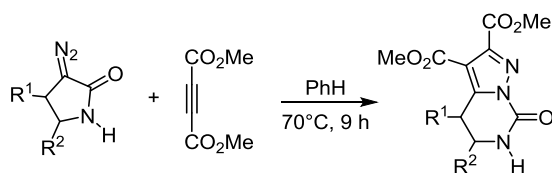


Синтез диметилловых эфиров 7-оксо-4,5,6,7-тетрагидро-пиразоло[1,5-с]пиримидин-2,3-дикарбоновой кислоты

Римма М. Султанова^{1*}, Александр Н. Лобов¹, Леонид В. Спирихин¹

¹ Уфимский институт химии РАН,
пр. Октября, 71, Уфа 450054, Россия
e-mail: sultanova_rm@anrb.ru

Поступило 18.09.2015
Принято после доработки 7.12.2015



3-Диазопирролидоны, полученные нитрозированием 3-аминопирролидонов изоамилнитритом в присутствии ледяной уксусной кислоты, вступают в реакцию 1,3-диполярного циклоприсоединения с диметилловым эфиром ацетилендикарбоновой кислоты, образуя тетрагидропиразоло[1,5-с]пиримидины с хорошими выходами.

Ключевые слова: алкины, диазопирролидоны, пиразолы, тетрагидропиразоло[1,5-с]пиримидины, 1,3-диполярное циклоприсоединение, [1,5]-сигматропная перегруппировка.

Несмотря на то, что пиразолы редко встречаются в природных соединениях, они являются основными структурными фрагментами многих биологически важных соединений, таких как целекоксиб, силденафил и фипронил,^{1,2} и могут служить основой для создания новых лекарственных препаратов избирательного действия.³ Одним из наиболее эффективных методов получения производных пиразола является 1,3-диполярное циклоприсоединение диазоалканов к ацетиленовым соединениям (схема 1).⁴ Реакции линейных диазосоединений приводят к образованию 1*H*-пиразолов. Предполагается, что первоначально образуются малоустойчивые 3*H*-пиразолы, которые ароматизируются в 1*H*-пиразолы в результате прототропной перегруппировки Ван-Альфена–Хюттеля.^{5,6}

В случае циклических диазокарбонильных соединений, таких как диазопиразолиноны, 3-диазооксиндол, в реакциях с электронодефицитными алкинами образуются би- и трициклические азотсодержащие гетероциклы – производные тетрагидропиразолопиримидинов.^{7–9} Изучение биологической активности этого

класса соединений показало их перспективность в создании антагонистов NMDA рецепторов.^{10,11}

В настоящей работе с целью получения новых производных 7-оксо-4,5,6,7-тетрагидропиразоло[1,5-с]пиримидинон изучено 1,3-диполярное циклоприсоединение замещенных 3-дiazопирролидонов к диметилловому эфиру ацетилендикарбоновой кислоты (ДМАД).

Ранее нами было показано, что 3-дiazопирролидин-2-оны **1** образуются при диазотировании 3-аминопирролидин-2-онов изоамилнитритом в присутствии ледяной уксусной кислоты.¹² В настоящей работе установлено, что взаимодействие 3-дiazопирролидонов **1a–d** с ДМАД в бензоле при 70 °С приводит к образованию 4-замещенных диметилловых эфиров 7-оксо-4,5,6,7-тетрагидропиразоло-[1,5-с]пиримидин-2,3-дикарбоновой кислоты **3a–d** с выходами до 80% (схема 2). Выходы пиразоло[1,5-с]-пиримидинонов **3** практически не изменяется при повышении температуры, например пиразоло[1,5-с]-пиримидин-2,3-дикарбоксилат **3a** образуется с выходом 75% при кипячении в толуоле. Реакция в хлороформе или бензоле при 25 °С хотя и

Схема 1

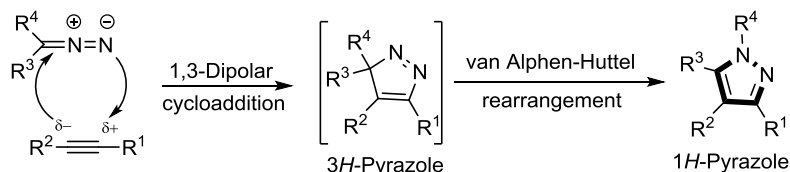
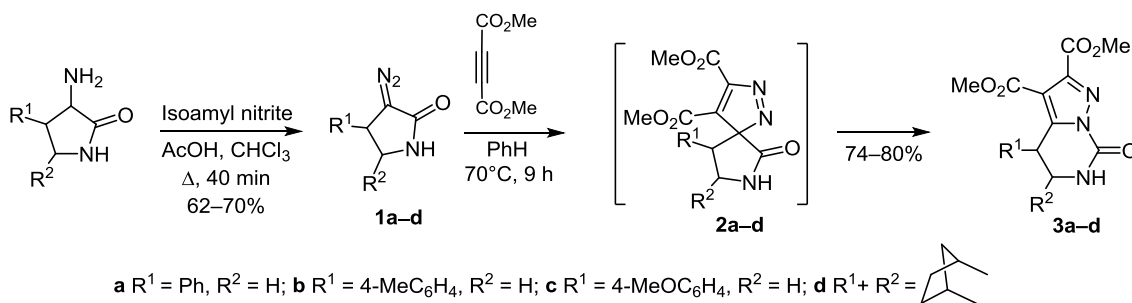


Схема 2



протекает медленнее (16 ч), однако позволяет использовать спектроскопию ЯМР ^1H для мониторинга данного взаимодействия.

1,3-Диполярное циклоприсоединение диазолактамов по кратной связи $\text{C}\equiv\text{C}$ приводит к неустойчивым спиро-3*H*-пиразолам **2a–d**, которые затем в условиях реакции подвергаются внутримолекулярной [1,5]-сигматропной перегруппировке, образуя производные 4,5,6,7-тетрагидропиразоло[1,5-*c*]пиримидина **3a–d**. Зафиксировать образование спиропиразолов **2a–d** методами ИК спектроскопии и спектроскопии ЯМР не удалось. Контроль за ходом реакции методом ИК спектроскопии в тонком слое показал, что через 1 ч в реакционных смесях отсутствовали полосы валентных колебаний диазо-группы (2068–2081 cm^{-1}) и "амидные полосы" 5-членных лактамов (1668–1683 cm^{-1}) и наблюдалось появление интенсивной полосы поглощения в области 1728–1739 cm^{-1} , соответствующей колебаниям карбонильной группы тетрагидропиразоло[1,5-*c*]пиримидинов **3a–d**.

Мониторинг взаимодействия эквимольных количеств 3-диазо-4-(4-метилфенил)пирролидина **1b** с ДМАД (бензол-*d*₆, 20 °С) методом спектроскопии ЯМР позволил зафиксировать образование только диметил-4-(4-метилфенил)-7-оксо-4,5,6,7-тетрагидропиразоло[1,5-*c*]пиримидин-2,3-дикарбоксилата (**3b**). Спектр ЯМР ^1H реакционной смеси, записанный через 10 мин после смешения растворов 3-диазопирролидина **1b** и ДМАД, наряду с сигналами исходных соединений содержал набор сигналов, отвечающий аддукту **3b**. Их соотношение составляло 1:1, а через 3–4 ч сигналы исходного диазолактама **1b** исчезли полностью.

Структура полученных тетрагидропиразоло[1,5-*c*]пиримидинов **3a–d** установлена на основании данных спектроскопии ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{15}N с применением двумерных корреляционных методик, а также методом масс-спектрометрии высокого разрешения. Так, для соединения **3a** образование тетрагидропиразоло[1,5-*c*]пиримидинового фрагмента подтверждено характерными значениями химических сдвигов атомов углерода и азота пиразольной части. Значения химических сдвигов атома углерода C-2 (146.5 м. д.), атомов азота N-1 (–79.7 м. д.) и N-8 (–160.0 м. д.) указывают на *N*-замещенный пиразол. Сочленение тетрагидропиримидинового и пиразольного циклов установлено на основании присутствия кросс-пиков 5- CH_a -C-3, 5- CH_b -C-3a, H-4-N-8 и 6-NH-N-8 в спектрах ^1H - ^{13}C и ^1H - ^{15}N НМВС.

Таким образом, в результате 1,3-диполярного циклоприсоединения 3-диазопирролидонов к ДМАД получены ранее неизвестные пиразоло[1,5-*c*]пиримидиноны. Полученные результаты согласуются с ожидаемыми для внутримолекулярной [1,5]-сигматропной перегруппировки по типу перегруппировки Ван-Альфена–Хютттеля.

Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на приборе Shimadzu IR Prestige-21 в тонком слое или вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{15}N записаны на спектрометре Bruker Avance III (500, 125 и 50 МГц соответственно) в CDCl_3 . 0.05% ТМС использован как внутренний стандарт для спектров ЯМР ^1H и ^{13}C , раствор 10% MeNO_2 в CDCl_3 – внешний стандарт для спектров ЯМР ^{15}N . Отнесение сигналов в спектрах ЯМР сделано на основе 2D-корреляций ^1H - ^1H (COSY), ^1H - ^{13}C (HSQC, HMBC) и ^1H - ^{15}N (HMBC). Спектры ЯМР ^{13}C зарегистрированы в режимах DEPT-90, DEPT-135 и с полным подавлением протонов. Масс-спектры высокого разрешения записаны на приборе Thermo Finnigan MAT 95 XP (ионизация ЭУ, 70 эВ, диапазон сканирования 50–600 Да, температура ионизирующей камеры 250 °С, температура прямого ввода образца 50–270 °С, скорость нагрева 10 °С/мин). Температуры плавления определены на микростоліке Voetius. В работе использовано оборудование ЦПК "Химия" Уфимского института химии РАН.

5-Диазо-эзо-3-азатрицикло[5.2.1.0^{2,6}]декан-4-он (**1d**) описан в литературе.¹² Все используемые в работе растворители очищены по стандартным методикам.¹³

Синтез диазопирролидонов 1a–c (общая методика). К раствору 38.0 ммоль соответствующего 3-аминопирролидин-2-она в 170 мл хлороформа в течение 10 мин при перемешивании добавляют 5.730 г (49.0 ммоль) изоамилнитрита, 0.342 г (5.7 ммоль) ледяной уксусной кислоты. Реакционную смесь кипятят в течение 40 мин, затем охлаждают до 20 °С, нейтрализуют 0.500 г NaHCO_3 и фильтруют. Растворитель удаляют при пониженном давлении, полученный осадок промывают 20 мл эфира, сушат в вакууме до постоянной массы.

3-Диазо-4-фенилпирролидин-2-он (1a). Выход 4.93 г (69%), желтый мелкокристаллический порошок, т. пл. 110–111 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3215 (NH), 2075 ($\text{C}=\text{N}_2$), 1668 (амид I), 1490 (амид II). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (*J*, Гц): 3.37 (1H, д. д., $^2J = 9.6$, $^3J = 5.7$, 5- CH_a); 3.86 (1H, т, $^3J = 9.6$, 5- CH_b); 4.66 (1H, д. д., $^3J = 9.6$, $^3J = 5.7$,

4-CH); 7.03 (1H, уш. с, NH); 7.31–7.35 (3H, м, Н Ph); 7.36–7.38 (2H, м, Н Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 40.5 (C-4); 49.4 (C-5); 57.4 (C-3); 127.1 (C-2,6 Ph); 128.0 (C-4 Ph); 129.3 (C-3,5 Ph); 140.1 (C-1 Ph); 171.3 (C=O). Спектр ЯМР ^{15}N , δ , м. д.: –279.9 (NH); –105.5 (C=N=N); 32.3 (C=N=N). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 187 [M] $^+$ (45), 159 [$\text{M}-\text{N}_2$] $^+$ (64), 130 [$\text{M}-\text{N}_2-\text{CO}-\text{H}$] $^+$ (100), 115 (32), 102 (48), 77 (13). Найдено, m/z : 187.0737 [M] $^+$. $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}$. Вычислено, m/z : 187.0746.

3-Диазо-4-(4-метилфенил)пирролидин-2-он (1b). Выход 5.34 г (70%), желтый мелкокристаллический порошок, т. пл. 143–144 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3224 (NH), 2075 (C=N₂), 1677 (амид I), 1515 (амид II). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.35 (3H, с, CH₃); 3.36 (1H, д, д, $^2J = 9.5$, $^3J = 5.8$, 5-CH_a); 3.80 (1H, т, $^2J = 9.5$, 5-CH_b); 4.64 (1H, д, д, $^3J = 9.5$, $^3J = 5.8$, 4-CH); 5.99 (1H, уш. с, NH); 7.22 (2H, д, $^3J = 7.8$, Н Ar); 7.29 (2H, д, $^3J = 7.8$, Н Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.1 (CH₃); 40.4 (C-4); 49.4 (C-5); 57.5 (C-3); 127.1 (C-2,6 Ar); 129.9 (C-3,5 Ar); 136.9 (C-1 Ar); 137.9 (C-4 Ar); 170.9 (C=O). Найдено, m/z : 201.0737 [M] $^+$. $\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}$. Вычислено, m/z : 201.0902.

3-Диазо-4-(4-метоксифенил)пирролидин-2-он (1c). Выход 5.11 г (62%), оранжевый мелкокристаллический порошок, т. пл. 123–124 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3220 (NH), 2081 (C=N₂), 1683 (амид I), 1512 (амид II). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.33 (1H, д, д, $^2J = 9.6$, $^3J = 5.9$, 5-CH_a); 3.78 (3H, с, OCH₃); 3.80 (1H, д, д, $^2J = 9.6$, $^3J = 9.4$, 5-CH_b); 4.62 (1H, д, д, $^3J = 9.4$, $^3J = 5.9$, 4-CH); 6.29 (1H, уш. с, NH); 6.90 (2H, д, $^3J = 8.7$, Н-2,6 Ar); 7.26 (2H, д, $^3J = 8.7$, Н-3,5 Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 40.0 (C-4); 49.5 (C-5); 55.4 (OCH₃); 57.4 (C-3); 114.5 (C-2,6 Ar); 128.4 (C-3,5 Ar); 131.9 (C-1 Ar); 159.3 (C-4 Ar); 171.1 (C=O). Найдено, m/z : 217.0787 [M] $^+$. $\text{C}_{11}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, m/z : 217.0851.

Синтез пиазоло[1,5-с]пиримидинов 3a–d (общая методика). Раствор 0.50 ммоль диазолактама **1a–d** и 0.08 г (0.55 ммоль) диметилового эфира ацетилендикарбоновой кислоты в 5 мл безводного бензола перемешивают при температуре 70 °С в течение 9 ч в потоке аргона, охлаждают, растворитель упаривают при пониженном давлении, выпавший осадок отфильтровывают и промывают 2 мл диэтилового эфира.

Диметил-7-оксо-4-фенил-4,5,6,7-тетрагидропиазоло[1,5-с]пиримидин-2,3-дикарбоксилат (3a). Выход 0.123 г (75%), белый порошок, т. пл. 110–111 °С (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3283 (NH), 1728 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.67 (1H, д, д, д, $^2J = 13.0$, $^3J_{5a,6} = 4.3$, $^3J_{5a,4} = 3.4$, 5-CH_a); 3.68 (3H, с, 3-CO₂CH₃); 3.95 (3H, с, 2-CO₂CH₃); 4.01 (1H, д, д, д, $^2J = 13.0$, $^3J_{5b,6} = 5.0$, $^3J_{5b,4} = 1.2$, 5-CH_b); 4.85 (1H, д, д, $^3J_{4,5b} = 5.0$, $^3J_{4,5a} = 3.4$, 4-CH); 6.59 (1H, уш. м, NH); 7.07 (2H, д, д, $^3J = 7.0$, $^4J = 1.8$, Н-2,6 Ph); 7.25–7.29 (1H, м, Н-4 Ph); 7.26–7.30 (2H, м, Н-3,5 Ph). Спектр ^{13}C , δ , м. д.: 37.7 (C-4); 46.1 (C-5); 52.1 (3-CO₂CH₃); 52.8 (2-CO₂CH₃); 112.6 (C-3); 127.2 (C-2,6 Ph); 128.0 (C-4 Ph); 129.0 (C-3,5 Ph); 137.5 (C-1 Ph); 146.5 (C-2); 147.4 (C=O); 147.5 (C-3a); 161.5 (3-CO₂CH₃); 162.0 (2-CO₂CH₃). Спектр ЯМР ^{15}N , δ , м. д.: –294.6 (NH); –160.0 (N-8);

–79.7 (N-1). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 329 [M] $^+$ (28), 297 (37), 286 (100), 273 (27), 266 (11), 253 (20), 241 (75), 223 (17), 210 (9), 196 (16), 155 (8), 127 (8). Найдено, m/z : 329.1034 [M] $^+$. $\text{C}_{16}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_5$. Вычислено, m/z : 329.1011.

Диметил-4-(4-метилфенил)-7-оксо-4,5,6,7-тетрагидропиазоло[1,5-с]пиримидин-2,3-дикарбоксилат (3b). Выход 0.137 г (80%), белый порошок, т. пл. 137–138 °С (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3262 (NH), 1730 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.31 (3H, с, CH₃); 3.64 (1H, д, д, д, $^2J = 13.0$, $^3J_{5b,6} = 5.0$, $^3J_{5b,4} = 1.2$, 5-CH_b); 3.68 (3H, с, 3-CO₂CH₃); 3.94 (3H, с, 2-CO₂CH₃); 4.01 (1H, д, д, д, $^2J = 13.0$, $^3J_{5a,6} = 4.3$, $^3J_{5a,4} = 3.4$, 5-CH_a); 4.84 (1H, д, д, $^3J_{4,5b} = 5.0$, $^3J_{4,5a} = 3.4$, 4-CH); 6.65 (1H, уш. с, NH); 6.96 (2H, д, $^3J = 8.0$, Н-2,6 Ar); 7.11 (2H, д, $^3J = 8.0$, Н-3,5 Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.0 (CH₃); 37.4 (C-4); 46.37 (C-5); 52.0 (3-CO₂CH₃); 52.8 (2-CO₂CH₃); 112.6 (C-3); 127.1 (C-2,6 Ar); 129.7 (C-3,5 Ar); 134.4 (C-1 Ar); 137.9 (C-4 Ar); 146.7 (C-2); 147.5 (C=O); 147.7 (C-3a); 161.5 (3-CO₂CH₃); 162.0 (2-CO₂CH₃). Спектр ЯМР ^{15}N , δ , м. д.: –296.3 (NH); –160.1 (N-8). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 343 [M] $^+$ (9), 311 (11), 300 (100), 267 (26), 255 (44), 237 (22), 210 (22), 182 (9), 115 (11), 77 (3), 59 (10). Найдено, m/z : 343.1155 [M] $^+$. $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_5$. Вычислено, m/z : 343.1163.

Диметил-4-(4-метоксифенил)-7-оксо-4,5,6,7-тетрагидропиазоло[1,5-с]пиримидин-2,3-дикарбоксилат (3c). Выход 0.132 г (74%), белый порошок, т. пл. 118–119 °С (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3272 (NH), 1729 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.63 (1H, д, д, $^2J = 12.2$, $^3J_{5a,4} = 3.4$, 5-CH_a); 3.69 (3H, с, 3-CO₂CH₃); 3.77 (3H, с, CH₃OCH₃); 3.93 (3H, с, 2-CO₂CH₃); 4.01 (1H, д, д, $^2J = 12.2$, $^3J_{5b,6} = 4.3$, $^3J_{5b,4} = 5.1$, 5-CH_b); 4.64 (1H, д, д, $^3J_{4,5b} = 5.1$, $^3J_{4,5a} = 3.4$, 4-CH); 6.61 (1H, уш. с, NH); 6.83 (2H, д, $^3J = 8.5$, Н-2,6 Ar); 7.00 (2H, д, $^3J = 8.4$, Н-3,5 Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21.0 (CH₃); 37.4 (C-4); 46.4 (C-5); 52.0 (3-CO₂CH₃); 52.8 (2-CO₂CH₃); 112.6 (C-3); 127.1 (C-2,6 Ar); 129.7 (C-3,5 Ar); 137.9 (C-3a); 146.7 (C-2); 147.5 (C-1 Ar); 147.7 (CO); 159.3 (C-4 Ar); 161.5 (3-CO₂CH₃); 162.0 (2-CO₂CH₃). Спектр ЯМР ^{15}N , δ , м. д.: –296.5 (NH); –160.2 (N-8). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 359 [M] $^+$ (10), 327 (10), 316 (100), 303 (27), 284 (15), 271 (64), 253 (16), 226 (10), 185 (8), 136 (7), 59 (7). Найдено, m/z : 359.1120 [M] $^+$. $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_6$. Вычислено, m/z : 359.1117.

Диметил-5-оксо-5,6,6a,7,8,9,10,10a-октагидро-7,10-метанопиазоло[1,5-с]хиназолин-1,2-дикарбоксилат (3d). Выход 0.127 г (80%), белый порошок, т. пл. 197–198 °С (EtOH). ИК спектр, ν , см^{-1} : 3316 (NH), 1749 (C=O). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.28–1.32 (1H, м, 8-CH_{экзо}); 1.32–1.35 (1H, м, 11-CH_{амми}); 1.56–1.60 (2H, м, 9-CH_{экзо}, 11-CH_{амми}); 1.68 (1H, м, 9-CH_{эндо}); 1.70 (1H, м, 8-CH_{эндо}); 2.43–2.45 (1H, м, 7-CH); 2.54–2.56 (1H, м, 10-CH); 3.54 (1H, д, д, $^3J_{6a,10a} = 8.5$, $^4J_{10a,11амми} = 1.5$, 10a-CH); 3.86 (1H, д, д, т, $^3J_{6a,10a} = 8.5$, $^3J_{6a,6} = 1.5$, $^4J_{6a,11амми} = 1.5$, 6a-CH); 3.87 (3H, с, 1-CO₂CH₃); 3.93 (3H, с, 2-CO₂CH₃); 7.26 (1H, уш. с, NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.7 (C-8); 29.5 (C-9); 33.3 (C-11); 39.6 (C-10a); 45.6 (C-7); 45.9 (C-10); 52.1 (1-CO₂CH₃); 52.8 (2-CO₂CH₃); 58.3 (C-6a); 111.6 (C-1); 146.3 (C-5); 147.3

(C-2); 147.7 (C-10b); 161.8 (1-CO₂CH₃); 162.4 (2-CO₂CH₃). Спектр ЯМР ¹⁵N, δ, м. д.: -280.7 (NH); -164.9 (N-6). Масс-спектр, m/z (I_{отн.}, %): 319 [M]⁺ (8), 288 (20), 253 (12), 251 (22), 248 (56), 220 (100), 210 (32), 179 (12), 163 (16), 146 (45), 135 (22), 67 (26), 59 (10). Найдено, m/z: 319.1159 [M]⁺. C₁₅H₁₇N₃O₅. Вычислено, m/z: 319.1168.

Список литературы

1. Pérez-Fernández, R.; Goya, P.; Elguero, J. *ARKIVOC* **2014**, (ii), 233.
2. Yet, L. In *Comprehensive Heterocyclic Chemistry III*; Katritzky, A. R.; Ramsden, C. A.; Scriven, E. F. V.; Taylor, R. J. K., Eds.; Elsevier: Oxford, 2008.
3. Braibante, M. E. F.; Braibante, H. T. S.; Carla, C.; Morel, A. F.; Stuker, C. Z.; Burrow, R. A. *Synthesis* **2007**, 2485.
4. Sammes, M.; Katritzky, A. R. *Adv. Heterocycl. Chem.* **1983**, 34, 1.
5. Van Alphen, J. *Rec. Trav. Chim.* **1943**, 62, 491.
6. Hüttel, R.; Franke, K.; Martin, H.; Riedl, J. *Chem. Ber.* **1960**, 93, 1433.
7. Padwa, A.; Woolhouse, A. D.; Blount, J. J. *J. Org. Chem.* **1983**, 48, 1069.
8. Yamazaki, T.; Shechter, H. *Tetrahedron Lett.* **1973**, 1417.
9. Zhang, Z.; Wang, X.; Tao, S.; Zhu, Sh. *Tetrahedron* **2012**, 68, 5969.
10. Varano, F.; Catarzi, D.; Colotta, V.; Calabri, F. R.; Lenzi, O.; Filacchioni, G.; Galli, A.; Costagli, C.; Deflorian, F.; Moroc, S. *Bioorg. Med. Chem.* **2005**, 13, 5536.
11. Bacilieri, M.; Varano, F.; Deflorian, F.; Marini, M.; Catarzi, D.; Colotta, V.; Filacchioni, G.; Galli, A.; Costagli, C.; Kaseda, C.; Moro, S. *J. Chem. Inf. Model.* **2007**, 47, 1913.
12. Galina, Yu. R.; Lobov, A. N.; Sultanova, R. M.; Dokichev, V. A.; Tomilov, Yu. V. *Rus. J. Org. Chem.* **2012**, 48, 872. [*Журн. орган. химии* **2012**, 874.]
13. Гордон, А.; Форд, Р. *Спутник химика*; Мир: Москва, 1976.