

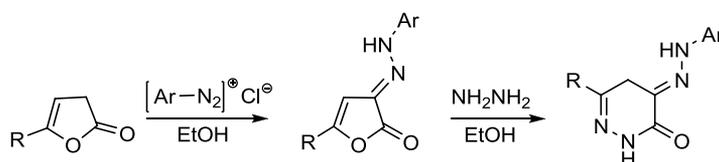
## Изучение стереохимии 3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов, синтез 4-(арилгидразоно)пиридазин-3(1*H*)-онов

Оксана А. Майорова<sup>1\*</sup>, Наталья В. Бабкина<sup>1</sup>, Алевтина Ю. Егорова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, ул. Астраханская, 83, Саратов 410012, Россия; e-mail: beloousova011@yandex.ru

Поступило 30.04.2015

Принято 28.05.2015



Методами спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H (в том числе двумерными экспериментами ЯМР <sup>1</sup>H–<sup>13</sup>C HMQC, <sup>1</sup>H–<sup>15</sup>N HMQC, <sup>1</sup>H–<sup>13</sup>C HMBC, NOE) и РСА установлены структурные особенности 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов, полученных азосочетанием фуран-2(3*H*)-онов с солями арилдиазония. Изучены взаимодействия синтезированных соединений с гидразином, протекающие с образованием шестичленных гетероциклов – гидразонозамещенных 4,5-дигидропиридазин-3(2*H*)-онов.

**Ключевые слова:** 4-(арилгидразоно)-4,5-дигидропиридазин-3(2*H*)-он, 3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-он, азо-гидразонная таутомерия, *Z/E*-изомеры, спектроскопия ЯМР.

Соединения, содержащие гидразонный фрагмент, достаточно распространены в природе. Многие гидразонопроизводные гетероциклических структур обладают биологической активностью. Некоторые гидразонопроизводные гетероциклических соединений могут быть использованы в качестве красителей, пестицидов и аналитических реагентов.<sup>1</sup> Кроме того, гидразонозамещенные гетероциклы, содержащие функциональные группы, представляют интерес как предшественники конденсированных и линейно связанных полигетероциклических систем.<sup>2</sup> Перспективность исследований в данном направлении обусловлена тем, что соединения, содержащие гидразонный фрагмент, проявляют разнообразное биологическое действие и комплексообразующую способность. В основе синтеза многих известных и широко применяемых лекарственных средств лежит модификация структур, содержащих гидразонный фрагмент, кислотным катализом в условиях перегруппировки Фишера.<sup>2</sup>

Как показано ранее, одним из наиболее удобных методов синтеза 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов является метод, основанный на использовании незамещенных 5-арилфуран-2(3*H*)-онов в реакции сочетания с солями диазония.<sup>3</sup> Следует отметить, что в литературе авторы редко акцентировали внимание на изучении особенностей структуры полученных 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов, в основном ограничивались набором спектральных данных, необхо-

димых для подтверждения их индивидуальности и строения.<sup>2,4</sup>

В литературе для гидразонов рассматриваются два типа изомерии: азо-гидразонная таутомерия и геометрическая изомерия относительно кратной связи с образованием *Z*- и *E*-изомеров.<sup>5</sup> Оба эти состояния взаимосвязаны и существенно зависят от структурных фрагментов в молекуле гидразона, введения дополнительных заместителей, содержащих гетероатомы, двойных связей, которые способны участвовать в таутомерных превращениях или образовании внутримолекулярных водородных связей. Также на пространственное строение изомеров оказывает существенное влияние распределение электронной плотности на активных центрах.

Электронная структура гидразонов фуранонового ряда включает подвижную систему сопряженных π-связей и атомы азота, которые обеспечивают ее дополнительными свободными парами электронов. Заместители в ароматическом фрагменте гидразонов и протон у аминного атома азота создают потенциальную возможность существования этих соединений в нескольких таутомерных формах (рис. 1).

Принимая во внимание, что существование соединений в азо- или гидразонной форме сказывается на возможном участии исследуемых соединений в реакциях с электрофильными и нуклеофильными реагентами, является важным изучение возможности реализации азо-гидразонной таутомерии и/или *Z/E*-изомерных

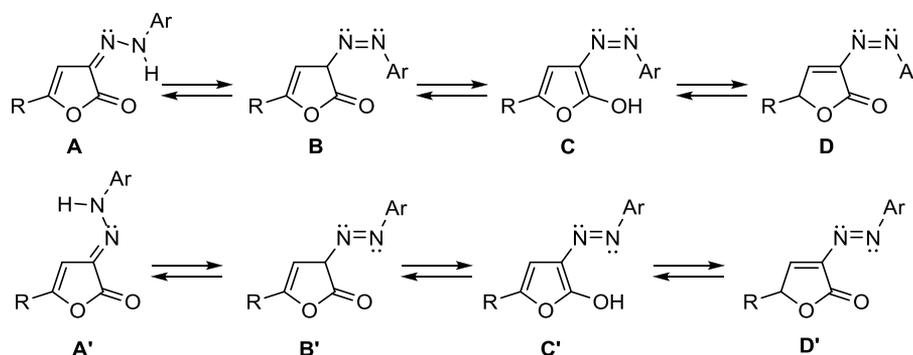


Рисунок 1. Таутомерные формы 5-R-3-(арилгидразоно)фуран-2(3H)-онов.

форм спектральными исследованиями синтезированных соединений **1a–d** (схема 1).

Ранее на основе данных спектров ЯМР  $^1\text{H}$  соединений **1b–d** показано, что в растворе ДМСО- $d_6$  они существуют в виде одного изомера.<sup>3</sup> Однако на основании данных спектров ЯМР  $^1\text{H}$  нельзя в полной мере говорить о существовании соединений **1a–d** в одной из таутомерных форм, так как спектральные характеристики таутомерных форм **A, C** в растворе ДМСО- $d_6$  достаточно близки. При изучении спектров ЯМР  $^1\text{H}$  однозначно можно исключить образование соединений **1a–d** в форме **B, D**. Привлечение спектров ЯМР  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  НМРС позволяет обнаружить протон, связанный с атомом С-4 фуран-2(3H)-онового цикла, что проявляется в двумерных спектрах соединений **1a–d** наличием кросс-пиков (соединение **1a** – 7.31/97.8 м. д., соединение **1b** – 7.35/96.2, соединение **1c** – 7.36/94.6, соединение **1d** – 7.34/95.9 м. д.).

Для установления точной таутомерной формы соединений **1a–d** были записаны спектры ЯМР  $^1\text{H}$ - $^{15}\text{N}$  НМРС, что позволяет обнаружить протон группы NH. В спектре ЯМР  $^1\text{H}$ - $^{15}\text{N}$  НМРС соединения **1a** был отмечен один кросс-пик при 11.37/–266.5 м. д.

Доказательство образования соединений, стабилизированных в форме гидразона, возможно при изучении спектров ЯМР  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  НМРС. В спектре соединения **1a** обнаружено взаимодействие протона группы NH с тремя близкорасположенными атомами углерода: *ипсо*-C (11.37/130.3 м. д.), в *орто*-положении фенильного заместителя (11.37/115.4 м. д.), в положении С-3 фуранонового цикла (11.37/142.4 м. д.).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что сочетание фуран-2(3H)-онов с солями арилдiazония приводит к формированию соединений, стабилизированных в форме гидразона **A** или **A'**.

Для доказательства существования соединений **1a–d** в *E*-форме изучены спектры NOE. ЯЭО обнаружен для сигналов протонов NH и групп 4-CH. При подавлении сигнала протона группы NH (11.37 м. д.) интенсивность сигнала протона группы 4-CH (7.31 м. д.) возрастает, что свидетельствует о пространственной близости указанных групп в структуре *E*-изомера **A'**.

Таким образом, для 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3H)-онов **1a–d** на основании совокупности данных

спектров ЯМР доказано существование полученных соединений **1a–d** преимущественно в *E*-гидразонной форме **A'**.

Более точное доказательство структуры соединений **1a–d** было получено с привлечением данных РСА. Структура молекулы соединения **1c** и нумерация атомов показаны на рис. 2. Соединение **1c** находится в гидразонной форме, что подтверждается соответствующими межатомными расстояниями N(1)–N(2) – 1.3437(16) Å и N(1)–C(2) – 1.2984(18) Å.<sup>6</sup> Наличие нитрогруппы в *орто*-положении фенильного цикла относительно гидразонного фрагмента позволяет образовывать внутримолекулярную водородную связь. Межатомное расстояние O(3)··H(2)–N(2) составляет 1.990(14) Å, что подтверждает стабилизацию изучаемых соединений в *E*-форме относительно кратной связи C=N.

Строение 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3H)-онов **1a–d** определяет возможность их взаимодействия с различными моно- и бинуклеофильными реагентами, что открывает удобный путь к получению ряда новых соединений как циклического, так и ациклического строения. Взаимодействие 3-(арилгидразоно)фуран-2(3H)-онов **1a–d** с гидразином протекает при нагревании реагентов в растворе этанола с образованием продуктов, структура которых, по данным спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$ , определена как 4-(арилгидразоно)-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-оны **2a–d** (схема 1).

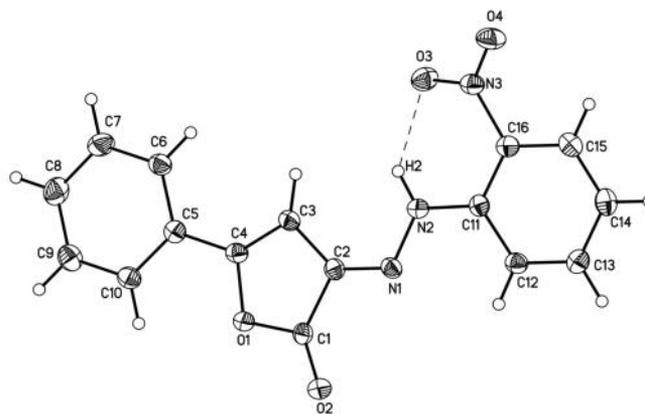
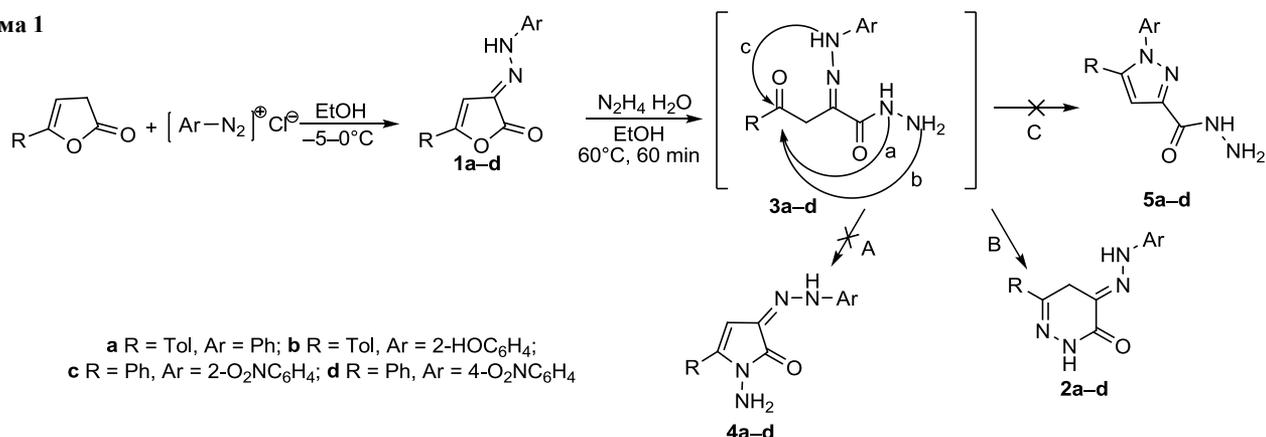
Рисунок 2. Молекулярная структура соединения **1c** в представлении атомов эллипсоидами тепловых колебаний с 50% вероятностью.

Схема 1



Вероятно, первоначально образуются ациклические продукты гидразиолиза **3a-d**, которые, в зависимости от условий проведения реакции, могут претерпевать гетероциклизацию с участием различных реакционных центров. Структура конечных продуктов зависит от активности атомов азота гидразидной группы и гидразонного фрагмента. Существенная особенность циклизации гидразидов состоит в том, что гидразидная группа способна участвовать в заключительном циклообразовании  $\alpha$ - или  $\beta$ -атомом азота. Часто более активным оказывается  $\alpha$ -атом азота (путь А), независимо от того, является ли  $\beta$ -атом свободным или замещенным.<sup>7</sup> Образующиеся промежуточные гидразиды оксоислот также способны к гетероциклизации за счет атаки аминогруппы гидразонного фрагмента (путь С). Спектральные данные исключают образование *N*-аминопиррол-2-онов **4a-d** и 3-гидразинил-1*H*-пиразолов **5a-d**. В предложенных условиях реализуется путь В, гетероциклизация осуществляется за счет гидразидной группы и карбонильного атома углерода, не затрагивая гидразонный фрагмент.

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H соединений **2a-d** в слабом поле имеется сигнал протона со сдвигом 9.26–9.42 м. д., который можно отнести к группе NH шестичленного гетероцикла. В области 9.77–9.90 м. д. присутствует синглет протона группы NH гидразонного фрагмента. В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H соединений **2a-d** отмечены интенсивные синглеты атомов водорода (4.15–4.38 м. д.) в две протонные единицы, относящиеся к метиленовой группе дигидропиридианонового цикла.

Строение 6-арил-4-(арилгидразоно)-4,5-дигидропиридиазин-3(2*H*)-онов **2a-d** установлено с привлечением данных спектров ЯМР <sup>1</sup>H–<sup>13</sup>C НМРС. В спектрах соединений **2a-d** обнаружены кросс-пики атомов водорода и углерода группы СН в положении С-4 фуранонового кольца (соединение **2a** – 4.38/76.8 м. д., соединение **2b** – 4.15/76.2 м. д., соединение **2c** – 4.36/84.5 м. д., соединение **2d** – 4.22/75.9 м. д.), что подтверждает наличие метиленовой группы в дигидропиридианоновом цикле.

Таким образом, методами спектроскопии ЯМР и РСА исследованы структура 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов, определена их стабильность, установлено, что изучаемые соединения в твердом состоя-

нии и в растворе существуют в *E*-конфигурации. Гидразиолиз 3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов приводит к формированию 6-арил-4-(арилгидразоно)-4,5-дигидропиридиазин-3(2*H*)-онов.

### Экспериментальная часть

Спектры ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C и <sup>15</sup>N зарегистрированы на спектрометре Varian Agilent-400 (400, 100 и 40 МГц соответственно) при температуре 25 °С в ДМСО-*d*<sub>6</sub> (соединение **1a**) и CDCl<sub>3</sub> (соединения **2a-d**), внутренний стандарт ТМС (для спектров ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C) и MeNO<sub>2</sub> (для спектров ЯМР <sup>15</sup>N). В спектре NOE время смешивания 0.5 с. Температуры плавления определены на столике Voetius. Элементный анализ выполнен на анализаторе varioMICROcube. Контроль за ходом реакций осуществлен методом ТСХ на пластинах Silufol UV-254, Alugram ALOX N/UV<sub>254</sub> в системе растворителей гексан–этилацетат–хлороформ, 2:2:1, проявление хроматограмм парами иода или УФ облучением при 254 нм. Все растворители были предварительно очищены согласно известным методикам.<sup>8</sup>

Методики получения 5-арил-3-(арилгидразоно)фуран-2(3*H*)-онов **1b-d** приведены в литературе.<sup>3</sup>

**5-Толлил-3-(фенилгидразоно)фуран-2(3*H*)-он (1a).** К свежеприготовленному раствору 5-фенилфуран-2(3*H*)-она 0.17 г (1 ммоль) в 15 мл EtOH при охлаждении (–5...0 °С) и перемешивании прикапывают свежеприготовленный раствор хлорида фенилдиазония, полученный диазотированием охлажденного раствора 0.08 мл (1 ммоль) анилина в 10 мл воды, подкисленного 0.5 мл HCl, раствором 0.07 г (1 ммоль) NaNO<sub>2</sub> в 3–5 мл воды. При энергичном перемешивании реакционную смесь охлаждают льдом до –5 °С. После охлаждения, выпавший осадок фильтруют, промывают водой. Выход 0.28 г (83%), желтые кристаллы, т. пл. 212–214 °С (EtOH). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H,  $\delta$ , м. д. (*J*, Гц): 2.48 (3H, с, CH<sub>3</sub>); 7.02 (1H, т, *J* = 8.0, H-4 Ph); 7.31 (1H, с, 4-CH); 7.36 (2H, д, *J* = 8.0, H-2,6 Ph); 7.48 (2H, д, *J* = 8.1, H Tol); 7.53 (2H, т, *J* = 8.1, H-3,5 Ph); 7.68 (2H, д, *J* = 8.1, H Tol); 11.37 (1H, с, NH). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C,  $\delta$ , м. д.: 20.7 (CH<sub>3</sub>); 97.8 (4-CH); 115.4 (C-2,6 Ph); 125.2 (C-1 Tol); 129.3 (C-3,5 Ph); 129.7 (C-3,5 Tol); 129.9 (C-2,6 Tol); 130.2 (C-4 Ph); 130.4 (C-1 Ph); 131.3 (C-4 Tol); 142.4 (C=N); 158.9 (C-5);

164.7 (C=O). Спектр ЯМР  $^{15}\text{N}$ ,  $\delta$ , м. д.: –266.5 (NH); –27.2 (C=N). Найдено, %: C 73.52; H 5.44; N 9.77.  $\text{C}_{17}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$ . Вычислено, %: C 73.37; H 5.07; N 10.07.

**6-Толлил-4-(фенилгидразоно)-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-он (2a)**. К раствору 0.28 г (1 ммоль) 5-толил-3-(фенилгидразоно)фуран-2(3H)-она (**1a**) в 15 мл EtOH добавляют 0.15 мл (3 ммоль) гидразингидрата. Реакционную смесь нагревают при 60 °C в течение 60 мин. После охлаждения до комнатной температуры выпавшие кристаллы фильтруют, промывают водой. Выход 0.23 г (80%), красно-коричневые кристаллы, т. пл. 94–95 °C (EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.49 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.38 (2H, с, 5- $\text{CH}_2$ ); 6.86 (1H, т,  $J = 7.8$ , H-4 Ph); 6.97 (2H, т,  $J = 7.9$ , H-3,5 Ph); 7.01 (2H, д,  $J = 7.8$ , H-2,6 Ph); 7.17 (2H, д,  $J = 8.1$ , H-2,6 Tol); 7.30 (2H, д,  $J = 8.0$ , H-3,5 Tol); 9.32 (1H, с, NH); 9.79 (1H, с, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 21.9 ( $\text{CH}_3$ ); 76.8 (C-5); 116.9 (C-2,6 Ph); 127.1 (C-2,6 Tol); 128.8 (C-3,5 Ph); 128.9 (C-3,5 Tol); 130.7 (C-4 Ph); 136.1 (C-1 Tol); 139.5 (C-4 Tol); 142.2 (C-6); 146.9 (C-1 Ph); 149.1 (C-4); 151.7 (C=O). Найдено, %: C 69.67; H 5.19; N 19.52.  $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}$ . Вычислено, %: C 69.85; H 5.52; N 19.17.

**4-[(2-Гидроксифенил)гидразоно]-6-толил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-он (2b)** получают аналогично соединению **2a** из 0.29 г (1 ммоль) соединения **1b**. Выход 0.23 г (82%), коричневые кристаллы, т. пл. 140–142 °C (EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.49 (3H, с,  $\text{CH}_3$ ); 4.15 (2H, с, 5- $\text{CH}_2$ ); 6.87 (1H, д,  $J = 8.2$ , H-6 Ar); 6.98 (1H, д,  $J = 8.2$ , H-3 Ar); 7.03 (1H, т,  $J = 8.1$ , H-5 Ar); 7.15 (1H, т,  $J = 8.1$ , H-4 Ar); 7.19 (2H, д,  $J = 7.9$ , H-2,6 Tol); 7.30 (2H, д,  $J = 8.0$ , H-3,5 Tol); 8.33 (1H, с, OH); 9.26 (1H, с, NH); 9.77 (1H, с, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 22.3 ( $\text{CH}_3$ ); 76.2 (C-5); 114.3 (C-6 Ar); 116.8 (C-3 Ar); 120.1 (C-5 Ar); 126.3 (C-2,6 Tol); 127.5 (C-1 Ar); 129.6 (C-3,5 Tol); 129.8 (C-4 Ar); 133.5 (C-1 Tol); 140.7 (C-4 Tol); 141.6 (C-6); 148.1 (C-2 Ar); 149.6 (C-4); 151.1 (C=O). Найдено, %: C 66.43; H 5.44; N 18.57.  $\text{C}_{17}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}_2$ . Вычислено, %: C 66.22; H 5.23; N 18.17.

**4-[(2-Нитрофенил)гидразоно]-6-фенил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-он (2c)** получают аналогично соединению **2a** из 0.30 г (1 ммоль) соединения **1c**. Выход 0.24 г (78%), красные кристаллы, т. пл. 156–158 °C (EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.36 (2H, с, 5- $\text{CH}_2$ ); 6.62 (1H, т,  $J = 7.8$ , H-4 Ar); 6.83 (1H, д,  $J = 7.7$ , H-6 Ar); 6.90 (1H, т,  $J = 7.8$ , H-5 Ar); 7.17 (1H, д,  $J = 7.8$ , H-3 Ar); 7.02–7.28 (5H, м, H Ph); 9.42 (1H, с, NH); 9.87 (1H, с, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 84.5 (C-5); 107.6 (C-6 Ar); 118.7 (C-4 Ar); 123.4 (C-3 Ar); 127.7 (C-2,6 Ph); 128.2 (C-3,5 Ph); 130.1 (C-4 Ph); 130.4 (C-2 Ar); 130.7 (C-5 Ar); 138.2 (C-1 Ph); 140.3 (C-6); 143.0 (C-1 Ar); 150.1 (C-4); 151.9 (C=O). Найдено, %: C 59.83; H 3.94; N 21.61.  $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_3$ . Вычислено, %: C 59.44; H 4.05; N 21.66.

**4-[(4-Нитрофенил)гидразоно]-6-фенил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-он (2d)** получают аналогично соединению **2a** из 0.30 г (1 ммоль) соединения **1d**. Выход 0.25 г (77%), красные кристаллы, т. пл. 133–135 °C

(EtOH). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 4.22 (2H, с, 5- $\text{CH}_2$ ); 7.20 (2H, д,  $J = 8.0$ , H-2,6 Ar); 7.53 (2H, д,  $J = 7.9$ , H-3,5 Ar); 7.45–7.98 (5H, м, H Ph); 9.37 (1H, с, NH); 9.90 (1H, с, NH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 75.9 (C-5); 111.7 (C-2,6 Ar); 124.6 (C-3,5 Ar); 126.1 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 130.2 (C-4 Ph); 138.7 (C-1 Ph); 140.5 (C-4 Ar); 141.2 (C-6); 149.0 (C-4); 152.3 (C=O); 152.6 (C-1 Ar). Найдено, %: C 59.58; H 4.15; N 21.81.  $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_3$ . Вычислено, %: C 59.44; H 4.05; N 21.66.

**Рентгеноструктурное исследование соединения 1c** проведено на дифрактометре Bruker APEX-II CCD (CuK $\alpha$ -излучение ( $\lambda$  1.54178 Å),  $\omega$ -сканирование) при 120 К. Кристаллы, пригодные для PCA, получены медленным охлаждением насыщенного раствора соединения **1c** в EtOAc. Полные данные PCA депонированы в Кембриджском банке структурных данных (депонент CCDC 1003814).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 15-13-10007) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-03-00318).

#### Список литературы

- (a) Elnagdi, M. H.; Sallam, M. M. M.; Ilias, M. A. M. *Helv. Chim. Acta* **1975**, *58*, 1944. (b) Karci, F.; Sener, N.; Yamac, M.; Sener, I.; Demircali, A. *Dyes Pigm.* **2009**, *80*, 47. (c) Krystof, V.; Cankar, P.; Frysova, I.; Slouka, J.; Kontopidis, G.; Dzubak, P.; Hajdich, M.; Srovnal, J.; de Azevedo, W. F., Jr.; Orsag, M.; Paprskarova, M.; Rolcik, J.; Latr, A.; Fischer, P. M.; Strnad M. *J. Med. Chem.* **2006**, *49*, 6500.
- (a) Bakulev, V. A.; Berseneva, V. S.; Belskaia, N. P.; Morzherin, Y. Y.; Zaitsev, A.; Dehaen, W.; Luyten, I.; Toppet, S. *Org. Biomol. Chem.* **2003**, *1*, 134. (b) Rusinov, V. L.; Ulomskii, E. N.; Chupakhin, O. N.; Charushin, V. N. *Russ. Chem. Bull., Int. Ed.* **2008**, *57*, 985. [*Изв. АН, Сер. хим.* **2008**, 967.] (c) Shchegolkov, E. V.; Burgart, Ya. V.; Khudina, O. G.; Saloutin, V. I.; Chupakhin, O. N. *Russ. Chem. Rev.* **2010**, *79*, 31. [*Успехи химии*, **2010**, *79*, 33.] (d) Elnagdi, M. H.; Sallam, M. M. M.; Fahmy, H. M.; Ibrahim, S. A.-M.; Elias, M. A. M. *Helv. Chim. Acta* **1976**, *59*, 551.
- (a) Gavkus, D. N.; Maiorova, O. A.; Borisov, M. Yu.; Egorova, A. Yu. *Russ. J. Org. Chem.* **2012**, *48*, 1229. [*Журн. орган. химии* **2012**, *48*, 1230.] (b) Майорова, О. А.; Борисов, М. Ю.; Егорова, А. Ю. *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология* **2012**, *12*(3), 3.
- Khattab, S. A.; Shawali, S. A.; Farag, A. M. *J. Chem. Eng. Data* **1977**, *22*, 104.
- (a) Belskaya, N. P.; Dehaen, W.; Bakulev, V. A. *ARKIVOC* **2010**, (i), 275. (b) Elassar, A.-Z. A.; Dib, H. H.; Al-Awadi, N. A.; Elnagdi M. H. *ARKIVOC* **2007**, (ii), 272.
- Allen, F. H.; Kennard, O.; Watson, D. G.; Brammer, L.; Orpen, A. G.; Taylor, R. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1987**, S1.
- Shvaika, O. P.; Artemov, V. N. *Russ. Chem. Rev.* **1972**, *41*, 833. [*Успехи химии* **1972**, *41*, 1788.]
- Вайсбергер, А.; Проскауэр, Э.; Риддик, Д.; Тупе, Э. *Органические растворители*; Изд-во иностр. лит.: Москва, 1958, 518 с.