

ISSN 1561-8331 (Print)

ISSN 2524-2342 (Online)

УДК 543.544.5.068.7

<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-156-162>

Поступила в редакцию 09.11.2018

Received 09.11.2018

В. В. Юрчка¹, Л. И. Южик¹, В. А. Тарасевич¹, А. А. Красильников², В. П. Филонов²¹*Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,*²*ЗАО «БелАсептика», д. Цнянка, Минский район, Беларусь***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСИ ГЕКСАМЕТИЛЕНДИАМИНА
В ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИН ГИДРОХЛОРИДЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ**

Аннотация. Объектом исследования являлся полимерный биоцидный материал – полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГ ГХ). Цель настоящей работы – разработка методики количественного определения ГМДА в целевом продукте синтеза – ПГМГ ГХ на основе метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Аналитические данные, полученные в ходе проведения оценки прецизионности системы, специфичности, прецизионности, правильности и линейности методики, соответствовали установленным критериям приемлемости. Предложенная аналитическая методика на основе метода ВЭЖХ валидирована относительно указанных показателей и может быть использована для определения содержания ГМДА в полимерном ПГМГ ГХ при его содержании в диапазоне 0,75–0,025 %. Норма спецификации для содержания ГМДА установлена на уровне 0,5 % (м/м).

Ключевые слова: полигексаметиленгуанидин, гексаметилендиамин, методика, ВЭЖХ, примеси

Для цитирования. Определение примеси гексаметилендиамина в полигексаметиленгуанидин гидрохлориде методом ВЭЖХ / В. В. Юрчка [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. –2019. – Т. 55, № 2. – С. 156–162. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-156-162>

V. V. Yurachka¹, L. I. Yuzhik¹, V. A. Tarasevich¹, A. A. Krasilnikov², V. P. Filonov²¹*Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*²*ZAO «BelAseptika», Tsnyanka village, Minsk district, Belarus***DETERMINATION OF THE HEXAMETHYLENEDIAMINE IMPURITY IN POLYGEXAMETHYLENE
GUANIDINE HYDROCHLORIDE BY HPLC METHOD**

Abstract. The object of the study was a polymeric biocidal material – polyhexamethyleneguanidine hydrochloride (PGMG GC). The purpose of this work was to develop a method for the quantitative determination of HMDA in the target synthesis product – PGMG GC by high-performance liquid chromatography (HPLC). Analytical data obtained during the assessment of the system's precision, specificity, precision, accuracy and linearity of the method corresponded to the established acceptance criteria. The proposed analytical method of HMDA determination in polymeric PGMG GC is validated with respect to the indicated parameters and can be used to determine the HMDA content in the range 0,75–0,025 %.

Keywords: polyhexamethyleneguanidine, hexamethylenediamine, procedure, HPLC, impurities

For citation. Yurachka V. V., Yuzhik L. I., Tarasevich V. A., Krasilnikov A. A., Filonov V. P. Determination of the hexamethylenediamine impurity in polyhexamethylene guanidine hydrochloride by HPLC method. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 2, pp. 156–162 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-2-156-162>

Поли- и олигоалкиленгуанидины представляют собой интенсивно развивающийся класс ценных химических соединений, которые могут применяться в качестве антисептиков, катионных полиэлектролитов, ПАВ, комплексообразователей и др. Однако в настоящее время наиболее широкое применение в качестве биоцидов различного действия получили полигексаметиленгуанидины (ПГМГ). Основными преимуществами этих соединений по сравнению с другими дезинфектантами являются их низкая токсичность (IV класс опасности), широкий спектр действия, высокая степень растворимости в водных средах, сохранение свойств при длительном хранении, отсутствие коррозионной активности и относительная простота химического синтеза [1–9].

ПГМГ ГХ эффективно подавляет рост и развитие различных видов микроорганизмов: грамположительные и грамотрицательные бактерии (включая микобактерии туберкулеза), вирусы (в том числе вирусы энтеральных и парентеральных гепатитов, ВИЧ, полиомиелита, гриппа, герпеса и др.), дрожжевые и плесневые грибы.

Традиционный процесс производства ПГМГ ГХ включает реакцию конденсации ГМДА и гуанидин гидрохлорида (ГГХ), проводимую при постепенном повышении температуры вплоть до 200 °С [9]. Медицинское применение ПГМГ ГХ предполагает строгий контроль качества данного вещества и, в частности, контроль содержания примесей, которые могут присутствовать в готовом продукте. Наиболее токсичной примесью ПГМГ ГХ является ГМДА. Поэтому важной и актуальной задачей является разработка надежных методик контроля качества получаемого ПГМГ ГХ. Одной из приведенных в литературе методик определения остаточных количеств ГМДА в ПГМГ ГХ – это метод на основе тонкослойной хроматографии (ТСХ) [10]. Однако данный метод является полуколичественным, низкочувствительным, низкоточным и имеет плохую воспроизводимость [11].

Известен метод определения ГМДА, основанный на его взаимодействии с пентафторпропионовым ангидридом [12]. Продукт реакции анализируют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с масс-спектрометрическим детектированием. Однако в этом методе используется дорогое и не всегда доступное оборудование, поэтому реализовать его в производственных лабораториях контроля качества сложно, а порой и невозможно. Существует также методика определения ГМДА в водных вытяжках из полимерных материалов, применяемых в пищевой промышленности на основе метода газовой хроматографии [13].

Следует отметить, что описанные в литературе способы производства ПГМГ ГХ не приводят достоверных данных по содержанию остаточных количеств ГМДА в готовом продукте. Задача заключалась в разработке высокоточной, воспроизводимой методики количественного определения примеси ГМДА в ПГМГ ГХ на основе ВЭЖХ, пригодной для применения в аналитической лаборатории.

Отсутствие у ГМДА хромофорных групп делает затруднительным его обнаружение при помощи наиболее распространенных УФ-ВИД- и диодно-матричных детекторов. Одним из приемов, позволяющим проводить непосредственное обнаружение аминов в сложных смесях, является использование дериватизирующих агентов. Широкое распространение в качестве дериватизирующих агентов, используемых при проведении анализа аминокислот и аминов, получили 9-флуоренилметилхлорформиат (ФМОС) [14] и *o*-фталевый альдегид [15]. Нами в ходе предварительных экспериментов, которые включали дериватизацию ГМДА указанными агентами, была установлена недостаточная стабильность комплекса ГМДА – *o*-фталевый альдегид в условиях проведения хроматографического анализа. Комплекс ГМДА–ФМОС стабилен в течение 10–15 мин после приготовления и позволяет проводить количественное определение ГМДА с использованием диодно-матричного детектора.

В качестве основного объекта исследования выступал образец коммерческой серии ПГМГ ГХ, используемый компанией «БелАсептика» (Беларусь) для производства биоцидных композиций. Разработку методики хроматографического определения ГМДА в ПГМГ ГХ проводили с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа UltiMate 3000 («Thermo Scientific Dionex», США), снабженного колонкой OTU TriKala C₁₈, размером 4,6 × 150 мм, заполненной сорбентом с размером частиц 5 мкм и УФ-детектированием. В качестве стандартного образца использовали ГМДА (х.ч.), очищенный перегонкой при пониженном давлении, в качестве подвижной фазы *A* – очищенную воду, а в качестве подвижной фазы *B* – ацетонитрил для градиентной хроматографии.

В качестве холостого раствора использовали смесь ацетонитрила и боратного буферного раствора (рН 9,18) в соотношении 50:50 (об./об.). Для проведения экспериментов готовили раствор для идентификации пиков, холостой раствор, стандартный раствор и испытуемый раствор.

1. Раствор для идентификации пика ФМОС–ГМДА.

В чистую и сухую мерную колбу вместимостью 100 мл вносили навеску стандартного образца гексаметилендиамина массой 1,10 мг. Растворяли и доводили до метки растворителем. Полученный раствор 5 мл переносили в мерную колбу вместимостью 10 мл и доводили до метки растворителем. Затем 1,0 мл полученного раствора переносили в виалу для ВЭЖХ вместимостью 2 мл, добавляли 0,1 мл раствора 9-флуоренилметилхлорформиата (1 мг/мл) и тщательно перемешивали. Регистрировали хроматограмму через 9 мин после приготовления раствора.

2. Стандартный раствор (концентрация ПГМГ и ГМДА 1 мкг/мл).

В чистую и сухую мерную колбу вместимостью 50 мл вносили навеску стандартного образца гексаметилендиамина массой 5 мг и навеску стандартного образца ПГМГ массой 5 мг. Растворяли и доводили до метки растворителем. Затем 1,0 мл полученного раствора переносили в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводили до метки растворителем. Полученный раствор 1,0 мл переносили в виалу для ВЭЖХ вместимостью 2 мл добавляли 0,1 мл раствора 9-флуоренилметилхлорформиата (1 мг/мл) и тщательно перемешивали.

3. Испытуемый раствор.

В чистую и сухую мерную колбу вместимостью 50 мл вносили 0,05 г испытуемого образца, растворяли и доводили до метки растворителем. Полученный раствор 2,0 мл переносили в мерную колбу вместимостью 10 мл и доводили до метки растворителем. Аналогичным образом готовили три испытуемых раствора. По 1,0 мл каждого раствора переносили в виалу для ВЭЖХ вместимостью 2 мл, добавляли 0,1 мл раствора 9-флуоренилметилхлорформиата (1 мг/мл) и тщательно перемешивали. Регистрировали хроматограммы через 9 мин после приготовления растворов.

Готовили раствор дериватирующего агента в ацетонитриле с концентрацией 1 мг/мл и калибровочные растворы ГМДА с концентрациями 1,5, 1,0, 0,7, 0,5, 0,3, 0,1, 0,05, 0,02 мкг/мл. Дериватизировали 1 мл раствора анализируемого образца, добавляя 0,1 мл раствора ФМОС. Измерения проводили при 30 °С в градиентном режиме; объем вводимой пробы составлял 50,0 мкл, время анализа – 25 мин. Программа градиента приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Программа градиента

Table 1. Gradient program

Время, мин	Подвижная фаза A, %	Подвижная фаза B, %
0,0	40	60
1,0	40	60
10,0	90	10
16,0	90	10
17,0	40	60
25,0	40	60

Для валидации разработанной методики контроля примеси ГМДА оценивали такие показатели, как специфичность, прецизионность системы, прецизионность и правильность методики, предел обнаружения (ПО), предел количественного определения (ПКО) и линейность.

На рис. 1 и 2 представлены хроматограммы раствора для идентификации пиков ФМОС–ОН, ФМОС–Cl, ФМОС–ГМДА и испытуемого раствора ПГМГ ГХ. Видно, что на хроматограмме раствора для идентификации пика присутствует четкий пик комплекса ФМОС–ГМДА с временем удерживания 13,35–13,40 мин, который не перекрывается с другими пиками. Разрешение между пиком комплекса ФМОС–ГМДА и соседними пиками составляет более 1,5. Специфичность методики в отношении комплекса ФМОС–HMDA установлена, а пики ФМОС–ОН, ФМОС–Cl, ФМОС–ГМДА идентифицированы.

Для определения примеси ГМДА с использованием стандартных растворов строили линию регрессии, которая описывается уравнением $y = 14,829x + 0,0534$ с коэффициентом корреляции 0,998. На рис. 3 представлен график линейности.

Пределы обнаружения методики (ПО) и пределы количественного определения методики (ПКО) определяли на основании отношения сигнал/шум для пика ФМОС–ГМДА. За ПО методики принимали концентрацию ГМДА при которой отношение сигнал/шум для пика ФМОС–ГМДА было 3:1. За ПКО методики принимали концентрацию ГМДА при которой отношение сигнал/шум для пика ФМОС–ГМДА было 10:1. Исходя из результатов испытаний и аналитических данных установлено: ПО методики на уровне 0,01 % на основании результатов анализа 5 %-ного испытуемого раствора, относительное стандартное отклонение которых составило 6,18 %, и ПКО методики для примеси ГМДА, которые представлены в табл. 2.

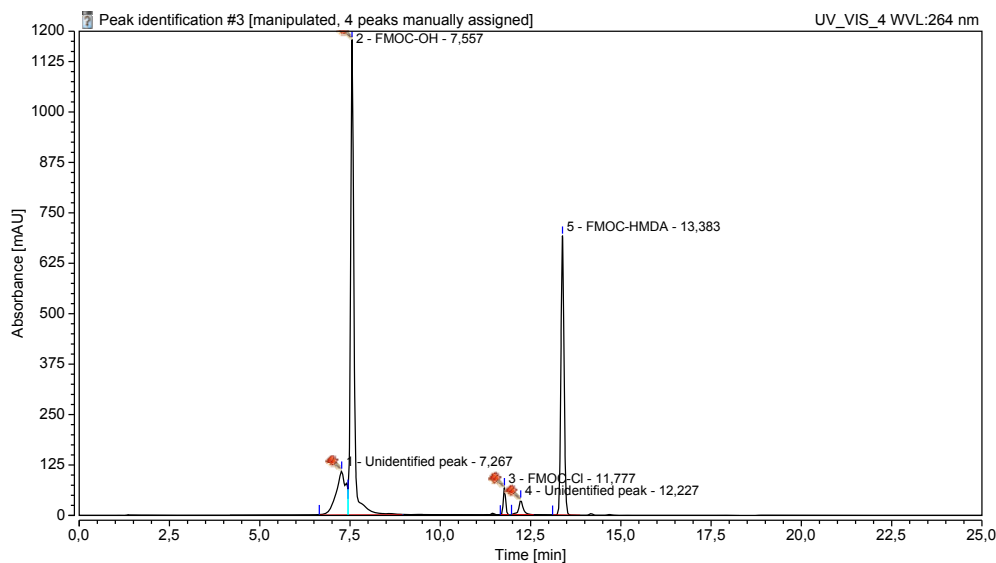


Рис. 1. Хромотограмма раствора для идентификации пиков FMOC-OH, FMOC-Cl, FMOC-ГМДА
Fig. 1. Solution chromatogram for peak identification for FMOC-OH, FMOC-Cl, FMOC-HMDA

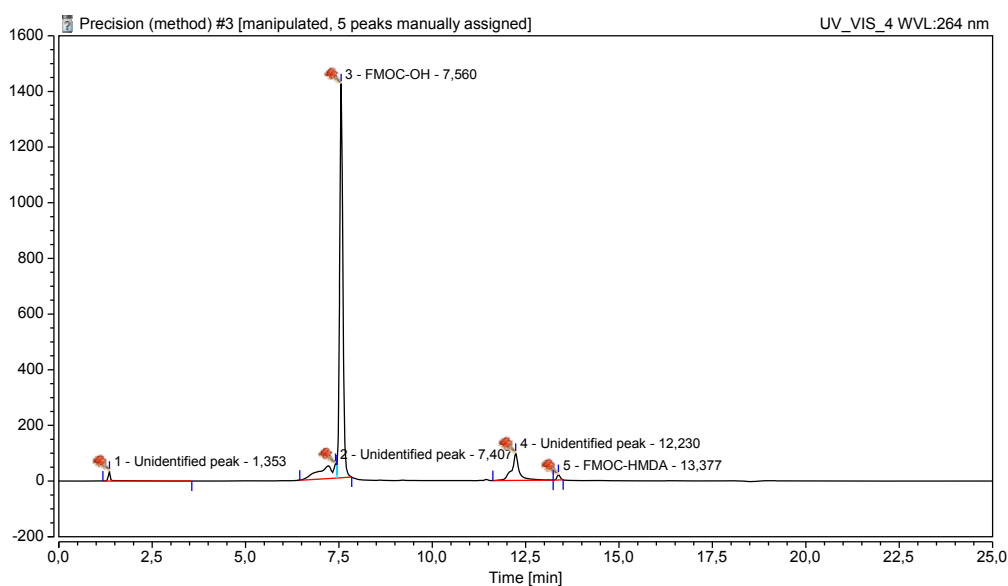


Рис. 2. Типичная хромотограмма испытуемого раствора ПГМГ ГХ
Fig. 2. Typical chromatogram of PHMG HCl sample solution

Расчет содержания (%) ГМДА в твердом образце проводили по формуле:

$$\text{Содержание идентифицированной смеси, \%} = \frac{A_t}{A_s} \times \frac{W_{std}}{50} \times \frac{1}{100} \times \frac{250}{W_{spl}} \times P,$$

где A_t = средняя площадь пика комплекса FMOC–ГМДА на хромотограмме испытуемого раствора; A_s = средняя площадь пика комплекса FMOC–ГМДА на хромотограмме стандартного раствора; W_{std} = масса навески стандартного образца ГМДА, использованной для приготовления стандартного раствора (мг); W_{spl} = масса навески испытуемого образца ПГМГ-ГХ, использованной для приготовления испытуемого раствора (мг); P = чистота (%) стандартного образца ГМДА (неподготовленный образец).

Результаты определения степени извлечения (%) представлены в табл. 3 и соответствуют критерию приемлемости.

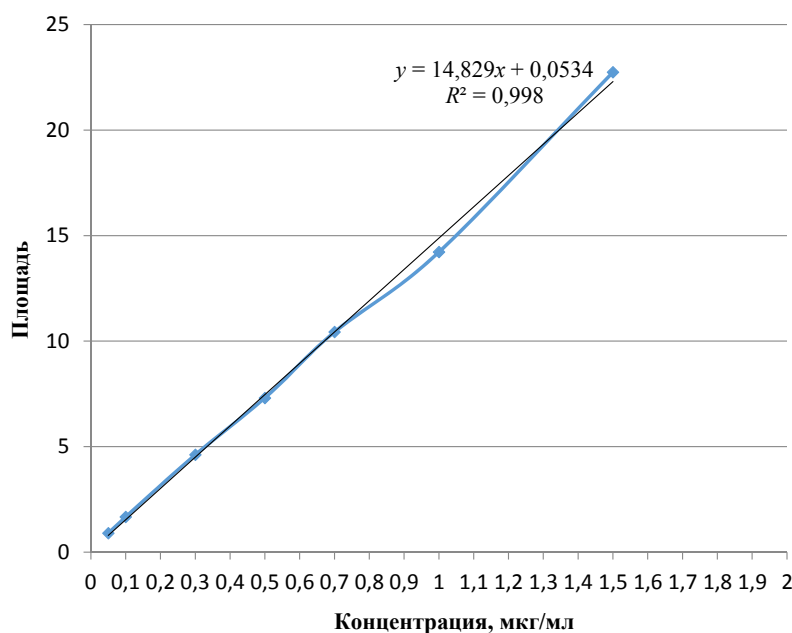


Рис. 3. График линейности

Fig. 3. Linearity graph

Таблица 2. ПО и ПКО методики для примеси ГМДА

Table 2. DL and QL for HMDA impurity

Название примеси	ПО	ПКО
Гексаметилендиамин, %	0,01	0,025

Таблица 3. Результаты определения степени извлечения

Table 3. The results of extraction degree determination

Идентификационный номер раствора	Степень извлечения, %
	Примесь ГМДА
80 %, испытуемый раствор для оценки прецизионности	112,25–116,64
100 %, испытуемый раствор для оценки прецизионности	110,07–113,34
120 %, испытуемый раствор для оценки прецизионности	105,52–107,47

Относительное стандартное отклонение (%) результатов определения степени извлечения (%) примеси ГМДА для растворов с концентрациями, соответствующими 80, 100, 120 % нормы спецификации, составляет 2,09, 1,54, 0,94 % соответственно и отвечает критерию приемлемости (не более 10,0 %).

Таким образом установлена правильность и прецизионность методики для идентифицированной примеси ГМДА в диапазоне концентраций, соответствующих 80–120 % целевой концентрации.

Аналитические данные, полученные в ходе проведения оценки прецизионности системы, специфичности, правильности и линейности методики соответствуют установленным критериям приемлемости. Предел количественного определения методики установлен на уровне 0,025 %, а предел обнаружения методики на уровне 0,01 %. Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная аналитическая методика на основе метода ВЭЖХ валидирована относительно указанных показателей и может быть использована для определения содержания гексаметилендиамина в полигексаметиленгуанидин гидрохлориде при его содержании в диапазоне 0,75 – 0,025 % (м/м).

Список использованных источников

1. Зубрилов, С. П. Современные подходы к оснащению морских и речных судов установками по очистке питьевых, сточных и нефтесодержащих вод / С. П. Зубрилов // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2013. – № 1. – С. 95–97.
2. Пантелеева, Л. Г. Вирулицидная активность катионных поверхностно-активных веществ и дезинфицирующих средств на их основе / Л. Г. Пантелеева // Дезинфекционное дело. – 2006. – № 1. – С. 34–38.
3. Кузнецова, Л. С. Полисепт – полимерный биоцид пролонгированного действия / Л. С. Кузнецова. – М.: МГУ ПБ, 2001. – 68 с.
4. Матюшина, Г. П. Создание новых дезинфицирующих салфеток / Г. П. Матюшина // Фармация. – 2004. – № 6. – С. 32–35.
5. Скороходов, В. Д. Защита неметаллических строительных материалов от био-коррозии / В. Д. Скороходов, С. И. Шестакова. – М.: Высш. шк., 2004. – 150 с.
6. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections / K. Oule Mathias [et al.] // Journal of Medical Microbiology. – 2008. – Vol. 57, No 12. – P. 1523–1528. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.2008/003350-0>
7. Zhou, Z. Interactions of biocidal guanidine hydrochloride polymer analogs with model membranes: a comparative biophysical study / Zhongxin Zhou, Anna Zheng, Jianjiang Zhong // Acta Biochim Biophys Sin. – 2011. – Vol. 43, No. 9. – P. 729–737. <https://doi.org/10.1093/abbs/gmr067>
8. Damage of *Escherichia coli* membrane by bactericidal agent polyhexamethylene guanidine hydrochloride: micrographic evidences / Z. X. Zhou [et al.] // Journal of Applied Microbiology – 2010. – Vol. 108, No. 3. – P. 898–907. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04482.x>
9. Воинцева, И. И. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки / И. И. Воинцева, П. А. Гембицкий. – М.: ЛКМ-пресс, – 2009. – 304 с.
10. Инструкция №4/10 «Препарата антимикробного БИОПАГ» для дезинфекции поверхностей и воды» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.biopag.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=16. – Дата доступа: 18.12.2017.
11. Разработка метода количественного определения содержания гексаметилендиамина в полигексаметиленгуанидин гидрохлорде / С. А. Кедик [и др.] // На стыке наук. Физико-химическая серия. I Международная научная Интернет-конференция, Казань, 24–25 января 2013 года: материалы конференции : в 2 т. – Казань, 2013. – С. 143–144.
12. Гексаметилендиамин. Определение содержания в воздушной среде: ГОСТ 32533–2013. – М: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
13. Газохроматографическое определение гексаметилендиамина в водных вытяжках из полимерных материалов, применяемых в пищевой промышленности: методические указания МУК 4.1.3086–13 М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2013. – 15 с.
14. Zhou, W. Liquid-Chromatography Quantitative Analysis of 20 Amino acids after Derivatization with FMOC-Cl and Its Application to Different Origin Radixids isatidis / W. Zhou, Zhang Xiao-Yan, Duan Geng-Li // J. Chinese Chemical Society. – 2011. – Vol. 58, No. 4. – P. 509–515. <https://doi.org/10.1002/jccs.201190014>
15. Brent, L. Method for Quantitative Amino Acid Analysis Using Precolumn o-Phthalaldehyde Derivatization and High Performance Liquid Chromatography / L. Brent, W. A. Frederick // J. Chromatographic Science. – 1981. – Vol. 19, No 5. – P. 259–265. <https://doi.org/10.1093/chromsci/19.5.259>

References

1. Zubrilov S. P. Modern approaches to sea and river vessels fitting-out with installations for fresh water cleaning, sewage and oil water treatment. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*, 2013, no. 1, pp. 95 (in Russian).
2. Panteleeva L. G. Virulicide activity of cationic surface-active materials and disinfection means on their base. *Dezinfektsionnoe Delo = Disinfection Affairs*, 2006, no. 1, pp. 34–38 (in Russian).
3. Kuznetsova L. S. *Polisept – polymeric biocide of prolonged action*. Moscow, Moscow State University of Applied Biotechnology, 2001. 68 p. (in Russian).
4. Matyushina G. P. Creating the new disinfectant wipes. *Farmaciya = Pharmacy*, 2004, no. 6, pp. 32–35 (in Russian).
5. Skorokhodov V. D., Shestakova S. I. *Bio-corrosion protection of non-metallic building materials*. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2004. 150 p. (in Russian).
6. Oule Mathias K., Azinwi R., Bernier A.-M., Kablan T., Maupertuis A.-M., Mauler S., Nevry R. K., Dembe le K., Forbe L., Diop L. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride-based disinfectant: a novel tool to fight meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* and nosocomial infections. *Journal of Medical Microbiology*, 2008, vol. 57, no. 12, pp. 1523–1528. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.2008/003350-0>
7. Zhongxin Zhou, Anna Zheng, Jianjiang Zhong. Interactions of biocidal guanidine hydrochloride polymer analogs with model membranes: a comparative biophysical study. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 2011, vol. 43, no. 9, pp. 729–737. <https://doi.org/10.1093/abbs/gmr067>
8. Zhou Z. X., Wei D. F., Guan Y., Zheng A. N., Zhong J. J. Damage of *Escherichia coli* membrane by bactericidal agent polyhexamethylene guanidine hydrochloride: micrographic evidences. *Journal of Applied Microbiology*, 2010, vol. 108, no. 3, pp. 898–907. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04482.x>

9. Vointseva I. I., Gembitsky P. A. *Polyguanidines – disinfectants and polyfunctional additives*. Moscow, LKM-press Publ., 2009. 304 p. (in Russian).
10. Instruction No. 4/10 “Antimicrobial Biopag preparation” for disinfecting surfaces and water”. Available at: http://www.biopag.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=16 (accessed on 12/18/2017) (in Russian).
11. Kedik S. A., Shatalov D. O., Panov A. V., Suslov V., Ha Kam An, Sedishev I. P., Beksaev S. G. Development of a method for the quantitative determination of the content of hexamethylenediamine in polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *Na styke nauk. Fiziko-khimicheskaya seriya. I Mezhdunarodnaya nauchnaya Internet-konferentsiya, Kazan', 24–25 yanvarya 2013 goda: materialy konferentsii* [At the junction of sciences. Physico-chemical series. Materials of the I International Internet Conference]. Kazan, 2013, pp. 143–144 (in Russian).
12. State Standart 32533–2013. *Hexamethylenediamine. Determination of air content*. Moscow, Standardinform Publ., 2013. 16 p. (in Russian).
13. MUK 4.1.3086–13. *Gas chromatographic determination of hexamethylenediamine in aqueous extracts of polymeric materials used in the food industry*. Moscow, State Sanitary and Epidemiological Standardization of the Russian Federation, 2013. 15 p.
14. Zhou W., Zhang Xiao-Yan, Duan Geng-Li. Liquid-Chromatography Quantitative Analysis of 20 Amino acids after Derivatization with FMO-CI and Its Application to Different Origin Radix isatidis. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2011, vol. 58, no. 4, pp. 509–515. <https://doi.org/10.1002/jccs.201190014>
15. Brent L., Frederick W. A. Method for Quantitative Amino Acid Analysis Using Precolumn o-Phthalaldehyde Derivatization and High Performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatographic Science*, 1981, vol. 19, no. 5, pp. 259–265. <https://doi.org/10.1093/chromsci/19.5.259>

Информация об авторах

Юрочка Владимир Владимирович – мл. науч. сотрудник, Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: uladzimir83@gmail.com

Южик Любовь Ивановна – мл. науч. сотрудник, Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: yozh_ru@mail.ru

Тарасевич Владимир Александрович – д-р хим. наук, вед. науч. сотрудник, Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tar@ichnm.basnet.by

Красильников Андрей Алексеевич – врач-консультант, ЗАО «БелАсептика» (д. Цнянка, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: info@belaseptika.by

Филонов Валерий Петрович – д-р мед. наук, профессор, ЗАО «БелАсептика» (д. Цнянка, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: info@belaseptika.by

Information about the authors

Vladimir V. Yurachka – Junior researcher, Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus (36, F. Skaryna Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: uladzimir83@mail.ru

Lyubov I. Yuzhik – Junior researcher, Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus (36, F. Skaryna Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yozh_ru@mail.ru

Vladimir A. Tarasevich – D. Sc. (Chemistry), Head of the Laboratory, Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus (36, F. Skaryna Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tar@ichnm.basnet.by

Andrey A. Krasilnikov – consultant-doctor, «BelAseptika» ZAO (vil. Tsnyanka, Minsk district, v/g 137 «A», Republic of Belarus). E-mail: info@belaseptika.by

Valery P. Filonov – D. Sc. (Medicine), Professor, «BelAseptika» ZAO (vil. Tsnyanka, Minsk district, v/g 137 «A», Republic of Belarus). E-mail: info@belaseptika.by