетраэтоксисиланның сулы-спиртті ерітіндісіне мырыш нанобөлшектерінің қоспасы арқылы жүзеге асты. *S.aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans*, *Ps. Aeruginosa*. антимикробтық белсенділігі анықталды. Нәтижелер, өңделген текстиль материал-

Источник финансирования исследований: Алматинский технологический университет.

дарының жоғары антимикробтық қасиетке ие екенін көрсетті. Электронды-сканерлі микроскопия нәтижесі бойынша талшық бетінің морфологиясы өзгергенін көрсетті. Текстиль талшығындағы заттардың саны анықталды. Композиция құрамының текстиль материалының қасиетіне әсері зерделенді.

Түйінді сөздер: золь гель едісі, текстильдік материалдар, антимикробтық белсенділік, тетраэтоксисилан.



Abstract. The sol-gel method for antimicrobial processing of cellulosic materials has been used. Antimicrobial processing was carried out in a hydro-alcoholic solution of tetraetoksisilan with addition of nanoparticles of zinc. The antimicrobial activity has been determined by S.Aureus, E.Coli, C.Albicans, Ps.Aeruginosa. The results have been given evidence that treated textile materials have excellent antimicrobial properties. According to the results of electro-scanning microscopy, the change of morphological surface of the fibers has been shown. The quantitative content of substances on textile fibers has been determined. The influence of the compositions on properties of the textile materials has been studied.

Key words: sol-gel method, textile materials, antimicrobial activity, tetraetoksisilan.

Введение. Одежда и текстильные материалы являются хорошими носителями для роста микроорганизмов, таких как бактерии и грибки. По последним данным, микроорганизмы могут выжить на текстильных материалах более чем 90 дней. Такая высокая выживаемость на текстильных материалах может способствовать передаче заболеваний как в быту, так и в специальных отраслях. Для снижения или подавления патогенных инфекций применение антимикробных текстильных материалов считается необходимым решением [1].

Выбор антимикробных препаратов должен производиться с учетом спектра действия. Концентрация антимикробных веществ в пропитывающем растворе колеблется в зависимости от их антимикробной активности. Важным фактором является растворимость препарата. С одной стороны, растворимость обеспечивает возможность проникновения его в микроорганизм, с другой стороны - облегчает его удаление при стирках и химчистках. На активность препаратов влияют температура, влажность, УФ облучение, pH среды. В качестве антимикробных препаратов могут быть применены ртутьорганические, медьсодержащие,

цинкорганические соединения, соли серебра, хроматы, четвертичные аммониевые соли [2].

Существуют различные химические и физические возможности, которые могут быть применены для производства антимикробных тканей. На практике противомикробное действие получают путем применения определенных химических продуктов во время завершающей стадии, или добавления их в химические волокна во время прядения.

Модификация текстильных материалов чаще всего происходит за счет адгезии молекул полимера в виде пленки на волокнах ткани. Простота такой модификации ткани сопровождается существенным недостатком, а именно сравнительно низкой устойчивости модифицирующих веществ на поверхности тканевых волокон к воздействию последующих чисток и стирок. В связи с этим является актуальной разработка метода модификации текстильных материалов антимикробными аппретами с их химическим закреплением на поверхности, что позволит значительно повысить устойчивость модифицирующих эффектов.

Для модифицирования целлюлозных материалов и придания текстильным материалам технически заданных свойств был использован золь-гель метод. Золь-гель синтез предусматривает образование золя с последующим переходом его в гель. Золь представляет собой суспензию твердых частиц в диапазоне размеров от 1 нм до 1 мкм, которые могут быть получены в результате гидролиза и частичной конденсации предшественников алкоксидов и силикатов [3]. Подготовленный нанораствор (пленкообразующий раствор) наносят на волокна и сушат при повышенной температуре и дальнейшей конденсации. В ходе сушки жидкая фаза удаляется и образуется пористый слой (ксерогель) на поверхности волокна [4,5].

Основные покрытия могут быть изменены в широком ассортименте, ведущем к множеству новых функциональных возможностей, которые могут быть применены на различных поверхностях в сравнительно простых процессах нанесения. Поэтому покрытия, получаемые золь-гель методом, подходящий инструмент для модификации большого количества материалов,

таких, как стекло, бумага, синтетические полимеры, дерево, металл, текстиль [6,7].

Одним из преимуществ этого метода является возможность подготовки тонких слоев на различных материалах, а также слои золь-геля могут охватить все волокна с достаточно высокой адгезией, однородность полученных пленок, неограниченный размер подложек. Возможность изменять физические характеристики, такие, как распределение размеров пор и объем пор, способность синтезировать образцы при низких температурах, возможность ввести несколько компонентов в одну стадию [8]. Толщина покрытий, нанесенных на поверхности волокон, находится в основном в диапазоне от нескольких нанометров до нескольких десятков мкм. Кроме того, гибкость покрытия непосредственно связана с его толщиной [9,10]. Анализ литературных данных показывает, что золь-гель технология является перспективным методом получения защитных покрытий. Поэтому исследования, связанные с разработкой и получением антимикробных целлюлозных материалов с заданными свойствами по золь-гель технологии, а также свойствами и наиболее эффективными областями применения указанных материалов, имеют большое научное и практическое значение.

Цель работы – получение целлюлозных материалов с антимикробными свойствами на основе водно-спиртового раствора тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц оксидов цинка.

Методы исследования. Изучение образцов текстиля на бактериальное обсеменение проводилось следующим образом: для проверки обсемененности с образцов ткани делали смывы с помощью стерильных увлажненных ватных тампонов. Перед посевом смывов в пробирку с тампоном добавляли 5 мл изотонического раствора хлорида натрия. Тампон тщательно отмывали, после чего 0,1 мл смывной жидкости помещали в чашку Петри со средой МПА, которую оставляли в термостате при 30 °С. Предварительный подсчет выросших колоний производился через 48 ч, окончательный – через 72 ч [11].

Морфология и микроанализ поверхности обработанных образцов исследовались с помощью электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM-6490LA (Япония). Для определения раз-

рывных характеристик по стрип-методу использовалась разрывная машина РТ-250М (ГОСТ 3813-72). Воздухопроницаемость определялась на приборе ВПТМ-2 по ГОСТ 12088-77.

Результаты исследований. По результатам электронно-сканирующей микроскопии выявлено изменение морфологической поверхности обработанных образцов по сравнению с неаппретированными образцами. На рисунках отчетливо видно, что наночастицы оксида цинка присутствуют на обработанном волокне, размер варьируется в пределах от 1,2 до 4,4 μm (рис. 1).

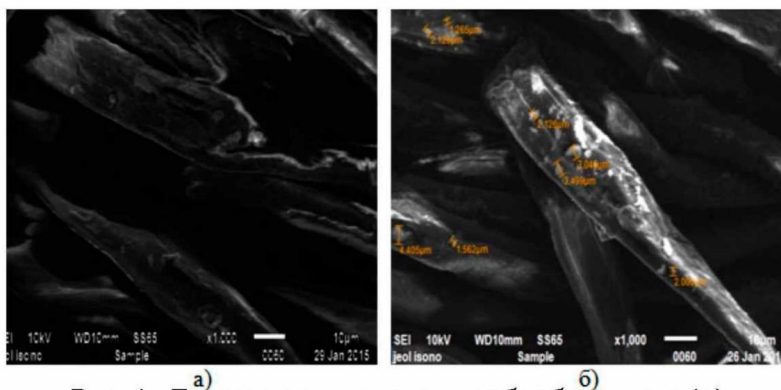


Рис. 1. Поверхность волокон необработанного (а) и обработанного образца (б)

Методом количественного анализа установлено наличие веществ, содержащихся на волокнах (рис. 2).

В качестве тест-микроорганизмов использовались культуры *S.aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans*, *Ps. Aeruginosa*. Количество клеток бактерий, выросших на поверхности обработанных аппретами образцов хлопчатобумажной ткани (табл.1). Анализ результатов показывает, что предложенные композиции обладают антимикробными свойствами, количество выросших колоний составило *S.aureus* - контроль - $1,4 \times 10^4$, опыт - $3,4 \times 10^3$ (рис. 3а), *E. Coli*-контроль - $1,5 \times 10^4$, опыт - $5,1 \times 10^3$ (рис. 3б), *C. Albicans* - контроль - $2,0 \times 10^4$, опыт - $4,8 \times 10^3$ (рис. 3в), *Ps. Aeruginosa* - контроль - $9,2 \times 10^4$, опыт - $6,8 \times 10^4$ (рис. 3г). По результатам исследо-

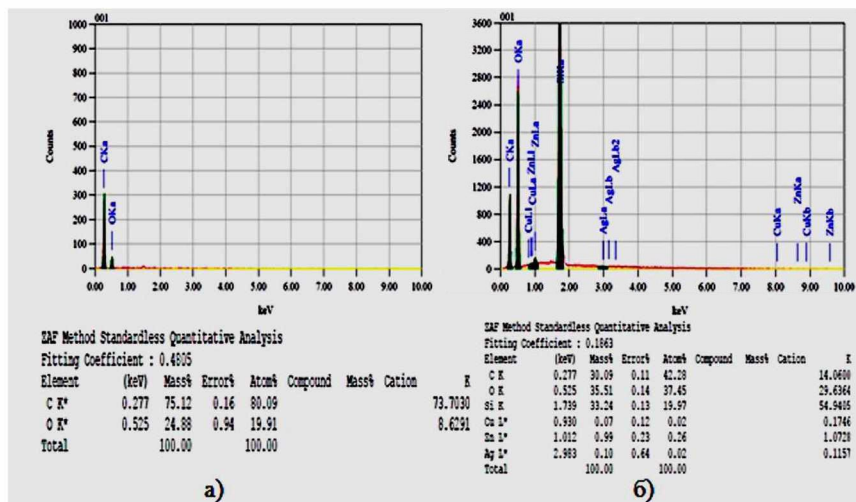


Рис. 2. Количественное содержание элементов на поверхности волокон необработанного (а) и обработанного образца (б)

Таблица 1

Результаты исследований на микробиологическую обсемененность

Вид обсемененности	Вид микрофлоры	logKOE Ко		log KOE D		log RF	Эффективность, %
		до обработки		после обработки			
		KOE Ко	log	KOE D	log		
Искусственная	S.aureus	1,4x10 ⁴	4,1	3,4x10 ³	3,5	0,6	75,7
	E.coli	1,5x10 ⁴	4,1	5,1x10 ³	3,7	0,4	66,0
	C.albicans	2,0x10 ⁴	4,3	4,8x10 ³	3,6	0,7	76,8
	Ps.aeruginosa	9,2x10 ⁴	4,9	6,8x10 ⁴	4,8	0,1	25,6

KOE Ко – количество КОЕ на мл без воздействия средства,
KOE D – количество КОЕ на мл после воздействия средства,
Log RF – логарифм фактор редукции,
Log RF=log (KOE Ко) – log (KOE D).

ваний антимикробной активности после бытовых стирок выявлено, что обработанные образцы сохраняют высокие антимикробные свойства.

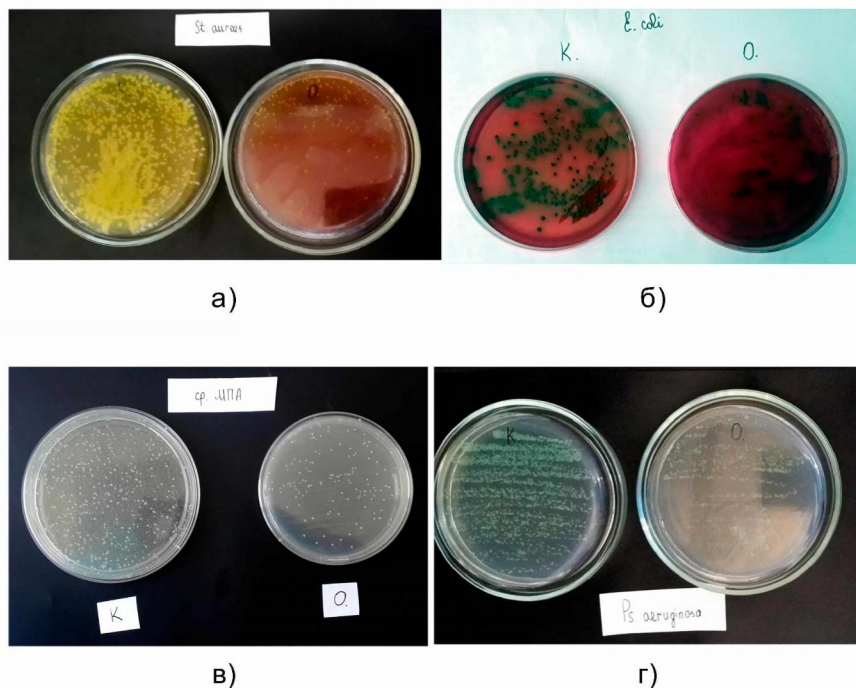


Рис. 3. Антимикробная активность необработанного образца (К) и обработанного образца (О) против: а) *S.aureus*; б) *Coli*; в) *C. Albicans*; г) *Ps. aeruginosa*

Таблица 2

Результаты испытания образцов на разрывную нагрузку и воздухопроницаемость

Образец	Прочность при разрыве, Н		Удлинение при разрыве, мм		Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, не менее
	основа	уток	основа	уток	
Контрольный	244,5	184,2	29,34	36,51	223,2
Обработанный	241,2	179,8	28,13	34,69	220,7

В ходе экспериментов по определению разрывной нагрузки и удлинения при разрыве было установлено, что золь-гель композиция не оказывает значительного влияния на прочностные свойства исследуемых образцов. Показатели воздухопроницаемости практически остаются неизменными по сравнению с необработанной тканью результаты представлены (табл. 2).

Выводы.

- Модификация целлюлозных текстильных материалов золь-гель методом на основе применения тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц оксидов цинка придает им антибактериальные свойства широкого спектра действия по отношению к *S.aureus*, *E. Coli*, *C. Albicans*, *Ps. Aeruginosa*.

- При проведении электронно-сканирующей микроскопии установлено изменение морфологической поверхности волокон, а также определено присутствие веществ Si K-33,24 %, Cu-0,07%, Zn-0,99 %, Ag-0,10%, содержащихся на волокнах.

- Предложенная золь-гель композиция для модифицирования целлюлозных тканей не оказывает значительного влияния на физико-механические и гигиенические свойства обработанных материалов.

Список литературы

1 *Dr. Varaprasad Bobbarala*, A Search for Antibacterial Agents, ISBN 978-953-51-0724-8, 355 pages, 2012. – 48 p.

2 *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов. – М.: Рос. заоч. ин-т текстил. и легкой. промышл. – 2001. – Т. 3. – 298 с.

3 *Шабанова Н.А., Саркисов П.Д.* Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 309 с.

4 *Shahidi S., J. Wiener J.*, Antibacterial Agents in Textile Industry, ISBN 978-953-51-0723-1, 2012. – 388 p.

5 *Vihodceva S., Kukle S.* Thin Coatings on the Raw Cotton Textile Deposited by the Sol-Gel Method, Material Science // Textile and Clothing Technology 2012. – P. 69-73.

6 C. Colleoni a, I. Donelli b, G. Freddi b, E. Guido a, V. Migani a, G. Rosace a, A novel sol-gel multi-layer approach for cotton fabric finishing by tetraethoxysilane precursor // Surface & Coatings Technology, 2013. – P. 192-203.

7 Mahltig B., Textor T. Nanosols and textiles 2008. – 237 p.

8 Rehab M. Kotb*, Naglaa A. A. Elsayed and Abeer A. A. Salama, Promising modification of cotton fabric for multifunctional applications // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2014. – 6 (11). – P. 900-912.

9 Burkitbay A., Taussarova B. R., Kutzhanova A. Z., Rakhimova S. M. Development of a Polymeric Composition for Antimicrobial Finish of Cotton Fabrics. Fibers & Textiles in Eastern Europe. – 2014. – Vol. 22, No. 2(104). – P. 96-101.

10 Дюсенбиева К.Ж., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Разработка целлюлозных материалов с антибактериальными свойствами, полученные золь-гель методом // Хим. журнал Казахстана. – Алматы. – С. 95-99.

11 Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой, ҚР СТ ISO 20743-2012, 8-56 с.

Дюсенбиева Кульмайрам Жаманбаевна, PhD докторант Алматинского технологического университета, e-mail: d.kulmairam@mail.ru, моб. 8 7011501325

Таусарова Бижамал Раимовна, профессор, доктор химических наук, e-mail: birtausarova@mail.ru

Кричевский Герман Евсеевич, профессор, доктор технических наук, e-mail: gek20003@gmail.com

Кутжанова Айкен Жуматаевна, профессор, кандидат технических наук, e-mail: kutganova@mail.ru