

Научная статья

УДК 66.001.13:66.002.62:66.004.8

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-517-522>



Реакционная способность 2,3-дихлорпропена в реакциях радикальной сополимеризации

Сергей Вячеславович Баданов, Андрей Васильевич Урумов,
Виктор Владимирович Баяндин, Нина Савельевна Шаглаева

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Баданов Сергей Вячеславович, badanov_sergei@mail.ru

Аннотация. Методом радикальной сополимеризации получены сополимеры 2,3-дихлорпропена с винилхлоридом, метилметакрилатом и со стиролом разного состава. Константы сополимеризации для сомономеров найдены из зависимости состава сополимера от содержания исходной смеси. Установлено, что увеличение содержания 2,3-дихлорпропена в исходной смеси для всех систем приводит к уменьшению выхода и характеристической вязкости сополимера. Оценка реакционной способности 2,3-дихлорпропена в сополимеризации проведена по обратной величине константы сополимеризации винилхлорида, метилметакрилата и стирола, которая показывает активность дихлорсодержащего мономера при взаимодействии с радикалами сомономеров. Установлено, что 2,3-дихлорпропен наиболее активен в реакции с радикалом стирола. Активность его с радикалом метилметакрилата уменьшается в 0,88 раз по сравнению с радикалом стирола. Самая низкая реакционная способность 2,3-дихлорпропена наблюдается при взаимодействии с радикалом винилхлорида. Синтезированные сополимеры являются перспективными соединениями для их дальнейшей модификации путем замещения атомов хлора на функциональные группы.

Ключевые слова: 2,3-дихлорпропен, винилхлорид, метилметакрилат, стирол, сополимеризация

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-08-00342 А).

Для цитирования: Баданов С. В., Урумов А. В., Баяндин В. В., Шаглаева Н. С. Реакционная способность 2,3-дихлорпропена в реакциях радикальной сополимеризации // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. N 4. С. 517–522. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-517-522>.

CHEMICAL SCIENCES

Original article

Reactivity of 2,3-Dichloropropene in free-radical copolymerization reactions

Sergey V. Badanov, Andrey V. Urumov,
Victor V. Bayandin, Nina S. Shaglaeva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation,
Corresponding author: Sergey V. Badanov, badanov_sergei@mail.ru

Abstract. The copolymers of 2,3-Dichloropropene with vinyl chloride, methyl methacrylate, and styrene of different compositions were obtained via free-radical copolymerization. The copolymerization constants for the comonomers were found from the dependence of the copolymer composition on the initial mixture content. An increase in the content of 2,3-Dichloropropene in the initial mixture was found to decrease the yield and intrinsic viscosity of the copolymer for all systems. The reactivity of 2,3-Dichloropropene in copolymerization reactions was assessed according to the reciprocals of the copolymerization constants of vinyl chloride, methyl methacrylate, and styrene, which indicate the reactivity of the dichlorinated monomer when interacting with comonomer radicals. It was found that 2,3-dichloropropene is the most active in the reaction with a styrene radical. However, its reactivity with a methyl methacrylate radical decreases by a factor of 0.88 as compared to the styrene radical. The lowest reactivity of 2,3-Dichloropropene is observed when interacting with a vinyl chloride radical. The synthesized copolymers can be further modified by replacing chlorine atoms with functional groups.

Keywords: 2,3-Dichloropropene, vinyl chloride, methyl methacrylate, styrene, copolymerization

Funding. This work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 19-08-00342/19).

For citation: Badanov S. V., Urumov A. V., Bayandin V. V., Shaglaeva N. S. Reactivity of 2,3-Dichloropropene in free-radical copolymerization reactions. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(4):517-522. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-4-517-522>.

ВВЕДЕНИЕ

Высокомолекулярные хлорсодержащие соединения, прежде всего (со)полимеры на основе эпихлоргидрина, являются исходными соединениями для получения каучуков, синтетических волокон, разнообразных лаков и красок, полимерных композиционных материалов и других важных продуктов [1–7]. При промышленном способе производства хлорсодержащих мономеров методом хлорирования алкенов при повышенной температуре образуются нежелательные побочные продукты. Например, синтез эпихлоргидрина осуществляется хлорированием пропилена и сопровождается появлением значительного объема различных хлорсодержащих соединений [8–13].

Найдены способы переработки хлорорганических и серосодержащих отходов нефтехимии в полимерные серосодержащие продукты, которые могут применяться в качестве модификаторов поливинилхлоридных пластмасс, эпоксидных смол, нефтяных битумов, а также сорбентов ртути [14–19].

В работе [18] предложен удобный и простой способ получения 2,3-дихлорпропена (ДХП) из 1,2,3-трихлорпропана, который выделяется из хлорорганических отходов производства эпихлоргидрина. На основе ДХП синтезированы непредельные соли: N-(β-хлораллил)-N,N-диэтиламин, N-(β-хлораллил)-N,N,N-триэтиламмоний бромид и N,N-диметил-N,N-бис(β-хлораллил)аммоний хлорид [19]. Сополимеризацией ДХП с N,N-диметил-N,N-бис(β-хлораллил)аммоний хлоридом получены катионные полиэлектролиты, имеющие флокулирующие свойства [20].

Однако систематического изучения реакционной способности ДХП в сополимеризации с промышленными винильными мономерами до настоящего времени не проводилось. Поэтому целью настоящей работы являлось исследование реакционной способности ДХП в сополимеризации с винилхлоридом (ВХ), метилметакрилатом (ММА) и стиролом (СТ).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Выделение 1,2,3-трихлорпропана (ТХП) из хлорорганических отходов производства эпихлоргидрина. Удаление водорастворимых примесей из хлорорганических отходов осуществляли экстракцией воды, содержащей 2–3 г/л кальцинированной соды. Затем органическую фазу подвергали азеотропной сушке и путем

ректификации выделяли ТХП при температуре 156 °С. После повторной перегонки показатель преломления ТХП был равен 1,4854 (при температуре 25 °С).

Получение 2,3-дихлорпропена (ДХП). 1 моль ТХП обрабатывали 10%-м спиртовым раствором NaOH при комнатной температуре в течение 4 ч. При этом выпадал белый водорастворимый осадок (NaCl). После отделения осадка фильтрованием жидкую фазу подвергали перегонке и отбирали фракцию при температуре 94 °С. Выход ДХП – 80%. Строение ДХП доказывалось методами спектроскопии ИК, ЯМР ^1H и ^{13}C . В спектре ЯМР ^1H ДХП содержатся сигналы протонов винильной группы при 5,48 м.д. и хлорметильной группы при 4,19 м.д. В спектре ЯМР ^{13}C наблюдаются сигналы поглощения хлорметильной группы при 47,49 м.д., группы $=\text{CH}_2$ – при 116,44 м.д., и $=\text{CCl}$ -группы – при 138,44 м.д. В ИК-спектре имеется полоса поглощения при 1605 см^{-1} , соответствующая винильной группе. Полоса поглощения связи C–Cl регистрируется при 680 см^{-1} .

Сополимеризация ДХП с ВХ, ММА и СТ. Сополимеризацию ДХП с ВХ, ММА и СТ проводили в условиях свободно-радикального инициирования под действием ДАК при температуре 60 °С. Заполнение ампул осуществляли гравиметрическим способом. В ампулы загружали ДХП, сомономер и инициатор, затем ампулы охлаждали, продували аргоном и затем отпаивали. Время сополимеризации – 6 ч. Охлажденные ампулы вскрывали. Полученные сополимеры растворяли в диметилсульфоксиде и осаждали гексаном. После многократного переосаждения сополимеры отфильтровывали и высушивали в вакуумном шкафу до постоянной массы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сополимеры ДХП с ВХ, ММА и СТ, полученные под действием динитрила азобисизомасляной кислоты, представляют собой порошкообразные или смолоподобные продукты, хорошо растворимые в ароматических углеводородах, четыреххлористом углероде, ацетоне, диметилформамиде и нерастворимые в воде и спиртах (табл. 1).

Протекание реакции сополимеризации ДХП с ВХ, ММА и СТ подтверждено кривыми турбидиметрического титрования, которые имеют плавную форму, соответствующую однокомпонентной структуре. В ИК-спектрах сополимеров

Таблица 1. Сополимеризация 2,3-дихлорпропена (M_1) с винилхлоридом, метилметакрилатом и стиролом (M_2)

Table 1. Copolymerization of 2,3-dichloropropene (M_1) with vinyl chloride, methyl methacrylate and styrene (M_2)

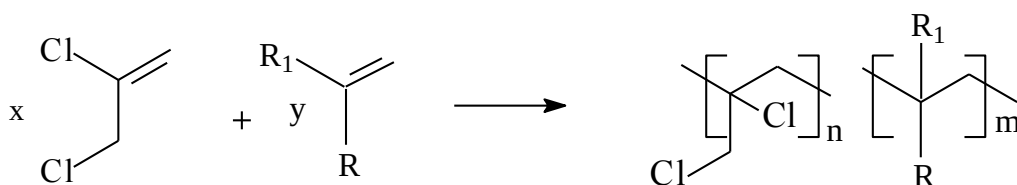
Номер экспери- мента	Состав исходной смеси, мол. %		Выход, %	Состав сополимера, мол. %		[η], дл/г*	Т _{разм.} , °С
	M ₁	M ₂		m ₁	m ₂		
ДХП–ВХ							
1	30	70	54	11,91	88,09	0,052	100–120
2	50	50	42	23,68	76,32	0,048	90–98
3	60	40	37	31,66	68,34	0,045	смолоподобные продукты
4	70	30	20	47,33	52,67	0,032	смолоподобные продукты
ДХП–ММА							
5	13	87	78,3	6,10	93,90	0,155	105–148
6	36	64	45,5	13,60	86,40	0,090	87–122
7	54	46	36,8	21,72	78,28	0,085	115–133
8	57	43	24,8	22,55	77,45	0,080	84–137
9	60	40	16,9	27,20	72,80	0,040	86–124
10	70	30	11,4	33,82	66,18	0,040	распл. на возд.
11	90	10	1.4	39,00	61,00	0,035	распл. на возд.
ДХП–СТ							
12	10	90	40,0	3,18	96,82	0,87	105–128
13	20	80	27,3	5,64	94,36	0,76	110–122
14	30	70	26,8	10,67	89,33	0,68	102–115
15	40	60	23,4	16,52	83,48	0,54	95–110
16	60	40	14,0	2,45	73,56	0,48	88–97
17	63	37	13,6	27,44	72,56	0,39	85–95
18	70	30	10,3	32,96	67,03	0,35	88–97
19	80	20	5,5	34,72	65,28	0,32	85–100
20	90	10	1.7	43,52	56,48	0,29	81–95

* $[\eta]$ – характеристическая вязкость.

отсутствуют полосы поглощения, характерные для винильной группы (980, 1580 и 1640 см^{-1}). Полосы поглощения полистирольных фрагментов в сополимере ДХП-СТ фиксируются в области 750, 760, 910, 3035, 3065, 3090 см^{-1} . Данные ИК-спектроскопии продукта реакции ДХП-ММА

свидетельствуют о наличии характеристических полос поглощения при 1465 ($\text{CH}_3\text{--O}$) и 1270 (C--O) см^{-1} .

Процесс сополимеризации ДХП с ВХ, ММА и СТ можно представить следующей схемой:



где R: C_6H_5 (I); COOCH_3 (II); Cl (III); R_1 : H (I, III); CH_3 (II).

Увеличение содержания ДХП в исходной смеси для всех систем приводит к уменьшению выхода и характеристической вязкости, $[\eta]$, сополимера. При содержании ВХ в исходной смеси ДХП-ВХ 70 мол. % получены порошки желтого цвета (см. табл. 1, эксперимент 1). Уменьшение количества ВХ в реакции ДХП с ВХ приводит к вязким «смолоподобным» продуктам (см. табл. 1, эксперименты 3 и 4).

Относительная реакционная способность ДХП в радикальной полимеризации оценена по величине, обратной константе сополимеризации ($1/r_1 = k_{12}/k_{11}$), так как M_1 является постоянным компонентом в ряду систем $M_1\text{--}M_2$. Численные значения $1/r_1$ показывают активность ДХП при

взаимодействии с радикалами второго мономера. Константы сополимеризации для сомономеров найдены из зависимости состава сополимера от содержания исходной смеси (см. табл. 1), их значения приведены в табл. 2.

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что ДХП наиболее активен в реакции с радикалом СТ. Его активность с радикалом ММА уменьшается в 0,88 раз по сравнению с радикалом СТ. Самая низкая реакционная способность ДХП наблюдается при взаимодействии с радикалом на основе ВХ и поэтому не представляет возможным получение твердых продуктов реакции при высоком содержании ДХП.

Таблица 2. Константы относительной реакционной способности 2,3-дихлорпропена (r_1) в сополимеризации с винилхлоридом, метилметакрилатом и стиролом (r_2)

Table 2. Relative reactivity constants of 2,3-dichloropropene (r_1) in copolymerization with vinyl chloride, methyl methacrylate and styrene (r_2)

Мономер	r_1	r_2	$r_1 \cdot r_2$	$1/r_1$
Винилхлорид	0,130	0,960	0,0100	1,04
Метилметакрилат	0,034	2,867	0,0976	2,41
Стирол	0,030	3,150	0,0945	33,33

ВЫВОДЫ

Исследована реакционная способность 2,3-дихлорпропена в радикальной сополимеризации с винилхлоридом, метилметакрилатом и стиролом.

Вычисленные константы сополимеризации свидетельствуют о низкой активности дихлорсодержащего мономера в реакциях перекрестного роста цепи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Jin F.-L., Li X., Park S.-J. Synthesis and application of epoxy resins: A review // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2015. Vol. 29. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.03.026>.
- Hamed A. A., Saad G. R., Elsabee M. Z. Synthesis and characterization of modified epoxy resins and novel E-glass/spectra-reinforced composites // High Performance Polymers. 2016. Vol. 29, no. 3. P. 328–340. <https://doi.org/10.1177/0954008316643767>.
- Verma C., Olasunkanmi L. O., Akpan E. D., Quraishi M. A., Dagdag O., El Gouri M., et al. Epoxy resins as anticorrosive polymeric materials: A review // Reactive and Functional Polymers. 2020. Vol. 156, no. 1. P. 104741. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104741>.
- Lim Y. J., Han J., Kim H. W., Choi Y., Lee E., Kim Y. An epoxy-reinforced ceramic sheet as a durable solid electrolyte for solid state Na-ion batteries // Journal of Materials Chemistry A. 2020. Vol. 8, no. 29. P. 14528–14537. <https://doi.org/10.1039/d0ta06024k>.
- Montarnal D., Capelot M., Tournilhac F., Leibler L. Silica-like malleable materials from permanent organic networks // Science. 2011. Vol. 334, no. 6058. P. 965–968. <https://doi.org/10.1126/science.1212648>.
- Эпихлоргидрин: обзор мирового производства и рынка // Евразийский химический рынок. 2010. N 3. С. 2–7.
- Chen J., Chu N., Zhao M., Jin F.-L., Park S.-J. Synthesis and application of thermal latent initiators of epoxy resins: A review // Journal of Applied Polymer Science. 2020. Vol. 137, no. 48. P. 49592. <https://doi.org/10.1002/app.49592>.
- Рахманкулов Д. Л., Кимсанов Б. Х., Локтионов Н. А., Дмитриев Ю. К., Чанышев Р. Р. Эпихлоргидрин. Методы получения, физические и химические свойства, технология производства. М.: Химия, 2003. 244 с.
- Danov S. M., Sulimov A. V., Ovcharova A. V. Effect of technological parameters on the process of epichlorohydrin synthesis // Russian Journal of Applied Chemistry. 2012. Vol. 85, no. 1. P. 62–66. <https://doi.org/10.1134/S1070427212010120>.
- Li J., Zhao G., Gao S., Lv Y., Li J., Xi Z. Epoxidation of allyl chloride to epichlorohydrin by a reversible supported catalyst with H_2O_2 under solvent-free conditions // Organic Process Research and Development. 2006. Vol. 10, no. 5. P. 876–880. <https://doi.org/10.1021/op060108k>.
- Milchert E., Krzyżanowska A., Wołosiak-Hnat A., Paździoch W. The Influence of technological parameters on dehydrochlorination of dichloropropanols // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2012. Vol. 51, no. 9. P. 3575–3579. <https://doi.org/10.1021/ie202630n>.
- Ding L., Yin J., Tong W., Peng R., Jiang J., Xu H., Wu P. Selective synthesis of epichlorohydrin via liquid-phase allyl chloride epoxidation over a modified Ti-MWW zeolite in a continuous slurry bed reactor // New Journal of Chemistry. 2021. Vol. 45, no. 1. P. 331–342. <https://doi.org/10.1039/d0nj04491a>.
- Шаглаева Н. С., Баяндин В. В., Пожидаев Ю. Н. Пути переработки хлорорганических отходов производства эпихлоргидрина // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. N 1 (2). С. 135–140.
- Воронков М. Г., Корчевин Н. А., Русская Н. В., Силинская Я. Н., Томин В. П., Дерягина Э. Н. Переработка отходов производства эпихлоргидрина в серорганические продукты и материалы // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. Т. 9. N 5. С. 541–546.
- Воронков М. Г., Татарова Л. А., Трофимова К. С., Верхозина Е. И., Халиуллин А. К. Переработка промышленных хлор- и серосодержащих отходов // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. Т. 9. N 3. С. 393–403.
- Чернышева Е. А., Грабельных В. А., Леванова Е. П., Корчевин Н. А. Применение серосодержащего сорбента на основе лигнина для извлечения ртути из водных растворов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7. N 3. С. 169–177. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-3-169-177>.
- Dmitriev Yu. K., Loktionov N. A., Sanga-lov Yu. A., Karchevskiy S. G., Maidanova I. O., Lakeev S. N. Thiokol-like polymers based on by-products of epichlorohydrin production // Chemistry for Sustainable Development. 2004. Vol. 12, no. 6. P. 657–662.
- Trofimova K. S., Dronov V. G., Shaglaeva N. S.,

Sultangareev R. G. New approach to processing of chlorine-containing wastes: Synthesis of 2,3-dichloropropene from 1,2,3-trichloropropane // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2008. Vol. 81, no. 4. P. 730–731. <https://doi.org/10.1134/S1070427208040332>.

19. Shaglaeva N. S., Trofimova K. S., Sultangareev R. G., Dronov V. G., Zabanova E. A., Myachina G. F. Quaternary ammonium salts based on 2,3-dichloroprop-

1-ene // *Russian Journal of Organic Chemistry*. 2010. Vol. 46, no. 3. P. 450–451. <https://doi.org/10.1134/S1070428010030267>.

20. Shaglaeva N. S., Bayandin V. V., Pozhidaev Y. N. Synthesis and properties of copolymers of N,N-dimethyl-N,N-bis(β-chloroallyl)ammonium chloride with acrylamide // *Russian Journal of General Chemistry*. 2015. Vol. 85, no. 7. P. 1721–1724. <https://doi.org/10.1134/s1070363215070257>.

REFERENCES

1. Jin F.-L., Li X., Park S.-J. Synthesis and application of epoxy resins: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2015;29:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.03.026>.

2. Hamed A. A., Saad G. R., Elsabee M. Z. Synthesis and characterization of modified epoxy resins and novel E-glass/spectra-reinforced composites. *High Performance Polymers*. 2016;29(3):328–340. <https://doi.org/10.1177/0954008316643767>.

3. Verma C., Olasunkanmi L. O., Akpan E. D., Quraishi M. A., Dagdag O., El Gouri M., et al. Epoxy resins as anticorrosive polymeric materials: A review. *Reactive and Functional Polymers*. 2020;156(1):104741. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104741>.

4. Lim Y. J., Han J., Kim H. W., Choi Y., Lee E., Kim Y. An epoxy-reinforced ceramic sheet as a durable solid electrolyte for solid state Na-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*. 2020;8(29):14528–14537. <https://doi.org/10.1039/d0ta06024k>.

5. Montarnal D., Capelot M., Tournilhac F., Leibler L. Silica-like malleable materials from permanent organic networks. *Science*. 2011;33(6058):965–968. <https://doi.org/10.1126/science.1212648>.

6. Epichlorohydrin: review of world production and market. *Evraziiskii khimicheskii rynok = Eurasian chemical market*. 2010;3:2–7. (In Russian).

7. Chen J., Chu N., Zhao M., Jin F.-L., Park S.-J. Synthesis and application of thermal latent initiators of epoxy resins: A review. *Journal of Applied Polymer Science*. 2020;137(48):49592. <https://doi.org/10.1002/app.49592>.

8. Rakhmankulov D. L., Kimsanov B. Kh., Loktionov N. A., Dmitriev Yu. K., Chanyshiev R. R. *Epichlorohydrin. Production methods, physical and chemical properties, production technology*. Moscow: Khimiya; 2003. 244 p. (In Russian)

9. Danov S. M., Sulimov A. V., Ovcharova A. V. Effect of technological parameters on the process of epichlorohydrin synthesis. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2012;85(1):62–66. <https://doi.org/10.1134/S1070427212010120>.

10. Li J., Zhao G., Gao S., Lv Y., Li J., Xi Z. Epoxidation of allyl chloride to epichlorohydrin by a reversible supported catalyst with H₂O₂ under solvent-free conditions. *Organic Process Research and Development*. 2006;10(5):876–880. <https://doi.org/10.1021/op060108k>.

11. Milchert E., Krzyżanowska A., Wołosiak-Hnat A., Paździoch W. The Influence of technologi-

cal parameters on dehydrochlorination of dichloropropanols. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2012;51(9):3575–3579. <https://doi.org/10.1021/ie202630n>.

12. Ding L., Yin J., Tong W., Peng R., Jiang J., Xu H., Wu P. Selective synthesis of epichlorohydrin via liquid-phase allyl chloride epoxidation over a modified Ti-MWW zeolite in a continuous slurry bed reactor. *New Journal of Chemistry*. 2021;45(1):331–342. <https://doi.org/10.1039/d0nj04491a>.

13. Shaglaeva N. S., Bayandin V. V., Pozhidaev Y. N. Ways of processing organochlorine wastes of epichlorohydrin production. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2012;1:135–140. (In Russian).

14. Voronkov M. G., Korchevin N. A., Russavskaya N. V., Silinskaya Ya. N., Tomin V. P., Deryagina E. N. Recycling of epichlorohydrin production waste into organosulfur products and materials. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya = Chemistry for Sustainable Development*. 2001;9(5):541–546. (In Russian).

15. Voronkov M. G., Tatarova L. A., Trofimova K. S., Verkhozina E. I., Khaliullin A. K. Recycling of industrial chlorine- and sulfur-containing waste. *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya = Chemistry for Sustainable Development*. 2001;9(3):393–403. (In Russian).

16. Chernysheva E. A., Grabelnykh V. A., Levanova E. P., Korchevin N. A. The using of sulfur-containing lignin based sorbent for extraction of mercury from aqueous solutions. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2017;7(3):169–177. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-3-169-177>.

17. Dmitriev Yu. K., Loktionov N. A., Sangalov Yu. A., Karchevskiy S. G., Maidanova I. O., Lakeev S. N. Thiokol-like polymers based on by-products of epichlorohydrin production. *Chemistry for Sustainable Development*. 2004;12(6):657–662.

18. Trofimova K. S., Dronov V. G., Shaglaeva N. S., Sultangareev R. G. New approach to processing of chlorine-containing wastes: Synthesis of 2,3-dichloropropene from 1,2,3-trichloropropane. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2008;81(4):730–731. <https://doi.org/10.1134/S1070427208040332>.

19. Shaglaeva N. S., Trofimova K. S., Sultangareev R. G., Dronov V. G., Zabanova E. A., Myachina G. F. Quaternary ammonium salts based on 2,3-dichloroprop-

1-ene. *Russian Journal of Organic Chemistry*. 2010;46(3): 450–451. <https://doi.org/10.1134/S1070428010030267>.

20. Shaglaeva N. S., Bayandin V. V., Pozhidaev Y. N. Synthesis and properties of copolymers of N,N-dimethyl-

N,N-bis(β -chloroallyl)ammonium chloride with acrylamide. *Russian Journal of General Chemistry*. 2015;85(7): 1721–1724. <https://doi.org/10.1134/s1070363215070257>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

С. В. Баданов,

аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
badanov_sergei@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2442-613X>

А. В. Урумов,

аспирант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
aurum1995@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9967-9639>

В. В. Баяндин,

к.т.н., доцент,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
bayandinvv@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0999-6313>

Н. С. Шаглаева,

д.х.н., профессор,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
shaglaevans@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7889-0574>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.*

Информация о статье

Поступила в редакцию 18.05.2021.
Одобрена после рецензирования 15.11.2021.
Принята к публикации 30.11.2021.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey V. Badanov,

Postgraduate Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
badanov_sergei@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2442-613X>

Andrey V. Urumov,

Postgraduate Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
e-mail: aurum1995@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9967-9639>

Victor V. Bayandin,

Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor ,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
bayandinvv@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0999-6313>

Nina S. Shaglaeva,

Dr. Sci. (Chemistry), Professor,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
shaglaevans@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7889-0574>

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding 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 18.05.2021.
Approved after reviewing 15.11.2021.
Accepted for publication 30.11.2021.