

## ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ, ГИГИЕНЫ, КОСМЕТОЛОГИИ

### CELLULOSIC TEXTILE MATERIALS FOR MEDICINE, HYGIENE, COSMETOLOGY

А.П. Морыганов, Н.С. Дымникова  
A.P. Moryganov, N.S. Dymnikova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)  
Institution of Sciences G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry  
of the Russian academy of Sciences, (Ivanovo)  
E-mail: apm@isc-ras.ru

**Показана целесообразность получения функциональных целлюлозных волокон и материалов на их основе для изделий медицинского назначения. Выявлены преимущества использования льноволокна для таких изделий. Представлены известные и разработанные в ИХР РАН ресурсосберегающие технологии получения антимикробных текстильных материалов.**

**Ключевые слова:** целлюлозные волокна, нетканые материалы, медицина, антисептики, наночастицы серебра.

**The expediency of obtaining functional cellulose fibers and materials based on them for medical products is shown. Advantages of use of flax fibers for such products are revealed. The well-known and developed resource-saving technologies for producing antimicrobial textile materials in the ISC RAS are presented.**

**Key words:** cellulose fibers, nonwovens, medicine, antiseptics, silver nanoparticles.

Необходимость создания новых видов текстильных материалов для медицины, гигиены, косметологии является актуальной, ввиду того, что выпускаемый в настоящее время в России ассортимент такого вида продукции явно недостаточен и основан в большинстве случаев на комбинации слоев марли, ваты, мадаполама и тканей, что явно недостаточно, поскольку выпускаемые материалы не обладают необходимым комплексом функциональных свойств. Выше перечисленные тканые и трикотажные полотна хорошо впитывают, но плохо связывают экссудат и обладают высокими адгезионными свойствами, что приводит к трудностям при снятии повязок с раны и болевым ощущениям. Кроме того, указанные материалы способны к десорбции раневого отделяемого, что неизбежно приводит к продолжению развития раневой инфекции.

По мнению практических хирургов, изделия, имеющие в процессе эксплуатации непосредственный контакт с телом человека и особенно материалы, предназначенные для медицинских и детских учреждений, должны выполнять следующие функции [1]:

- необратимо удалять избыточный экссудат и микробные частицы;
- защищать рану от высыхания;
- стимулировать восстановительные процессы;
- защищать рану от механических воздействий и вторичного инфицирования;
- быть удобными для пациента и иметь эстетический вид.

При этом материал должен быть экологичным, антиаллергенным, атравматичным и

т.д.

Широкие возможности совершенствования перевязочных средств открываются при разработке нетканых материалов (НМ), достижение требуемых функциональных свойств которых обеспечивается как за счет свойств сырья, так и за счет особенностей технологии изготовления нетканых полотен, применения различных технологических приемов и структурных элементов.

Разработка новых оригинальных структур нетканых полотен позволит расширить ассортимент медицинских и гигиенических материалов, увеличить экономическую эффективность их применения в медицинской практике в качестве перевязочных средств и изделий гигиенического назначения. Одним из важных факторов, оказывающих существенное влияние на свойства новых материалов широкого спектра применения, является правильный подбор сырья. При производстве высококачественных нетканых материалов рекомендуют применять, главным образом, целлюлозное сырье, а для обеспечения атравматичных свойств необходимо включать в структуру полотна гидрофобные волокна (полиэфирные (ПЭ) или полипропиленовые (ПП)), которые обладают нулевой сорбцией водных паров и не раздражают кожные покровы человека.

Физико-механические показатели волокон, применяемых при производстве нетканых полотен, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства волокон	Величина показателя волокна:					
	натурального				синтетического	
	хлопок	лен	вискоза	бамбук	ПЭ	ПП
Средняя массодлина, мм	35	30,5	61,0	67,0	66,0	63,0
Средняя линейная плотность, текс	0,16	2,8	0,32	0,4	0,33	0,34
Гигроскопичность, %	8	13,5	13	13,8	0,5	0
Поглотительная способность, г/г	17,0	19,0	16,2	16,5	1,3	0,5
Равновесная влажность волокон при относительной влажности воздуха ф, %	65 95	7-8 20-25	11-12 19-21	12-13 33-35	0,4-0,5 0,5-0,7	0 0
Удельное электрическое сопротивление, Ом	$8,2 \times 10^{10}$	$7,2 \times 10^{10}$	$3,4 \times 10^{11}$	$4,0 \times 10^{10}$	$5,4 \times 10^{13}$	$3,6 \times 10^{12}$
Способность угнетать болезнетворную микрофлору	низкая	высокая	нет	нет	нет	нет
Лечебные (за счёт лигноуглеводного комплекса)	нет	есть	нет	нет	нет	нет
Эксплуатационные (комфортность)	высокие	очень высокие	высокие	низкие	низкие	низкие

Значение натуральных волокон для медицинских и гигиенических материалов бесспорно. Они придают готовым продуктам необходимые свойства и обладают целым рядом преимуществ по сравнению с синтетическими волокнами:

- наличие в целлюлозе гидроксильных групп придает волокну высокие гигроскопические свойства;
- наличие капиллярной системы - высокую поглотительную способность и равновесную влажность, что необходимо для перевязочных средств;
- такое свойство натуральных волокон, как газопроницаемость, при которой материал задерживает жидкости, но пропускает газы и водяной пар определяет применение изделий из натуральных волокон в операционных;
- они приятны на ощупь, не вызывают отрицательных физиологических реакций, имеют высокие эксплуатационные свойства;

- обладают высокой абсорбционной способностью, что облегчает иммобилизацию на волокнах антимикробных, лечебных и др. препаратов, легко поддаются последующей отделке.

Из данных таблицы 1 очевидно следует, что значительные преимущества в сравнении с другими видами целлюлозных волокон имеют волокна льна. Морфологические особенности льноволокна и состав его природных спутников (лигнина, гемицеллюлоз, флавоноидов, микроэлементов и т.д.) придают льнодержим материалам терморегулирующие функции, способность угнетать жизнедеятельность микрофлоры, ускорять заживление ран, высокую сорбционную способность, гигроскопичность, прочность, низкую электризуемость, устойчивость к трению и многократным изгибам. Кроме того, доказано, что льняное волокно обладает антимикробной активностью в отношении ряда микроорганизмов. Отличительной способностью льняного волокна является и то, что при увлажнении его прочность возрастает до 40%. Высокая степень полимеризации целлюлозы льняного волокна обеспечивает ему прочность и устойчивость к свету, стиркам, износостойкость [2].

Поэтому, одним из перспективных направлений является разработка полифункциональных НМ на основе льноволокна, сочетающих в себе признаки как традиционных целлюлозных медицинских материалов (по экологичности, биосовместимости, тактильной комфортности), так и современных перевязочных средств.

Однако, следует отметить, что переработка льняного волокна в 100%-ном виде затруднена. Это объясняется, в основном, широким диапазоном по длине (3-100 мм) с большой долей короткого волокна. Поскольку одним из важных показателей материалов медицинского назначения является высокая сорбционная способность, поэтому оптимальное содержание льноволокна в НМ определяли по показателю гигроскопичности. На рис. 1 представлена зависимость гигроскопичности НМ от количественного соотношения вискозного и льняного волокон в волокнистой смеси [3].

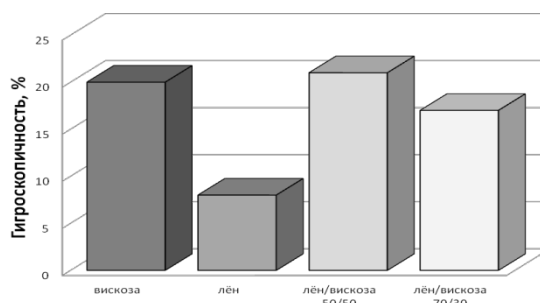


Рис. 1 Влияние смесового состава на гигроскопичность НМ

Проведенными исследованиями доказано, что оптимальное содержание льноволокна в смеси должно составлять не более 40-50 %.

Одним из перспективных направлений создания нового поколения средств медицинской помощи является иммобилизация в волокнистых материалах препаратов, обеспечивающих антимикробный, обезболивающий и лечебный эффекты, регенерацию поврежденных тканей.

Развиваемое в ИХР РАН научное направление связано с изучением специфики формирования ультрадисперсных частиц серебра в присутствии широкого спектра относительно недорогих, доступных реагентов, в том числе, природных полимерных соединений. Целесообразность применения ультрадисперсных частиц при изготовлении антимикробных нанокомпозитов обусловлена, во-первых, преимуществом воздействия металлов в виде наночастиц по сравнению с ионными формами [4], во-вторых, более низкой (в 2,5-6 раз) токсичностью НЧ металлов в сравнении с токсичностью их солей [5], и, наконец, возможностью проявления синергизма свойств материалов центрального ядра и стабилизирующего компонента [6].

В результате проведенных исследований разработана серия экологически безопасных препаратов Нанотекс с НЧ<sub>Ag</sub>, обладающих широким спектром биологической активности [7,8].

Сравнительная оценка биологической активности волокон льна, обработанных различными известными антимикробными препаратами (АП) (повиарголом, диоксидином, хлоргексидина биглюконатом), и результатами наших разработок (серебросодержащий Нанотекс) позволила осуществить выбор АП для последующей иммобилизации их на льноволокне, определить температурно-временные параметры технологического процесса получения антимикробных волокон. Все представленные соединения обеспечивают высокие (9-13 мм) зоны задержки роста к представителям грамположительной (золотистому стафилококку *Staphylococcus aureus* – рис. 2, б) и грамотрицательной (кишечной палочке *Escherichia coli* –рис. 2 а) микрофлоры, а также к грибковой культуре (рис. 1, в). При этом следует отметить, что синтезированный в ИХР РАН препарат Нанотекс (образец №4), содержащий 0,28 г/л НЧ<sub>Ag</sub>, по антимикробной активности не уступает действию известных антисептиков, взятых в концентрации на порядок более высокой.

Установленные концентрации препаратов гарантируют достижение необходимого антимикробного действия, отсутствие аллергических эффектов при контакте с раневой поверхностью.

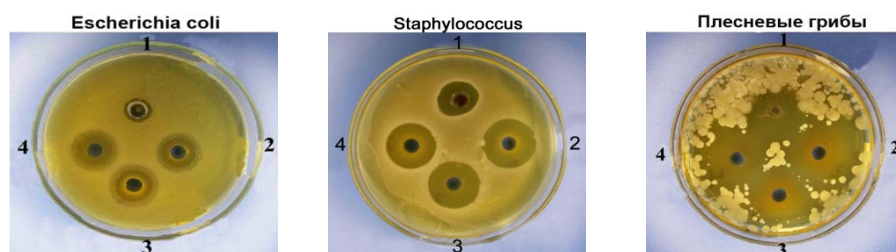


Рис. 2 Влияние антисептических препаратов (1-4) на зоны задержки роста тест-культур. 1-повиаргол (2,9 г/л); 2 – хлоргексидина биглюконат (5 г/л); 3- диоксидин (20 г/л); 4- нанотекс (0,28 г/л НЧ<sub>Ag</sub>).

Рациональным подходом к созданию функционализированных текстильных материалов является сочетание, с одной стороны, высокой биологической активности препаратов и, с другой стороны, использование современных возможностей изготовления структур материалов различного волокнистого состава, при которых обеспечивается требуемая скорость выхода активных реагентов из полимерных матриц и прогнозируемый уровень их воздействия на микроорганизмы.

Согласно данным, приведенным на гистограмме (рис. 3), сорбция НЧ серебра целлюлозными волокнами при обработке текстильных материалов препаратом Нанотекс в 2-4 раза выше, чем у полиэфирных волокон. При этом из волокон хлопка, льна и гидратцеллюлозных десорбируется за 6 ч. в физраствор 50-63 % НЧ, из ПЭФ – 90 %. Приведенные результаты показывают, в какой мере варьирование соотношений различных по природе волокон в текстильной матрице может влиять на скорость выхода НЧ серебра из полимерного материала в физиологически активные среды и обеспечивать ударную дозу препарата или необходимый период его пролонгированного действия [9].

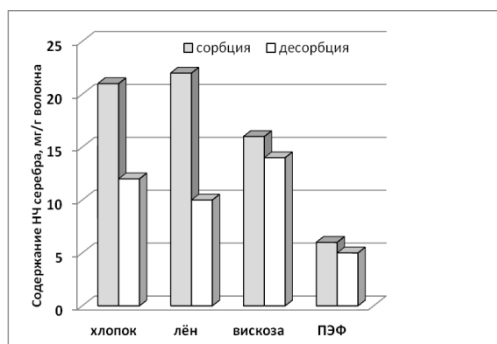



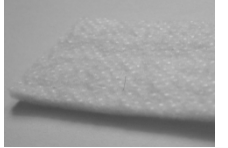
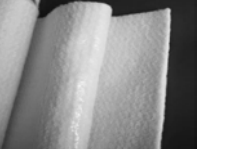
Рис. 3 Сорбция (мг/г) НЧ серебра волокнами различной природы и их десорбция из волокон в физраствор (мг/мл).

Совместно со специалистами научно-исследовательского института нетканых материалов» (г. Серпухов) разработаны основы технологии изготовления льносодержащих НМ для медицины, гигиены, косметологии.

Были теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены оптимальные смесовые составы сырья для различных видов нетканых полотен с содержанием модифицированного льняного волокна, обеспечивающим технологичность его переработки и комплекс необходимых функциональных свойств. Построением функциональных моделей были спроектированы и изготовлены различные структуры льносодержащих нетканых медицинских атрауматичных полотен, материала гигиенического назначения (с высокой впитывающей, удерживающей способностью, повышенной воздухопроницаемостью и антимикробными свойствами). Кроме того, были разработаны материалы-носители косметических средств по уходу за кожей (маски, салфетки), материалы для обертываний, бальнеологических и физиотерапевтических процедур, поскольку уникальные медико-биологические свойства, комфортные тактильные свойства, высокие гигиенические характеристики, совместимость с косметическими композициями открывают перспективу применения льноволокна и в косметологии (см. табл. 2) [10, 11].

Натурные испытания изготовленных готовых изделий (перевязочных средств, тампонов, впитывающих салфеток, текстильных носителей лекарственных препаратов) в клинических условиях выявили их положительные гигиенические и функциональные (антимикробные, ранозаживляющие, атрауматические) свойства. Испытания экспериментальных образцов гидрофильных льносодержащих нетканых материалов косметического назначения у потенциальных потребителей выявили соответствие разработанных материалов функциональному назначению и общим тенденциям развития косметологии и СПА-процедур в талассотерапии. Доказана возможность применения разработанных материалов в производстве косметических масок, салфеток, и других косметических изделий, а также в качестве технических средств для различных видов обертываний.

Физико-механические показатели нетканых материалов  
для медицины и косметологии

Показатели	Значение показателей для образцов			
	Медицинских антимикробных		Косметологические	
	1	2	Для косметических масок	Для талассотерапии
Волокнистый состав:				
льняное волокно	40	40	50	50
бамбуковое волокно	-	40	-	-
вискозное волокно	40	-	50	50
полиэфирное волокно	20	20	-	-
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	280	285	200	220
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	305	285	438	440
Поглотительная способность, г/г	16,2	12	-	-
Скорость смачивания, с	1	1	-	-
Водопоглощение, %	-	-	530	478
Толщина, мм	-	-	2	2
Зона задержки роста микроорганизмов, мм:			-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	2	-	-
<i>Candida albicans</i>	3	3	-	-
<i>Escherichia coli M-17</i>	Бактериостатический эффект		-	-
				

Разработанные технологии модификации волокон для изделий одноразового использования послужили базой для создания антигрибковых и антимикробных материалов длительного срока службы.

Новая разработка направлена на обоснование вариантов изготовления трикотажной продукции, которые позволили объединить трудносовместимые эффекты: с одной стороны, низкую смываемость биоцидного препарата в процессах стирок, с другой – необходимый уровень миграционной способности НЧ<sub>Ag</sub> в условиях эксплуатации изделия человеком для достижения заданного уровня профилактического защитного действия.

Научная новизна подхода заключается в реализации приемов регулирования субстантивности биологически активных серебросодержащих гибридных наноматериалов к целлюлозным волокнам посредством оптимизации их состава и условий получения, что позволило управлять процессами сорбции активных компонентов и создавать технологии:

- периодических способов обработки готовых изделий (чулочно-носочные, перчатки, белье и т.д.) при обеспечении максимальной выбираемости активных компонентов для препаратов с высокой субстантивностью ;

- непрерывных процессов обработки (пряжа, ткани, нетканые материалы и т.д.), для которых необходимо равномерное распределение и закрепление на волокне препаратов с низкой субстантивностью [6].

Таким образом, представленные выше принципы получения материалов с антигрибковым и/или антимикробным действием для одноразовых изделий (перевязочные средства, изделия гигиенического назначения и предметы косметологии), либо с

продолжительным действием (для изделий бытового назначения) позволят расширить ассортимент высокотехнологичных инновационных материалов и увеличить эффективность их применения на практике.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Дауров Т.Т., Андреев С.Д., Касин В.Ю. Новые перевязочные материалы и средства // Хирургия. – 2007.- №4.- с. 113-115.
2. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Морыганов П. А. Биозащищенные льнонанокомпозиты – основа для изготовления высокотехнологичной «Эко» продукции// Российский химический журнал.- 2011.- т.55.- № 3.- с. 28-35.
3. Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Морыганов П. А., Братченя Л.А, Есенкова Н.П. Перспективы применения биологически активных волокон льна// Известия ВУЗов. Технология текстильной пром-ти, 2012.- №3.- с. 11-15.
4. Петрова Л.С., Липина А.А., Зайцева О.А., Одинцова О.И. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности.- 2018.- №6.- с.105-108.
5. Рахметова А.А., Алексеева Т.П., Богословская О.А. и др. //Российские нанотехнологии. 2010. Т. 5. № 3-4. С. 102-107.
6. Дымникова Н.С., Морыганов А.П., Дьячин С.А., Одинцова О.И., Петрова Л.С., Королев С.В., Муратова Н.Н. Новые направления в получении антимикробных текстильных материалов.//Сб. докладов III Научно-практического симпозиума «Российская неделя текстильной и легкой промышленности». 21-23 марта, 2018 г., Экспоцентр, Москва, с.108-120.
7. Дымникова Н.С. Ерохина Е.В., Морыганов А.П. Модификация целлюлозных волокон золями серебра, синтезированных в экстрактах природных примесей льна // Перспективные материалы. - 2017. - №. 6.- с. 29-38.
8. Патент РФ №2525545, опубл. 20.08.2014. БИ № 23. Способ получения антимикробного серебросодержащего целлюлозного материала. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Морыганов П.А., Галашина В.Н., Морыганов А.П..
9. Галашина В.Н., Ерохина Е.В., Дымникова Н.С., Морыганов А.П. Модификация материалов на основе полиэфирных и целлюлозных волокон биологически активными моно- и биметаллическими наночастицами // Российский химический журнал.- 2015. -Т. LIX.- № 3.- с. 86-96.
10. Галашина В.Н., Ерохина Е.В., Морыганов А.П., Фокина Н.А., Братченя Л.А. Высокотехнологичные льносодержащие материалы для медицины, гигиены и косметологии// Дизайн. Материалы. Технология. -2016. -№4.- с. 39-42.
11. Патент РФ № 126007, опубл. 20.08.2013, Б.И. №8. Антимикробный нетканый материал для медицинских и санитарно-гигиенических изделий краткосрочного пользования / Н. А. Фокина, Засенко Н.В., Чибисова Т.В., А. П. Морыганов, В.Н. Галашина.