УДК 532.783

## Т. В. Тихомирова, В. Е. Майзлиш, Г. П. Шапошников, В. В. Быкова\*, Н. В. Усольцева\*

# СИНТЕЗ И МЕЗОМОРФНЫЕ СВОЙСТВА *N*- И *O*-АЦИЛИРОВАННЫХ ФТАЛОЦИАНИНОВ МЕДИ

# SYNTHESIS AND MESOMORPHIC PROPERTIES OF COPPER COMPLEXES OF *N*- AND *O*-ACYLATED PHTHALOCYANINES

Ивановский государственный химико-технологический университет, 153000 Иваново, пр. Ф. Энгельса, д. 7. Е-mail: <u>ttoc@isuct.ru</u>

\* Ивановский государственный университет, НИИ наноматериалов

153025 Иваново, ул. Ермака, д. 39. E-mail: <u>nv\_usoltseva@mail.ru</u>

Обобщены данные по синтезу N- и О-ацилированных фталоцианинов меди. Установлено, что из 22 синтезированных соединений 7 проявляют мезоморфные свойства. Проведен сравнительный анализ спектральных и мезоморфных свойств полученных комплексов. Показано влияние молекулярной структуры синтезированных соединений на способность проявлять различные типы мезофаз.

*Ключевые слова:* синтез, ацилированные фталоцианины, электронные спектры поглощения, мезоморфные свойства.

The data on synthesis of copper complexes of N- and O-acylated phthalocyanines were generalized. It is found that 7 of 22 synthesized compounds possess mesomorphic properties. The comparative analysis of spectral and mesomorphic properties of the obtained complexes was carried out. The influence of molecular structure of the synthesized compound on the ability of developing different types of mesophases was shown.

*Key words:* synthesis, acylated phthalocyanines, electron absorption spectra, mesomorphic properties.

Среди макрогетероциклических дискотических мезогенов одними из наиболее изученных являются производные фталоцианина (Pc) и их металлокомплексы. Интерес к данным соединениям обусловлен их исключительными физико-химическими свойствами и возможностями практического применения.

В работе обобщены данные по синтезу и свойствам производных фталоцианина меди, содержащих сложноэфирные и амидные группировки.

Исходные 4-R-бензоилокси- (**Iа**–л) и 4-R-бензоиламинофталонитрилы (**IIа**–л) получены ацилированием 4-гидрокси- и 4-аминофталонитрилов хлорангидридами *п*-замещенных бензойных кислот [1 – 3].

Синтез производных фталоцианинов меди (III, IV) проводили взаимодействием соответствующих фталонитрилов (I, II) с ацетатом меди при 170 – 180 °C [1 – 3].

<sup>©</sup> Тихомирова Т. В., Майзлиш В. Е., Шапошников Г. П., Быкова В. В., Усольцева Н. В., 2010



 $R = OCOC_6H_4OC_3H_5 (Ia, IIIa), OCOC_6H_4OC_5H_{11} (I6, III6), OCOC_6H_4OC_6H_{13} (IB, IIIB), OCOC_6H_4OC_7H_{15} (Ir, IIIr), OCOC_6H_4OC_8H_{17} (Iд, IIIд), OCOC_6H_4OC_9H_{19} (Ie, IIIe), OCOC_6H_4OC_{10}H_{21} (Ix, IIIx), OCOC_6H_4OC_{11}H_{23} (I3, III3), OCOC_6H_4OCOC_{11}H_{23} (Iu, IIIu), OCOC_6H_4OCOC_6H_4OCOC_{6}H_4OCOC_{6}H_4OCOC_{6}H_{4}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}H_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC_{6}OCOC$ 

# $$\begin{split} R &= NHCOC_{6}H_{4}OC_{3}H_{5} \text{ (IIa, IVa), NHCOC}_{6}H_{4}OC_{5}H_{11} \text{ (II6, IV6), NHCOC}_{6}H_{4}OC_{6}H_{13} \text{ (IIB, IVB),} \\ NHCOC_{6}H_{4}OC_{7}H_{15} \text{ (IIr, IVr), NHCOC}_{6}H_{4}OC_{8}H_{17} \text{ (IIa, IVa), NHCOC}_{6}H_{4}OC_{9}H_{19} \text{ (IIe, IVe),} \\ NHCOC_{6}H_{4}OC_{10}H_{21} \text{ (IIx, IVx), NHCOC}_{6}H_{4}OC_{11}H_{23} \text{ (II3, IV3), NHCOC}_{6}H_{4}OCOC_{11}H_{23} \text{ (IIu, IVu),} \\ NHCOC_{6}H_{4}OCOC_{6}H_{4}C_{7}H_{15} \text{ (IIx, IVx), NHCOC}_{6}H_{4}OCOC_{6}H_{4}OC_{8}H_{17} \text{ (III, IVJ)} \end{split}$$

Полученные соединения представляют собой порошки сине-зеленого цвета. Наличие в их составе сложноэфирных и амидных группировок с различными алкильными цепочками придает комплексам растворимость некоторых в органических растворителях (хлороформ, ДМФА). Последнее позволило применить для их очистки жидкостную колоночную хроматографию на окиси алюминия.

Строение полученных соединений подтверждалось ЯМР H<sup>1</sup> и ИК-спектроскопией [3]. В ИК спектрах полученных комплексов обнаружены полосы поглощения, характерные для фталоцианинов [4], а также соответствующие функциональным заместителям, которые отмечены для исходных фталонитрилов.

Электронные спектры поглощения (ЭСП) N-ацилированных фталоцианинов (IV) в ДМФА (рис. 1, табл. 1) характеризуются наличием двух интенсивных полос поглощения, соотношение интенсивностей которых зависит от концентрации производных Pc в растворе. При разбавлении раствора интенсивность длинноволновой полосы уменьшается в меньшей степени, чем коротковолновой. Таким образом, можно предположить, что данные соединения находятся в растворе преимущественно в ассоциированной форме. При смене растворителя на хлороформ характер спектров несколько меняется. В ЭСП наблюдается одна широкая полоса поглощения в области 620 – 635 нм (рис.1). Даже очень большое разбавление раствора (до 10<sup>-7</sup> моль/л) не приводит к появлению длинноволновой компоненты, как в случае ДМФА. Разный характер спектров, вероятно, связан с различной склонностью производных Pc к ассоциации в зависимости от полярности растворителя. Небольшая диэлектрическая проницаемость у неполярных и малополярных растворителей приводит к уменьшению эффекта экранирования межмолекулярного взаимодействия Pc-Pc растворителем и, как следствие, способствует формированию ассоциатов, а также повышает их устойчивость по сравнению с полярными растворителями (ДМФА) [5].



Переход от N-ацилированных CuPc к ацилоксифталоцианинам меди сопровождается гипсохромным сдвигом длинноволновых полос поглощения в ДМФА примерно на 18 – 20 нм (табл. 1, рис. 2), что можно объяснить снижением электронодонорных свойств мостиковых групп.

 $2 - CuPc(4-O-CO-C_6H_4-O-CO-C_6H_4-OC_8H_{17})_4$ (III.J)

При анализе ЭСП О-ацилированных фталоцианинов в хлороформе и ДМФА отмечено наличие двух полос поглощения в интервале 600 – 700 нм, причем их соотношение зависит от концентрации фталоцианина в растворе, как и в случае N-ацилированных комплексов это свидетельствует об ассоциированном состоянии молекул в растворе.

Исходя из строения синтезированных комплексов и литературных данных [6, 7], можно предположить, что в растворах могут образовываться димеры, как за счет водородных связей между периферийными заместителями молекул фталоцианина, так и за счет  $\pi$ - $\pi$  взаимодействий макроциклов. На примере тетра-4-[(4'-гептилоксибензоил)окси]фталоцианина меди (**IV** $\Gamma$ ) методом калориметрического разведения, электронной абсорбционной спектроскопии изучены процессы ассоциации в хлороформе и показано, что в растворах с концентрацией 5·10<sup>-6</sup> ÷ 7·10<sup>-5</sup> М имеет место равновесие мономер – димер, а димеризация осуществляется по  $\pi$ - $\pi$ -типу [8].

Природа растворителя и ацильного остатка практически не влияют на положение полос поглощения (табл. 1).

При переходе от органических растворителей к концентрированной серной кислоте у всех синтезированных производных фталоцианина имеет место значительный батохромный сдвиг полос поглощения, обусловленный процессами протонирования по *мезо*-атомам азота [9].

Следует отметить, что в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> полосы поглощения N-ацилированных комплексов гипсохромно смещены по сравнению с соответствующими О-производными (рис. 3, табл. 1). Это связано с тем, что протонирование идет в первую очередь по атомам азота ациламиногрупп, что, возможно, приводит к снижению основности *мезо*атомов азота и как следствие этого – уменьшению степени их протонирования.



*Рис. 3.* ЭСП в  $H_2SO_4$  конц.: 1 – CuPc(4-OCOC<sub>6</sub> $H_5OC_9H_{19}$ )<sub>4</sub> (**Шж**); 2 – CuPc(4-NHCOC<sub>6</sub> $H_5OC_9H_{19}$ )<sub>4</sub> (**IVж**)

Таблица 1

электронные спектры синтезированных фталоцианинов меди Сирс
---

N⁰	ZOMOGTUTOJU D	λ <sub>max</sub> , нм		
	Заместитель к	CHCl <sub>3</sub>	ДМФА	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
IIIa	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	612, 673	610, 671	833
Шб	$-OCOC_6H_4OC_5H_{11}$	613, 673	615, 670	835
Шв	$-OCOC_6H_4OC_6H_{13}$	613, 672	614, 671	835
Шг	$-OCOC_6H_4OC_7H_{15}$	611, 673	618, 671	836
Шд	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	611, 672	617, 670	835
IIIe	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>9</sub> H <sub>19</sub>	612, 673	615, 617	833
Шж	$-OCOC_6H_4OC_{10}H_{21}$	611, 672	610, 671	836
III3	$-OCOC_6H_4OC_{11}H_{23}$	613, 672	612, 672	835
Ши	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCOC <sub>11</sub> H <sub>23</sub>	616, 672	611, 672	838
Шĸ	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	614, 672	618, 670	832
Шл	-OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	617, 672	615, 670	837
IVa	-NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	621	623, 690	758, 785
IVб	$-NHCOC_6H_4OC_5H_{11}$	633	622, 690	758 ,784
IVв	-NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	635	628, 692	760, 784
IVΓ	-NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	625	628, 692	760, 785
IVд	$-NHCOC_6H_4OC_8H_{17}$	624	630, 691	761, 784
IVe	$-NHCOC_6H_4OC_9H_{19}$	624	626, 692	760, 784
IVж	$-NHCOC_6H_4OC_{10}H_{21}$	626	623, 691	761, 785
IV3	$-\overline{NHCOC_6H_4OC_{11}H_{23}}$	620	620, 690	765, 784
IVи	$-NHCOC_6H_4OCOC_{11}H_{23}$	616	621, 690	762, 780
IVк	-NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	615	621, 690	762, 783
IVл	-NHCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OCOC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> OC <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	625	627, 690	762, 784

На основании данных поляризационной микроскопии (табл. 2, рис. 4, 5) отмечено, что соединения **Ша-з** и **IVа-з** мезоморфны. У тетра-4-[(4'-алкоксибензоил)ок-

≈≈≈≈≈

си]- (Ша-з) и тетра-4-[(4'-алкоксибензоил)амино]фталоцианинов меди (IVа-з) с увеличением длины алкильной цепочки понижается температура перехода в мезофазу, расширяя тем самым температурный интервал существования последней. Кроме того, на температуру фазового перехода оказывает влияние и природа мостиковой группы (-O-, -NH-). Так, тетра-4-{[4'-(пентилокси)бензоил]окси}фталоцианин меди (Шб) переходит в жидкокристаллическое состояние при 36,2 °C, а тетра-4-{[4'-(пентилокси)бензоил] амино}фталоцианин меди (IVб) – при 160,0 °C. Таким образом, тетра-4-[(4'-алкоксибензоил)окси]фталоцианины (Ша-з) формируют мезофазы при значительно более низких температурах по сравнению с соответствующими N-замещенными (IVа-з).



Рис. 4. Негеометрическая текстура CuPc(4-OCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OC<sub>8</sub>H<sub>17</sub>)<sub>4</sub> (Шл) в цикле охлаждения. Т=85,4 °С, поляризаторы скрещены, × 100



*Рис.* 5. Цветочная текстура CuPc(4-NHCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>)<sub>4</sub> (**IV** $\kappa$ ) в цикле охлаждения, T= 25,0 °С, поляризаторы скрещены, × 250

Также следует отметить, что изменение природы ацильного фрагмента существенно влияет на температуры фазовых переходов. Так, введение в ацильный остаток дополнительной сложноэфирной группировки приводит к снижению температуры перехода вещества в мезофазу для N-ацилированных фталоцианинов и противоположному результату – для O-ацилированных комплексов (табл. 2, рис. 4, 5).

Таблица 2

N⁰	Соединение	T <sub>Cr→Mes</sub> , <sup>o</sup> C
Шб	$CuPc(4-OCOC_6H_4OC_5H_{11})_4$	36,2
Шж	$CuPc(4-OCOC_6H_4OC_{10}H_{21})_4$	25,0
Шк	$CuPc(4-OCOC_6H_4OCOC_6H_4C_7H_{15})_4$	80,2
Шл	$CuPc(4-OCOC_6H_4OCOC_6H_4OC_8H_{17})_4$	85,9
IVõ	$CuPc(4-NHCOC_6H_4OC_5H_{11})_4$	160,0
IVΓ	$CuPc(4-NHCOC_6H_4OC_7H_{15})_4$	158,0
IVк	$CuPc(4-NHCOC_6H_4OCOC_6H_4C_7H_{15})_4$	25,0

# Температуры фазовых переходов кристалл – мезофаза по данным поляризационной микроскопии

Таким образом, на температуры фазовых переходов оказывает влияние как природа мостиковой группы (-O-, -NH-), так и длина алифатической составляющей заместителя. Кроме того соединения (Шк, л) проявляют способность к стеклованию с сохранением текстуры мезофазы, что создает предпосылки для их использования в оптоэлектронике [10].

Склонность соединений к ассоциативным процессам является предпосылкой формирования такими веществами лиомезофаз [10]. С целью проверки этого предположения проведены исследования ряда синтезированных медных комплексов.



88

*Рис. 6.* Пальцеобразная текстура лиотропной фазы CuPc(4-NHCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OC<sub>5</sub>H<sub>11</sub>)<sub>4</sub> (**IVб**) в ДМФА, T=159,2 °С, николи скрещены, × 200



*Рис.* 7. Шлирен-текстура лиотропной фазы CuPc(4-OCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCOC<sub>8</sub>H<sub>17</sub>)<sub>4</sub> (Шл) в хлороформе, T=20 °C, николи скрещены,  $\times$  100

Установлено, что среди О-ацилированных комплексов лиомезофазы в бинарной системе с органическими растворителями формируют только те, в состав которых входят алкоксильные группы (**Ша-з,** л) (рис. 7). Также следует отметить, что данные комплексы могут проявлять мезоморфное состояние только с малополярными и неполярными растворителями (хлороформ, бензол).

Исследование бинарных композиций N-ацилированных фталоцианинов меди (IV) с органическими растворителями (хлороформ, ДМФА) показало, что эти системы проявляют лиотропный мезоморфизм независимо от природы ацильного остатка (рис. 6).



*Рис. 8.* Фрагмент фазовой диаграммы соединения **IV6** с ДМФА при 2-м цикле нагрева: Glass – стеклофаза, Mes – мезофаза, I – изотропная жидкость

С целью определения областей существования мезофаз изучена бинарная система соединение IV6 – диметилформамид (ДМФА). Фрагмент фазовой диаграммы приведен на рис. 8. Как видно из рисунка, лиомезофаза существует в широком диапазоне концентраций (от 10 до 60 мас. %) и температур (от 25 до 120 °C). Верхний предел температур наблюдения ограничен его близостью с температурой кипения растворителя.

В результате исследования мезоморфных свойств у синтезированных медных комплексов – производных Рс обнаружена возможность формирования рядом из них как термотропных, так и лиотропных мезофаз. Причем все мезоморфные комплексы за исключением (Ши, к) обладают и лиотропным и термотропным мезоморфизмом, т. е. про-являют амфотропные свойства. Таким образом, значительно расширен круг металлокомплексов производных фталоцианина, проявляющих амфотропию, и показано влияние их молекулярный структуры на способность проявлять различные типы мезофазы.

#### Экспериментальная часть

Электронные спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре НІТАСНІ U-2001 в органических растворителях (ДМФА и хлороформе) и в концентрированной серной кислоте при комнатной температуре в диапазоне длин волн 325 – 900 нм. ИК спектры получали на спектрофотометре «AVATAR 360 FT-IR ESP». Образцы готовили по стандартной методике таблетирования в KBr. Элементный анализ синтезированных соединений осуществлялся на элементном анализаторе CHNS-O FlashEA, 1112 series. Фазовое состояние комплексов исследовали методом поляризационной микроскопии, используя оптический термополяризационный микроскоп типа «Leitz Laborlux 12 Pol», снабженный термостоликом «Mettler FP 82». Формирование лиотропных мезофаз изучалось в бинарных системах с органическими растворителями (хлороформ, ДМФА, бензол). Фазовые диаграммы построены на основании текстурных характеристик образцов бинарных систем, заключенных в герметичных плоских капиллярах.

# Синтез тетра-4-(4'-бензоилзамещенных)гидрокси(амино)фталоцианинов меди (III, IV)

Общая методика. Смесь 1 ммоль замещенного фталонитрила (**I**, **II**) и 0,3 ммоль ацетата меди тщательно растирали и нагревали в кварцевой ампуле до 170 – 175 °C, выдерживали при этой температуре в течение двух часов. Плав тщательно растирали, целевой продукт экстрагировали хлороформом и подвергали хроматографической очистке на окиси алюминия II степени активности (элюент – хлороформ: метанол, 4: 1). Выход, данные элементного анализа комплексов (**III, IV**) приведены в табл. 3.

Таблица 3

N⁰	Выход, г (%)	Брутто-формула	Данные элементного анализа. Найдено / Вычислено, %		
			С	Н	Ν
IIIa	0,37 (28)	C72O12N8H56Cu	66,8/67,1	4,6/4,4	8,5/8,7
Шб	0,39 (27)	$C_{80}O_{12}N_8H_{72}Cu$	68,3/68,6	5,8/5,2	7,8/8,0

### Выход, данные элементного анализа тетра-4-(4'-бензоилзамещенных)гидрокси(амино)фталоцианинов меди

#### Окончание табл. 3

Шв	0,39 (27)	$C_{84}O_{12}N_8H_{80}Cu$	69,0/69,2	6,0/5,5	7,5/7,7
Шг	0,38 (25)	$C_{88}O_{12}N_8H_{88}Cu$	70,0/69,9	6,3/5,9	7,0/7,4
Шд	0,44 (28)	$C_{92}O_{12}N_8H_{98}Cu$	70,0/70,4	6,8/6,2	7,0/7,1
IIIe	0,42 (26)	C <sub>96</sub> O <sub>12</sub> N <sub>8</sub> H <sub>104</sub> Cu	70,0/70,9	7,0/6,5	6,5/6,7
Шж	0,46 (27)	$C_{100}O_{12}N_8H_{112}Cu$	71,3/71,4	7,0/6,7	6,3/6,7
III3	0,50 (29)	$C_{104}O_{12}N_8H_{120}Cu$	71,6/71,9	7,5/7,0	6,4/6,5
Ши	0,37 (25)	$C_{108}O_{16}N_8H_{120}Cu$	69,8/70,1	7,0/6,5	6,0/6,1
Шĸ	0,43 (22)	$C_{116}O_{16}N_8H_{104}Cu$	71,9/72,2	6,0/5,4	5,4/5,8
Шл	0,50 (25)	$C_{120}O_{20}N_8H_{112}Cu$	70,0/70,3	6,1/5,5	5,0/5,5
IVa	0,39 (31)	$C_{72}O_8N_{12}H_{60}Cu$	67,0/67,3	5,0/4,7	13,3/13,1
IVб	0,45 (32)	$C_{80}O_8N_{12}H_{76}Cu$	68,2/68,8	6,0/5,5	11,8/12,0
IVв	0,45 (31)	$C_{84}O_8N_{12}H_{84}Cu$	69,0/69,4	6,3/5,8	11,3/11,6
IVΓ	0,47 (31)	$C_{88}O_8N_{12}H_{92}Cu$	69,8/70,0	6,5/6,1	11,0/11,1
IVд	0,47 (30)	$C_{92}O_8N_{12}H_{102}Cu$	70,0/70,5	7,0/6,6	10,2/10,7
IVe	0,48 (29)	$C_{96}O_8N_{12}H_{108}Cu$	70,9/71,1	6,8/6,7	10,2/10,3
IVж	0,49 (28)	$C_{100}O_8N_{12}H_{116}Cu$	71,4/71,6	7,1/7,0	9,8/10,0
IV3	0,54 (31)	$C_{104}O_8N_{12}H_{124}Cu$	72,0/72,1	7,6/7,2	9,3/9,7
IVи	0,40 (22)	$C_{108}O_{12}N_{12}H_{124}Cu$	72,6/72,8	7,6/7,0	9,2/9,4
IVк	0,41 (21)	$C_{116}O_{12}N_{12}H_{108}Cu$	72,0/72,4	5,9/5,7	8,6/8,7
IVл	0,42 (21)	$C_{120}O_{16}N_{12}H_{116}Cu$	70,3/70,5	5,8/5,7	8,0/8,2

#### Список литературы

- 1. Тарарыкина Т. В., Майзлиш В. Е., Шапошников Г. П., Жарникова Н. В., Быкова В. В., Усольцева Н. В. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2005. Вып. 3/4 (13/14). С. 21 27.
- 2. Тарарыкина Т. В., Майзлиш В. Е., Шапошников Г. П., Ананьева Г. А., Быкова В. В., Усольцева Н. В. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2006. Вып. 1/2 (15/16). С. 97 – 104.
- 3. Тарарыкина Т. В., Майзлиш В. Е., Галанин Н. Е., Шапошников Г. П., Быкова В. В., Усольцева Н. В. // ЖОрХ. 2007. Т. 43. Вып.11. С. 1718 – 1724.
- 4. The Porphyrin Handbook / eds. K. M. Kadish, K. M. Smith, R. Guilard. Academic Press : Elsevier Science (USA), 2003. Vol. 16. 3925 p.
- 5. *Теренин А. Н.* Фотоника молекул красителей и родственных соединений / под ред. А. Н. Теренина. Л. : Наука, 1967. 616 с.
- 6. Monohan A. R., Brado J. A., DeLuca A. F. // J. Phys. Chem. 1972. Vol. 76. № 3. P. 446 449.
- 7. Lebedeva N. Sh., Pavlycheva N. A., Petrova O. V., Parfenyuk E. V. // J. Porphyrins Phthalocyanines. 2005. Vol. 9. № 3. P. 240 247.
- 8. Вашурин А. С., Вьюгин А. И., Лебедева Н. Ш. и др. // Изв. вузов. Серия хим. и хим. технолог. 2009. Т. 52. Вып. 8. С. 46 50.
- 9. *Березин, Б. Д.* Координационные соединения порфиринов и фталоцианина М. : Наука, 1978. 280 с.
- 10. Жидкие кристаллы: дискотические мезогены / под ред. Н. В. Усольцевой. Иваново : Иван. гос. ун-т, 2004. 546 с.

Поступила в редакцию 10.08.2010 г.