

УДК 532.783

С. А. Знойко*, В. Е. Майзлиш*, Г. П. Шапошников*, И. Г. Абрамов**, Г. А. Ананьева***, В. В. Быкова***, Н. В. Усольцева***

**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА БЕНЗОТРИАЗОЛИЛЗАМЕЩЕННЫХ
ФТАЛОЦИАНИНОВ С ОБЪЕМНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ
SYNTHESIS AND PROPERTIES OF BENZOTRIAZOLIL-SUBSTITUTED
PHTHALOCYANINES WITH BULKY SUBSTITUENTS**

*Ивановский государственный химико-технологический университет
153000 Иваново, пр. Ф. Энгельса, д. 7. E-mail: ttoc@isuct.ru

**Ярославский государственный технический университет
150023 Ярославль, Московский пр-т, д. 88. E-mail: abramovig@ystu.ru

*** Ивановский государственный университет, НИИ наноматериалов
153025 Иваново, ул. Ермака, д. 39. E-mail: usol@ivanovo.ac.ru

С целью изучения влияния особенностей молекулярного строения дискотических соединений на их мезоморфизм были синтезированы новые представители ряда смешанозамещенных бензотриазолилфталоцианинов нагреванием бензотриазолилзамещенных фталонитрилов в присутствии мочевины и исследованы их физико-химические свойства.

With the purpose to study the influence of molecular structure peculiarities of discotic compounds on their mesomorphism, new representatives of the mixed up benzotriazolilphthalocyanines were synthesized by the method of benzotriazolilsubstituted phthalonitrils heating in the presence of urea, also their physical-chemical properties were studied.

Ключевые слова: синтез, дискотические соединения, бензотриазолилзамещенные фталоцианины, мезоморфизм.

Keywords: synthesis, disc-like compounds, benzotriazolilsubstituted phthalocyanines, mesomorphism.

Важной и актуальной проблемой химии фталоцианиновых соединений (Pc) является синтез и изучение свойств смешанозамещенных фталоцианинов [1 – 3]. Эти соединения содержат в изоиндольных фрагментах одновременно функциональные группы различной природы, которые, возможно, будут взаимодополнять полезные качества друг друга, что делает интерес к этим объектам вполне обоснованным.

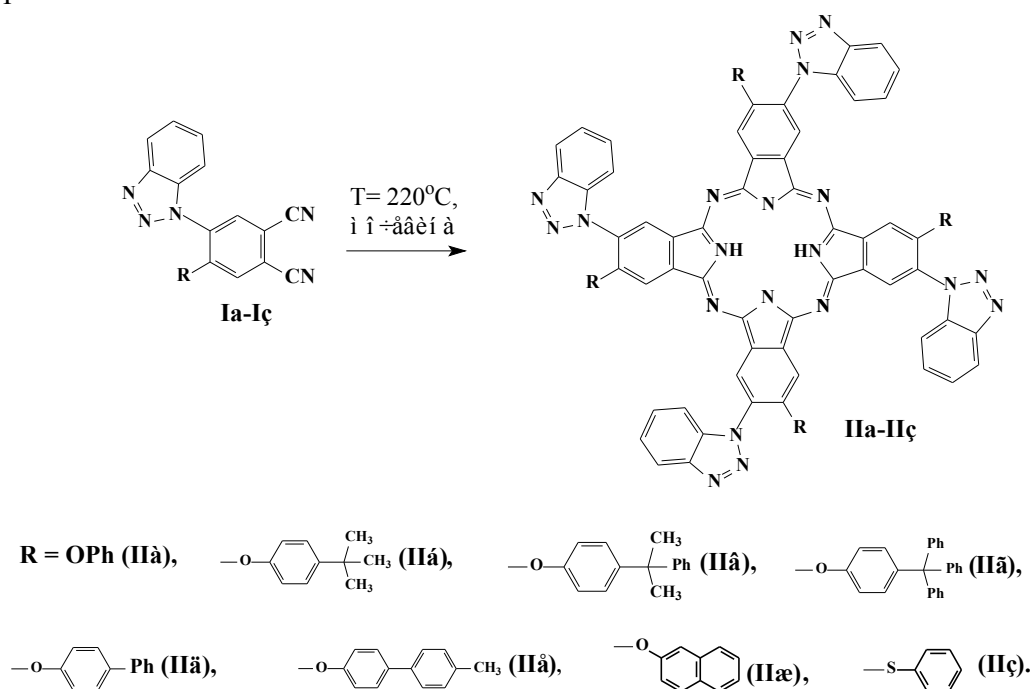
Ранее нами сообщалось о синтезе и исследовании некоторых физико-химических свойств ряда бензотриазолилзамещенных металлофталоцианинов, характеризующихся повышенной растворимостью в большинстве универсальных органических растворителей [4] и колористическими свойствами [5]. Некоторые из представителей этого ряда проявляют термотропный и лиотропный мезоморфизм [6]. Однако сведений относительно безметалльных соединений этого класса в литературе отсутствуют.

Хотя безметалльные фталоцианины (PcH₂) наряду с фталонитрилами могут выступать предшественниками фталоцианиновых комплексов как планарного, так и сэндвичевого строения, а также представляют самостоятельный интерес [7], однако сообще-

ния, касающиеся синтеза и исследования физико-химических свойств лигандов гетерилзамещенных фталоцианинов единичны [8], а информация относительно смешанозамещенных гетерилсодержащих соединений этого класса в литературе отсутствуют.

Исходя из вышесказанного, целью данной работы является синтез и изучение физико-химических свойств лигандов бензотриазолилзамещенных фталоцианинов **II а-з** (см. схему).

Существует несколько подходов, применимых к синтезу фталоцианиновых лигандов из фталонитрилов. Описан метод синтеза PcH_2 на первой стадии которого получают лабильные металлокомплексы фталоцианинов. Например PcH_2 может быть получен реакцией между *o*-цианобензамидом и магнием, с последующей демееталлизацией последнего концентрированной серной кислотой. Кроме того, безметалльные фталоцианины могут быть синтезированы при кипячении раствора нитрила [7, 9, 10] в спирте в присутствии алкоголята щелочного металла, с последующим обезметалливанием образующегося разбавленной кислотой. Реакцию получения свободного фталоцианина можно проводить не только в растворе, но и в расплаве. Кроме алкоголятов щелочных металлов для получения безметалльных фталоцианинов может быть применен 8-диаза-бицикло[5,4,0]ундец-7-ен (ДБУ) [11]. Опубликованы данные по электрохимическому синтезу фталоцианинов из фталонитрила [12,13] и дииминоизоиндолина [13] в спиртовых растворах.



Схема

В данном случае соответствующие смешанозамещенные бензотриазолилфталоцианины (**IIa – IIIz**) были синтезированы тетрамеризацией исходных фталонитрилов при температуре 200 – 230 °С в течение 2 часов. Этот необычный факт, возможно, связан с присутствием в молекулах прекурсоров бензотриазолильного фрагмента. Следует подчеркнуть, что в этих условиях незамещенный фталонитрил и некоторые его производные фталоцианиновый макроцикл не образуют, однако при нагревании как незаме-

щенного, так и арилзамещенных фталонитрилов в присутствии 1-бензотриазола, наблюдается образование соответствующих безметалльных соединений.

Было отмечено, что проведение данной реакции в присутствии мочевины позволяет увеличить выход целевых фталоцианинов и несколько снизить температуру проведения синтеза.

Полученные продукты после окончания реакции тщательно растирали, промывали 5 %-ной соляной кислотой, затем водой до нейтральной среды, сушили при 80 °С, затем экстрагировали хлороформом. Окончательную очистку осуществляли с применением жидкостной колоночной хроматографии (сорбент – Al_2O_3 , элюент – хлороформ).

Идентифицировали синтезированные соединения с привлечением данных элементного анализа, ^1H ЯМР, колебательной и электронной спектроскопии.

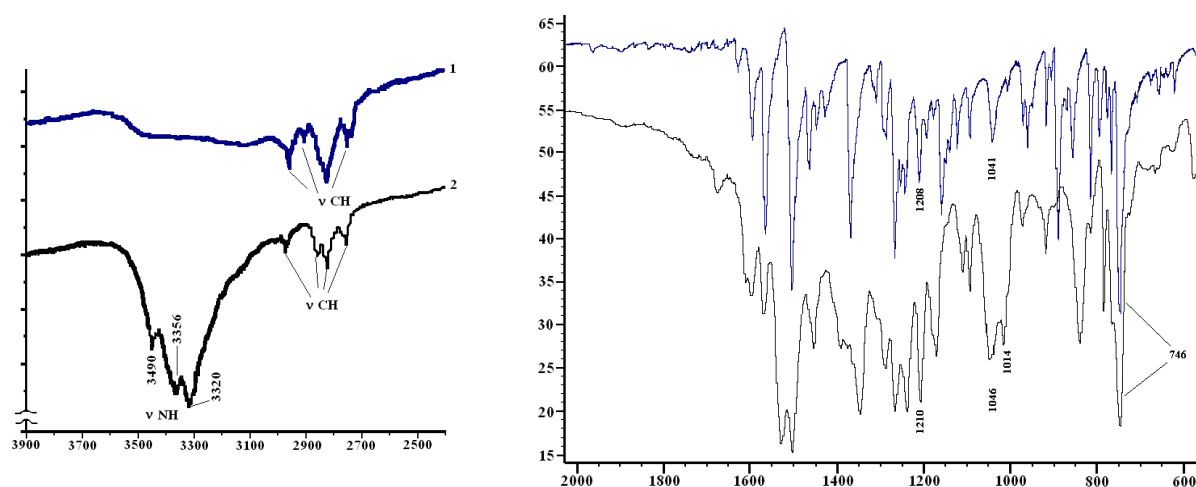


Рис. 1. ИК-спектры тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-(4-*трет*-бутилфенокси)-фталоцианина меди (1) и соединения **Пб** (2)

В ИК-спектрах (рис. 1) исследуемых веществ, как и в случае ранее описанных бензотриазолилзамещенных фталоцианинов [5, 6], обнаружены полосы поглощения введенных заместителей: при 1040 – 1050 см^{-1} и 740 – 745 см^{-1} (связей C-N- и N=N бензотриазола), в области 1200 – 1210 см^{-1} (Ag-O-Ag) или 1095 – 1110 см^{-1} (Ag-S-Ag) для соединений, содержащих оксиарильные и сульфанилфенильные группировки, и в интервале 2850 – 3000 см^{-1} (C-H-связи метильных групп фталоцианинов **Пб**, **в** и **Пе**) [14]. Наряду с этим в спектрах наблюдается поглощение, специфичное для безметалльных фталоцианинов при 1010 – 1014 см^{-1} и при 3280 – 3400 см^{-1} (колебания NH-связей внутрициклических иминогрупп) [15].

В спектрах ^1H ЯМР зафиксированы сигналы протонов внутрициклических иминогрупп фталоцианина в области -1,50 – -1,75 м.д., кроме того, при 8,60 – 8,75 м.д. и 8,15 – 8,23 м.д. наблюдаются сигналы протонов бензольных колец изоиндольных фрагментов фталоцианина. В спектрах соединений **Пб** и **Пв** в интервале 1,5 – 1,9 м.д. обнаружены сигналы протонов *трет*-бутил- и 4-(1-метил-1-фенилэтил)феноксигрупп. Сиг-

налы протонов арильных фрагментов зафиксированы в виде мультиплета в область 7,0 – 7,7 м.д. и являются сильно уширенными.

Электронные спектры поглощения (ЭСП) синтезированных соединений типичны для фталоцианинов. Так в ЭСП, зафиксированных в хлороформе, отмечено наличие двух интенсивных полос поглощения в области 667 – 680 нм и 702 – 709 нм, характерное для фталоцианиновых лигандов [16].

Введение в *орто*-положение к остатку бензотриазола второго заместителя вызывает bathochromный сдвиг основных длинноволновых полос поглощения, незначительный в случае феноксигруппы (5 – 6 нм), и сильный (на 20 нм) – при введении остатков сульфанилфенила (**Пз**). Аналогичная картина наблюдалась ранее для металлокомплексов тетра-4-фенилсульфанил- и тетра-4-феноксифталоцианинов. Подобное явление связано с заменой «мостикового» атома кислорода на атом серы, обладающего более низкой электроотрицательностью [17]. Природа заместителей в арильных фрагментах и анелирование феноксигруппы практически не оказывает влияния на положение Q-полос.

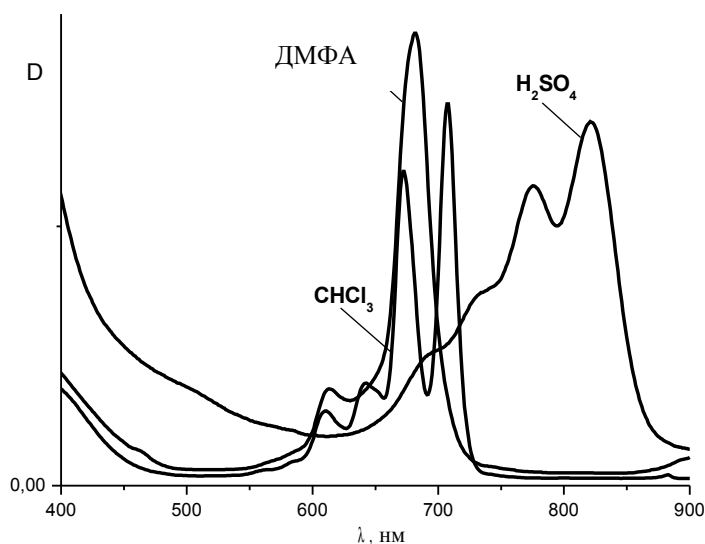


Рис. 2. ЭСП соединения **Пб** в различных растворителях (CHCl_3 , H_2SO_4 , ДМФА)

При переходе к ДМФА наблюдается изменение характера ЭСП соединений, где присутствует единственная нерасщепленная Q-полоса (рис. 2), что указывает на образование обладающей более высокой симметрией (D_{4h}) дианионной формы фталоцианина в среде органического основания [18]. В целом, в ДМФА при введении в качестве второго заместителя любой замещенной феноксигруппы наблюдается гипсохромный сдвиг Q-полосы по сравнению с тетра-4-(1-бензотриазолил)фталоцианином [19], причем как отмечалось выше для растворов в хлороформе, природа заместителей, введенных в феноксигруппы, практически не оказывает влияния на положение длинноволновой полосы поглощения. В случае соединения, содержащего фрагменты сульфанилфенила (**Пз**), напротив отмечен bathochromный сдвиг полос поглощения по сравнению с соединением **Па**, однако более слабый, чем в хлороформе (на 5 – 6 нм).

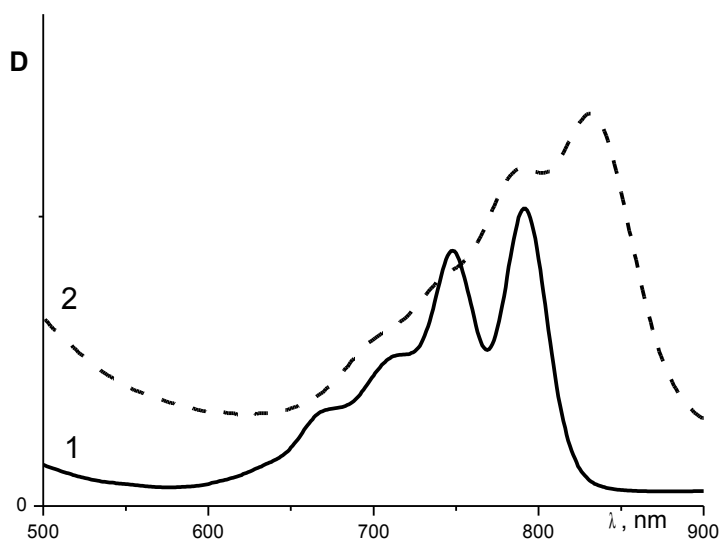


Рис. 3. ЭСП в H_2SO_4 : 1 – тетра-4-(1-бензотриазолил)фталоцианин, 2 – соединение **Па**

При анализе электронных спектров поглощения синтезированных соединений в концентрированной серной кислоте (рис. 3), как и ожидалось, отмечено значительное bathochromное смещение длинноволновых полос поглощения по сравнению с органическими растворителями. При этом имеет место расщепление Q-полосы на две компоненты (соединения **Па** – **Пж**) или ее уширение (в случае соединения **Пз**, содержащего фрагменты сульфанилфенила).

Отмечено, что введение второго заместителя в *орто*-положение к бензотриазолильному фрагменту в значительной степени влияет на положение полос поглощения, что позволяет утверждать о заметном влиянии второго заместителя на степень протонирования мезо-атомов азота молекулы фталоцианина. В случае соединений **Па-з** длинноволновая полоса поглощения претерпевает сильный bathochromный сдвиг по сравнению с тетра-4-(1-бензотриазолил)фталоцианином (более чем на 40 нм) (рис. 3). Установлено, что максимальной величины этот сдвиг достигает при замене оксифенила (соединение **Па**) на сульфанилфенильный остаток (**Пз**) (на 70 нм). Кроме того, по сравнению со спектром незамещенного фталоцианина Q-полосы тетра-4-(1-бензотриазолил)фталоцианина претерпевают заметное гипсохромное смещение на 44 нм.

Методом оптической поляризационной микроскопии получены данные по мезоморфным свойствам синтезированных соединений. Установлено, что соединения **Пб** – **Пе** обладают термотропным мезоморфизмом, образуя мезофазу в широком температурном интервале (табл., рис. 4, 5). Соединения **Пж** и **Пз** обладают монотропным мезоморфизмом. При охлаждении соединения **Пв**, **Пд**, **Пж**, **Пз** стеклуются, сохраняя текстуру мезофазы (рис. 6).

Температуры фазовых переходов соединений **Па** – **Пз**

№ соединения	Термотропный мезоморфизм	Лиотропный мезоморфизм
Па	Cr • 299,0 °C (предел наблюдения прибора)	–
Пб	Cr • 219,3 °C Mes • 283,2 °C Iso Охлаждение: Iso • 154,2 °C Mes • 150,3 °C G	–
Пв	Cr • 132,8 °C Mes • 143,4 °C Iso Охлаждение: Iso • 161,1 °C Mes • 136,4 °C G, стеклуется с сохранением текстуры мезофазы	+ ДМФА
Пг	Cr • 137,3 °C Mes • 153,8 °C Iso Охлаждение: Iso • 147,6 °C Mes • 128,1 °C G	+ хлороформ
Пд	Cr • 132,9 °C Mes • 281,4 °C Iso Охлаждение: Iso • 191,1 °C Mes • 174,7 °C G, стеклуется с сохранением текстуры мезофазы	–
Пе	Cr • 195,6 °C Mes • 280,2 °C Iso Охлаждение: Iso • 203,4 °C Mes • 170,7 °C G	–
Пж	Cr • 212,6 °C Iso Охлаждение: Iso • 171,6 °C Mes • 100,1 °C G, стеклуется с сохранением текстуры мезофазы	–
Пз	Cr • 188,2 °C Iso Охлаждение: Iso • 87,4 °C Mes • 72,0 °C G, стеклуется с сохранением текстуры мезофазы	–

Соединения **Пв** и **Пг** обладают, наряду с термотропным, и лиотропным мезоморфизмом в бинарных системах с ДМФА и хлороформом (рис. 7). В отличие от термотропного состояния, лиомезофаза формируется даже при комнатной температуре.

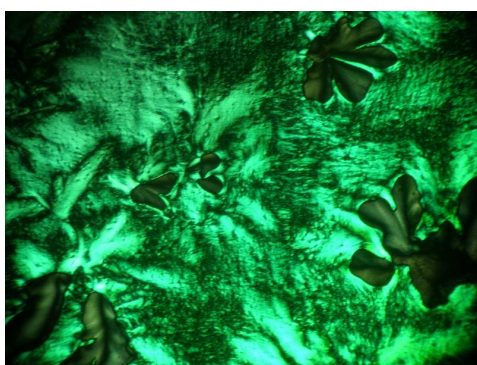


Рис. 4. Микрофотография текстуры термотропной мезофазы соединения **Пд**, $T = 183,7\text{ °C}$ (процесс нагрева), николи скрещены, $\times 250$

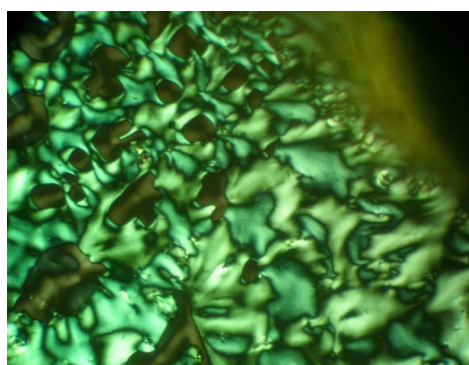


Рис. 5. Микрофотография текстуры термотропной мезофазы соединения **Пе**, $T = 200,0\text{ °C}$ (процесс нагрева), николи скрещены, $\times 250$

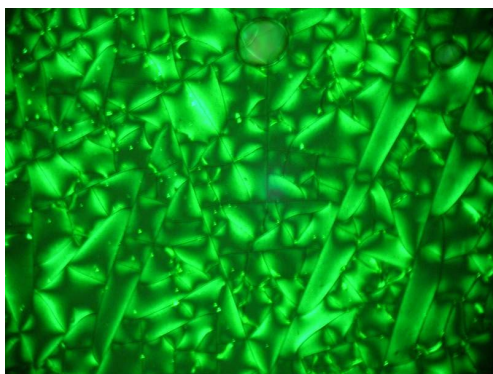


Рис. 6. Микрофотография текстуры застеклованной мезофазы соединения **IIж**, $T = 25,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (процесс охлаждения), николи скрещены, $\times 250$

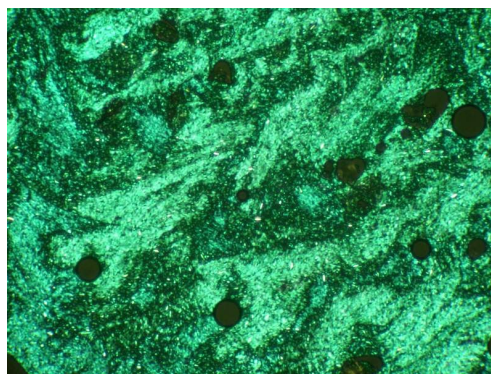


Рис. 7. Микрофотография текстуры мезофазы соединения **IIв** в контакте с ДМФА, $T = 20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, николи скрещены, $\times 250$

В заключение следует добавить, что подавляющее большинство безметалльных бензотриазолилзамещенных фталоцианинов проявляют свойства жирорастворимых красителей, давая яркие, насыщенные и равномерные окраски.

Экспериментальная часть

Данные элементного анализа для исследуемых соединений регистрировали на элементном анализаторе FlashEATM 1112. Электронные спектры поглощения исследуемых соединений в органических растворителях зафиксированы на спектрофотометре HITACHI U-2001 при комнатной температуре в диапазоне длин волн 400 – 900 нм. ИК-спектры записывали на спектрофотометре AVATAR 360 FT-IR в области 400 – 4000 cm^{-1} в таблетках с бромидом калия. ¹H ЯМР-спектры растворов образцов бензотриазолилзамещенных фталоцианинов в CDCl_3 (Aldrich) зафиксированы на приборе «Bruker AMD-200» с внутренним стандартом TMS. Фазовое состояние комплексов исследовали методом поляризационной микроскопии, используя оптический термополяризационный микроскоп типа «Leitz Laborlux 12 Pol», снабженный термостолком «Mettler FP 82». Формирование лиотропных мезофаз изучалось в бинарных системах с органическими растворителями (хлороформ, ДМФА, бензол).

Синтез бензотриазолилзамещенных фталоцианинов (Па-з)

Общая методика: 50 мг замещённого фталонитрила тщательно растирали и перемешивали с 10 мг мочевины. Смесь нагревали до температуры 200 – 230 $^{\circ}\text{C}$ и выдерживали при этой температуре в течение 2 часов.

Очистку полученных соединений осуществляли стандартными методами: промывкой соединений разбавленным раствором соляной кислоты до обесцвечивания фильтрата, водой до нейтральной среды, экстракцией примесей ацетоном, а целевых продуктов – хлороформом. Окончательную очистку проводили с помощью жидкостной колоночной хроматографии на Al_2O_3 (элюент – хлороформ), после удаления растворителя сушили под вакуумом при температуре 80 – 90 $^{\circ}\text{C}$. Полученные вещества пред-

ставляли собой порошки ярко-зеленого цвета, нерастворимые в воде, хорошо растворимые в органических растворителях и концентрированной серной кислоте.

Тетра-4-(1-бензотриазолил)-тетра-5-феноксифталоцианин (IIa). Выход: 22,20 мг (46 %). Найдено: С – 70,05; N – 19,50; H – 2,94; $C_{80}N_{20}H_{46}O_4$, Вычислено: С – 70,30; N – 20,07; H – 3,23. ЭСП хлороформ, нм: 707; 671; ДМФА, нм: 680; H_2SO_4 , нм: 830, 787. ИК-спектр, cm^{-1} : 3361,77; 3315 (NH макрокольца); 1209 (Ar-O-Ar); 1034 (N=N бензотриазола); 1016 (колебания H_2Pc); 747 (C-N (H_2Pc -BzTz) в бензотриазолильном заместителе).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-(4-трет.бутилфеноксифталоцианин (IIб). Выход: 22,2 мг (45,79 %). Найдено: С – 72,78; N – 17,36; H – 5,44; $C_{96}N_{20}H_{78}O_4$, Вычислено: С – 73,17; N – 17,78; H – 5,80. ЭСП хлороформ, нм: 707; 673; ДМФА, нм: 681; H_2SO_4 , нм: 831; 791. ИК-спектр, cm^{-1} : 3356; 3320 (NH макрокольца); 2963; 2837 (νCH_2 , CH_3); 1206 (Ar-O-Ar); 1046 (N=N бензотриазола); 1014 (колебания H_2Pc); 745 (C-N (H_2Pc -BzTz)). Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 8,67 (s, 4H, H^1); 8,18 (s, 4H, H^2); 1,28 (s, CH_3 (t.Bu), 32H); -1,78 (s, (NH H_2Pc), 2H).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-[4-(1-метил-1-фенилэтил)феноксифталоцианин (IIв). Выход: 23,8 мг (50 %). Найдено: С – 75,85; N – 13,98; H – 4,70; $C_{116}N_{20}H_{86}O_4$, Вычислено: С – 75,47; N – 14,00; H – 4,76. ЭСП хлороформ, нм, (lg ϵ): 708 (4,82); 673 (4,81); ДМФА, нм, (lg ϵ): 682 (4,80); H_2SO_4 , нм: 835; 793. ИК-спектр, cm^{-1} : 3471; 3414 (NH макрокольца); 2966; 2928; 2867 (νCH_2 , CH_3); 1205 (ν Ar-O-Ar); 1046 (N=N бензотриазола); 1015 (колебания H_2Pc); 745 (C-N (H_2Pc -BzTz)). Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 8,75 (s, 4H, H^1); 8,20 (s, 4H, H^2); 1,25 (s, CH_3 (t.Bu), 24H), -1,85 (s, (NH H_2Pc), 2H).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-(4-трифенилметилфеноксифталоцианин (IIг). Выход: 31 мг (62 %). Найдено: С – 78,16; N – 12,40; H – 4,23; $C_{156}N_{20}H_{102}O_4$, Вычислено: С – 80,73; N – 12,80; H – 4,43. ЭСП хлороформ, нм, (lg ϵ): 707 (4,81); 672 (4,80); ДМФА, нм, (lg ϵ): 679 (4,78); H_2SO_4 , нм: 830; 797. ИК-спектр, cm^{-1} : 3467,55; 3413,94 (NH макрокольца); 2954,56; 2925,84; 2850,41; 1208,70 (Ar-O-Ar); 1040,17 (N=N бензотриазола); 1015,95 (колебания H_2Pc); 746,14 (C-N (H_2Pc -BzTz) бензотриазола).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-(4-фенилфеноксифталоцианин (IIд). Выход: 26,7 мг (53 %). Найдено: С – 73,08; N – 16,93; H – 4,25; $C_{104}N_{20}H_{62}O_4$, Вычислено: С – 75,43; N – 19,93; H – 4,76. ЭСП хлороформ, нм: 708; 672; ДМФА, нм: 682; H_2SO_4 , нм: 836; 796. ИК-спектр, cm^{-1} : 3463, 3439; (NH макрокольца); 2850; 1204 (Ar-O-Ar); 1046 (N=N бензотриазола); 1007 (колебания H_2Pc); 745 (C-N (H_2Pc -BzTz) бензотриазола).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-[4-(4-метилфенил)феноксифталоцианин (IIе). Выход: 24 мг (45,4 %). Найдено: С – 73,96; N – 15,85; H – 4,33; $C_{112}N_{20}H_{78}O_4$, Вычислено: С – 76,10; N – 15,44; H – 4,45. ЭСП хлороформ, нм: 708; 673; ДМФА, нм: 680; H_2SO_4 , нм: 837; 795. ИК-спектр, cm^{-1} : 3412; (NH макрокольца); 2854 (νCH_2 , CH_3); 1204 (Ar-O-Ar); 1045 (N=N бензотриазола); 1006 (колебания H_2Pc); 745 (C-N (H_2Pc -BzTz) бензотриазола).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-(2-нафтокси)фталоцианин (IIж). Выход: 45,5 мг (90,92 %). Найдено: С – 72,16; N – 16,93; H – 3,23; $C_{96}N_{20}H_{54}O_4$, Вычислено: С – 72,30; N – 17,10; H – 3,51. ЭСП хлороформ, нм, (lg ϵ): 708 (4,98); 673 (4,97); ДМФА, нм, (lg ϵ): 681 (4,88); H_2SO_4 , нм: 829; 786. ИК-спектр, cm^{-1} : 3467; 3417 (NH макрокольца); 1208 (Ar-O-Ar); 1047 (N=N бензотриазола); 1020 (колебания H_2Pc); 745 (C-N (H_2Pc -BzTz) бензотриазола). Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 8,70 (s, 4H, H^2); 8,13 (s, 4H, H^1); 8,05 (s, 4H, H^3); 7,90 (s, 4H, H^4); 7,57 (t, 4H, H^5); 7,57 – 7,20 (m, 28H, H^{7-13}); -1,80 (c, 2H, NH).

Тетра-4-(1-бензотриазолил)тетра-5-сульфанилфенилфталоцианин (IIз).
Выход: 20,5 мг (39,7 %). Найдено: С – 67,17; N – 20,36; H – 2,93; S – 8,36; C₈₀N₂₀H₄₆S₄.
Вычислено: С – 67,88; N – 19,80; H – 3,08, S – 8,56. ЭСП хлороформ, нм: 723; 692;
ДМФА, нм: 695; H₂SO₄, нм: 878. ИК-спектры, см⁻¹: 3415; (NH макрокольца); 1090 (Ar-S-
Ar), 1050 (N=N бензотриазола); 1000 (колебания H₂Pc); 745 (C-N (H₂Pc-BzTz) бензотри-
азола).

Список литературы

1. The Porphyrin Handbook / Eds. K. M. Kadish, K. M. Smith, R. Guilard. Academic Press: Elsevier Science (USA), 2003. Vol. 15. 392 p. 2003. Vol. 16. 325 p.
2. Phthalocyanines. Properties and Applications / Eds. C. C. Leznoff, A. B. P. Lever. VCH. N.-Y., 1989. Vol. 1. 436 p.; 1993. Vol. 2. 436 p.; 1993. Vol. 3. 303 p.; 1996. Vol. 4. 524 p.
3. Шапошников Г. П., Майзлиш В. Е., Кулинич В. П. // ЖОХ. 2007. Т. 77. Вып. 1. С. 148.
4. Знойко С. А., Майзлиш В. Е., Шапошников Г. П. и др. // ЖОХ. Вып. 77. Т. 9. С. 1551.
5. Пат. 2327720 РФ / С. А. Знойко, В. Е. Майзлиш, Г. П. Шапошников и др. Заявка № 2006144983; Заявлено 18.12.06; Оpubл. 27.06.2008. Бюл. 18.
6. Знойко С. А., Майзлиш В. Е., Шапошников Г. П., Воронко М. В., Абрамов И. Г., Быкова В. В., Усольцева Н. В. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2005. Вып. 3/4. С. 7.
7. The Phthalocyanines / Eds. F. Moser, A. Thomas. Florida; CPC Press Inc., Boca Raton, 1983. Vol. 1. 227 p.; Vol. 2. 157 p.
8. Muto T., Temma T., Kimura M. et al. // Chem. Commun. 2000. P. 1649.
9. Phthalocyanines – Properties and Applications / Eds. C. C. Leznoff, A. B. P. Lever. VCH, New York, 1989. Vol. 1; 1993. Vol. 2; 1993. Vol. 3; 1996. Vol. 4.
10. Cuellar E., Marks T. // Inorg. Chem. 1981. Vol. 20. P. 3766.
11. Tomoda H, Saito S, Ogawa S. // Chem. Lett. 1980. Vol. 9. № 10. P. 1277 – 1280.
12. Yang C. H., Lin S. F., Chen H. L., Chang C. T. // Inorg. Chem. 1980. Vol. 19. № 11. P. 3541.
13. Kharisov B. I., Blanco L. M., Torres-Martinez L. M., Gracia-Luna A. // Ind. Eng. Chem. Res. 1999. Vol. 38. № 8. P. 2880 – 2887.
14. Дайер Д. Р. Приложения абсорбционной спектроскопии органических соединений. М.: Химия, 1970. 163 p.
15. Вульфсон С. В., Лебедев О. Л., Лукьянец Е. А. // Ж. прикл. спектр. 1972. Т. 17. № 5. С. 903.
16. Будина Н. И., Гальперн М. Г., Деркачева В. М. и др. Электронные спектры поглощения фталоцианинов и родственных соединений: Каталог / Под ред. Е. А. Лукьянца. М.: НИИ технико-экономических исследований, 1986. 96 с.
17. Деркачева В. М., Лукьянец Е. А. // ЖОХ. 1980. Т. 50. Вып. 10. С. 2313.
18. Dieter Wöhrle, Gunter Meyer, Bernd Wahl // J. Macromol. Chem. 1980. Vol. 181. P. 2127.
19. Znoyko S. A., Maizkish V. E., Shaposhnikov G. P., Filimonov S. N., Abramov I. G. // J. Porphyrins and Phthalocyanines. 2008. Vol. 12. № 3/6. P. 798.

Поступила в редакцию 23.01.2009 г.