

Посвящается академику О. Н. Чухаину в связи с его 80-летием

А. С. Бунев^{1*}, Ю. О. Трушкова¹, Г. И. Остапенко¹,
В. Е. Стацюк¹, А. С. Перегудов²

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ 4-(1*H*-1,2,3-ТРИАЗОЛ-4-ИЛ)-1,3-ТИАЗОЛ-2-АМИНА

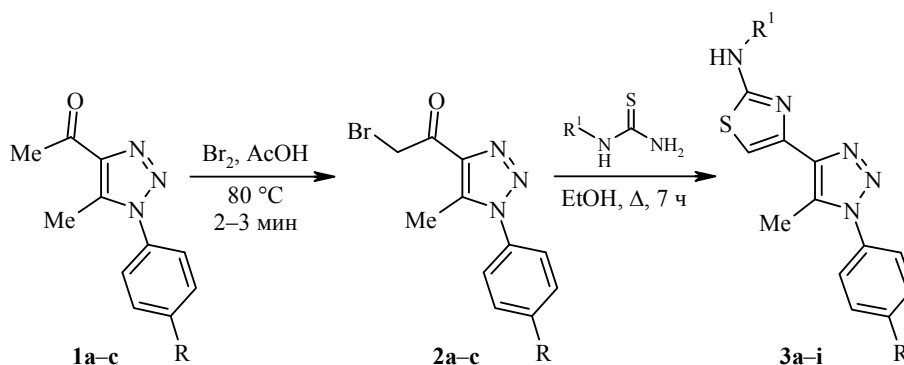
Получен ряд неописанных ранее производных тиазола – 4-(1*H*-1,2,3-триазол-4-ил)-1,3-тиазол-2-аминов – на основе реакции Ганча между соответствующими α-бромкетонами 1,2,3-триазола и (гет)арилтиомочевинами.

Ключевые слова: тиазолы, тиоамиды, 1,2,3-триазолы, 1,2,3-триазолилзамещённые тиазолы, синтез Ганча, эксперимент НМҚС, эксперимент НМВС.

Значительное количество соединений, содержащих триазольный [1–3], а также 1,2,3-триазольный [4, 5] фрагмент проявляют широкий спектр биологической активности. В связи с этим достаточно актуальной задачей представляется получение новых производных тиазола с различными полифункциональными заместителями, включая гетероциклические, с целью найти среди них соединения с новыми видами биологической активности.

Наиболее часто используемым методом синтеза тиазолов является синтез Ганча [6], заключающийся во взаимодействии α-галогенкарбонильного соединения с соединениями, содержащими фрагмент N–C–S, например с тиоамидами [7, 8] и тиомочевинами [9, 10]. Данный метод позволяет получать полифункциональные тиазолы, содержащие разнообразные заместители.

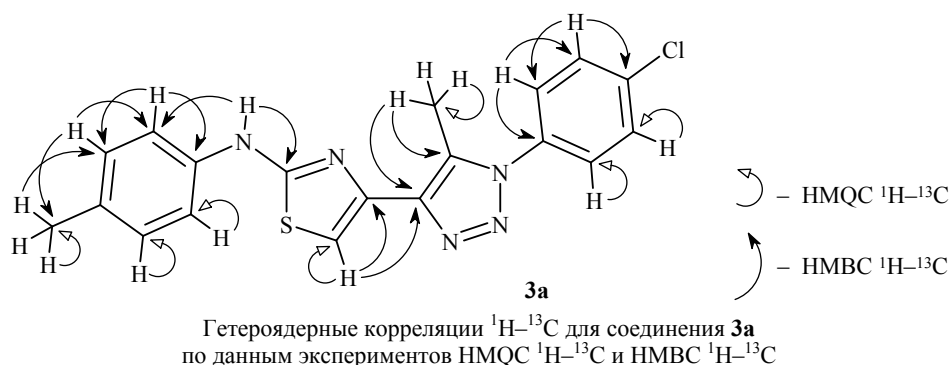
В настоящей работе нами исследована возможность получения реакцией Ганча новых полифункциональных тиазолов **3a–i**, содержащих в качестве одного из заместителей 1,2,3-триазольный фрагмент. С этой целью 4-ацетил-1,2,3-триазолы **1a–c** действием молекулярного брома в AcOH при 80 °C были превращены в соответствующие α-бромкетоны **2a–c**. Их последующая регио-селективная циклоконденсация с *N*-(пиридил)арилтиомочевинами в кипящем этаноле (7 ч) приводит к образованию производных 4-(1*H*-1,2,3-триазол-4-ил)-1,3-тиазол-2-аминов **3a–i** с хорошими выходами (69–95%).



1a, 2a, 3a–c R = Cl, **1b, 2b, 3d–f** R = Br, **1c, 2c, 3g–i** R = NO₂;
3 a,d,g R¹ = 4-MeC₆H₄, **b,e,h** R¹ = 3-MeC₆H₄, **c,f,i** R¹ = 2-Py

Стоит отметить, что, несмотря на наличие в молекуле α -бромкарбонильных соединений **2a–c** электроноакцепторного 1,2,3-триазольного заместителя, выходы целевых тиазолов варьируются от хороших до высоких. Так, в случае реакции соединений **2a,b** самые высокие выходы были достигнуты при реакции с *N*-арилтиомочевинами, содержащими электронодонорную метильную группу в *para*- и *meta*-положениях, а самые низкие выходы – для реакции с *N*-(пиридин-2-ил)тиомочевинной. α -Бромкетон **2c** показал отсутствие зависимости выхода реакции от заместителя в используемых тиомочевинах.

Строение полученных соединений однозначно установлено с помощью спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C . В спектрах ЯМР ^1H соединений **3a–i**, помимо сигналов, характерных для протонов арильного заместителя 1,2,3-триазольного фрагмента и фрагмента арилтиомочевины, также присутствует синглет протона Н-5 тиазольного цикла в области 7.25–7.42 м. д. В спектрах ЯМР ^{13}C присутствуют сигналы атомов углерода С-2,4,5 тиазольного фрагмента в области 160.3–164.4, 141.5–143.0 и 104.0–107.9 м. д. соответственно. Дальнейшее однозначное соотнесение сигналов ядер углерода со структурой синтезированных соединений проводилось с применением гетероядерной корреляционной спектроскопии ЯМР НМРС ^1H – ^{13}C и НМВС ^1H – ^{13}C (рисунок).



В спектрах НМРС ^1H – ^{13}C соединения **3a** наблюдаются все корреляции ^1H – ^{13}C через одну связь, которые позволили однозначно соотнести сигналы химических сдвигов ядер углерода, связанных с водородом. Наличие кросс-пиков для корреляций ^1H – ^{13}C через две-три связи в спектрах НМВС ^1H – ^{13}C позволило однозначно соотнести четвертичные атомы углерода арильных заместителей, тиазольного и 1,2,3-триазольного циклов с наблюдаемой спектральной картиной спектров ЯМР ^{13}C .

Таким образом, реакцией Ганча (бромметил)(1,2,3-триазол-4-ил)кетонов с (гет)арилтиомочевинами получен ряд неописанных ранее производных тиазола – 4-(1*H*-1,2,3-триазол-4-ил)-1,3-тиазол-2-аминов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записаны на приборе ФСМ-1201 в таблетках КВг. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C зарегистрированы на приборе Bruker Avance (600 и 150 МГц соответственно) в DMSO-d_6 , внутренний стандарт ТМС. На этом же приборе осуществлены эксперименты НМВС ^1H – ^{13}C и НМРС ^1H – ^{13}C . Элементный анализ проведён на анализаторе *major* EL cube. Температуры плавления определены на нагревательном столике Voetius и не исправлены.

Исходные кетоны **1a–c** получены по методике [11], замещённые тиомочевины – по методике [12].

Синтез соединений 2a–c (общая методика). К раствору 10 ммоль кетона **1a–c** в 20 мл AcOH, предварительно подогретому до 80 °С, в несколько приёмов прикапывают раствор 0.51 мл (1.6 г, 10 ммоль) Br₂ в 5 мл AcOH. Раствор после обесцвечивания (2–3 мин) охлаждают, добавляют 10 мл H₂O. Выпавший осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из EtOH.

2-Бром-1-[5-метил-1-(4-хлорфенил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил]этанон (2a). Выход 84%, белые кристаллы, т. пл. 118–119 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3298, 1696, 1548, 1497, 1178, 962, 877. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.55 (3H, с, CH₃); 4.88 (2H, с, CH₂Br); 7.72 (2H, д, *J* = 8.7, H Ar); 7.75 (2H, д, *J* = 8.7, H Ar). Найдено, %: C 42.07; H 2.92. C₁₁H₉BrClN₃O. Вычислено, %: C 42.00; H 2.88.

2-Бром-1-[1-(4-бромфенил)-5-метил-1H-1,2,3-триазол-4-ил]этанон (2b). Выход 83%, белые кристаллы, т. пл. 125–126 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3301, 1693, 1550, 1495, 1181, 972, 872. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.55 (3H, с, CH₃); 4.88 (2H, с, CH₂Br); 7.62 (2H, д, *J* = 8.8, H Ar); 7.87 (2H, д, *J* = 8.8, H Ar). Найдено, %: C 36.85; H 2.61. C₁₁H₉Br₂N₃O. Вычислено, %: C 36.80; H 2.53.

2-Бром-1-[5-метил-1-(4-нитрофенил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил]этанон (2c). Выход 76%, белые кристаллы, т. пл. 135–136 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3305, 1672, 1604, 1532, 1313, 963, 823. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.63 (3H, с, CH₃); 4.90 (2H, с, CH₂Br); 8.01 (2H, д, *J* = 8.8, H Ar); 8.50 (2H, д, *J* = 8.8, H Ar). Найдено, %: C 40.70; H 2.83. C₁₁H₉BrN₄O₃. Вычислено, %: C 40.64; H 2.79.

Синтез соединений 3a–i (общая методика). Смесь 1.5 ммоль α -бромкетона **2a–c** и 1.5 ммоль соответствующей тиомочевины кипятят в 30 мл EtOH в течение 7 ч. Затем к раствору добавляют 10 мл насыщенного раствора NaHCO₃. После охлаждения смеси выпавший осадок отфильтровывают и перекристаллизовывают из EtOH.

4-[5-Метил-1-(4-хлорфенил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил]-N-(4-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3a). Выход 81%, жёлтые кристаллы, т. пл. 203–205 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3364, 1612, 1536, 1497, 1316, 1089, 1008, 803. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.25 (3H, с, ArCH₃); 2.66 (3H, с, HetCH₃); 7.12 (2H, д, *J* = 7.9, H Ar); 7.25 (1H, с, H-5 тиазол); 7.57 (2H, д, *J* = 7.9, H Ar); 7.71–7.73 (4H, м, H Ar); 10.22 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 10.1 (HetCH₃); 20.8 (ArCH₃); 104.0 (C-5 тиазол); 117.5 (CH Ar); 127.5 (CH Ar); 129.8 (CH Ar); 130.1 (CH Ar); 130.7 (C Ar); 131.1 (C Ar); 134.6 (C тиазол); 135.2 (C Ar); 139.2 (C Ar); 140.6 (C тиазол); 143.0 (C-4 тиазол); 164.4 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 59.85; H 4.29; N 18.42. C₁₉H₁₆ClN₅S. Вычислено, %: C 59.76; H 4.22; N 18.34.

4-[5-Метил-1-(4-хлорфенил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил]-N-(3-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3b). Выход 95%, жёлтые кристаллы, т. пл. 198–199 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3352, 1609, 1543, 1525, 1498, 1093, 1008, 837. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.29 (3H, с, ArCH₃); 2.70 (3H, с, HetCH₃); 6.78 (1H, д, *J* = 7.5, H Ar); 7.19 (1H, т, *J* = 7.8, H Ar); 7.28 (1H, с, H-5 тиазол); 7.37 (1H, д, *J* = 8.1, H Ar); 7.69 (1H, с, H Ar); 7.70–7.74 (4H, м, H Ar); 10.26 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 10.1 (HetCH₃); 21.8 (ArCH₃); 104.2 (C-5 тиазол); 114.6 (CH Ar); 118.0 (CH Ar); 122.5 (CH Ar); 127.5 (CH Ar); 129.3 (CH Ar); 130.1 (CH Ar); 131.1 (C Ar); 134.6 (C тиазол); 135.2 (C Ar); 138.6 (C Ar); 140.6 (C Ar); 141.5 (C тиазол); 143.0 (C-4 тиазол); 164.2 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 59.87; H 4.26; N 18.39. C₁₉H₁₆ClN₅S. Вычислено, %: C 59.76; H 4.22; N 18.34.

N-{4-[5-Метил-1-(4-хлорфенил)-1H-1,2,3-триазол-4-ил]-1,3-тиазол-2-ил}пиридин-2-амин (3c). Выход 69%, светло-жёлтые кристаллы, т. пл. 233–234 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 3243, 1607, 1541, 1496, 1480, 1412, 1302, 1090, 831, 772. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 2.67 (3H, с, CH₃); 6.95 (1H, т, *J* = 6.9, H-3 Py); 7.13 (1H, д, *J* = 8.3, H-5 Py); 7.38 (1H, с, H-5 тиазол); 7.70–7.75 (5H, м, H Ar, H-4 Py); 8.33 (1H, д, *J* = 4.9, H-6 Py); 11.39 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 10.2 (CH₃); 107.4 (C-5 тиазол); 111.3 (CH Py); 116.5 (CH Py); 127.4 (CH Ar); 130.1 (CH Ar); 131.1 (C Ar); 134.6 (C тиазол); 135.3 (C Ar); 138.4 (C-4 Py); 140.7 (C тиазол); 141.9 (C-4 тиазол); 146.9 (C-6 Py); 152.2 (C-2 Py); 160.3 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 55.41; H 3.58; N 22.86. C₁₇H₁₃ClN₆S. Вычислено, %: C 55.36; H 3.55; N 22.78.

4-[1-(4-Бромфенил)-5-метил-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-*N*-(4-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3d). Выход 76%, кристаллы кремового цвета, т. пл. 209–210 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3360, 1611, 1536, 1443, 1317, 1239, 1065, 1006, 830, 503. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.25 (3H, с, ArCH_3); 2.66 (3H, с, HetCH_3); 7.12 (2H, д, $J = 6.9$, H Ar); 7.25 (1H, с, H-5 тиазол); 7.58 (2H, д, $J = 7.3$, H Ar); 7.65 (2H, д, $J = 7.3$, H Ar); 7.84 (2H, д, $J = 7.3$, H Ar); 10.24 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 10.1 (HetCH_3); 20.8 (ArCH_3); 104.0 (C-5 тиазол); 117.5 (CH Ar); 123.2 (C Ar); 127.7 (CH Ar); 129.8 (CH Ar); 130.6 (C Ar); 131.1 (C Ar); 133.1 (CH Ar); 135.6 (C тиазол); 139.2 (C Ar); 140.6 (C тиазол); 143.0 (C-4 тиазол); 164.4 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 53.61; H 3.83; N 16.51. $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{BrN}_5\text{S}$. Вычислено, %: C 53.53; H 3.78; N 16.43.

4-[1-(4-Бромфенил)-5-метил-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-*N*-(3-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3e). Выход 78%, кристаллы кремового цвета, т. пл. 211–212 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3356, 1608, 1542, 1525, 1495, 1309, 1070, 1005, 835, 552. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.29 (3H, с, ArCH_3); 2.70 (3H, с, HetCH_3); 6.78 (1H, д, $J = 7.3$, H Ar); 7.19 (1H, т, $J = 7.8$, H Ar); 7.28 (1H, с, H-5 тиазол); 7.37 (1H, д, $J = 8.2$, H Ar); 7.66 (2H, д, $J = 8.2$, H Ar); 7.70 (1H, с, H Ar); 7.82–7.89 (2H, м, H Ar); 10.28 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 10.1 (HetCH_3); 21.8 (ArCH_3); 104.2 (C-5 тиазол); 114.6 (CH Ar); 117.9 (CH Ar); 122.5 (CH Ar); 127.7 (CH Ar); 129.2 (CH Ar); 131.1 (C Ar); 133.1 (CH Ar); 133.2 (C тиазол); 135.6 (C Ar); 138.6 (C Ar); 140.6 (C тиазол); 141.5 (C Ar); 142.9 (C-4 тиазол); 164.2 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 53.59; H 3.82; N 16.48. $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{BrN}_5\text{S}$. Вычислено, %: C 53.53; H 3.78; N 16.43.

***N*-{4-[1-(4-Бромфенил)-5-метил-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-1,3-тиазол-2-ил}пиридин-2-амин (3f).** Выход 79%, белые кристаллы, т. пл. 245–246 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3323, 1608, 1536, 1496, 1415, 1299, 1069, 1005, 832, 771. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.67 (3H, с, CH_3); 7.12 (1H, д, $J = 8.3$, H-3 Py); 7.37 (1H, с, H-5 тиазол); 7.62 (1H, д, $J = 8.6$, H-5 Py); 7.65–7.67 (2H, м, H Ar); 7.70–7.75 (1H, м, H-4 Py); 7.86 (2H, д, $J = 8.7$, H Ar); 8.33 (1H, д, $J = 5.0$, H-6 Py); 11.38 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 10.2 (CH_3); 107.4 (C-5 тиазол); 111.3 (CH Py); 116.5 (CH Py); 127.7 (CH Ar); 130.1 (CH Ar); 131.1 (C Ar); 134.7 (C тиазол); 135.7 (C Ar); 138.4 (CH Py); 140.7 (C тиазол); 141.8 (C-4 тиазол); 146.9 (CH Py); 152.2 (C-2 Py); 160.3 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 49.46; H 3.21; N 20.41. $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{BrN}_6\text{S}$. Вычислено, %: C 49.40; H 3.17; N 20.33.

4-[5-Метил-1-(4-нитрофенил)-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-*N*-(4-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3g). Выход 85%, жёлтые кристаллы, т. пл. 183–184 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3371, 1614, 1597, 1545, 1526, 1346, 1119, 858. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.25 (3H, с, ArCH_3); 2.75 (3H, с, HetCH_3); 7.13 (2H, д, $J = 8.1$, H Ar); 7.29 (1H, с, H-5 тиазол); 7.57 (2H, д, $J = 8.3$, H Ar); 8.02 (2H, д, $J = 8.9$, H Ar); 8.48 (2H, д, $J = 8.9$, H Ar); 10.25 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 10.3 (HetCH_3); 20.8 (ArCH_3); 104.4 (C-5 тиазол); 117.5 (CH Ar); 125.6 (CH Ar); 126.4 (CH Ar); 129.8 (CH Ar); 130.7 (C Ar); 131.3 (C тиазол); 139.1 (C Ar); 141.0 (C Ar); 141.2 (C тиазол); 142.7 (C-4 тиазол); 147.9 (C Ar); 164.5 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 58.22; H 4.17; N 21.48. $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 58.15; H 4.11; N 21.41.

4-[5-Метил-1-(4-нитрофенил)-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-*N*-(3-метилфенил)-1,3-тиазол-2-амин (3h). Выход 93%, жёлтые кристаллы, т. пл. 227–229 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3374, 1613, 1595, 1549, 1527, 1343, 1189, 1088, 1004, 857, 774, 688. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.30 (3H, с, ArCH_3); 2.79 (3H, с, HetCH_3); 6.78 (1H, д, $J = 7.2$, H Ar); 7.19 (1H, т, $J = 7.7$, H Ar); 7.32 (1H, с, H-5 тиазол); 7.37 (1H, д, $J = 7.6$, H Ar); 7.70 (1H, с, H Ar); 8.02 (2H, д, $J = 8.9$, H Ar); 8.48 (2H, д, $J = 8.9$, H Ar); 10.30 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 10.3 (HetCH_3); 21.8 (ArCH_3); 104.6 (C-5 тиазол); 114.6 (CH Ar); 118.0 (CH Ar); 122.5 (CH Ar); 125.5 (CH Ar); 126.4 (CH Ar); 129.2 (CH Ar); 131.3 (C тиазол); 138.6 (C Ar); 141.0 (C Ar); 141.2 (C тиазол); 141.5 (C Ar); 142.6 (C-4 тиазол); 147.9 (C Ar); 164.3 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 58.19; H 4.16; N 21.51. $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_2\text{S}$. Вычислено, %: C 58.15; H 4.11; N 21.41.

***N*-{4-[5-Метил-1-(4-нитрофенил)-1*H*-1,2,3-триазол-4-ил]-1,3-тиазол-2-ил}пиридин-2-амин (3i).** Выход 92%, жёлтые кристаллы, т. пл. >300 °С (с разл.). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3389, 1607, 1534, 1502, 1481, 1344, 1149, 921, 858. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.76

(3H, c, CH₃); 6.95 (1H, т, $J = 6.2$, H-3 Py); 7.13 (1H, д, $J = 8.3$, H-5 Py); 7.42 (1H, с, H-5 тиазол); 7.71–7.76 (1H, м, H-4 Py); 8.03 (2H, д, $J = 8.9$, H Ar); 8.33 (1H, д, $J = 4.9$, H Py); 8.48 (2H, д, $J = 8.8$, H Ar); 11.42 (1H, с, NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 10.4 (CH₃); 107.9 (C-5 тиазол); 111.4 (CH Py); 116.7 (CH Py); 125.6 (CH Ar); 126.4 (CH Ar); 131.3 (C триазол); 138.5 (CH Py); 141.2 (C Ar); 141.3 (C триазол); 141.5 (C-4 тиазол); 146.8 (CH Py); 147.9 (C Ar); 152.1 (C-2 Py); 160.4 (C-2 тиазол). Найдено, %: C 53.88; H 3.49; N 25.92. C₁₇H₁₃N₇O₂S. Вычислено, %: C 53.82; H 3.45; N 25.84.

Авторы благодарят Министерство образования и науки Российской Федерации за финансирование работы (гос. задание № 426).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. B. Chen, W. Heal, in *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III*, Elsevier, 2008, vol. 4, p. 635.
2. H. Luesch, W. Y. Yoshida, R. E. Moore, V. J. Paul, T. H. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **123**, 5418 (2001).
3. K. Shimanaka, N. Kinoshita, H. Iinuma, M. Hamada, T. Takeuchi, *J. Antibiot.*, **47**, 668 (1994).
4. S. Rachwal, A. R. Katritzky, in *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III*, Elsevier, 2008, vol. 5, p. 1.
5. H. Cheng, J. Wan, M. I. Lin, Y. Liu, X. Lu, J. Liu, Y. Xu, J. Chen, Z. Tu, Y.-S. E. Cheng, K. Ding, *J. Med. Chem.*, **55**, 2144 (2012).
6. A. Hantzsch, J. H. Weber, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 3118 (1887).
7. C. D. Bray, J. Olasoji, *Synlett*, 599 (2010).
8. J.-Y. Lu, H.-D. Arndt, *J. Org. Chem.*, **72**, 4205 (2007).
9. J. Banothu, K. Vaarla, R. Bavantula, P. A. Crooks, *Chin. Chem. Lett.*, **25**, 172 (2014).
10. R. Prakash, A. Kumar, R. Aggarwal, O. Prakash, S. P. Singh, *Synth. Commun.*, **37**, 2501 (2007).
11. S. Zeghada, G. Bentabed-Ababsa, A. Derdour, S. Abdelmounim, L. R. Domingo, J. A. Saez, T. Roisnel, E. Nassar, F. Mongin, *Org. Biomol. Chem.*, **9**, 4295 (2011).
12. C. R. Rasmussen, F. J. Villani, L. E. Weaner, B. E. Reynolds, A. R. Hood, L. R. Hecker, S. O. Nortey, A. Hanslin, M. J. Costanzo, E. T. Costanzo, E. T. Powell, A. J. Molinari, *Synthesis*, 456 (1988).

¹ Тольяттинский государственный университет,
ул. Белорусская, 14, Тольятти 445667, Россия
e-mail: a.s.bunev@gmail.com

Поступило 18.04.2014

² Институт элементоорганических соединений
им. А. Н. Несмеянова РАН,
ул. Вавилова, 28, Москва 119991, Россия
e-mail: asp@ineos.ac.ru