

ISSN 1561-8331 (Print)

ISSN 2524-2342 (Online)

УДК 547.736:541.147+ 544.164.032.732

<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-4-442-446>

Поступила в редакцию 21.06.2019

Received 21.06.2019

**В. Г. Петушок, Ж. В. Игнатович, Е. В. Королёва**

*Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

## **СИНТЕЗ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ПОЛИСОПРЯЖЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ФЕНИЛОКСАДИАЗОЛЬНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ**

**Аннотация.** Осуществлен синтез новых поли- $\pi$ -сопряженных производных 1-замещенного 5,5-диоксодибензотиофена, содержащих в основной цепи сопряжения 1,2,4-оксадиазольный фрагмент, а в качестве центрального хромофора – циклический фрагмент. Препаративный выход целевых соединений достигнут при использовании хлор-окиси фосфора в качестве циклизующего агента. Полученные соединения имеют высокие температуры плавления и являются люминофорами голубого свечения.

**Ключевые слова:** дибензотиофен, люминесценция, оксадиазол

**Для цитирования.** Петушок, В. Г. Синтез люминесцентных полисопряженных соединений с фенилоксадiazольными фрагментами / В. Г. Петушок, Ж. В. Игнатович, Е. В. Королёва // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хим. наук. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 442–446. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-4-442-446>

**V. G. Petushok, Zh. V. Ihnatovich, E. V. Koroleva**

*Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

## **SYNTHESIS OF LUMINESCENT POLYCONJUGATED COMPOUNDS WITH PHENYLOXADIAZOLE FRAGMENTS**

**Annotation.** Synthesis of new asymmetric poly- $\pi$ -conjugated 1-substituted derivatives of 5,5-dioxodibenzothiophene containing 1,2,3-oxadiazole fragment in the main chain of conjugation and cyclic fragments as the central chromophore are synthesized. The preparative yield of the target compounds was achieved using phosphorus (V) oxychloride as a cyclizing agent. The compounds obtained have high melting points and are blue phosphorescent luminophores.

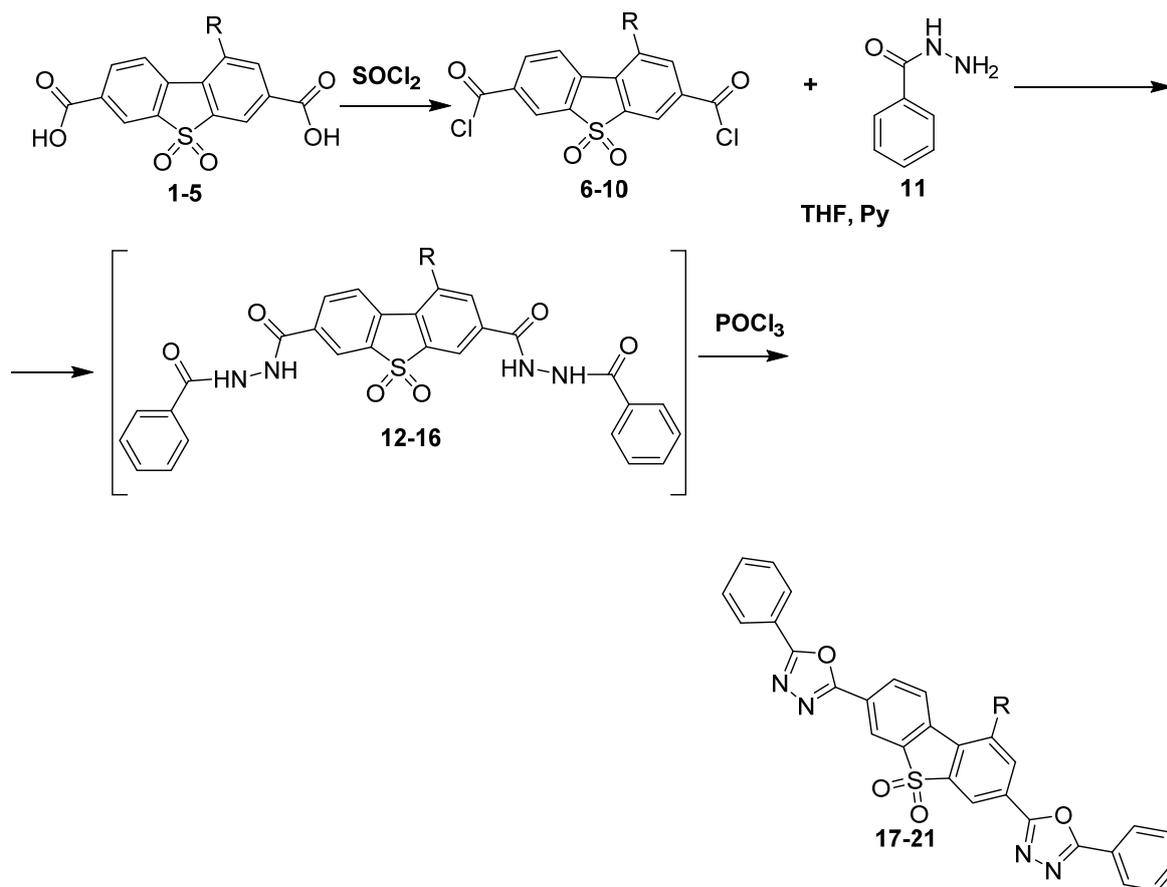
**Keywords:** dibenzothiophene, luminescence, oxadiazole

**For citation.** Petushok V. G., Ihnatovich Zh. V., Koroleva E. V. Synthesis of luminescent polyconjugated compounds with phenyloxadiazole fragments. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceeding of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 442–446 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2019-55-4-442-446>

**Введение.** В предыдущих работах сообщалось о синтезе полисопряженных органических люминесцентных соединений на основе 5,5-диоксодибензотиофена [1–3]. Настоящая работа посвящена получению новых производных 5,5-диоксодибензотиофена, замещенных в 3,7 положении гетероциклическим 1,2,4-оксадиазольным фрагментом, представляющим особый интерес при синтезе люминофоров синего свечения. Этот компактный гетероцикл, с одной стороны, является сильным электроноакцепторным ароматическим заместителем, а с другой – может выступать как азо-аналог бут-1,3-диеновой связи при построении линейных поли- $\pi$ -сопряженных систем. Как правило, наличие 1,3,4-оксадиазольного фрагмента в цепи сопряжения люминесцентных соединений увеличивает квантовый выход электролюминесценции [4–7].

Наиболее удобным методом введения оксадиазольного фрагмента в цепь сопряжения является циклизация замещенных дигидразидов в присутствии водоотнимающих реагентов [8–10]. Синтез последних осуществляют реакцией ацилирования простых гидразидов карбоновых кислот. С целью разработки препаративного синтеза 1-замещенных дибензотиофенов с концевыми 1,3,4-оксадиазольными группами было изучено ацилирование гидразида бензойной кислоты хлорангидридами 1-замещенных дибензотиофеновых дикислот.

**Результаты и их обсуждение.** Было установлено, что для синтеза дигидразидов **12–16** наиболее подходящим методом является конденсация хлорангидридов **6–10** с гидразидом бензойной кислоты **11** в тетрагидрофуране в присутствии пиридина в качестве основания для связывания



1, 6, 12, 17 - R = OMe; 2, 7, 13, 18 - R = OHex; 3, 8, 14, 19 - R =  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ; 4, 9, 15, 20 - R = NHBu;  
5, 10, 16, 21 - R = NHHex

Рис. 1. Схема синтеза оксадиазольных производных 17–21

Fig. 1. Scheme for the synthesis of oxadiazole derivatives 17–21

образующегося в ходе реакции  $\text{HCl}$ . Так, из кислот 1–5 были получены хлорангидриды 6–10, ацилирование которыми гидразида бензойной кислоты 11 при комнатной температуре приводит к образованию производных 12–16 (рис. 1) [3].

Попытка выделить соединения 12–16 осложнялась их частичным разложением при повышенной температуре (например, при перекристаллизации) и при хроматографической очистке, поэтому ацилгидразиды 12–16 в виде индивидуальных соединений не выделялись и сразу же после обработки реакционной смеси использовались для дальнейших превращений.

Для синтеза 1,3,4-оксадиазолов из дигидразидов в качестве циклизующего агента применяли хлороксид фосфора, тионилхлорид, фосфорный ангидрид и оксалилхлорид. Наилучшие результаты были получены при использовании  $\text{POCl}_3$ , тогда как другие циклизующие агенты приводили к большому количеству побочных продуктов.

Циклизация промежуточно образующихся дигидразидов 12–16 в  $\text{POCl}_3$  привела к образованию полисопряженных ароматических производных 17–21, содержащих электронодонорные диоксидибензотиофеновые и фенильные фрагменты, сопряженные через акцепторные 1,3,4-оксадиазольные группы. После выделения и очистки суммарные выходы продуктов 17–21 составили 63–85 % в пересчете на соответствующие хлорангидриды 6–10.

Структура полученных соединений подтверждена методами ИК и  $^1\text{H}$  ЯМР спектроскопии. Численные данные и диаграммы по УФ поглощению и флуоресценции целевых соединений представлены в таблице (растворитель – ДМФА). Люминесценция соединений (17–21) наблюдается в сине-фиолетовой области при  $\lambda_{\text{max}}$  409–415 нм.

## УФ поглощение и флуоресценция 3,7-бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]дибензотиофенов 17–21

## UV absorption and fluorescence of 3,7-bis[5'-(phenyl)-1,3,4-oxadiazole-2'-yl]dibenzothiophenes 17–21

Соединение	$\lambda_{\max, A}$ , нм	$\lambda_{\max, F}$ , нм, $\lambda_{EX} = 365,0$ нм
<b>17</b>	360, 381, 396	410
<b>18</b>	358, 379, 394	410
<b>19</b>	362, 411	415
<b>20</b>	359, 381, 396	409
<b>21</b>	360, 380, 394	410

Следует отметить, что полученные производные **17–21**, являясь полисопряженными соединениями, представляют собой довольно жесткие и компактные по структуре молекулы, имеющие высокие температуры плавления (разложения), более 400 °С.

Алкоксипроизводные **17** и **18** представляют собой бесцветные кристаллы и могут представлять интерес при получении тонких пленок не имеющих «паразитического» желтого оттенка, ухудшающего качество пленок. Изучение растворимости гексилокси-, N-бутил- и N-гексилпроизводных **18**, **20**, **21** показало, что они хорошо растворимы в обычных органических растворителях, как, например, диметилсульфоксид и диметилформамид, и могут использоваться в качестве оптических отбеливателей и продуктов для создания полупроводниковых устройств.

**Экспериментальная часть.** Температуры плавления определены в блоке Кофлера с электронным термометром Hanna HI 93530. Спектры ЯМР записаны на спектрометре Bruker Biospin Avance 500 (рабочая частота 500,13 МГц для ядер  $^1\text{H}$ ). ИК спектры получены на спектрометре Specord M-80 в таблетках KBr (рабочая область 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ ). Запись УФ спектров и спектров флуоресценции проводили в растворе ДМФА на спектрофлуориметре Solar CM2203 (возбуждение при 365 нм). Элементный анализ выполнен на приборе VARIO Micro Cube CHNS-анализатор. Очистку растворителей и реагентов проводили обычными методами. Чистота реагентов и растворителей соответствовала квалификации «ч.» или «ч.д.а.». Контроль за ходом реакций проводили методом ТСХ на алюминиевых пластинах с силикагелем 60  $F_{254}$  (Merck).

Синтез исходных 1-замещенных-5,5-диоксо-5H-дibenзо[*b,d*]тиофен 3,7-дикарбоновых кислот **1–5** описан в работе [3].

**Хлорангидриды 1-замещенных-5,5-диоксо-5H-дibenзо[*b,d*]тиофен 3,7-дикарбоновых кислот 6–10.** *Общая методика.* 1-R-5,5-диоксо-5H-дibenзо[*b,d*]тиофен-3,7-дикарбоновую кислоту (0,01 моль) **1–5** помещали в 30,0 мл тионилхлорида с каталитическим количеством ДМФА и нагревали до полного растворения кислоты 3–5 ч. После завершения реакции (контроль по ТСХ), реакционную смесь охлаждали до 0 °С, выпавшие кристаллы отделяли фильтрованием без доступа воздуха. Полученные хлорангидриды сразу же использовали в дальнейших реакциях.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-замещенные-5,5-диоксо-5H-дibenзо[*b,d*]тиофены 17–21.** *Общая методика.* К раствору 275 мг (0,2 ммоль) гидразид бензойной кислоты **11** в 50 мл сухого ТГФ и нескольких капель пиридина, при перемешивании по каплям прибавляли 371–441 мг (0,1 ммоль) соответствующего хлорангидрида **6–10** в 30 мл сухого ТГФ в течение часа. После добавления хлорангидрида реакционную смесь перемешивали еще 2 ч и выливали на лед. Выпавшие кристаллы отфильтровывали, промывали водой и высушивали в эксикаторе над  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Сухие дигидразиды **12–16** добавляли к 30,0 мл  $\text{POCl}_3$  и кипятили в течение 10–24 ч, контролируя протекание реакции по ТСХ. После окончания реакции реакционную смесь охлаждали и выливали на лед для разложения хлороксида фосфора. Выпавшие кристаллы отфильтровывали, промывали насыщенным раствором  $\text{NaHCO}_3$  и водой. Высушивали при пониженном давлении. Очистку от растворимых примесей проводили экстракцией в аппарате Сокслета (растворитель – толуол), оставшийся после экстракции продукт перекристаллизовывали из ДМСО или ДМФА. Полученные продукты представляли собой слегка желтые или с зеленоватым оттенком кристаллы.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-метокси-5,5-диоксо-5H-дibenзо[*b,d*]тиофен (17).** Выход 453 мг (85 %).  $T_{\text{пл}} < 410$  °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  **17** получить не удалось из-за его нерастворимости в дейтерированных растворителях. ИК (KBr,  $\nu$   $\text{cm}^{-1}$ ): 3075, 2950, 2865, 1805, 1710, 1650, 1620, 1570, 1525, 1490, 1440, 1405, 1270, 1120, 1020, 965, 860, 840, 770, 705. Найдено, %: С 63,54; Н 3,01; N 9,65; S 5,39.  $\text{C}_{29}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_5\text{S}$ . Вычислено, %: С 65,16; Н 3,39; N 10,48; S 6,00.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-гексилокси-5,5-диоксо-5*H*-добензо[*b,d*]тиофен (18).** Выход 501 мг (83 %).  $T_{\text{пл}} \sim 370$  °С (разл.). ИК спектр,  $\text{см}^{-1}$ : 3070, 2950, 2870, 1800, 1710, 1660, 1620, 1570, 1530, 1490, 1440, 1400, 1270, 1110, 1020, 970, 860, 840, 770, 710. ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0,44 (т, 3H,  $J = 7$  Гц,  $\text{CH}_3$ ), 0,92–1,00 (м, 4H,  $(\text{CH}_2)_2$ ), 1,18 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 1,63 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 4,99 (т, 2H,  $J = 6,5$  Гц,  $\text{O}-\text{CH}_2$ ), 7,20–7,25 (м, 4H, фенил), 7,32–7,34 (м, 2H, фенил), 7,69 (с, 1H, дибензтиоф), 7,77–7,82 (м, 4H, фенил), 7,92 (с, 1H, дибензтиофен), 8,13 (д, 1H,  $J = 8,0$  Гц, дибензотиофен), 8,34 (с, 1H, дибензотиофен), 8,37 (с, 1H, дибензотиофен). Найдено, %: С 66,37; Н 3,52; N 9,01; S 4,85.  $\text{C}_{34}\text{H}_{28}\text{N}_4\text{O}_5\text{S}$ . Вычислено, %: С 67,53; Н 4,67; N 9,27; S 5,30.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-*N,N*-диметиламино-5,5-диоксо-5*H*-добензо[*b,d*]тиофен (19).** Выход 344 мг (63 %).  $T_{\text{пл}} < 400$  °С (разл.). ИК спектр,  $\text{см}^{-1}$ : 2990, 2930, 2860, 1800, 1705, 1650, 1605, 1570, 1510, 1490, 1445, 1400, 1340, 1260, 1110, 1020, 980, 870, 840, 760, 730. ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 88 (с, 6H,  $(\text{CH}_3)_2\text{N}$ ), 7,20–7,25 (м, 4H, фенил), 7,32–7,35 (м, 2H, фенил), 7,71–7,76 (м, 5H, фенил и дибензотиофен), 7,90 (с, 1H, дибензтиофен), 8,15 (д, 1H,  $J = 7,8$  Гц, дибензотиофен), 8,31 (с, 1H, дибензотиофен), 8,39 (с, 1H, дибензотиофен). Найдено, %: С 64,42; Н 3,12; N 11,53; S 5,51.  $\text{C}_{30}\text{H}_{21}\text{N}_5\text{O}_4\text{S}$ . Вычислено, %: С 65,80; Н 3,87; N 12,79; S 5,86.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-*N*-бутил-амино-5,5-диоксо-5*H*-добензо[*b,d*]тиофен (20).** Выход 408 мг (71 %).  $T_{\text{пл}} < 400$  °С (разл.). ИК спектр,  $\text{см}^{-1}$ : 3055, 2955, 2870, 1800, 1710, 1660, 1620, 1570, 1530, 1490, 1440, 1400, 1270, 1210, 1105, 1020, 970, 850, 840, 770, 720. ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0,40 (т, 3H,  $J = 8$  Гц,  $\text{CH}_3$ ), 1,23 – 1,27 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 1,35–1,37 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 3,23 (м, 2H,  $\text{NCH}_2$ ), 4,41 (т, 1H,  $J = 1,5$  Гц, NH), 7,16–7,22 (м, 4H, фенил), 7,30–7,32 (м, 2H, фенил), 7,67 (с, 1H, дибензотиофен), 7,74–7,79 (м, 4H, фенил), 7,91 (с, 1H, дибензотиофен), 8,10 (д, 1H,  $J = 8,0$  Гц, дибензотиофен), 8,33 (с, 1H, дибензотиофен), 8,37 (с, 1H, дибензотиофен). Найдено, %: С 65,44; Н 4,10; N 11,43; S 5,41.  $\text{C}_{32}\text{H}_{25}\text{N}_5\text{O}_4\text{S}$ . Вычислено, %: С 66,77; Н 4,38; N 12,17; S 5,57.

**3,7-Бис[5'-(фенил)-1,3,4-оксадиазол-2'-ил]-1-*N*-гексил-1-амино-5,5-диоксо-5*H*-добензо[*b,d*]тиофен (21).** Выход 452 мг (75 %).  $T_{\text{пл}} < 390$  °С (разл.). ИК спектр,  $\text{см}^{-1}$ : 3050, 2950, 2875, 1800, 1715, 1660, 1620, 1565, 1530, 1485, 1440, 1405, 1270, 1110, 1015, 970, 855, 845, 770, 710. ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 0,36 (т, 3H,  $J = 7$  Гц,  $\text{CH}_3$ ), 1,21–1,26 (м, 4H,  $\text{CH}_2$ ), 1,39 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 1,62 (м, 2H,  $\text{CH}_2$ ), 3,21 (м, 2H,  $\text{NCH}_2$ ), 4,39 (т, 1H,  $J = 1,5$  Гц, NH), 7,18–7,22 (м, 4H, фенил), 7,30–7,33 (м, 2H, фенил), 7,68 (с, 1H, дибензтиофен), 7,75–7,80 (м, 4H, фенил), 7,90 (с, 1H, дибензтиофен), 8,12 (д, 1H,  $J = 8,1$  Гц, дибензотиофен), 8,35 (с, 1H, дибензотиофен), 8,39 (с, 1H, дибензотиофен). Найдено, %: С 67,03; Н 4,55; N 11,21; S 5,12.  $\text{C}_{34}\text{H}_{29}\text{N}_5\text{O}_4\text{S}$ . Вычислено, %: С 67,64; Н 4,84; N 11,60; S 5,31.

#### Список использованных источников

1. Ольховик, В. К. Новые люминисцентные красители ряда 1,3,7-замещенных дибензотиофен-5,5-дионов / В. К. Ольховик, В. Г. Петушок, Г. В. Калечиц // ЖОрХ. – 2011. – Т. 47, № 11. – С. 1722–1726.
2. Synthesis of new polyconjugated molecules with biphenyl, dibenzothioophene, carbazole and phenanthrene units / V. K. Olkhovik [et al.] // ARKIVOC. – 2008. – Vol. 2008, Iss. 9. – P. 69–93. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0009.908>.
3. Петушок, В. Г. Синтез 1-замещенных 5,5'-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновых кислот / В. Г. Петушок // Сб. тр. молодых ученых Нац. акад. наук Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2003. – Т. 2. – С. 201–204.
4. Detert, H. Oligo(phenylenevinylene)s with increased electron affinity: 1,3,4-oxadiazoles in the main chain / H. Detert, E. Sugiono // Synthetic Metals. – 2001. – Vol. 122, N 1. – P. 19–21. [https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(00\)01327-8](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(00)01327-8)
5. Janietz, S. New n-type rigid rod full aromatic poly(1,3,4-oxadiazole)s and their application in organic devices / S. Janietz, S. Anlauf, A. Wedel // Synthetic Metals. – 2001. – Vol. 122, N 1. – P. 11–14. [https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(00\)01320-5](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(00)01320-5)
6. Synthesis and nonlinear optical properties of new quadrupolar chromophores / X. Z. Guo [et al.] // Chinese Chemical Letters. – 2005. – Vol. 16, N 5. – P. 597–600.
7. Strong two-photon absorption and two-photon fluorescence emission of heterofluorene derivatives / X. Wang [et al.] // Optical Materials. – 2005. – Vol. 27, N 5. – P. 1163–1170. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2004.08.081>
8. Несынов, Е. П. Химия производных 1,3,4-оксадиазола / Е. П. Несынов, А. П. Греков // Успехи химии. – 1964. – Т. 33, N 10. – С. 508–514. <https://doi.org/10.1070/RC1964v033n10ABEH001476>
9. Poly(fluorene-oxadiazole) copolymer-based light-emitting devices on a plastic substrate / S. J. Lee [et al.] // Synthetic Metals. – 2005. – Vol. 155, N 1. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2005.05.018>
10. Kim, J. H. Enhancement of efficiency in luminescent polymer by incorporation of conjugated 1,3,4-oxadiazole side chains as hole-blocker/electron-transporter / J. H. Kim, H. Lee // Synthetic Metals. – 2004. – Vol. 143, N 1. – P. 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2003.09.023>

## References

1. Olkhovik V. K., Petushok V. G., Kalechits G. V. New luminescent dyes from the series of 1,3,7-substituted dibenzothiophene-5,5-dions. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2011, vol. 47, no. 11, pp. 1761–1766. <https://doi.org/10.1134/s1070428011110200>
2. Olkhovik V. K., Vasilevskii D. A., Pap A. A., Kalechyts G. V., Matveienko Y. V., Baran A. G., Halinouski N. A., Petushok V. G. Synthesis of new polyconjugated molecules with biphenyl, dibenzothiophene, carbazole and phenanthrene units. *ARKIVOC*, 2008, vol. 2008, no. 9, pp. 69–93. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0009.908>
3. Petushok V. G. Synthesis of 1-substituted 5,5'-dioxodibenzothiophene-3,7-dicarboxylic acids. *Sbornik trudov molodykh uchenykh Natsional'noi akademii nauk Belarusi. T. 2* [Collection of works of young scientists of National Academy of Sciences of Belarus. Vol. 2]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2003, pp. 201–204 (in Russian).
4. Detert H., Sugiono E. Oligo(phenylenevinylene)s with increased electron affinity: 1,3,4-oxadiazoles in the main chain. *Synthetic Metals*, 2001, vol. 122, no. 1, pp. 19–21. [https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(00\)01327-8](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(00)01327-8)
5. Janietz, S., Anlauf S., Wedel A. New n-type rigid rod full aromatic poly(1,3,4-oxadiazole)s and their application in organic devices. *Synthetic Metals*, 2001, vol. 122, no. 1, pp. 11–14. [https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(00\)01320-5](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(00)01320-5)
6. Guo X. Z., Wang X. M., Du Y. K., Hua N. P., Shen M., Jiang W. L., Yang P. Synthesis and nonlinear optical properties of new quadrupolar chromophores. *Chinese Chemical Letters*, 2005, vol. 16, no. 5, pp. 597–600.
7. Wang X., Yang P., Jiang W., Xu G., Guo X. Strong two-photon absorption and two-photon excited fluorescence emission of heterofluorene derivatives. *Optical Materials*, 2005, vol. 27, no. 5, pp. 1163–1170. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2004.08.081>
8. Nesynov E. P., Grekov A. P. The Chemistry of 1,3,4-oxadiazole derivatives. *Russian Chemical Reviews*, 1964, vol. 33, no. 10, pp. 508–514. <https://doi.org/10.1070/RC1964v033n10ABEH001476>
9. Lee S. J., Gallegos J. R., Klein J., Curtis M. D., Kanicki J. Poly(fluorene-oxadiazole) copolymer-based light-emitting devices on a plastic substrate. *Synthetic Metals*, 2005, vol. 155, no. 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2005.05.018>
10. Kim J. H., Lee H. Enhancement of efficiency in luminescent polymer by incorporation of conjugated 1,3,4-oxadiazole side chains as hole-blocker/electron-transporter. *Synthetic Metals*, 2004, vol. 143, no. 1, pp. 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2003.09.023>

## Информация об авторах

*Петушок Виталий Геннадьевич* – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник. Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vitalqqq@tut.by

*Игнатович Жанна Владимировна* – канд. хим. наук, зав. лаб. Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@ichnm.basnet.by

*Королёва Елена Вадимовна* – д-р хим. наук, гл. науч. сотрудник. Институт химии новых материалов, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: evk@ichnm.basnet.by

## Information about the authors

*Vitaliy G. Petushok* – Ph. D. (Chemistry), Senior Researcher. Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus (36, F. Skaryna, Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vitalqqq@tut.by

*Zhanna V. Ignatovich* – Ph. D. (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: ignatovich@ichnm.basnet.by

*Elena V. Koroleva* – D. Sc. (Chemistry), Chief Researcher. Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus (36, F. Skaryna, Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: evk@ichnm.basnet.by