

УДК 541.64.547.304

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-627-632>



## Полимер-полимерная смесь поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида для задач антимикробной защиты поверхностей

Валерия Олеговна Окладникова, Олег Сергеевич Очиров,  
Мария Николаевна Григорьева, Сергей Александрович Стельмах

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Очиров Олег Сергеевич, [ochirov.o.s@yandex.ru](mailto:ochirov.o.s@yandex.ru)

**Аннотация.** Проблема дезинфекции поверхностей начиная с 2020 года по текущее время особенно актуальна, в связи с чем подходы к ее реализации стали расширяться. Классические дезинфицирующие средства в виде концентрированных растворов или растворимых таблеток не в полной мере могут удовлетворить потребности при проведении мероприятий по антимикробной протекции поверхностей ввиду необходимости их регулярного повторения, что приводит к большому расходу средств, которые за последние два года подорожали на 30–50%. Поэтому для удешевления процедуры дезинфекции и увеличения ее эффективности предложен подход по созданию средств с пролонгированным действием путем формирования пленкообразующих антимикробных компонентов с хорошими адгезионными свойствами к различным поверхностям. Кроме того, такие системы могут найти применение в качестве добавок к лакокрасочным покрытиям на основе водных эмульсий на этапе косметического ремонта лечебно-профилактических учреждений. Такие материалы могут значительно замедлить скорость распространения вредоносной микрофлоры, а также обеспечить длительную защиту от нее. Для реализации такого подхода был разработан состав полимер-полимерной смеси на основе поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида. Следует отметить, что гуанидинсодержащие полимеры проявляют высокую антимикробную активность и низкую токсичность по отношению к человеку, также они широко используются в качестве активных агентов дезинфицирующих средств. Поливиниловый спирт является отличным пленкообразующим полимером и обладает хорошими адгезионными свойствами, нетоксичен и химически инертен. Таким образом, применение таких добавок может существенно снизить распространение вредоносной микрофлоры, особенно на объектах с повышенной социальной нагрузкой.

**Ключевые слова:** полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, поливиниловый спирт, антимикробная активность, пленки

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках государственного задания Байкальского института природопользования Сибирского отделения Российской академии наук № 0273-2021-0007.

**Для цитирования:** Окладникова В. О., Очиров О. С., Григорьева М. Н., Стельмах С. А. Полимер-полимерная смесь поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида для задач антимикробной защиты поверхностей // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 4. С. 627–632. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-627-632>.

### BRIEF COMMUNICATION

## Polymer-polymer composition of polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride for antimicrobial surface protection

Valeria O. Okladnikova, Oleg S. Ochirov, Maria N. Grigor'eva, Sergey A. Stelmakh

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

Corresponding author: Oleg S. Ochirov, [ochirov.o.s@yandex.ru](mailto:ochirov.o.s@yandex.ru)

**Abstract.** Since 2020, surface disinfection has become particularly relevant thus requiring improved approaches to its implementation. Conventional disinfectants comprising concentrated solutions or soluble tablets fail to fully comply with the need for antimicrobial protection of surfaces, calling for their repetitive application. This

© Окладникова В. О., Очиров О. С., Григорьева М. Н., Стельмах С. А., 2022

leads to considerable expenses, with the price of disinfectants rising by 30–50% over the past two years. In this article, agents characterised by prolonged action due to film-forming antimicrobial components having good adhesion to various surfaces are developed in order to reduce the cost of the disinfection procedure and increase its efficiency. In addition, such systems can be used as additives to water paint coatings for minor maintenance of medical and preventive institutions. These materials can significantly reduce the growth rate of the harmful bacteria population, as well as provide long-term protection against it. In order to implement this approach, the polymer-polymer composition based on polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride was developed. It should be noted that guanidine-containing polymers are characterised by high antimicrobial activity and low human toxicity, being also widely used as active agents in disinfectants. An excellent film-forming polymer exhibiting good adhesive properties, polyvinyl alcohol is non-toxic and chemically inert. Thus, the use of such additives can significantly reduce the extension of harmful bacteria, especially in crowded public areas.

**Keywords:** polyhexamethylene guanidine hydrochloride, polyvinyl alcohol, antimicrobial activity, films

**Funding.** The study was carried out within the framework of the state task of the Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences no. 0273-2021-0007.

**For citation:** Okladnikova V. O., Ochirov O. S., Grigor'eva M. N., Stelmakh S. A. Polymer-polymer composition of polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride for antimicrobial surface protection. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(4):627-632. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-4-627-632>.

## ВВЕДЕНИЕ

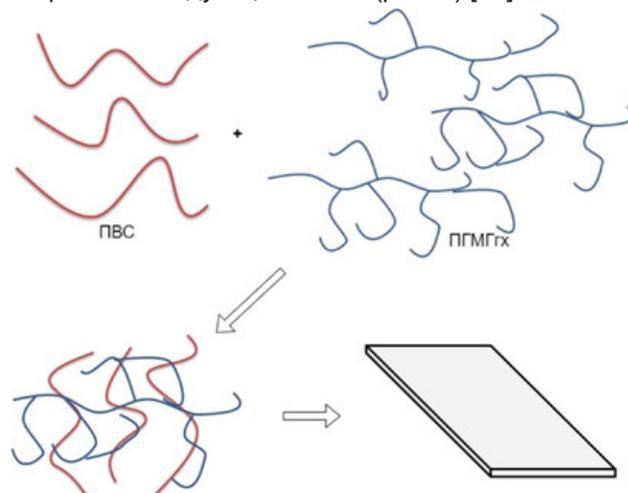
На сегодняшний день в медицинской практике применяется значительное количество различных дезинфицирующих средств (ДС), имеющих в своем составе вещества синтетического и природного происхождения. Однако рост резистентности микроорганизмов к действию ДС приводит к понижению их эффективности. Наиболее остро эта проблема проявляется в лечебно-профилактических учреждениях в виде внутрибольничных инфекций (ВБИ), поэтому для подавления роста таких штаммов бактерий традиционно используется ротация ДС [1]. Недостатком такого подхода является наличие бактерий, проявляющих устойчивость ко всем видам ДС, что подтверждается данными мониторинга [2]. Решение данной проблемы возможно путем реализации подхода применения соединений, обладающих высокой антимикробной активностью в составе полимер-полимерной смеси, и нанесении ее на поверхность либо в качестве самостоятельного средства, либо при добавлении в водоэмульсионные краски для обеспечения пассивной защиты от вредоносной микрофлоры. В качестве антимикробного агента предлагается использовать полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, характеризующийся высокой антимикробной активностью и низкой токсичностью [3–7], а в качестве пленкообразующего полимера – поливиниловый спирт [8–18].

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

**Синтез полигексаметиленгуанидин гидрохлорида.** Синтез произведен путем поликонденсации в расплаве гуанидин гидрохлорида (ГГХ) и гексаметилендиамина (ГМДА) при температуре 165 °С в течение 6 ч. ГМДА (99,5%, CAS: 124-09-4, Франция) и ГГХ (98%, CAS: 50-01-1, Германия) производства Acros Organics использовали без предварительной очистки. Соотношение мономеров

ГГХ:ГМДА составило 1:1,3, в результате чего был получен полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГХ) с разветвленной топологией макромолекулярной цепи и средневязкостной молекулярной массой  $M_v = 2730$ .

**Получение пленочных материалов.** Пленочные материалы были получены путем полива на стеклянную подложку совместных устойчивых водных растворов поливинилового спирта (ПВС) с  $M_v = 87000$  (CAS 9002-89-5, ГОСТ 10779-78, Россия) и ПГМГХ с 8, 10, 12, 15 масс.% содержанием второго по следующей схеме (рис. 1) [19].



**Рис. 1.** Схематичное изображение получения пленочного материала на основе поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида

**Fig. 1.** Scheme for obtaining a film material based on polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride

Полученные материалы были исследованы на базе Центра коллективного пользования Байкальского института природопользования СО РАН на

электромеханической разрывной машине Instron 3367 (Instron, США).

Краевой угол смачивания пленок определялся методом сидячей капли по ГОСТ 7934.2-74.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее в работе [19] были получены пленочные материалы на основе ПВС и ПГМГГх, было установлено, что наибольшее содержание ПГМГГх в пленке составляет 15%. Это в первую очередь связано с резко ухудшающимися механическими свойствами материалов с большим содержанием ПГМГГх. В рамках данной работы был проведен тест пленок на разрывной машине, показавший, что наилучшим результатом на прочность и растяжение является пленка, содержащая 10% ПГМГГх (таблица). Вероятно, это связано с тем, что более низкомолекулярный ПГМГГх выступает в роли пластификатора в этой системе и его добавка в небольшом количестве (до 10%) увеличивает эластичность материала по сравнению с пленками из чистого ПВС.

Сводная таблица механических характеристик пленочных материалов на основе поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида

Mechanical characteristics of film materials based on polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride

№ образца	Содержание полигексаметиленгуанидин гидрохлорида	Максимальное растяжение при разрыве (%)	Прочность на разрыв (МПа)
1	8%	6,12	38,76
2	10%	6,18	39,30
3	12%	6,82	36,63
4	15%	2,97	35,10
5	ПВС	5,81	34,45

Значения краевого угла смачивания ( $\theta$ ) (рис. 2) находятся в пределах  $15^\circ < \theta < 37^\circ$ , что говорит о гидрофильности пленок и предопределяет их хорошую адгезию к поверхностям. Следует отметить, что с увеличением содержания ПГМГГх  $\theta$  увеличивается, что можно объяснить образованием большего числа межмолекулярных водородных связей между концевыми аминогруппами разветвленного ПГМГГх и гидроксильными группами ПВС, а с учетом образования устойчивых совместных водных растворов можно утверждать о хорошей термодинамической совместимости этих полимеров.

Было проведено исследование антимикробной активности ПГМГГх по отношению к резистентным штаммам микроорганизмов, показавшее, что наибольшее угнетение (100%) наблюдалось для грибов *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus*, в то время как для *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter*

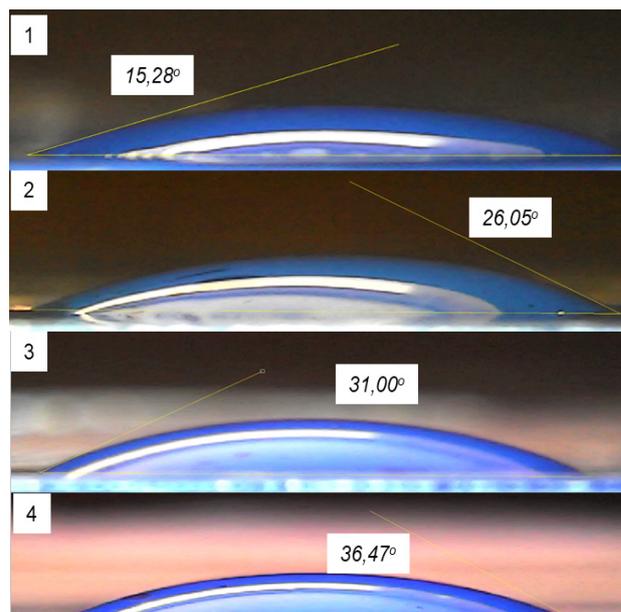


Рис. 2. Результаты определения краевого угла смачивания пленочных материалов на основе поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида:

1 – 8% ПГМГГх; 2 – 10% ПГМГГх; 3 – 12% ПГМГГх;  
 4 – 15% ПГМГГх

Fig. 2. Contact angle of film materials based on polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride: 1 – 8% PHMGgh; 2 – 10% PHMGgh; 3 – 12% PHMGgh; 4 – 15% PHMGgh

*baumannii*, *Klebsiella pneumoniae* не превышало 41%, что говорит о сильно выраженной мультирезистентности к действию дезинфектантов, в том числе и антибиотиков [20].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены материалы на основе полимер-полимерной смеси поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида, которые охарактеризованы физико-химическими методами анализа. Проведено исследование механических характеристик, и определен краевой угол смачивания. Наилучшими механическими характеристиками обладает пленка, содержащая 10% полигексаметиленгуанидин гидрохлорида. Показано, что полимер-полимерная смесь проявляет антимикробную активность по отношению к микроорганизмам *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Klebsiella pneumoniae*, являющимся мультирезистентными, в частности к антибиотикам.

Дальнейшее развитие исследований будет направлено на получение композиций полимер-полимерной смеси с вододисперсионными красками и на оценку длительности их антимикробного действия по отношению к вредоносной микрофлоре, проявляющей в том числе мультирезистентность к действию антибиотиков и прочих ДС.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шкарин В. В., Саперкин Н. В., Ковалишена О. В., Благодравова А. С., Широкова И. Ю., Кулюкина А. А. Региональный мониторинг устойчивости микроорганизмов к дезинфектантам: итоги и перспективы // Медицинский альманах. 2012. Т. 3. N 22. С. 122–125.
2. Albert M., Feiertag P., Hayn G., Saf R., Hönig H. Structure-activity relationships of oligoguanidines influence of counterion, diamine, and average molecular weight on biocidal activities // Biomacromolecules. 2003. Vol. 4, no. 6. P. 1811–1817. <https://doi.org/10.1021/bm0342180>.
3. Oule M. K., Azinwi R., Bernier A.-M., Kablan T., Maupertuis A.-M., Mauler S., et al. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections // Journal of Medical Microbiology. 2008. Vol. 57. P. 1523–1528. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.2008/003350-0>.
4. Yangdeng P., Yan X., Show J., Huining X. Tailor-made antimicrobial/actival star polymer via ATRP of cyclodextrin and guanidine-based macromonomer // Macromolecular Chemistry and Physics. 2014. Vol. 216, no. 5. P. 511–518. <https://doi.org/10.1002/macp.201400525>.
5. Song Y., Li Q., Li Y., Zhi L. Biological behaviors of guanidine-based cationic surfactants // Journal of Surfactants and Detergents. 2014. Vol. 17, no. 3. P. 459–464. <https://doi.org/10.1007/s11743-013-1560-3>.
6. Grigor'eva M. N., Stel'makh S. A., Astakhova S. A., Tsenter I. M., Bazarov L. U., Batoev V. B., et al. Biocidal action of copolymers based on aliphatic diamines and guanidine hydrochloride // Journal of Applied Polymer Science. 2014. Vol. 131, no. 11. P. 40319. <https://doi.org/10.1002/app.40319>.
7. Лебедева С. Н., Очиров О. С., Григорьева М. Н., Жамсаранова С. Д., Стельмах С. А., Могнонов Д. М. Острая токсичность гидрогеля полигексаметиленгуанидин гидрохлорида // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2020. Т. 5. N 4. С. 103–107. <https://doi.org/10.29413/ABS.2020-5.4.15>.
8. Maifreni M., Frigo F., Bartolomeoli I., Buiatti S., Picon S., Marino M. Bacterial biofilm as a possible source of contamination in the microbrewery environment // Food Control. 2015. Vol. 50. P. 809–814. <https://doi.org/10.1126/science.284.5418.1318>.
9. Gayan E., Serrano M. J., Pagan R., Alvarez I., Condon S. Environmental and biological factors influencing the UV-C resistance of *Listeria monocytogenes* // Food Microbiology. 2015. Vol. 46. P. 246–253. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.08.011>.
10. Munoz-Bonilla A., Fernandez-Garcia M. Polymeric materials with antimicrobial activity // Progress in Polymer Science. 2012. Vol. 37, no. 2. P. 281–339. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005>.
11. Xi J., Wu Q., Xu Z., Wang Y., Zhu B., Fan L., et al. Aloe-emodin/carbon nanoparticle hybrid gels with light-induced and long-term antibacterial activity // ACS Biomaterials Science and Engineering. 2018. Vol. 4, no. 12. P. 4391–4400. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.8b00972>.
12. Kim J., Lee C.-M. Transdermal hydrogel composed of polyacrylic acid containing propolis for wound healing in a rat model // Macromolecular Research. 2018. Vol. 26, no. 13. P. 1219–1224. <https://doi.org/10.1007/s13233-019-7014-7>.
13. Bolto B., Tran T., Hoang M., Xie Z. L. Cross-linked poly(vinyl alcohol) membranes // Progress in Polymer Science. 2009. Vol. 34, no. 9. P. 969–981. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.05.003>.
14. Stasko J., Kalniņš M., Dzene A., Tupureina V. Poly(vinyl alcohol) hydrogels // Polymer Science. 2009. Vol. 58, no. 1. P. 63–66. <https://doi.org/10.3176/proc.2009.1.11>.
15. Chen S., Wang H., Jian Z., Fei G., Qian W., Luo G., et al. Novel poly(vinyl alcohol)/chitosan/modified graphene oxide biocomposite for wound dressing application // Macromolecular Bioscience. 2020. Vol. 20, no. 3. P. e1900385. <https://doi.org/10.1002/mabi.201900385>.
16. Хакамов Т. Ш., Феоктистов Д. В., Бадькова Л. А., Корнилаев П. Г., Шавалеев Р. Р., Мударисова Р. Х. Создание и изучение модифицированных пленочных покрытий с регулируемыми транспортными свойствами // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86. N 9. С. 1450–1455.
17. Мударисова Р. Х., Бадькова Л. А., Азаматова Г. А., Исламова Р. М., Азнабаев М. Т. Полимерные глазные пленки на основе поливинилового спирта и арабиногалактана с левофлоксацином // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86. N 4. С. 650–654.
18. Лебедева А. В., Ву Н. Т., Олехнович Р. О., Морозкина С. Н., Успенская М. В. Исследование получения нановолокон из водных растворов поливинилового спирта методом электроспиннинга // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. N 2. С. 210–220. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-210-220>.
19. Okladnikova V. O., Ochirov O. S., Grigor'eva M. N., Stelmakh S. A., Mogonov D. M. Obtaining a copolymer of polyhexamethylene guanidine hydrochloride and polyvinyl alcohol // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1989, no. 1. P. 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1989/1/012002>.
20. Очиров О. С., Бурасова Е. Г., Стельмах С. А., Григорьева М. Н., Окладникова В. О., Могнонов Д. М. Антимикробная активность производных полигексаметиленгуанидина гидрохлорида по отношению к мультирезистентным штаммам микроорганизмов // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12. N 1. С. 193–196. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-AAO-1751>.

## REFERENCES

1. Shkarin V. V., Saperkin N. V., Kovalishena O. V., Blagonravova A. S., Shirokova I. Yu., Kulyukina A. A. The regional monitoring of microorganisms resistance to disinfectants: results and perspectives. *Meditinskii al'manakh = Medical Almanac*. 2012;3(22):122-125. (In Russian).
2. Albert M., Feiertag P., Hayn G., Saf R., Hönig H. Structure-activity relationships of oligoguanidiness influence of counterion, diamine, and average molecular weight on biocidal activities. *Biomacromolecules*. 2003;4(6):1811-1817. <https://doi.org/10.1021/bm0342180>.
3. Oule M. K., Azinwi R., Bernier A.-M., Kablan T., Maupertuis A.-M., Mauler S., et al. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections. *Journal of Medical Microbiology*. 2008;57:1523-1528. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.2008/003350-0>.
4. Yangdeng P., Yan X., Show J., Huining X. Tailor-made antimicrobial/actival star polymer via ATRP of cyclodextrin and guanidine-based macromonomer. *Macromolecular Chemistry and Physics*. 2014;216(5):511-518. <https://doi.org/10.1002/macp.201400525>.
5. Song Y., Li Q., Li Y., Zhi L. Biological behaviors of guanidine-based cationic surfactants. *Journal of Surfactants and Detergents*. 2014;17(3):459-464. <https://doi.org/10.1007/s11743-013-1560-3>.
6. Grigor'eva M. N., Stel'makh S. A., Astakhova S. A., Tsenter I. M., Bazaron L. U., Batoev V. B., et al. Biocidal action of copolymers based on aliphatic diamines and guanidine hydrochloride. *Journal of Applied Polymer Science*. 2014;131(11):40319. <https://doi.org/10.1002/app.40319>.
7. Lebedeva S. N., Ochirov O. S., Grigoryeva M. N., Zhamsaranova S. D., Stelmakh S. A., Mogonov D. M. Acute toxicity of hydrogel polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2020;5(4):103-107. (In Russian). <https://doi.org/10.29413/ABS.2020-5.4.15>.
8. Maifreni M., Frigo F., Bartolomeoli I., Buiatti S., Picon S., Marino M. Bacterial biofilm as a possible source of contamination in the microbrewery environment. *Food Control*. 2015;50:809-814. <https://doi.org/10.1126/science.284.5418.1318>.
9. Gayan E., Serrano M. J., Pagan R., Alvarez I., Condon S. Environmental and biological factors influencing the UV-C resistance of *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiology*. 2015;46:246-253. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.08.011>.
10. Munoz-Bonilla A., Fernandez-Garcia M. Polymeric materials with antimicrobial activity. *Progress in Polymer Science*. 2012;37(2):281-339. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.08.005>.
11. Xi J., Wu Q., Xu Z., Wang Y., Zhu B., Fan L., et al. Aloe-emodin/carbon nanoparticle hybrid gels with light-induced and long-term antibacterial activity. *ACS Biomaterials Science and Engineering*. 2018;4(12):4391-4400. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.8b00972>.
12. Kim J., Lee C.-M. Transdermal hydrogel composed of polyacrylic acid containing propolis for wound healing in a rat model. *Macromolecular Research*. 2018;26(13):1219-1224. <https://doi.org/10.1007/s13233-019-7014-7>.
13. Bolto B., Tran T., Hoang M., Xie Z. L. Cross-linked poly(vinyl alcohol) membranes. *Progress in Polymer Science*. 2009;34(9):969-981. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.05.003>.
14. Stasko J., Kalniņš M., Dzene A., Tupureina V. Poly(vinyl alcohol) hydrogels. *Polymer Science*. 2009;58(1):63-66. <https://doi.org/10.3176/proc.2009.1.11>.
15. Chen S., Wang H., Jian Z., Fei G., Qian W., Luo G., et al. Novel poly(vinyl alcohol)/chitosan/modified graphene oxide biocomposite for wound dressing application. *Macromolecular Bioscience*. 2020;20(3):e1900385. <https://doi.org/10.1002/mabi.201900385>.
16. Khakamov T. S., Feoktistov D. V., Badykova L. A., Kornilaev P. G., Shavaleev R. R., Mudarisova R. K. Development and study of modified film coatings with controlled transport properties. *Zhurnal prikladnoi khimii = Russian Journal of Applied Chemistry*. 2013;86(9):1450-1455. (In Russian).
17. Mudarisova R. K., Badykova L. A., Azamatova G. A., Aznabaev M. T., Islamova R. M. Polymeric eye films based on polyvinyl alcohol and arabinogalactan with levofloxacin. *Zhurnal prikladnoi khimii = Russian Journal of Applied Chemistry*. 2013;86(4):650-654. (In Russian).
18. Lebedeva A. V., Vu N. T., Olekhovich R. O., Morozkina S. N., Uspenskaya M. V. Investigation of the fabrication of nanofibers from aqueous polyvinyl alcohol solutions by electrospinning. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022;84(2):210-220. (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-210-220>.
19. Okladnikova V. O., Ochirov O. S., Grigor'eva M. N., Stelmakh S. A., Mogonov D. M. Obtaining a copolymer of polyhexamethylene guanidine hydrochloride and polyvinyl alcohol. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1989(1):012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1989/1/012002>.
20. Ochirov O. S., Burasova E. G., Stelmakh S. A., Grigor'eva M. N., Okladnikova V. O., Mogonov D. M. Antimicrobial activity of polyhexamethylene guanidine hydrochloride derivatives against multiresistant microbial strains. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*. 2022;12(1):193-196. (In Russian). <https://doi.org/10.15789/2220-7619-AAO-1751>.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**В. О. Окладникова,**  
инженер,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация,  
Lera-okladnikova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0903-8780>

**О. С. Очиров,**  
к.фарм.н., научный сотрудник,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация,  
ochirov.o.s@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2317-4105>

**М. Н. Григорьева,**  
к.х.н., ведущий инженер,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация,  
Gmn\_07@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4184-2805>

**С. А. Стельмах,**  
к.х.н., старший научный сотрудник,  
Байкальский институт природопользования  
СО РАН,  
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6,  
Российская Федерация,  
S\_stelmakh@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3392-5600>

**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 21.06.2022.  
Одобрена после рецензирования 15.09.2022.  
Принята к публикации 30.11.2022.*

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Valeria O. Okladnikova,**  
Engineer,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sahyanova St., 670047, Ulan-Ude,  
Russian Federation,  
leraokladnikova@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-0903-8780>

**Oleg S. Ochirov,**  
Cand. Sci. (Pharmacy), Researcher,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sahyanova St., 670047, Ulan-Ude,  
Russian Federation,  
ochirov.o.s@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2317-4105>

**Maria N. Grigor'eva,**  
Cand. Sci. (Chemistry), Lead Engineer,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sahyanova St., 670047, Ulan-Ude,  
Russian Federation,  
gmn\_07@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-4184-2805>

**Sergey A. Stelmakh,**  
Cand. Sci. (Chemistry), Senior Researcher,  
Baikal Institute of Nature Management SB RAS,  
6, Sahyanova St., 670047, Ulan-Ude,  
Russian Federation,  
s\_stelmakh@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3392-5600>

**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 21.06.2022.  
Approved after reviewing 15.09.2022.  
Accepted for publication 30.11.2022.*