

двух основных групп волокон – это волокна диаметром 36,4–72,8 мкм и 72,8–109,2 мкм. Количество волокон с диаметром 109,2–145,6 мкм значительно меньше, еще более крупные волокна встречаются крайне редко. Общий диапазон варьируется от 16 до 296 мкм.

Таким образом, общий анализ морфологического состава трех номеров вытряски показал, что в отходы № 7 а – это в основном короткие волокна малого диаметра с небольшим процентом костры, отходы № 6 более длинные, в основном 14–18 мм, но много комплексных волокон, на что указывает многопиковый левосторонний частотный полигон. Отходы № 7 б имеют самый высокий процент закостренности, это в основном короткие волокна с большим процентом комплексных волокон.

Для использования в биокompозитах в качестве армирующего слоя ключевое значение имеет высокое содержание и качество волокна. Наличие сора может ухудшать межфазное взаимодействие «наполнитель – матрица», приводя к снижению прочностных характеристик материала [3]. На основании представленных данных будет осуществлен выбор оптимального номера отходов для последующего производства волокнистого композита целевого назначения.

#### Список использованных источников

1. Arzumanova Nushaba B., Kakhramanov Najaf T. POLYMER BIOCOMPOSITES BASED ON AGRO WASTE: PART I. SOURCE, CLASSIFICATION, CHEMICAL COMPOSITION AND TREATMENT METHODS OF LIGNOCELLULOSIC NATURAL FIBERS. – Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, т. 64, № 4, 2021. – С. 4–14.
2. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие. Часть 2 / сост. Л. И. Бондалетова, В. Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 130 с.
3. Антонова, Н. М., Симонов, А. И., Линьков, И. С. Влияние щелочной обработки целлюлозы на ее структуру и морфологию. – Инженерный вестник Дона, № 4 (112), 2024. – 51 с.

УДК 677.016.1

## Антимикробные свойства серебросодержащих текстильных материалов

**Пехташева Е. Л., д.т.н., проф.,  
Райкова Е. Ю., к.т.н., доц.,  
Леонова И. Б., к.т.н., доц.  
Маричева Е. Р.**

*Реферат.* Современный текстильный рынок активно развивается, предлагая потребителям материалы с улучшенными функциональными свойствами. Одним из перспективных направлений является создание тканей с добавлением серебра, обладающих антимикробными, антистатическими и другими полезными характеристиками.

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Москва, Российская Федерация

*ками. Актуальность данной темы обусловлена растущим спросом на гигиеничный, безопасный и долговечный текстиль, особенно в медицинской, спортивной и повседневной одежде, а также в специализированных изделиях.*

*Ключевые слова: антибактериальные свойства, серебро, серебро, содержащее текстильные материалы.*

Серебро является многофункциональным металлом, обладающим большим количеством положительных свойств. К таким полезным особенностям относятся: антибактериальные свойства, гипоаллергенность, электропроводность, терморегуляция, поддержка иммунитета, восстановление нервной системы и поддержка сердечно-сосудистой системы. Благодаря данным качествам, серебро применяется людьми много тысячелетий и используется в медицине, производстве одежды, солнечной энергетике, машиностроении, позволяя совершенствовать и развивать данные сферы.

Серебряные ткани, используемые в медицинских целях, внесли огромный вклад в лечение ожогов, ран, ссадин и других видов повреждений кожи [1]. Их полезный эффект заключается в предотвращении и блокировке распространения бактерий, вирусов и развития инфекций.

Цель работы – исследование свойств текстильных материалов с добавлением серебра. Объект исследования – текстильные материалы, содержащие серебро в различных формах (нановолокна, покрытия, нити).

Существует несколько способов нанонапыления серебра, но большинство из них трудоемкие и ресурсо-затратные, что и является проблемой для расширения производства данных материалов.

При изготовлении текстильных материалов с антимикробными свойствами используют следующие методы модификации текстильных материалов наночастицами серебра [2, 3]:

1. На стадии синтеза и формования волокнообразующего полимера. Такие материалы более эффективны, а введение антибактериального агента непосредственно в волокно позволяет антибактериальным текстильным материалам, получаемым данным методом, выдерживать до 250 циклов стирки. К этой группе относятся, например, известные волокна Meryl Skinlife (производство итальянского концерна Nylstar) с серебряной полимерной добавкой.

2. На стадии аппретирования.

3. С применением обработки ультразвуком. Текстильный материал помещают в раствор нитрата серебра в смеси вода/этиленгликоль, после чего материал подвергается ультразвуковому воздействию.

4. С использованием высокочастотных разрядов. Обработка текстильных материалов потоком плазмы высокочастотного разряда пониженного давления [29].

Серебро является уникальной добавкой в текстильные материалы благодаря своим

антимикробным свойствам. Они подходят для производства нижнего и постельного белья. Благодаря своим антибактериальным и антигрибковым свойствам, текстильные материалы с серебром находят применение в медицинской сфере, например, для изготовления халатов, медицинских масок, при лечении серьезных повреждений кожи (ожоги и пр.). Они также используются в производстве антигрибковой обуви, что делает их незаменимыми в условиях, где важны гигиена и защита от вредных микроорганизмов.

Представляет интерес изучение эффективных антибактериальных свойств изделий из материалов с содержанием серебра.

#### Материалы, включенные в исследование

В исследование включены материалы, содержащие в своем составе серебро (табл. 1.)

**Таблица 1 – Характеристика материалов, включенных в исследование**

№	Образец, название	Изготовитель	Краткое описание	Назначение и заявленные свойства
1	2	3	4	5
1	Экранирующая шапка (трикотаж). Сырьевой состав: верх – акрил (полиакрилонитрил), подкладка – серебряная нить	Россия, «Hide Cap»	Материал, используемый в качестве подкладки во внутреннем слое экранирующей шапки.  Состоит из серебряной нити, интегрированной в текстильную структуру, обеспечивающую экранирующие свойства	Данное изделие предназначено для защиты пользователя от ЭМИ различного диапазона
2	Антибактериальная салфетка-полотенце (ткань). Сырьевой состав: 100 % хлопок Zero-Twist – пряжа, изготовленная по технологии нулевого кручения нити, серебряная нить – интегрирована в структуру ткани на молекулярном уровне	Россия, «Soft Silver»	Преимущества материала: долговременный антибактериальный эффект – лабораторные испытания подтвердили сохранение свойств после 100 циклов стирки (эксплуатационный срок не менее 4 лет)	Полотенце-салфетка, предназначенное для гигиенического ухода за кожей лица
3	Биополярное трикотажное полотно (трикотаж). Сырьевой состав: полиэстер, наночастицы серебра	Россия, «Screentex»	Инновационный текстильный материал, у которого металлизация выполнена методом нанонапыления, что обеспечивает равномерное распределение частиц и повышает эффективность защиты	Функциональные характеристики: 1. Экранирование техногенных излучений (бытовая электроника, системы связи, транспорт). 2. Лечебно-профилактические свойства (подробный механизм действия требует дополнительного изучения)

Образец № 1 – подкладочный материал шапки. В качестве первого исследуемого образца было выбрано трикотажное полотно, выполняющее функцию подкладочного материала во внутреннем слое экранирующей шапки. Изделие относится к категории унисекс и предназначено для эксплуатации, сезон – осень и весна.

Образец № 2 – салфетка-полотенце, изготовленное из махрового полотна, сочетающего функциональность и комфорт [4]. Двусторонняя фактура хорошо подходит для ухода за кожей: вафельная сторона – обеспечивает мягкий массажный эффект, махровая сторона – обладает высокой гигроскопичностью.

Образец № 3 – трикотажное полотно [5]. Биополярное трикотажное полотно «Screentex» представляет собой инновационный текстильный материал, разработанный с применением нанотехнологий российскими специалистами в области ракетно-космической техники. Металлизация ткани выполнена методом нанонапыления серебра, что обеспечивает равномерное распределение частиц и повышает эффективность защиты.

#### **Методы исследования**

Самым простым лабораторным методом оценки антимикробных свойств биоцидов на твердых средах является измерение размеров зон задержки роста тест-культур вокруг образцов (диаметр 10 мм) биоцидного материала [6].

Для количественного учета антимикробного действия материалов, включенных в исследование, применяли методику, основанную на непосредственном воздействии этих полотен на живые клетки бактерий *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*. Используемые штаммы бактерий известны своей способностью разлагать самые разнообразные субстраты органического и неорганического происхождения.

Испытуемый образец материала диаметром 10 мм помещали на поверхность агаровой пластинки в чашки Петри, засеянной бактериями. Чашки выдерживали в термостате в течение 24 часов при температуре 37 °С. Антимикробную активность определяли по величине стерильных зон, образующихся вокруг образцов [6].

#### **Результаты исследования**

Результаты исследования действия этих полотен, содержащих серебро, на бактерии, принятые в качестве тест-культур, представлены в таблице 2. Контролем служили ткани, не содержащие серебро.

Полученные данные свидетельствуют о высокой чувствительности бактерий, используемых в качестве тест-культур к действию серебросодержащих текстильных материалов. Образец № 3 (трикотажное полотно с напылением серебра) имеет большую степень антибактериального действия, чем образец № 2 (антибактериальная салфетка). Возможно, действие серебра ослабляется за счет интеграции в структуру ткани на молекулярном уровне. Использование нанонапыления, напротив, приводит к увеличению действия, что обеспечивает равномерное распределение частиц серебра и повышает эффективность защиты. Действие серебра в виде нити, интегрированной в текстильную структуру, также оказалось достаточно сильным.

**Таблица 2 – Антибактериальные свойства серебросодержащих текстильных материалов**

Образец текстильного материала	Диаметр зон подавления роста бактерий, (мм)	
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus mesentericus</i>
№ 1 (трикотажная подкладка экранирующей шапки из серебряных нитей)	22,3±0,8	24,9±0,6
Контроль № 1	0	0
№ 2 (антибактериальная салфетка)	17,3±0,8	18,8±0,7
Контроль № 2	0	0
№ 3 (трикотажное полотно с напылением серебра)	23,4±0,5	26,5±0,8
Контроль № 3	0	0

Серебросодержащие текстильные материалы обладают заметным антибактериальным эффектом. Эти материалы нашли свое применение в медицине, в косметических изделиях. А устойчивость таких материалов к многократным стиркам позволяет их использовать для изготовления спортивной одежды, форменной и медицинской одежды.

#### Список использованных источников

1. Баллюзек, Ф. В. Лечебное серебро и медицинские нанотехнологии / Ф. В. Баллюзек, А. С. Куркуев, В. Я. Сквирский. – СПб.: Диля, 2008. – 112 с.
2. Ерзунов, К. А. Антибактериальная отделка текстильных материалов с использованием наночастиц серебра // Новые технологии и материалы легкой промышленности. – Казань: КНИТУ, 2024. – С. 183–184.
3. Тимошина, Ю. А. Получение антибактериальных текстильных материалов методом нанесения наночастиц серебра в условиях плазмы высокочастотного разряда // Вестник Казанского технологического университета. – 2024. – С. 106–108.
4. Официальный сайт SOFT SILVER. – URL: <https://softsilver.ru/> (дата обращения: 25.05.2025). – Текст : электронный.
5. Официальный сайт Screentex [Электронный ресурс]. – URL: <https://screentex.ru/> (дата обращения: 25.05.2025). – Текст : электронный.
6. Pekhtasheva, E. L. Biodamage and Biodegradation of natural and synthetic materials / Edited by A. Neverov, E. Zaikov. – М.: Nauka, 2021. – 238 p.