

**АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ**

**МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН МАҚТА МАТАЛАРЫНЫҢ
АНТИМИКРОБТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ**

**ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF COTTON FABRICS MODIFIED WITH COPPER
NANOPARTICLES**

К.Ж. ДЮСЕНБИЕВА, Б.Р. ТАУСАРОВА, А.Ж. КУТЖАНОВА
К.Ж. ДЮСЕНБИЕВА, Б.Р. ТАУСАРОВА, А.Ж. ҚҰТЖАНОВА
K. ZH. DYUSSENBIYEVA, B. R. TAUSSAROVA, A.ZH .KUTZHANOVA

(Алматинский технологический университет)

(Алматы технологиялық университеті)

(Almaty Technological University)

E-mail: d.kulmairam@mail.ru

*В статье изложены исследования по антимикробной активности целлюлозных материалов. Антимикробная обработка золь-гель методом осуществлялась в водно-спиртовом растворе тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц меди. Антимикробная активность определена к *Aspergillus niger*, *Penicillium brevi* и *Trichoderma viride*. Результаты показали, что обработанные текстильные материалы имеют отличные антимикробные свойства. С помощью электронно-сканирующего микроскопа был произведен анализ изменений поверхности образцов после их покрытия наночастицами меди. Определено количественное содержание веществ на текстильных волокнах. Изучены физико-механические показатели модифицированных текстильных материалов. Установлено, что золь-гель композиция не оказывает значительного влияния на прочностные свойства и воздухопроницаемость исследуемых образцов.*

*Берілген мақалада целлюлозды материалдардың антимикробтық белсенділігінің зерттеу нәтижелері қарастырылған. Золь-гель әдісімен антимикробтық өңдеу тетраэтоксисиланның сулы-спиртті ерітіндісіне мыс нанобөлшектерін араластыру арқылы жүзеге асты. Антимикробтық белсенділік *Aspergillus niger*, *Penicillium brevi* және *Trichoderma viride* анықталды. Нәтижелер қорытындысы бойынша өңделген текстиль материалдары өте жоғары антимикробтық қасиетке ие екенін көрсетті. Электронды-сканерлеуші микроскоп арқылы мыс нанобөлшектімен өңделген мата үлгілерінің беттік өзгерістеріне сараптама жасалды. Текстиль талшығының құрамындағы заттар саны анықталды. Модификацияланған текстиль материалдарының физико-механикалық көрсеткіштері зерделенді. Золь-гель композициясының зерттеліп отырған үлгінің ауа өткізгіштік және беріктік қасиеттеріне айтарлықтай әсер етпейтіні анықталды.*

*The article presents a study on the antimicrobial activity of cellulosic materials. Antimicrobial treatment of the sol-gel method carried out in aqueous - alcoholic solution tetraethoxysilane adding nanoparticles of copper. The antimicrobial activity is determined by *Aspergillus niger*, *Penicillium brevi* and *Trichoderma viride*. The results showed that the treated textiles have excellent antimicrobial properties. With the help of electron-scanning microscope was analyzed changes in the surface of the*

samples after coating copper nanoparticles. To quantify the content of substances on the textile fibers. The physical and mechanical properties of modified textile materials. It is found that sol-gel composition has no significant influence on the strength properties and permeability of the samples. The physical and mechanical properties of modified textile materials. It is found that sol-gel composition has no significant influence on the strength properties and permeability the samples.

Ключевые слова: золь-гель метод, полифункциональная отделка, антимикробная активность, тетраэтоксисилан, композиция.

Негізгі сөздер: золь-гель әдісі, көпфункционалды өңдеу, антимикробтық белсенділік, тетраэтоксисилан, композиция.

Keywords: sol-gel method, polyfunctional furnishing, antimicrobial, tetraethoxysilane, composition.

Введение

В последние годы противомикробная отделка текстильного материала стала чрезвычайно важной в производстве защитных, декоративных и технических текстильных изделий [1] Это дает возможность для расширения использования различных текстильных изделий в текстильной, фармацевтической, медицинской, инженерной, сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

На рынке резко возросло число различных антимикробных агентов, пригодных для текстильных материалов. Эти антимикробные агенты отличаются по своей химической структуре, эффективности, способу применения и влиянию на людей и окружающую среду, а также стоимости. В литературе [2] есть несколько различных классификаций антимикробных агентов по эффективности, механизмам, антимикробной активности и устойчивости к мокрым обработкам.

В настоящее время для придания волокнам различного происхождения специальных свойств используются различные методы: фотонные технологии, лазерная обработка, плазменным разрядом [3,4]. Данные методы открывают большие возможности в модифицировании волокон и текстиля, но существенным недостатком являются высокие затраты, поскольку такие процессы требуют специального дорогостоящего оборудования и имеют специфические ограничения. Исходя из этого, перспективным методом для получения

волокон и текстильных материалов, модифицированных функциональными наночастицами, является золь-гель технология [5].

Данная технология представляет собой новый способ функционализации ткани путем обработки ее в жидкофазных системах - золях, приводящей к закреплению наночастиц на поверхности волокон и тем самым приданию тканям новых, специальных свойств. Использование нанотехнологий позволяет значительно снизить затраты на основной стадии производства, где расход сырья и материалов значителен.

В наноразмерном состоянии многие вещества приобретают новые свойства и становятся в биологическом отношении весьма активными. В числе наноматериалов, которые производятся в настоящее время промышленностью, особое внимание привлекают препараты наночастиц серебра, меди, цинка, золота и палладия, обладающие антибактериальными свойствами [6]. Наночастицы меди обладают антибактериальной активностью. Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта меди с бактериями, значительно улучшая его бактерицидные действия. Активное использование нанокompозитов меди для пропитки текстиля обусловлено их значительными и неоспоримыми преимуществами перед другими существующими антимикробными препаратами [7,8,9].

Анализ литературных данных показывает, что золь-гель технология является перспективным методом получения защитных порывтий. Поэтому исследования, посвященные разработке и получению антимикробных целлюлозных материалов с заданными свойствами по золь-гель технологии, а также изучению свойств и наиболее эффективных областей применения указанных материалов, имеют большое научное и практическое значение.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования в работе явилась: хлопчатобумажная ткань 100%, полотняного переплетения, 147,36 г/м², лин. плотность 33,6 текс. Перед проведением экспериментальных работ хлопчатобумажную отбеленную, неаппретированную ткань подвергали промывке в дистиллированной воде с целью полного удаления остатков отбеливающей ванны. После сушки проводилось выдерживание в эксикаторе над обезвоженной CaCl₂ для определения точной навески образца.

Антимикробные свойства хлопчатобумажной ткани проверялись с применением метода лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению (ГОСТ 9.060–75). Сущность метода заключается в том, что образцы антисептированной и исходной ткани в определенных условиях подвергают длительному воздействию естественного комплекса почвенной микрофлоры путем нанесения ее на поверхность ткани, а затем определяют ее устойчивость к микробиологическому разрушению (П). По ГОСТ 9.060–75 ткань считается устойчивой к биоповреждениям при П ≥ 80%.

Для определения разрывных характеристик по стрип-методу использовалась разрывная машина РТ-250М (ГОСТ 3813–72).

Показатели воздухопроницаемости ткани определялись в соответствии с ГОСТ Р

ИСО 9237-99 на приборе МТ-160 (ЗАО «Метротекс», Россия).

Поверхность и структуру, наличие веществ, содержащихся на волокнах обработанных образцов, исследовали с помощью японского электронного сканирующего микроскопа JSM-6490 LA.

Результаты и их обсуждение

Для приготовления золя в качестве основного компонента используют тетраэтоксисилан, в качестве растворителя (этиловый спирт в соотношении вода : спирт 4:1), катализатор гидролиза тетраэтоксисилана использована плавиковая кислота. Затем добавляют ацетат меди 2 -6 г/л. Время приготовления золя 30 минут, температура 40 °С.

Образец хлопчатобумажной ткани размером 200 × 200 мм после определения точной массы на аналитических весах подвергался пропитке золь-гель композицией на лабораторной двухвальной плюсовке с 90% отжимом, а сушка и термообработка проводились на игольчатых рамках в сушильном шкафу с терморегулятором. Термообработка осуществлялась 125 °С в течение 2 минут. После сушки и термообработки образец промывался в дистиллированной воде и высушивался при комнатной температуре.

Микробиологические исследования были проведены по ГОСТ 9.048-89. Испытания ткани на грибоустойчивость проводили следующим образом.

Для проверки на грибостойкость образцов ткани в качестве тест-культур использовали грибы *Aspergillus niger*, *Pennicillium brevi* и *Trichoderma viride*. Перед испытаниями были проведены высева тест-культур на свежую среду Чапека для определения их жизнеспособности, рисунок 1.



а)

б)

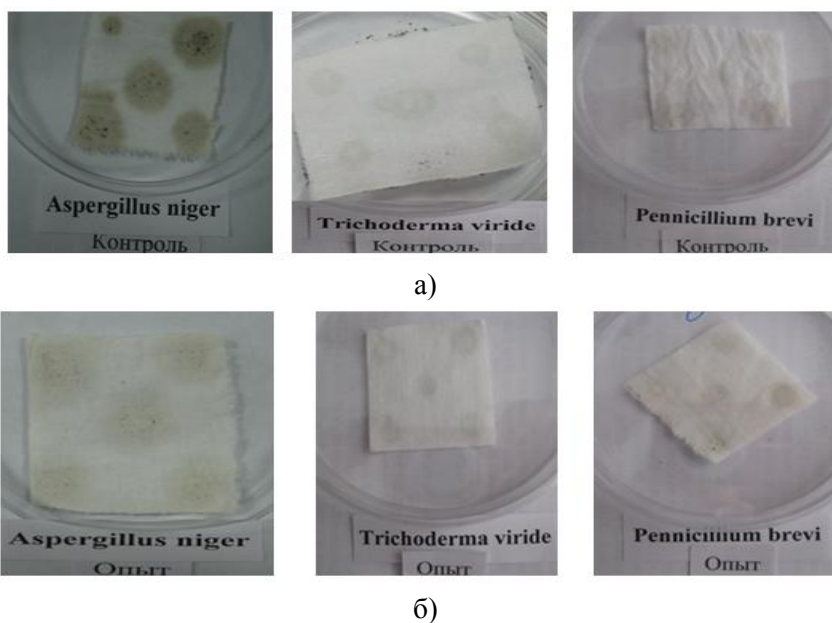
в)

Рисунок 1 – Рост тест-культур на среде Чапека

а - *Aspergillus niger*, б - *Trichoderma viride*, в - *Penicillium brevi*

Образцы биоцидной и исходной ткани обрабатывали суспензией грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium brevi* и *Trichoderma viride* и помещали в чашки Петри, которые в свою очередь были помещены в эксикатор с водой для создания необходимой влажности. Инкубацию проводили при температуре 30 °С в течение 28 дней. Результаты показали, что через 5 суток наблюдался рост гриба *Aspergillus niger* на необработанном контрольном образце ткани. Интенсивность прорастания гриба составила 5 баллов (невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих более 25% испытуемой поверхности).

В остальных образцах роста грибов не отмечалось. Через 28 суток во всех контрольных образцах наблюдался рост всех испытуемых грибов (рис. 2). При этом рост грибов *Penicillium brevi* – на 4 балла (невооруженным глазом отчетливо видно развитие грибов, покрывающих менее 25% испытуемой поверхности), а *Aspergillus niger* и *Trichoderma viride* в контрольных образцах был оценен на 5 баллов, а на поверхности ткани, обработанной предлагаемой композицией, роста испытуемых грибов не наблюдалось.



а - Образцы необработанной хлопчатобумажной ткани;

б - Образцы хлопчатобумажной ткани, обработанных в водно-спиртовом растворе тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц меди

Рисунок 2 – Рост грибов на поверхности хлопчатобумажной ткани

По результатам электронно-сканирующей микроскопии (JSM-6510LA) выявлено изменение морфологической поверхности обработанных образцов по сравнению с неаппретированными образцами (рис. 3). Установлено, что поверхность обработанных тканей грубее, чем в необработанной ткани, указывая на содержание оксидокремниевой матрицы. Как видно из рисунков, предло-

женный способ обеспечивает закрепление наночастиц ацетата меди на поверхности ворсинок целлюлозной ткани. Методом количественного анализа установлено наличие веществ, содержащихся на волокнах (рис. 3). Элементный состав антимикробного хлопкового волокна показал, что в химической структуре присутствуют вещества Si – 1,67 %, Cu-0.60 %, Al - 0,07 %. Из вышеизложенного

можно сделать вывод, что предложенный способ антимикробной отделки с применением золь-гель синтеза тетраэтоксисилана с при-

менением ацетата меди, обеспечивает эффективную антимикробную активность текстильного материала.

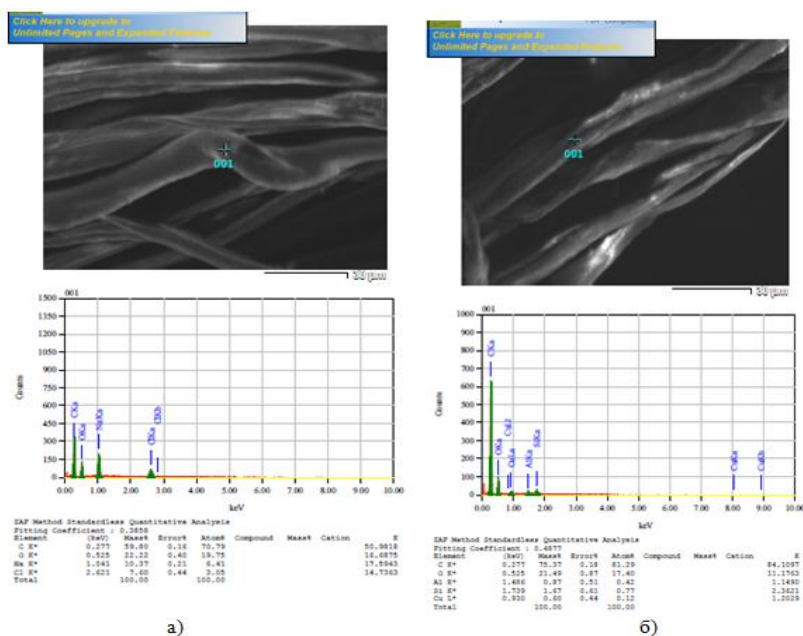


Рисунок 3 - СЭМ изображения и ЭДС анализ поверхности необработанного хлопкового волокна (а) и обработанного хлопкового волокна (б)

В ходе исследования на определение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, было установлено, что предложенный состав не оказывает значительного влияния на прочностные свойства исследуемых

образцов. Показатели воздухопроницаемости практически остаются неизменными по сравнению с необработанной тканью. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели разрывной нагрузки и воздухопроницаемости обработанных образцов

Наименование	Прочность при разрыве, Н		Удлинение при разрыве, мм		Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$, не менее
	Основа	Уток	Основ	уток	
Контрольный образец	219,77	148,48	27,38	36,17	228,2
Обработанный образец	214,60	142,18	22,88	38,69	225,7

Выводы

1. Модификация целлюлозных текстильных материалов золь-гель методом на основе применения тетраэтоксисилана с добавлением наночастиц меди придает им антибактериальные свойства к тест-культурам *Aspergillus niger*, *Penicillium brevi* и *Trichoderma viride*. Результат исследования

показал, что через 28 суток на всех контрольных образцах наблюдался рост всех испытуемых грибов, а на поверхности ткани, обработанной композицией, роста испытуемых грибов не наблюдалось.

2. В результате исследования с применением электронного сканирующего микроскопа обнаружено, что в волокнах

ткани, обработанной композицией, присутствуют наночастицы меди, обеспечивающие микробиологическую безопасность текстильному материалу. Установлено изменение морфологической поверхности волокон, а также присутствие веществ Si -1,67 %, Cu-0.60%, содержащихся на волокнах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кричевский. Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. М.: 2011г - 528с.
2. Boris Mahltig, Torsten Textor. Nanosols and textiles, World Scientific Publishing. USA, 2008, 237 p.
3. Разуваев А.В. Механизм антимикробного действия немигрирующего биоцидного препарата, ковалентно связанного с текстильным материалам // Научная деятельность. – 2011. – Т. 3, № 1 (6). – С. 50 – 53.
4. Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей. Справочник. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – Т. 1. – 432 с.
5. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2012 г.- 309 с.
6. Егорова Е.М. Наночастицы металлов в растворах: биохимический синтез и применение // Нанотехника. – 2004. – №1. – С. 15 – 26.
7. 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): 96-101.
8. Дюсенбиева К.Ж., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Разработка целлюлозных материалов с антибактериальными свойствами, полученных золь-гель методом. // Химический журнал Казахстана. 2015. 2(50). С-95-99.
9. Дюсенбиева К.Ж., Таусарова Б.Р., Кутжанова А.Ж., Золь-гель метод получения целлюлозных материалов с антибактериальными свойствами материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в науке», 28-29 октября, г.Новосибирск, 2015. 10 (47).-С- 27-31.