

УДК 541.64:542.954

**СИНТЕЗ 4-ГАЛОГЕНЗАМЕЩЕННЫХ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДОВ****Н. Г. Гилева<sup>1</sup>, Э. А. Седова<sup>1</sup>, Т. А. Янгиров<sup>1</sup>,  
С. Н. Салазкин<sup>2</sup>, В. А. Крайкин<sup>1\*</sup>**<sup>1</sup>Уфимский институт химии УФИЦ РАН

Россия, Республика Башкортостан, 450054 г. Уфа, просп. Октября, 71.

<sup>2</sup>Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН

Россия, 119991 г. Москва, ул. Вавилова, 28.

Тел.: +7 (347) 235 55 60.

\*Email: kraikin@anrb.ru

*Синтезированы новые галогензамещенные орто-кетокарбоновые кислоты и их псевдохлорангидриды. По реакции электрофильного замещения впервые синтезированы и охарактеризованы полиариленфталиды, имеющие заместители (хлор- и бром-) в 4-положении фталидного цикла.*

**Ключевые слова:** псевдохлорангидриды орто-кетокарбоновых кислот, полиариленфталиды, электрофильное замещение, электропроводящие полимеры.

**Введение**

В последние годы синтез и всестороннее исследование полимеров, обладающих комплексом ценных физико-механических и электрофизических свойств, является важной проблемой современной химии. Новые полимеры находят широкое применение в различных электронных устройствах: полевых транзисторах, солнечных батареях, светодиодах, электрохимических, химических, биохимических сенсорах, электрохромных материалах и материалах с нелинейными оптическими свойствами и др. Среди электропроводящих соединений наиболее активно исследуются сопряженные полимеры. Эти полимеры в результате химического или электрохимического окисления/восстановления приобретают металлическую или полупроводниковую электрическую проводимость. Сопряженные полимеры, состоящие из чередующихся электронодонорных и электроноакцепторных фрагментов, могут сочетать в себе электропроводность как p- так и n-типа, что повышает эффективность электронных устройств, создаваемых на их основе. Одним из основных недостатков уже используемых электропроводящих полимеров является их плохая растворимость в органических растворителях. Этого недостатка лишены гомо- и сополиариленфталиды [1–4]. Эти полимеры сочетают высокую термо- и теплостойкость, а также хемостойкость [5–8] с рядом других важных свойств, таких, как хорошая растворимость, пленкообразование, механическая прочность, кроме того, они проявляют специфические электрофизические свойства [9–13]. Сочетание ценных физических, химических и механических свойств полиариленфталидов делает их одними из наиболее перспективных полимерных материалов для использования в различных сферах нашей жизни. В последнее время большое внимание уделяется изучению электрофизических свойств тонких пленок полиариленфталидов, что обусловлено уникальностью этих полимеров,

например, эффект электронного переключения при различных внешних воздействиях, гигантское магнетосопротивление, а также их способность переходить в высокопроводящее состояние, которое было использовано для модификации электродов в системах распознавания типа «электронный язык» [14–18]. Все это стимулирует дальнейшее исследование области синтеза и изучения свойств новых полимеров этого класса с целью получения новых материалов с ценными свойствами. В этой связи актуальным является синтез новых полиариленфталидов, имеющих не только различное строение основной цепи полимеров, но и различные заместители в бензольном кольце фталидного цикла. Наличие таких заместителей должно отразиться и на электрофизических характеристиках полимеров и, следовательно, на их способности к физической и химической абсорбции.

**Экспериментальная часть**

Спектры ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C записаны на спектрометре Bruker Avance III 500 (Bruker Biospin AG, Germany, Rheinstetten) (500.13 и 125.47 МГц соответственно) в растворе CDCl<sub>3</sub>. Внутренний стандарт тетраметилсилан, температура 23°C. ИК-спектры записаны на приборе Shimadzu IR Prestige-21 в тонкой пленке. Элементный анализ выполняли на CHNS-анализаторе Евро-2000.

Значения приведенной вязкости ( $\eta_{\text{пр}}$ ) сополимеров измеряли в хлороформе при 25°C и концентрации 0.5 г полимера в 100 мл растворителя.

Очистку исходных веществ и растворителей проводили по известным методикам [19–23] и они имели константы, соответствующие литературным данным [19–23]. *n*-Терфенил марки «сцинтилляционный» использовали без дополнительной очистки, т. пл. = 212–213 °С. (т. пл. = 213–214°C [23]). Дифенил квалификации «чистый» промывали на фильтре метанолом (до исчезновения окраски промывного метанола), после сушки перегоняли в вакууме при 135°C/10 мм рт. ст., т.пл. = 69–69.5°C

(т. пл. = 69°C [23]). Фталевый ангидрид квалификации «ч.д.а.» очищали сублимацией в вакууме при 90°C/1 мм рт.ст., т.пл. 130–131°C (т. пл. 131°C [23]). Алюминий треххлористый получали сублимацией смеси технического безводного хлористого алюминия при 350–400°C в токе аргона. Пятихлористую сурьму «ч.» дважды перегоняли с дефлегматором при 78°C/1 мм рт. ст.

**3-Бифенил-4-ил-3-карбонил-4-бром-2-бензофуран-1(3Н)-он.** К раствору 4.8 г (0.021 моль) 3-бромфталевого ангидрида и 3.85 г (0.025 моль) дифенила в 21 мл хлорбензола осторожно, не допуская повышения температуры выше 40°C, при перемешивании добавляли 5.6 г (0.042 моля) хлористого алюминия синтез проводили в течение 6 ч. По окончании синтеза реакцию массу тонкой струйкой выливали в смесь дистиллированной воды, льда и 10 мл концентрированной соляной кислоты. После разложения реакционной массы образовывался кремового цвета, липкий, смолообразный продукт, который отмывали декантацией водой, а непрореагировавший дифенил отгоняли с водяным паром в течение 20–24 ч и затем сушили при комнатной температуре в вакууме 24 ч. Дополнительно очищали перекристаллизацией из ледяной уксусной кислоты первый раз с углем, второй – без угля, получая белый порошок. Выход 78%; с т. пл. 196–199°C. Найдено, %: С 62.92; Н 3.25; Вг 20.7.  $C_{20}H_{13}O_3Br$ . Вычислено, %: С 62.99; Н 3.4; Вг 21.

**3-Терфенил-4-ил-3-карбонил-4-хлор-2-бензофуран-1(3Н)-он.** К раствору 1.82 г (0.01 моль) 3-хлорфталевого ангидрида и 2.76 г (0.012 моль) терфенила в 10 мл хлорбензола осторожно, не допуская повышения температуры выше 40°C, при перемешивании добавляли 2.67 г (0.02 моля) хлористого алюминия, синтез проводили в течение 6 ч. По окончании синтеза реакцию массу тонкой струйкой выливали в смесь дистиллированной воды, льда и 10 мл концентрированной соляной кислоты. После разложения реакционной массы образовывался белый, липкий, смолообразный продукт, который отмывали декантацией водой, а непрореагировавший терфенил отгоняли с водяным паром в течение 20–24 ч и сушили при комнатной температуре в вакууме 24 ч. Дополнительно очищали перекристаллизацией из ледяной уксусной кислоты первый раз с углем, второй – без угля, получая белый порошок. Выход 74%; с т. пл. 200–203°C. Найдено, %: С 75.58; Н 4.16; Cl 8.45.  $C_{26}H_{17}O_3Cl$ . Вычислено, %: С 75.64; Н 4.12; Cl 8.6.

**Хлорангидриды 3-бифенил-4-ил-3-карбонил-4-бром-2-бензофуран-1(3Н)-он (1) и 3-терфенил-4-ил-3-карбонил-4-хлор-2-бензофуран-1(3Н)-он (2)** получали при их кипячении в хлористом тиониле в течение 6 ч. При охлаждении реакционной массы наблюдалось выпадение белого кристаллического осадка, который отфильтровывали, промывали серным эфиром и сушили в вакууме при 80°C, 6 ч. Для

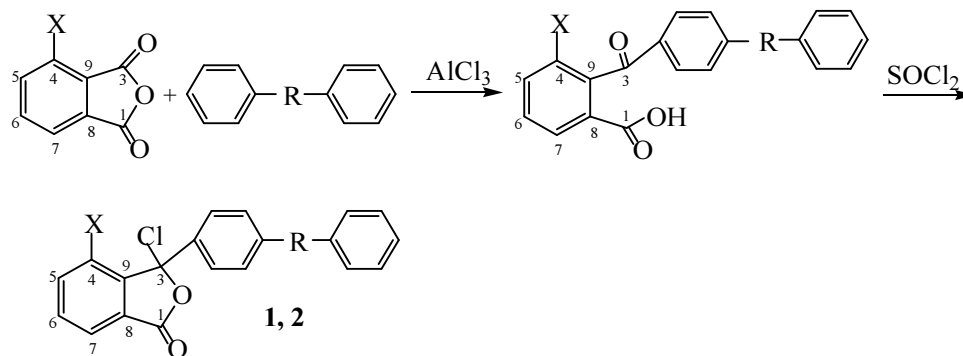
дополнительной очистки мономеров **1** и **2** использовали перекристаллизацию из смеси хлористый тионил-гексан (1:1) с последующей сушкой в вакууме при 80°C, 6 ч.

**Синтез полимеров.** Синтез полимера **P1**. В четырехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, воздушным холодильником и счетчиком пузырьков, в токе аргона помещали 1.005 г (0.005 моль) 3-бифенил-4-ил-3-карбонил-4-бром-2-бензофуран-1(3Н)-она, заливали 2.5 мл нитробензола. При перемешивании реакционную смесь нагревали до 110°C, а затем вносили 0.032 мл (0.00025 моль) безводной пятихлористой сурьмы и продолжали синтез в течение 10 ч. Реакционную массу, полученную по окончании синтеза, высаживали в метиловый спирт, промывали последовательно метанолом, ацетоном и сушили на воздухе при 120°C, 24 ч. Выделенный полимер растворяли в ДМФА и пересаждали в метиловый спирт, затем промывали метанолом, ацетоном и сушили на воздухе при 120°C, 24 ч. Получили белый порошок, выход 96%,  $\eta_{sp} = 0.35$  дл/г. ИК спектр ( $\nu/cm^{-1}$ ): 3032, 2360, 1774 (C=O), 1603, 1587, 1497, 1468, 1268, 1242, 1085, 975, 931, 835, 779, 686. ЯМР  $^1H$ ,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7.57–7.42 (м, 5H, H-7, H-12, H-15, H-19, H-20), 7.75–7.63 (м, 5H, H-6, H-11, H-16, H-18, H-21), 7.99 (д, 1H,  $J = 7.2$ , H-8). ЯМР  $^{13}C$ ,  $\delta$ , м.д.: 92.58 (C3), 124.86 (C7), 126.63 (C11, C16, C18, C21), 127.49 (C12, C15, C19, C20), 129.27 (C6), 130.41 (C4), 135.97 (C5), 136.37 (C8), 139.35 (C13, C14), 141.03 (C10, C17), 148.16 (C9), 168.47 (C1).

Синтез и выделение полимера **P2** проводили аналогично **P1**. Получили белые хлопья полимера, выход 94%,  $\eta_{sp} = 0.42$  дл/г. ИК спектр ( $\nu/cm^{-1}$ ): 3031, 2360, 1769 (C=O), 1621, 1589, 1491, 1458, 1269, 1230, 1106, 1005, 968, 929, 818, 760. ЯМР  $^1H$ ,  $\delta$ , м.д. ( $J$ , Гц): 7.41 (д, 4H,  $J = 7.9$ , H-15, H-16, H-24, H-25), 7.52–7.59 (м, 8H, H-11, H-12, H-19, H-20, H-22, H-23, H-26, H-27), 7.71 (д, 1H,  $J = 8.0$ , H-7). 7.80 (д, 1H,  $J = 9.5$ , H-5), 7.81 (т, 1H,  $J = 8.2$ , H-6). ЯМР  $^{13}C$ ,  $\delta$ , м.д.: 90.76 (C3), 124.39 (C4), 127.32 (C14, C17), 127.41 (C15, C16, C24, C25), 127.46 (C5, C12, C19, C23, C26), 127.55 (C7), 127.68 (C11, C20, C22, C27), 129.57 (C8), 133.19 (C6), 139.41 (C13, C18), 140.57 (C10, C21), 153.31 (C9), 168.44 (C1).

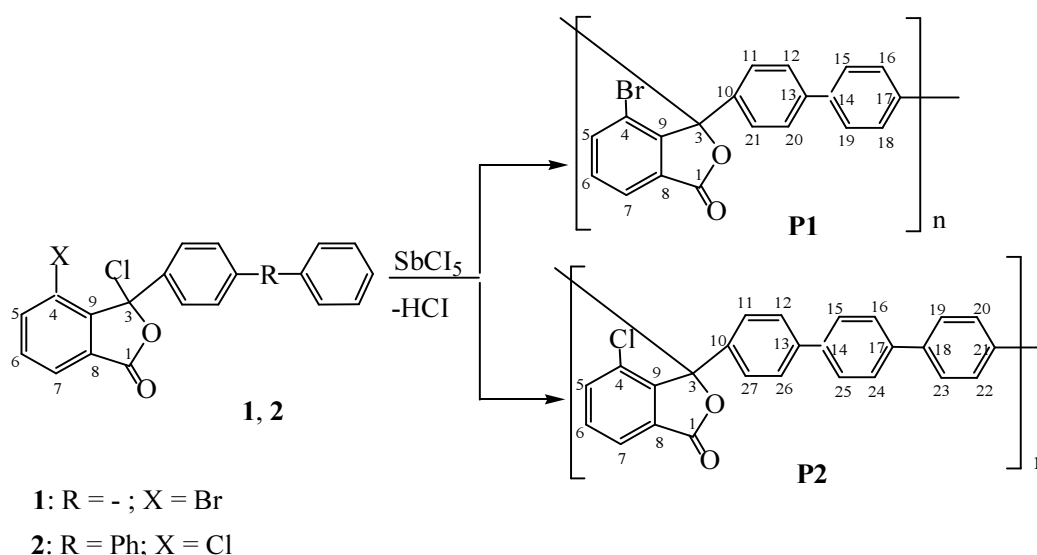
Целью данного исследования является синтез новых полиарилентфалидов, имеющих заместители (Cl и Br) в 4-положении во фталидном цикле. Поскольку исходные галогензамещенные орто-кетокислоты и псевдохлорангидриды на их основе коммерчески не доступны, они были нами синтезированы по реакции электрофильного замещения Фриделя–Крафтса при взаимодействии галогензамещенных (хлор- и бром-) фталевых ангидридов с ароматическими углеводородами (дифенил и терфенил), с последующим превращением кислот в псевдохлорангидриды, аналогично синтезу псевдохлорангидридов орто-(4'-феноксисбензоил)бензойной кислоты [2] по схеме 1.

Схема 1



**1:** R = -; X = Br  
**2:** R = Ph; X = Cl

Схема 2



**1:** R = -; X = Br  
**2:** R = Ph; X = Cl

В предыдущих исследованиях [1–2] было показано, что гомополиарилефталиды, не содержащие шитых и дефектных структур с наиболее высокими выходами и значениями молекулярных масс образуются при проведении поликонденсации псевдомонохлорангидридов орто-кетокрбонновых кислот в среде нитробензола в присутствии катализатора безводной пятихлористой сурьмы при 110°C (10 ч). Поэтому аналогичные условия были использованы в данной работе для синтеза новых полиарилефталидов **P1–P2**, имеющих хлор- и бром- заместители в положении 4 во фталидном цикле (схема 2).

Получены два новых сополиарилефталиды **P1–P2**, хорошо растворимые во многих органических растворителях (хлоруглеводороды, диметилформамид, нитробензол, N-метилпирролидон, пиридин, циклогексонон и др.), образующие из растворов прочные, прозрачные и эластичные пленки. Строение полученных полиарилефталидов имеющих заместители Cl и Br в положении 4 во фта-

лидном цикле подтверждены данными физико-химических методов анализа (ИК- и ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ -спектроскопией).

*Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  регистрировались на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ УФИЦ РАН.*

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-03-00537 А).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Салазкин С. Н., Рафиков С. Р., Толстиков Г. А., Золотухин М. Г. Новый путь синтеза ароматических полимеров // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. №2. С. 355–359.
2. Золотухин М. Г. Синтез ароматических полимеров по реакции ацилирования Фриделя-Крафтса : дис. ... д-ра хим. наук. Уфа, 1997. 243 с.
3. Салазкин С. Н. Ароматические полимеры на основе псевдохлор-ангидридов // Высокомолекул. соед. Сер. Б. 2004. Т. 46. № 7. С. 1244–1269.
4. Салазкин С. Н., Шапошникова В. В., Мачуленко Л. М., Гилева Н. Г., Крайкин В. А., Лачинов А. Н. Синтез полиарилефталидов, перспективных в качестве «умных» полимеров // Высокомолекул. соед. Сер. А. 2008. Т. 50. №3. С. 399–417.

5. Крайкин В. А., Комиссаров В. Д., Золотухин М. Г., Салазкин С. Н., Рафиков С. Р. Термодеструкция полиарилефталидов // Высокомол. соед. Сер. Б. 1986. Т. 2. №4. С. 264–268.
6. Рафиков С. Р., Салазкин С. Н., Золотухин М. Г. Стойкость поли(арилефталидов) к действию агрессивных сред // Пластические массы. 1986. №10. С. 56–59.
7. Крайкин В. А., Золотухин М. Г., Филатова Э. Э., Салазкин С. Н., Рафиков С. Р. Деструкция полиарилефталидов на воздухе и в вакууме. //Высокомол. соед. Сер. А. Т. 40. №9. С. 1494–1499.
8. Крайкин В. А., Ковардаков В. А., Салазкин С. Н. Термические превращения полидифенилефталита и его низкомолекулярных моделей // Высокомол. соед. Сер. А. 2001. Т. 43. №8. С. 1399–1406.
9. Корнилов В. М., Лачинов А. Н. Электронностимулированный переход диэлектрик-металл в электроактивных полимерах // Письма в ЖЭТФ. 1995. Т. 61. № 6. С. 504–507.
10. Лачинов А. Н., Золотухин М. Г. Пьезорезистивная электропроводность в полиарилефталитах // Докл. АН. 1992. Т. 324. №5. С. 1042–1145.
11. Lachinov A. N., Zherebov A. Y., Kornilov V. M. Influence of uniaxial pressure on conductivity of polydiphenyleneftalide //Synth. Metals. 1991. V. 44. №1. P. 71–76.
12. Лачинов А. Н., Селезнева О. А., Валеева И. Л., Золотухин М. Г. Биполярное поглощение света в полиарилефталитах // Ж. прикл. спектроскопии. 1989. Т. 5. №5. С. 814–817.
13. Корнилов В. М., Лачинов А. Н. Электропроводность в системе металл-полимер-металл: роль граничных условий // Письма в ЖЭТФ. 1997. Т. 111. №4. С. 1513–1529.
14. Зильберг Р. А., Яркаева Ю. А., Сидельников А. М., Майстренко В. Н., Крайкин В. А., Гилева Н. Г. Вольтамперометрическое определение биспролола на модифицированном полиарилефталитами стеклоуглеродном электроде // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71. №9. С. 964–970.
15. Zilberg R. A., Maistrenko V. N., Kabirova L. R., Dubrovsky D. I. Selective voltammetric sensors based on composites of chitosan polyelectrolyte complexes with cyclodextrins for the recognition and determination of atenolol enantiomers // Analytical methods. 2018. Vol. 10. No 16. P. 1886–1894.
16. Майстренко В. Н., Сидельников А. В., Зильберг Р. А. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры: новые решения // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73. №1. С. 3–13.
17. Кабилова Л. Р., Яркаева Ю. А., Проворова Ю. Р., Зильберг Р. А., Сидельников А. В., Майстренко В. Н. Активационный подход к повышению энантиоселективности композиционных электродов в условиях циклической вольтамперометрии // Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23. №1. С. 95–100.
18. Зильберг Р. А., Яркаева Ю. А., Проворова Ю. Р., Гуськов В. Ю., Майстренко В. Н. Вольтамперометрическое определение энантиомеров пропранолола в модельных растворах лекарственных форм и биологических жидкостях // Аналитика и контроль. 2018. Т. 22. №3. С. 292–302.
19. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Д., Тупс Э. Органические растворители. М.: Наука, 1958. 518 с.
20. Платэ А. Ф. Синтезы органических препаратов / пер. с англ. под ред. Казанского Б. А. Сб. 1. М.: Иностр. лит., 1949. 655 с.
21. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М.: Мир, 1976. 541 с.
22. Riddick J. A., Bunger W. B., Sakano T. K. The techniques of chemistry. Organic solvents. Physical properties and methods of purification. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.: A Wiley - Interscience publication 1986. 1325 p.
23. Хейльброн И., Бэнбери Г. М. Словарь органических соединений. Строение, физические и химические свойства важнейших органических соединений и их производных. В 3-х тт. М.: Иностр. лит., 1949. 977 с.

*Поступила в редакцию 20.11.2018 г.*

*После доработки – 03.12.2018 г.*

## THE SYNTHESIS OF 4-HALOGEN-SUBSTITUTED POLYARYLENEPHTHALIDES

© N. G. Gileva<sup>1</sup>, E. A. Sedova<sup>1</sup>, T. A. Yangirov<sup>1</sup>,  
S. N. Salazkin<sup>2</sup>, V. A. Kraikin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center of RAS  
71 Oktyabrya Avenue, 450054 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

<sup>2</sup>*A.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of RAS  
28 Vavilov Street, 119991 Moscow, Russia.*

Phone: +7 (347) 235 55 60.

\*Email: kraikin@anrb.ru

In the article, the results of the study devoted to the synthesis of new polyarylene-phthalides substituted in phthalide cycle are given. Since the halogenated *ortho*-keto-carboxylic acids and based on them pseudo-acids chlorides are commercially unavailable, the authors synthesized these substances by the Friedel-Crafts electrophilic substitution during the interaction of the halogen-substituted (chloro- and bromo-) phthalic anhydrides with the aromatic hydrocarbons (diphenyl and terphenyl), followed by subsequent transformation of the formed acids to corresponding chlorides of pseudo-acids. The target monomers were isolated with high yields. Polycondensation of the chlorides (3-biphenyl-4-yl-4-bromo-3-chloro-2-benzofuran-1(3*H*)-one and 3,4-dichloro-3-(1,1':4',1''-terphenyl-4-yl)-2-benzofuran-1(3*H*)-one) by the electrophilic substitution reaction with the use of Lewis acid catalyst anhydrous antimony pentachloride led to formation of two new polyarylene-phthalides, which are chloro- and bromo- substituted in 4-position of phthalide cycle. These polymers are very soluble in a large number of organic solvents (chlorinated hydrocarbons, dimethylformamide, dimethylacetamide, nitrobenzene, N-methylpyrrolidone, pyridine, cyclohexanone, cyclohexanole etc.) and capable of forming strong, transparent, and elastic films from solutions. The structures of obtained polyarylene-phthalides were confirmed by the data of physical-chemical analyses (IR-, <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR-spectroscopy).

**Keywords:** polyarylene-phthalides, electrophilic substitution, electrically conducting polymers, heat resistance, chemical resistance, biosensors, chemosensors.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin\_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

## REFERENCES

1. Salazkin S. N., Rafikov S. R., Tolstikov G. A., Zolotukhin M. G. Dokl. AN SSSR. 1982. Vol. 262. No. .2. Pp. 355–359.
2. Zolotukhin M. G. Sintez aromaticheskikh polimerov po reaktsii atsilirovaniya Fridelya-Kraft-sa :diss. ... d-ra khim. nauk. Ufa, 1997.
3. Salazkin S. N. Vysokomol. soed. Ser. B. 2004. Vol. 46. No. .7. Pp. 1244–1269.
4. Salazkin S. N., Shaposhnikova V. V., Machulenko L. M., Gileva N. G., Kraikin V. A., Lachinov A. N. Vysokomol. soed. Ser. A. 2008. Vol. 50. No. .3. Pp. 399–417.
5. Kraikin V. A., Komissarov V. D., Zolotukhin M. G., Salazkin S. N., Rafikov S. R. Vysokomol. soed. Ser. B. 1986. Vol. 2. No. 4. Pp. 264–268.
6. Rafikov S. R., Salazkin S. N., Zolotukhin M. G. Plasticheskie massy. 1986. No. .10. Pp. 56–59.
7. Kraikin V. A., Zolotukhin M. G., Filatova E. E., Salazkin S. N., Rafikov S. R. Vysokomol. soed. 1998. Ser. A. Vol. 40. No. .9. Pp. 1494–1499.
8. Kraikin V. A., Kovardakov V. A., Salazkin S. N. Vysokomol. soed. Ser. A. 2001. Vol. 43. No. .8. Pp. 1399–1406.
9. Kornilov V. M., Lachinov A. N. Pis'ma v ZhETF. 1995. Vol. 61. No. 6. Pp. 504–507.
10. Lachinov A. N., Zolotukhin M. G. Dokl. AN. 1992. Vol. 324. No. .5. Pp. 1042–1145.
11. Lachinov A. N., Zherebov A. Y., Kornilov V. M. Synth. Metals. 1991. Vol. 44. No. .1. Pp. 71–76.
12. Lachinov A. N., Selezneva O. A., Valeeva I. L., Zolotukhin M. G. Zh. prikl. spektroskopii. 1989. Vol. 5. No. 5. Pp. 814–817.
13. Kornilov V. M., Lachinov A. N. Pis'ma v ZhETF. 1997. Vol. 111. No. 4. Pp. 1513–1529.
14. Zil'berg R. A., Yarkaeva Yu. A., Sidel'nikov A. M., Maistrenko V. N., Kraikin V. A., Gileva N. G. Zhurnal analiticheskoi khimii. 2016. Vol. 71. No. 9. Pp. 964–970.
15. Zil'berg R. A., Maistrenko V. N., Kabirova L. R., Dubrovsky D. I. Analytical methods. 2018. Vol. 10. No 16. Pp. 1886–1894.
16. Maistrenko V. N., Sidel'nikov A. V., Zil'berg R. A. Zhurnal analiticheskoi khimii. 2018. Vol. 73. No. 1. Pp. 3–13.
17. Kabirova L. R., Yarkaeva Yu. A., Provorova Yu. R., Zil'berg R. A., Sidel'nikov A. V., Maistrenko V. N. Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2018. Vol. 23. No. 1. Pp. 95–100.
18. Zil'berg R. A., Yarkaeva Yu. A., Provorova Yu. R., Gus'kov V. Yu., Maistrenko V. N. Analitika i kontrol'. 2018. Vol. 22. No. 3. Pp. 292–302.

19. Weisberger A., Proskauer E., Riddick J., Tups E. Organicheskie rastvoriteli [Organic solvents]. Moscow: Nauka, 1958.
20. Plate A. F. Sintezy organicheskikh preparatov [Synthesis of organic preparations] / per. s angl. pod red. Kazanskogo B. A. Sb. 1. Moscow: Inostr. lit., 1949.
21. Gordon A., Ford R. Sputnik khimika [The chemist's companion]. Moscow: Mir, 1976.
22. Riddick J. A., Bunger W. B., Sakano T. K. The techniques of chemistry. Organic solvents. Physical properties and methods of purification. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.: A Wiley - Interscience publication 1986.
23. Kheil'bron I., Benberi G. M. Slovar' organicheskikh soedinenii. Stroenie, fizicheskie i khimicheskie svoistva vazhneishikh organicheskikh soedinenii i ikh proizvodnykh. V 3-kh tt. [Dictionary of organic compounds. Structure, physical and chemical properties of the most important organic compounds and their derivatives. In 3 volumes]. Moscow: Inostr. lit., 1949.

*Received 20.11.2018.*

*Revised 03.12.2018.*