

ПРОИЗВОДСТВО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНО-, БИМОДИФИЦИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

А.Л. Крылов

ОАО «ЦК МПФГ «Формаш» (Москва);

Т.Н. Кудрявцева

АО «ЦНИИЛКА»(Москва);

Д.Д. Гриншпан

НИИ ФХП БГУ, г. Минск;

А.М. Прудник

НИЧ БГУИР, г. Минск

Аннотация. Разработаны технологии производства нано-, биомодифицированных химических волокон и текстильных смесовых материалов с их использованием. Текстильные материалы обладают здоровьесберегающими защитными свойствами, повышают безопасность среды обитания, минимизируют последствия катастроф, террористических актов. Выработаны опытно-промышленные партии модифицированных волокон и защитных текстильных материалов.

Abstract. Making of the fibrous textile materials with nanomodified chemical fibers reduced combustibility, antimicrobe, antistatic, radar absorption, high hygienic properties. These materials raise the safety in the premises as well as minimize the disaster and terrorist action effects. The development of ther technology for obtaining the nanomodified by crazing polyester fibers and fibres cellulose +chitosan. Production of the batch of fibers and textile articles made of these fibers.

Ключевые слова: волокнистые текстильные материалы, наномодифицированные химические волокна, крейзинг полиэфирных волокон, целлюлознохитозановые волокна, свойства, пониженная горючесть, антистатические, бактерицидные, фунгицидные, радиопоглощающие, высоко гигиеничные.

Keywords: the fibrous textile materials, crazing, nanomodified polyester fibers, cellulose +chitosan, properties: antimicrobe, antistatic, radar absorption, reduced combustibility, hygienic.

Бытовые бактериостатические, радиопоглощающие текстильные изделия (пледы для беременных, трусы, майки и др.) выпускает фирма RadiaShield, США. Нетканые радиопоглощающие пламягасящие, антимикробные обои для «чистых комнат» выпускает фирма, Europa NCT Sp z o.o, Польша и т. п.

За последние годы в мире существенно снизилась экологическая безопасность среды обитания. Резкое ухудшение характеристик безопасности относится к стратегическим рискам. Прогноз на среднесрочную и долгосрочную перспективу показывает возможность синергетического усиления указанных рисков. Как следствие этого, резко ухудшилось качество жизни. Разработка *здоровьесберегающих защитных* текстильных материалов с требуемыми специальными свойствами и технологий их производства представляется весьма необходимой. Цель — улучшение экологии окружающей среды и повышение качества жизни. На рынке появились текстильные изделия, которые реагируют на резкое изменение параметров окружающей среды и минимизируют последствия вредных воздействий. Защитные текстильные материалы со специальными свойствами могут использоваться при изготовлении продукции двойного назначения: гражданского и военно-технического.

Защитные свойства здоровьесберегающих текстильных материалов в зависимости от их назначения регламентированы рядом нормативных документов. Например:

— Требования биологической и химической безопасности, предъявляемые к одежде и швейным изделиям из текстильных материалов согласно ТР ТС. 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» и ТР ТС. 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности. Методы испытаний», где определены гигиенические свойства и свойства химической безопасности текстильных материалов, в том числе для детей различного возраста и слоя ношения;

— Федеральный закон 123-ФЗ от 25.04.2012 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», который определяет требования к огнестойким свойствам интерьерного коммерческого текстиля для гостиниц, санаториев, больниц и т. п.;

— НПБ 161-97 «Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методы испытаний», где определены огнестойкие и гигиенические свойства одежды пожарных;

— Требования СанПиН 2.2.4.1191-2003 по снижению риска вредного влияния электромагнитного излучения средствами индивидуальной защиты человека в виде отражающих или поглощающих экранов (5.1.4 и 5.2.6.4; 5.2.7.1.) и *другие нормативные документы.*

На российском рынке присутствуют в основном импортные здоровьесберегающие защитные текстильные материалы. Отечественные защитные текстильные материалы разработаны в основном для технической защиты в экстремальных производственных или военно-технических условиях, например для создания устройств радиолокационной защиты спецтехники или защиты от несанкционированного съема информации.

Организация производства здоровьесберегающих защитных текстильных материалов соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (утв. Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642, пп. б), в), д)). [1]

Текстильные изделия с защитными свойствами активно осваиваются на мировом рынке. Например каждый солдат Народной Армии Китая имеет в своем вещевом довольствии антимикробные носки, майку, трусы и полотенце, а при работе в радиационно-насыщенной зоне неионизирующего высокочастотного излучения используют радиозащитные жилеты, фартуки, пилотки и т. п. Указанные защитные текстильные изделия разработаны SHAANXI YUANFENG TEXTILE TECHNOLOGY RESEARCH CO., Китай.

Свойства текстильных изделий зависят от свойств волокон, нитей (пряжи), строения, способа выработки и характера отделки. Одним из наиболее простых способов получения текстильных изделий со специальными свойствами является использование при их производстве современных *нано-, биомодифицированных химических волокон* (6-й технологический уклад). Производство смесовых текстильных мате-

риалов с защитными свойствами за счет вложения в смесь малых долей модифицированных химических волокон значительно эффективнее мокрой обработки тканей со специальными добавками по материалоемкости, энергоемкости, водопотреблению и др. параметрам процессов.

В рамках научно-технических программ Союзного государства «Современные технологии и оборудование для производства новых полимерных и композиционных материалов, химических волокон и нитей на 2008—2012 годы», шифр «Композит» и «Разработка инновационных технологий и техники для производства конкурентоспособных композиционных материалов, матриц и армирующих элементов на 2012—2016 годы», шифр «Компомат», **разработаны технологии производства новых модификаций химических волокон и технологии переработки их в инновационные текстильные материалы со специальными свойствами.** Исполнители проектов: «ЦК МПФГ «Формаш»; ОАО «ЦНИ-ИЛКА»; ИММС НАН Беларуси г. Гомель; ОАО «Светлогорск-Химволокно»; НИЧ БГУИР г. Минск; НИИ ФХП БГУ г. Минск; ООО «Вологодский текстиль», ООО «Ниагара», МО и др.

Разработаны технологии производства полиэфирных волокон, **наномодифицированных** на основе **крейзинга** полимеров. Предлагаемая технология основана на фундаментальном свойстве полимеров к развитию нанопористости в процессе ориентационного вытягивания в особых жидких средах. Используя механизм крейзинга в процессе ориентационной вытяжки полимера, можно вводить в волокна любые жидкие и твердые тонкодисперсные модификаторы. Модификация волокна осуществляется на серийном оборудовании, оснащённом специальной оснасткой, при температуре окружающей среды, что позволяет вводить активные вещества, не подвергая их действию высоких температур. Замкнутый технологический цикл модификации сокращает образование стоков, повышает экологическую безопасность производства и позволяет снизить расход модификатора за счет введения его только в поверхностный слой волокна. [16]

На основе **крейзинга** полимеров разработаны технологии производства и выработаны опытно-промышленные

партии **наномодифицированных полиэфирных волокон в ассортименте** [2—4]:

— Волокна пониженной горючести: кислородный индекс КИ — 27—28 %;

— Волокна бактерицидные: зона задержки роста бактерий 6—37 мм;

— Волокна бактериостатические: зона задержки роста бактерий до 4 мм;

— Волокна одорированные запахом лаванда + жасмин: интенсивность запаха при хранении на открытом воздухе сохраняется в течении 48 часов и более.

— Волокна репеллентные: коэффициент отпугивающего действия, КОД не менее 78—100 %.

— Волокна повышенной электропроводности, модифицированные нано-частицами серебра и меди: удельное поверхностное электрическое сопротивление $1,8 \times 10^9$ ом, + бактериостатические и фунгицидные свойства.

— Волокна радиопоглощающие, модифицированные коллоидными растворами Fe/Ni/B, обеспечивают ослабление энергии ЭМИ излучения до 10 дБ в диапазоне частот 8,0 ÷ 12,0 ГГц и другие виды волокон.

Вложение различных сочетаний малых долей наномодифицированных на основе крейзинга полиэфирных волокон позволяет вырабатывать полифункциональные текстильные материалы со специальными свойствами. Перечень заданных специальных свойств в текстильном материале определяет заказчик. Разработаны технологии производства и выработаны опытно-промышленные партии инновационных текстильных материалов (пряжа, ткани, трикотаж и нетканые материалы) со следующими защитными свойствами [7, 10, 11]:

— Бактериостатическими и бактерицидными: зона задержки роста бактерий по отношению к грамположительной микрофлоре (*St. epidermidis*) 0—37 мм.

— Пониженной горючести: кислородный индекс (КИ) — 28—29 %.

— Одорированные запахом лаванда + жасмин: интенсивность запаха при хранении на открытом воздухе сохраняется в течении 48 часов и более.

— Репеллентными: код отпугивающего действия (репеллентность) в отношении крысиных блох *Xenopsylla cheopis* и желтолихорадочного комара *Aedes aegypti* КОД 78,1—92,7 %.

— Пониженной горючести и бактерицидными: кислородный индекс КИ — 26—27 % + зона задержки роста микрофлоры по *St. epidermidis* 8—15 мм.

— Антистатическими + бактериостатическими и фунгицидными: уровень напряженности электростатического поля на поверхности до 1 кВ/м, + зона задержки роста бактерий до 4 мм.

— Радиопоглощающими: ослабление энергии ЭМИ до -9 дБ в диапазоне высоких частот порядка $0,1 \div 10$ ГГц.

Разработаны технологии производства биомодифицированных самозатухающих целлюлозно-хитозановых волокон (растворные технологии) и инновационных текстильных материалов с их использованием. Выработаны опытные партии волокон и текстильных материалов (нетканых и трикотажных полотен). Самозатухающие целлюлозно-хитозановые волокна обладает комплексом многофункциональных свойств: бактериостатичностью, высокой гигроскопичностью, пониженной горючестью. Особый интерес представляют самозатухающие свойства волокон. Установлено, что с увеличением % вложения хитозана существенно возрастают негорючие свойства волокон:

— Целлюлозно-хитозановые волокна с вложением 20 % хитозана — КИ 28 %.

— Целлюлозно-хитозановые волокна с вложением 25 % хитозана — КИ 35 %.

— Целлюлозно-хитозановые волокна с вложением 30 % хитозана — КИ 57 %.

Нетканые полотна с вложением самозатухающих целлюлозно-хитозановых волокон, содержащих 25 % хитозана, обладают следующими специальными свойствами: [6, 12, 14]

— кислородный индекс 28,5—32,0 %;

— зона задержки роста бактерий 0—4 мм; (бактериостатический эффект);

— гигроскопичность 9—17 %;

— воздухопроницаемость 100—400 $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$;

— уровень напряженности электростатического поля на поверхности изделия, кВ/м, не более 1.

Разработаны технологии производства и изготовлены инновационные нетканые радиопоглощающие материалы с использованием сочетания в смеси углеродных гидратцеллюлозных волокон, полиэфирных волокон пониженной горючести и льняных волокон со следующими тактико-техническими характеристиками [8, 13, 15]:

— ослабление электромагнитной энергии от -10 дБ до -25 дБ в частотном диапазоне 0,7—37 ГГц;

— кислородный индекс 29,5 %;

— зона задержки роста бактерий — до 4 мм; (бактериостатический эффект);

— гигроскопичность — 4,5—9 %;

— воздухопроницаемость $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$, — 70—100;

— уровень напряженности электростатического поля на поверхности изделия, кВ/м, не более 1.

Для более сильного широкополосного поглощения ЭМИ в качестве резистатных микродобавок предложено, использовать углеродные нанопористые микроволокна (УНПМВ), обеспечивающие ослабление энергии облучения до -40 дБ в частотном диапазоне 0,7—50 ГГц. Производство углеродных нанопористых микроволокон организовано на ЗАО «НТЦ Прикладных Нанотехнологий» Россия, Санкт-Петербург. [5]

Здоровьесберегающие защитные текстильные материалы с использованием нано-, биомодифицированных химических волокон 6-го поколения со специальными свойствами конкурентоспособны, повышают инновационную ценность изделий, обладают высокой добавленной стоимостью и рыночной ликвидностью. Конкретные значения технических характеристик изделий устанавливается по требованиям потребителей.

Здоровьесберегающие защитные текстильные материалы используются для производства текстильных медицинских, перевязочных, парафармацевтических изделий, одноразовой медицинской одежды, спецодежды, обмундирования и снаряжения, форменной и рабочей одежды, текстиля для гостиничного сектора, строительства, транспорта, укрывных материалов, текстиля спецназначения, в том числе для

МВД, МЧС, МО и т. п. Изделия могут использоваться в активационной терапии для вызова и поддержания в организме положительных антистрессовых реакций.

Прогнозная потребность в здоровьесберегающих защитных бытовых текстильных изделиях чрезвычайно велика. Использование новой продукции обеспечивает улучшение качества жизни, повышение уровня санитарно-токсикологической, пожарной и кибербезопасности среды обитания человека. Например, по данным научных исследований, дети и беременные женщины наиболее уязвимы к воздействию биорадиозагрязнений и электромагнитного излучения. В России 24 млн учащихся (школьников, студентов и др.), 2,5 млн новорожденных, (2015 г.). Прогнозная потребность в биорадиозащитных текстильных материалах для детей различной возрастной категории, студентов, беременных женщин, кормящих матерей и др. не менее 50 млн м² в год.

Заключение

Разработаны опытно-промышленные технологии производства nano-, биомодифицированных химических волокон и защитных текстильных материалов с их применением с целью решения задач здоровьесбережения и противодействия техногенным, биогенным, киберугрозам, терроризму и иным источникам опасности для общества, экономики и государства. Проведены необходимые НИОКР, разработаны экспериментальные образцы продукции.

Преимущества производства защитных текстильных материалов с использованием nano-, биомодифицированных химических волокон:

— низкая целевая себестоимость в сравнении со стратегической ценой;

— различное сочетание натуральных и модифицированных химических волокон в сырьевой композиции обеспечивает multifunctionality текстильных материалов и возможность устанавливать конкретные значения технических характеристик по требованиям потребителей;

— используются стандартные технологии производства защитных текстильных материалов;

— обеспечивается соблюдение требований нормативных документов, таких как ТР ТС 007/2011 и ТР ТС 017/2011; 123-ФЗ от 25. 04. 2012 г.; НПБ 161-97; СанПиН 2.2.4.1191-2003 п. 5.3.2 и др.;

— необходимо разработать ассортимент и структуру многофункциональных защитных текстильных материалов на волокнистой основе в зависимости от назначения, ассортиментный ряд изделий, технологии их конструирования и производства, в том числе с учетом безопасности их ношения. Предусматривать «полный цикл» постановки инновационной продукции на производство с учетом ее промышленного освоения и продвижения на рынок.

Использование новой инновационной продукции обеспечивает импортозамещение текстильных изделий с защитными свойствами; улучшение качества жизни, повышение уровня санитарно-токсикологической и пожарной, кибербезопасности среды обитания человека; расширение ассортимента и объема сырьевых ресурсов для текстильной промышленности; повышение доходности, увеличение объемов производства за счет выпуска наукоемких химических волокон и текстильных изделий с высокой добавленной стоимостью.

Ориентировочная годовая потребность российского рынка в химических волокнах пониженной горючести — 20,7 тыс. т, бактерицидных (антимикробных, фунгицидных и др.) — 12 тыс. т, одорированных, репеллентных, электропроводных и др. — 6,5 тыс. т. В случае принятия в России законодательных актов по обеспечению безопасности среды обитания человека: обязательного страхования жилища, запрета использования воспламеняющихся материалов в общественных заведениях, детских и медицинских учреждениях, ужесточения требований к «чистым комнатам», потребность в химических волокнах со специальными свойствами может быть существенно увеличена.

Для промышленной реализации предложенных инновационных технологий необходимы:

1. Активная государственная политика по научно-технологическому развитию в области создания *малотоннажных*

высокотехнологичных производств модифицированных химических волокон со специальными свойствами в объеме 4—5 тыс. тонн в год. Положительным примером является строительство завода «АЛАБУГА-ВОЛОКНО» по производству ПАН-прекурсора на 1,5 тысяч тонн в год на территории ОЭЗ «Алабуга» по соглашению между Республикой Татарстан и Госкорпорацией Росатом.

В настоящее время реализуется инвестиционный проект по увеличению мощности производства ПАН-прекурсора до 5 тысяч тонн в год.

2. Кооперация предприятий, производящих инновационные химические волокна, текстильные изделия и реализующих их на рынке; разработка механизмов их взаимодействия и обеспечение равной выгоды для всех участников, например в рамках совместной деятельности. Мощная маркетинговая и рекламная кампания.

3. Неукоснительное соблюдение действующих и принятие новых государственных законодательных актов, нормативных документов, соответствующих международным стандартам, по повышению национальной безопасности за счет улучшения санитарно-токсикологической, био-, пожаро- и электромагнитной безопасности среды обитания человека.

4. Усиление информированности населения об экологических угрозах и способах защиты с использованием инновационных текстильных изделий.

5. Усилить меры государственного стимулирования инновационной деятельности предприятий и собственно разработчиков инноваций.

Список литературы

1. Стратегия научно-технического развития Российской Федерации», утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642.

2. Патент РФ № 2580140 С2 от 14 марта 2016 г. «Текстильный композит для защиты от электромагнитных излучений»/Кудрявцева Т.Н.; Грищенко В.А., Рыжкин И.А., Лыньков Л.М., Прудник А.М.

3. Патент РФ № 20090085 РФ. Способ получения бактерицидных волокон из полиэтилентерефталата / Пинчук Л.С., Новиков В.П., Винидиктова Н.С., Гольдаде В.А., Грищенкова В.А., Кудрявцева Т.Н. МПК D 01 D5/247. Заявл. 26.02.2009.

4. Патент РФ № 2439221. Текстильный волокнистый материал с биозащитными свойствами. Кудрявцева Т.Н.; Грищенкова В.А., Пинчук Л.С., Гольдаде В.А., МПК D03D25/00.//, Заявл.02.11.2010 опубл. 10.01.2012

5. Свидетельство на товарный знак РФ № 544883. Углерон, приоритет от 21.04.2014г.

6. Гриншпан Д.Д., Разумеев К.Э., Белоглазов А.П., Кудрявцева Т.Н. Производство текстильных изделий с использованием самозатухающих целлюлозно-хитозановых волокон Швейная промышленность 1-2, 2016 г., с. 14—16.

7. Кудрявцева Т. Н. Производство инновационных химических волокон специального назначения и конкурентоспособных текстильных композиционных материалов с их использованием // Научно-практический семинар «Волокна и волокнистые материалы специального назначения. Исследования и разработки» 14 июля 2015 г., г. Минск, с. 22.

8. Бойправ О.В., Кудрявцева Т.Н., Прудник А.М. Средства защиты человека на основе нетканого углесодержащего материала // Научно-практический семинар «Волокна и волокнистые материалы специального назначения. Исследования и разработки» 14 июля 2015 г., г. Минск, с. 57.

9. Кудрявцева Т.Н., Грищенкова В.А., Симкин В.М. Современные вызовы основам безопасности жизни и многофункциональные защитные радиопоглощающие материалы на волокнистой основе, «Российская неделя текстильной и легкой промышленности» // Российский рынок технического текстиля и нетканых материалов, февраль 2016 г., Москва.

10. Крылов А.Л., Кудрявцева Т.Н., Грищенкова В.А. Инновационные текстильные изделия со специальными свойствами. Международный форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», май 2016 г., Иваново.

11. Крылов А.Л., Гриншпан Д.Д., Кудрявцева Т.Н., Белоглазов А.П. Многофункциональные химические волокна для текстильных материалов нового поколения с управляемыми свойствами // Сб. докладов 2-го Международного научно-практического симпозиума «Наука — текстильному производству: новейшие

отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения» февраль. 2017 г., М.: Изд-во «БОС», 2017. с. 125.

12. Бойправ О.В., Абдулхади Х.Д.А., Прудник А.М., Кудрявцева Т.М. Электромагнитные экраны на основе волокнистых углеродосодержащих композитов для защиты биологических объектов от электромагнитного излучения // Нефтехимический комплекс. 2017. № 1 (16). С. 21—22. Научно-практическая конференция «Направления развития композиционных материалов в Республике Беларусь».

13. Д.Д. Гриншпан, Н.Г. Цыганкова, С.Е. Макаревич, Т.А. Савицкая Г.Ф. Серебряков, В.И. Вовк, Т.Н. Кудрявцева. Самозатухающие волокна и композиционные материалы на основе целлюлозы и хитозана// Нефтехимический комплекс. 2017. № 1 (16). стр. 13—15. Научно-практическая конференция «Направления развития композиционных материалов в Республике Беларусь, Минск».

14. Prudnik A., Beloglazov A., Kudryavtseva T., Lynkou L. Production technology and shielding properties of the needle-punched non-woven fabrics with carbon additives // Proceedings of the 24th International conference Electromagnetic disturbances EMD 2017. 20—22 September 2017. Białystok, Poland. P. 108—111.

15. Пинчук Л.С., Гольдаде В.А. Крейзинг в технологии полиэфирных волокон. — Минск: Беларуская навука, 2014. — 177 с.