

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЭВИЛЕНА НА СВОЙСТВА СТОЙКОЙ К МОРСКОЙ ВОДЕ РЕЗИНЫ

Е.Н. Егоров¹, С.И. Сандалов², Н.И. Кольцов¹

¹Кафедра физической химии и высокомолекулярных соединений, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Московский пр., 15, Чебоксары, Российская Федерация, 428015

E-mail: enegorov@mail.ru, koltsovni@mail.ru

²Производство резинотехнических изделий, Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева, ул. Социалистическая, 1, Чебоксары, Российская Федерация, 428006

E-mail: sandalov-1963@yandex.ru

В статье исследовано влияние сэвилена 11808-340 на реометрические (вулканизационные) показатели резиновой смеси и физико-механические свойства резины, используемой для изготовления изделий, эксплуатируемых при воздействии морской воды. В состав резиновой смеси входили: бутадиен-нитрильный СКН-4045 и бромбутиловый ББК-232 каучуки, вулканизующий агент – сера; ускорители вулканизации – гуанид Ф и дибензотиазол дисульфид; активаторы вулканизации – белила цинковые и стеариновая кислота; противостаритель – нафтам-2; мягчители – канифоль, битум нефтяной, фактис; наполнители – транс-полиносорборнен, технические углероды П 514 и П 803. В резиновую смесь дополнительно вводили сэвилен 11808-340 в количестве 5,0; 10,0 и 15,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Резиновая смесь готовилась на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Для полученной резиновой смеси на реометре MDR 3000 Basic исследовались вулканизационные характеристики при температуре 150 °С. В дальнейшем резиновую смесь вулканизовали при температуре 150 °С в течение 30 мин в вулканизационном прессе типа Р-V-100-3RT-2-PCD. Для полученных вулканизатов определялись физико-механические свойства, изменения упруго-прочностных показателей, твердости и массы после выдержки в морской воде. В результате проведенных исследований установлено, что оптимальным является содержание сэвилена в количестве 5,0 мас. ч. При этом резиновая смесь характеризуется наибольшими значениями максимального и минимального крутящих моментов. Вулканизат на ее основе обладает наибольшими величинами условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве, наименьшими их изменениями, а также небольшой степенью набухания после выдержки в морской воде.

Ключевые слова: сэвилен 11808-340, бутадиен-нитрильный и бромбутиловый каучуки, резина, реометрические, физико-механические и эксплуатационные свойства, морская вода

STUDY OF THE INFLUENCE OF SEVILEN ON THE PROPERTIES OF SEAWATER-RESISTANT RUBBER

E.N. Egorov¹, S.I. Sandalov², N.I. Kol'tsov¹

¹Department of Physical Chemistry and Macromolecular Compounds, Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moskovsky ave., 15, Cheboksary, Russia, 428015

E-mail: enegorov@mail.ru, koltsovni@mail.ru

²Production of rubber products, Cheboksary production association named after V.I. Chapayev, st. Socialist, 1, Cheboksary, Russia, 428006

E-mail: sandalov-1963@yandex.ru

The article examines the effect of sevilen 11808-340 on the rheometric (vulcanization) characteristics of the rubber mixture and physico-mechanical properties of rubber used for the manufacture of products exposed to sea water. The rubber mixture included: butadiene-nitrile

SKN-4045 and bromobutyl BBK-232 caoutchoucs, vulcanizing agent - sulfur; vulcanization accelerators – guanide F and dibenzothiazole disulfide; vulcanization activators – zinc white and stearic acid; antioxidant – naphtham-2; softeners - rosin, petroleum bitumen, factis, fillers - trans-poly-norbornene, carbons black P 514 and P 803. Sevilen 11808-340 was additionally introduced into the rubber mixture in an amount of 5.0; 10.0 and 15.0 parts per hundred of rubber (phr). The rubber mixture was prepared on laboratory rollers LB 320 160/160. The vulcanization characteristics of the resulting rubber mixture were studied using an MDR 3000 Basic rheometer at a temperature of 150 °C. Subsequently, the rubber mixture was vulcanized at a temperature of 150 °C for 30 minutes in a vulcanization press type P-V-100-3RT-2-PCD. For the obtained vulcanizates, the physical and mechanical properties, changes in elastic-strength parameters, hardness and mass after exposure to sea water were determined. As a result of the studies, it was found that the optimal content of sevilen is 5.0 phr. In this case, the rubber mixture is characterized by the highest values of maximum and minimum torques. Vulcanizate based on it has the highest values of conditional tensile strength and elongation at break, the smallest changes in them, as well as a low degree of swelling after exposure to sea water.

Keywords: sevilen 11808-340, nitrile-butadiene and bromobutyl caoutchoucs, rubber, rheometric, physico-mechanical and operational properties, sea water

Для цитирования:

Егоров Е.Н., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Исследование влияния сэвилена на свойства стойкой к морской воде резины. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2024. Т. LXVIII. № 3. С. 42–46. DOI: 10.6060/rcj.2024683.7.

For citation:

Egorov E.N., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. Study of the influence of sevilen on the properties of seawater-resistant rubber. *Ros. Khim. Zh.* 2024. V. 68. N 3. P. 42–46. DOI: 10.6060/rcj.2024683.7.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с повышением требований к изделиям, работающим длительное время в морской воде, актуальна разработка резин с улучшенными физико-механическими и динамическими свойствами [1–5]. Основой таких резин являются каучуки общего и специального назначения. Для повышения эксплуатационных и динамических свойств резин в них вводятся предельные эластомеры, такие как бутилкаучук [6–8], галобутиловые каучуки [9–14] и полиизобутилен [15–17]. Наряду с ними представляют интерес сэвилены, которые хорошо совмещаются с другими каучуками [18–24]. Благодаря предельному характеру, содержащие их композиции обладают хорошей стойкостью к кислым и основным средам. В [25–28] исследовано влияние сэвиленов на свойства резин и установлено, что среди них сэвилен 11808-340 является наиболее эффективным, повышая технологические и эксплуатационные свойства резин. В связи с этим в данной работе исследовано влияние сэвилена 11808-340 на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного и бромбутилкаучука, применяемой для изготовления стойких к морской воде изделий.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Резиновая смесь с серной вулканизирующей системой готовилась на основе бутадиен-нитрильного СКН-4045 и бромбутилового ББК-232 каучуков. В её состав также входили: сера, гуанид Ф, дибензотиазол дисульфид, белила цинковые, стеариновая кислота, нафтам-2, битум нефтяной, канифоль, фактис, *транс*-полиноборнен, промышленное масло И-12А, технические углероды П 514 и П 803, хлорпарафин ХП-70 и трехокись сурьмы. Для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств в резиновую смесь вводился сэвилен 11808-340, содержание которого в различных вариантах резиновой смеси варьировалось от 5,0 до 15,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков. Ингредиенты смешивали на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 в течение 25 мин при температуре валков 60–70 °С. Для полученной резиновой смеси измеряли реометрические показатели на реометре MRD 3000 Basic в соответствии с ASTM D2084-79. В дальнейшем резиновую смесь вулканизовали в вулканизационном прессе P-V-100-3RT-2-PCD при 150 °С в течение 30 мин и определяли основные физико-механические характеристики вулканизатов согласно действующим в резиновой промыш-

ленности стандартам: упруго-прочностные свойства при растяжении по ГОСТ 270-75; твердость по Шору А по ГОСТ 263-75; сопротивление раздиру по ГОСТ 262-79, эластичность по отскоку по ГОСТ 27110-86. Для полученных вулканизатов изучали стойкость к воздействию морской воды (8 %-й водный раствор морской соли): изменения условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и твердости по ГОСТ 9.024-74 и изменение массы по ГОСТ 9.030-74 (метод А).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены варианты резиновой смеси на основе каучуков СКН-4045 и ББК-232, взятых в количестве 25,0 и 75,0 мас. ч.: первый (базовый) вариант не содержал сэвилена 11808-340, второй, третий и четвертый варианты содержали соответственно 5,0; 10,0 и 15,0 мас. ч. сэвилена на 100,0 мас. ч. каучуков.

На рисунке приведены полученные вулканизационные кривые резиновой смеси с различным содержанием сэвилена 11808-340, а в табл. 1 следующие из них значения её реометрических показателей.

Как видно из рисунка и табл. 1, наибольшие значения максимальный и минимальный крутящие моменты наблюдаются для второго варианта резиновой смеси. Увеличение содержания сэвилена-11808-340 приводит к возрастанию времен начала и оптимума вулканизации.

В табл. 2 представлены результаты определения физико-механических свойств вулканизатов,

полученных на основе различных вариантов резиновой смеси.

Таблица 1
Варианты и реометрические показатели резиновой смеси

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Сэвилен-11808-340, мас. ч.	-	5,0	10,0	15,0
Реометрические показатели резиновой смеси				
S_{max} , дН·м	6,84	6,98	6,28	5,60
S_{min} , дН·м	0,76	0,79	0,76	0,74
t_s , мин	2,52	2,62	2,80	2,96
t_{90} , мин	19,82	20,02	20,09	21,35

Примечание: S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный крутящие моменты; t_s и t_{90} – времена начала и оптимума вулканизации

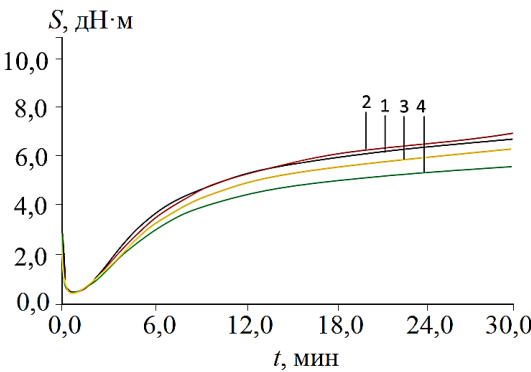


Рис. Зависимости крутящего момента резиновой смеси от времени (номера кривых соответствуют номерам вариантов)

Таблица 2

Физико-механические свойства вулканизатов резиновой смеси

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
f_p , МПа	2,3	2,4	2,3	2,2
ϵ_p , %	284	326	320	297
H , ед. Шор А	64	64	66	67
S , %	10	10	10	11
B , кН/м	20	18	19	20
Изменение упруго-прочностных свойств вулканизатов после выдержки в морской воде при 23 °С в течение 24 ч				
Δf_p , %	-5,0	-4,8	-5,2	-5,4
$\Delta \epsilon_p$, %	-3,5	-3,4	-4,0	-4,5
ΔH , ед. Шор А	-1	-1	-1	-1
Изменение степени набухания вулканизатов после выдержки в морской воде при 23 °С в течение 24/168 ч				
α , %	0,35/1,20	0,32/1,15	0,32/1,37	0,39/1,52

Примечание: f_p – условная прочность при растяжении; ϵ_p – относительное удлинение при разрыве; H – твердость; S – эластичность по отскоку; B – сопротивление раздиру; Δf_p и $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве; ΔH – разность твердостей вулканизатов после и до воздействия морской воды; α – степень набухания

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что вулканизат второго варианта резиновой смеси обладает наибольшими величинами условной прочности при растяжении и относительного удлинения. Значения остальных физико-механических показателей (твёрдости, эластичности по отскоку и сопротивления раздиру) для вулканизатов всех вариантов резиновой смеси практически одинаковы.

Результаты исследования изменения физико-механических свойств и степени набухания вулканизатов резиновой смеси после выдержки их в морской воде также приведены в табл. 2. Из данных табл. 2 следует, что оптимальным является второй вариант резиновой смеси, вулканизат которого характеризуется наименьшими изменениями условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, а также степени набухания. Таким образом, содержание сэвилена 11808-

340 в количестве 5,0 мас. ч. является оптимальным.

ВЫВОДЫ

Исследовано влияние сэвилена 11808-340 на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного и бромбутилового каучуков. Установлено, что лучшими вулканизационными характеристиками, физико-механическими и эксплуатационными свойствами обладает резина, содержащая 5,0 мас. ч. сэвилена, изделия из которой рекомендуются для эксплуатации в контакте с морской водой.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 11. С. 96–102. DOI: 10.6060/ivkkt.20206311.6307.
2. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И., Ворончихин В.Д. Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2021. Т. 14. № 1. С. 38–44. DOI: 10.17516/1998-2836-0214.
3. Егоров Е.Н., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Рос. хим. ж. 2023. Т. 67. № 3. С. 11–16. DOI: 10.6060/rcj.2023673.2.
4. Niu W., Li Y., Ma Y., Zhao G. Materials. 2023. V. 16. N 13. P. 4696. DOI: 10.3390/ma16134696.
5. Li Y.M., Ma Y.H., Zhao G.F., Zhou F.L. Journal of Rubber Research. 2020. V. 23. N 3. P. 151–161. DOI: 10.1007/s42464-020-00045-9.
6. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Александрова Н.В., Кольцов Н.И. Промышленное производство и использование эластомеров. 2021. № 2. С. 16–18. DOI: 10.24412/2071-8268-2021-2-16-18.
7. Xia L., Li C., Zhang X., Wang J., Wu H., Guo S. Polymer. 2018. V. 141. P. 70–78. DOI: 10.1016/j.polymer.2018.03.009.
8. Li C., Xu S.-A., Xiao F.-Y., Wu C.-F. European Polymer Journal. 2006. V. 42. N 10. P. 2507–2514. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2006.06.004.
9. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Промышленное производство и использование эластомеров. 2022. № 2. С. 13–17. DOI: 10.24412/2071-8268-2022-2-13-17.
10. Ушмарин Н.Ф., Егоров Е.Н., Григорьев В.С., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2022. Т. LXVI. № 1. С. 29–34. DOI: 10.6060/rcj.2022661.5.
11. Кольцов Н.И., Косьянов П.М. Бутлеровские сообщения. 2023. Т. 74. № 4. С. 77–80. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/23-74-4-77.
12. Chen B., Dai J., Song T., Guan Q. Polymers. 2022. V. 14. N 12. P. 2427. DOI: 10.3390/polym14122427.
13. Zachariah A.K., Geethamma V.G., Chandra A.K., Mohammed P.K., Thomas S. RSC Advances. 2014. V. 4. N 101. P. 58047–58058. DOI: 10.1039/c4ra11307a.

REFERENCES

1. Egorov E.N., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 11. P. 96–102 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20206311.6307.
2. Egorov E.N., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I., Voronchikhin V.D. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2021. V. 14. N 1. P. 38–44 (in Russian). DOI: 10.17516/1998-2836-0214.
3. Egorov E.N., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. Ros. Khim. Zh. 2023. V. 67. N 3. P. 11–16 (in Russian). DOI: 10.6060/rcj.2023673.2.
4. Niu W., Li Y., Ma Y., Zhao G. Materials. 2023. V. 16. N 13. P. 4696. DOI: 10.3390/ma16134696.
5. Li Y.M., Ma Y.H., Zhao G.F., Zhou F.L. Journal of Rubber Research. 2020. V. 23. N 3. P. 151–161. DOI: 10.1007/s42464-020-00045-9.
6. Egorov E.N., Ushmarin N.F., Alexandrova N.V., Kol'tsov N.I. Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov. 2021. N 2. P. 16–18 (in Russian). DOI: 10.24412/2071-8268-2021-2-16-18.
7. Xia L., Li C., Zhang X., Wang J., Wu H., Guo S. Polymer. 2018. V. 141. P. 70–78. DOI: 10.1016/j.polymer.2018.03.009.
8. Li C., Xu S.-A., Xiao F.-Y., Wu C.-F. European Polymer Journal. 2006. V. 42. N 10. P. 2507–2514. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2006.06.004.
9. Egorov E.N., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. Promyshlennoye proizvodstvo i ispol'zovaniye elastomerov. 2022. N 2. P. 13–17 (in Russian). DOI: 10.24412/2071-8268-2022-2-13-17.
10. Ushmarin N.F., Egorov E.N., Grigor'ev V.S., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. Russian Journal of General Chemistry. 2022. V. 92. N 9. P. 1862–1865. DOI: 10.1134/s107036322090298.
11. Kol'tsov N.I., Kosianov P.M. Butlerovskiyе soobshcheniya. 2023. V. 74. N 4. P. 77–80 (in Russian). DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/23-74-4-77.
12. Chen B., Dai J., Song T., Guan Q. Polymers. 2022. V. 14. N 12. P. 2427. DOI: 10.3390/polym14122427.

14. Tiwari S.K., Sahoo B.P., Mahapatra S.P. Journal of Polymer Engineering. 2014. V. 34. N 1. P. 41–52. DOI: 10.1515/pol-yeng-2013-0235.
15. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Саломатина Е.В., Матюнин А.Н. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 5. С. 94–102. DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6575.
16. Götz C., Lim G.T., Puskas J.E., Altstädt V. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2012. V. 10. P. 206–215. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2012.02.016.
17. Li Y., Jiao H., Pan G., Wang Q., Wang T. Journal of Composite Materials. 2015. V. 50. N 7. P. 929–936. DOI: 10.1177/0021998315583520.
18. Кузнецова Н.А., Кострыкина Г.И. Изв. вузов. Химия и хим. Технология. 2007. Т. 50. № 4. С. 79–82.
19. Степанов Г.В., Навроцкий В.А., Гайдадин А.Н., Ермолин А.С. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 4(159). С. 101–106.
20. Rahmany Naeim Abady A., Ostad Movahed S. Journal of Applied Polymer Science. 2017. V. 134. N 39. P. 45357. DOI: 10.1002/app.45357.
21. Nakason C., Kaewsakul W., Kaesaman A. Journal of Elastomers and Plastics. 2012. V. 44. N 1. P. 89–111. DOI: 10.1177/0095244311413441.
22. Zhang W., Yan W., Pan R., Guo W., Wu G. Polymer Engineering and Science. 2017. V. 58. N 5. P. 719–728. DOI: 10.1002/pen.24604.
23. Kunanusont N., Samthong C., Bowen F., Yamaguchi M., Somwangthanaroj A. Polymers. 2020. V. 12. N 8. P. 1739. DOI: 10.3390/polym12081739.
24. Walong A., Thongnuanchan B., Uthaipan N., Sakai T., Lopattananon N. Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology. 2022. V. 38. N 1. P. 70–88. DOI: 10.1177/14777606211042028.
25. Панфилова О.А., Вольфсон С.И., Охотина Н.А., Сабиров Р.К., Баранец И.В., Каримова А.Р., Шишкина А.А. Каучук и резина. 2017. Т. 76. № 4. С. 224–229.
26. Jinu J.G., Anil K.B. Nanoscale Research Letters. 2009. V. 4. N 7. P. 655–664. DOI: 10.1007/s11671-009-9296-8.
27. Сяйлева М.В., Буканов А.М., Звезденков К.А., Волошин В.Н., Меркулова Т.А. Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: Сб. тр. участников XXI научно-практической конф. М.: 2016. С. 71–72.
28. Спиридонов И.С., Илларионова М.С., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2018. Т. 61. Вып. 8. С. 60–65. DOI: 10.6060/ivkkt.20186108.5759.
13. Zachariah A.K., Geethamma V.G., Chandra A.K., Mohammed P.K., Thomas S. RSC Advances. 2014. V. 4. N 101. P. 58047–58058. DOI: 10.1039/c4ra11307a.
14. Tiwari S.K., Sahoo B.P., Mahapatra S.P. Journal of Polymer Engineering. 2014. V. 34. N 1. P. 41–52. DOI: 10.1515/pol-yeng-2013-0235.
15. Egorov E.N., Ushmarin N.F., Salomatina E.V., Matyunin A.N. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 5. P. 94–102 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6575.
16. Götz C., Lim G.T., Puskas J.E., Altstädt V. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2012. V. 10. P. 206–215. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2012.02.016.
17. Li Y., Jiao H., Pan G., Wang Q., Wang T. Journal of Composite Materials. 2015. V. 50. N 7. P. 929–936. DOI: 10.1177/0021998315583520.
18. Kuznetsova N.A., Kostrykina G.I. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2007. V. 50. N 4. P. 79–82 (in Russian).
19. Stepanov G.V., Navrotsky V.A., Gaidadin A.N., Ermolin A.S. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. N 4(159). P. 101–106 (in Russian).
20. Rahmany Naeim Abady A., Ostad Movahed S. Journal of Applied Polymer Science. 2017. V. 134. N 39. P. 45357. DOI: 10.1002/app.45357.
21. Nakason C., Kaewsakul W., Kaesaman A. Journal of Elastomers and Plastics. 2012. V. 44. N 1. P. 89–111. DOI: 10.1177/0095244311413441.
22. Zhang W., Yan W., Pan R., Guo W., Wu G. Polymer Engineering and Science. 2017. V. 58. N 5. P. 719–728. DOI: 10.1002/pen.24604.
23. Kunanusont N., Samthong C., Bowen F., Yamaguchi M., Somwangthanaroj A. Polymers. 2020. V. 12. N 8. P. 1739. DOI: 10.3390/polym12081739.
24. Walong A., Thongnuanchan B., Uthaipan N., Sakai T., Lopattananon N. Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology. 2022. V. 38. N 1. P. 70–88. DOI: 10.1177/14777606211042028.
25. Panfilova O.A., Wolfson S.I., Okhotina N.A., Sabirov R.K., Baranets I.V., Karimova A.R., Shishkina A.A. Kauchuk i rezina. 2017. V. 76. N 4. P. 224–229 (in Russian).
26. Jinu J.G., Anil K.B. Nanoscale Research Letters. 2009. V. 4. N 7. P. 655–664. DOI: 10.1007/s11671-009-9296-8.
27. Syaileva M.V., Bukanov A.M., Zvezdenkov K.A., Voloshin V.N., Merkulova T.A. Rubber industry: raw materials, materials, technologies: Collection of works of participants of the XXI scientific and practical conf. Moscow. 2016. P. 71–72 (in Russian).
28. Spiridonov I.S., Illarionova M.S., Ushmarin N.F., Sandalov S.I., Kol'tsov N.I. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2018. V. 61. N 8. P. 59–65 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20186108.5759.

Поступила в редакцию (Received) 12.02.2024

Принята к опубликованию (Accepted) 18.04.2024