

DOI: 10.17725/rensit.2023.15.411

Природоподобная противоиnфекционная пропитка медицинской маски и способ её нанесения

¹Гайдамака С.Н., ²Корнилов И.В., ¹Гладченко М.А., ¹Корнилова А.А.

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, <https://www.msu.ru/>
Москва 119992, Российская Федерация

²Центр проектирования технологий

Москва 115172, Российская Федерация

E-mail: s.gaidamaka@gmail.com, kiv@cdtch.ru, gladmarina@yandex.ru, prfnart@mail.ru

Поступила 27.10.2023, рецензирована 03.11.2023, принята 10.11.2023, опубликована 06.12.2023.

Аннотация: Показан потенциал к созданию противоиnфекционной пропитки на основе аминополисахарида и ионов серебра. Благодаря уникальному водонерастворимому комплексу кластеров серебра ($\text{Ag } 0.034 \text{ мг/см}^2$ материала маски) в природном аминополисахариде пропитанный материал проявляет значительные антибактериальные свойства. Показано, что пропитка не препятствует эффективному удалению углекислого газа, который может скапливаться на внутренней стороне маски при дыхании. Отмечено, что использование новой природоподобной противоиnфекционной пропитки открывает возможность повышения износостойкости пропитанного материала, при этом пропитка не удаляется с поверхности материала маски при интенсивном использовании маски.

Ключевые слова: медицинские маски, пропитка, аминополисахариды, серебро, ткани, антибактериальный эффект

УДК 615.479.42; 677.494; 615.281.9

Для цитирования: Гайдамака С.Н., Корнилов И.В., Гладченко М.А., Корнилова А.А. Природоподобная противоиnфекционная пропитка медицинской маски и способ её нанесения. *РЭНСИТ: Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии*, 2023, 15(4):411-414. DOI: 10.17725/rensit.2023.15.411.

A nature-like anti-infective impregnation of a medical mask and a method for its application

Sergey N. Gaydamaka, Marina A. Gladchenko, Alla A. Kornilova

Lomonosov Moscow State University, <https://www.msu.ru/>

Moscow 119992, Russian Federation

E-mail: s.gaidamaka@gmail.com, gladmarina@yandex.ru, prfnart@mail.ru

Igor' V. Kornilov

Center Projection of Technologies

Moscow 115172, Russian Federation

E-mail: kiv@cdtch.ru

Received October 27, 2023, peer-reviewed November 03, 2023, accepted November 10, 2023, published December 06, 2023.

Abstract: The potential for creating anti-infective impregnation based on aminopolysaccharide and silver ions is shown. Thanks to a unique water-insoluble complex of silver clusters ($\text{Ag } 0.034 \text{ мг/см}^2$ of mask material) in natural aminopolysaccharide, the impregnated material exhibits significant antibacterial properties. It has been shown that impregnation does not interfere with the effective removal of carbon dioxide, which can accumulate on the inside of the mask during breathing. It is noted that the use of a new nature-like anti-infective impregnation opens up the possibility of increasing the wear resistance of the impregnated material, while the impregnation is not removed from the surface of the mask material during intensive use of the mask.

Keywords: medical masks, impregnation, aminopolysaccharides, silver, antibacterial effect

UDC 615.479.42; 677.494; 615.281.9

For citation: Sergey N. Gaydamaka, Igor' V. Kornilov, Marina A. Gladchenko, Alla A. Kornilova. A nature-like anti-infective impregnation of a medical mask and a method for its application. *RENSIT: Radioelectronics. Nanosystems. Information Technologies*, 2023, 15(4):411-414e. DOI: 10.17725/rensit.2023.15.411.

Содержание

1. Введение (412)
2. Материалы и методы (412)
3. Результаты и обсуждение (413)
4. Заключение (414)

Литература (414)

1. ВВЕДЕНИЕ

В связи с многочисленными мутациями новой коронавирусной инфекции COVID-19, вирус SARS-CoV-2 содержит в себе массу непрогнозируемых осложнений. Не смотря на то, что пандемия завершена, на сегодняшний день профилактические меры по нераспространению вирусных инфекции остаются актуальными [1-3]. Самой распространенной мерой профилактики является ношение медицинской маски [4]. Медицинская маска предназначена для инфицированного человека и задерживает аэрозоли с вирусами, которые он образует при разговоре, кашле и чихании.

К недостаткам использования медицинских масок можно отнести следующие факторы:

- неплотное прилегание к носу и рту, наличие зазоров;
- прикосновения к маске способствуют переносу вирусов на кожу лица и рук, что увеличивает шансы их проникновения в организм;
- намокание маски значительно снижает её защитные качества;
- ношение маски больше указанного времени, неоднократное применение одноразовых масок;
- значительное скопление вирусов на маске способствует их проникновению через защитный барьер.

Беспрерывное ношение одной маски в течение более 4 часов приводит к дефициту кислорода и тем самым приводит к головной боли, тошноте, быстрой утомляемости и потере концентрации. Газопроницаемость маски со временем снижается и происходит накопление CO_2 в околорасположенном пространстве, следовательно и в организме, что отрицательно влияет на иммунитет, а также на состояние кожи лица, слизистой носа и рта.

Таким образом, при использовании медицинских масок нерешенными остаются следующие проблемы:

- Проникновение инфекционных агентов через поры маски при интенсивном дыхании, в том числе при использовании маски инфицированным человеком;
- Накапливание инфекционных агентов на внутренней стороне маски при дыхании;
- Накапливание углекислого газа на внутренней стороне маски при дыхании.

Данная работа посвящена исследованиям новой природоподобной противоинойфекционной пропитки маски, которая нацелена на решение существующих проблем медицинских масок.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись одноразовые медицинские маски, выполненные из нетканого материала спанбонд. Спанбонд пропитывался последовательно двумя растворами посредством 4-х процедур:

1. Нанесение пропиточного раствора, природного аминополисахарида с включением ионов коллоидного серебра методом равномерного микрокапельного распыления из расчета 0.01 мл раствора на 1 cm^2 спандбонда.
2. Сушка спанбонда в потоке горячего воздуха (80-120°C).
3. Нанесение закрепителя (ноу-хау), методом равномерного микрокапельного распыления, после которого аминополисахарид принимает водонерастворимую форму и формирует кластеры серебра, которые не будут удаляться со спанбонда при дыхании.
4. Сушка спанбонда: влажный спанбонд сушится в потоке горячего воздуха (80-120°C). Во время сушки аминополисахарид с ионами серебра закрепляется на порах, при этом остатки закрепителя испаряются с поверхности спанбонда. Затем с масками проводились сравнительные физико-химические и микробиологические исследования. Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой экстрактов с материала маски проводилась на приборе iCAP 6300 Duo (Thermo Fisher Scientific, США) методом, описанным в [5]. Энергодисперсионная рентгенофлуоресценция на базе сканирующего электронного микроскопа проводилась на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM-3030 (Hitachi Ltd., Япония)

с системой энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) Quantax 70 (Bruker Nano GmbH, Германия) [6]. Рентгенофлуоресцентный анализ материала масок проводился с помощью детектора рентгеновского излучения полупроводникового SDD с Пельтье охлаждением компании Amptek. Результаты были получены при следующих режимах работы рентгеновской трубки: высокое напряжение 35 кВ, ток 20 мкА, анод-Cr прострельного типа. Участок облучения – 3 мм. Угол падения рентгеновского излучения на образец – 450, угол отбора – 450. Физико-химическое количественное определение CO₂ в пробах газа околосочного пространства проводились методом, описанном в [7].

Далее были проведены сравнительные испытания пропитанной и непропитанной масок на обсеменение аэробными микроорганизмами при ношении на лице и интенсивном дыхании человека в течение 1 часа. После использования маски были помещены в герметично закрывающуюся стерильную пластиковую ёмкость и отправлены на микробиологический анализ.

Микробиологическое определение общего количества аэробных микроорганизмов на ткани маски определялись методом описанном в [8].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Сравнительный анализ микрофотографий ткани пропитанной и непропитанной масок полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа показал, что волокна исследуемого материала пропитанной медицинской маски повсеместно покрыты гелеобразным бесцветным веществом, которое не нарушает структуру ткани и размеры пор (Рис. 1).

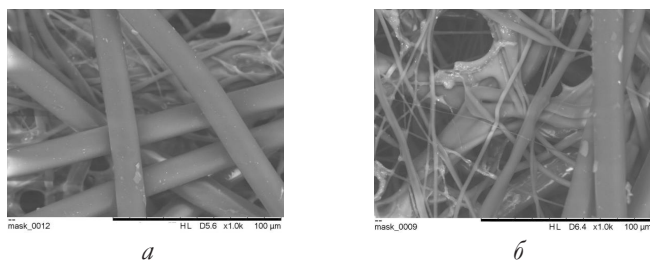


Рис. 1. Микрофотографии материала масок, пролученные с помощью сканирующего электронного микроскопа: а – непропитанная маска, б – пропитанная маска.

Анализ ткани пропитанной маски с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии на базе сканирующего электронного микроскопа показал наличие ионов серебра и кремния (Рис. 2).

Данные энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии на базе сканирующего электронного микроскопа подтверждены рентгенофлуоресцентным анализом (Рис. 3). В пропитанной маске помимо серебра

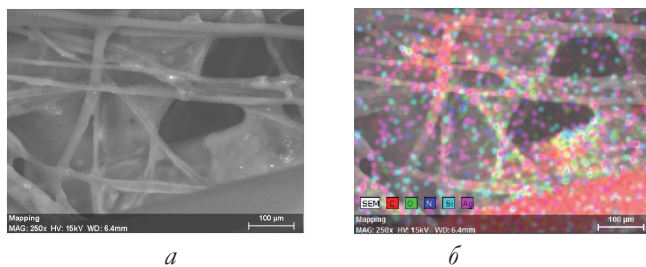


Рис. 2 Микрофотография материала пропитанной маски, полученная методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (б) на базе сканирующего электронного микроскопа (а).

обнаружен цинк и следы железа в отличие от непропитанной маски. Также отмечено, что на пропитанной маске увеличено содержание титана по сравнению с неапрпитанной маской.

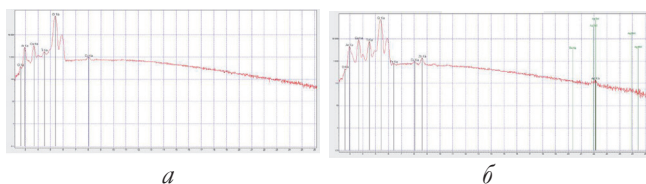


Рис. 3. Спектры рентгенофлуоресцентного анализа материала масок: а – непропитанная маска, б – пропитанная маска.

Анализ методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой экстрактов с материала маски показал содержание серебра на пропитанной маске в отличие от непропитанной маски (Таблица 1).

Таблица 1

Сравнительное содержание серебра, накопления углекислого газа в выдыхаемом воздухе в непропитанной и пропитанной масках и содержание микроорганизмов на материале масок после 1 часа использования

Наименование маски	Ag мг/см ² материала маски	Содержание углекислого газа, %	ОЧМ, КОЕ/г маски
Непропитанная маска	0.000	0.5	190
Пропитанная маска	0.034±0.001	0.5	10

Исследования на стенде с машиной дыхания определения содержания углекислого газа в подмасочном пространстве вели до максимального значения углекислого газа в подмасочном пространстве, при устоявшемся цикле дыхания, до установления стабильного значения содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Задержка углекислого газа в подмасочном пространстве зависит от проницаемости и плотности фильтрующего материала. Проницаемость испытываемых масок составляла 72-76%. При такой проницаемости колебания задержки углекислого газа незначительны.

В результате полученных данных был сделан вывод об отсутствии ухудшения газовой проницаемости пропитанной маски по сравнению

с непропитанной. При этом удаление углекислого газа из подмасочного пространства осталось на прежнем уровне, несмотря на пропитку и заполнение пор маски природным противомикробным аминополисахаридом (Таблица 1).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение цикла исследований проведены сравнительные испытания непропитанной и пропитанной масок на бактериологическую загрязненность материала маски, прилегающей к лицу после 1 часа использования. Отмечен значительно увеличенный (в 19 раз) антибактериальный эффект пропитанной маски по сравнению с непропитанной маской (Таблица 1).

Данные результаты показывают потенциал к созданию новой противомикробной пропитки:

- благодаря уникальному комплексу кластеров серебра в природном аминополисахариде пропитанный материал проявляет значительные антибактериальные свойства;
- пропитка не препятствует эффективному удалению углекислого газа, который может скапливаться на внутренней стороне маски при дыхании.

Использование новой природоподобной противомикробной пропитки открывает возможность повышения износостойкости пропитанного материала, при этом водонерастворимая пропитка не удаляется при интенсивном использовании обработанной маски. В дальнейшем планируются испытания пропитанной маски на стойкость к стирке в воде, противодействие патогенным микроорганизмам и вирусам, а также отсутствие выделения вредных веществ и аллергенов к человеческой коже при использовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wu F, Zhao S, Yu B. et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*, 2020, 579:265-269. DOI: 10.1038/s41586-020-2008-3.
2. Корнилова АА, Гайдамака СН, Гладченко МА, Агасаров ДЯ, Корнилов ИВ, Герасимов МА. Тепловые волны и особенности протекания импульсных термостимулированных биохимических реакций при взаимодействии вирусов с клетками. *РЭНСИТ: Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии*, 2022, 14(1):87-96. DOI: 10.17725/rensit.2022.14.087.
3. Корнилова АА, Гайдамака СН, Гладченко МА, Агасаров ДЯ, Корнилов ИВ, Герасимов МА. Обзор значимых модификаций

генома возбудителя новой коронавирусной инфекции (исторической обзор). *История науки и техники*, 2022, 5:3-11. DOI: 10.25791/INTSTG.5.2022.1352.

4. Tcharkhtchi A, Abbasnezhad N, Zarbini Seydani M, Zirak N, Farzaneh S, Shirinbayan M. An overview of filtration efficiency through the masks: Mechanisms of the aerosols penetration. *Bioactive Materials*, 2021, 6(1):106-122. DOI: 10.1016/j.bioactmat.2020.08.002.
5. ГОСТ Р 55845-2013 Реактивы и особо чистые вещества. Определение примесей химических элементов атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой.
6. Gaydamaka S, Gladchenko M, Maslova O, Senko O, Kornilova A, Kornilov I. Application of the hybrid chemical-biocatalytic approach for conversion of nitrocellulose-containing sewage sludge. *Processes*, 2023, 11(7):2017. DOI: 10.3390/pr11072017.
7. ГОСТ 12.4.294-2015 "Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Общие технические условия".
8. ГОСТ Р 58396-2019 п. 5.2.5. МАСКИ МЕДИЦИНСКИЕ. Требования и методы испытаний.

Гайдамака Сергей Николаевич

к.х.н.

МГУ им. М.В.Ломоносова

1/11, Ленинские горы, Москва, Россия

E-mail: s.gaidamaka@gmail.com

Корнилов Игорь Вадимович

зам. ген. директора

Центр проектирования технологий

6/1А, Б. Каменщики, Москва, Россия

E-mail: kiv@cdtch.ru

Гладченко Марина Анатольевна

к.т.н.

МГУ им. М.В.Ломоносова

1/11, Ленинские горы, Москва, Россия

E-mail: gladmarina@yandex.ru

Корнилова Алла Александровна

к.ф.-м.н., с.н.с., действ. член РАЕН

МГУ им. М.В. Ломоносова

1/2, Ленинские горы, Москва, Россия

E-mail: prfnart@mail.ru.