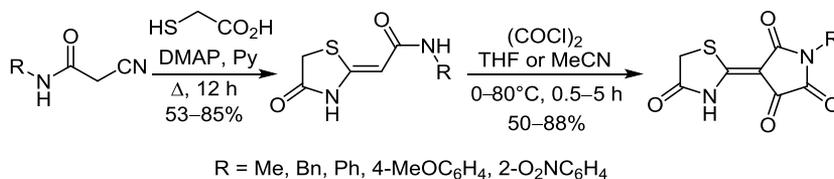


Синтез 4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)- пирролидин-2,3,5-трионов

Константин Л. Обыденнов^{1*}, Алексей Н. Галушинский¹,
Мария Ф. Костерина¹, Татьяна В. Глухарева¹, Юрий Ю. Моржерин¹

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
ул. Мира, 19, Екатеринбург 620002, Россия; e-mail: k.l.obydenov@urfu.ru

Поступило 26.01.2017
Принято 14.02.2017



Показано, что 2-(1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамиды могут быть использованы в качестве 2-енамидов в циклоконденсации с оксалилхлоридом, приводящей к образованию новых гетероциклических ансамблей – 4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)-пирролидин-2,3,5-трионов, с выходами 50–88%.

Ключевые слова: оксалилхлорид, пирролидин-2,3,5-трион, тиазолидин-4-он, гетероциклический ансамбль, циклоконденсация, экзоциклическая двойная связь.

Ансамбли на основе 1,3-тиазолидин-4-она, соединенного двойной экзоциклической связью C=C с другими пятичленными гетероциклами, привлекают внимание благодаря их биологической активности (антималарийной¹ и противораковой²), а также электрохимическим^{3,4} и фотофизическим свойствам.^{5,6} Наибольшее распространение в литературе получили (1,3-тиазолидинилиден)-1,3-тиазолидины⁷ и (2-оксоиндолин-3-илиден)-1,3-тиазолидин-4-оны.⁸ Существуют примеры ансамблей, в которых 1,3-тиазолидиновый цикл соединен связью C=C с пиррольным,⁹ оксазольным¹⁰ и другими гетероциклами. В то же время ансамбли 1,3-тиазолидина и пирролидин-2,3,5-она описаны не были.

В данной работе нами предложен удобный метод синтеза новых гетероциклических ансамблей – 4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трионов, циклоконденсацией 2-(1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамидов с оксалилхлоридом.

Исходные 2-(1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамиды **1a–e** с выходами 53–85% были синтезированы реакцией соответствующих нитрилов **2a–e** с меркаптоуксусной кислотой (схема 1, табл. 1) при нагревании в течение 12 ч в пиридине в присутствии *para*-диметиламинопиридина (DМАП, DMAP). Несмотря на то, что данный метод синтеза производных 1,3-тиазолидин-4-она широко представлен в литературе,^{11–15} 1,3-тиазолидины

1a,b,d,e ранее описаны не были. Благодаря оптимизации процедуры получения ранее описанного¹⁵ соединения **1c** был увеличен его выход с 60%¹⁵ до 85%.

На основании значения химического сдвига сигнала метинового протона 2'-CH (5.55–5.82 м. д.) в спектрах ЯМР ¹H соединений **1a–e** и литературных данных¹⁶ нами была приписана (*Z*)-конфигурация экзоциклической двойной связи C=C.

Ранее 2-(1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамиды **1** были изучены в реакциях алкилирования,¹⁷ бромирования,^{18,19} тионирования,²⁰ циклоконденсации,²¹ конденсации Кляйзена.²² Однако их взаимодействие с таким биелектрофилом, как оксалилхлорид, в литературе описано не было. В то же время известно, что при взаимодействии оксалилхлорида с такими бинуклеофилами, как 2-енамиды, образуются пирролидин-2,3,5-трионы.^{23–25}

В результате реакции 1,3-тиазолидинов **1a–d** с оксалилхлоридом при температуре 0–5 °C в сухом ТГФ нами были синтезированы 4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трионы **3a–d** с выходами 82–88% (схема 1, табл. 1). Следует отметить, что в связи с низкой реакционной способностью 1,3-тиазолидина **1e**, содержащего *para*-нитрофенильный фрагмент, реакция с оксалилхлоридом протекала при нагревании до 80 °C в течение 0.5 ч в MeCN. Однако выделить продукт **3e** в индивидуальном виде и очистить не удалось, что связано с его неустойчивостью в растворе.

Схема 1

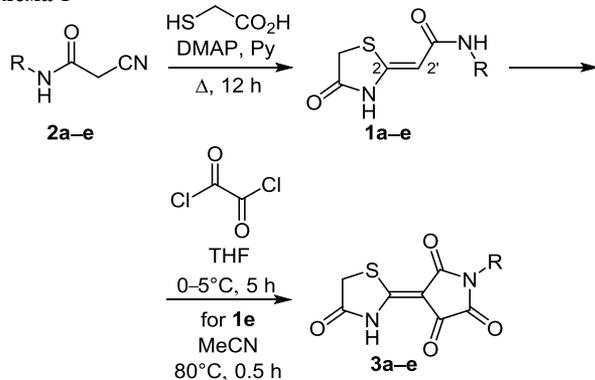
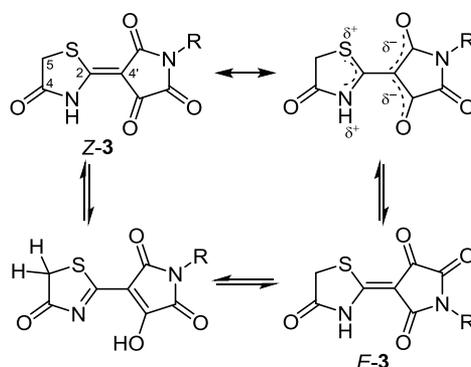


Схема 2

Таблица 1. Выходы тиазолидинов **1a–e** и **3a–e**

R	Соединение	Выход, %	Соединение	Выход, %
Me	1a	53	3a	86
Bn	1b	61	3b	88
Ph	1c	85	3c	82
4-MeOC ₆ H ₄	1d	72	3d	85
4-O ₂ NC ₆ H ₄	1e	71	3e	50*

* Содержание целевого вещества 85%, согласно данным спектроскопии ЯМР ¹H.

В масс-спектрах всех ансамблей **3a–d** регистрируются пики молекулярного иона [M]⁺. Характерными являются пики осколочных ионов [M–CO]⁺, [M–C₂O₂H]⁺ и [M–CO–C₂O₂H]⁺. В спектрах ЯМР ¹H соединений **3a–d** в растворе ДМСО-*d*₆ наблюдается один набор сигналов для всех протонов, кроме протонов метиленовой группы тиазолидинового цикла, которые регистрируются в области 3.99–4.02 м. д.²⁶ в виде двух уширенных синглетов. Дополнительные исследования показали, что в спектрах ЯМР ¹H соединения **3a**, зарегистрированных в растворе ДМФА-*d*₆, при температуре –18 °С происходит удвоение сигналов метиленовой, метильной и NH групп. Это можно объяснить заторможенным вращением вокруг частично двойной экзоциклической связи C=C, которое замедляется при понижении температуры. Снижение порядка экзоциклической двойной связи в ансамблях **3a–d** возможно благодаря ее пуш-пульному характеру и keto-енольной таутомерии (схема 2).²⁷ Анализ спектров ЯМР ¹H ансамбля **3a** в растворе ДМФА в диапазоне температур от –18 до 28 °С дает возможность примерно оценить температуру коалесценции –0 °С (сопроводительные материалы).

Также показано, что в спектре ЯМР ¹H соединения **3a** в растворе ДМСО, зарегистрированного при температуре 30 °С, сигналы метиленовых протонов сливаются, что можно объяснить ускорением вращения циклов вокруг экзоциклической связи.

В ИК спектрах соединений **1a** и **3a** (R = Me) присутствуют полосы в области 1556 и 1574 см^{–1} соответственно. Это свидетельствует о наличии в их

структуре двойной связи C=C.²⁸ Для соединений **1b–e** и **3b–d** (R = Bn, Ar) в области 1540–1585 см^{–1} также наблюдаются полосы поглощения, однако точное их отнесение невозможно в связи с присутствием в структуре бензольных циклов, для которых также характерно наличие полос в этом диапазоне.

Таким образом, в данной работе нами предложен удобный метод синтеза новых ансамблей, содержащих 1,3-тиазолидин-4-оновый и пирролидин-2,4,5-трионовый циклы, и отмечено, что в растворе данные соединения находятся в равновесии с их изомерными формами, возникающими из-за вращения вокруг частично двойной экзоциклической связи C=C.

Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на спектрофотометре Bruker Alpha (HfVO, ZnSe). Спектры ЯМР ¹H и ¹³C зарегистрированы на спектрометре Bruker Avance II (400 и 100 МГц соответственно) в ДМСО-*d*₆ (дополнительный спектр ЯМР ¹H для соединения **3a** записан в ДМФА-*d*₆), внутренний стандарт ТМС, в лаборатории комплексных исследований и экспертной оценки органических материалов Центра коллективного пользования УрФУ. Спектры ЯМР ¹H и ¹³C соединений **3a–d** зарегистрированы сразу после растворения образцов вследствие их неустойчивости в растворе. Масс-спектры зарегистрированы на газовом хромато-масс-спектрометре GCMS QP-2010 Plus (ионизация ЭУ, 70 эВ). Элементный анализ выполнен на CHNS-анализаторе PE 2400 Series II. Температуры плавления определены на приборе Stuart SMP3.

Получение 2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамидов 1a–e (общая методика). В круглодонную колбу с 15 ммоль цианацетамида **2a–e** при перемешивании по каплям добавляют пиридин до полного растворения цианацетамида. К полученному раствору добавляют 18 мг (0.15 ммоль) ДМАП и 3.2 мл (46 ммоль) меркаптоуксусной кислоты. Полученную смесь кипятят в колбе с обратным холодильником в течение 12 ч, затем разбавляют 5 мл 0.5 М раствора HCl. Осадок 1,3-тиазолидинона **1** отфильтровывают и промывают 15 мл горячего MeCN. При необходимости продукт дополнительно очищают путем кипячения суспензии тиазолидинона в MeCN с последующим горячим фильтрованием.

(2Z)-N-Метил-2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамид (1a). Выход 1.37 г (53%), белый порошок, т. пл. 238–243 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1184, 1299, 1398, 1415, 1470, 1556 (C=C), 1624 (C=O), 1699 (C=O), 3312 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 2.58 (3H, д, *J* = 4.8, CH₃); 3.61 (2H, с, CH₂); 5.55 (1H, с, CH); 7.61 (1H, уш. с, NH); 11.20 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 25.3; 31.9; 92.4; 151.4; 167.0; 174.0. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 172 [M]⁺ (94), 142 [M–NHCH₃]⁺ (100), 114 [M–NHCH₃–CO]⁺ (55), 98 (30), 86 (37), 68 (78), 42 (35), 40 (22). Найдено, %: С 41.70; Н 4.61; N 16.51. C₆H₈N₂O₂S. Вычислено, %: С 41.85; Н 4.68; N 16.27.

(2Z)-N-Бензил-2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамид (1b). Выход 2.27 г (61%), белый порошок, т. пл. 208–209 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 1301, 1539 (C=C), 1629 (C=O), 1701 (C=O), 2782, 2882, 3059, 3304 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.54 (2H, с, CH₂); 4.28 (2H, д, *J* = 6.0, NCH₂); 5.63 (1H, с, CH); 7.16–7.31 (5H, м, Н Ph); 8.05 (1H, т, *J* = 6.0, NH); 11.19 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 31.8; 41.8; 92.2; 126.5; 127.1; 128.1; 139.9; 152.0; 166.4; 173.8. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 248 [M]⁺ (59), 142 [M–NHPh]⁺ (20), 115 [M–NHPh–CO+H]⁺ (15), 106 (100), 91 (79), 77 (10), 68 (24). Найдено, %: С 58.27; Н 4.82; N 11.33. C₁₂H₁₂N₂O₂S. Вычислено, %: С 58.05; Н 4.87; N 11.28.

(2Z)-N-Фенил-2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамид (1c).²⁹ Выход 2.99 г (85%), белый порошок, т. пл. 282–285 °С (т. пл. 287–289 °С²⁹).

(2Z)-N-(4-Метоксифенил)-2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамид (1d). Выход 2.85 г (72%), белый порошок, т. пл. 261–263 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 1156, 1316, 1413, 1455, 1508, 1547, 1574, 1604, 1647 (C=O), 1696 (C=O), 2834, 2903, 2962, 2994, 3068, 3131, 3172, 3237, 3274 (NH), 3295. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.60 (2H, с, CH₂); 3.74 (3H, с, CH₃); 5.76 (1H, с, CH); 6.78 (2H, д, *J* = 9.0, Н Ar); 7.50 (2H, д, *J* = 9.0, Н Ar); 9.51 (1H, с, NH); 11.35 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 32.0; 55.1; 92.6; 113.8; 120.0; 133.0; 153.5; 154.7; 164.9; 174.1. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 264 [M]⁺ (9), 142 [M–NHCH₂OC₆H₄]⁺ (7), 123 (100), 108 (48), 68 (15). Найдено, %: С 54.30; Н 4.69; N 10.71. C₁₂H₁₂N₂O₃S. Вычислено, %: С 54.53; Н 4.58; N 10.60.

(2Z)-N-(4-Нитрофенил)-2-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)ацетамид (1e). Выход 2.97 г (71%), желтый порошок, т. пл. 252–260 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1106, 1136, 1256, 1306, 1323 (NO₂), 1406, 1498, 1529, 1543, 1581 (NO₂), 1679 (C=O), 1707 (C=O), 2818, 2898, 3009, 3066, 3109, 3366 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.64 (2H, с, CH₂); 5.82 (1H, с, CH); 7.83 (2H, д, *J* = 9.2, Н Ar); 8.10 (2H, д, *J* = 9.2, Н Ar); 10.28 (1H, с, NH); 11.57 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (*J*, Гц): 32.2; 91.9; 118.0; 125.0; 141.4; 146.2; 157.0; 165.8; 174.3. Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 280 [M+H]⁺ (2), 279 [M]⁺ (15), 142 [M–NHCH₂NO₂]⁺ (100), 138 (44), 114 [M–NHCH₂NO₂–CO]⁺ (36), 108 (13), 86 (25), 68 (68). Найдено, %: С 47.39; Н 3.46; N 15.21. C₁₁H₉N₃O₄S. Вычислено, %: С 47.31; Н 3.25; N 15.05.

Получение 4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трионов 3a–e (общая методика).

В 2 мл сухого ТГФ, охлажденного на ледяной бане, при перемешивании растворяют 41 мкл (0.48 ммоль) оксалилхлорида и через 2 мин добавляют 0.4 ммоль тиазолидина **1a–d**. Полученную суспензию перемешивают при той же температуре в течение 5 ч, после чего в реакционную смесь медленно приливают 1 мл смеси H₂O–ТГФ (1:4) до прекращения образования пузырьков. Затем добавляют 2 мл холодной воды, осадок фильтруют и промывают Et₂O.

1-Метил-4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трион (3a). Выход 78 мг (86%), белый порошок, т. пл. 246–250 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1026, 1150, 1235, 1327, 1559, 1574 (C=C), 1670 (C=O), 1713 (C=O), 1739 (C=O), 1763 (C=O), 3219 (NH). Спектр ЯМР ^1H (ДМСО-*d*₆), δ , м. д.: 3.03 (3H, с, CH₃); 4.00 (1H, с) и 4.02 (1H, с, CH₂); 11.69 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^1H (ДФА-*d*₆), δ , м. д.: 3.05 (3H, с, CH₃); 4.19 (2H, с, CH₂); 11.87 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 23.4; 32.1; 96.5; 162.3 (2C); 167.2; 175.0 (2C). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 226 [M]⁺ (55), 198 [M–CO]⁺ (1), 169 [M–C₂O₂H]⁺ (32), 141 [M–C₂O₂H–CO]⁺ (100), 99 (14), 71 (12), 68 (47), 46 (35). Найдено, %: С 42.32; Н 2.68; N 12.22. C₈H₆N₂O₄S. Вычислено, %: С 42.48; Н 2.67; N 12.38.

1-Бензил-4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трион (3b). Выход 106 мг (88%), светло-зеленый порошок, т. пл. 232–236 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1238, 1328, 1389, 1568 (C=C), 1674 (C=O), 1712 (C=O), 1761 (C=O), 3219 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 4.02 (1H, с) и 4.04 (1H, с, CH₂); 4.72 (2H, с, NCH₂); 7.23–7.38 (5H, м, Н Ph); 11.82 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 32.1; 40.7; 96.3; 127.3; 127.4; 128.4; 136.1; 161.9 (2C); 168.0; 174.8 (2C). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 302 [M]⁺ (100), 274 [M–CO]⁺ (11), 245 [M–C₂O₂H]⁺ (12), 211 (19), 186 (10), 171 (15), 141 [M–C₂O₂NHCH₂C₆H₅+H]⁺ (88), 106 (42), 91 (96), 70 (27), 68 (43), 46 (32), 39 (17). Найдено, %: С 55.85; Н 3.15; N 9.32. C₁₄H₁₀N₂O₄S. Вычислено, %: С 55.62; Н 3.33; N 9.27.

1-Фенил-4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трион (3c). Выход 95 мг (82%), белый порошок, т. пл. 267–272 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1138, 1216, 1399, 1496, 1573 (C=C), 1678 (C=O), 1719 (C=O), 1746 (C=O), 1787 (C=O), 2932, 2982, 3190 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 4.04 (1H, с) и 4.06 (1H, с, CH₂); 7.34–7.43 (3H, м, Н Ph); 7.49 (2H, д, *J* = 7.5, *J* = 7.5, Н Ph); 11.84 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 32.3; 96.4; 126.9; 128.2; 128.8; 131.5; 161.2 (2C); 168.7; 175.3 (2C). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн.}, %): 288 [M]⁺ (31), 260 [M–CO]⁺ (27), 141 [M–C₂O₂NHC₆H₅+H]⁺ (100), 119 (54), 99 (11), 91 (24), 77 (10), 68 (35), 46 (24). Найдено, %: С 54.11; Н 2.74; N 9.83. C₁₃H₈N₂O₄S. Вычислено, %: С 54.16; Н 2.80; N 9.72.

1-(4-Метоксифенил)-4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трион (3d). Выход 108 мг (85%), светло-зеленый порошок, т. пл. 235–240 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1145, 1163, 1211, 1242, 1253, 1299, 1330, 1392, 1405, 1441, 1468, 1512, 1568 (C=C), 1679 (C=O), 1715 (C=O), 1766 (C=O), 2834, 2955, 3012, 3212 (NH). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.82 (3H, с, CH₃);

4.05 (2H, с, CH₂); 6.99 (2H, д, $J = 8.0$, H Ar); 7.25 (2H, д, $J = 8.0$, H Ar); 11.78 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 32.3; 55.4; 96.4; 114.0; 123.9; 128.2; 158.9; 161.4 (2C); 168.3; 175.2 (2C). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 318 [M]⁺ (19), 290 [M–CO]⁺ (9), 149 (100), 134 (29), 106 (13). Найдено, %: С 52.68; Н 2.96; N 8.69. C₁₄H₁₀N₂O₅S. Вычислено, %: С 52.83; Н 3.17; N 8.80.

1-(4-Нитрофенил)-4-(4-оксо-1,3-тиазолидин-2-илиден)пирролидин-2,3,5-трион (3e) получают из 0.12 г (0.4 ммоль) тиазолидина **1e** по общей методике в сухом MeCN, нагревая суспензию при 80 °С в течение 30 мин. Обрабатывают 1 мл смеси H₂O–MeCN, 1:4. Выход 67 мг (50%), светло-желтый порошок, т. пл. 260–285 °С (с разл.). Спектр ЯМР ¹H, δ, м. д. (J , Гц): 4.07 (2H, с, CH₂); 7.73 (2H, д, $J = 8.8$, H Ar); 8.35 (2H, д, $J = 8.8$, H Ar). Вещество в аналитически чистом виде не получено.

Файл сопроводительной информации, содержащий ИК, ЯМР ¹H и ¹³C и масс-спектры соединений **1a–e**, **3a–e**, доступен на сайте <http://hgs.osi.lv>.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-33-00560 мол_а) и Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.A03.21.0006).

Список литературы

1. Takasu, K. *Chem. Pharm. Bull.* **2016**, 64, 656.
2. Wang, F.; Liu, Z.; Wang, J.; Tao, J.; Gong, P.; Bao, X.; Zhao, Y.; Wang, Y. *Eur. J. Med. Chem.* **2015**, 101, 126.
3. Le Gal, Y.; Rajkumar, M.; Vacher, A.; Dorcet, V.; Roisnel, T.; Fourmigué, M.; Barrière, F.; Guizouarn, T.; Lorcy, D. *CrystEngComm* **2016**, 18, 3925.
4. Filatre-Furcate, A.; Higashino, T.; Lorcy, D.; Mori, T. *J. Mater. Chem. C* **2015**, 3, 3569.
5. Matsui, M.; Tanaka, N.; Kubota, Y.; Funabiki, K.; Jin, J.; Higashijima, S.; Miura, H.; Manseki, K. *RSC Adv.* **2016**, 6, 33111.
6. El-Zohry A.; Orthaber, A.; Zietz, B. *J. Phys. Chem. C* **2012**, 116, 26144.
7. Lorcy, D.; Bellec, N. *Chem. Rev.* **2004**, 104, 5185.
8. Gazieva, G. A.; Izmet'ev, A. N. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2015**, 50, 1515. [*Химия гетероцикл. соединений* **2014**, 1649.]
9. Khodairy, A.; El-Sayed, A. M. *J. Heterocycl. Chem.* **2014**, 51, 860.
10. El-Desoky, S. I.; Bondock, S. B.; Etman, H. A.; Fadda, A. A.; Metwally, M. A. *Sulfur Lett.* **2003**, 26, 127.
11. Elgemeie, G. H.; Sayed, S. H. *Synth. Commun.* **2003**, 33, 535.
12. Elnagdi, M. H.; Khalifa, M. A. E.; Ibraheim, M. K. A.; Elmoghayar, M. R. H. *J. Heterocycl. Chem.* **1981**, 18, 877.
13. Stojanović, M.; Džambaski, Z.; Bondžić, B.; Aleksić, J.; Baranac-Stojanović, M. *Curr. Org. Chem.* **2014**, 18, 1108.
14. Bondock, S.; Fadaly, W.; Metwally, M. A. *Eur. J. Med. Chem.* **2010**, 45, 3692.
15. Elgemeie, H. G. E.; Elfahham, H. A.; Hassan, E. S. M.; Elnagdi, M. H. *Z. Naturforsch., B: J. Chem. Sci.* **1983**, 38, 781.
16. Marković, R.; Baranac, M. *Heterocycles* **1998**, 48, 893.
17. Džambaski, Z.; Marković, R.; Kleinpeter, E.; Baranac-Stojanović, M. *Tetrahedron* **2013**, 69, 6436.
18. Baranac-Stojanović, M.; Marković, R. *Synlett* **2006**, 729.
19. Mohareb, R. M.; Ibrahim, R. A.; Wardakhan, W. W. *Med. Chem. Res.* **2016**, 25, 2187.
20. Rašović, A.; Koch, A.; Kleinpeter, E.; Marković, R. *Tetrahedron* **2013**, 69, 10849.
21. Ammar, Y. A.; El-Sharief, A. M. Sh.; Al-Sehemi, A. G.; Mohamed, Y. A.; El-Hag Ali, G. A. M.; Senussi, M. A.; El-Gaby, M. S. A. *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **2005**, 180, 2503.
22. Ammar, Y. A.; Mohamed, Y. A.; El-Hagali, G. A. M.; Abd El-Aal, A. S.; El-Gaby, M. S. A. *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* **2010**, 185, 1386.
23. Zaleska, B.; Sławomir, L. *Synthesis* **2001**, 811.
24. Zhang, L.; Dong, J.; Xu, X.; Liu, Q. *Chem. Rev.* **2016**, 116, 287.
25. Dong, Y.; Guo, Y.; Liu, J.; Zheng, G.; Wang, M. *Eur. J. Org. Chem.* **2014**, 2014, 797.
26. Gautam, D.; Chaudhary, R. P. *J. Mol. Struct.* **2015**, 1080, 137.
27. (a) Kvaskoff, D.; Bernhardt, P. V.; Koch, R.; Wentrup, C. *Aust. J. Chem.* **2009**, 62, 1068. (b) Veedu, R. N.; Bernhardt, P. V.; Koch, R.; Wentrup, C. *Aust. J. Chem.* **2008**, 61, 805. (c) Ye, G.; Chatterjee, S.; Li, M.; Zhou, A.; Song, Y.; Barker, B. L.; Chen, C.; Beard, D. J.; Henry, W. P.; Pittman, C. U. *Tetrahedron* **2010**, 66, 2919.
28. Taylor, P. J. *Spectrochim. Acta, Part A* **1970**, 26, 165.
29. Baranac-Stojanović, M.; Tatar, J.; Stojanović, M.; Marković, R. *Tetrahedron* **2010**, 66, 6873.