

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-20-25>

УДК 677.014.3:539.2

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ В АКТИВНОЙ ГАЗОВОЙ ФАЗЕ НА БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е. В. АВДЕЕВА¹⁺, А. В. ПЕТКЕВИЧ¹, А. М. МИХАЛКО², Н. В. ДУДЧИК³, А. А. РОГАЧЕВ¹, В. Е. АГАБЕКОВ¹

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 36, 220141, г. Минск, Беларусь

²Международная Китайско-Белорусская научная лаборатория по вакуумно-плазменным технологиям, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, ул. Советская, 104, 246028, г. Гомель, Беларусь

³Научно-практический центр гигиены, ул. Академическая, 8, 220012, г. Минск, Беларусь

Цель работы — установить влияние поверхностного модифицирования из активной газовой фазы отечественных полипропиленовых нетканых материалов для средств индивидуальной защиты, в том числе защитных масок, на их барьерные свойства, обеспечивающее задержание патогенных микроорганизмов, передающихся воздушно-капельным путем.

Рассматривается влияние на эффективность воздушной фильтрации (ЭВФ) и бактериальной фильтрации (ЭБФ) полипропиленовых нетканых материалов марок Aquaspin и SpinBel модифицирующих слоев, нанесенных из активной газовой фазы, образованной электронно-лучевым диспертированием политетрафторэтилена (ПТФЭ), нитрата серебра. Установлено, что значения ЭВФ и ЭБФ для системы ПТФЭ–Ag SpinBel / ПТФЭ–Ag Aquaspin / ПТФЭ–Ag SpinBel составляет 99,7%, 99,2%, а ПТФЭ SpinBel / ПТФЭ Aquaspin / ПТФЭ SpinBel — 99,2% и 96,1%, соответственно. Показано, что образцы не цитотоксичны, выживаемость клеток фибробластов человека для Aquaspin составила 96,4% с покрытием ПТФЭ–Ag, Aquaspin ПТФЭ — 102,6%.

Ключевые слова: электронно-лучевое нанесение, эффективность бактериальной фильтрации, антибактериальная активность, антимикробный потенциал, средства индивидуальной защиты.

INFLUENCE OF MODIFICATION IN THE ACTIVE GAS PHASE ON THE BARRIER PROPERTIES OF NONWOVEN POLYPROPYLENE MATERIALS

Е. В. AVDEEVA¹⁺, А. В. PETKEVICH¹, А. М. MIKHALKO², Н. В. DUDCHIK³, А. А. ROGACHEV¹, В. Е. AGABEKOV¹

¹Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus, F. Skorini St., 36, 220141, Minsk, Belarus

²International Chinese-Belarusian Scientific Laboratory for Vacuum Plasma Technologies, Francisk Skorina Gomel State University, Sovetskaya St., 104, 246028, Gomel, Belarus

³Scientific and Practical Center for Hygiene, Akademicheskaya St., 8, 220012, Minsk, Belarus

The aim of the work is to establish the influence of surface modification from the active gas phase of domestic polypropylene nonwoven materials for personal protective equipment, including protective masks, on their barrier properties, ensuring the retention of pathogenic microorganisms transmitted by airborne droplets.

It is considered the influence of modified PTFE and silver nitrate layers deposited from active gas phase, formed via electron beam dispersion on the efficiency of air filtration and bacterial filtration

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: shukova.yekaterina@yandex.by

of polypropylene nonwoven materials of the Aquaspun and SpunBel brands. It was established that the values of efficiency of air filtration and efficiency of bacterial filtration for the PTFE–Ag SpunBel / PTFE–Ag Aquaspun / PTFE–Ag SpunBel system are 99.7%, 99.2%, and PTFE SpunBel / PTFE Aquaspun / PTFE SpunBel are 99.2% and 96.1% respectively. It is shown that the samples are not cytotoxic. The survival rate of human fibroblast cells is 96.4% for Aquaspun with PTFE–Ag coating and 102.6% for Aquaspun with PTFE coating.

Keywords: electron beam deposition, bacterial filtration efficiency, antibacterial activity, antimicrobial potential, personal protective equipments.

Поступила в редакцию 22.02.2024

© Е. В. Авдеева, А. В. Петкевич, А. М. Михалко, Н. В. Дудчик, А. А. Рогачев, В. Е. Агабеков, 2024

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Авдеева Е. В., Петкевич А. В., Михалко А. М., Дудчик Н. В., Рогачев А. А., Агабеков В. Е. Влияние модифицирования в активной газовой фазе на барьерные свойства нетканых полипропиленовых материалов // Полимерные материалы и технологии. 2024. Т. 10, № 3. С. 20–25. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-20-25>

Citation sample:

Avdeeva E. V., Petkevich A. V., Mikhalko A. M., Dudchik N. V., Rogachev A. A., Agabekov V. E. Vliyanie modifitsirovaniya v aktivnoy gazovoy faze na bar'ernye svoystva netkanykh polipropilenovykh materialov [Influence of modification in the active gas phase on the barrier properties of nonwoven polypropylene materials]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2024, vol. 10, no. 3, pp. 20–25. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2024-10-3-20-25>

Литература

- Гиндюк Л. Л., Гиндюк А. В. Профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи : учебно-методическое пособие. Минск : БГМУ, 2021. 110 с.
- He Qinghao, Lu Jing, Liu Nian, Lu Wenqing, Li Yu, Shang Chao, Li Xiao, Hu Ligang, Jiang Guibin. Antiviral properties of silver nanoparticles against SARS-CoV-2: effects of surface coating and particle size // *Nanomaterials*, 2022, vol. 12, is. 6. doi: 10.3390/nano12060990
- Pathania D., Kumar S., Thakur P., Chaudhary V., Kaushik A., Varma R. S., Furukawa H., Sharma M., Khosla A. Essential oil-mediated biocompatible magnesium nanoparticles with enhanced antibacterial, antifungal, and photocatalytic efficacies // *Scientific Reports*, 2022, vol. 12. doi: 10.1038/s41598-022-14984-3
- Chaerun S. K., Prabowo B. A., Winarko R. Bionanotechnology: the formation of copper nanoparticles assisted by biological agents and their applications as antimicrobial and antiviral agents // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2022, vol. 18. doi: 10.1016/j.enmm.2022.100703
- Рогачев А. А., Авдеева Е. В., Шумская Е. Е., Сычик С. И., Дудчик Н. В., Олейник А. Д., Ярмоленко М. А., Михалко А. М., Агабеков В. Е. Влияние плазмохимического модифицирования полипропиленовых волоконистых материалов на их фильтрационные свойства // Коронавирусная инфекция 2021. Фундаментальные, клинические и эпидемиологические аспекты : сб. науч. материалов по итогам заседаний Респ. межведомств. рабочей группы по преодолению COVID19. Минск : Белорусская наука, 2021. С. 118–129.
- Avdeeva E., Petkevich A., Mikhalko A., Shumskaya A., Sychik S., Dudchik N., Anisovich M., Yarmolenko M., Halinowski N., Rogachev A., Agabekov V. Modification of nonwoven polymer materials for increasing of their filtration and antibacterial properties // *Polym. Eng. Sci.*, 2023, vol. 63, is. 11, pp. 3831–3842. doi: 10.1002/pen.26489
- Mohmeyer N., Behrendt N., Zhang X., Smith P., Altstadt V., Sessler G. M., Schmidt H.-W. Additives to improve the electret properties of isotactic polypropylene // *Polymer*, 2007, vol. 48, is. 6, pp. 1612–1619. doi: 10.1016/j.polymer.2006.08.001
- Lorenz M., Malangré D., Du F., Baune M., Thöming J., Pesch G. R. High-throughput dielectrophoretic filtration of sub-micron and micro particles in macroscopic porous materials // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2020, vol. 412, pp. 3903–3914. doi:10.1007/s00216-020-02557-0

9. Shateri Khalil-Abad M., Yazdanshenas M. E. Superhydrophobic antibacterial cotton textiles // *Journal of Colloid and Interface Science*, 2010, vol. 351, no. 1, pp. 293–298. doi: 10.1016/j.jcis.2010.07.049
10. Rahachou A. V., Rogachev A. A., Yarmolenko M. A., Xiao-Hong J., Zhu L. Molecular structure and optical properties of PTFE-based nanocomposite polymer-metal coatings // *Applied Surface Science*, 2012, vol. 258, no. 6, pp. 1976–1980. doi: 10.1016/j.apsusc.2011.05.084
11. Wenzel R. Resistance of solid surfaces to wetting by water // *Ind. Eng. Chem.*, 1936, vol. 28, no. 8, pp. 988–994. doi: 10.1021/ie50320a024
12. Дерягин Б. В. О зависимости краевого угла от микрорельефа или шероховатости смачиваемой поверхности // *Доклады АН СССР*. 1946. Т. 51, № 5. С. 357–360.
13. Cassie A. B. D., Baxter S. Wettability of porous surfaces // *Trans. Faraday Soc.*, 1944, vol. 40, pp. 546–551. doi: 10.1039/TF9444000546
14. Dudchik N. V., Sychik S. I., Nezhvinskaya O. E., Kolomiets N. D., Fedorenko E. V., Drozdova E. V., Tonko O. V., Emel'yanova O. A. Bacterial profiles and phenotypic biomarkers of microbiota isolates in habitat: hazard identification factors // *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 92–100. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.10.eng
15. Kazak A. V., Kirillov A. A., Simonchik L. V., Nezhvinskaya O. E., Dudchik N. V. Inactivation of consortiums of microorganisms by air plasma jet at atmospheric pressure // *Plasma Medicine*, 2017, vol. 7, is. 2, pp. 109–115. doi: 10.1615/PlasmaMed.2017019263
16. Dudchik N. V., Drozdova E. V., Sychik S. I. Test-model and quantitative RDDS criterion index which are applied to estimate antimicrobial potential of nanomaterials used for water purification and treatment: substantiation and metrologic assessment // *Health Risk Analysis*, 2018, no. 3, pp. 104–111. doi: 10.21668/health.risk/2018.3.11
17. Ragachev A. V., Xiaohong Jiang, Xiaoheng Liu, Yarmolenko M. A., Rogachev A. A., Gorbachev D. L., Liu Zhuho. Features of the formation of nanoparticles based on copper in thin-layer systems // *Applied Surface Science*, 2014, vol. 317, pp. 449–456. doi: 10.1016/j.apsusc.2014.08.098

References

1. Gindyuk L. L., Gindyuk A. V. *Profilaktika infektsiy, svyazannykh s okazaniem meditsinskoy pomoshchi* [Prevention of infections associated with medical care: educational and methodological manual]. Minsk : BGMU Publ., 2021. 110 p.
2. He Qinghao, Lu Jing, Liu Nian, Lu Wenqing, Li Yu, Shang Chao, Li Xiao, Hu Ligang, Jiang Guibin. Antiviral properties of silver nanoparticles against SARS-CoV-2: effects of surface coating and particle size. *Nanomaterials*, 2022, vol. 12, is. 6. doi: 10.3390/nano12060990
3. Pathania D., Kumar S., Thakur P., Chaudhary V., Kaushik A., Varma R. S., Furukawa H., Sharma M., Khosla A. Essential oil-mediated biocompatible magnesium nanoparticles with enhanced antibacterial, antifungal, and photocatalytic efficacies. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12. doi: 10.1038/s41598-022-14984-3
4. Chaerun S. K., Prabowo B. A., Winarko R. Bionanotechnology: the formation of copper nanoparticles assisted by biological agents and their applications as antimicrobial and antiviral agents. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2022, vol. 18. doi: 10.1016/j.enmm.2022.100703
5. Rogachev A. A., Avdeeva E. V., Shumskaya E. E., Sychik S. I., Dudchik N. V., Oleynik A. D., Yarmolenko M. A., Mikhalko A. M., Agabekov V. E. Vliyaniye plazmokhimicheskogo modifitsirovaniya polipropilennykh voloknistykh materialov na ikh fil'tratsionnye svoystva [Influence of plasma-chemical modification of polypropylene fibrous materials on their filtration properties]. *Koronavirusnaya infektsiya 2021. Fundamental'nye, klinicheskie i epidemiologicheskie aspekty* [Coronavirus infection 2021: fundamental, clinical and epidemiological aspects]. Minsk : Belorusskaya nauka Publ., 2021, pp. 118–129.
6. Avdeeva E., Petkevich A., Mikhalko A., Shumskaya A., Sychik S., Dudchik N., Anisovich M., Yarmolenko M., Halinowski N., Rogachev A., Agabekov V. Modification of nonwoven polymer materials for increasing of their filtration and antibacterial properties. *Polym. Eng. Sci.*, 2023, vol. 63, is. 11, pp. 3831–3842. doi: 10.1002/pen.26489
7. Mohmeyer N., Behrendt N., Zhang X., Smith P., Altstädt V., Sessler G. M., Schmidt H.-W. Additives to improve the electret properties of isotactic polypropylene. *Polymer*, 2007, vol. 48, is. 6, pp. 1612–1619. doi: 10.1016/j.polymer.2006.08.001
8. Lorenz M., Malangré D., Du F., Baune M., Thöming J., Pesch G. R. High-throughput dielectrophoretic filtration of sub-micron and micro particles in macroscopic porous materials. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2020, vol. 412, pp. 3903–3914. doi: 10.1007/s00216-020-02557-0
9. Shateri Khalil-Abad M., Yazdanshenas M. E. Superhydrophobic antibacterial cotton textiles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2010, vol. 351, no. 1, pp. 293–298. doi: 10.1016/j.jcis.2010.07.049
10. Rahachou A. V., Rogachev A. A., Yarmolenko M. A., Xiao-Hong J., Zhu L. Molecular structure and optical properties of PTFE-based nanocomposite polymer-metal coatings. *Applied Surface Science*, 2012, vol. 258, no. 6, pp. 1976–1980. doi: 10.1016/j.apsusc.2011.05.084
11. Wenzel R. Resistance of solid surfaces to wetting by water. *Ind. Eng. Chem.*, 1936, vol. 28, no. 8, pp. 988–994. doi: 10.1021/ie50320a024
12. Deryagin B. V. O zavisimosti kraevogo ugla ot mikrorel'efa ili sherokhovatosti smachivaemoy poverkhnosti [On the dependence of the contact angle on the microrelief or roughness of the wetted surface]. *Doklady AN SSSR* [Proceedings of the Academy of Sciences], 1946, vol. 51, no. 5, pp. 357–360.
13. Cassie A. B. D., Baxter S. Wettability of porous surfaces. *Trans. Faraday Soc.*, 1944, vol. 40, pp. 546–551. doi: 10.1039/TF9444000546
14. Dudchik N. V., Sychik S. I., Nezhvinskaya O. E., Kolomiets N. D., Fedorenko E. V., Drozdova E. V., Tonko O. V., Emel'yanova O. A. Bacterial profiles and phenotypic biomarkers of microbiota isolates in habitat: hazard identification factors. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 92–100. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.10.eng
15. Kazak A. V., Kirillov A. A., Simonchik L. V., Nezhvinskaya O. E., Dudchik N. V. Inactivation of consortiums of microorganisms by air plasma jet at atmospheric pressure. *Plasma Medicine*, 2017, vol. 7, is. 2, pp. 109–115. doi: 10.1615/PlasmaMed.2017019263
16. Dudchik N. V., Drozdova E. V., Sychik S. I. Test-model and quantitative RDDS criterion index which are applied to estimate antimicrobial potential of nanomaterials used for water purification and treatment: substantiation and metrologic assessment. *Health Risk Analysis*, 2018, no. 3, pp. 104–111. doi: 10.21668/health.risk/2018.3.11
17. Ragachev A. V., Xiaohong Jiang, Xiaoheng Liu, Yarmolenko M. A., Rogachev A. A., Gorbachev D. L., Liu Zhuho. Features of the formation of nanoparticles based on copper in thin-layer systems. *Applied Surface Science*, 2014, vol. 317, pp. 449–456. doi: 10.1016/j.apsusc.2014.08.098