



## Исследование возможности модификации нетканых материалов хлоргексидином с целью придания антибактериальных свойств

Мария Сергеевна Лисаневич, Елена Вячеславовна Перушкина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г. Казань, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Лисаневич Мария Сергеевна, [lisanevichm@gmail.com](mailto:lisanevichm@gmail.com)

**Аннотация.** В данной работе показана возможность модификации нетканого материала Холлофайбер® раствором хлоргексидина биглюконата 0,05% с целью придания противомикробной активности, т. к. данные материалы планируются для использования в новых медицинских изделиях, в частности для раневых повязок. Одним из этапов разработки раневой повязки на основе нетканого материала Холлофайбер® являлось придание антисептических свойств. Пропитка раствором хлоргексидина наносилась распылением с помощью пульверизатора, на поверхность нетканого материала раствор оседал в виде капель. Препарат наносили с 2-х сторон на образцы размером 210×297 мм. Образцы материалов после пропитки сушили до постоянной массы. Время просушки Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84 составило 10 мин. Возможность придания антибактериальных свойств модифицированному нетканому материалу оценивали следующими методами: модифицированным диско-диффузионным (ДДМ) методом, измерением антибактериальной активности на поверхности пластмасс и других непористых материалов, ISO-22196. Зона задержки роста бактерий *Staphylococcus aureus* для нетканых материалов Холлофайбер®, обработанных раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%, составляет 17 мм, что свидетельствует о бактерицидных свойствах исследуемого материала. Кроме того, это подтверждается снижением количества бактерий после 24-часовой инкубации тест-микроорганизма в присутствии полимера. Процент гибели клеток *Staphylococcus aureus* составляет 99%. Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что нетканый материал Холлофайбер® для придания антибактериальных свойств может быть обработан раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%. Вещество, которым был обработан опытный образец, остается в материале после сушки и проявляет антибактериальный эффект.

**Ключевые слова:** нетканый материал, Холлофайбер®, раствор хлоргексидина биглюконата, *Staphylococcus aureus*, бактерицидный эффект

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность директору по развитию ООО «Термопол» (г. Москва) Владиславу Иванову за предоставленные материалы Холлофайбер®.

**Для цитирования:** Лисаневич М. С., Перушкина Е. В. Исследование возможности модификации нетканых материалов хлоргексидином с целью придания антибактериальных свойств // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 4. С. 633–639. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-633-639>.

### BRIEF COMMUNICATION

## Modification of nonwoven fabrics with chlorhexidine to impart antibacterial properties

Maria S. Lisanevich, Elena V. Perushkina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation  
Corresponding author: Maria S. Lisanevich, [lisanevichm@gmail.com](mailto:lisanevichm@gmail.com)

**Abstract.** This paper addresses the possibility of modifying the Holofiber® nonwoven fabrics with a 0.05% solution of chlorhexidine bigluconate in order to impart antimicrobial properties, since these materials are planned for medical use, in particular wound dressings. One stage in the development of a wound dressing based on nonwoven Holofiber® involved its impregnation with chlorhexidine by spraying a solution using a spray gun; the solution accumulated on the surface of the nonwoven fabrics in the form of drops. The agent was applied on both sides of samples having dimensions of 210×297 mm. Samples following impregnation were dried to a constant weight. The drying time of Holofiber® VOLUMETRIC P 84 amounted to 10 min. The antibacterial properties of modified nonwoven fabrics were evaluated by the following methods: modified disc diffusion (DDM) method, measurement of antibacterial activity on the surface of plastics and other non-porous materials, ISO-22196. The inhibition zone of *Staphylococcus aureus* bacteria for Holofiber® nonwoven fabrics treated with 0.05% chlorhexidine bigluconate solution amounted to 17 mm,

which indicates the bactericidal properties of the studied material. In addition, it was confirmed by a decrease in the number of bacteria following the 24-hour incubation of a test microorganism in the presence of a polymer. The percentage of *Staphylococcus aureus* cell death equalled 99%. These results indicate that the nonwoven HoloFiber® fabrics can be treated with a solution of chlorhexidine bigluconate 0.05% to impart antibacterial properties, since the substance used for treating a sample remains in the material following drying and exhibits an antibacterial effect.

**Keywords:** nonwoven fabric, HoloFiber®, chlorhexidine bigluconate solution, *Staphylococcus aureus*, bactericidal effect

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude to Vladislav Ivanov, Development Director of Thermopol LLC (Moscow) for providing HoloFiber® materials.

**For citation:** Lisanevich M. S., Perushkina E. V. Modification of nonwoven fabrics with chlorhexidine to impart antibacterial properties. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(4):633-639. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-633-639>.

## ВВЕДЕНИЕ

Под наименованием Холлофайбер® выпускается широкий спектр синтетических объемных нетканых материалов (НМ) [1], широко применяемых для производства одежды, обуви, строительных материалов, мебели, игрушек, туристических снаряжений. Благодаря научным исследованиям на основе нетканого материала Холлофайбер® получают различные инновационные изделия [2–7]. На данный момент активно ведутся разработки медицинских изделий на основе НМ Холлофайбер®, в частности разрабатывается раневая повязка для медицины [8].

В более ранних работах были изучены потребительские свойства НМ Холлофайбер®, в том числе для изготовления раневых повязок, и на основании полученных данных был выбран оптимальный НМ [8]. Также было показано, что НМ Холлофайбер® стоек к радиационной стерилизации [9].

Одним из этапов разработки раневой повязки на основе НМ Холлофайбер® являлось придание антисептических свойств.

В работе был выбран метод физического модифицирования, т. к. для производства данный метод наиболее оптимален по технологическому внедрению [10–14].

Однако стоит отметить тот факт, что довольно часто реагент не закрепляется на волокна НМ и тем самым не проявляется антисептический эффект, таким образом, исследование асептических свойств модифицированных НМ является актуальным.

В качестве антибактериального раствора был выбран раствор хлоргексидина биглюконата 0,05% благодаря низкой цене, доступности, а главное, его выраженному антимикробному действию и отсутствию сообщения о наличии резистентности патогенных микроорганизмов к хлоргексидину, несмотря на более чем 60-летний период активного применения препарата в клинике [15–17].

Целью данной работы является исследование возможности модификации НМ Холлофайбер® раствором хлоргексидина биглюконата 0,05% для придания антибактериальной активности, т. к. данные материалы планируется использовать в новых медицинских изделиях, в частности для раневых повязок.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследований являлись НМ Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84 с поверхностной плотностью 150 г/м<sup>2</sup> (производство ООО «Термопол», г. Москва) и модификатор – 0,05% раствор хлоргексидина биглюконата.

Пропитка наносилась распылением с помощью пульверизатора. При распылении на поверхность НМ раствор оседал в виде капель. Препарат наносили с 2-х сторон на образцы размером 210×297 мм. Образцы материалов после пропитки сушили до постоянной массы. Время просушки Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84 составило 10 мин до постоянного веса (табл. 1).

Были исследованы образцы материалов со следующими обозначениями: контрольный (К) – НМ Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84; модифицированный (М) – НМ Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84, модифицированный раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%.

Антибактериальную активность модифицированного хлоргексидином НМ в отношении *Staphylococcus aureus* исследовали методами дисковой диффузии на мясо-пептонном агаре (МПА) и в соответствии с требованиями ISO-22196 на поверхности полимера без добавления компонентов питательной среды.

В экспериментальных исследованиях применяли модифицированный диско-диффузионный метод определения чувствительности микробных клеток, который основан на способности антибактериальных препаратов диффундировать из полимерных мате-

**Таблица 1.** Контроль количества раствора хлоргексидина биглюконата, наносимого на образцы материалов

**Table 1.** Control of the amount of chlorhexidine bigluconate solution applied to materials

Материал	Масса образца до сушки, г	Масса образца после опрыскивания препаратом 1.1, г	Количество нанесенного раствора по отношению к массе образца до просушки, %	Масса образца после сушки 10 мин, г	Количество нанесенного раствора по отношению к массе образца после просушки, %
Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84	7,85±0,54	20,46±0,73	61,63±0,07	13,87±0,55	11,74±0,09

риалов в питательную среду, при этом угнетается рост микробных клеток. В качестве тест-культуры использовали бактерии *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Методика приготовления микробной суспензии, инокуляции и инкубации чашек не отличается от стандартного исследования<sup>1</sup>. Оптическая плотность инокулята визуальным образом соответствовала стандарту мутности 0,5 по Мак-Фарланду<sup>1</sup>, количество биомассы инокулята *St. aureus* определено методом количественного учета жизнеспособных клеток, оно составило  $1,5 \times 10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Особенностью методики исследования является определение чувствительности стафилококков к компонентам НМ Холлофайбер®, для чего использовали диски опытного образца, модифицированного антисептиком, и контрольного образца НМ без его добавления. Необходимо отметить, что поверхностный высеив инокулята (1 см<sup>3</sup>) проводили на чашку Петри со стерильной средой – мясо-пептонный агар (толщина слоя среды  $4 \pm 0,5$  мм). Поверхность среды высушили и нанесли диски модифицированного и контрольного НМ диаметром 10 мм на расстоянии 2 см друг от друга и от края в количестве 3 штук на 1 чашку Петри, что соответствовало 3-кратной повторности проведения эксперимента. Посевы инкубировали в термостате при температуре 35 °С в течение 24 ч. После инкубации определили диаметр зон задержки роста бактерий в присутствии полимерных образцов на темной матовой поверхности с точностью до 1 мм [18, 19]. При измерении зон задержки роста ориентировались на зону полного подавления видимого роста.

Количественный метод оценки антибактериальных свойств (ISO-22196) полимерных материалов предусматривает культивирование микроорганизма на поверхности полимера без добавления компонентов питательной среды. В стерильные чашки Петри помещали исследуемый образец нетканого модифицированного материала или контрольного материала размером 50×50 мм. На поверхность образца дозировали 0,40 см<sup>3</sup> инокулята *St. aureus*, стерильно распределяя бактериальную суспензию по поверхности образцов. Опытные системы инкубировали при температуре 35 °С в течение 24 ч, после чего провели удаление микробной биомассы с поверхности полимерных образцов стерильным раствором фосфатного буфера. Для количественного учета клеток *St. aureus* на поверхности материала проводили высеив 0,10 см<sup>3</sup> суспензии на стерильную питательную среду МПА методом Коха с последую-

ющим термостатированием при температуре 35 °С в течение 24 ч. Микробиологические исследования свойств полимерных материалов были выполнены в 3-х биологических повторностях для серии образцов согласно 2-м описанным методикам испытаний. Результаты количественного учета жизнеспособных клеток тест-микроорганизма на поверхности НМ статистически обработаны с определением среднего арифметического значения и стандартного отклонения.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данных исследованиях диско-диффузионное определение чувствительности клеток микробов основано на способности антибактериального препарата диффундировать в питательные среды из полимерного материала, препятствуя росту микроорганизмов.

В табл. 2 и на рис. 1 представлены данные измерения зон задержки роста микроорганизмов

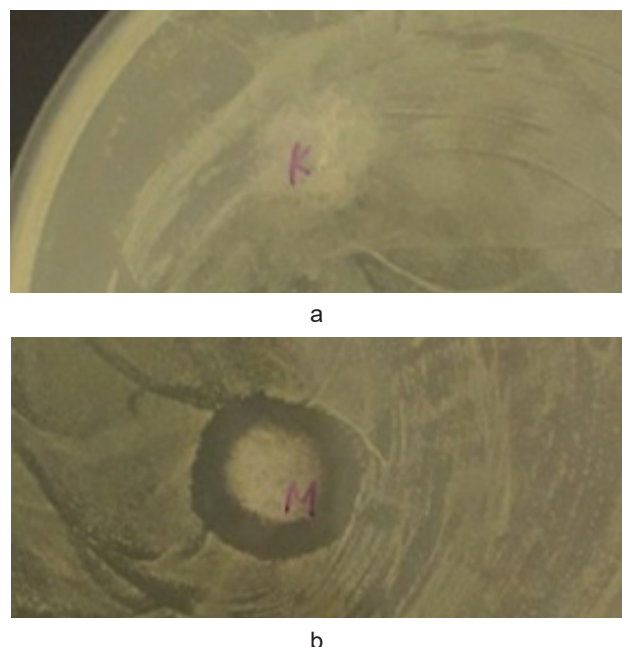


Рис. 1. Внешний вид выросших в присутствии полимерных образцов колоний *Staphylococcus aureus*: К – контрольный (а), М – модифицированный (б)

Fig. 1. Appearance of *Staphylococcus aureus* colonies grown in the presence of polymer samples: К – control (а), М – modified (б)

Таблица 2. Зона задержки роста микроорганизмов представленных образцов  
 Table 2. Zone of microorganisms' growth inhibition of the presented samples

Исследуемый образец	Название материала	Диаметр зоны задержки роста бактерии, d <sub>зр</sub> , мм
Контрольный (К)	Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84	отсутствует
Модифицированный (М)	Холлофайбер® ВОЛЮМЕТРИК Р 84, модифицированный раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%	17±1

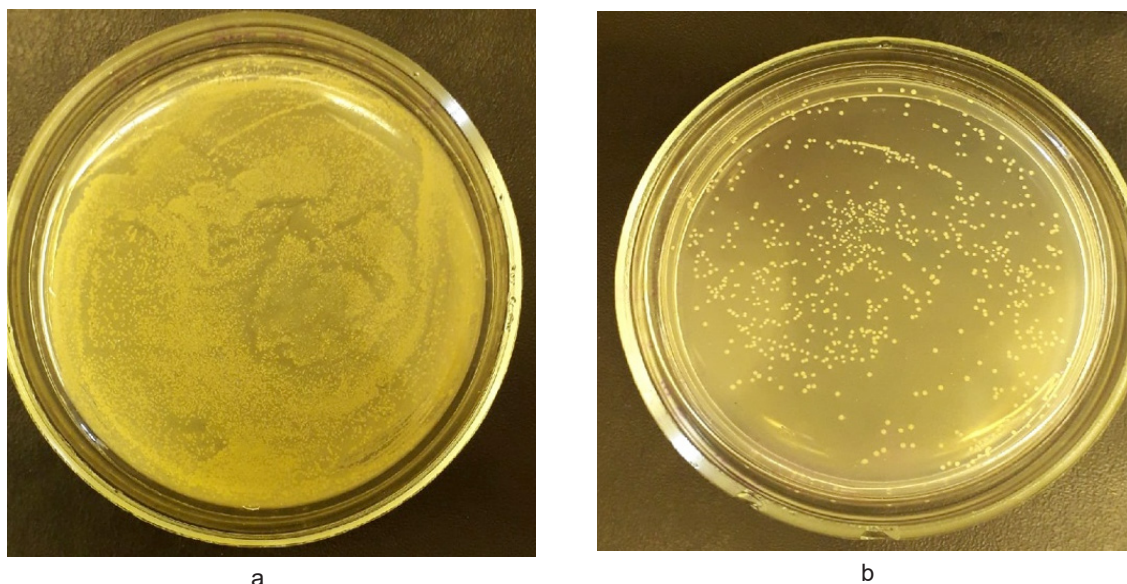
<sup>1</sup>МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.



в присутствии НМ Холлофайбер®, модифицированного раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%.

Зона задержки роста тест-микроорганизма в присутствии НМ Холлофайбер®, обработанных раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%, составляет  $17 \pm 1$  мм. Полученное значение отли-

чается от известных ранее экспериментальных результатов, например, сотрудниками Центрального научно-исследовательского института стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Минздрава России установлена антимикробная активность раствора хлоргексидина биглюконата в концентрации 0,05% для бактерий *St. aureus* с зоной задерж-



**Рис. 2.** Колонии бактерий *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, выросших на мясо-пептонном агаре из смывов с поверхности нетканого материала Холлофайбер®: а – контрольный; б – модифицированный, обработанный раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%

**Fig. 2.** Colonies of bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 grown on beef-peptone agar from swabs from the surface of non-woven material Hollofiber®: a – control; b – modified, treated with a solution of chlorhexidine bigluconate 0.05%

**Таблица 3.** Число жизнеспособных клеток для исходного и модифицированного полимерного материала  
**Table 3.** Number of viable cells for initial and modified polymeric material

Исследуемый образец	Название материала	Количество бактерий <i>Staphylococcus aureus</i> , КОЕ/см <sup>3</sup>
Контрольный (К)	Нетканый материал Холлофайбер®	$(75,11 \pm 2,10) \times 10^6$
Модифицированный (М)	Нетканый материал Холлофайбер®, обработанный раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%	$(0,53 \pm 0,05) \times 10^6$

ки роста 33 мм. Однако необходимо подчеркнуть, что в настоящем исследовании использовали антисептик в высушенном виде и равномерно распределенным на поверхности волокнистого материала Холлофайбер®, что может являться фактором, замедляющим диффузию хлоргексидина в толщу питательной среды и снижающим его влияние на рост тест-объекта.

В табл. 3 представлены экспериментально полученные и рассчитанные значения жизнеспособных клеток (КОЕ/см<sup>3</sup>) бактериальной суспензии для образцов Холлофайбер®. Выбранный метод тестирования полимеров позволяет количественно оценить гибель клеток тест-микроорганизма на поверхности образца исследуемого и контрольного материала (рис. 2).

Исследуемый материал Холлофайбер®, обработанный раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%, обладает бактерицидным эффектом по отношению к *St. aureus*. Это подтверждается снижением количества бактерий после 24-часовой инкубации в присутствии полимера (см. табл. 3). Процент гибели клеток тест-объекта *St. aureus* составляет 99%.

В дальнейшем планируется провести клинические испытания данной повязки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что нетканый материал Холлофайбер® для придания антибактериальных свойств может быть обработан

раствором хлоргексидина биглюконата 0,05%. Вещество, которым был обработан опытный образец, остается в материале после сушки и про-

являет антибактериальный эффект в отношении *Staphylococcus aureus*.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцева Е. В., Иванов В. В., Мишаков В. Ю. Инновационные разработки теплоизоляционных нетканых материалов для различных секторов промышленности РФ // Экономические механизмы и управленческие технологии развития промышленности: сб. науч. тр. М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. С. 118–122.
2. Иванов В. В., Мезенцева Е. В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов «Термопол», Холлофайбер®) // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2017. N 1. С. 25–31.
3. Мезенцева Е. В., Мишаков В. Ю. Использование технологии волокнистой термогенерации при создании инновационных нетканых материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2020. N 1. С. 73–78. [https://doi.org/10.47367/2413-6514\\_2020\\_1\\_73](https://doi.org/10.47367/2413-6514_2020_1_73).
4. Иванов В. В., Мезенцева Е. В., Мишаков В. Ю. Современные технологические подходы к повышению теплоизоляционных свойств утепленной одежды // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018): сб. статей. М.: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2018. С. 160–164.
5. Мезенцева Е. В. Инновационные методы создания термоизоляционных саморегулирующихся волокнистых систем в «умной одежде» // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2018. N 1-2. С. 78–82.
6. Мезенцева Е. В., Мишаков В. Ю. Оценка теплоизоляционных свойств инновационных нетканых материалов с использованием интегрального показателя эффективности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. N 6. С. 28–34.
7. Мезенцева Е. В. От традиции к современности. Разработка инновационных принципов теплоизоляции одежды // Мода и дизайн: исторический опыт – новые технологии: сб. статей. СПб.: СПб-ГУПТД, 2021. С. 283–286.
8. Лисаневич М. С., Галимзянова Р. Ю. Исследование потребительских характеристик материалов Холлофайбер® для раневых покрытий // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 67. N 8. С. 42–46. <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/21-67-8-42>.
9. Лисаневич М. С., Галимзянова Р. Ю., Хакимуллин Ю. Н., Федорова Т. А., Мезенцева Е. В., Иванов В. В. Исследование влияния радиационной стерилизации на нетканый материал Холлофайбер® // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. N 5. С. 94–101. [https://doi.org/10.47367/0021-3497\\_2021\\_5\\_94](https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_5_94).
10. Лукина Л. С., Гуляткина В. О., Царев А. Е. Выбор модифицирующих антибактериальных добавок для нетканых материалов, медицинского назначения // Аллея науки. 2020. Т. 1. N 8. С. 48–52.
11. Коньсбеков С. М., Кайпова Ж. Н. Состав и получение трикотажных и нетканых волокнистых материалов с антибактериальными свойствами // Информационное обеспечение науки как двигатель прогресса: сб. статей. Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2020. С. 105–107.
12. Авдеева Е. В., Неверов А. С. Антибактериальные свойства нетканых материалов на основе полипропилена, модифицированных золькеталем // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: сб. статей. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2022. С. 55.
13. Одинцова О. И., Ильичева М. Д., Липина А. А., Петрова Л. С. Технологические особенности антимикробной обработки полипропиленового нетканого материала // Проблемы науки. Химия, химическая технология и экология: сб. статей. Тула, 2022. С. 383–387.
14. Ертас А. М., Буркитбай А., Ниязбеков Б. Ж., Таусарова Б. Р. Придание биоцидных свойств утеплительным материалам из льняных волокон // Вестник Алматинского технологического университета. 2021. N 2. С. 32–37. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-2-32-37>.
15. Хуснаризанова Р. Ф., Валиева Н. Ф., Латыпова Н. А. Оценка влияния лечебно-профилактических средств содержащих хлоргексидин на клинко-микробиологическое состояние тканей пародонта у больных с хроническим гингивитом // Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2020. С. 195–197.
16. Акавов А. Н., Курбанов О. Р. Хлоргексидин-индометациновая комбинация в местной противовоспалительной терапии гингивитов и пародонтитов // Актуальные вопросы медицины. 2019. С. 100–101.
17. Квашнина Д. В., Ковалишена О. В. Распространенность устойчивости микроорганизмов к хлоргексидину по данным систематического обзора и анализа регионального мониторинга резистентности // Фундаментальная и клиническая медицина. 2018. Т. 3. N 1. С. 63–71.



18. Sadykova D. F., Gotlib E. M., Perushkina E. V., Sokolova A. G. Study of the resistance of PVC composite materials modified with wollastonite activated by QAS to bacteria // *Key Engineering Materials*. 2021. Vol. 899. P. 132–136.

19. Готлиб Е. М., Вдовина Т. В., Ямалеева Е. С.

Повышение биоразлагаемости эпоксидных материалов за счет модификации растительными маслами и их кислородсодержащими производными // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2020. Т. 10. N 4. С. 700–707. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-4-700-707>.

## REFERENCES

1. Mezentseva E. V., Ivanov V. V., Mishakov V. Yu. Innovative development of nonwoven insulation materials to various sectors of Russian industry. In: *Ekonomicheskie mekhanizmy i upravlencheskie tekhnologii razvitiya promyshlennosti = Economic mechanisms and management technologies for industrial development*. Moscow: Rossiiskii gosudarstvennyi universitet imeni A. N. Kosygina; 2019, p. 118–122. (In Russian).

2. Ivanov V. V., Mezentseva E. V. Research as an integral factor in the adoption of innovations (on the example of the factories of nonwoven materials «Thermopol», LLC, Hollowfiber®). *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)*. 2017;(1):25–31. (In Russian).

3. Mezentseva E. V., Mishakov V. Yu. The use of fiber thermogeneration technology in the creation of innovative nonwoven materials. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)*. 2020;(1):73–78. [https://doi.org/10.47367/2413-6514\\_2020\\_1\\_73](https://doi.org/10.47367/2413-6514_2020_1_73).

4. Ivanov V. V., Mezentseva E. V., Mishakov V. Yu. Modern technological approaches to improving the thermal insulation properties of insulated clothing. In: *Dizain, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noi i legkoi promyshlennosti (INNOVATSII-2018) = Design, technology and innovation in the textile and light industry (INNOVATION-2018)*. Moscow: Rossiiskii gosudarstvennyi universitet imeni A. N. Kosygina; 2018, p. 160–164. (In Russian).

5. Mezentseva E. V. Innovative methods of creating a thermal insulation self-regulating fibrous systems in «smart clothes». *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)*. 2018;(1-2):78–82. (In Russian).

6. Mezentseva E. V., Mishakov V. Yu. Evaluation of thermal insulation properties of innovative nonwoven materials using of an integral indicator of efficiency. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Proceedings of higher Education Institutions. Textile Industry Technology*. 2019;(6):28–34. (In Russian).

7. Mezentseva E. V. From tradition to modernity. The development of innovative principles of thermal insulation of clothes. In: *Moda i dizain: istoricheskii opyt – novye tekhnologii = Fashion and design: historical experience – new technologies*. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet promyshlennykh tekhnologii i dizaina; 2021, 283–286 p. (In Russian).

8. Lisanevich M. S., Galimzyanova R. Yu. Investigation of consumer characteristics of Holofiber® materials for wound dressings. *Butlerovskie soobshcheniya = Butlerov Communications*. 2021;67(8):42–46. (In Russian). <https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/21-67-8-42>.

9. Lisanevich M. S., Galimzyanova R. Yu., Hakimul-

lin Yu. N., Fedorova T. A., Mezentseva E. V., Ivanov V. V. Studies on the effects of radiation sterilization on non-woven fabric Hollofiber®. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Proceedings of higher Education Institutions. Textile Industry Technology*. 2021;(5):94–101. (In Russian). [https://doi.org/10.47367/0021-3497\\_2021\\_5\\_94](https://doi.org/10.47367/0021-3497_2021_5_94).

10. Lukina L. S., Gulyatkina V. O., Tsarev A. E. The choice of modifying antibacterial additives for nonwovens, medical applications. *Alleya nauki*. 2020;1(8):48–52. (In Russian).

11. Konysbekov S. M., Kaipova Zh. N. Composition and production of knitted and non-woven fibrous materials with antibacterial properties. In: *Informatsionnoe obespechenie nauki kak dvigatel' progressa = Information support of science as an engine of progress*. Ufa: OMEGA SAINS; 2020, 105–107 p. (In Russian).

12. Avdeeva E. V., Neverov A. S. Antibacterial properties of nonwoven materials based on polypropylene modified with zolketal. In: *Novye materialy, oborudovanie i tekhnologii v promyshlennosti = New materials, equipment and technologies in industry*. Mogilev: Belorussko-Rossiiskii universitet; 2022, 55 p. (In Russian).

13. Odintsova O. I., Il'icheva M. D., Lipina A. A., Petrova L. S. Technological features of antimicrobial treatment of polypropylene nonwoven fabric. In: *Problemy nauki. Khimiya, khimicheskaya tekhnologiya i ekologiya = Problems of science. Chemistry, chemical technology and ecology*. Tula; 2022, 383–387 p. (In Russian).

14. Yertas A. M., Burkitbay A., Niyazbekov B. Zh., Taussarova B. R. Imparting biocidal properties to insulating materials made of linen fibres. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2021;(2):32–37. (In Russian). <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-2-32-37>.

15. Khusnarizanova R. F., Valieva N. F., Latypova N. A. Evaluation of the influence of therapeutic and prophylactic agents containing chlorhexidine on the clinical and microbiological state of periodontal tissues in patients with chronic gingivitis. In: *Nauka i sovremennoe obshchestvo: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii = Science and Modern Society: Current Issues, Achievements and Innovations*. Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G. Yu.); 2020, 195–197 p. (In Russian).

16. Akavov A. N., Kurbanov O. R. Chlorhexidine-indomethacin combination in local anti-inflammatory therapy of gingivitis and periodontitis. *Aktual'nye voprosy meditsiny = Topical issues of medicine*. 2019, 100–101 p. (In Russian).

17. Kvashnina D. V., Kovalishena O. V. Prevalence of microbial resistance to chlorhexidine: a systematic review and analysis of regional monitoring. *Funda-*

*mental'naya i klinicheskaya meditsina = Fundamental and clinical medicine.* 2018;3(1):63-71. (In Russian).

18. Sadykova D. F., Gotlib E. M., Perushkina E. V., Sokolova A. G. Study of the resistance of PVC composite materials modified with wollastonite activated by QAS to bacteria. *Key Engineering Materials.* 2021;899:132-136.

19. Gotlib E. M., Vdovina T. V., Yamaleeva E. S. Increasing the biodegradability of epoxy materials by means of vegetable oils and their oxygenated derivatives. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology.* 2020;10(4):700-707. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-4-700-707>.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

##### **М. С. Лисаневич,**

к.т.н., доцент,  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет,  
420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68,  
Российская Федерация,  
[lisamevichms@gmail.com](mailto:lisamevichms@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-9715-9231>

##### **Е. В. Перушкина,**

к.т.н., доцент,  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет,  
420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68, Россий-  
ская Федерация, [perushkina\\_elena@mail.ru](mailto:perushkina_elena@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-2631-4724>

#### **Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад  
в подготовку публикации.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили  
окончательный вариант рукописи.*

#### **Информация о статье**

*Поступила в редакцию 21.10.2022.  
Одобрена после рецензирования 16.11.2022.  
Принята к публикации 30.11.2022.*

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

##### **Maria S. Lisanevich,**

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,  
Kazan National Research Technological University,  
68, K. Marx St., Kazan, 420015,  
Russian Federation,  
[lisamevichms@gmail.com](mailto:lisamevichms@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-9715-9231>

##### **Elena V. Perushkina,**

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,  
Kazan National Research Technological University,  
68, K. Marx St., Kazan, 420015,  
Russian Federation,  
[perushkina\\_elena@mail.ru](mailto:perushkina_elena@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-2631-4724>

#### **Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article.

#### **Conflict interests**

The authors declare no conflict of interests regarding  
the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved by  
all the co-authors.*

#### **Information about the article**

*The article was submitted 21.10.2022.  
Approved after reviewing 16.11.2022.  
Accepted for publication 30.11.2022.*