

## СИНТЕЗ ПОЛИГЕТЕРОАРИЛЕНДИФТАЛИДОВ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОХЛОРАНГИДРИДА 2,4-ДИБЕНЗОИЛФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

© Н. Г. Гилева, Т. А. Янгиров, А. А. Фатыхов,  
В. А. Крайкин\*

Уфимский институт химии УФИЦ РАН  
Россия, Республика Башкортостан, 450054 Уфа, пр. Октября, 71.

\*Email: vkrajkin@mail.ru

*По реакции восстановительного дегалогенирования осуществлена самоконденсация псевдохлорангидрида 2,4-дибензоилфталевой кислоты и его сополиконденсация с другими псевдохлорангидридами. С помощью спектроскопии ЯМР  $^{13}\text{C}$  изучено строение синтезированных полигетероариленидифталидов. Методом термогравиметрического анализа исследованы термические свойства полимеров и показано, что они являются термостойкими.*

**Ключевые слова:** *дибензоилфталевые кислоты, псевдохлорангидриды, полигетероарилены, поликонденсация, термостойкость.*

### Введение

Одним из широко промышленно используемых соединений, применяемых в синтезе термостойких конденсационных полигетероариленов, является пиромеллитовый диангидрид (ПМДА). В качестве мономеров используют как непосредственно ПМДА [1–3], так и продукты его взаимодействия с углеводородами бензольного ряда – диароилфталевые кислоты тере- и изо-строения [4–6]. Для проведения поликонденсации данные кислоты предварительно переводят в псевдохлорангидриды. Последние по своей структуре родственны псевдохлорангидридам дикислот на основе фталевого ангидрида, используемых для получения полимеров классов полиариленидифталидов и полиариленидифталидов [7–9]. Мономеры с подобной структурой отличаются высокой реакционной способностью и уже при комнатной температуре вступают в интерполиконденсацию с диаминами (ароматическими и алифатическими) с образованием высокомолекулярных термостойких полиамидов [10–11]. Взаимодействие псевдохлорангидридов с бисфенолами по реакции нуклеофильного замещения также протекает в достаточно мягких условиях, приводя к полиэфирам с активными феноксифталидными группами, по которым возможна дальнейшая модификация полимеров [12–14].

В настоящей работе нами предложены новый подход к получению полигетероариленов на основе псевдохлорангидридов диароилфталевых кислот, заключающийся в поликонденсации мономеров по реакции дегалогенирования под действием иодида натрия. Этот подход можно применять также для получения статистических сополимеров, путем совместной поликонденсации с псевдохлорангидридами о-кетокрбоновых кислот.

### Экспериментальная часть

ИК-спектры регистрировали на приборе «Shimadzu IR Prestige-21» («Shimadzu», Япония) в диапазоне 400–4000  $\text{cm}^{-1}$  в тонких пленках. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  регистрировали на спектрометре «BrukerAvance III» («Bruker», Германия) при 500 и 126 МГц соответственно в  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт –  $\text{CHCl}_3$ . Молекулярную массу полимеров определяли методом ГПХ с калибровкой по полистиролу на жидкостном хроматографе «Маэстро ВЭЖХ» («Interlab», Россия), температура разделения – 30 °С, элюент – ТГФ.

Псевдохлорангидриды 4,4'-бис-(2-карбоксібензоил)дифенилоксида (**4**) и 4,4'-бис-(2-карбоксібензоил)дифенилсульфида (**5**) получали по методике [9]. Синтез 2,4- и 2,5-дибензоилфталевых кислот осуществляли в соответствии с методикой, описанной в литературе [4].

**Псевдохлорангидрид 2,4-дибензоилфталевой кислоты 1.** К 11 г (29 ммоль) 4,6-дибензоилизофталевой кислоты добавляли 40 мл хлористого тионила и кипятили в течение 6 ч. По окончании синтеза избыток хлористого тионила отгоняли в вакууме. Выход 11,9 г (100%). Стеклообразная масса светло-желтого цвета, т.пл. 172–174 °С. Найдено (%): С, 64,31; Н, 2,88; Cl, 17,24  $\text{C}_{22}\text{H}_{12}\text{O}_4\text{Cl}_2$ . Вычислено (%): С, 64,23; Н, 2,92; Cl, 17,27.

**Синтез полигетероариленидифталидов (общая методика).** В четырехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, холодильником и счетчиком пузырьков, в токе аргона помещали смесь псевдохлорангидридов в заданном соотношении общим количеством 9,5 ммоль, заливали 9,5 мл сухого свежеперегнанного диметилформамида. При перемешивании реакционную массу нагревали до 100 °С, а затем вносили 4,27 г (28 ммоль) прокаленного иодида натрия и продолжали синтез в течение 10 ч. Полученную реакционную массу высаживали в метанол, промывали метанолом, затем 10% раствором тиосульфата натрия, водой и сушили на воздухе при 100 °С в течение 24 ч. Выделенный полимер подвергали повторному переосаждению из хлороформа в метанол, промывали и сушили до постоянной массы.

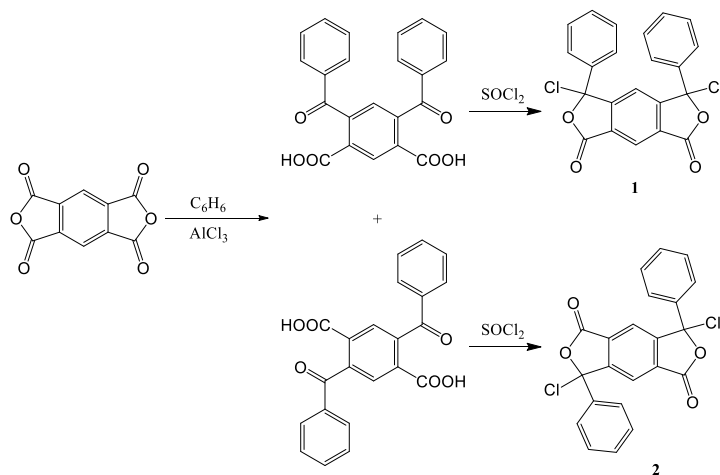
Полимер **3**. Выход 3 г (94%). ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3064, 1794 (C=O), 1623, 1449, 1181, 1079, 1012, 737, 695. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\delta$ , м.д.): 6,55–8,95 (м, 12H, H5, H6, Ph). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\delta$ , м.д.): 89,60 (C3<sup>мезо</sup>); 90,45 (C3<sup>прац</sup>); 122,04 (C5); 124,10 (C6); 126,40 (C7, Ph); 128,60 (Ph); 133,70 (Ph); 153,95 (C4); 165,47 (C<sup>мезо</sup>, C1<sup>прац</sup>). Найдено, %: C 77,27; H 3,54. C<sub>22</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub>. Вычислено, %: C 77,64; H 3,55.

Полимер **6**. Выход 96%. ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3057, 1785 (C=O), 1596, 1502, 1466, 1287, 1246, 1177, 1101, 1075, 1005, 743, 685. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\delta$ , м.д.): 6,41–6,90 (м, 7H, Ar); 6,99–7,79 (м, 19H, H5, H6, H5', H6', H7', Ph, Ar); 7,89 (уш.с, 1H, H8<sup>прац</sup>); 8,28 (уш.с, 1H, H8<sup>мезо</sup>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\delta$ , м.д.): 89,97 (C3<sup>мезо</sup>); 90,27 (C3<sup>мезо</sup>, C3<sup>прац</sup>); 90,62 (C3<sup>прац</sup>); 118,03 (Ar); 118,30 (Ar); 122,04 (C5); 124,10 (C6); 124,28 (C5<sup>мезо</sup>); 124,99 (C5<sup>прац</sup>); 125,72 (C8<sup>мезо</sup>, C8<sup>прац</sup>); 125,77 (C9<sup>прац</sup>); 126,18 (C9<sup>мезо</sup>); 126,40 (C7, Ph); 128,60 (Ph); 129,88 (Ar); 131,62 (C7<sup>мезо</sup>, C7<sup>прац</sup>, Ar); 133,70 (Ph); 134,4 (C6<sup>мезо</sup>); 134,7 (C6<sup>прац</sup>); 148,76 (C4<sup>прац</sup>); 148,93 (C4<sup>мезо</sup>); 153,95 (C4); 156,63 (Ar); 156,76 (Ar); 165,47 (C<sup>мезо</sup>, C1<sup>прац</sup>); 168,52 (C1<sup>мезо</sup>); 168,99 (C1<sup>прац</sup>). Найдено, %: C 77,63; H 3,88. C<sub>50</sub>H<sub>28</sub>O<sub>9</sub>. Вычислено, %: C 77,71; H 3,65.

Полимер **7**. Выход 95%. ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): 3038, 1785, 1624, 1595, 1491, 1466, 1288, 1251, 1245, 1181, 1072, 1007, 750, 698. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\delta$ , м.д.): 6,70–6,91 (м, 7H, Ar); 7,18–7,79 (м, 19H, H5, H6, H5', H6', H7', Ph, Ar); 7,90 (уш.с, 1H, H8<sup>прац</sup>); 8,26 (уш.с, 1H, H8<sup>мезо</sup>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$  ( $\delta$ , м.д.): 89,72 (C3<sup>мезо</sup>); 89,98 (C3<sup>мезо</sup>, C3<sup>прац</sup>); 90,43 (C3<sup>прац</sup>); 122,04 (C5); 124,10 (C6); 124,32 (C5<sup>мезо</sup>); 124,96 (C5<sup>прац</sup>); 125,68 (C8<sup>мезо</sup>, C8<sup>прац</sup>); 125,77 (C9<sup>прац</sup>); 126,11 (C9<sup>мезо</sup>); 126,40 (C7, Ph); 127,22 (Ar); 127,58 (Ar); 128,60 (Ph); 129,99 (Ar); 130,56 (C7<sup>мезо</sup>, C7<sup>прац</sup>); 133,70 (Ph); 133,85 (Ar); 134,5 (C6<sup>мезо</sup>); 135,67 (C6<sup>прац</sup>, Ar); 135,94 (Ar); 148,28 (C4<sup>прац</sup>); 148,55 (C4<sup>мезо</sup>); 153,95 (C4); 165,47 (C<sup>мезо</sup>, C1<sup>прац</sup>); 168,29 (C1<sup>мезо</sup>); 168,77 (C1<sup>прац</sup>). Найдено, %: C 76,31; H 3,62; S 3,98. C<sub>50</sub>H<sub>28</sub>O<sub>8</sub>S. Вычислено, %: C 76,13; H 3,58; S 4,07.

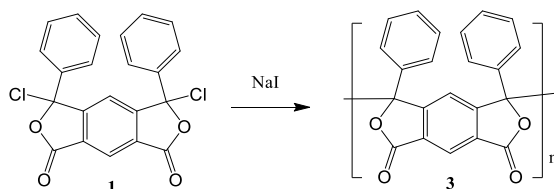
### Обсуждение результатов

Ацилированием бензола пиромеллитовым диангидридом с последующей обработкой выделенных 2,4-бензоилизофталевых дикислот хлористым тионилем были получены соответствующие псевдохлорангидриды изо- (**1**) и тере- (**2**) строения. Предварительно дикислоты были разделены дробной кристаллизацией из щелочных растворов.



В настоящей работе в качестве мономера был использован псевдохлорангидрид **1** изо-строения, поскольку полимеры на его основе лучше растворимы в органических растворителях. Поликонденсацией по реакции восстановительного дегалогенирования под действием NaI на его основе осуществлен синтез ряда новых полигетероариленов.

Так, самоконденсацией псевдохлорангидрида **1** был синтезирован неописанный ранее гомополимер **3**, в основной цепи которого мономерные звенья соединены СЗ–СЗ' связью.



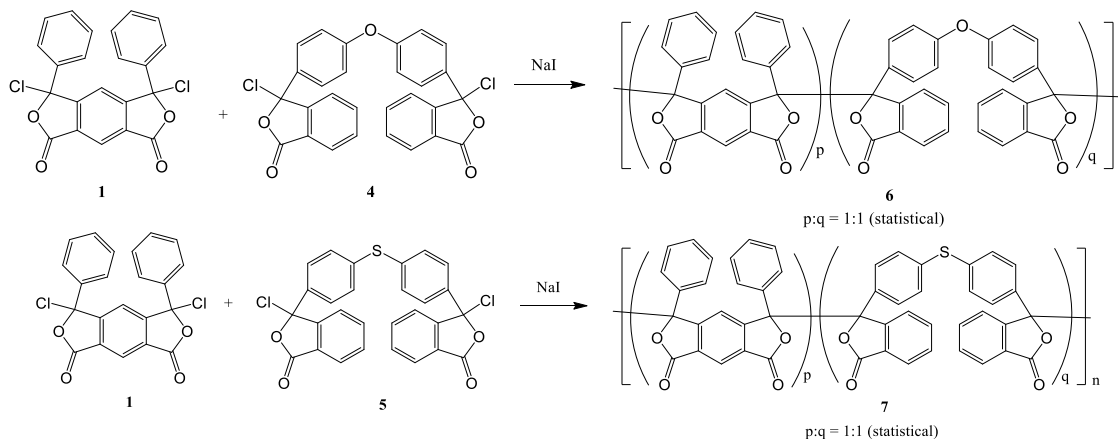
Исследование влияние условий синтеза (температура, растворитель, концентрация мономера) на протекание поликонденсации мономера **1** показало, что полимер **3** с наибольшей молекулярной массой образуется при проведении процесса в ДМФА при температуре 100 °С и начальной концентрации псевдохлорангидрида 1 моль/л (табл. 1).

Влияние условий синтеза на молекулярную массу полимера **3**

Растворитель	Концентрация мономера, моль/л	Температура, °С	Молекулярно-массовые характеристики		
			$M_w$	$M_n$	$M_w/M_n$
Ацетон	1,5	55	3458	1856	1,86
ДМА	1,0	100	5398	2385	2,26
ДМФА	1,5	80	4508	1568	2,8
ДМФА	1,0	100	13966	5859	2,38
ДМФА	1,0	100	25975	11724	2,21

Структура синтезированного полимера была подтверждена данными ЯМР  $^{13}\text{C}$  спектроскопии (рис. 1а). В спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  присутствуют обособленно расположенные группы расщепленных сигналов при ~90 м.д. и ~165 м.д., характерные для *мезо*- и ( $\pm$ )-дифталидных групп и относящиеся соответственно к атомам С1 (карбонильные атомы углерода) и С3 (узловые  $sp^3$ -гибридизованные атомы углерода).

По аналогичной схеме совместной поликонденсацией псевдохлорангидрида **1** с псевдохлорангидридами *о*-кетокарбоновых дикислот – 4,4'-бис-(2-карбоксивензил)дифенилоксида (**4**) и 4,4'-бис-(2-карбоксивензил)дифенилсульфида (**5**) был осуществлен синтез сополимеров статистического строения **6** ( $M_w = 20420$ ,  $M_n = 11917$ ,  $M_w/M_n = 1,71$ ) и **7** ( $M_w = 10042$ ,  $M_n = 5463$ ,  $M_w/M_n = 1,83$ ).



Заключение о строении полученных сополиариленидифталидов основано на анализе характеристичных сигналов карбонильных атомов углерода С1 в *мезо*- и ( $\pm$ )-дифталидных группах, которые резонируют в диапазоне ~165–169 м.д. (рис. 1б).

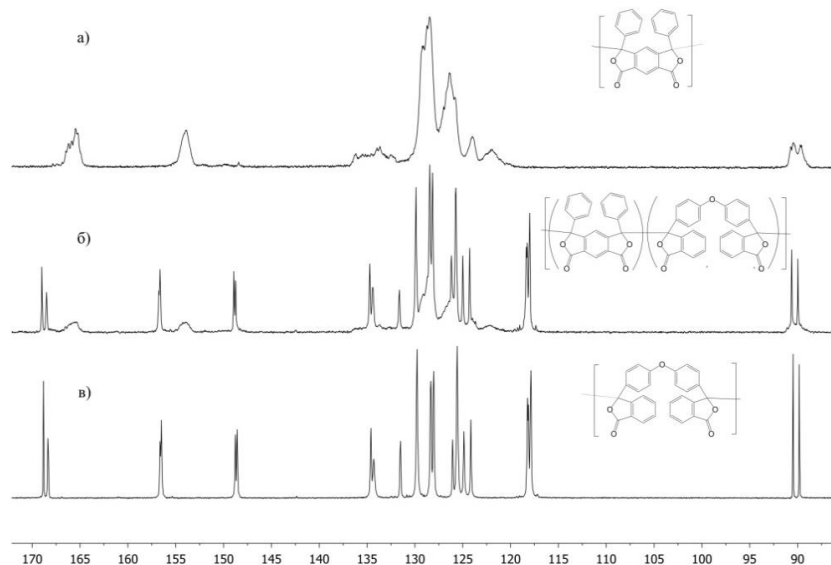


Рис. 1. Спектры ЯМР  $^{13}\text{C}$  полимеров: (а) гомополимера **1**; (б) сополимера **7**; (в) дифенилоксиддифталидного гомополимера.

В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  дифенилоксидифталидного гомополимера в указанной области присутствует два сигнала (при 168,32 и 168,82 м.д.), которые соответствуют мезо и ( $\pm$ )-гомодиам **O-O**, где **O** – дифенилоксидифталидные фрагменты (рис. 1в).

Наблюдаемый в спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  гомополимера **1** расщепленный сигнал при 165 м.д., соответствует мезо и ( $\pm$ )-гомодиам **Bdf-Bdf**, где **Bdf** – бензодифураноновые фрагменты (рис. 1а). В спектрах сополимера **7**, наряду с сигналами гомодиам, регистрируется расщепленный сигнал гетеродиамы **O-Bdf** при 168,5 м.д. (рис. 1б).

Полученные полимеры, по данным термогравиметрического анализа, являются термостабильными. Они имеют температуру начала разложения  $\approx 350\text{ }^\circ\text{C}$  в инертной среде и  $\approx 300\text{ }^\circ\text{C}$  на воздухе (табл. 2, рис. 2).

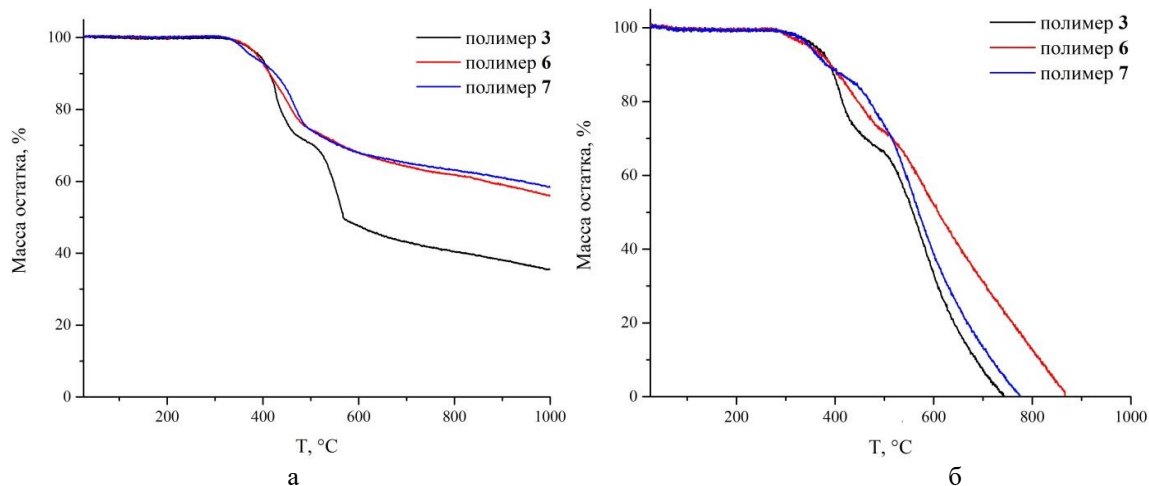


Рис. 2. Термогравиметрический анализ полигетероариленов: (а) в инертной среде и (б) на воздухе.

Таблица 2

Термические свойства полученных полигетероариленов

Полимер	Т нач. разложения, $^\circ\text{C}$		Т выгорания, $^\circ\text{C}$ (воздух)	Коксовое число
	инертная среда	воздух		
<b>3</b>	330	295	740	36
<b>6</b>	330	280	870	57
<b>7</b>	335	300	770	53

Температура выгорания сополиариленфталидов при разложении на воздухе изменяется в пределах  $740\text{--}870\text{ }^\circ\text{C}$ . Термическое разложение полимеров в инертной среде приводит к образованию коксового остатка, выход которого составляет  $36\text{--}57\%$  (табл. 2).

### Заключение

Таким образом, впервые синтезирован ряд полиарилендифталидов, содержащих в основной цепи фрагменты пиромеллитового диангирида. Подобраны оптимальные условия для получения полимеров с наибольшей молекулярной массой. Представленные результаты открывают новые пути к получению термостойких полигетероариленов на основе псевдохлорангидридов 2,4-диароилфталевых кислот.

Работа выполнена в рамках Госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер государственной регистрации 125020601670-2, FMRS-2025-0069) с использованием оборудования ЦКП «Химия» УФИХ УФИЦ РАН.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Новаков И. А., Орлинсон Б. С., Брунилин Р. В., Горбункова А. А., Колиев И. А. Исследование взаимодействия пиромеллитового диангирида с 3- и 4-[3-аминометил]бицикло[2.2.1]гепт-2-ил}анилинами калориметрическим методом // Журнал Общей Химии. 2022. Т. 92. №1. С. 17–21. [Novakov I. A., Orlinson B. S., Brunilin R. V., Gorbunkova A. A., Koliev I. A. Research of the reaction of pyromellitic dianhydride with [3-(aminomethyl)bicyclo[2.2.1]hept-2-yl]anilines by calorimetric method // Russian Journal of General Chemistry. 2022. Vol. 92. No. 1. P. 17–21].
2. Kumar D. Condensation polymerization of pyromellitic dianhydride with aromatic diamine in aprotic solvent: A reaction mechanism // Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition. 1981. Vol. 19. No. 3. P. 795–805.
3. Dolatshah S., Ahmadi S., Ershad-Langroudi A., Jashni H. Rheological/thermal properties of poly(ethylene terephthalate) modified by chain extenders of pyromellitic dianhydride and pentaerythritol // Journal of Applied Polymer Science. 2021. Vol. 138. No. 9. Art. 49917.
4. Коршак В. В., Виноградова В. В., Мелехина Г. Н. и др. // Известия АН СССР, Сер. Хим. 1976. №2. С. 368–372. [Korshak V. V., Vinogradova S. V., Melekhina G. N., et al. Structure of the dibenzoylphthalic acids obtained by condensation of pyromellitic dianhydride with benzene // Russian Chemical Bulletin. 1976. Vol. 25. No. 2. P. 368–372].

5. Золотухин М. Г., Фатыхов А. А., Егоров А. Е. и др. Стереизомеры дихлорангидридов дибензоилфталевых кислот // Доклады Академии Наук. 1994. Т. 334. №2. С. 180–183. [Zolotukhin M. G., Fatykhov A. A., Egorov A. E., et al. Stereoisomers of dibenzoylphthalic acid dichlorides // Doklady Akademii Nauk. 1994. Vol. 334. No. 2. P. 180–183].
6. Colquhoun H. M., Zhu Z., Cardin C. J., White A.J.P., Drew M.G.B., Gan Y. Bis(hydroxy-isoidolinone)s: Synthesis, stereochemistry, polymer chemistry, and supramolecular assembly // Organic Letters. 2010. Vol. 12. No. 17. P. 3756–3759.
7. Салазкин С. Н. Ароматические полимеры на основе псевдохлорангидридов // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2004. Т. 46. №7. С. 1244–1269. [Salazkin S. N. Aromatic polymers based on pseudoacid chlorides // Polymer Science. Series B. 2004. Vol. 46. No. 7. P. 1244–1269].
8. Салазкин С. Н., Шапошникова В. В., Мачуленко Л. Н. и др. Синтез полиариленфталидов, перспективных в качестве «умных» полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2008. Т. 50. №3. С. 399–418. [Salazkin S. N., Shaposhnikova V. V., Machulenko L. N., et al. Synthesis of polyarylenephthalides prospective as smart polymers // Polymer Science. Series A. 2008. Vol. 50. No. 3. P. 243–259].
9. Kraikin V. A., Yangirov T. A., Fatykhov A. A., et al. Polyarylenedipthalides: a new class of phthalide-type polyheteroarylenes // High Performance Polymers. 2017. Vol. 29. No. 6. P. 677–690.
10. Ueda M., Ohkura M., Imai Y. Synthesis of Polyamides from Pseudo Dibenzoylphthaloyl Chlorides and Aliphatic Diamines // Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition. 1974. Vol. 12. No. 4. P. 719–727.
11. Ueda M., Takahashi T., Imai Y. Syntheses of polyamides and polybenzodipyrrolediones from pseudo diacetylphthaloyl chlorides and diamines // Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition. 1978. Vol. 16. No. 7. P. 1735–1745.
12. Салазкин С. Н., Коршак В. В., Виноградова С. В. и др. Синтез кардовых полиэфиров на основе хлорангидридов дибензоилфталевых кислот // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1977. Т. 19. №1. С. 181–186. [Salazkin S. N., Korshak V. V., Vinogradova S. V., et al. // Polymer Science. Series A. 1977. Vol. 19. No. 1. P. 181–186].
13. Виноградова С. В., Салазкин С. Н., Мелехина Г. Н. и др. Перегруппировка ароматических гетероцепных полимеров в карбоцепные полимеры полиариленового типа // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1980. Т. 22. №12. С. 2768–2773. [Vinogradova S. V., Salazkin S. N., Melekhina G. N., et al. Regrouping of aromatic heterochain polymers into polyarylene-type carbon-chain polymers // Polymer Science. Series A. 1980. Vol. 22. No. 12. P. 2768–2773.]
14. Виноградова С. В., Комарова Л. И., Салазкин С. Н. и др. Исследование реакции простых ароматических полиэфиров 2,5-дибензоилфталевой кислоты с эпоксидными соединениями // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1980. Т. 22. №12. С. 2774–2779. [Vinogradova S. V., Komarova L. I., Salazkin S. N., Melekhina G. N., Bulgakova I. A., Korshak V. V. Study of the reaction of aromatic polyethers of 2,5-dibenzoylterephthalic acid with epoxy compounds // Polymer Science. Series A. 1980. Vol. 22. No. 12. P. 2774–2779].

*Поступила в редакцию 11.11.2025 г.*

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2026.1.6

**SYNTHESIS OF POLYHETEROARYLENEDIPHthalIDES  
BASED ON 2,4-DIBENZOYLISOPHTHALIC ACID PSEUDOCHLORIDE**

© N. G. Gileva, T. A. Yangirov, A. A. Fatykhov, V. A. Kraikin\*

*Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center of RAS  
71 Oktyabrya pr., 450054 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.**\*Email: vkrajkin@mail.ru*

The self-condensation of 2,4-dibenzoylisophthalic acid pseudochloride and its copolycondensation with other pseudochlorides were carried out by the reaction of reducing dehalogenation. The structure of synthesized polyheteroarylene diphthalides has been studied using <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. The thermal properties of polymers have been studied by thermogravimetric analysis and it has been shown that they are heat-resistant.

**Keywords:** dibenzoylphthalic acids, pseudoacid chlorides, polyheteroarylenes, polycondensation, thermal stability.

*Received 11.11.2025.***Об авторах / About the authors****ГИЛЕВА Наталья Георгиевна**

д-р хим. наук, с.н.с. лаборатории полимерной химии,  
Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Россия.  
Researcher ID H-1097-2016.  
Email: gilevang@anrb.ru

**GILEVA Natalia Georgievna**

Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher  
of the Laboratory of Polymer Chemistry,  
Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center  
of RAS, Russia.  
ORCID ID 0000-0003-3552-7067.  
Researcher ID H-1097-2016.  
Scopus Author ID 6603722709.  
Email: gilevang@anrb.ru

**ЯНГИРОВ Тагир Айратович**

канд. хим. наук, с.н.с. лаборатории полимерной химии,  
Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Россия.  
Researcher ID G-9790-2016.  
Email: tagiyangirov@gmail.com

**YANGIROV Tagir Ayratovich**

PhD in Chemistry, Senior Researcher  
of the Laboratory of Polymer Chemistry,  
Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center  
of RAS, Russia.  
ORCID ID 0000-0002-7267-9716.  
Researcher ID G-9790-2016.  
Scopus Author ID 58753961900.  
Email: tagiyangirov@gmail.com

**ФАТЫХОВ Ахнэф Амирович**

канд. хим. наук, с.н.с.  
лаборатории физико-химических методов анализа,  
Уфимский институт химии, УФИЦ РАН, Россия.  
Researcher ID F-3310-2015.  
Email: affa@anrb.ru

**FATYKHOV Akhnef Amirovich,**

PhD in Chemistry, Senior Researcher of the Laboratory  
of Physico-chemical Methods of Analysis,  
Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center  
of RAS, Russia.  
ORCID ID 0000-0002-7839-7402.  
Researcher ID F-3310-2015.  
Scopus Author ID: 7003433485.  
Email: affa@anrb.ru

**КРАЙКИН Владимир Александрович**

д-р хим. наук, г.н.с. лаборатории полимерной химии,  
Уфимский институт химии, УФИЦ РАН, Россия.  
Researcher ID A-8818-2017.  
Email: vkrajkin@mail.ru

**KRAIKIN Vladimir Alexandrovich**

Doctor of Chemical Sciences, Principal Researcher  
of the Laboratory of Polymer Chemistry,  
Ufa Institute of Chemistry, Ufa Federal Research Center  
of RAS, Russia.  
ORCID ID 0000-0001-8826-8885.  
Researcher ID A-8818-2017.  
Scopus Author ID 7003280742.  
Email: vkrajkin@mail.ru