

УДК 677.11:615.46

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ  
С ПРОЛОНГИРОВАННЫМИ АНТИИНФЕКЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ\***

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES  
OF OBTAINING TEXTILE MATERIALS AND PRODUCTS  
WITH PROLONGED ANTI-INFECT-ZIONAL PROPERTIES**

*Н.С. ДЫМНИКОВА, Е.В. ЕРОХИНА, А.П. МОРЫГАНОВ, О.Ю. КУЗНЕЦОВ, С.В. КОРОЛЕВ*

*N.S. DYMNIKOVA, E.V. EROHINA, A.P. MORYGANOV, O.YU. KUZNETSOV, S.V. KOROLEV*

**(Институт химии растворов им. Г.А.Крестова Российской академии наук, г. Иваново,  
Ивановская государственная медицинская академия,  
Объединение "Специальный текстиль")**

**(G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian academy of Sciences, Ivanovo,  
Ivanovo State Medical Academy,  
Unification "Special Textiles)**

E-mail: nsd@isc-ras.ru

*В статье представлены новые разработки специалистов ИХР РАН по синтезу препаратов на основе наносеребра. Показаны возможности использования разработанных технологий для получения антигрибковых, антибактериальных или вирулицидных текстильных материалов из целлюлозных волокон с пролонгированным защитным действием. Выпущены опытно-промышленные партии вирулицидной хлопчатобумажной ткани и защитных масок с ее использованием в качестве активного защитного слоя.*

*The article presents new developments by specialists of the IHR RAS on the synthesis of nanosilver-based preparations. The possibilities of using the developed technologies to obtain antifungal, antibacterial or virucidal textile materials from cellulose fibers with a prolonged protective effect are shown. Pilot batches of virucidal cotton-fabric and protective masks with its use as an active protective layer were produced.*

---

\* Исследования выполнены в рамках Государственного задания Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (проект № 01201260484).

**Ключевые слова:** хлопчатобумажные ткани, защитные маски, антимикробные препараты, наночастицы серебра, пролонгированные вирулицидные свойства.

**Keywords:** cotton fabrics, protective masks, antimicrobial preparations, silver nanoparticles, prolonged virucidal properties.

Актуальность создания антиинфекционных текстильных материалов обусловлена необходимостью разработки новых профилактических и санитарно-гигиенических мер в связи с ухудшающимся экологическим состоянием окружающей среды и снижением уровня иммунитета у населения. Вероятно, стоит ожидать устойчивого спроса на изделия индивидуальной защиты с антибактериальными свойствами, как со стороны граждан, так и медицинских учреждений и служб экстренного реагирования. Пандемия COVID-19 показала, что к таким событиям надо готовиться, и мир не является абсолютно безопасным местом. На сегодня нет доказательств эффективности применения при COVID-19 каких-либо лекарственных препаратов. Специфическая профилактика (вакцина) против COVID-19 в настоящее время не разработана [1], однако работа в этом направлении несомненно увенчается успехом.

Эффективными, но недостаточно используемыми методами борьбы с инфекционными заболеваниями являются приемы предотвращения инфицирования за счет создания материалов и изделий гигиенического и бытового назначения (маски, салфетки, костюмы, пеленки, простыни, чулочно-носочные изделия, перчатки) для профилактики поражения вирусными, бактериальными и грибковыми микроорганизмами. Создание защитных средств повседневного применения сопряжено с рядом трудностей как в подборе биоцидных препаратов во избежание побочных, неблагоприятных для человека последствий (что характерно для многих известных импортных и российских препаратов), так и в разработке эффективных приемов их иммобилизации для обеспечения длительного функционального действия при многократном использовании текстильных изделий.

Одним из перспективных подходов к производству антиинфекционных изделий является применение наночастиц серебра для модификации текстильных материалов. Их выбор обусловлен значительными преимуществами перед ныне применяемыми антимикробными средствами. Доказано, что НЧ<sub>Ag</sub> обладают более мощным антимикробным эффектом, чем пенициллин, биомицин и другие антибиотики, и оказывают губительное действие на антибиотикоустойчивые штаммы бактерий [2]. В последнее время предпринимаются попытки получить многоразовые защитные маски с серебром, которое наносится электроосаждением из раствора на сетку, вшиваемую затем между слоями ткани [3], хотя, вероятно, такое изделие будет достаточно дорогим для массового применения.

В ИХР РАН в последние годы разработана серия препаратов "Нанотекс" [4], обладающих антимикробными, антигрибковыми и вирулицидными свойствами, а также способы иммобилизации их на текстильных носителях. Научная новизна подхода заключается в реализации приемов регулирования субстантивности биологически активных серебросодержащих гибридных наноматериалов к целлюлозным волокнам посредством оптимизации их состава и условий получения [5], [6]. Так, введение в стабилизирующую оболочку формируемых ультрадисперсных частиц серебра катионактивного полиэлектролита, обладающего антимикробной активностью и способного регулировать субстантивность НЧ<sub>Ag</sub> к целлюлозным волокнам, позволяет:

- обеспечить высокий уровень защитных свойств текстильного материала или изделий при обработке их очень низкоконцентрированным водным раствором препарата, (содержит 0,01...0,02 г/л наночастиц серебра);

- сохранять необходимый уровень антимикробной (антигрибковой, антибактериальной или вирулицидной) активности в процессе эксплуатации данного изделия, включая многократное проведение операций стирки (20 стирок и более).

Экспериментальные данные по микробиологической оценке антимикробной активности хлопчатобумажной ткани, модифицированной препаратом Нанотекс, полученные в ИГМА по известной методике [7], показали, что этот препарат обеспечивает более высокие зоны задержки роста к представителям грамположительной (золотистому стафилококку *Staphylococcus aureus*) и грамотрицательной (кишечной палочке *Escherichia coli*) микрофлоры, а также к грибковой культуре, в сравнении с известными препаратами (повиаргол, хлоргексидина биглюконат, диоксидин, Санитайзед) при концентрации его в волокнистом материале в 10...70 раз меньшей [6].

Новый препарат из серии Нанотекс – Нанотекс АВ – предназначен для придания целлюлозным текстильным материалам пролонгированных антиинфекционных свойств. Для оценки вирулицидных (убивающих вирус) свойств антимикробных тканей обычно используют Руководство Роспотребнадзора от 01.06.2010 № Р 4.2.2643-10. На кафедре микробиологии и вирусологии ИГМА разработана упрощенная методика определения вирулицидной активности текстильных материалов, которая может быть использована как косвенный метод экспресс-определения жизнеспособности вирусов на различных видах текстиля. В данном эксперименте в качестве целлюлозных материалов использовали нетканое льносодержащее полотно (30% отбеленного льноволокна + 70% вискозного волокна, поверхностная плотность 50 г/м<sup>2</sup>), хлопчатобумажную марлю (поверхностной плотностью 36 г/м<sup>2</sup>), хлопчатобумажную ткань поплин (поверхностной плотностью

140 г/м<sup>2</sup>). В качестве тест-культуры вируса использовали стафилококковый бактериофаг с титром 10<sup>7</sup>/мл. После 30-, 60- и 90-минутной экспозиции бактериофага на текстильном материале образцы помещали в питательную среду, предварительно засеянную культурой *Staphylococcus aureus*.

Наличие роста чувствительной к бактериофагу культуры *S. aureus* расценивается как полное ингибирование вируса на материале текстильного образца в указанное время экспозиции. Отсутствие роста бактериальной культуры в месте аппликации указывает на сохранение жизнеспособности вируса (фага), что привело к гибели всей бактериальной культуры в жидкой питательной среде.

На рис. 1 показано, как действует культура бактериофаг (вирус) в жидкой питательной среде *S. aureus*. Наличие зоны ингибирования культуры *S. aureus* (темное пятно) в месте нанесения фага на поверхность засеянной "методом газона" агаризованной питательной среды является доказательством того, что грамположительная культура *S. aureus* уничтожается.

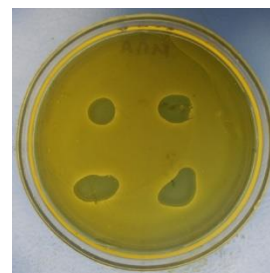


Рис. 1

Данные, полученные по выбору оптимального состава Нанотекс-АВ и концентрации активных компонентов, сведены в табл. 1.

Для наглядности эксперимента на рис. 2 (оценка жизнеспособности вируса (фага) на марлевых образцах) приведены фото, полученные при исследовании образцов марли.



Рис. 2

Таблица 1

Образцы	Время экспозиции, мин		
	30	60	90
Нетканый материал			
1	-	-	+
2	-	+	+
3	+	+	+
4	+	+	+
Марля			
1	+	+	+
2	+	+	+
3	+	+	+
4	+	+	+

Примечание. +- наличие ингибирующего действия на вирус (фаг) - лизис бактериальной культуры; - отсутствие ингибирующего действия на вирус (фаг), наблюдается рост бактериальной культуры.

Отсутствие зоны ингибирования (просветления) вокруг образцов питательной среды с включенной в нее бактериальной культурой *S. aureus* указывает на отсутствие жизнеспособного вируса на текстильном материале. Данные по вирулицидной активности целлюлозных текстильных материалов (табл. 1) показывают высокую активность всех модификаций препарата Нанотекс-АВ для образцов марли. Для более плотного материала (нетканое полотно) наиболее эффективно подавляют вирус образцы № 3 и 4.

Выбранным в ходе предварительного эксперимента составом Нанотекс-АВ была обработана на Тейковском ХБК хлопчато-

бумажная ткань поплин поверхностной плотностью 140 г/м<sup>2</sup>. Первая опытно-промышленная партия антиинфекционной ткани была получена по следующей схеме: пропитка ткани водным раствором препарата Нанотекс-АВ (0,02 г/л) при 20-25 °С – отжим (80...100%) – сушка (100...130°С) на сушильно-ширильной машине [8].

Для сравнения были испытаны образцы ткани, обработанные промышленно выпускаемыми антимикробными препаратами, условно названными Препарат А и Препарат Б. Кроме того, испытан образец, обработанный Нанотексом-АВ в лабораторных условиях.

Полученные результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2

№	Наименование препарата, концентрация	Время экспозиции, мин		
		30	60	90
		Рост бактериальной культуры*		
1	Препарат А, 5 г/л	С	С	С
2	Препарат А, 10 г/л	С	С	С
3	Препарат Б, 30 г/л	А	У	С
4	Нанотекс-АВ(обработан на фабрике)	С	А	А
5	Нанотекс-АВ (обработан в лаборатории)	А	А	А
6	без отделки	С	С	С

Примечание. \* - ингибирующее действие на вирус (фаг): С – слабое действие, У – умеренное действие, А – активное действие.

Как следует из полученных данных, образцы, обработанные промышленно выпускаемыми препаратами, оказывают лишь сдерживающее (слабое) влияние на тестируемую культуру вируса. Это связано, очевидно, с тем, что данные биоциды являются антимикробными агентами и не могут использоваться как противовирусные.

На образце ткани, обработанном в промышленных условиях препаратом Нанотекс-АВ, через 30 мин культура вируса погибает не полностью (наблюдается ее слабый рост), однако через час – полная инактивация вируса. На образце №5, обработанном в лаборатории отделочной фабрики, наблюдается полная инактивация вируса

уже через 30 мин без восстановления его жизнеспособности. Данный факт говорит о том, что препарат Нанотекс-АВ очень эффективно убивает вирус.

Следует отметить, что дополнительные затраты на препарат Нанотекс-АВ на 1 пог. м ткани составят не более 3...5 руб. В то же время, для сравнения, стоимость японских медицинских антибактериальных тканей пролонгированного действия для штор "Green Days" составляет 85...120 \$/пог.м [9].

Изготовленная на основе полученной ткани объединением "Специальный текстиль" опытная партия защитных масок имеет следующие преимущества перед ныне используемыми масками из хлопчатобумажных тканей или марли без специальных отделок:

- возможность непрерывного ее использования в течение 8 ч;
- сохраняются антивирусные свойства после стирок (не менее 20);
- относительно небольшое увеличение себестоимости.

Антиинфекционные материалы, помимо использования в качестве активного слоя защитных масок, можно будет применять и для других видов текстильных изделий (салфетки, полотенца, одежда первого слоя, перчатки).

Следует отметить, что это первые исследования по модификации целлюлозных материалов препаратом Нанотекс-АВ для придания им пролонгированных антимикробных, в том числе и вирулицидных (убивающих вирусы) свойств. Необходимо продолжить работу в данном направлении с целью усиления воздействия, инактивирующего вирус, в том числе, различные штаммы SARS-Cov-2 (Covid 19).

## ВЫВОДЫ

1. Представлены новые препараты Нанотекс, синтезированные в ИХР РАН на основе наночастиц серебра, для придания текстильным материалам из целлюлозных волокон (ткани, марля, нетканые и трикотажные полотна, готовые изделия) пролонгированных антимикробных, в том числе и

вирулицидных (убивающих вирусы) свойств.

2. Показано, что обработанные препаратом Нанотекс-АВ текстильные материалы обеспечивают полную инактивацию вируса (стафилококковый бактериофаг) без восстановления его жизнеспособности.

3. Выявлены преимущества препаратов Нанотекс в сравнении с отечественными и импортными аналогами как по эффективности и долговечности придаваемых текстильным материалам и изделиям защитных свойств, так и по экономичности их использования (в связи с применением новых ресурсосберегающих технологий их синтеза и иммобилизации на текстильном материале).

4. Выпущены опытно-промышленные партии вирулицидной хлопчатобумажной ткани и защитных масок с ее использованием в качестве активного защитного слоя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Никифоров В.В. и др.* Новая коронавирусная инфекция (COVID 19): клиничко-эпидемиологические аспекты// Архив внутренней медицины. – 2020, № 2. С.87...93.

2. *Щербаков А.Б., Корчак Г.И., Сурмашева Е.В. и др.* // Фармацевтический журнал. – 2006, №5. С.45...57.

3. Защитные маски с премиум серебром. 26.06.2020, 16:11 Ивановныос. <https://www.ivanovonews.ru/reports/1028810>.

4. Патент РФ №2640277 от 27.12.2017 г., бюл. №36. Способ получения антимикробного серебросодержащего целлюлозного материала/ Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Галашина В.Н., Морыганов А.П., Дьячин С.А.

5. *Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Кузнецов О.Ю., Морыганов А.П.* Исследование влияния субстантивности серебросодержащих препаратов к целлюлозному материалу на его биологическую активность // Российский химический журнал. – 2017, т. LXI, № 2. С. 3...12.

6. *Морыганов А.П., Дымникова Н.С., Ерохина Е.В.* Биологически активные текстильные материалы для изделий медицинского и косметического назначения// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №6. С.16...21.

7. ГОСТ ISO 20645-2014. Изделия текстильные. Определение антибактериальной активности.

8. Выдержит больше 20 стирок: ученые создали антивирусную пропитку для ткани. РИА Новости, 16.06.2020. <https://ria.ru/20200616/1572939233.html>

9. Медицинские антибактериальные шторы "Green Days" - необходимый атрибут современного лечебного учреждения, рекомендовано Министерством здравоохранением Российской Федерации. <https://wm-greendays.ru/?yclid=3657554545107305718>

#### REFERENCES

1. Nikiforov V.V. i dr. Novaya koronavirusnaya infektsiya (COVID 19): kliniko-epidemiologicheskie aspekty // Arkhiv vnutrenney meditsiny. – 2020, № 2. S.87...93.

2. Shcherbakov A.B., Korchak G.I., Surmasheva E.V. i dr. // Farmatsevticheskiy zhurnal. – 2006, №5. S.45...57.

3. Zashchitnye maski s premium serebrom. 26.06.2020, 16:11 Ivanovon'yus. <https://www.ivanovonews.ru/reports/1028810>.

4. Patent RF №2640277 ot 27.12.2017 g., byul. №36. Sposob polucheniya antimikrobnogo serebrosoderzhashchego tsellyuloznogo materiala/ Dymnikova N.S., Erokhina E.V., Galashina V.N., Moryganov A.P., D'yachin S.A.

5. Dymnikova N.S., Erokhina E.V., Kuznetsov O.Yu., Moryganov A.P. Issledovanie vliyaniya substantivnosti serebrosoderzhashchikh preparatov k tsellyuloznomu materialu na ego biologicheskuyu aktivnost' // Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal. – 2017, t. LXI, № 2. S. 3...12.

6. Moryganov A.P., Dymnikova N.S., Erokhina E.V. Biologicheski aktivnye tekstil'nye materialy dlya izdeliy meditsinskogo i kosmeticheskogo naznacheniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019, №6. S.16...21.

7. GOST ISO 20645-2014. Izdeliya tekstil'nye. Opredelenie antibakterial'noy aktivnosti.

8. Vyderzhit bol'she 20 stirok: uchenye sozdali antivirsnuyu propitku dlya tkani. RIA Novo-sti, 16.06.2020. <https://ria.ru/20200616/1572939233.html>

9. Meditsinskie antibakterial'nye shtory "Green Days" - neobkhodimyy atribut sovremennogo lechbnogo uchrezhdeniya, rekomendovano Ministerstvom zdnavookhraneniem Rossiyskoy Federatsii. <https://wm-greendays.ru/?yclid=3657554545107305718>

Рекомендована техническим семинаром отдела "Химия текстильных материалов" ИХР РАН. Поступила 30.06.20.