

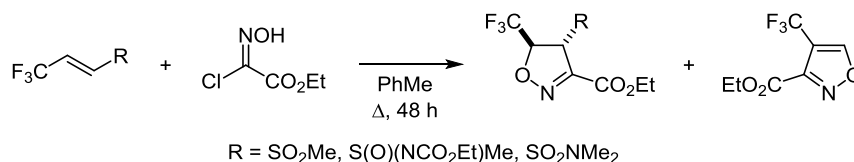
Реакция 1,3-диполярного циклоприсоединения 1-замещенных 3,3,3-трифторпропенов с *N*-оксидом этилцианокарбоксилата

Юрий Н. Маркитанов¹, Вадим М. Тимошенко^{1*}, Юрий Г. Шермолович¹

¹ Институт органической химии НАН Украины,
ул. Мурманская, 5, Киев 02660, Украина; e-mail: vadim@ioch.kiev.ua

Поступило 14.07.2017

Принято 14.09.2017



Реакция 1,3-диполярного циклоприсоединения производных 3,3,3-трифторпропена, содержащих в положении 1 сульфонильный, сульфоксиминный или сульфамидный заместитель, с *N*-оксидом этилцианокарбоксилата, генерированным термически из этилоксиминохлороацетата, проходит с образованием изомерных 4(5)-замещенных этил-5(4)-(трифторметил)-4,5-дигидроизоксазол-3-карбоксилатов и этил-4-(трифторметил)изоксазол-3-карбоксилата.

Ключевые слова: изоксазол, нитрилоксид, сульфамид, сульфоксимин, сульфен, трифторметильная группа, циклоприсоединение.

Медицинские препараты на основе пятичленных гетероциклов со связью N–O (изоксазолов, изоксазолинов и изоксазолидинов) обладают фунгицидной, противоопухолевой, противовирусной и другими видами биоактивности. В синтетической органической химии эти гетероциклы используются для получения разнообразных классов органических соединений.¹

Известно, что введение трифторметильной группы в молекулу гетероцикла существенно влияет на физико-химические и биологические свойства молекулы.² Комбинация же трифторметильного заместителя с такими фармакофорными группами, как сульфамидная либо сульфоксиминная, может привести к проявлению молекулой новых либо измененных биологических свойств, что перспективно при поиске лекарственных препаратов. Среди производных изоксазола, содержащих как фторалкильную группу, так и гетероатомный заместитель, известны только 3,5-диарил-4-трифлил-5-(трифторметил)-4,5-дигидроизоксазолы.³

В качестве метода синтеза производных изоксазола часто используются реакции диполярного циклоприсоединения олефинов, в том числе фторсодержащих, к нитронам (*N*-оксидам азометинов)⁴ и нитрилоксидам.⁵ Синтезированные нами недавно производные 3,3,3-трифторпропена, содержащие сульфонильную, иминосульфонильную или сульфамидную группу, проя-

вили высокую активность как диполярофилы в реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения к азометинилу, что позволило получить новые типы производных пирролидина.^{6b}

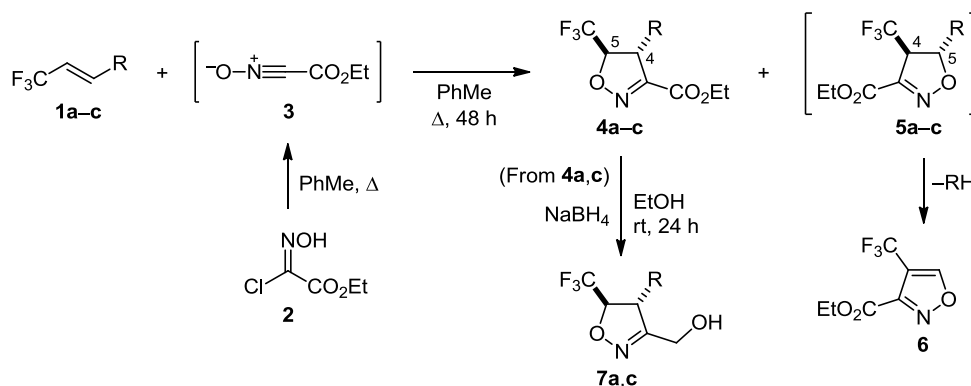
В данной работе мы сообщаем о реакциях 1,3-диполярного циклоприсоединения производных 3,3,3-трифторпропена **1a–c**, содержащих сульфонильную, иминосульфонильную или сульфамидную группу, к *N*-оксиду этилцианокарбоксилата (**3**).

Мы нашли, что олефины **1a–c** реагируют с нитрилоксидом **3**, генерированным *in situ* из хлороксима **2**, при кипячении в толуоле в течение 48 ч с образованием смеси производных 5-(трифторметил)изоксазолина **4a–c** и 4-(трифторметил)изоксазола **6**. Продукты реакций были выделены в индивидуальном состоянии колоночной хроматографией на силикагеле (схема 1, табл. 1).

Известно, что циклоприсоединение ароматических нитрилоксидов и диазоалканов к ациклическим винилсульфонам протекает региоселективно, при этом преимущественное образование того или иного региоизомера зависит от природы заместителя как в молекуле диполя, так и в молекуле диполярофила.^{7–10}

В случае циклоприсоединения олефинов **1a,c** к нитрилоксиду **3** на начальных этапах реакции также образуется смесь региоизомерных циклоаддуктов – 5-(трифторметил)изоксазолинов **4a,c** и 4-(трифторметил)-

Схема 1



изоксазолинов **5a,c**, о чем свидетельствует наличие двух сигналов трифторметильных групп в спектрах ЯМР ^{19}F реакционных смесей при -79 и -65 м. д. соответственно. С увеличением времени реакции в спектрах ЯМР ^{19}F реакционных смесей сигнал при -65 м. д., соответствующий изоксазолу, исчезает и появляется сигнал при -58 м. д., относящийся к изоксазолу **6**, который является продуктом элиминирования серосодержащего фрагмента. Подобная ароматизация цикла описана на примере элиминирования сульфидной кислоты из 3-арил-5-сульфонил-3-фенил-4,5-дигидроизоксазолов при действии основания.¹⁰ Следует отметить, что аналогичное элиминирование серосодержащего фрагмента из соединений **4a-c** не происходит ни при нагревании, ни при действии оснований. Одной из возможных причин таких превращений может быть повышенная кислотность протона Н-4 изоксазолов **5a-c**, вызванная наличием электроноакцепторных групп, что облегчает отщепление метансульфиновой, метан(*N*-карбэтокси)имидосульфидной или диметилсульфинаминовой кислоты из соединений **5a-c** соответственно.

В результате циклоприсоединения олефина **1b**, содержащего хиральный серосодержащий заместитель – иминосульфонильную группу, наряду с продуктом элиминирования **6** образуется изоксазолин **4b**, который был выделен колоночной хроматографией на силикагеле в виде пары диастереомерных циклоаддуктов в соотношении 0.55:0.45, по данным спектроскопии ЯМР ^{19}F (табл. 1). Из химии 1,3-диполярного циклоприсоединения дизамещенных олефинов к нитронам и нитрилоксидам известно, что стереохимия циклоаддуктов коррелирует с геометрией олефинов.^{4c} Исходя из того, что у использовавшихся производных 3,3,3-трифторпропена **1a-c** *E*-конфигурация, можно полагать, что заместители в положениях 4 и 5 изоксазолинов **4a-c** находятся в *транс*-положении друг к другу.

Строение соединений **4a-c** и **6** подтверждено данными спектроскопии ЯМР ^1H , АРТ ^{13}C и ^{19}F , а состав – данными масс-спектрометрии и элементного анализа. Так, в спектрах ЯМР ^1H 5-(трифторметил)изоксазолинов **4a,c** присутствуют характерные сигналы циклических протонов 4-СН и 5-СН, проявляющиеся в виде дублета ($^3J_{\text{HH}} = 4.0\text{--}4.8$ Гц) при ~ 5 м. д. и квартета дублетов ($^3J_{\text{HF}} = 6.2\text{--}6.6$, $^3J_{\text{HH}} = 4.0\text{--}4.8$ Гц) при 5.47–5.65 м. д. соответственно. В спектрах ЯМР ^{13}C соеди-

Таблица 1. Выходы соединений **4a-c** и **6**

Исходное соединение	R	Продукт	Выход*, %	Выход соединения 6 *, %	Соотношение** 4:6
1a	SO_2Me	4a	61	29	2:1
1b	$\text{S(O)(NCO}_2\text{Et)Me}$	4b ***	42	42	1:1
1c	SO_2NMe_2	4c	44	43	1:1

* Для выделенных веществ.

** По данным спектров ЯМР ^{19}F реакционных смесей.

*** Смесь диастереомеров в соотношении 0.55:0.45 (по данным спектров ЯМР ^{19}F).

нений **4a,c** сигналы атома углерода С-4 проявляются в виде синглетов в области 67–70 м. д., в то время как характеристичные сигналы атома углерода С-5 наблюдаются при 80–82 м. д. в виде квартетов ($^2J_{\text{CF}} = 34\text{--}35$ Гц). В спектре ЯМР ^1H 4-(трифторметил)изоксазола **6** наблюдается сигнал протона Н-5 в виде квартета ($^4J_{\text{HF}} = 1.0$ Гц) при 8.9 м. д., в спектре ЯМР ^{13}C сигналы атомов углерода С-4 и С-5 проявляются в виде квартетов при 113.7 м. д. ($^2J_{\text{CF}} = 40.2$ Гц) и 160.8 м. д. ($^3J_{\text{CF}} = 4.5$ Гц) соответственно.

Полученные серосодержащие гетероциклы **4** могут быть использованы как исходные для получения других функционально замещенных производных изоксазола. Например, соединения **4a,c** при действии боргидрида натрия в этаноле были превращены в соответствующие спирты **7a,c** (схема 1), строение которых согласуется с данными спектроскопии ЯМР ^1H и ^{13}C . В спектрах ЯМР ^1H соединений **7a,c** появляются сигналы протонов метиленовой группы в виде синглета при 4.63 м. д. (соединение **7a**) и как АВ система при 4.6 м. д. (соединение **7c**), а сигналы атомов углерода групп CH_2 в спектрах ЯМР ^{13}C находятся при 56 м. д.

Таким образом, в данном сообщении нами представлен общий подход к синтезу новых 5-(трифторметил)-4,5-дигидроизоксазолов, содержащих в положении 4 сульфонильную, сульфоксиминную или сульфамидную группу, с использованием препаративно доступных β -фторалкилвинилсульфонов, -сульфоксиминов и -сульфамидов.

Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ^1H , АРТ ^{13}C и ^{19}F зарегистрированы на приборе Bruker Avance-400 (400, 100 и 376 МГц соответственно) в CDCl_3 , внутренние стандарты: ТМС

для ядер ^1H , сигнал растворителя ($\delta_{\text{с}}$ 77.2 м. д.) для ядер ^{13}C , C_6F_6 (δ_{F} –162.9 м. д. относительно CFCl_3) для ядер ^{19}F . Масс-спектры зарегистрированы на приборе Agilent 1100 Series, оснащенный диодно-матричным и масс-селективным детектором Agilent LC/MSD SL, химическая ионизация при атмосферном давлении. Данные элементного анализа получены методом экспресс-гравиметрии (С, Н), методом сжигания по Шёнигеру (S) и методом Дюма–Прегля (N). Все растворители предварительно высушены и перегнаны согласно стандартным методикам. Мониторинг реакций циклоприсоединения соединений **1a–c** осуществлен методом спектроскопии ЯМР ^{19}F реакционных смесей. Для колоночной хроматографии использован силикагель марки Merck 60 (70–230 мкм). Для тонкослойной хроматографии – пластины марки SUPELCO[®] Analytical, UV254.

Соединения **1a–c** получены по аналогии с опубликованным методом из соответствующих гидратов трифторметилкетонов.⁶ Соединение **2** синтезировано по описанной методике.¹¹

Получение производных 5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазола 4a–c и этилового эфира 4-(трифторметил)-1,2-оксазол-3-карбоновой кислоты (6) (общая методика). Раствор 5.00 ммоль производного 3,3,3-трифторпропена **1a–c** и 0.76 г (5.00 ммоль) этил-2-(гидроксимино)-2-хлороацетата (**2**) в 20 мл PhMe кипятят в течение 48 ч. После 18 ч кипячения к раствору добавляют еще 0.19 г (1.25 ммоль, 0.25 экв.) хлороксида **2**. Растворитель упаривают при пониженном давлении, маслянистый остаток очищают колоночной хроматографией на силикагеле.

Этиловый эфир 4-метансульфонил-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазол-3-карбоновой кислоты (4a). Выход 0.87 г (61%), желтое масло, R_f 0.7 (CCl_4 –EtOAc, 2:1). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.42 (3H, т, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 3.32 (3H, с, SCH_3); 4.44 (2H, к, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 4.96 (1H, д, $^3J = 4.8$, 4-CH); 5.65 (1H, к. д, $^3J_{\text{HF}} = 6.2$, $^3J = 4.8$, 5-CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 14.0 (OCH_2CH_3); 42.9 (SCH_3); 63.8 (OCH_2CH_3); 70.4 (C-4); 80.5 (к, $^2J_{\text{CF}} = 34.8$, C-5); 122.0 (к, $J_{\text{CF}} = 281.4$, CF_3); 146.9 (C-3); 159.2 (C=O). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –79.9 (3F, д, $^3J_{\text{FH}} = 6.2$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 290 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 33.31; Н 3.40; N 4.84; S 11.07. $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{F}_3\text{NO}_5\text{S}$. Вычислено, %: С 33.22; Н 3.48; N 4.84; S 11.09.

Этиловый эфир 4-[S-метил-N-(этоксикарбонил)-сульфонимидоил]-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазол-3-карбоновой кислоты (4b). Выход 0.74 г (42%), желтое масло, R_f 0.6–0.7 (CCl_4 –EtOAc, 2:1). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (смесь двух диастереомеров в соотношении 0.55:0.45): 1.22–1.39 (6H, м, $2\text{OCH}_2\text{CH}_3$); 3.24* (1.65H, с) и 3.25** (1.35H, с, SCH_3); 4.07–4.41 (5H, м, 4-CH, $2\text{OCH}_2\text{CH}_3$); 5.31–5.34** (0.45H, м) и 5.43–5.46* (0.55H, м, 5-CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 14.1–14.2 ($2\text{OCH}_2\text{CH}_3$); 58.9 (OCH_2CH_3); 62.5 (SCH_3); 63.6**

и 63.8* (OCH_2CH_3); 78.8** и 79.0* (C-4); 81.0** (к, $^2J_{\text{CF}} = 34.1$, C-5) и 81.2* (к, $^2J_{\text{CF}} = 34.0$, C-5); 122.3 (к, $J_{\text{CF}} = 281.0$, CF_3); 147.0** и 147.3* (C-3); 158.8** и 158.9* (C=O); 159.1 (C=O). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –76.8** (1.35F, д, $^3J_{\text{FH}} = 10.4$) и –77.0* (1.65F, д, $^3J_{\text{FH}} = 9.8$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 361 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 36.70; Н 4.18; N 7.78; S 8.88. $\text{C}_{11}\text{H}_{15}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_6\text{S}$. Вычислено, %: С 36.67; Н 4.20; N 7.77; S 8.90.

Этиловый эфир 4-диметилсульфамоил-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазол-3-карбоновой кислоты (4c). Выход 0.69 г (44%), желтое масло, R_f 0.75 (CCl_4 –EtOAc, 2:1). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.42 (3H, т, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 2.95 (6H, с, $\text{N}(\text{CH}_3)_2$); 4.40 (2H, к, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 4.98 (1H, д, $^3J = 4.0$, 4-CH); 5.47 (1H, к. д, $^3J_{\text{HF}} = 6.6$, $^3J = 4.0$, 5-CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 14.0 (OCH_2CH_3); 37.7 ($\text{N}(\text{CH}_3)_2$); 63.5 (OCH_2CH_3); 67.0 (C-4); 82.2 (к, $^2J_{\text{CF}} = 34.0$, C-5); 122.0 (к, $J_{\text{CF}} = 281.6$, CF_3); 147.4 (C-3); 158.5 (C=O). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –79.9 (3F, д, $^3J_{\text{FH}} = 6.6$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 319 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 34.00; Н 4.05; N 8.84; S 10.04. $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_5\text{S}$. Вычислено, %: С 33.96; Н 4.12; N 8.80; S 10.07.

Этиловый эфир 4-(трифторметил)-1,2-оксазол-3-карбоновой кислоты (6). Выходы в табл. 1. Желтое масло, R_f 0.9 (CCl_4 –EtOAc, 2:1). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 1.42 (3H, т, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 4.48 (2H, к, $^3J = 6.8$, OCH_2CH_3); 8.86 (1H, к, $^4J_{\text{HF}} = 1.0$, Н-5). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 14.0 (OCH_2CH_3); 63.2 (OCH_2CH_3); 113.7 (к, $^2J_{\text{CF}} = 40.2$, C-4); 120.2 (к, $J_{\text{CF}} = 267.8$, CF_3); 152.1 (к, $^3J_{\text{CF}} = 1.3$, C-3); 157.7 (C=O); 160.8 (к, $^3J_{\text{CF}} = 4.5$, C-5). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –59.0 (3F, д, $^4J_{\text{FH}} = 1.0$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 210 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 40.27; Н 2.86; N 6.74. $\text{C}_7\text{H}_6\text{F}_3\text{NO}_3$. Вычислено, %: С 40.20; Н 2.89; N 6.70.

Получение производных 3-гидроксиметил-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазола 7a,c (общая методика). К раствору 1 ммоль 4,5-дигидроизоксазола **4a,c** в 15 мл EtOH при охлаждении на водяной бане и перемешивании добавляют 53 мг (1.4 ммоль) NaBH_4 (наблюдается выделение газа) и смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 24 ч. Затем растворитель упаривают при пониженном давлении до образования маслянистого остатка, который обрабатывают 5 мл насыщенного водного раствора NH_4Cl и экстрагируют Et_2O (2×5 мл). Объединенные эфирные экстракты сушат над Na_2SO_4 , растворитель упаривают досуха, получая в остатке спектроскопически чистые соединения **7a,c**.

[4-Метансульфонил-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазол-3-ил]метанол (7a). Выход 0.27 г (92%), желтое масло. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 3.07 (3H, с, SCH_3); 4.63 (2H, с, CH_2); 4.98 (1H, д, $^3J = 4.4$, 4-CH); 5.33 (1H, к. д, $^3J_{\text{HF}} = 6.4$, $^3J = 4.4$, 5-CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 40.0 (SCH_3); 56.3 (CH_2); 72.0 (C-4); 78.9 (к, $^2J_{\text{CF}} = 34.6$, C-5); 121.2 (к, $J_{\text{CF}} = 282.2$, CF_3); 153.7 (C-3). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): –79.9 (3F, д, $^3J_{\text{FH}} = 6.4$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 248 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 29.20; Н 3.20; N 5.68; S 12.91. $\text{C}_6\text{H}_8\text{F}_3\text{NO}_4\text{S}$. Вычислено, %: С 29.15; Н 3.26; N 5.67; S 12.97.

* Сигналы основного изомера.

** Сигналы минорного изомера.

Диметиламид 3-гидроксиметил-5-(трифторметил)-4,5-дигидро-1,2-оксазол-4-сульфоновой кислоты (7с). Выход 0.24 г (87%), желтое масло. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д. (J , Гц): 2.99 (6H, с, $\text{N}(\text{CH}_3)_2$); 4.61 (1H, АВ система, $^3J_{\text{AB}} = 14.3$) и 4.67 (1H, АВ система, $^3J_{\text{AB}} = 14.3$, CH_2); 4.86 (1H, уш. с, OH); 4.99 (1H, д, $^3J = 3.7$, 4-CH); 5.12 (1H, к. д, $^3J_{\text{HF}} = 6.0$, $^3J = 3.7$, 5-CH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д. (J , Гц): 38.0 ($\text{N}(\text{CH}_3)_2$); 56.6 (CH_2); 68.9 (C-4); 79.2 (к, $^2J_{\text{CF}} = 33.7$, C-5); 121.5 (к, $J_{\text{CF}} = 282.5$, CF_3); 154.1 (C-3). Спектр ЯМР ^{19}F , δ , м. д. (J , Гц): -79.9 (3F, д, $^3J_{\text{FH}} = 6.0$, CF_3). Масс-спектр, m/z : 277 $[\text{M}+\text{H}]^+$. Найдено, %: С 30.50; Н 4.00; N 10.17; S 11.69. $\text{C}_7\text{H}_{11}\text{F}_3\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$. Вычислено, %: С 30.44; Н 4.01; N 10.14; S 11.61.

Список литературы

- (a) Kaur, K.; Kumar, V.; Kumar Sharma, A.; Kumar Gupta, G. *Eur. J. Med. Chem.* **2014**, *77*, 121. (b) Galenko, A. V.; Khlebnikov, A. F.; Novikov, M. S.; Pakalnis, V. V.; Rostovskii, N. V. *Russ. Chem. Rev.* **2015**, *84*, 335. [*Успехи химии* **2015**, *84*, 335.] (c) Kirk, K. L. In *Fluorinated Heterocyclic Compounds: Synthesis, Chemistry and Applications*; Petrov, C. A., Ed.; Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2009, p. 91.
- (a) Gakh, A. A.; Shermolovich, Yu. G. *Curr. Top. Med. Chem.* **2014**, *14*, 952. (b) Hagmann, W. K. *J. Med. Chem.* **2008**, *51*, 4359. (c) Prakash, G. K. S.; Chacko, S. *Curr. Opin. Drug Discovery Dev.* **2008**, *11*, 793. (d) Müller, K.; Faeh, C.; Diederich, F. *Science* **2007**, *317*, 1881.
- Kawai, H.; Sugita, Y.; Tokunaga, E.; Sato, H.; Shiro, M.; Shibata, N. *ChemistryOpen* **2014**, *3*, 14.
- (a) Bravo, P.; Bruche, L.; Farina, A.; Fronza, G.; Meille, S. V.; Merli, A. *Tetrahedron: Asymmetry* **1993**, *4*, 2131. (b) Tsuge, H.; Okano T.; Eguchi, S. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* **1995**, 2761. (c) Tsuge, H.; Okano T.; Eguchi, S.; Kimoto, H. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1* **1997**, 1581. (d) Hang, X. C.; Chen Q. Y.; Xiao, J. C. *Synlett* **2008**, 1989. (e) Yang, X.; Cheng, F.; Kou, Y. D.; Pang, S.; Shen, Y. C.; Huang, Y. Y.; Shibata, N. *Angew. Chem., Int. Ed.* **2013**, *56*, 1510. (f) Falkowska, E.; Laurent, M. Y.; Tognetti, V.; Joubert, L.; Jubault, P.; Bouillon, J.-P.; Pannecoucke, X. *Tetrahedron* **2015**, *71*, 8067.
- Hilpert, H.; Guba, W.; Woltering, T. J.; Wostl, W.; Pinard, E.; Mauser, H.; Mayweg, A. V.; Rogers-Evans, M.; Humm, R.; Krummenacher, D.; Muser, T.; Schnider, C.; Jacobsen, H.; Ozmen, L.; Bergadano, A.; Banner, D. W.; Hochstrasser, R.; Kuglstatter, A.; David-Pierson, P.; Fischer, H.; Polara, A.; Narquizian, R. *J. Med. Chem.* **2013**, *56*, 3980.
- (a) Nickson, T. E. *J. Org. Chem.* **1988**, *53*, 3870. (b) Markitanov, Y. N.; Timoshenko, V. M.; Shermolovich, Y. G.; Mykhalchuk, V. L.; Grafova, I. A.; Grafov, A. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2016**, *52*, 503. [*Химия гетероцикл. соединений* **2016**, *52*, 503.]
- Parham, W. E.; Blake, F. D.; Theissen, D. R. *J. Org. Chem.* **1962**, *27*, 2415.
- Houk, K. N.; Chang, Y.-M.; Strozier, R. W.; Caramella, P. *Heterocycles* **1977**, *7*, 793.
- De Benedetti, P. G.; Quartieri, S.; Rastelli, A.; De Amici, M.; De Micheli, C.; Gandolfi, R.; Gariboldi, P. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1982**, 95.
- Caramella, P.; Albin, E.; Bandiera, T.; Corsico-Coda, A.; Grunanager, P.; Albin, F. M. *Tetrahedron* **1983**, *39*, 689.
- Kozikowsky, A. P.; Adamczyk, M. *J. Org. Chem.* **1983**, *48*, 366.