

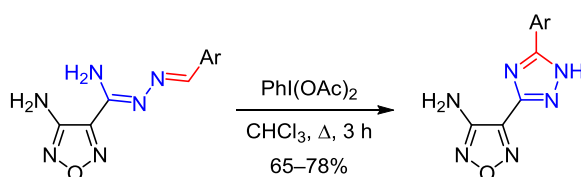
Новый мягкий метод синтеза 3-амино-4-(5-арил-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов

Святослав С. Семякин¹, Марина И. Стручкова¹, Алексей Б. Шереметев^{1*}

¹ Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН,
Ленинский пр. 47, Москва 119991, Россия; e-mail: sab@ioc.ac.ru

Поступило 31.03.2016

Принято 16.05.2016



Разработан простой и эффективный метод синтеза (1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов окислительной циклизацией *N*-арилиден-амидразонов фуразан-3-карбоновой кислоты с использованием доступного и нетоксичного реагента – фенилиодозодиацетата.

Ключевые слова: арилиденамидразоны, 1,2,4-триазолы, фенилиодозодиацетат, фуразан, окислительная циклизация.

Производные (1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов и их *N*-оксидов представляют интерес в качестве биологически активных соединений,^{1,2} а также энергоемких веществ.^{3–6} Наиболее общий (семь примеров) метод построения молекул с такой комбинацией азолов заключается в высокотемпературной (200–230 °С) циклоконденсации *N*-ацилированных фуразанкарбогидразон-амидов (амидразонов).^{7–9} Описан также ряд частных подходов, пригодных для получения какого-то одного производного.^{1,4,10} Опубликованные методы позволяют получать лишь узкий круг (1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов, используют крайне жесткие условия или высокотоксичные реагенты, что ограничивает применение этих соединений для более широкого исследования.

Наиболее часто используемый ранее для получения указанной комбинации азолов амидразон 4-аминофуразан-3-карбоновой кислоты (**1**) является доступным соединением,^{11,12} поэтому поиск более мягких условий для циклизации амидразонного фрагмента в 1,2,4-триазольный цикл весьма актуален.

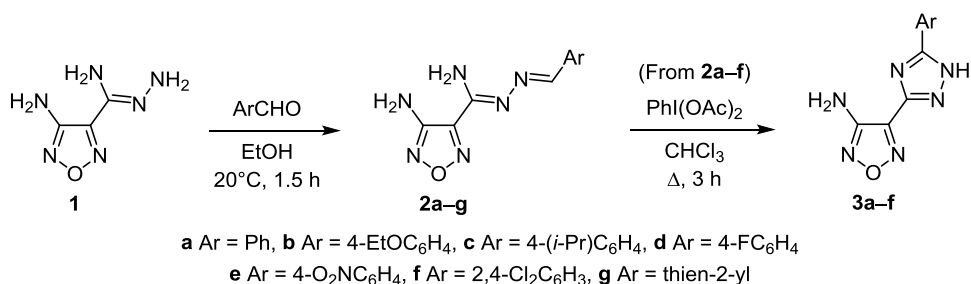
Описано несколько примеров циклизации арилиден- и алкилиденамидразонов в соответствующие 3,4,5-тризамещенные 1,2,4-триазолы при действии таких окислителей, как HgO,¹³ Ag₂CO₃¹⁴ и (NH₄)₂Ce(NO₃)₆.¹⁵ Для получения *N*-незамещенного триазола был использован лишь дихлордицианобензохинон.¹⁶ Наши попытки применить эти реагенты для окисления амидразона **2a**, взятого в качестве модельного соединения, оказались безуспешными: амидразон **2a** не изменяется при обработке этими окислителями.

Широкое распространение в качестве реагента для осуществления разнообразных реакций окислительной циклоконденсации получил фенилиодозодиацетат (ФИДА).^{17–19} В частности, ФИДА оказался весьма эффективным для синтеза аннелированных 1,2,4-триазолов окислением гидразонов, полученных на основе 2-гидразиноазинов.^{20–22} Однако при попытках применения этого окислителя для циклизации *N*-арилиден-*S*-гликозилформамидразонов была получена сложная смесь продуктов, содержащая менее 20% моноциклического 1,2,4-триазола.²³

Нами показано, что реакция *N*-арилиденамидразона **2a**, легко получаемого из амидразона **1**, с ФИДА в CH₂Cl₂, CHCl₃, ацетонитриле или их смесях при комнатной температуре в течение 24–36 ч приводит к образованию триазола **3a** с выходом 12–37% (схема 1). Было обнаружено, что оптимальным растворителем для проведения реакции является кипящий хлороформ, в котором реакция завершается за 3 ч. При охлаждении реакционной смеси примерно половина образовавшегося продукта (39–47% в зависимости от загрузки) выпадает в осадок и легко отделяется фильтрованием. Вторая часть продукта (21–35%) может быть выделена хроматографическим разделением остатка, полученного при упаривании фильтрата. Аналогично были получены триазолы **3b–f**.

Реакция пригодна для получения соединений, содержащих в фенильном цикле как электронодонорные, так и электроноакцепторные заместители, а также *орто*-заместители. Заместители влияют на

Схема 1



растворимость продуктов, что определяет соотношение выпадающего в осадок продукта и выделяемого с помощью хроматографии. Суммарный выход составляет 65–78%.

Попытки получить триазол из *N*-[(тиофен-2-ил)-метилен]амидразона **2g** приводят к сильному осмолению, что, вероятно, обусловлено окислением тиенильного фрагмента молекулы. Выделить целевой триазол из реакционной смеси не удалось.

Строение синтезированных триазолов подтверждено ИК и ЯМР спектроскопией, масс-спектрометрией, элементным анализом. Их спектральные характеристики близки литературным.²⁴

Таким образом, предложен простой мягкий способ получения (1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов на основе простых доступных реагентов. Впервые показано, что фенилиодозодиацетат пригоден для окислительной циклизации, дающей моноциклические *N*-незамещенные 1,2,4-триазолы.

Экспериментальная часть

ИК спектры зарегистрированы на спектрометре Bruker ALPHA в таблетках KBr. Спектры ЯМР ¹H, ¹⁹F, ¹³C и ¹⁵N зарегистрированы на спектрометре Bruker AM-300 (300, 282, 75 и 51 МГц соответственно) в ДМСO-*d*₆. Химические сдвиги в спектрах ЯМР определены относительно сигналов растворителя (2.50 м. д. для ядер ¹H, 39.5 м. д. для ядер ¹³C) или внешнего стандарта: MeNO₂ для ядер ¹⁵N и CClF₃ для ядер ¹⁹F. Масс-спектры зарегистрированы на спектрометре Finnigan MATINCOS 50 (прямой ввод, ионизация ЭУ, 70 эВ). Элементный анализ выполнен на приборе PerkinElmer SeriesII 2400. Температуры плавления определены в плавильном блоке Gallenkamp и не исправлены. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлен методом ТСХ на пластинах Sorbfil 60 F₂₅₄. Исходный амидразон 4-аминофуразан-3-карбоновой кислоты (**1**) получен по литературной методике.¹¹ Фенилиодозодиацетат приобретен у фирмы Реахим (Россия).

Синтез *N*-арилиденамидразонов 4-аминофуразан-3-карбоновой кислоты 2a–g (общая методика). К суспензии 0.50 г (3.52 ммоль) амидразона **1** в 5 мл EtOH добавляют 3.85 ммоль ароматического альдегида. Реакционную смесь интенсивно перемешивают при 20 °С в течение 1.5 ч. Продукт отфильтровывают, промывают 2-PrOH (2 × 3 мл), водой (2 × 3 мл), сушат на воздухе и перекристаллизовывают.

4-Амино-*N*'-бензилиденфуразан-3-карбогидразон-амид (2a). Выход 0.66 г (81%), светло-желтые хлопья, т. пл. 191–192 °С (2-PrOH), *R*_f 0.85 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3459, 3366, 3312, 1643, 1609, 1559, 1545, 1448, 1345, 1313, 1190, 1024, 995, 965, 913, 972, 792. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 6.72 (2H, с, NH₂); 7.36 (2H, с, NH₂); 7.40–7.50 (3H, м, H Ph); 7.88–8.02 (2H, м, H Ph); 8.58 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 128.3; 128.7; 130.9; 134.9; 140.6; 150.9; 155.5; 156.8. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 230 [M]⁺ (100), 200 [M–NO]⁺ (3), 173 [M–NO–HCN]⁺ (60), 153 (17), 119 (7), 104 (57), 90 (50), 77 (79). Найдено, %: C 52.25; H 4.41; N 36.44. C₁₀H₁₀N₆O. Вычислено, %: C 52.17; H 4.38; N 36.50.

4-Амино-*N*'-(4-этоксibenзилиден)фуразан-3-карбогидразонамид (2b). Выход 0.74 г (92%), светло-желтый аморфный порошок, т. пл. 162–163 °С (2-PrOH–H₂O), *R*_f 0.82 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3487, 3452, 3380, 2980, 2869, 1637, 1604, 1580, 1564, 1510, 1473, 1421, 1390, 1308, 1244, 1173, 1109, 1045, 1019, 915. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 1.32 (3H, т, *J* = 7.0, OCH₂CH₃); 4.06 (2H, к, *J* = 7.0, OCH₂CH₃); 6.60 (2H, с, NH₂); 6.98 (2H, д, *J* = 7.8, H Ar); 7.22 (2H, с, NH₂); 7.84 (2H, д, *J* = 7.8, H Ar); 8.48 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 14.5; 63.3; 114.6; 127.3; 130.0; 140.5; 150.2; 155.3; 156.4; 160.6. Найдено, %: C 52.59; H 5.22; N 30.57. C₁₂H₁₄N₆O₂. Вычислено, %: C 52.55; H 5.14; N 30.64.

4-Амино-*N*'-(4-изопропилбензилиден)фуразан-3-карбогидразонамид (2c). Выход 0.71 г (75%), бесцветный аморфный порошок, т. пл. 165–166 °С (2-PrOH–H₂O), *R*_f 0.85 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3485, 3409, 3367, 3308, 2964, 2873, 1640, 1613, 1576, 1561, 1546, 1409, 1365, 1351, 1311, 1189, 1182, 1021, 991, 964, 908, 823. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 1.19 (6H, д, ³*J* = 6.9, CH(CH₃)₂); 2.80–3.10 (1H, м, CH(CH₃)₂); 6.67 (2H, уш. с, NH₂); 7.25 (2H, д, ³*J* = 7.8, H Ar); 7.29 (2H, уш. с, NH₂); 7.82 (2H, д, ³*J* = 8.0, H Ar); 8.51 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 23.6; 33.4; 126.6; 128.3; 132.5; 140.5; 150.5; 151.2; 155.3; 156.7. Найдено, %: C 57.43; H 5.95; N 30.82. C₁₃H₁₆N₆O. Вычислено, %: C 57.34; H 5.92; N 30.86.

4-Амино-*N*'-(4-фторбензилиден)фуразан-3-карбогидразонамид (2d). Выход 0.74 г (85%), светло-желтый аморфный порошок, т. пл. 190–191 °С (2-PrOH), *R*_f 0.79 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3473, 3423, 3354, 3321, 1647, 1589, 1568, 1506, 1412, 1350, 1229, 1182, 1150, 1094, 1024, 998, 972, 832, 803. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 6.68 (2H, с, NH₂); 7.29 (2H, д, ³*J* = 8.8,

$^3J_{\text{HF}} = 8.8$, Н Ar); 7.37 (2H, с, NH₂); 8.01 (2H, д, д, $^3J = 8.8$, $^3J_{\text{HF}} = 5.9$, Н Ar); 8.58 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J, Гц): 115.6 (д, д, $^1J_{\text{CH}} = 164.5$, $^2J_{\text{CF}} = 22.0$); 130.4 (д, $^1J_{\text{CH}} = 166.0$, $^3J_{\text{CF}} = 8.4$); 131.4; 140.5; 153.1; 155.5; 161.0 (д, $^1J_{\text{CF}} = 247.5$); 166.0. Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -110.5. Найдено, %: С 48.42; Н 3.70; N 33.79. C₁₀H₉FN₆O. Вычислено, %: С 48.39; Н 3.65; N 33.86.

4-Амино-*N'*-(4-нитробензилиден)фуразан-3-карбогидразонамид (2e). Выход 0.86 г (90%), желтый аморфный порошок, т. пл. 271–272 °С (MeCN), R_f 0.76 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3486, 3423, 3372, 3321, 3114, 1632, 1612, 1590, 1570, 1532, 1510, 1340, 1223, 1188, 1175, 1103, 1022, 995, 965, 909, 859. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.62 (2H, с, NH₂); 7.59 (2H, с, NH₂); 8.10–8.20 (4H, м, Н Ar); 8.62 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 123.7; 128.9; 140.4; 141.0; 148.0; 151.9; 154.3; 155.4. Найдено, %: С 43.66; Н 3.34; N 35.57. C₁₀H₉N₇O₃. Вычислено, %: С 43.64; Н 3.30; N 35.62.

4-Амино-*N'*-(2,4-дихлорбензилиден)фуразан-3-карбогидразонамид (2f). Выход 0.88 г (84%), бесцветный аморфный порошок, т. пл. 200–201 °С (2-PrOH), R_f 0.8 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3472, 3432, 3359, 3327, 3135, 1638, 1608, 1585, 1574, 1540, 1473, 1387, 1340, 1193, 1140, 1099, 1052, 1023, 994, 944, 915, 873, 823, 795. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J, Гц): 6.66 (2H, с, NH₂); 7.42 (1H, д, д, $^3J = 8.5$, $^4J = 1.3$, Н Ar); 7.54 (2H, с, NH₂); 7.59 (1H, д, $^4J = 1.3$, Н Ar); 8.44 (1H, д, $^3J = 8.5$, Н Ar); 8.78 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 127.6; 129.2; 129.8; 131.0; 134.4; 135.6; 140.6; 151.2; 152.6; 155.4. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 300 (24), 298 [M]⁺ (35), 265 (9), 263 [M–NO]⁺ (33), 243 (25), 241 (41), 174 (39), 172 (59). Найдено, %: С 40.22; Н 2.72; N 28.03. C₁₀H₈Cl₂N₆O. Вычислено, %: С 40.15; Н 2.70; N 28.10.

4-Амино-*N'*-(тиофен-2-ил)метилен)фуразан-3-карбогидразонамид (2g). Выход 0.79 г (93%), бесцветный аморфный порошок, т. пл. 171–172 °С (2-PrOH–H₂O), R_f 0.8 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3459, 3313, 3138, 1639, 1605, 1562, 1427, 1310, 1219, 1190, 1025, 995, 957, 910, 860, 837, 759, 719. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J, Гц): 6.69 (2H, с, NH₂); 7.14 (2H, уш. с, NH₂); 7.20 (1H, д, д, $^3J = 3.3$, $^3J = 4.9$, Н тиофен); 7.56 (1H, д, $^3J = 3.3$, Н тиофен); 7.75 (1H, д, $^3J = 4.9$, Н тиофен); 8.80 (1H, с, N=CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 128.0; 130.0; 131.8; 139.5; 140.4; 150.1; 151.4; 155.3. Найдено, %: С 40.76; Н 3.47; N 35.48. C₈H₈N₆OS. Вычислено, %: С 40.67; Н 3.41; N 35.57.

Синтез (1,2,4-триазол-3-ил)фуразанов 3a–f (общая методика). Смесь 0.75 г (2.34 ммоль) ФИДА и 1.80 ммоль амидразона 2a–f в 10 мл CHCl₃ кипятят в колбе с обратным холодильником в течение 3 ч. Затем смесь охлаждают, осадок отфильтровывают, промывают CH₂Cl₂ (фильтрат собирают), перекристаллизовывают и получают первую часть продукта. Фильтрат упаривают досуха и хроматографируют на колонке с SiO₂ (элюент CCl₄ → MeCN), получают вторую часть продукта.

4-(5-Фенил-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил)фуразан-3-амин (3a). Суммарный выход 78%, бесцветное аморфное вещество, т. пл. 257–258 °С (H₂O), R_f 0.47 (CCl₄–MeCN,

3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3424, 3328, 3255, 1632, 1610, 1548, 1490, 1468, 1457, 1432, 1376, 1206, 1136, 977. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.56 (2H, с, NH₂); 7.55 (3H, уш. с, Н Ph); 8.12 (2H, уш. с, Н Ph); 15.15 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 127.0; 129.6; 131.1; 139.8; 152.3; 155.9; 156.2, 156.7. Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 228 [M]⁺ (34), 171 (100), 103 (44), 77 (22). Найдено, %: С 52.68; Н 3.55; N 36.79. C₁₀H₈N₆O. Вычислено, %: С 52.63; Н 3.53; N 36.83.

4-[5-(4-Этоксифенил)-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил]-фуразан-3-амин (3b). Суммарный выход 65%, светло-желтый порошок, т. пл. 215–216 °С (2-PrOH–H₂O), R_f 0.49 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3447, 3339, 3097, 2980, 2937, 1634, 1616, 1504, 1466, 1439, 1403, 1390, 1311, 1256, 1185, 1135, 1044, 977, 924, 843. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J, Гц): 1.28 (3H, т, $J = 6.9$, OCH₂CH₃); 4.03 (2H, к, $J = 6.9$, OCH₂CH₃); 6.48 (2H, уш. с, NH₂); 7.02 (2H, д, $^3J = 8.5$, Н Ar); 8.08 (2H, д, $^3J = 8.5$, Н Ar); 14.89 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 14.5; 63.4; 114.9; 119.1; 128.3; 139.4; 151.0; 155.4; 156.1; 160.4. Найдено, %: С 53.00; Н 4.47; N 30.84. C₁₂H₁₂N₆O₂. Вычислено, %: С 52.94; Н 4.44; N 30.87.

4-[5-(4-Изопропилфенил)-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил]-фуразан-3-амин (3c). Суммарный выход 67%, бесцветный порошок, т. пл. 185–186 °С (2-PrOH–H₂O), R_f 0.56 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3443, 3335, 3158, 3099, 3045, 2982, 2935, 2893, 1616, 1503, 1475, 1466, 1439, 1391, 1310, 1257, 1182, 1135, 1114, 1044, 978. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J, Гц): 1.15 (6H, д, $^3J = 6.9$, CH(CH₃)₂); 2.80–3.10 (1H, м, CH(CH₃)₂); 6.52 (2H, уш. с, NH₂); 7.38 (2H, д, $^3J = 7.8$, Н Ar); 8.02 (2H, д, $^3J = 8.0$, Н Ar); 15.06 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.0; 33.9; 124.4; 127.1; 127.6; 140.0; 152.0; 152.3; 155.9; 156.2. Найдено, %: С 57.81; Н 5.28; N 31.00. C₁₃H₁₄N₆O. Вычислено, %: С 57.77; Н 5.22; N 31.09.

4-[5-(4-Фторфенил)-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил]фуразан-3-амин (3d). Суммарный выход 74%, светло-желтые хлопья, т. пл. 248–249 °С (2-PrOH–H₂O), R_f 0.47 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3442, 3320, 3196, 3162, 1636, 1613, 1499, 1438, 1234, 1198, 1161, 1134, 990, 978, 841. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J, Гц): 6.57 (2H, с, NH₂); 7.40 (2H, д, д, $^3J = 8.6$, $^3J_{\text{HF}} = 8.6$, Н Ar); 8.19 (2H, д, д, $^3J = 8.6$, $^3J_{\text{HF}} = 5.5$, Н Ar); 15.20 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J, Гц): 116.1 (д, д, $^1J_{\text{CH}} = 116.2$, $^2J_{\text{CF}} = 22.0$); 123.0; 128.9 (д, д, $^1J_{\text{CH}} = 166.2$, $^3J_{\text{CF}} = 8.0$); 139.1; 151.4; 155.1; 155.3; 163.3 (д, $^1J_{\text{CF}} = 247.9$). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д.: -110.1. Найдено, %: С 48.83; Н 2.90; N 34.05. C₁₀H₇FN₆O. Вычислено, %: С 48.79; Н 2.87; N 34.13.

4-[5-(4-Нитрофенил)-1*H*-1,2,4-триазол-3-ил]-фуразан-3-амин (3e). Суммарный выход 72%, желтый порошок, т. пл. 254–255 °С (2-PrOH), R_f 0.44 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3446, 3334, 3101, 2936, 2856, 1638, 1604, 1555, 1523, 1491, 1438, 1345, 1314, 1201, 1141, 1110, 980, 865, 855. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 6.59 (2H, с, NH₂); 8.34 (4H, уш. с, Н Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 124.2; 127.6; 133.4; 138.3; 148.2; 149.4; 155.3; 156.2. Найдено, %: С 44.03; Н 2.62; N 35.81. C₁₀H₇N₇O₃. Вычислено, %: С 43.96; Н 2.58; N 35.89.

4-[5-(2,4-Дихлорфенил)-1H-1,2,4-триазол-3-ил]-фуразан-3-амин (3f). Суммарный выход 78%, бесцветное аморфное вещество, т. пл. 253–254 °С (EtOH), R_f 0.49 (CCl₄–MeCN, 3:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 3458, 3342, 3237, 1633, 1593, 1566, 1469, 1454, 1429, 1407, 1284, 1243, 1206, 1119, 1108, 1059, 989, 977, 867, 831, 812, 769, 732. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 6.50 (2H, с, NH₂); 7.57 (1H, д, д, ³ J = 8.2, ⁴ J = 1.1, H Ar); 7.77 (1H, д, ⁴ J = 1.1, H Ar); 7.93 (1H, д, ³ J = 8.2, H Ar). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 125.7; 127.8; 130.0; 132.6; 132.8; 135.7; 138.6; 149.4; 154.1; 155.3. Найдено, %: С 40.51; Н 2.06; N 28.22. С₁₀H₆Cl₂N₆O. Вычислено, %: С 40.43; Н 2.04; N 28.29.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект РНФ 14-13-01153).

Список литературы

1. Gasco, A.; Mortarini, V.; Reynaud, E. *Farmaco, Ed. Sci.* **1973**, 28, 624.
2. Fershtat, L. L.; Epishina, M. A.; Ovchinnikov, I. V.; Kachala, V. V.; Makhova, N. N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2015**, 51, 754. [Химия гетероцикл. соединений **2015**, 51, 754.]
3. Sergievskii, A. V.; Romanova, T. V.; Mel'nikova, S. F.; Tselinskii, I. V. *Russ. J. Org. Chem.* **2005**, 41, 261. [Журн. орган. химии **2005**, 41, 270.]
4. Li, Y.; Zhang, Z.; Ge, Z.; Wang, B.; Lai, W.; Luo, Y. *Chin. J. Chem.* **2013**, 31, 520.
5. Sheremetev, A. B.; Palysaeva, N. V.; Struchkova, M. I.; Suponitsky, K. Yu. *Mendeleev Commun.* **2012**, 22, 302.
6. Palysaeva, N. V.; Kumpan, K. P.; Struchkova, M. I.; Dalinger, I. L.; Kormanov, A. V.; Aleksandrova, N. S.; Chernyshev, V. M.; Pyreu, D. F.; Suponitsky, K. Yu.; Sheremetev, A. B. *Org. Lett.* **2014**, 16, 406.
7. Tselinskii, I. V.; Mel'nikova, S. F.; Pirogov, S. V.; Sergievskii, A. V. *Russ. J. Org. Chem.* **1999**, 35, 296. [Журн. орган. химии **1999**, 35, 315.]
8. Sergievskii, A. V.; Pirogov, S. V.; Mel'nikova, S. F.; Tselinskii, I. V. *Russ. J. Org. Chem.* **2001**, 37, 717. [Журн. орган. химии **2001**, 37, 755.]
9. Godovikova, T. I.; Vorontsova, S. K.; Konyushkin, L. D.; Firgang, S. I.; Rakitin, O. A. *Russ. Chem. Bull.* **2010**, 59, 483. [Изв. АН, Сер. хим. **2010**, 473.]
10. Shaposhnikov, S. D.; Korobov, N. V.; Sergievskii, A. V.; Pirogov, S. V.; Mel'nikova, S. F.; Tselinskii, I. V. *Russ. J. Org. Chem.* **2002**, 38, 1351. [Журн. орган. химии **2002**, 38, 1405.]
11. Andrianov, V. G.; Eremeev, A. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **1994**, 30, 608. [Химия гетероцикл. соединений **1994**, 693.]
12. Stepanov, A. I.; Sannikov, V. S.; Dashko, D. V., Roslyakov, A. G.; Astrat'ev, A. A.; Stepanova, E. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2015**, 51, 350. [Химия гетероцикл. соединений **2015**, 51, 350.]
13. Спасов, А.; Головинский, Е. *Журн. общ. химии* **1962**, 32, 3394.
14. Al-Soud, Y. A.; Heydel, M.; Hartmann, R. W. *Tetrahedron Lett.* **2011**, 52, 6372.
15. Nakka, M.; Tadikonda, R.; Rayavarapu, S.; Sarakula, P.; Vidavalur, S. *Synthesis* **2015**, 47, 517.
16. Garfinkle, J.; Ezzili, C.; Rayl, T. J.; Hochstatter, D. G.; Hwang, I.; Boger, D. L. *J. Med. Chem.* **2008**, 51, 4392.
17. Zhdankin, V. V. *ARKIVOC* **2009**, (i), 1.
18. Kotali, A.; Kotali, E.; Lafazanis, I. S.; Harris, P. A. *Curr. Org. Synth.* **2010**, 7, 62.
19. Zheng, Z.-S.; Zhang-Negrerie, D.; Du, Y.-F.; Zhao, K. *Sci. Chin. Chem.* **2014**, 57, 189.
20. Kumar, R.; Nair, R. R.; Dhiman, S. S.; Sharma, J.; Prakash, O. *Eur. J. Med. Chem.* **2009**, 44, 2260.
21. Manivel, P.; Prabakaran, K.; Banerjee, U.; Khan, F.-R. N.; Jeong, E. D.; Chung, E. H. *RSC Adv.* **2015**, 5, 3781.
22. Demmer, C. S.; Jørgensen, M.; Kehler, J.; Bunch, L.; Rasmussen, L. K. *Synlett* **2015**, 26, 519.
23. Szöcs, B.; Bokor, É.; Szabó, K. E.; Kiss-Szikszai, A.; Tóth, M.; Somsák, L. *RSC Adv.* **2015**, 5, 43620.
24. Garrett, P. J. In *Comprehensive Heterocyclic Chemistry II*; Katritzky, A. R.; Rees, C. W.; Scriven, E. F. V., Eds.; Pergamon: Oxford, 1996, vol. 4, p. 127.