

СИНТЕЗ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАКРОГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ФРАГМЕНТАМИ МЕТИЛИНДАНДИОНА

Г.Р. Березина, К.А. Николаева

Галина Рудольфовна Березина *, Карина Алексеевна Николаева

Кафедра технологии тонкого органического синтеза, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский просп.,7, Иваново, Российская Федерация, 153000

E-mail: berezina@isuct.ru *, risha_96@bk.ru

Настоящее сообщение является продолжением систематических исследований авторов в области синтеза и изучения свойств макрогетероциклических соединений, так как большие возможности структурной модификации позволяют в настоящее время синтезировать макрогетероциклические соединения, различающиеся составом, природой входящих в них гетероатомов и делают этот класс соединений перспективным с точки зрения направленного синтеза для получения веществ с ценными практическими свойствами. При взаимодействии диимина 2-метилиндандиона-1,3 с 2,4-диаминобензолсульфонокислотой и 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазолом синтезированы продукты конденсации в мольном соотношении 2:1. Продукты конденсации представляют собой порошкообразные вещества с различными оттенками красного цвета, растворимые в воде и органических растворителях различной природы. Макрогетероциклические соединения синтезированы двумя способами. Первый способ заключается в циклизации соединений состава 2:1 в симметричную структуру, а второй – в мольном соотношении исходных веществ. Очистку проводили методом колоночной хроматографии на окиси алюминия II степени активности по Брокману элюент ацетон - хлороформ, 1:1 по объему. Идентификацию продуктов синтеза проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинах Silufol UV-254 (элюент – ацетон - хлороформ, 1:1 по объему). Полученные соединения охарактеризованы данными инфракрасной, электронной и ¹H ЯМР спектроскопии. Электронные спектры поглощения измерены на приборе Hitachi U-2010 в кварцевых кюветках при 20 °С. ИК спектры получены на приборе Avatar 360 FT-IR ESP в KBr. Спектры ¹H ЯМР растворов образцов в ацетоне – D₆ регистрировали на приборе «Brucker AMD 500» с внутренним стандартом TMS. Данные элементного анализа получены на приборе CHNS-O Analyzer FlashEA 1112 Series. Отмечено гипсохромное смещение полос поглощения при замыкании в цикл. Уширенные полосы поглощения в видимой части электронного спектра указывают на то, что молекулы синтезированных соединений не имеют плоского строения, и поглощение обусловлено отдельными фрагментами, которые входят в состав молекул, и нет единой цепочки сопряжения синтезированных структур.

Ключевые слова: метилиндандион, диамины, синтез, спектроскопия, макрогетероциклические соединения

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF MACROCYCLIC COMPOUNDS WITH FRAGMENT OF METHYLINDANDONE

G.R. Berezina, K.A. Nikolaeva

Galina R. Berezina *, Karina A. Nikolaeva

Department of Technology of Fine Organic Synthesis, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevskiy ave.,7, Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: berezina@isuct.ru *, risha_96@bk.ru

The present communication is a continuation of the systematic studies of the authors in the field of synthesis and studying the properties of macroheterocyclic compounds, as large as possible structural modifications allow currently to synthesize macroheterocyclic compounds, differing in composition, the nature of their constituent heteroatoms and make this class of compounds promising from the point of view of directed synthesis to obtain materials with valuable practical properties. Condensation products and macroheterocyclic compounds of a symmetrical structure are synthesized by the interaction of diimine 2-methylindandione-1,3 with 2,4-diaminobenzenesulfonic acid and 3,5-diamino-1,2,4-thiadiazole in a molar ratio of 2:1. Condensation products constitute a powdery substance with different shades of red color, soluble in water and organic solvents of different nature. Macroheterocyclic compounds were synthesized with two ways. The first method is cyclization of compounds of structure 2:1 in a symmetric structure, and the second in a molar ratio of the starting materials. A purification was performed by column chromatography on alumina of II degree of activity by Brockmann eluent acetone - chloroform, 1:1 by volume. An identification of the synthesis products was performed by thin-layer chromatography on plates Silufol UV-254 (eluent – acetone - chloroform, 1:1 by volume). The compounds were characterized by data of IR, electronic and ^1H NMR spectroscopy. Electronic absorption spectra were measured on instrument Hitachi U-2010 in quartz cuvettes at 20 °C. IR spectra were obtained on the device Avatar 360 FT-IR ESP in KBr. ^1H NMR spectra of solutions of samples in acetone – D_6 were recorded on device "AMD Bruker 500" with an internal standard of TMS. The data of elemental analysis obtained on the instrument CHNS-O Analyzer FlashEA 1112 Series. A hypsochromic shift of the absorption bands was observed upon closure in a cycle. The widened absorption bands in the visible part of the electron spectrum indicate that the molecules of synthesized compounds have a flat structure and the absorption due to individual fragments, which are part of molecules and single-chain pairing of the synthesized structures.

Keywords: methylindandione, diamines, synthesis, spectroscopy, macroheterocyclic compounds

Для цитирования:

Березина Г.Р., Николаева К.А. Синтез и физико-химические свойства макрогетероциклических соединений с фрагментами метилиндандиона. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 6. С. 29–34

For citation:

Berezina G.R., Nikolaeva K.A. Synthesis and properties of macrocyclic compounds with fragment of methylindandione. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 6. P. 29–34

Из всего многообразия органических веществ выделяются высокомолекулярные соединения, которые имеют циклическое строение и содержат не менее двенадцати атомов в большом внутреннем цикле (атомов азота, углерода, металла и др.), это так называемые макрогетероциклические соединения. Особое место отведено соединениям, полученным на основе индандиона-1,3 и его производных. 1,3-Индандион и его замещенные – чрезвычайно реакционноспособные соединения, принимающие участие в разнообразных химических превращениях. Причиной этого является их высокая реакционная способность, благодаря наличию в молекулах карбонильной и метиленовой групп [1-11]. Его производные являются коагулянтами крови, обладают защитными свойствами против действия γ -лучей на наследственность, оказывают влияние на деятельность центральной нервной си-

стемы, проявляя наркотическое и противосудорожное действие, используются в сельском хозяйстве в качестве эффективным родентицидов [12-15].

Накопление фактического материала по свойствам макрогетероциклических соединений различных классов позволит решить задачу направленного синтеза веществ с заранее заданными свойствами, а также окажет влияние на решение проблемы цветности и реакционной способности.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Электронные спектры поглощения измерены на приборе Hitachi U-2010 в органических растворителях в кварцевых кюветах при 20 °C. ИК спектры получены на приборе Avatar 360 FT-IR ESP в KBr. Спектры ^1H ЯМР растворов образцов в ацетоне – D_6 регистрировали на приборе «Bruker AMD 500» с внутренним стандартом ТМС. Данные элементного анализа получены на приборе CHNS-O

Analyzer FlashEA 1112 Series. Для контроля чистоты продуктов реакции использовали ТСХ на пластинках Silufol UV-254 (элюент – ацетон – хлороформ, 1:1 по объему). Продукты реакции очищали методом колоночной хроматографии на окиси алюминия II степени активности по Брокману, элюент ацетон – хлороформ, 1:1 по объему.

1-Имино- N^3 -[4-(1-имино-2-метил-1*H*-инден-3-иламино)]-2-бензолсульфокислота (4). Смесь 0,0445 г (3,16 ммоль) диимина 2-метилиндандиона (1) и 0,041 г (1,6 ммоль) 2,4-диаминобензолсульфокислоты (2) нагревали в 10 мл этилового спирта при кипении 25 ч. Выпавший при охлаждении реакционной массы осадок отфильтровывали и сушили на воздухе. Выход: 0,046 г (35%), порошкообразное вещество красно-оранжевого цвета, не плавится до 300 °С, R_f 0,48, растворимо в воде. УФ спектр (H_2O), λ_{max} , нм (lg ϵ): 380, 525 (4,5). ИК спектр, cm^{-1} : 720 (ν_{C-S}), 1049 ($\nu_{S=O}$), 1125 (ν_{C-N}), 1264 (ν_{C-C}), 1378 (ν_{C-H}), 1661 ($\nu_{C=N}$), 1721 ($\nu_{C=O}$), 2925 (ν_{OH}), 3345 (ν_{N-H}). Найдено, %: С 65,8; Н 5,0; N 11,8; O 9,9; S 6,0. $C_{26}H_{22}N_4O_3S_1$. Вычислено, %: С 66,38; Н 4,68; N 11,91; O 10,22; S 6,81.

4¹H,9³H-3,5,8,10-Тетрааза-4,9(1,3)-дифенилиден-1,2,6,7(1,4)-добензолсульфокислота-3(4¹),9³(10)-диен (6). Смесь 0,1319 г (1,35 ммоль) соединения (4) и 0,1255 г (1,55 ммоль) 2,4-диаминобензолсульфокислоты (2) нагревали в 11 мл ДМФА при кипении 10 ч. Растворитель отогнали, осадок отфильтровали и сушили. Выход: 0,044 г (25%), порошкообразное вещество красно-оранжевого цвета, не плавится до 300 °С, R_f 0,77. УФ спектр (ДМФА), λ_{max} , нм (lg ϵ): 420 (4,3). ИК спектр, cm^{-1} : 716 (ν_{C-S}), 1049 ($\nu_{S=O}$), 1126 (ν_{C-N}), 1265 (ν_{C-C}), 1379 (ν_{C-H}), 1606 ($\nu_{C=N}$), 1721 ($\nu_{C=O}$), 2924 (ν_{OH}), 3344 (ν_{N-H}). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 1,8 с (6H, 2-CH₃); 7,6-8 м (8H). Найдено, %: С 58,8; Н 4,3; N 10,5; O 13,9; S 9,7. $C_{32}H_{24}N_4O_6S_2$. Вычислено, %: С 61,54; Н 3,85; N 8,97; O 15,38; S 10,26.

1-Имино- N^3 -[3-(1-имино-2-метил-1*H*-инден-3-иламино)-1,2,4-тиадиазол-5-ил]-1-имино-2-метилинден-3-амин (5). Смесь 2 г (12 ммоль) соединения (1) и 0,7 г (6 ммоль) 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазола (3) нагревали в 10 мл этилового спирта при кипении 25 ч. Выпавший при охлаждении реакционной массы осадок отфильтровывали и сушили на воздухе. Выход: 1,54 г (55%), порошкообразное вещество красного цвета, $T_{нач.разл.}$ 200 °С, растворимо в этаноле, хлороформе, ДМФА. УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 356, 382 (4,2) (ДМФА); 350,

385 (4,1) (хлороформ). ИК спектр, cm^{-1} : 617 (ν_{C-S}), 1131 ($\nu_{C=N}$), 1263 (ν_{C-N}), 1399 (ν_{C-C}), 1642 ($\nu_{C=C}$), 3414 (ν_{N-H}). Найдено, %: С 64,05; Н 5,43; N 19,55; S 7,59. $C_{22}H_{18}N_6S$. Вычислено, %: С 66,33; Н 4,52; N 21,11; S 8,04.

4¹H,9³H-3,5,8,10-Тетрааза-4,9(1,3)-дифенилиден-1,2,6,7(1,4)-дитиадиазолил-1,2,4-3(4¹),9³(10)-диен (7).

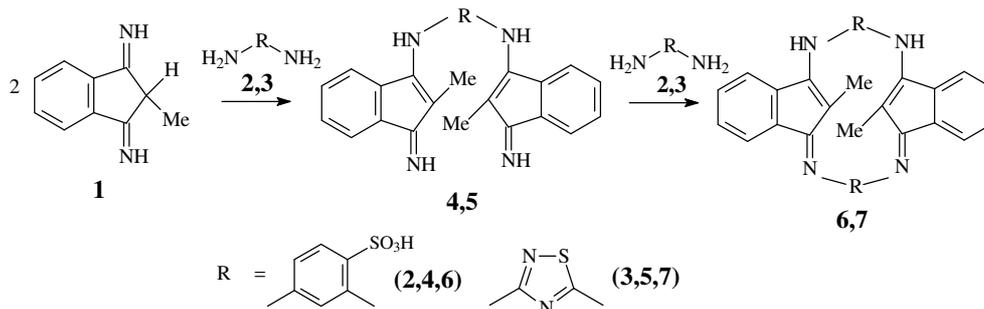
Первый способ. Смесь 0,013 г (0,033 ммоль) соединения (5) и 0,01 г (0,13 ммоль) 2,5-диамино-1,2,4-тиадиазола (3) нагревали в 5 мл ДМФА 6 ч. По окончании реакции раствор охлаждали, выливали в воду, нейтрализовали слабым раствором щелочи, осадок отфильтровывали. Выход: 0,009 г (59%), порошкообразное вещество ярко-красного цвета, $T_{нач.разл.}$ 200 °С. Найдено, %: С 58,85; Н 4,43; N 21,91; S 12,35. $C_{24}H_{16}N_8S_2$. Вычислено, %: С 60; Н 3,34; N 23,33; S 13,33.

Второй способ. Смесь 0,49 г (3,5 ммоль) диимина 2-метилиндандиона (1) и 0,36 г (3,1 ммоль) 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазола (3) нагревали в 7 мл ледяной уксусной кислоты 3 ч. По окончании реакции раствор охлаждали, выливали в воду, нейтрализовали слабым раствором щелочи, выпавший при охлаждении реакционной массы осадок отфильтровывали, промывали ледяной водой и сушили. Выход: 0,31 г (38%), порошкообразное вещество ярко-красного цвета, $T_{нач.разл.}$ = 200 °С. УФ спектр, λ_{max} , нм (lg ϵ): 350, 468 (4,55) (ДМФА); 350, 425 (хлороформ) (4,45); 352, 448 (ацетон:хлороформ); 340, 465 (H_2O); 451(этанол); 405 (H_2SO_4). ИК спектр, cm^{-1} : 630 (ν_{C-S}), 1115 ($\nu_{C=N}$), 1153 (ν_{C-C}), 1271 (ν_{C-N}), 1609 ($\nu_{C=O}$), 3422 (ν_{N-H}). Спектр ЯМР ¹H, δ , м.д.: 2,5 с (6H, 2-CH₃); 7,4-8,2 м (8H). Найдено, %: С 57,85; Н 4,37; N 22,54; S 12,95. $C_{24}H_{16}N_8S_2$. Вычислено, %: С 60; Н 3,34; N 23,33; S 13,33.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Диимин 2-метилиндан-1,3-дион (1) представляет собой кристаллическое вещество темно-красного цвета в порошке, растворим в горячей воде, спирте, уксусной кислоте, имеющий $T_{пл.}$ 103 °С. Синтез диимина осуществлялся циклизацией эфиров с получением 2-метилиндан-1,3-диона, который иминируется в диимин [16].

Взаимодействием диимина 2-метилиндан-1,3-диона 1 с 2,4-диаминобензолсульфокислотой 2, 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазолом 3 в мольном соотношении 2:1 в кипящем этаноле до прекращения выделения аммиака из реакционной массы (25 ч) синтезированы соединения (4,5) соответственно.



Продукты конденсации представляют собой порошкообразные вещества красно-оранжевого и красного цвета, растворимые в воде, этаноле, ДМФА, при нагревании разлагаются. Очистку проводили методом колоночной хроматографии на окиси алюминия, используя в качестве элюента смесь ацетон – хлороформ, 1:1 и этанол.

Макрогетероциклические соединения **6**, **7** синтезировали при взаимодействии соединений **4**, **5** с 2,4-диаминобензолсульфокислотой **2**, 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазолом **3** в ДМФА. Макрогетероциклические соединения **6**, **7** – порошкообразные вещества с различными оттенками красного цвета, имеющие различные температуры разложения. Идентификацию продуктов синтеза проводили методом тонкослойной хроматографии по известной методике [17].

Спектроскопические исследования показали, что в ИК спектрах в области $2900\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ у всех синтезированных соединений наблюдаются полосы поглощения групп NH. В ИК спектрах присутствует интенсивная полоса колебаний связи $\text{C}=\text{N}$. Поглощение в интервале $850\text{--}1400\text{ см}^{-1}$ обуславливается, в основном, колебаниями органической молекулы, содержащей одинарные $\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{N}$, $\text{C}-\text{H}$ и $\text{C}-\text{S}$ связи [18-20].

При переходе к замкнутым макроциклам, в основном, характер спектров сохраняется и подтверждает их сопряженное строение.

Особенностью синтезированных соединений является тот факт, что они растворимы в воде и во многих органических растворителях. Электронные спектры поглощения соединений **4**, **5** регистрировали в воде, хлороформе, ДМФА, макроциклов **6**, **7** – в воде, ДМФА, хлороформе и этаноле.

Поглощение в области $200\text{--}380\text{ нм}$ относится к электронным переходам с участием фрагментов диимина 2-метилиндан-1,3-диона **1**.

Полосы поглощения в области $440\text{--}525\text{ нм}$ вызваны $\pi\text{-}\pi$ -электронными переходами в пределах цепи сопряжения соединения.

Q полоса при $\lambda = 440\text{--}525\text{ нм}$ обуславливает цвет соединений и вызвана электронными перехо-

дами вдоль всей молекулы. Казалось бы, цвет синтезированных соединений должен быть глубже. На самом деле этого не происходит. Очевидно, цвет, в данном случае, определяется лишь цепочкой сопряжения отдельных фрагментов молекулы.

Замыкание в цикл приводит к гипсохромному сдвигу Q полосы (рис. 1). Это объясняется тем, что атом серы имеет свободные d орбитали и стягивает на них электроны. Уширенные полосы поглощения в видимой части электронного спектра указывают на то, что молекулы синтезированных соединений не имеют плоского строения, и поглощение обусловлено отдельными фрагментами, которые входят в состав молекул, и нет единой цепочки сопряжения синтезированных структур (рис. 2).

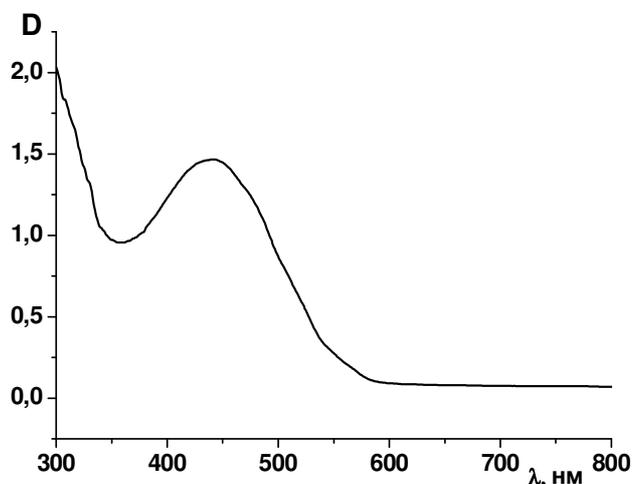


Рис. 1. Электронный спектр поглощения соединения **6** в воде, $c = 10^{-4}$ моль/л

Fig. 1. Electron absorption spectrum of compound **6** in water, $c = 10^{-4}$ mol/l

Об этом также свидетельствуют данные спектров ^1H ЯМР, из которых видно, что метильные группы выходят из плоскости инденовой системы.

Спектры ^1H ЯМР соединений **6** и **7** характеризуются двумя группами сигналов: синглеты в области 1,8 и 2,5 м.д. (1:1), что означает наличие метильных групп, и мультиплеты в области 7,4-8,2 м.д. (1:1,5), что говорит о наличии метильных заместителей в координационной полости молекулы и

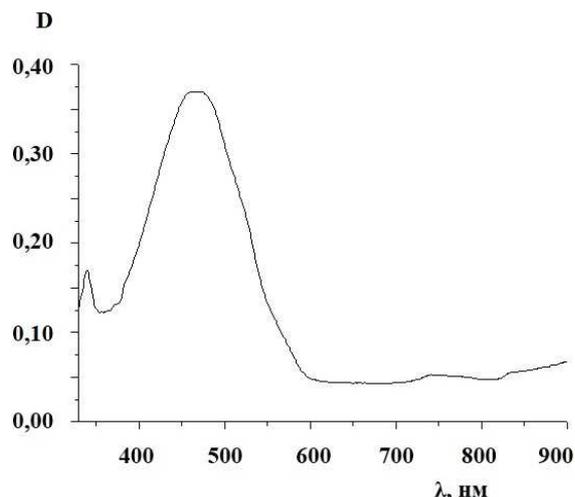


Рис. 2. Электронный спектр поглощения соединения 7 в воде, $c = 10^{-3}$ моль/л

Fig. 2. Electron absorption spectrum of compound 7 in water, $c = 10^{-3}$ mol/l

ЛИТЕРАТУРА

1. Березина Г.Р., Воробьев Ю.Г. Синтез и физико-химические свойства гетероциклических соединений на основе 5,7-диимино-2,5,6,7-тетрагидро-1H-циклопента[cd]феналена. *ЖОХ*. 2004. Т. 74. Вып. 3. С. 447-450.
2. Березина Г.Р., Воробьев Ю.Г., Воробьева С.М., Андрейкина И.А. Синтез и исследование макрогетероциклических соединений на основе 5,7-диимино-2,5,7,10-тетрагидро-1H-6-гидро-2H-циклогекса[f,g]нафталина. *ЖОХ*. 2004. Т. 74. Вып. 8. С. 1355-1359.
3. Березина Г.Р., Воробьев Ю.Г., Смирнов Р.П., Соколова Н.В. Синтез комплексов меди, кобальта и цинка с макрогетероциклическими лигандами на основе 1,3-индандиона. *ЖОХ*. 2004. Т. 74. Вып. 11. С. 1902-1906.
4. Куликов М.А., Неустроева Н.Р., Воробьев Ю.Г. Пиридиновый аналог диамино-β-изоиндиго и биядерные металлмакрогетероциклы на его основе. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2004. Т. 47. Вып. 10. С. 44-48.
5. Березина Г.Р., Воробьев Ю.Г., Воробьева С.М. Синтез и свойства макрогетероциклов на основе аналога 1,3-индандиона. *ЖОХ*. 2005. Т. 75. Вып. 12. С. 2036-2038.
6. Березина Г.Р., Воробьев Ю.Г. Синтез и свойства макрогетероциклических соединений с фрагментами замещенных бензидина. *ЖОХ*. 2006. Т. 76. Вып. 8. С. 1369-1374.
7. Березина Г.Р., Шапошников Г.П. Синтез карбоциклов с фрагментами замещенных фенилендиаминов и комплексов меди (II), кобальта (II) и цинка (II) на их основе. *ЖОХ*. 2011. Т. 81. Вып. 11. С. 1844-1848.
8. Березина Г.Р., Фомина И.С. Синтез и свойства макрогетероциклических соединений с фрагментами 1-имино-2-фенил-1H-инден-3-амин. *ЖОХ*. 2014. Т. 84. Вып. 7. С. 1112-1116.
9. Березина Г.Р., Фомина И.С. Синтез и свойства макрогетероциклических соединений с фрагментами замещенных м-диаминов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2014. Т. 57. Вып. 8. С. 3-7.
10. Березина Г.Р., Купцова К.Д., Березина Н.М. Синтез и свойства макроциклических соединений с фрагментами 2-метилиндандиона и замещенных бифенила. *ЖОХ*. 2015. Т. 85. Вып. 3. С. 420-424.

наличие бензольных фрагментов в соединениях. Мультиплеты указывают на низкую симметрию молекулы макрогетероциклов.

Метильные группы выходят из плоскости макроцикла и располагаются над инденовыми кольцами, таким образом они попадают в их кольцевую току, и поэтому пик смещается вправо по шкале (3→1,8 и 2,5 м.д.).

ВЫВОДЫ

В результате исследования синтезированы макрогетероциклические соединения с фрагментами диимино 2-метилиндандиона, 2,4-диаминобензолсульфо кислоты и 3,5-диамино-1,2,4-тиадиазола. Приведены спектральные характеристики синтезированных соединений.

REFERENCES

1. Berezina G.R., Vorob'ev Yu.G. Synthesis and physico-chemical properties of heterocyclic compounds based on the 5,7-diimino-2,5,6,7-tetrahydro-1H-cyclopenta[cd]phenalene. *Zhurn. Org. Khim.* 2004. V. 74. N 3. P. 447-450 (in Russian).
2. Berezina G.R., Vorob'ev Yu.G., Vorob'eva S.M., Andreikina I.A. Synthesis and study of macroheterocyclic compounds based on the 5,7-diimino-2,5,7,10-tetrahydro-1H-6-hydro-2H-cyclohexa[f,g]naphthalene. *Russ. J. Organic. Chem.* 2004. V. 74. N 8. P. 1254-1258. DOI: 10.1007/s11176-005-0147-8.
3. Berezina G.R., Vorob'ev Yu.G., Smirmov R.P., Sokolova N.B. Synthesis of complexes of copper, cobalt and zinc with macroheterocyclic ligands based on 1,3-indandione. *Russ. J. Organic. Chem.* 2004. V. 74. N 11. P. 1770-1774. DOI: 10.1007/s11176-005-0099-z.
4. Kulikov M.A., Neustroeva N.R., Vorob'ev Yu.G. The pyridine analogue of a diamino-β-sondigo and the binuclear metallographically based on it. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2004. V. 47. N 10. P. 44-48 (in Russian).
5. Berezina G.R., Vorob'ev Yu.G., Vorob'eva S.M. Synthesis and properties of macroheterocycles on the basis of the analogue of 1,3-indandione. *Russ. J. Organic. Chem.* 2005. V. 75. N 12. P. 1946-1948. DOI: 10.1007/s11176-006-0019-x.
6. Berezina G.R., Vorob'ev Yu.G. Synthesis and properties of macroheterocyclic compounds with fragments of substituted benzidine. *Russ. J. Organic. Chem.* 2006. V. 76. N 8. P. 1314-1319. DOI: 10.1134/S1070363206080275.
7. Berezina G.R., Shaposhnikov G.P. The synthesis of carbocycles with fragments of substituted phenylenediamines and complexes of copper (II), cobalt (II) and zinc (II) based on them. *Russ. J. Organic. Chem.* 2011. V. 81. N 11. P. 2294-2298. DOI: 10.143/S1070363211110120.
8. Berezina G.R., Fomina I.S. Synthesis and properties of macroheterocyclic compounds containing 1-imino-2-phenyl-1H-inden-3-amine fragments. *Russ. J. Organic. Chem.* 2014. V. 84. N 7. P. 1308-1312 (in Russian). DOI: 10.1134/S107036321407010X.
9. Berezina G.R., Fomina I.S. Synthesis and properties of macroheterocyclic compounds with fragments of substituted

11. **Березина Г.Р., Купцова К.Д., Березина Н.М.** Синтез и исследование физико-химических свойств макрогетероциклических соединений с фрагментами *p*-диаминов диарильного ряда. *ЖОрХ*. 2015. Т. 51. Вып. 2. С. 279-282.
12. **Muzart J.** Homogeneous CrVI-Catalyzed Benzylic, Allylic and Propargylic Oxidations by tert-Butyl Hydroperoxide. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. 2009. N 6. P. 9-20.
13. **Hansen D.B., Jollie M.M.** The development of novel ninhydrin analogues. *Chem. Soc. Rev.* 2005. N 34. P. 408–417. DOI: 10.1039/b315496n.
14. **Hansen D.B., Jollie M.M.** The development of novel ninhydrin analogues. *Chem. Soc. Rev.* 2005. N 34. P. 408–417.
15. **Matos M.A., Miranda M.S., Monte M.J., Santos L.M., Morais V.M., Chickos J.S., Umnahanant P., Liebman J.F.** Calorimetric and computational study of indanones. *J. Phys. Chem.* 2007. N 111. P. 187-189.
16. **Nematollahi D., Akaberi N.** Electrochemical Study of Bromide in the Presence of 1,3-Indandione. Application to the Electrochemical Synthesis of Bromo Derivatives of 1,3-Indandione. *Molecules*. 2001. N 6. P. 639-646.
17. **Березкин В.Г., Бочков А.С.** Количественная тонкослойная хроматография. Инструментальные методы. М.: Наука. 1980. 183 с.
18. **Гордон А., Форд Р.** Спутник химика. М.: Мир. 1976. 541 с.
19. **Беллами Л.** Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: ИИЛ. 1963. 590 с.
20. **Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К.** Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2006. С. 251-318.
- m-diamines. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2014. V. 57. N 8. P. 3-7 (in Russian).
10. **Berezina G.R., Kuptsova K.D., Berezina N.M.** Synthesis and properties of macroheterocyclic compounds containing 2-methylindan-1,3-dione and substituted biphtnyl fragments. *Russ. J. Organic. Chem.* 2015. V. 85. N 3. P. 584-588. DOI: 10.1134/S1070363215030093.
11. **Berezina G.R., Kuptsova K.D., Berezina N.M.** Synthesis and study of properties of macroheterocycle compounds with fragments of *p*-diamines of diaryl set. *Zhur. Org. Khim.* 2015. V. 51. N 2. P. 279-282 (in Russian).
12. **Muzart J.** Homogeneous CrVI-Catalyzed Benzylic, Allylic and Propargylic Oxidations by tert-Butyl Hydroperoxide. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. 2009. N 6. P. 9-20.
13. **Hansen D.B., Jollie M.M.** The development of novel ninhydrin analogues. *Chem. Soc. Rev.* 2005. N 34. P. 408–417. DOI: 10.1039/b315496n.
14. **Hansen D.B., Jollie M.M.** The development of novel ninhydrin analogues. *Chem. Soc. Rev.* 2005. N 34. P. 408–417.
15. **Matos M.A., Miranda M.S., Monte M.J., Santos L.M., Morais V.M., Chickos J.S., Umnahanant P., Liebman J.F.** Calorimetric and computational study of indanones. *J. Phys. Chem.* 2007. N 111. P. 187-189.
16. **Nematollahi D., Akaberi N.** Electrochemical Study of Bromide in the Presence of 1,3-Indandione. Application to the Electrochemical Synthesis of Bromo Derivatives of 1,3-Indandione. *Molecules*. 2001. N 6. P. 639-646.
17. **Berezkin V.G., Bochkov A.S.** Quantitative thin-layer chromatography. Instrumental methods. М.: Nauka. 1980. 183 с. (in Russian).
18. **Gordon A., Ford R.** The chemist's companion. М.: Mir. 1976. 541 p. (in Russian).
19. **Bellamy L.** Infrared spectra of complex molecules. М.: ИЛ. 1963. 590 p. (in Russian).
20. **Prech E., Bühlmann P.F., Affolter K.** Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data. М.: Binomial. Knowledge laboratory. 2006. P. 251-318. (in Russian).

Поступила в редакцию 23.11.2017
Принята к опубликованию 18.04.2018

Received 23.11.2017
Accepted 18.04.2018