

Реакции 1-[(диметиламино)метил]нафталин-2-олов с циклическими пуш-пульными нитроенаминами

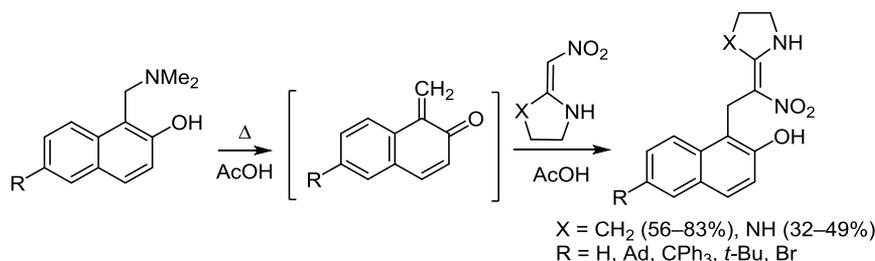
Антон В. Лукашенко¹, Дмитрий В. Осипов¹,
Виталий А. Осянин^{1,2*}, Юрий Н. Климочкин¹

¹ Самарский государственный технический университет,
ул. Молодогвардейская, 244, Самара 443100, Россия; e-mail: VOsyenin@mail.ru

² Российский университет дружбы народов,
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва 117198, Россия

Поступило 28.08.2017

Принято 16.10.2017



Разработан метод синтеза 1-[2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]- и 1-[2-(имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]нафталин-2-олов, основанный на взаимодействии предшественников 1,2-нафтохинон-1-метидов с β-нитроенаминами гетероциклического ряда – производными пирролидина и имидазолидина.

Ключевые слова: 1-[2-(имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]нафталин-2-олы, β-нитроенамины, 1-[2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]нафталин-2-олы, основания Манниха, *o*-хинонметиды, [4+2]-циклоприсоединение.

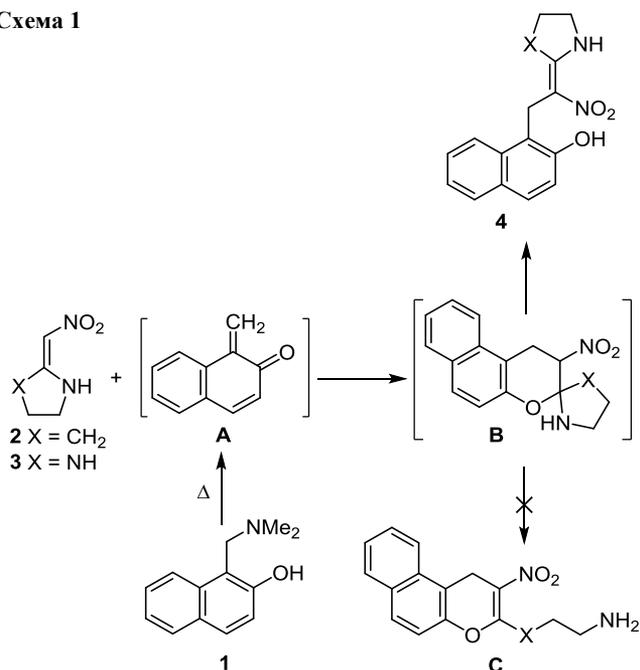
β-Нитроенамины и их функциональные производные являются полезными интермедиатами в органическом синтезе. Наличие нескольких реакционных центров противоположной природы обуславливает их способность вступать в реакции как с электрофильными, так и с нуклеофильными реагентами.¹ Кроме того, фрагмент нитроенамина входит в состав ряда фармакологически активных соединений, например противовозвонных препаратов низатидина и ранитидина, а также некоторых инсектицидов.²

Каскадные реакции [4+2]-циклоприсоединения с участием *o*-хинонметидов широко используются для синтеза хроменов и хроманов.³ Ранее нами были изучены реакции *o*-хинонметидов и различных енаминов, с электроноакцепторными заместителями при двойной связи, включающие стадии [4+2]-циклоприсоединения и элиминирования. В результате описанных превращений была получена серия 4*H*-хроменов, содержащих при β-углеродном атоме пиранового цикла нитрогруппу, трифторацетильную, аромильную или альдегидную группу.⁴

В то же время реакции циклоприсоединения с участием циклических β-нитроенаминов почти не описаны.⁵ Мы предположили, что взаимодействие *o*-нафтохинонметидов **A**, генерируемых из нафтольных оснований Манниха **1**, с 2-(нитрометил)пирролидином **2** или 2-(нитрометил)имидазолидином **3** будет также протекать как [4+2]-циклоприсоединение с образованием спироциклического хромана **B**, который в результате раскрытия пирролидинового цикла даст нитрохромен **C**. Однако в качестве единственных продуктов реакции были выделены только продукты раскрытия дигидропиранового цикла – соответствующие 1-[2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]- и 1-[2-(имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]нафталин-2-олы **4** (схема 1).

Реакцию проводили при кратковременном (20 мин) нагревании эквимольной смеси реагентов в кипящей уксусной кислоте (схема 2). Продукты, как правило, кристаллизуются из реакционной смеси при охлаждении и часто не требуют дополнительной очистки. Следует отметить, что в случае производных имидазоли-

Схема 1



дина выходы оказываются несколько ниже. Увеличение времени реакции существенным образом не сказывается на выходе продукта. При этом выбор в качестве растворителя уксусной кислоты играет решающую роль. В кипящем ацетонитриле, толуоле или *o*-ксилоле реакция не протекает. Использование в качестве предшественников *o*-хинонметидов 2-нафтольных оснований Манниха, содержащих арильный заместитель в бензильном положении, не позволяет получить соответствующие нитроенамины.

Проведение реакции между основанием Манниха **1a** и нитроенамином **2** в присутствии NaH при комнатной температуре также привело к образованию соединения **4a** с выходами 29% при использовании 1 экв. NaH и 42% при использовании 2 экв. NaH.

В реакциях между основанием Манниха **1** и нитрокетенаминами **5** (методы I и II) и **6** (метод I) была получена сложная смесь продуктов, идентифицировать которые не удалось (рис. 1).

В ИК спектрах соединений **4a–h** присутствует интенсивная полоса поглощения связи C=C нитроенаминового фрагмента в области 1591–1605 см⁻¹. В спектрах ЯМР ¹H соединений **4a–e** протоны метиленовой группы, связанной с нафтольным фрагментом, а также протоны пирролидинового фрагмента в положениях 3', 4' и 5' проявляются соответственно при 4.19–4.25, 2.71–2.84, 1.82–1.97 и 3.51–3.58 м. д. Наиболее дезэкранированными являются протоны гидроксильной (при 9.31–9.85 м. д.) и аминогруппы (при 9.96–10.20 м. д.), причем последние обнаруживаются в виде

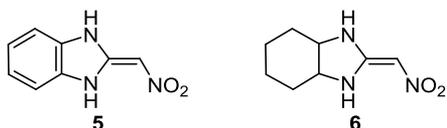
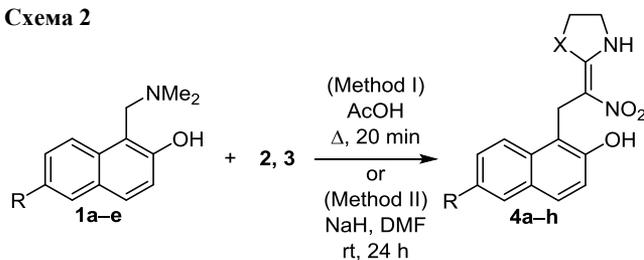
Рисунок 1. Нитрокетенамины **5** и **6**.

Схема 2



1 a R = H, **b** R = 1-Ad, **c** R = CPh₃, **d** R = *t*-Bu, **e** R = Br

4 a–e X = CH₂; **a** R = H (56%, method I; 42%, method II);

b R = 1-Ad (66%); **c** R = CPh₃ (82%); **d** R = *t*-Bu (75%);

e R = Br (83%); **f–h** X = NH; **f** R = H (32%); **g** R = 1-Ad (42%);

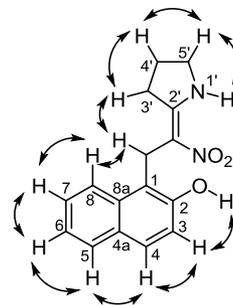
h R = CPh₃ (49%)

уширенных синглетных сигналов, что обусловлено наличием внутримолекулярной водородной связи с атомом кислорода нитрогруппы. В спектрах ЯМР ¹³C атомы углерода пирролидинового цикла резонируют при 32.6–32.9 (C-3'), 21.3–21.5 (C-4') и 49.2–49.5 м. д. (C-5'), а бензильные атомы углерода – в области 24.5–25.1 м. д. В спектрах DEPT число протонов, непосредственно связанных с атомами углерода, согласуется с приведенными структурами.

Обращает на себя внимание сильная поляризация двойной связи C=C нитровинильного фрагмента, пушпульный характер которой обусловлен наличием сильной электронодонорной и электроноакцепторной групп на разных ее концах. Сигнал атома углерода, связанного с нитрогруппой, обнаруживается при 116.8–117.3 м. д. (соединения **4a–e**) или при 107.3–107.5 м. д. (соединения **4f–h**), тогда как соседние атомы углерода, связанные с одним или двумя атомами азота, проявляются в области 164.9–165.0 м. д. (соединения **4a–e**) или при 161.2–161.6 м. д. (соединения **4f–h**).

Дополнительно *Z*-конфигурация двойной связи в нитроенамине **4a** подтверждена спектром ¹H–¹H NOESY, в котором присутствует кросс-пик, отвечающий взаимодействию пространственно близких атомов водорода в бензильном положении и положении 3' пирролидинового цикла (рис. 2).

Таким образом, нами показано, что, в отличие от ациклических нитроенаминов, реакция *o*-хинонметидов с нитроенаминами на основе пирролидина и имидазолидина приводит к введению (2-гидрокси-1-нафтил)метиленовой группы в β-положение енаминового фрагмента.

Рисунок 2. Основные корреляции в спектре ¹H–¹H NOESY соединения **4a**.

Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на спектрометре Shimadzu IRAffinity-1, оснащенный приставкой Specac Diamond ATR GS 10800-B. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C (400 и 100 МГц соответственно), а также DEPT-135, ^1H - ^1H COSY, ^1H - ^{13}C HMQC, ^1H - ^{13}C HMQC и ^1H - ^1H NOESY зарегистрированы на спектрометре JEOL JNM-ECX400 в ДМСО- d_6 , внутренний стандарт TMS. Элементный анализ выполнен на автоматическом CHNS-анализаторе Euro Vector EA-3000. Температуры плавления определены капиллярным методом на приборе SRS OptiMelt MPA100. Тонкослойная хроматография проведена на алюминиевых пластинах, покрытых силикагелем (Merck, Kiesgel 60 F-254), проявление в УФ свете и парах иода.

Основания Манниха **1a–e**,^{4c} 2-нитрометиленипирролидин **2**⁶ и 2-(нитрометилени)имидазолидины **3**,⁷ **5** и **6**⁸ получены по литературным методикам.

Получение соединений 4a–h (общая методика). Метод I. Смесь 2 ммоль основания Манниха **1a–e**, 2 ммоль нитроенамина **2** или **3** в 4 мл уксусной кислоты кипятят в течение 20 мин. Выпавший при охлаждении осадок отфильтровывают и очищают перекристаллизацией из смеси изопропанол–ДМФА, 5:1, или ДМФА (соединение **4g**).

1-[(2Z)-2-Нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]нафталин-2-ол (4a). Метод II. К раствору 0.3 г (3.5 ммоль) нитроенамина **2** в 5 мл безводного ДМФА добавляют 0.28 г (7 ммоль) 60% NaN и затем при интенсивном перемешивании 0.71 г (3.5 ммоль) основания Манниха **1a**. Смесь перемешивают в течение 1 сут при комнатной температуре, затем выливают в 20 мл воды, нейтрализуют 10% HCl и экстрагируют хлороформом. Растворитель упаривают при пониженном давлении и остаток перекристаллизовывают из смеси изопропанол–ДМФА, 5:1. Выход 0.31 г (56%, метод I), 0.42 г (42%, метод II), бесцветные кристаллы, т. пл. 251–253 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300–2800 (ОН, NH), 1605 (C=C), 1512, 1439, 1339, 1319, 1285, 1196, 1138, 1038, 1003, 961, 910, 856, 814, 756, 702. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.82–1.89 (2H, м, 4'-CH₂); 2.71 (2H, т, $J = 7.8$, 3'-CH₂); 3.51 (2H, т, $J = 7.4$, 5'-CH₂); 4.25 (2H, с, CH₂); 7.09 (1H, д, $J = 8.9$, H-3); 7.21 (1H, т, $J = 7.4$, H-6); 7.34 (1H, т, $J = 7.3$, H-7); 7.61 (1H, д, $J = 8.9$, H-4); 7.71 (1H, д, $J = 7.8$, H-5); 7.88 (1H, д, $^3J = 8.5$, H-8); 9.72 (1H, с, OH); 10.20 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.3 (4'-CH₂); 24.5 (CH₂); 32.6 (3'-CH₂); 49.4 (5'-CH₂); 117.0 (CNO₂); 117.1 (C-4a); 118.4 (C-3); 122.7 (C-6); 123.8 (C-8); 126.4 (C-7); 128.3 (C-4); 128.7 (C-1,5); 134.1 (C-8a); 153.1 (C-2); 165.0 (C-2'). Найдено, %: C 67.69; H 5.61; N 9.71. C₁₆H₁₆N₂O₃. Вычислено, %: C 67.59; H 5.67; N 9.85.

6-(Адамантан-1-ил)-1-[(2Z)-2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]нафталин-2-ол (4b). Выход 0.55 г (66%), бесцветные кристаллы, т. пл. 243–245 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3260–2900 (NH, OH), 2897 (CH Ad), 2845 (CH Ad), 1601 (C=C), 1505, 1481, 1433, 1420, 1342, 1285, 1271, 1192, 1148, 1003, 964, 951, 916, 854, 793.

Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.71–1.73 (6H, м, 3CH₂ Ad); 1.82–1.89 (8H, м, 4'-CH₂ и 3CH₂ Ad); 2.04 (3H, уш. с, 3CH Ad); 2.72 (2H, т, $J = 7.6$, 3'-CH₂); 3.51 (2H, т, $J = 7.3$, 5'-CH₂); 4.22 (2H, с, CH₂); 7.04 (1H, д, $J = 8.7$, H Ar); 7.43 (1H, д, $J = 9.0$, $J = 1.7$, H Ar); 7.55 (1H, с, H Ar); 7.56 (1H, д, $J = 9.0$, H Ar); 7.80 (1H, д, $J = 9.0$, H Ar); 9.56 (1H, с, OH); 10.18 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.4 (4'-CH₂); 24.5 (CH₂); 28.9 (3CH Ad); 32.7 (3'-CH₂); 36.0 (C Ad); 36.8 (3CH₂ Ad); 43.1 (3CH₂ Ad); 49.4 (5'-CH₂); 116.8 (CNO₂); 117.1; 118.3 (CH); 123.6 (CH); 123.7 (CH); 124.5 (CH); 128.4 (CH); 128.8; 132.4; 145.0; 152.6 (C-2); 165.0 (C-2'). Найдено, %: C 74.55; H 7.29; N 6.54. C₂₆H₃₀N₂O₃. Вычислено, %: C 74.61; H 7.23; N 6.69.

1-[(2Z)-2-Нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]-6-третилнафталин-2-ол (4c). Выход 0.86 г (82%), бесцветные кристаллы, т. пл. 223–225 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300–2900 (ОН, NH), 1599 (C=C), 1489, 1431, 1367, 1286, 1184, 1057, 1015, 957, 768, 746, 737, 695. Спектр ЯМР ^1H (100 °С), δ , м. д. (J , Гц): 1.89–1.97 (2H, м, 4'-CH₂); 2.84 (2H, т, $J = 7.3$, 3'-CH₂); 3.58 (2H, т, $J = 7.3$, 5'-CH₂); 4.21 (2H, с, CH₂); 7.04 (1H, д, $J = 8.7$, H-3); 7.07 (1H, д, $J = 9.0$, $J = 2.2$, H-7); 7.15–7.28 (15H, м, H Ph); 7.39 (1H, д, $J = 8.7$, H-4(8)); 7.50 (1H, д, $J = 2.2$, H-5); 7.83 (1H, д, $J = 9.2$, H-8(4)); 9.31 (1H, уш. с, OH); 9.96 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C (100 °С), δ , м. д.: 21.5 (4'-CH₂); 25.1 (CH₂); 32.6 (3'-CH₂); 49.2 (5'-CH₂); 65.0 (CPh₃); 104.9; 117.3 (CNO₂); 118.9 (CH); 123.1 (CH); 126.4 (3CH Ph); 128.1 (6CH Ph); 128.3; 128.5 (CH); 129.2 (CH); 130.2 (CH); 131.1 (6CH Ph); 132.6; 140.7; 147.1 (3C Ph); 153.6 (C-2); 164.9 (C-2'). Найдено, %: C 79.92; H 5.71; N 5.24. C₃₅H₃₀N₂O₃. Вычислено, %: C 79.82; H 5.74; N 5.32.

6-(трет-Бутил)-1-[(2Z)-2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]нафталин-2-ол (4d). Выход 0.51 г (75%), бесцветные кристаллы, т. пл. 250–252 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300–2800 (ОН, NH), 2968 (CH *t*-Bu), 1597 (C=C), 1477, 1433, 1410, 1339, 1275, 1234, 1200, 1190, 1140, 1057, 1003, 966, 920, 887, 822, 795, 785, 686, 665. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.30 (9H, с, 3CH₃); 1.83–1.91 (2H, м, 4'-CH₂); 2.71 (2H, т, $J = 7.8$, 3'-CH₂); 3.51 (2H, т, $J = 7.3$, 5'-CH₂); 4.23 (2H, с, CH₂); 7.05 (1H, д, $J = 8.7$, H-3); 7.44 (1H, д, $J = 9.0$, $J = 1.9$, H-7); 7.56 (1H, д, $J = 8.7$, H-4(8)); 7.60 (1H, д, $J = 1.9$, H-5); 7.80 (1H, д, $J = 8.9$, H-8(4)); 9.54 (1H, уш. с, OH); 10.17 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.4 (4'-CH₂); 24.5 (CH₂); 31.6 (3CH₃); 32.6 (3'-CH₂); 34.6 (C*t*-Bu); 49.4 (5'-CH₂); 116.9; 117.1; 118.4 (CH); 123.6 (CH); 123.8 (CH); 125.3 (CH); 128.3 (CH); 128.7; 132.3; 144.8; 152.6 (C-2); 165.0 (C-2'). Найдено, %: C 70.61; H 7.19; N 8.14. C₂₀H₂₄N₂O₃. Вычислено, %: C 70.57; H 7.11; N 8.23.

6-Бром-1-[(2Z)-2-нитро-2-(пирролидин-2-илиден)этил]нафталин-2-ол (4e). Выход 0.60 г (83%), бесцветные кристаллы, т. пл. 240–242 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3300–2800 (ОН, NH), 1601 (C=C), 1582, 1497, 1439, 1410, 1337, 1319, 1308, 1285, 1209, 1186, 1142, 1036, 962, 949, 880, 820, 789, 773, 760, 712. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.85–1.92 (2H, м, 4'-CH₂); 2.76 (2H, т, $^3J = 7.6$, 3'-CH₂); 3.54 (2H, т, $^3J = 7.3$, 5'-CH₂); 4.19 (2H, с, CH₂);

7.13 (1H, д, $J = 8.9$, H-3); 7.45 (1H, д, д, $J = 9.2$, $J = 2.1$, H-7); 7.60 (1H, д, $J = 9.0$, H-4(8)); 7.89 (1H, д, $J = 9.2$, H-8(4)); 7.96 (1H, д, $J = 2.1$, H-5); 9.85 (1H, с, OH); 10.16 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.4 (4'-CH₂); 24.8 (CH₂); 32.9 (3'-CH₂); 49.5 (5'-CH₂); 115.6; 116.6; 117.7; 119.6 (CH); 126.5 (CH); 127.6 (CH); 129.1 (CH); 130.1; 130.4 (CH); 132.8; 153.7 (C-2); 165.0 (C-2'). Найдено, %: С 52.82; Н 4.25; N 7.63. C₁₆H₁₅BrN₂O₃. Вычислено, %: С 52.91; Н 4.16; N 7.71.

1-[2-(Имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]-нафталин-2-ол (4f). Выход 0.18 г (32%), бесцветные кристаллы, т. пл. 257–259 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3300–2400 (OH, NH), 1597 (C=C), 1562, 1512, 1431, 1412, 1346, 1300, 1227, 1192, 1161, 1142, 1088, 988, 891, 822, 756, 656. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.59 (4H, с, 4',5'-CH₂); 4.24 (2H, с, CH₂); 7.15 (1H, д, $J = 8.9$, H-3); 7.25 (1H, д, д, д, $J = 8.0$, $J = 6.9$, $J = 1.1$, H Ar); 7.37 (1H, д, д, д, $J = 8.2$, $J = 7.1$, $J = 1.1$, H Ar); 7.64 (1H, д, $J = 8.9$, H Ar); 7.73 (1H, д, $J = 7.6$, H Ar); 8.17 (1H, д, $J = 8.5$, H Ar); 8.39 (2H, уш. с, NH и OH); 10.48 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 23.0 (CH₂); 44.0 (4',5'-CH₂); 107.3 (CNO₂); 117.9; 118.4 (CH); 123.3 (CH); 124.8 (CH); 126.8 (CH); 128.6 (CH); 128.7 (CH); 129.2; 134.2; 151.7 (C-2); 161.2 (C-2'). Найдено, %: С 63.26; Н 5.34; N 14.66. C₁₅H₁₅N₃O₃. Вычислено, %: С 63.15; Н 5.30; N 14.73.

6-(Адамантан-1-ил)-1-[(2Z)-2-(имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]нафталин-2-ол (4g). Выход 0.35 г (42%), бесцветные кристаллы, т. пл. 259–261 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3400–2400 (OH, NH), 2901 (CH Ad), 2845 (CH Ad), 1591 (C=C), 1553, 1421, 1433, 1356, 1290, 1175, 1078, 987, 897, 841, 812, 623. Спектр ЯМР ^1H (100 °С), δ , м. д. (J , Гц): 1.74–1.78 (6H, м, 3CH₂Ad); 1.88–1.94 (6H, м, 3CH₂Ad); 2.07 (3H, уш. с, 3CH Ad); 3.62 (4H, с, 4',5'-CH₂); 4.25 (2H, с, CH₂); 7.10 (1H, д, $J = 8.9$, H-3); 7.45 (1H, д, д, $J = 9.0$, $J = 2.0$, H-7); 7.58–7.60 (2H, м, H Ar); 8.12 (1H, д, $J = 8.9$, H Ar); 8.33 (3H, уш. с, 2NH и OH). Спектр ЯМР ^{13}C (100 °С), δ , м. д.: 23.3 (CH₂); 29.1 (3CH Ad); 36.2 (C Ad); 37.0 (3CH₂Ad); 43.3 (3CH₂Ad); 44.1 (4',5'-CH₂); 107.5 (CNO₂); 117.9; 118.4 (CH); 123.5 (CH); 124.6 (2CH); 128.6 (CH); 129.5; 132.5; 145.7; 151.3 (C-2); 161.6 (C-2'). Найдено, %: С 71.50; Н 7.06; N 9.91. C₂₅H₂₉N₃O₃. Вычислено, %: С 71.57; Н 6.97; N 10.02.

1-[(2Z)-2-(Имидазолидин-2-илиден)-2-нитроэтил]-6-третилнафталин-2-ол (4h). Выход 0.52 г (49%), бесцветные кристаллы, т. пл. 253–255 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3300–2400 (OH, NH), 1599 (C=C), 1557, 1489, 1464, 1443, 1425, 1348, 1292, 1184, 1084, 987, 887, 837, 7681, 700. Спектр ЯМР ^1H (100 °С), δ , м. д. (J , Гц): 3.62

(4H, с, 4',5'-CH₂); 4.23 (2H, с, CH₂); 7.07–7.29 (17H, м, H Ph, H Ar); 7.41–7.45 (1H, м, H Ar); 7.53 (1H, уш. с, H Ar); 8.04–8.09 (1H, м, H Ar); 8.41 (3H, уш. с, 2NH, OH). Спектр ЯМР ^{13}C (100 °С), δ , м. д.: 23.4 (CH₂); 44.1 (4',5'-CH₂); 65.0 (CPh₃); 107.4 (CNO₂); 118.2; 118.8 (CH); 123.9 (CH); 126.4 (3CH Ph); 128.1 (6CH Ph); 128.7; 128.8 (CH); 129.1 (CH); 130.4 (CH); 131.1 (6CH Ph); 132.6; 141.3; 147.0 (3C Ph); 152.3 (C-2); 161.6 (C-2'). Найдено, %: С 77.49; Н 5.49; N 7.85. C₃₄H₂₉N₃O₃. Вычислено, %: С 77.40; Н 5.54; N 7.96.

Файл сопроводительных материалов, содержащий спектры ЯМР синтезированных соединений, доступен на сайте журнала <http://hgs.osi.lv>.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение 02.а03.21.0008) и РФФИ (в рамках научного проекта 17-03-01158).

Список литературы

- (a) Rajappa, S. *Tetrahedron* **1981**, 37, 1453. (b) Rajappa, S. *Tetrahedron* **1999**, 55, 7065. (c) Nakaike, Y.; Asahara, H.; Nishiwaki, N. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2016**, 65, 2129. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2016**, 2129.] (d) Maslova, M. M.; Marchenko, N. B.; Glushkov, R. G. *Pharm. Chem. J.* **1993**, 27, 263. [*Хим.-фарм. журн.* **1993**, 27(4), 41.]
- (a) Tabuchi, T.; Fusaka, T.; Iwanaga, K.; Minamida, I.; Okachi, T. *J. Pestic. Sci. (Int. Ed., 1992-1995)* **1994**, 19, 119. (b) Wang, B.; Cheng, J.; Xu, Z.; Xu, X.; Shao, X.; Li, Z. *Molecules* **2012**, 17, 10014.
- Osipov, D. V.; Osyanin, V. A.; Klimochkin, Yu. N. *Russ. Chem. Rev.* **2017**, 86, 625. [*Успехи химии* **2017**, 86, 625.]
- (a) Osyanin, V. A.; Lukashenko, A. V.; Osipov, D. V.; Klimochkin, Yu. N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2015**, 50, 1528. [*Химия гетероцикл. соединений* **2014**, 1663.] (b) Lukashenko, A. V.; Osyanin, V. A.; Osipov, D. V.; Klimochkin, Yu. N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2016**, 52, 711. [*Химия гетероцикл. соединений* **2016**, 52, 711.] (c) Lukashenko, A. V.; Osyanin, V. A.; Osipov, D. V.; Klimochkin, Yu. N. *J. Org. Chem.* **2017**, 82, 1517. (d) Lukashenko, A. V.; Osipov, D. V.; Osyanin, V. A.; Klimochkin, Yu. N. *Russ. J. Org. Chem.* **2016**, 52, 1817. [*Журн. орган. химии* **2016**, 52, 1824.] (e) Осянин, В. А. *Дис. докт. хим. наук*; Самара, 2014. <http://d21221705.samgtu.ru/sites/d21221705.samgtu.ru/files/osyaninv.pdf>
- Xu, Y.; Wang, F.; Li, J.; Shao, X.; Xu, X.; Li, Z. *Synlett* **2016**, 1397.
- Pilipecz, M. V.; Mucsi, Z.; Nemes, P.; Scheiber, P. *Heterocycles* **2007**, 71, 1919.
- Kalisiak, J.; Ralph, E. C.; Cashman, J. R. *J. Med. Chem.* **2012**, 55, 465.
- Sangi, D. P.; Monteiro, J. L.; Vanzolini, K. L.; Cass, Q. B.; Paixão, M. W.; Corrêa, A. G. *J. Braz. Chem. Soc.* **2014**, 25, 887.