

И. Е. Толпыгин^{а,*}, Е. Н. Шепеленко^б, Ю. В. Ревинский^б,
А. Д. Дубоносов^б, В. А. Брень^а, В. И. Минкин^{а,б}

НОВЫЕ ХЕМОСЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ РЯДА БЕНЗО[*de*]ИЗОХИНОЛИН-1,3-ДИОНА

Взаимодействием 2-бензил-6-бромбензо[*de*]изохинолин-1,3-диона с этилендиамином и гидразином синтезированы новые производные бензо[*de*]изохинолин-1,3-дионной системы, содержащие аминогруппу. Дальнейшая функционализация свободных аминогрупп приводит к иминам, аминам, тиомочевине и гидразонам. Некоторые соединения проявляют высокую хемосенсорную селективность при определении анионов.

Ключевые слова: азометины, аминоэтиламины, бензо[*de*]изохинолин-1,3-дионы (1,8-нафталимиды), гидразины, гидразоны, флуоресценция, хемосенсорная активность.

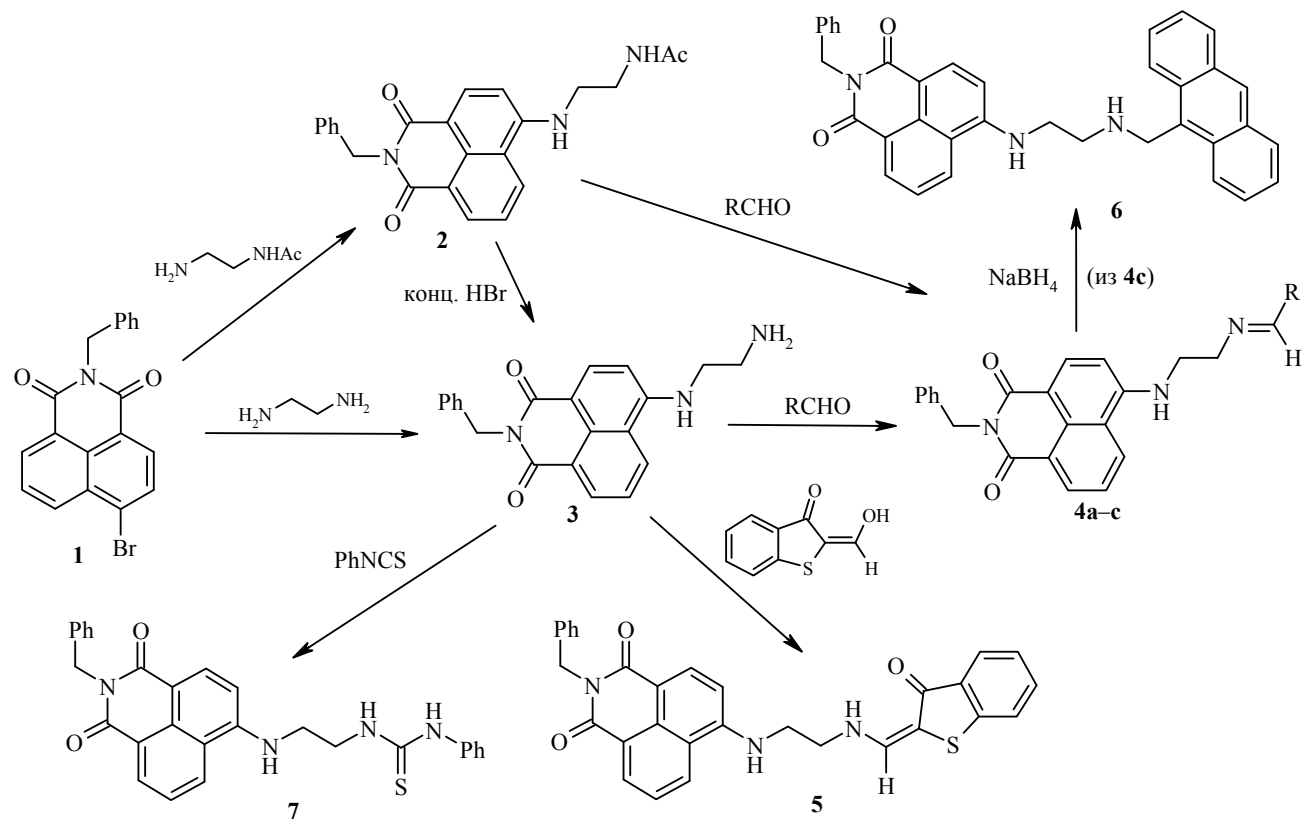
Ранее мы сообщали, что *N,N*-бис(антрацен-9-илметил)алкандиамины и их производные проявляют свойства высокоэффективных флуоресцентных хемосенсоров различных катионов, а именно: H^+ , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} и др. [1–5]. Основным механизмом действия данных сенсорных систем является РЕТ (photoinduced electron transfer) эффект [6–9].

Варьирование структуры флуорофора, входящего в подобные системы, приводит не только к изменению сенсорных свойств, но и к смене действующего эффекта. Так, в случае использования в качестве сигнального фрагмента производных 1,8-нафталимида доминирующим становится РСТ (photoinduced charge transfer) эффект [6, 9].

Нафталимидные системы широко используются в качестве эффективных флуоресцентных и колориметрических сенсоров катионов и анионов [10–14]. Особый интерес вызывают соединения, которые содержат свободную аминогруппу, способную к дальнейшей трансформации, в частности к введению дополнительных комплексообразующих фрагментов и/или флуорофоров. Таким образом, появляется возможность варьировать эффективность, селективность и другие сенсорные параметры.

Перспективными синтонами для ионохромных сенсоров являются бензо[*de*]изохинолин-1,3-дионы, содержащие аминоалкильные или гидразиновые фрагменты [12, 13]. Для дальнейшего исследования хемосенсоров с полиаминными рецепторами мы синтезировали соединения **2–10**. Диамин **3** был получен взаимодействием бромпроизводного **1** с этилендиамином [12] или *N*-(2-аминоэтил)ацетамидом с последующим кислотным гидролизом амида **2**. В спектрах ЯМР 1H производных **2, 3** проявляются характерные сигналы протонов CH_2CH_2 -фрагмента, а также аминных и амидной групп.

Взаимодействием ароматических альдегидов и 2-гидроксиэтилбензо[*b*]тиофен-3-она с амином **3** получена серия иминов **4a–c**, а также производное **5**. Реакции сопровождаются исчезновением в спектрах ЯМР 1H сигнала протонов NH_2 -группы и появлением сигналов дополнительных ароматических и CH -протонов. Соединения **4a–c** также получены взаимодействием соответствующих альдегидов с ацетамидом **2** при нагревании в 1-бутаноле.



4 a R = 2-HO-4-MeC₆H₃, b R = 2-HO-5-MeOC₆H₃, c R = антрацен-9-ил

Восстановлением азометина **4c** в смеси ДМФА–этанол получена бифлуорофорная диаминная система **6**, при этом в спектре ЯМР ^1H этого соединения сигналы протонов CH_2 -групп алкильной цепочки проявляют существенный сильнополюный сдвиг на 0.4 и 1.07 м. д. относительно аналогичных сигналов производного **4c**, а также появляется сигнал протонов CH_2 -Ant-фрагмента при 4.70 м. д.

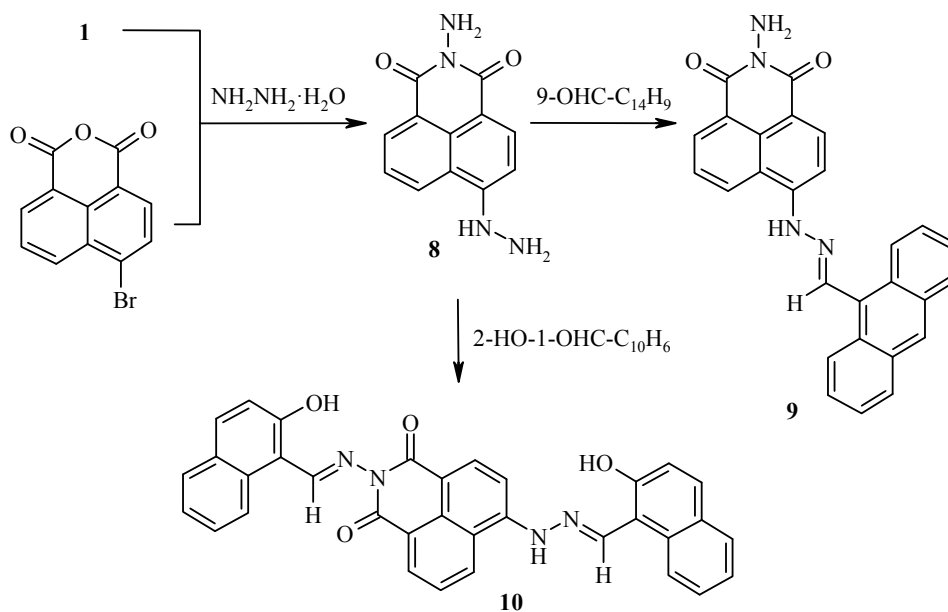
Модификация амина **3** осуществлена введением тиомочевинного фрагмента. Независимо от условий проведения реакции и количества используемого фенилизотиоцианата удалось ввести только одну молекулу тиомочевины, что связано, вероятно, с имеющимися стерическими препятствиями.

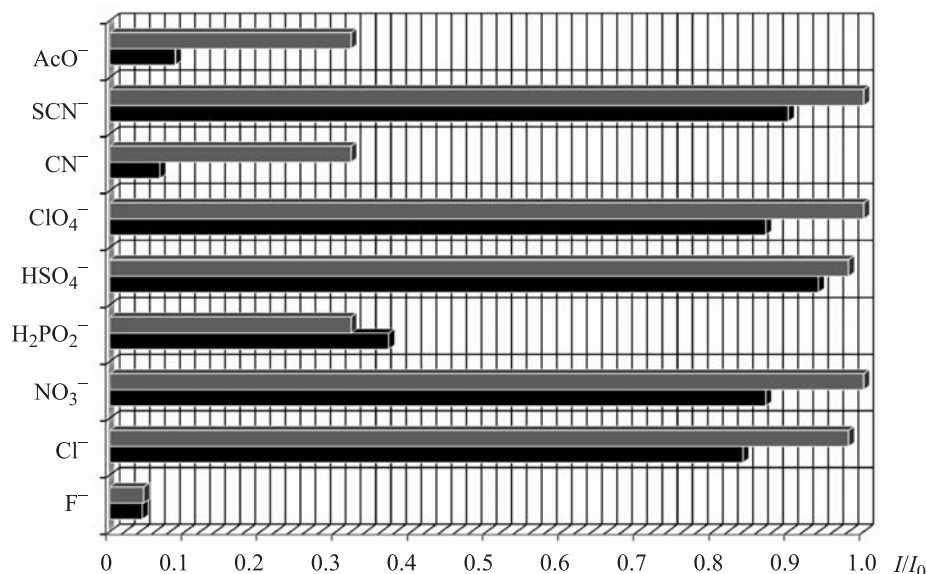
Исследование спектрально-люминесцентных и хемосенсорных свойств полученных производных показывает, что, в отличие от ранее описанных соединений подобного типа [10–13], их хемосенсорные свойства неспецифичны. Так, добавление ацетатов двухвалентных металлов (Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+}) к ацетонитрильным растворам нафталимидов **4a–c**, **5–7** вызывает изменение интенсивности флуоресценции на 30–300%, однако при этом наблюдается слабая избирательность при определении ионов.

При нагревании соединения **1** с гидразингидратом вместо ожидаемого 2-бензил-6-гидразинобензо[*de*]изохинолин-1,3-диона [14] в качестве основного продукта реакции выделен ранее неизвестный амин **8**.

Структура амина **8** подтверждается исчезновением сигналов протонов бензильного заместителя и появлением сигналов протонов NH_2 - и NH_2NH -фрагментов в спектрах ЯМР ^1H . Соединение **8** также было получено при нагревании 6-бромбензо[*de*]изохромен-1,3-диона с гидразингидратом.

При взаимодействии полученного нафталимида **8** с антрацен-9-карбальдегидом независимо от условий реакции и количества используемого альдегида в реакцию конденсации с образованием гидразона **9** вступает только гидразиновый фрагмент, и в спектре ЯМР ^1H сохраняется сигнал протонов NH_2 -группы. В противоположность этому 2-гидроксиантралин-1-карбальдегид присоединяется к нафталимиду **8** по обеим NH_2 -группам с образованием диимина **10**.





Изменение интенсивности флуоресценции (I/I_0) соединений **9** (■) и **10** (▒) (c 5.0×10^{-6} моль/л) в MeCN при добавлении солей $NBu_4^+A^-$ (c 2.5×10^{-5} моль/л)

По данным спектров флуоресценции, имины **9** и **10**, так же как и соединения **3–7**, проявляют слабую хемосенсорную активность по отношению к катионам. Наиболее существенные изменения интенсивности люминесценции в обоих случаях вызывают ионы Zn^{2+} (разгорание) и Cu^{2+} (гашение).

Для этих же соединений была исследована ионохромная активность по отношению к анионам F^- , Cl^- , CN^- , SCN^- , NO_3^- , $H_2PO_2^-$, ClO_4^- , HSO_4^- и AcO^- (рисунок). Добавление соответствующих тетрабутиламмониевых солей к ацетонитрильным растворам соединений **9** и **10** приводит к гашению флуоресценции, при этом наиболее селективным оказывается взаимодействие с анионами F^- (в 23 (**9**) и 22 (**10**) раза), CN^- (в 15 (**9**) и 3 (**10**) раза) и AcO^- (в 11 (**9**) и 3 (**10**) раза). Приведённые данные свидетельствуют о росте селективности по отношению к ионам фтора при переходе от ими́на **9** к диимину **10**. Одновременно с этим взаимодействие с анионами F^- вызывает существенный гипсохромный сдвиг на 55 и 63 нм соответственно (изменение цвета флуоресценции).

Таким образом, синтезирован ряд новых производных бензо[*de*]изохинолин-1,3-диона, содержащих дополнительные комплексообразующие фрагменты. Проведённые исследования хемосенсорной активности показывают, что 2-[(2-гидроксинафталин-1-илметил)амино]-6-[*N'*-(2-гидроксинафталин-1-илметил)гидразино]бензо[*de*]изохинолин-1,3-дион является высокоселективным реагентом на ионы F^- .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на приборе Varian Excalibur 3100 FT-IR. Спектры ЯМР 1H зарегистрированы на спектрометре Varian Unity 300 (300 МГц) в $DMCO-d_6$, внутренний стандарт – остаточные сигналы растворителя (δ 2.50 м. д.). Электронные спектры поглощения записаны на спектрофотометре Varian Cary 100, спектры люминесценции – на спектрофлуориметре Varian Cary Eclipse. Элементный анализ проведён на элементном анализаторе EuroVector EA-3000. Температуры плавления определены

в стеклянных капиллярах на приборе ПТП (М). Ход реакций и чистоту полученных соединений контролировали методом ТСХ (пластины Silufol U-254, элюент CHCl_3 , проявление парами иода во влажной камере).

***N*-[2-(2-Бензил-1,3-диоксо-2,3-дигидро-1*H*-бензо[*de*]изохинолин-6-иламино)этил]-ацетамид (2)**. Растворяют 1.83 г (5 ммоль) 2-бензил-6-бромбензо[*de*]изохинолин-1,3-диона (1) в 50 мл EtOH , добавляют 1.0 г (10 ммоль) *N*-(2-аминоэтил)ацетамида и кипятят смесь в течение 20 ч. Растворитель упаривают на ротаторном испарителе, полученный остаток перекристаллизовывают из смеси бензол – петролейный эфир, 1:2. Выход 1.20 г (60%), светло-бежевые волокнистые кристаллы, т. пл. 256–257 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300, 3220 (NH), 1700, 1665, 1650 (C=O), 1600, 1545 (C=C), 1370 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 1.90 (3H, с, COCH_3); 3.80 (1H, уш. с, NHAr); 3.40–3.70 (4H, м, $(\text{CH}_2)_2$); 5.15 (2H, с, CH_2Ph); 6.90 (1H, д, *J* = 8.2, H Ar); 7.10–7.84 (6H, м, H Ar); 8.41–8.67 (3H, м, H Ar); 10.40 (1H, уш. с, CONH). Найдено, %: C 71.25; H 5.52; N 10.79. $\text{C}_{23}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: C 71.30; H 5.46; N 10.85.

6-(2-Аминоэтиламино)-2-бензил-1*H*-бензо[*de*]изохинолин-1,3(2*H*)-дион (3). А. К раствору 0.77 г (2 ммоль) ацетамида 2 в 20 мл 2-PrOH прибавляют 2 мл 46% раствора NH_4OH и нагревают полученную смесь в течение 2 ч. Охлаждают, разбавляют 20 мл H_2O и нейтрализуют смесь добавлением Na_2CO_3 ; амин 3 экстрагируют CHCl_3 (3 × 20 мл). Экстракт упаривают, остаток кристаллизуют из смеси бензол – петролейный эфир, 1:1. Выход 0.52 г (75%), светло-кремовый порошок, т. пл. 239–240 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3320, 3150 (NH_2 , NH), 1705, 1655 (C=O), 1590, 1530 (C=C), 1380 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.10–3.22 (3H, м, NH_2 , NH); 3.23 (2H, т, *J* = 7.2, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$); 3.60 (2H, т, *J* = 7.2, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$); 5.17 (2H, с, CH_2Ph); 6.75 (1H, д, *J* = 8.2, H Ar); 7.15–7.90 (6H, м, H Ar); 8.46–8.75 (3H, м, H Ar). Найдено, %: C 72.95; H 5.61; N 12.22. $\text{C}_{21}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: C 73.03; H 5.54; N 12.17.

Б. При непосредственном взаимодействии диона 1 с этилендиамином в условиях, аналогичных получению соединения 2, получают амин 3. Выход 62%, т. пл. 238–239 °С. Спектральные характеристики совпадают с таковыми соединения, полученного по методу А.

Соединения 4а–с, 5 (общая методика). А. Нагревают смесь 0.69 г (2 ммоль) амина 3 с 2 ммоль соответствующего альдегида в 10 мл EtOH (для получения соединений 4а–с) или с 0.36 г (2 ммоль) 2-гидроксиметиленбензо[*b*]тиофен-3-она в 10 мл MeCN (для получения соединения 5) в течение 2 ч. Охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из подходящего растворителя.

Б. При кипячении 2 ммоль ацетамида 2 с эквимольным количеством соответствующих альдегидов в 20 мл 1-BuOH в течение 10 ч получают азометины 4а–с. Выходы 70–75%.

2-Бензил-6-{2-[(2-гидрокси-4-метилбензилиден)амино]этиламино}-1*H*-бензо[*de*]изохинолин-1,3(2*H*)-дион (4а). Выход 0.75 г (81%), жёлтые кристаллы, т. пл. 203–204 °С (PhMe). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3200 (NH, OH), 1695, 1655 (C=O), 1640 (C=N), 1610, 1550 (C=C), 1375 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 2.28 (3H, с, CH_3); 3.10–3.25 (2H, м, ArNHCH_2); 3.60–3.80 (2H, м, $\text{CH}_2\text{N}=\text{C}$); 5.21 (2H, с, CH_2Ph); 6.80 (1H, д, *J* = 8.4, H Ar); 7.10–7.70 (7H, м, H Ar); 8.00 (1H, с, NHAr); 8.20–8.52 (5H, м, $\text{N}=\text{CH}$, H Ar); 8.92 (1H, д, *J* = 8.4, H Ar). Найдено, %: C 75.20; H 5.52; N 8.99. $\text{C}_{29}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}_3$. Вычислено, %: C 75.14; H 5.44; N 9.07.

2-Бензил-6-{2-[(2-гидрокси-5-метоксибензилиден)амино]этиламино}-1*H*-бензо[*de*]изохинолин-1,3(2*H*)-дион (4б). Выход 0.74 г (77%), оранжевые волокнистые кристаллы, т. пл. 232–233 °С (PhMe). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3150 (NH, OH), 1700, 1660 (C=O), 1645 (C=N), 1600, 1560 (C=C), 1375 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.60–4.00 (7H, м, OCH_3 , $(\text{CH}_2)_2$); 5.20 (2H, с, CH_2Ph); 6.63–6.90 (4H, м, H Ar); 7.10–7.42 (5H, м, H Ar); 7.60 (1H, т, *J* = 7.6, H Ar); 7.82 (1H, уш. с, ArNH); 8.28 (1H, д, *J* = 8.0, H Ar); 8.34–8.50 (2H, м, $\text{N}=\text{CH}$, H Ar); 8.61 (1H, д, *J* = 8.0, H Ar); 12.50 (1H, с, OH). Найдено, %: C 72.70; H 5.30; N 8.70. $\text{C}_{29}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}_4$. Вычислено, %: C 72.64; H 5.25; N 8.76.

6-{2-[(Антрацен-9-илметил)амино]этиламино}-2-бензил-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (4с). Выход 0.92 г (86%), мелкие жёлтые кристаллы, т. пл. 190–191 °С (с разл., 1-BuOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3320, 3210 (NH), 1690, 1670 (C=O), 1640 (C=N), 1620, 1550 (C=C), 1375 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.88–4.00 (2H, м, ArNHCH_2); 4.27 (2H, т, $J = 7.2$, $\text{CH}_2\text{N}=\text{C}$); 5.22 (2H, с, CH_2Ph); 6.91 (1H, д, $J = 8.2$, H Ar); 7.10–7.50 (9H, м, H Ar); 7.60 (1H, т, $J = 7.8$, H Ar); 7.88–8.08 (3H, м, H Ar, ArNH); 8.25 (1H, д, $J = 8.6$, H Ar); 8.33–8.54 (5H, м, H Ar); 9.53 (1H, с, N=CH). Найдено, %: C 81.11; H 5.06; N 7.94. $\text{C}_{36}\text{H}_{27}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: C 81.03; H 5.10; N 7.87.

2-Бензил-6-{2-[(3-оксо-3H-бензо[b]тиофен-2-илиденметил)амино]этиламино}-2-бензил-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (5). Выход 0.69 г (68%), красно-коричневые аморфные кристаллы, т. пл. 188–189 °С (толуол). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3300, 3180 (NH), 1700, 1660 (C=O), 1600, 1545 (C=C), 1380 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.55–3.82 (4H, м, $(\text{CH}_2)_2$); 5.20 (2H, с, CH_2Ph); 6.83 (1H, т, $J = 8.2$, H Ar); 7.10–7.84 (11H, м, H Ar); 8.02 (1H, уш. с, ArNH); 8.22–8.50 (2H, м, H Ar); 8.63 (1H, т, $J = 8.2$, $\text{NHCH}=\text{}$); 10.60 (1H, уш. с, $\text{NHCH}=\text{}$). Найдено, %: C 71.35; H 4.64; N 8.23; S 6.28. $\text{C}_{30}\text{H}_{23}\text{N}_3\text{O}_3\text{S}$. Вычислено, %: C 71.27; H 4.59; N 8.31; S 6.34.

6-{2-[(Антрацен-9-илметил)амино]этиламино}-2-бензил-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (6). К суспензии 1.10 г (2 ммоль) азометина **4с** в 50 мл EtOH при перемешивании и нагревании (40–50 °С) в течение 5 мин прибавляют 0.23 г (6 ммоль) NaBH_4 . Раствор перемешивают в течение 2 ч, разбавляют 100 мл H_2O и избыток боргидрида нейтрализуют добавлением разбавленной AcOH . Охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают, сушат и кристаллизуют из 1-BuOH. Выход 0.95 г (88%), светло-оранжевые игольчатые кристаллы, т. пл. 176–177 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3250, 3180 (NH), 1710, 1665 (C=O), 1600, 1550 (C=C), 1370 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.20 (2H, т, $J = 7.4$, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHCH}_2$); 3.48–3.61 (2H, м, ArNHCH_2); 4.70 (2H, с, NHCH_2Ar); 5.22 (2H, с, CH_2Ph); 6.84 (1H, д, $J = 8.4$, H Ar); 7.10–7.60 (11H, м, H Ar); 7.90–8.05 (2H, м, H Ar); 8.24 (1H, д, $J = 8.4$, H Ar); 8.35–8.50 (5H, м, H Ar, ArNH). Найдено, %: C 80.80; H 5.40; N 7.90. $\text{C}_{36}\text{H}_{29}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: C 80.72; H 5.46; N 7.84.

1-[2-(2-Бензил-1,3-диоксо-2,3-дигидро-1H-бензо[de]изохинолин-6-иламино)этил]-3-фенилтиомочевина (7). Смесь 0.7 г (2 ммоль) амина **3** и 0.6 мл (5 ммоль) фенил-изотиоцианата в 10 мл бензола кипятят в течение 5 ч. Охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают и кристаллизуют из 1-BuOH. Выход 0.8 г (83%), светло-жёлтый крупнокристаллический порошок, т. пл. 297–298 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3375 (NH), 1705, 1660 (C=O), 1584, 1537 (C=C), 1375 (C–N–C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.52–3.67 (2H, м, ArNHCH_2); 3.81–3.97 (2H, м, CH_2NHCS); 5.20 (2H, с, CH_2Ph); 6.88 (1H, д, $J = 8.2$, H Ar); 7.00–7.43 (10H, м, H Ar); 7.60 (1H, т, $J = 7.6$, H Ar); 7.72–7.93 (2H, м, ArNH, NHCS); 8.27 (1H, д, $J = 8.2$, H Ar); 8.43 (1H, д, $J = 8.0$, H Ar); 8.64 (1H, д, $J = 8.2$, H Ar); 9.60 (1H, с, NPh). Найдено, %: C 70.05; H 4.97; N 11.52; S 6.60. $\text{C}_{28}\text{H}_{24}\text{N}_4\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 69.98; H 5.03; N 11.66; S 6.67.

2-Амино-6-гидразино-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (8). А. К раствору 1.1 г (4 ммоль) 4-бромнафталяевого ангидрида в 40 мл бутилцеллозольва прибавляют 5 мл 85% гидразингидрата. Полученную реакционную смесь кипятят в течение 2 ч, охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают, тщательно промывают MeOH. Перекристаллизовывают из смеси 1-BuOH–DMFA, 1:1, сушат при 110–115 °С. Выход 0.84 г (87%), тёмно-жёлтый мелкокристаллический порошок, т. пл. >300 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3300, 3250 (NH_2 , NH), 1705, 1670 (C=O), 1700, 1655 (C=O), 1600, 1555 (C=C), 1375 (C–N). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 5.38 (2H, с, NNH_2); 7.20–7.35 (2H, м, H Ar); 7.48–7.58 (2H, м, H Ar); 7.77–7.90 (1H, м, H Ar); 8.48–8.72 (3H, м, NHNH_2). Найдено, %: C 59.43; H 4.22; N 23.20. $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$. Вычислено, %: C 59.50; H 4.16; N 23.13.

Б. При взаимодействии соединения **1** с гидразингидратом в условиях, аналогичных вышеописанным, получают гидразин **8**. Выход 78%, т. пл. >300 °С (с разл.). Спектральные характеристики совпадают с таковыми соединения, полученного по методу А.

2-Амино-6-[N'-(антрацен-9-илметил)гидразино]-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (9). Растворяют 0.48 г (2 ммоль) гидразина **8** в 10 мл 1-БуОН, добавляют 0.41 г (2 ммоль) антрацен-9-карбальдегида и кипятят смесь в течение 2 ч. Охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают, промывают MeOH и кристаллизуют из смеси 1-БуОН–ДМФА, 4:1. Выход 0.75 г (87%), тёмно-оранжевые кристаллы, т. пл. >330 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3210 (NH₂, NH), 1690, 1655 (C=O), 1645 (C=N), 1590, 1500 (C=C), 1375 (C–N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 5.69 (2H, с, NH₂), 7.42–8.90 (14H, м, H Ar); 9.67 (1H, с, N=CH); 11.62 (1H, с, NH). Найдено, %: C 75.40; H 4.15; N 12.96. C₂₇H₁₈N₄O₂. Вычислено, %: C 75.34; H 4.21; N 13.02.

2-[(2-Гидроксиафталин-1-илметил)амино]-6-[N'-(2-гидроксиафталин-1-илметил)гидразино]-1H-бензо[de]изохинолин-1,3(2H)-дион (10) получают аналогично соединению **9** при взаимодействии 0.48 г (2 ммоль) гидразина **8** и 0.86 г (5 ммоль) 2-гидроксиафталин-1-карбальдегида. Выход 0.79 г (72%), тёмно-бордовый мелкокристаллический порошок, т. пл. >220 °С (с разл., 1-БуОН–ДМФА, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3300, 3220 (NH), 1695, 1660 (C=O), 1645, 1640 (C=N), 1600, 1500 (C=C), 1375 (C–N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 7.10–8.97 (17H, м, H Ar); 9.65 (1H, с, CH=N); 9.93 (1H, с, NHN=CH); 11.43–11.64 (2H, м, OH, NH); 12.80 (1H, с, OH). Найдено, %: C 74.25; H 3.96; N 10.24. C₃₄H₂₂N₄O₄. Вычислено, %: C 74.17; H 4.03; N 10.18.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-03-00120) и Совета по грантам Президента РФ (грант НШ-927.2012.3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. Е. Толпыгин, В. А. Брень, А. Д. Дубоносков, В. И. Минкин, В. П. Рыбалкин, *Журн. орган. химии*, **39**, 1435 (2003). [*Rus. J. Org. Chem.*, **39**, 1364 (2003).]
2. И. Е. Толпыгин, В. П. Рыбалкин, Е. Н. Шепеленко, Н. И. Макарова, А. В. Метелица, Ю. В. Ревинский, А. В. Цуканов, А. Д. Дубоносков, В. А. Брень, В. И. Минкин, *Журн. орган. химии*, **43**, 390 (2007). [*Rus. J. Org. Chem.*, **43**, 388 (2007).]
3. И. Е. Толпыгин, Е. Н. Шепеленко, Ю. В. Ревинский, А. В. Цуканов, А. Д. Дубоносков, В. А. Брень, В. И. Минкин, *Журн. орган. химии*, **45**, 175 (2009). [*Rus. J. Org. Chem.*, **45**, 161 (2009).]
4. И. Е. Толпыгин, Е. Н. Шепеленко, Ю. В. Ревинский, А. В. Цуканов, А. Д. Дубоносков, В. А. Брень, В. И. Минкин, *Журн. общ. химии*, **80**, 603 (2010). [*Rus. J. Gen. Chem.*, **80**, 765 (2010).]
5. И. Е. Толпыгин, Е. Н. Шепеленко, Ю. В. Ревинский, А. В. Цуканов, А. Д. Дубоносков, В. А. Брень, В. И. Минкин, *Журн. орган. химии*, **46**, 1180 (2010). [*Rus. J. Org. Chem.*, **46**, 1181 (2010).]
6. А. Р. Demchenko, *Introduction to Fluorescence Sensing*, Springer, Dordrecht, 2008, p. 250 (PET), 254 (PCT, ICT).
7. *Luminescence Applied in Sensor Science*, L. Prodi, M. Montalti, N. Zaccheroni (Eds.), in *Top. Curr. Chem.*, Springer-Verlag, Berlin, 2011, vol. 300, p. 1.
8. *Advanced Concepts in Fluorescence Sensing, Part A: Small Molecule Sensing*, J. R. Lakowicz, C. D. Geddes (Eds.), in *Top. Fluoresc. Spectrosc.*, Springer Science, New York, 2005, vol. 9, p. 220.

9. *Chemosensors: Principles, Strategies, and Applications*, B. Wang, E. V. Anslyn (Eds.), John Wiley & Sons, New Jersey, 2011, p. 239, 376 (PET), 248, 385 (PCT, ICT).
10. J. Gan, H. Tian, Z. Wang, K. Chen, J. Hill, P. A. Lane, M. D. Rahn, A. M. Fox, D. D. C. Bradley, *J. Organomet. Chem.*, **645**, 168 (2002).
11. N. I. Georgiev, V. B. Bojinov, P. S. Nikolov, *Dyes Pigm.*, **88**, 350 (2011).
12. J. Fan, X. Peng, Y. Wu, E. Lu, J. Hou, H. Zhang, R. Zhang, X. Fu, *J. Lumin.*, **114**, 125 (2005).
13. J. E. Elbert, S. Paulsen, L. Robinson, S. Elzey, K. Klein, *J. Photochem. Photobiol., A*, **169**, 9 (2005).
14. J.-A. Gan, Q. L. Song, X. Y. Hou, K. Chen, H. Tian, *J. Photochem. Photobiol., A*, **162**, 399 (2004).

^a Научно-исследовательский институт
физической и органической химии
Южного федерального университета,
пр. Стачки, 194/2, Ростов-на-Дону 344090, Россия
e-mail: tolpygin@ipoc.sfedu.ru

Поступило 19.10.2011

^b Южный научный центр РАН,
ул. Чехова, 41, Ростов-на-Дону 344010, Россия
e-mail: dubon@ipoc.sfedu.ru