

В. Г. Петушок, Г. В. Калечиц, В. К. Ольховик

Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ 2,2'-ДИГИДРОКСИБИФЕНИЛА

Осуществлен синтез 2,2-дигидроксибифенил-4,4-дикарбоновой кислоты щелочным плавлением 1-нитро-, 1-метокси производных 5,5-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновой кислоты. Показано, что в этих условиях наряду с раскрытием тиофенового цикла протекает реакция циклизации с образованием небольших количеств дибензофуран-3,7- и 4-гидроксикарбазол-2,7-дикарбоновых кислот. Вследствие легкого выделения дибутилового эфира 2,2'-дигидроксибифенил-4,4-дикарбоновой кислоты из реакционной смеси и возможностью использования его в качестве интермедиата для синтеза симметричных полисопряженных органических соединений с центральным бифенильным ядром была проведена дальнейшая модификация гидроксильных и сложноэфирных групп. Полученные конечные 4,4'-бис(2-фенил-(Е)-этил)бифенилы интенсивно люминесцируют в твердом состоянии от 480 нм сине-зеленой до зелено-желтой 530 нм, а в растворах от синей 440 нм до сине-зеленой 480 нм области спектра.

Ключевые слова: дибензотиофен, щелочное плавление, карбазол, дибензофуран.

V. G. Petushok, G. V. Kalechyts, V. K. Olkhovic

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

SYNTHESIS OF 2,2'-DIHYDROXYBIPHENYL DERIVATIVES

Synthesis of 2,2'-dihydroxybiphenyl-4,4-dicarboxylic acid by alkaline fusion of 1-nitro- and 1-methoxy substituted 5,5-dioxodibenzothiophene-3,7-dicarboxylic acids has been investigated. It has been shown that along with dibenzothiophene ring opening and formation of biphenyls, a cyclization reaction also occurred. Small amounts of dibenzofuran-3,7- and 4-hydroxycarbazole-2,7-dicarboxylic acids have been found among products of the reaction. New luminescent dyes based on 2,2'-hydroxybiphenyls have been synthesized.

Keywords: dibenzothiophene, alkaline fusion, carbazole, dibenzofuran.

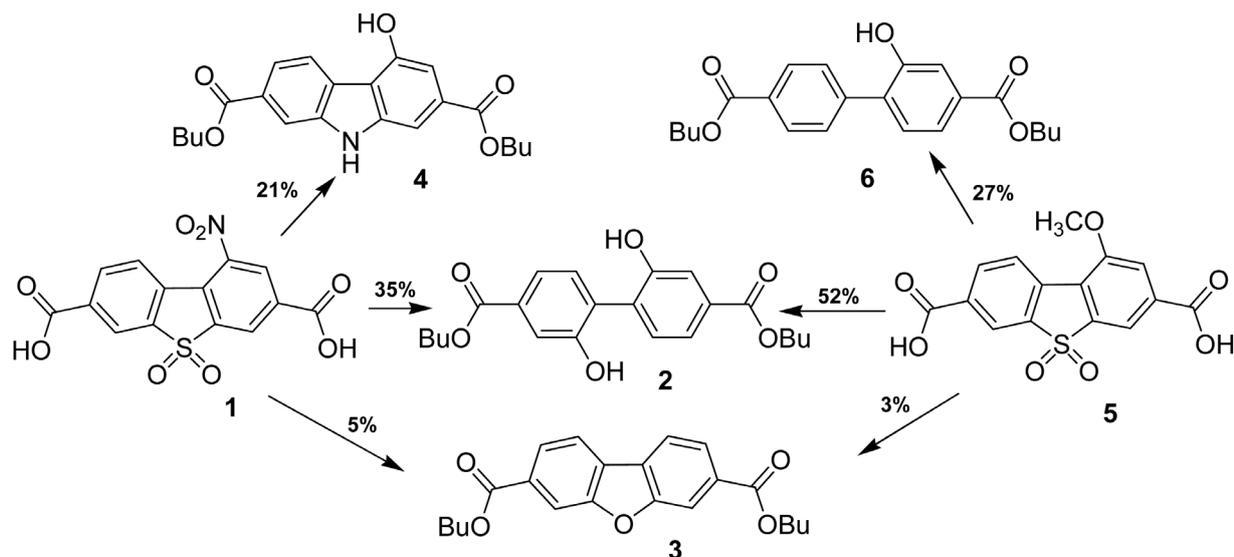
Диарильный фрагмент является центральным структурным фрагментом разнообразных молекул, обладающих свойствами жидких кристаллов, органических полупроводников, электролюминесцентных соединений [1–3]. Особый интерес представляют соединения, способные формировать молекулярно ориентированные структуры, например эмиссионный слой, в OLED, которые будут обладать улучшенными характеристиками [4, 5].

В данной работе приведены результаты по синтезу 2,2-дигидроксибифенил-4,4-дикарбоновой кислоты методом щелочного плавления 1-замещенных 5,5-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновых кислот и получению на ее основе люминофоров ряда 4,4'-бис(2-фенил-(Е)-этил)-2,2'-дигексилоксибифенилов, имеющих низкую склонность к кристаллизации и способных формировать тонкие аморфные, молекулярно ориентированные пленки.

Одним из методов получения труднодоступных производных бифенила является реакция раскрытия тиофенового цикла в дибензотиофенах [6, 7]. Образование 2-гидрокси- и 2,2'-дигидроксибифенила наблюдали при биодесульфуризации нефти и нефтяных продуктов [7]. Ранее, нами было показано, что при плавлении со щелочью 5,5'-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновой кислоты с высоким выходом образуется 2-гидроксибифенил-4,4'-дикарбоновая кислота [8]. Принимая во внимание, что 1-нитропроизводное 5,5-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновой кислоты легко вступает в реакцию нуклеофильного замещения по С1 положению, предполагалось, что его щелочное плавление может привести к труднодоступным производным 2,2'-дигидроксибифенила.

Плавление со щелочью 1-нитро-5,5-диоксодибензотиофен-3,7-дикарбоновой кислоты проводили при 210 °С в течение 30 мин. После подкисления реакционной смеси был выделен трудно-растворимый кристаллический продукт. Последний был переведен в растворимую форму кипячением в бутаноле в присутствии серной кислоты. Разделение продуктов реакции осуществляли

колоночной хроматографией на силикагеле элюируя толуолом. В результате были выделены и идентифицированы дибутиловые эфиры 2,2'-дигидроксифенил-4,4'-дикарбоновой **2** (35 %), дибензофуран-3,7-дикарбоновой **3** (5 %) и неожиданный продукт восстановительной циклизации – дибутиловый эфир 4-гидроксикарбазол-2,7-дикарбоновой кислоты **4** (21 %). В связи с низким выходом дигидроксипроизводного **2**, в аналогичных условиях было проведено щелочное плавление 1-метокси-5,5-диоксидибензотиофен-3,7-дикарбоновой кислоты **5**. После аналогичной обработки и хроматографического разделения было установлено, что целевой дибутиловый эфир 2,2'-дигидроксифенил-4,4'-дикарбоновой кислоты образуется в данном случае с приемлемым выходом 52 %. Среди продуктов реакции были выделены и охарактеризованы дибутиловый эфир дибензофуран-3,7-дикарбоновой кислоты (3 %) **3** и 2-гидроксифенил-4,4'-дикарбоновой кислоты (27 %) **6**.

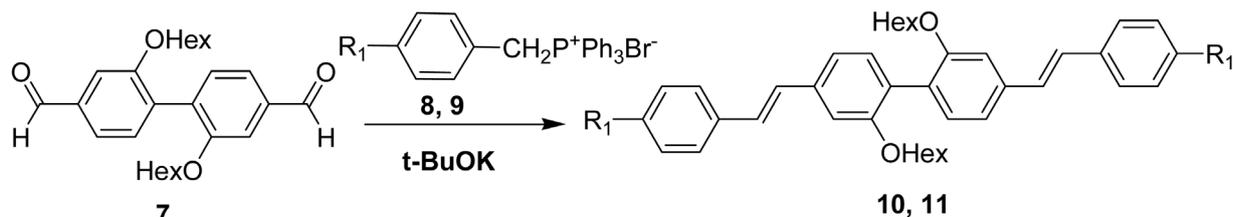


Диэфиры **3** и **6** также могут быть отделены экстракцией петролейным эфиром в аппарате Окслета. Кристаллический осадок после экстракции представляет собой чистый дибутиловый эфир 2,2'-дигидроксифенил-4,4'-дикарбоновой кислоты **2**.

Присутствие двух гидроксильных групп в положениях 2 и 2' бифенила **2** подтверждалось наличием широкой полосы валентного колебания O–H группы в ИК-спектре при 3465 см^{-1} и валентного колебания C–O группы при 1195 см^{-1} , а полоса поглощения при 1727 см^{-1} соответствует валентным колебаниям фрагментов сложных эфиров ароматических кислот. Порядок замещения симметричного тетразамещенного бифенила **2** устанавливали путем анализа сигналов ЯМР ^1H спектра. Ароматические протоны представлены тремя группами сигналов при 7,29 м.д. (д, 6,6'-Ph), 7,52 м.д. (дд, 5,5'-Ph) и 8,88 м.д. (д, 3,3'-Ph) м.д. Протоны O–H групп 9,80 м.д. (с, 2H). Ароматические протоны в соединении **6** представлены пятью группами сигналов при 7,45 м.д. (д, 6-Ph), 7,49 м.д. (д, 5-Ph), 7,60 м.д. (с, 3-Ph), 7,74 м.д. (д, 3', 5'-Ph), 8,00 м.д. (д, 2'/ 6'-Ph). Протон O–H группы 10,22 м.д. (с, 1H). В соединении **3** ароматические протоны представлены тремя группами сигналов при 8,02 м.д. (дд, H²/H⁸), 8,18 м.д. (с, H⁴/H⁶) и 8,25 м.д. (д, H¹/H⁹) м. д. Присутствие C–O–C группы в пятичленном цикле соединения **3** подтверждалось наличием широкой полосы валентного колебания в ИК-спектре при 1125 см^{-1} . Наличие NH группы в соединении **4** подтверждается присутствием в спектре ^1H ЯМР сигнала протона при 11,38 м.д. (с, 1H), протон O–H групп проявляется при 10,33 м.д. (с, 1H), ароматические протоны представлены группой из пяти сигналов при 7,72 (дд, H⁶), 7,77 (с, H³), 8,00 (с, H¹ или H³), 8,08 (с, 1H, H⁸) и 8,26 (д, H⁵).

Вследствие легкого выделения дибутилового эфира 2,2'-дигидроксифенил-4,4'-дикарбоновой кислоты **2** из реакционной смеси и возможностью использования его в качестве интермедиата для синтеза симметричных полисопряженных органических соединений с центральным бифенильным ядром была проведена дальнейшая модификация гидроксильных и сложноэфирных групп. Синтез диальдегида **7** описан в работе [9].

Синтез 4,4'-бис(2-фенил-(Е)-этенил)бифенилов **10**, **11** осуществлен реакцией Виттига, альдегида **7** с бензил(трифенил)фосфониевыми солями **8**, **9**. Илidy фосфора генерировались действием *трет*-бутилата калия в тетрагидрофуране. Последующая конденсация с диальдегидом **7** в этих условиях протекала с высокой стереоселективностью, давая соответствующие *транс-транс* изомеры стирилбифенилов **10**, **11** с выходом более 80 %. Химические сдвиги этенильных фрагментов в ¹H ЯМР спектрах соединений **10**, **11** проявляются при 7,06 (д) и 7,10 (д) м.д. с константами спин-спинового взаимодействия, равными 16,0–16,5 Гц. Наличие фтора для соединения **10** подтверждаются данными ЯМР ¹⁹F спектра при -113,46 – -113,33 (м). Присутствие нитрильной группы в продукте **11** подтверждается наличием широкой полосы валентного колебания в ИК-спектре при 2225 см⁻¹.



Соединения интенсивно люминесцируют в твердом состоянии от 480 нм сине-зеленой до зелено-желтой 530 нм, а в растворах от синей 440 нм до сине-зеленой 480 нм области спектра и имеют низкую склонность к кристаллизации, что позволяет получать из них молекулярно-ориентируемые тонкие аморфные пленки.

Экспериментальная часть. Температуры плавления измеряли на блоке Кофлера с электронным термометром Hanna HI 93530. Спектры ЯМР ¹H регистрировали в ДМСО-*d*₆ или CDCl₃ на приборах Bruker Avance-500 (500 МГц) и Tesla BS-587A (100 МГц), с ТМС в качестве внутреннего стандарта. ИК-спектры получены на приборе Specord M-80 в таблетках KBr. Запись УФ-спектров и спектров флуоресценции проводили на спектрофлуориметре Solar CM2203 (толщина кюветы 1 см). Очистку и абсолютирование растворителей и реагентов проводили обычными методами. Протекание реакций контролировали методом ТСХ на пластиковых пластинах с силикагелем 60 Å, F₂₅₄ (Merck Art. 7734), элюент – толуол, проявление – УФ-светом, 254, 365 нм.

Синтез 1-нитро- и 1-метокси-5,5-диоксидибензотиофен-3,7-дикарбоновых кислот **1**, **5** и альдегида **7** описаны в работах [9, 10].

Щелочное плавление дикислот (1, 5) (общая методика). В реактор из нержавеющей стали (фарфоровый тигель) помещали тонкоизмельченную смесь дикислоты **1** или **5** (1 г, 3 ммоль) и NaOH (10 г, 0,25 моль), перемешивая нагревали до 210 °С и выдерживали в течение 20–30 мин. После охлаждения реакционную массу растворяли в 100 мл воды и подкисляли 10 % HCl. Выпавший осадок отделяли фильтрованием, промывали водой и высушивали в эксикаторе над серной кислотой. Получено 0,7 г смеси веществ из **1** и 0,65 г из **5** соответственно.

Дибутиловые эфиры (2–4, 6) (общая методика). К раствору 0,5 мл H₂SO₄ в 30 мл бутанола прибавляли полученные смеси веществ из соединений **1** или **5** и нагревали, периодически отгоняя воду в течение 10 ч. Контроль за ходом реакции осуществляли методом ТСХ. По завершении реакции смесь разбавляли 100 мл CHCl₃, промывали 100 мл 5 % NaHCO₃ до нейтральной среды. Растворитель упаривали. Была получена смесь дибутиловых эфиров, 0,8 г из **1** и 0,8 г из **5**.

Смесь диэфиров, полученную из продукта **1** (0,8 г) разделяли колоночной хроматографией с SiO₂, элюент – толуол. Были выделены индивидуальные соединения **2**, **3** и **4**. Выход **2** – 0,28 г (35 %), **3** – 0,04 г (5 %), **4** – 0,17 г (21 %).

Смесь диэфиров, полученную из продукта **5** (1 г), экстрагировали в аппарате Сокслета петролейным эфиром. Кристаллический осадок после экстракции представлял собой чистый дибутиловый эфир 2,2'-дигидрокси производного **2**. Перекристаллизацией из толуола было получено 0,52 г (52 %) бесцветных кристаллов соединения **2**. Петролейный экстракт концентрировали под вакуумом и после хроматографии на SiO₂ (толуол) было выделено два соединения **6** (0,27 г, 27 %) и **3** (0,03 г, 3 %).

Дибутил-2,2'-дигидрокси[1,1'-бифенил]-4,4'-дикарбоксилат (2). Выход 0.52 г (52 %), т. пл. 170–172 °С. ИК, см⁻¹: 3450, 2980, 2960, 2900, 1730, 1630, 1600, 1490, 1450, 1440, 1420, 1320, 1260, 1240, 1150, 1130, 1090, 1050, 1040, 990, 920, 870, 840, 790, 640. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 0.94 (т, 6H, J=7.4 Гц, CH₃), 1.40–1.47 (м, 4H, CH₂), 1.66–1.72 (м, 4H, CH₂), 4.27 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 7.29 (д, 2H, J^{ortho}=8 Гц, H⁶/H^{6'}), 7.42 (дд, 2H, J^{ortho}=8 Гц, J^{meta}=1 Гц, H⁵/H^{5'}), 7.52 (с, 2H, H³/H^{3'}), 9.80 (с, 2H, OH). Найдено, %: С, 68.31; Н, 6.65. Вычислено, %: С, 68.38; Н, 6.78.

Дибутилдифензофуран-3,7-дикарбоксилат (3). Выход 0.03 г (3 %), т. пл. 78–80 °С; ИК, см⁻¹: 2980, 2900, 1730, 1480, 1455, 1435, 1355, 1310, 1275, 1215, 1125, 1050, 980, 935, 860, 840, 795. Спектры ЯМР ¹H, δ, м.д.: 1.01 (т, 6H, J=7.5 Гц, CH₃), 1.47–1.44 (м, 4H, CH₂), 1.75–1.80 (м, 4H, CH₂), 4.33 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 8.02 (дд, 1H, J^{ortho}=8 Гц, J 1 Гц H²/H⁸), 8.18 (с, 2H, H⁴/H⁶), 8.25 (д, 1H, J^{ortho}=8 Гц, H¹/H⁹). Найдено, %: С, 71.40; Н, 6.41. Вычислено, %: С, 71.72; Н, 6.57.

Дибутил-4-гидроксикарбазол-2,7-дикарбоксилат (4). Выход 0.17 г (21%), т. пл. 159–161 °С; ИК, см⁻¹: 3360, 2960, 2870, 1725, 1690, 1635, 1575, 1510, 1485, 1470, 1455, 1405, 1360, 1330, 1290, 1270, 1235, 1190, 1130, 1100, 1080, 975, 945, 885, 875, 860, 835, 790, 775, 750. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 0.96 (т, 6H, J=7.4 Гц, CH₃), 1.44–1.50 (м, 4H, CH₂), 1.72–1.78 (м, 4H, CH₂), 4.31 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 4.37 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 7.72 (дд, 1H, J^{ortho}=8.5 Гц, J=0.5 Гц, H⁶), 7.77 (с, 1H, H¹ или H³), 8.00 (с, 1H, H¹ или H³), 8.08 (д, 1H, H⁸), 8.26 (д, 1H, J^{ortho}=8.0 Гц, H⁵), 10.33, (с, 1H, OH), 11.38, (с, 1H, NH). Найдено, %: С, 68.46; Н, 6.93; N, 5.26. Вычислено, %: С, 68.91; Н, 6.57; N, 3.65.

Дибутил-2-гидрокси[1,1'-бифенил]-4,4'- дикарбоксилат (6). Выход 0.27 г (27 %), т. пл. 93–95 °С; ИК, см⁻¹: 3430, 2990, 2960, 2910, 1740, 1710, 1630, 1610, 1500, 1450, 1430, 1380, 1320, 1290, 1260, 1170, 1150, 1140, 1100, 1070, 1070, 1040, 1020, 970, 930, 900, 850, 820, 800, 770, 740, 650. Спектр ЯМР ¹H, δ, м.д.: 0.94 (т, 6H, J=7.4 Гц, CH₃), 1.40–1.47 (м, 4H, CH₂), 1.66–1.73 (м, 4H, CH₂), 4.27 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 4.29 (т, 4H, J=6.5 Гц, -OCH₂), 7.45 (д, 1H, J^{ortho}=8 Гц, H⁵- или H⁶), 7.49 (д, 1H, J^{ortho}=8 Гц, H⁵- или H⁶), 7.60 (с, 1H, H³), 7.74 (д, 2H, J^{ortho}=8.2 Гц, H³/H⁵), 8.00 (д, 2H, J^{ortho}=8.2 Гц, H²/H⁶), 10.22 (с, 1H, OH). Найдено, %: С, 71.22; Н, 6.97. Вычислено, %: С, 71.33; Н, 7.07; N.

4,4'-Бис(Е)-2-(4-фторфенил-2-ил)этилен-2,2'-(дигексилокси)бифенил (10). К суспензии 0,88 г (0,002 моль) трифенилцианобензилфосфоний бромида **8** или **9** (фторпроизводное) в 40 мл абсолютно-го тетрагидрофурана при перемешивании добавляли 0,05 г *трет*-бутилата калия. Смесь перемешивали 15 мин, затем прибавляли раствор 0,41 (0,001 моль) альдегида **7** в 15 мл тетрагидрофурана. Смесь перемешивали 40 мин. Растворитель упаривали, выпавшие кристаллы промывали водой. Полученные продукты выделяли методом колоночной хроматографии на силикагеле, элюент – толуол. Выход 0.51 г (86 %). Бесцветное масло. Спектр ЯМР ¹H δ, м. д., J Гц, CDCl₃: 0.90 т (6H, J = 7,5Гц, CH₃), 1.22–1.37 м (12H, (CH₂)₂), 1.62 (м, 4H, CH₂), 4.01 (т, 4H, J=6,5Гц, O-CH₂), 7.06 (д, 2H, J = 16.0 Гц, *trans*-CH=CH), 7.09–7.15 (м, 6H, аром), 7.33 (дд, 2H, J^{ortho} = 7 Гц, J^{meta} = 1.5 Гц, 6,6'-H), 7.52–7.55 (м, 8H, аром); Спектр ЯМР ¹⁹F (CDCl₃-d, 470 МГц) δ: -113,46 – -113,33 (м); ИК (KBr, ν см⁻¹): 3420, 3025, 2930, 2590, 2450, 2385, 2285, 2025, 1890, 1830, 1765, 1700, 1600, 1550, 1505, 1470, 1420, 1230, 1160, 1125, 1095, 1030, 960, 872, 825, 753, 725. Найдено, %: С, 78.40; Н, 6.76. Вычислено, %: С, 80.78; Н, 7.46.

4,4'-Бис(Е)-2-(4-цианофенил-2-ил)этилен-2,2'-(дигексилокси) бифенил (11) получен аналогично соединению **(10)** из 0,91 г (0,002 моль) трифенилфторбензилфосфоний бромида и 0,41 г (0,001 моль) альдегида **(7)**. Выход 0.54 г (89%). Зеленые кристаллы, т. пл. 98–100 °С; Спектр ЯМР ¹H (CDCl₃-d, 500 МГц) δ: 0.86 т (6H, J=7,5Гц, CH₃), 1.22–1.32 (м, 12H, (CH₂)₂), 1.65 (м, 4H, CH₂), 3.97 (т, 4H, J=6,5Гц, O-CH₂), 7.10 (д, 2H, J = 16.0 Гц, *trans*-CH=CH), 7.15–7.23 (м, 4H, аром), 7.29 (дд, 2H, J^{ortho} = 7 Гц, J^{meta} = 1.5 Гц, 6,6'-H), 7.46 (дд, 2H, J^{ortho} = 7 Гц, J^{meta} = 2 Гц, 5,5'-H) 7.59–7.70 (м, 8H, аром); ИК (KBr, ν см⁻¹): 3430, 3035, 2925, 2855, 2225, 1690, 1630, 1600, 1505, 1465, 1415, 1390, 1280, 1240, 1175, 1120, 1020, 1005, 965, 820, 725. Найдено, %: С, 81.38; Н, 6.87, N, 4.24. Вычислено, %: С, 82.86; Н, 7.428, N, 4.60.

Список использованных источников

1. Di(biphenyl)silane and carbazole based bipolar host materials for highly efficient blue phosphorescent OLEDs / Gyeong Woo Kim [et al.] // Dyes and Pigments. – 2017. – Vol. 136. – P. 8–16.
2. Synthesis and comparative studies of phase transition behaviour of new dimeric liquid crystals consisting of dimethyluracil and biphenyl cores / Mohammad AbdulKarim-Talaq [et al.] // J. of Molecular Liquids. – 2016. – Vol. 219. – P. 765–772.
3. Baheti, A. The synthesis and spectral characterization of red dyes containing biphenyl or fluorene conjugation and dicyanovinyl acceptors / Abhishek Baheti, Prachi Singh, K. R. Justin Thomas // Dyes and Pigments. – 2011. – Vol. 88, is. 2. – P. 195–203.

4. Lam Ho, Cheuk. Small-molecular blue phosphorescent dyes for organic light-emitting devices / Cheuk-Lam Ho, Wai-Yeung Wong // *New Journal of Chemistry*. – 2013. – Is. 6. – P. 1665–1683.
5. Wang, Jun. Adjusting White OLEDs with Yellow Light Emission Phosphor Dye and Ultrathin NPB Layer Structure / Jun Wang Weizhi Li // *International Journal of Photoenergy*. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–6.
6. Morales, D. P. Desulfurization of Dibenzothiophene and Oxidized Dibenzothiophene Ring Systems / D. P. Morales, A. S. Taylor, S. C. Farmer // *Molecules*. – 2010. – Vol. 15. – P. 1265–1269.
7. Захарянц, А. А. Биодесульфуризация дибензотиофена и его производных / А. А. Захарянц, В. П. Мурыгина, С. В. Калужный // *Успехи современной биологии*. – 2005. – Т. 125, № 1. – С. 104–114.
8. Ольховик, В. К. Синтез и свойства 4,4'-бис-[5-алкил-(арил)бензоксазол-2-ил]-2-гидрокси-(алкокси)бифенилов. / В. К. Ольховик // *Журн. орг. химии*. – 2006. – Т. 42, вып. 8 – С. 1185–1189.
9. Synthesis of new polyconjugated molecules with biphenyl, dibenzothiophene, carbazole and phenanthrene unit / V. K. Olkhovik [et al.] // *ARKIVOC*. – 2008. – Is. IX. – P. 69–93.
10. Петушок, В. Г. Синтез 1-замещенных 5,5'-диоксидибензотиофен-3,7-дикарбоновых кислот / В. Г. Петушок // *Сб. тр. молодых ученых Нац. акад. наук Беларуси*. – Т. 2. – Минск: ИП Логвинов, 2004. – С. 201–204.

References

1. Gyeong Woo Kima, Doo Ri Yangb, Yong Cheol Kima, Hye In Yanga, Jin Guo Fanb, Choong-Hun Leec, Kyu Yun Chaib and Jang Hyuk Kwona (2017) «Di(biphenyl)silane and carbazole based bipolar host materials for highly efficient blue phosphorescent OLEDs», *Dyes and Pigments*, vol. 136, pp. 8–16.
2. Mohammad AbdulKarim-Talaq (2016) «Synthesis and comparative studies of phase transition behaviour of new dimeric liquid crystals consisting of dimethyluracil and biphenyl cores», *Journal of Molecular Liquids*, vol. 219, pp. 765–772.
3. Baheti, A., Singh, P. and Thomas, K. R. J. (2011) «The synthesis and spectral characterization of red dyes containing biphenyl or fluorene conjugation and dicyanovinyl acceptors», *Dyes and Pigments*, vol. 88, no. 2, pp. 195–203.
4. Cheuk-Lam Ho and Wai-Yeung Wong (2013) «Small-molecular blue phosphorescent dyes for organic light-emitting devices», *New Journal of Chemistry*, no. 6, 1665–1683.
5. Jun Wang and Weizhi Li (2013) «Adjusting White OLEDs with Yellow Light Emission Phosphor Dye and Ultrathin NPB Layer Structure», *International Journal of Photoenergy*, vol. 2013, pp. 1–6.
6. Morales, D. P., Taylor, A. S. and Farmer, S. C. (2010) «Desulfurization of Dibenzothiophene and Oxidized Dibenzothiophene Ring Systems», *Molecules*, vol. 15, pp. 1265–1269.
7. Zakharyants, A. A., Murygina, V. P. and Kalyuzhnyi, S. V. (2005) «Bio-desulfurization of dibenzothiophene and its derivatives», *Uspekhi sovremennoi biologii [Achievements of modern biology]*, vol. 125, no. 1, pp. 104–114.
8. Ol'khovik, V. K. (2006) «Synthesis and properties of 4,4-bis [5-alkyl(aryl) benzoxazol-2-yl]-2-hydroxy (alkoxy) biphenyls», *Zhurnal Organicheskoi Khimii [Journal of Organic Chemistry]*, vol. 42, no. 8, pp. 1185–1189.
9. Ol'khovik, V. K. (2008) «Synthesis of new polyconjugated molecules with biphenyl, dibenzothiophene, carbazole and phenanthrene unit», *ARKIVOC*, no. 9, pp. 69–93.
10. Petushok, V. G. (2004) «Synthesis of 1-substituted 5,5-dioxo-dibenzothiophene-3,7-dicarboxylic acids», *Sbornik trudov molodykh uchenykh Natsional'noi akademii nauk Belarusi [Collection of works of young scientists from National Academy of Sciences of Belarus]*, IP Logvinov, Minsk, BY, vol. 2, pp. 201–204.

Информация об авторах

Петушок Виталий Геннадьевич – науч. сотрудник. Институт химии новых материалов НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: vitalqqq@tut.by.

Калечиц Галина Викторовна – канд. хим. наук, науч. сотрудник. Институт химии новых материалов НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь).

Ольховик Вячеслав Константинович – канд. хим. наук, зав. лаб. Институт химии новых материалов НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 36, 220141, Минск, Республика Беларусь).

Information about the authors

Petushok Vitaliy Gennad'evich – Scientific Researcher. Institute of Chemistry of New Materials National Academy of Science of Belarus. (F. Skorini str., 36, 220141, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: vitalqqq@tut.by.

Kalechytc Galina Victorovna – Ph. D. (Chemistry), Scientific Researcher. Institute of Chemistry of New Materials National Academy of Science of Belarus (F. Skorini str., 36, 220141, Minsk, Republic of Belarus).

Olkhovik Viachaslav Konstantinovich – Ph. D. (Chemistry), Head of laboratory. Institute of Chemistry of New Materials National Academy of Science of Belarus (F. Skorini str., 36, 220141, Minsk, Republic of Belarus).

Для цитирования

Петушок, В. Г. Синтез производных 2,2'-дигидроксибифенила / В. Г. Петушок, Г. В. Калечиц, В. К. Ольховик // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук*. – 2016. – № 4. – С. 60–64.

For citation

Petushok V. G., Kalechyts G. V., Olkhovik V. K. Synthesis of 2,2'-dihydroxybiphenyl derivatives. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, chemical series*, 2016, no. 4, pp. 60–64.