

Синтез *N*-замещенных производных 2-аминометил-5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридина

Ирина В. Паламарчук¹, Мария В. Мацукевич², Иван В. Кулаков^{1*},
Тулеген М. Сейлханов³, Александр С. Фисюк^{2,4}

¹ Институт химии, Тюменский государственный университет,
ул. Переконская, 15а, Тюмень 625003, Россия; e-mail: i.v.kulakov@utmn.ru

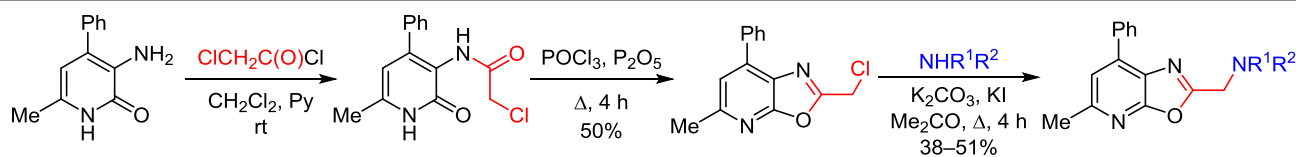
² Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского,
пр. Мира, 55а, Омск 644077, Россия; e-mail: fisyuk@chemotmsu.ru

³ Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова,
ул. Абая, 76, Кокшетау 020000, Казахстан; e-mail: tseilkhanov@mail.ru

⁴ Омский государственный технический университет,
пр. Мира, 11, Омск 644050, Россия; e-mail: fisyuk@chemotmsu.ru

Поступило 8.01.2019

Принято 15.05.2019



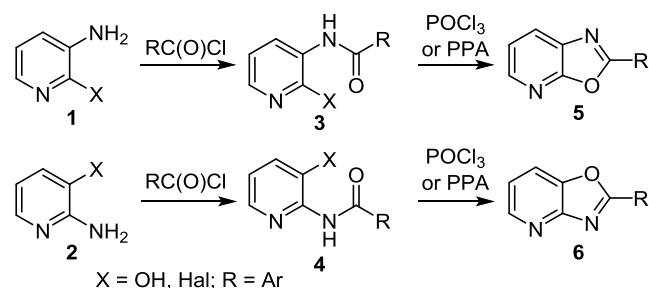
На основе синтезированного ранее *N*-(6-метил-2-оксо-4-фенил-1,2-дигидропиридин-3-ил)-2-хлорацетамида реакцией внутримолекулярной циклизации получен 5-метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридин. Показана возможность его применения в синтезе неописанных ранее 2-аминометилпроизводных оксазоло[5,4-*b*]пиридина реакцией нуклеофильного замещения с различными аминами и циклическим амидом.

Ключевые слова: 2-аминометилпроизводные оксазоло[5,4-*b*]пиридина, 3-амино-4-фенилпиридин-2(1*H*)-он, оксазоло[5,4-*b*]пиридин, хлорацетамид, внутримолекулярная циклизация, нуклеофильное замещение.

Известно, что производные оксазоло[5,4-*b*]пиридина и оксазоло[4,5-*b*]пиридина проявляют антимикробную,¹ противоопухолевую,² ярко выраженную противовоспалительную³ и анальгетическую активность.⁴ Противовоспалительная активность некоторых из них, например, сравнима с таковой фенилбутазона или индометацина, при этом они не вызывают раздражения слизистой желудочно-кишечного тракта, к которому может привести прием кислотных противовоспалительных средств.³

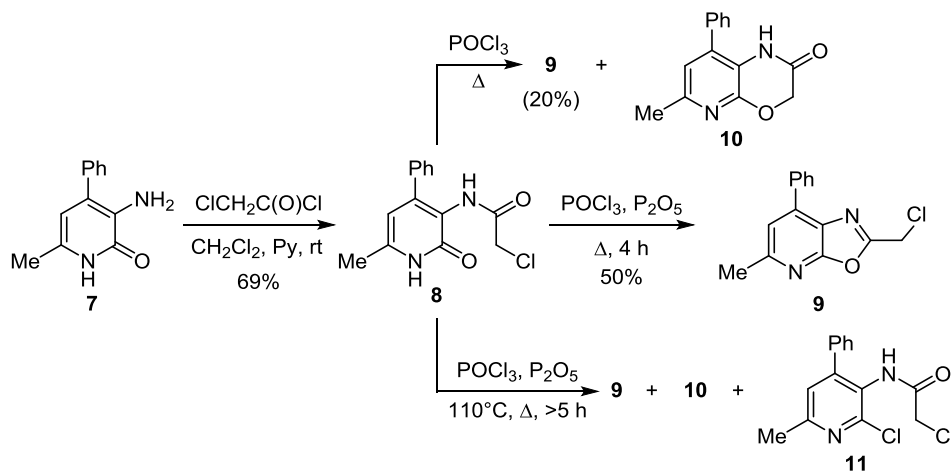
Существует несколько синтетических путей получения 2-замещенных оксазоло[5,4-*b*] и оксазоло[4,5-*b*]пиридинов.^{5–10} На сегодняшний день наиболее распространенный метод – это использование 3-амино-2-гидрокси- либо 3-амино-2-галогенпиридинов **1** или 2-амино-3-гидрокси- либо 2-амино-3-галогенпиридинов **2** в качестве субстратов, которые после образования соответствующих бензамидов **3**, **4** циклизуются в соответствующие оксазолопиридины **5**, **6** в кислых средах, например в присутствии полифосфорной кислоты или оксихлорида фосфора (схема 1).

Схема 1



Следует также отметить, что в литературе широко описаны в основном производные оксазоло[5,4-*b*]пиридинов **5**, полученные на основе незамещенных по пиридиновому циклу *N*-(2-гидрокси-3-ил)бензамидов **3**, то есть амидов ароматических, а не алифатических кислот. 5,7-Дизамещенные и 2-алкилзамещенные оксазоло[5,4-*b*]пиридины представлены в литературе лишь единичными примерами.^{10,11} Для синтеза оксазоло[5,4-*b*]пиридинов **5** соответствующие

Схема 2



4,6-дизамещенные 3-аминопиридин-2(1*H*)-оны не меняли.

В рамках продолжающегося исследования по синтезу производных 3-аминопиридин-2(1*H*)-онов^{12–17} представляло интерес синтезировать оксазоло[5,4-*b*]пиридин **9** из хлорацетамида **8**, полученного нами ранее ацилированием 3-амино-6-метил-4-фенилпиридин-2(1*H*)-она (**7**),¹⁷ и изучить возможность применения соединения **9** в синтезе неописанных в литературе 2-аминометилпроизводных оксазоло[5,4-*b*]пиридинов (схема 2).

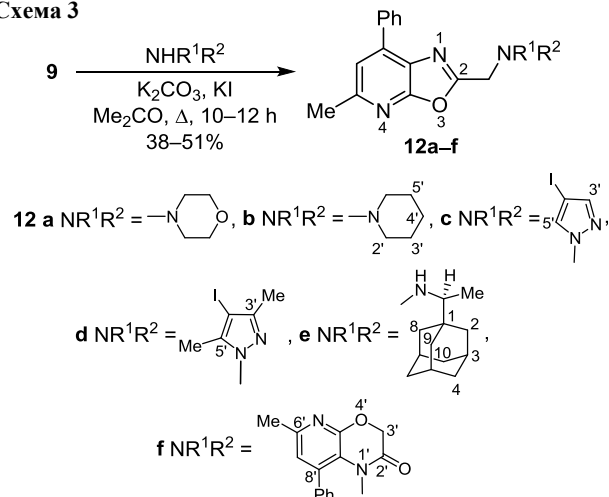
Проведение циклизации хлорацетамида **8** при нагревании с POCl_3 по известной классической методике синтеза оксазоло[5,4-*b*]пиридинов³ позволило получить оксазолопиридин **9** с довольно низким выходом – около 20%. Реакция осложнялась образованием побочных продуктов. При анализе хромато-масс-спектров сырого продукта реакции мы фиксировали 1*H*-пиридо[2,3-*b*][1,4]оксазин-2(3*H*)-он **10**, образующийся в результате циклизации соединения **8**. Ранее нами было уже описано получение этого соединения в основной среде.¹⁷

С целью увеличения выхода оксазоло[5,4-*b*]пиридина **9** нами была проведена оптимизация условий реакции, заключающаяся в варьировании избытка POCl_3 и времени взаимодействия. Лучший выход 5-метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридина (**9**) (50%) получен при кипячении с десятикратным избытком POCl_3 с добавлением трехкратного избытка P_2O_5 в течение 4 ч. Более продолжительное кипячение приводило к значительному образованию трудно-разделимой смеси продуктов, спектроскопия ЯМР ^1H которой выявила, помимо сигналов протонов соединений **9**, **10**, четкий синглет при 8.11 м. д., характерный для протона Н-5 образующегося, по всей вероятности, 2-хлорпроизводного пиридина **11** (схема 2).¹⁸ Полученный 5-метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридин (**9**) представляет собой кристаллы светло-бежевого цвета, легко растворимые почти во всех органических растворителях, кроме углеводов.

Далее мы изучили замещение атома хлора в оксазоло[5,4-*b*]пиридине **9** на аминогруппу в реакциях с морфолином, пиперидином, 1-(адамантан-1-ил)этан-1-амином (действующее вещество лекарственного

противовирусного препарата римантадин), 4-иодпиразолом, 4-иод-3,5-диметилпиразолом и 1*H*-пиридо[2,3-*b*][1,4]оксазин-2(3*H*)-оном. Нуклеофильное замещение проводили при нагревании в Me_2CO в присутствии K_2CO_3 и каталитических количеств KI . Выходы продуктов **12a–f** лежали в интервале 38–51% (схема 3). Проведение реакции в ДМФА хоть и значительно сокращало время реакции (с 10–12 до 3 ч), но сопровождалось образованием побочных продуктов (по данным ТСХ).

Схема 3



Полученные соединения **12a,c–f** представляют собой бежевые или светло-бежевые кристаллические вещества (соединение **12b** – некристаллизующееся масло), легко растворимые в большинстве органических растворителях и частично в гексане при нагревании. Структуры полученных соединений **12a–f** были подтверждены спектроскопией ЯМР ^1H и ^{13}C и масс-спектрометрией.

Таким образом, нами впервые на основе *N*-(6-метил-2-оксо-4-фенил-1,2-дигидропиридин-3-ил)-2-хлорацетамида получен соответствующий 5-метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридин, который можно использовать далее в реакции нуклеофильного замещения для синтеза *N*-замещенных 2-аминометилпроизводных оксазоло[5,4-*b*]пиридина.

Экспериментальная часть

ИК спектры зарегистрированы на фурье-спектрометре ФТ-801 в таблетках КВг. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C зарегистрированы на приборе Jeol JNM-ECA 400 (400 и 100 МГц соответственно) в CDCl_3 , внутренний стандарт ТМС или остаточные сигналы протона дейтерорастворителя (δ 7.25 м. д.). Сигналы атомов ^{13}C были отнесены с использованием метода АРТ с учетом известного диапазона химических сдвигов атомов углерода, входящих в структуры функциональных групп и ранее установленных двумерными спектрами соотношений в исходных веществах.¹⁷ Масс-спектры записаны на хромато-масс-спектрометре Agilent Technologies 5977E (MSD), 7820A (GC System), газ-носитель гелий, скорость газа-носителя 0.9 мл/мин, колонка Agilent 1901S 433UI: температура испарителя 250 °С, температура термостата 70–290 °С, скорость повышения температуры 10 °С/мин, ионизация ЭУ, 70 эВ. Масс-спектр записан и точное измерение молекулярной массы соединения **12f** проведено на масс-спектрометре высокого разрешения Thermo Electron Double Focusing System (ионизация ЭУ, 70 эВ) относительно линий стандарта – перфторкеросина (ПФК). Элементный анализ выполнен на приборе Carlo Erba 1106 CHN. Температуры плавления определены на столике Кофлера. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлен методом ТСХ на пластинах Sorbfil АФ-А-УФ, проявление в парах иода и УФ свете.

Исходные 3-амино-6-метил-4-фенилпиридин-2(1*H*)-он (**7**) и *N*-(6-метил-2-оксо-4-фенил-1,2-дигидропиридин-3-ил)-2-хлорацетамид (**8**) получены по описанным нами ранее методикам.¹⁷

5-Метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридин (9). Смесь 277 мг (1.0 ммоль) *N*-(6-метил-2-оксо-4-фенил-1,2-дигидропиридин-3-ил)-2-хлорацетамид (**8**) и 1.0 мл (10 ммоль) POCl_3 в присутствии 426 мг (3.0 ммоль) P_2O_5 кипятят в течение 4 ч. Избыток POCl_3 отгоняют и густой остаток аккуратно обрабатывают ледяной водой. Образовавшийся осадок тщательно растирают, отфильтровывают, промывают водой и сушат на воздухе. Перекристаллизовывают из смеси гексан-*i*-PrOH, 5:1. Выход 127 мг (50%), светло-бежевые кристаллы, т. пл. 126–128 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1622 (C=N), 2875 (C-H). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 2.68 (3H, с, CH_3); 4.74 (2H, с, CH_2Cl); 7.38 (1H, с, H-6); 7.45–7.53 (3H, м, H-3,4,5 Ph); 8.0 (2H, д, д, $^3J = 8.3$, $^4J = 1.5$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.4 (CH_3); 36.5 (CH_2Cl); 118.8 (C-6); 127.8; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.7 (C-4 Ph); 134.4; 141.6; 155.9 (C-3a); 160.0 (C-2); 160.4 (C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 260 [M]⁺ (33), 258 [M]⁺ (100), 218 (16), 154 (9), 127 (11). Найдено, %: C 64.66; H 4.41; N 10.99. $\text{C}_{14}\text{H}_{11}\text{ClN}_2\text{O}$. Вычислено, %: C 65.00; H 4.29; N 10.83.

Получение *N*-замещенных 2-(аминометил)-5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридинов 12a–f (общая методика). Смесь 260 мг (1.0 ммоль) 5-метил-7-фенил-2-(хлорметил)оксазоло[5,4-*b*]пиридина (**9**) и 1.1 ммоль

соответствующего амина кипятят в течение 10–12 ч в 10 мл Me_2CO в присутствии 276 мг (2.0 ммоль) K_2CO_3 (для синтеза соединений **12a,b** применяют двукратный избыток амина) с добавлением каталитического количества (3 мг) KI. Контроль за ходом реакции – методом ТСХ, элюент гексан- CHCl_3 - Me_2CO , 1:2:1. Реакционную смесь отфильтровывают от осадка солей, промывают Me_2CO и упаривают растворитель. Остаток перекристаллизовывают из смеси гексан-*i*-PrOH, 2:1.

5-Метил-2-(морфолин-4-илметил)-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин (12a). Выход 118 мг (38%), светло-бежевые кристаллы, т. пл. 74–76 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1620 (C=N), 2960 (C-H). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 2.70–2.72 (7H, м, CH_3 , $\text{N}(\text{CH}_2)_2$); 3.76 (4H, уш. т, $J = 4.6$, $\text{O}(\text{CH}_2)_2$); 3.93 (2H, с, CH_2); 7.39 (1H, с, H-6); 7.47 (1H, т, $J = 7.6$, H-4 Ph); 7.52–7.55 (2H, м, H-3,5 Ph); 8.05 (2H, д, $J = 7.6$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.4 (CH_3); 53.2 ($\text{N}(\text{CH}_2)_2$); 55.6 (NCH_2); 66.8 ($\text{O}(\text{CH}_2)_2$); 118.5 (C-6); 127.7; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.5 (C-4 Ph); 134.7; 141.0; 154.8 (C-3a); 160.4 (C-2); 162.0 (C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 309 [M]⁺ (0.5), 226 (16), 224 (100), 195 (4), 127 (5), 86 (7). Найдено, %: C 69.41; H 6.61; N 13.19. $\text{C}_{18}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_2$. Вычислено, %: C 69.88; H 6.19; N 13.58.

5-Метил-2-(пиперидин-1-илметил)-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин (12b). Выход 138 мг (45%), вязкое некристаллизующееся масло. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1600 (C=N), 2853, 2960 (C-H). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 1.40–1.42 (2H, м, 4'- CH_2); 1.60–1.63 (4H, м, 3',5'- CH_2); 2.61 (4H, уш. с, $\text{N}(\text{CH}_2)_2$); 2.68 (3H, с, CH_3); 3.90 (2H, с, CH_2); 7.36 (1H, с, H-6); 7.44 (1H, т, $J = 7.6$, H-4 Ph); 7.52 (2H, т, $J = 6.9$ H-3,5 Ph); 8.04 (2H, д, $J = 7.6$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 23.8 (C-4'); 24.3 (CH_3); 25.9 (C-3',5'); 54.2 (C-2',6'); 56.0 (NCH_2); 118.3 (C-6); 127.8; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.4 (C-4 Ph); 129.9; 134.8; 140.8; 154.5 (C-3a); 160.5 (C-2); 162.9 (C-5). Найдено, %: C 73.81; H 6.45; N 13.29. $\text{C}_{19}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{O}$. Вычислено, %: C 74.24; H 6.89; N 13.67.

2-[(4-Иодо-1*H*-пирозол-1-ил)метил]-5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин (12c). Выход 172 мг (40%), бежевые кристаллы, т. пл. 145–148 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 688 (C-I), 1616 (C=N), 2926 (C-H), 3051, 3125 (H-C=). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 2.69 (3H, с, CH_3); 5.62 (2H, с, CH_2); 7.41 (1H, с, H-6); 7.47–7.56 (3H, м, H-3,4,5 Ph); 7.57 (1H, с, H-3'); 7.71 (1H, с, H-5'); 8.04 (2H, д, $J = 6.1$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.4 (CH_3); 49.7 (CH_2); 57.7 (C-I); 118.8 (C-6); 127.6; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.7 (C-4 Ph); 134.3; 134.5 (C-5'); 141.7; 145.5 (C-3'); 155.7; 158.6 (C-2); 160.3 (C-5). Найдено, %: C 49.44; H 3.41; N 13.22. $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{IN}_4\text{O}$. Вычислено, %: C 49.06; H 3.18; N 13.46.

2-[(4-Иодо-3,5-диметил-1*H*-пирозол-1-ил)метил]-5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин (12d). Выход 206 мг (43%), бежевые кристаллы, т. пл. 160–163 °С. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 624 (C-I), 1620 (C=N), 1638 (C=N), 2924 (C-H). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 2.19 (3H, с, 3'- CH_3); 2.41 (3H, с, 5'- CH_3); 2.66 (3H, с, CH_3); 5.52 (2H, с, CH_2); 7.38 (1H, с, H-6); 7.43–7.53 (3H, м, H-3,4,5 Ph); 8.03 (2H, д, $J = 7.6$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.:

12.2 (3'-CH₃); 14.1 (5'-CH₃); 24.3 (CH₃); 47.7 (CH₂); 64.2 (C-I); 118.6 (C-6); 127.7; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.6 (C-4 Ph); 134.4; 141.5; 141.6; 150.7; 155.4; 159.3 (C-2); 160.3 (C-5). Найдено, %: С 50.96; Н 4.18; N 12.99. C₁₉H₁₇N₄O. Вычислено, %: С 51.37; Н 3.86; N 12.61.

(S)-1-(Адамантан-1-ил)-N-[(5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин-2-ил)метил]этан-1-амин (12e). Выход 191 мг (51%), светло-бежевые кристаллы, т. пл. 157–160 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 1619 (C=N), 2846, 2910 (C-H). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.00 (3H, д, $J = 6.1$, NHCHCH₃); 1.60–1.67 (12H, м, 6CH₂ Ad); 1.97 (3H, уш. с, 3,5,7-CH Ad); 2.20 (1H, к, $J = 6.1$, 1-CH Ad); 2.68 (3H, с, CH₃); 4.05 (1H, д, $J = 15.3$) и 4.16 (1H, д, $J = 15.2$, NHCH₂); 5.29 (1H, уш. с, NH); 7.36 (1H, с, H-6); 7.49–7.53 (3H, м, H-3,4,5 Ph); 8.06 (2H, д, $J = 7.6$, H-2,6 Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 13.3 (2-CH₃); 24.3 (CH₃); 28.5 (3,5,7-CH Ad); 36.1 (1-C Ad); 37.2 (4,6,10-CH₂ Ad); 38.5 (2,8,9-CH₂ Ad); 45.7 (NHCH₂); 61.6 (CHN); 118.2 (C-6); 127.8; 128.8 (C-2,6 Ph); 128.9 (C-3,5 Ph); 129.4 (C-4 Ph); 134.8; 140.7; 154.2; 160.4 (C-2); 165.1 (C-5). Найдено, %: С 77.29; Н 8.18; N 10.87. C₂₆H₃₁N₃O. Вычислено, %: С 77.77; Н 7.78; N 10.46.

6-Метил-1-[(5-метил-7-фенилоксазоло[5,4-*b*]пиридин-2-ил)метил]-8-фенил-1H-пиридо[2,3-*b*][1,4]-оксазин-2(3H)-он (12f). Выход 185 мг (40%), бежевые кристаллы, т. пл. 207–209 °С. ИК спектр, ν , см⁻¹: 1620 (C=N), 1699 (C=O), 2953, 2988 (C-H). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 2.46 (3H, с, CH₃); 2.63 (3H, с, CH₃); 4.74 (2H, с, NCH₂); 4.86 (2H, с, OCH₂); 6.77 (1H, с, H-7'); 7.28–7.31 (5H, м, H 8'-Ph); 7.33 (1H, с, H-6); 7.43 (1H, т, $J = 7.6$, H-4 7-Ph); 7.48 (2H, т, $J = 7.6$, H-3,5 7-Ph); 7.90 (2H, д, $J = 7.6$, H-2,6 7-Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 23.4 (CH₃); 24.3 (CH₃); 42.2 (NCH₂); 68.1 (OCH₂); 118.0 (H-6); 118.9 (C-8a'); 121.1 (C-7'); 127.5; 128.2; 128.6; 128.8; 129.0; 129.3 (C-4 7-Ph); 129.5 (C-4 8'-Ph); 134.2; 136.6; 140.4; 141.1; 152.4; 154.5; 155.2; 159.4; 160.0; 165.9 (C=O). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 462 [M]⁺ (8), 200 (100), 199 (64), 171 (25), 100 (15). Найдено, m/z : 462.1686 [M]⁺. C₂₈H₂₂N₄O₃. Вычислено, m/z : 462.1688. Найдено, %: С 72.28; Н 5.17; N 12.53. C₂₈H₂₂N₄O₃. Вычислено, %: С 72.71; Н 4.79; N 12.11.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01143.

Список литературы

1. Yildiz-Oren, I.; Yalcin, I.; Aki-Sener, E.; Ucarturk, N. *Eur. J. Med. Chem.* **2004**, *39*, 291.
2. Tekiner-Gulbas, B.; Temiz-Arpaci, O.; Yildiz, I.; Aki-Sener, E.; Yalcin, I. *SAR QSAR Environ. Res.* **2006**, *17*, 121.
3. Clark, R. L.; Pessolano, A. A.; Witzel, B.; Lanza, T.; Shen, T. Y.; Van Arman, C. G.; Risley, E. A. *J. Med. Chem.* **1978**, *21*, 1158.
4. Boger, D. L.; Miyauchi, H.; Du, W.; Hardouin, C.; Fecik, R. A.; Cheng, H.; Hwang, I.; Hedrick, M. P.; Leung, D.; Acevedo, O.; Guimaraes, C. R. W.; Jorgensen, W. L.; Cravatt, B. F. *J. Med. Chem.* **2005**, *48*, 1849.
5. Doise, M.; Dennin, F.; Blondeau, D.; Sliwa, H. *Tetrahedron Lett.* **1990**, *31*, 1155.
6. Doise, M.; Blondeau, D.; Sliwa, H. *Synth. Commun.* **1992**, *22*, 2891.
7. Myllymäki, M. J.; Koskinen, A. M. P. *Tetrahedron Lett.* **2007**, *48*, 2295.
8. Heuser, S.; Keenan, M.; Weichert, A. G., *Tetrahedron Lett.* **2005**, *46*, 9001.
9. Phoon, C. W.; Ng, P. Y.; Ting, A. E.; Yeo, S. L.; Sima, M. M. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2001**, *11*, 1647.
10. Xu, D.; Xu, X.; Liu, Z.; Sun, L.-P.; You, Q. *Synlett* **2009**, 1172.
11. Shatsauskas, A. L.; Abramov, A. A.; Saibulina, E. R.; Palamarchuk, I. V.; Kulakov, I. V.; Fisyuk, A. S. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2017**, *53*, 186. [Химия гетероцикл. соединений **2017**, *53*, 186.]
12. Kulakov, I. V.; Nikitina, O. S.; Fisyuk, A. S.; Goncharov, D. S.; Shul'gau, Z. T.; Gulyaev, A. E. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2014**, *50*, 670 [Химия гетероцикл. соединений **2014**, 729.]
13. Kulakov, I. V.; Matsukevich, M. V.; Shul'gau, Z. T.; Sergazy, S.; Seilkhanov, T. M.; Puzari, A.; Fisyuk, A. S. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2015**, *51*, 991. [Химия гетероцикл. соединений **2015**, *51*, 991.]
14. Kulakov, I. V.; Shatsauskas, A. L.; Matsukevich, M. V.; Palamarchuk, I. V.; Seilkhanov, T. M.; Gatilov, Y. V.; Fisyuk, A. S. *Synthesis* **2017**, 3700.
15. Kulakov, I. V.; Palamarchuk, I. V.; Shul'gau, Z. T.; Seilkhanov, T. M.; Gatilov, Y. V.; Fisyuk, A. S. *J. Mol. Struct.* **2018**, *1166*, 262.
16. Kulakov, I. V.; Matsukevich, M. V.; Levin, M. L.; Palamarchuk, I. V.; Seilkhanov, T. M.; Fisyuk, A. S. *Synlett* **2018**, 1741.
17. Fisyuk, A. S.; Kulakov, I. V.; Goncharov, D. S.; Nikitina, O. S.; Bogza, Y. P.; Shatsauskas, A. L. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2014**, *50*, 217. [Химия гетероцикл. соединений **2014**, 241.]
18. Caron, S.; Massett, S. S.; Bogle, D. E.; Castaldi, M. J.; Braish, T. F. *Org. Process Res. Dev.* **2001**, *5*, 254.