

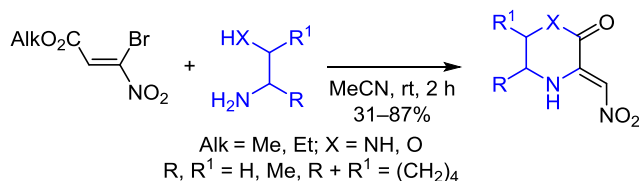
Нитрометиленсодержащие пиперазины и морфолины: синтез и строение

Василий В. Пелипко¹, Руслан И. Байчурин¹,
Константин А. Лысенко², Сергей В. Макаренко^{1*}

¹ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
наб. р. Мойки, 48, Санкт-Петербург 191186, Россия; e-mail: kohrgpu@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Ленинские горы, д. 1, стр. 3, Москва 119991, Россия; e-mail: kostya@xray.ineos.ac.ru

Поступило 7.12.2022
Принято 29.12.2022



Показано, что взаимодействие алкил-3-бром-3-нитроакрилатов с 1,2-диаминоэтаном, 1,2-диаминопропаном, 1,2-диаминоциклогексаном и 2-аминоэтанолом является удобным способом синтеза шестичленных гетероциклов – (3*Z*)-3-(нитрометилен)-пиперазин-2-онов и (3*Z*)-3-(нитрометилен)морфолин-2-она. Строение синтезированных гетероциклов охарактеризовано комплексом спектральных методов и методом рентгеноструктурного анализа.

Ключевые слова: 2-аминоэтанол, 1,2-диаминопропан, 1,2-диаминоциклогексан, 1,2-диаминоэтан, морфолин-2-он, нитроакрилат, пиперазин-2-он.

Шестичленные гетероциклы ряда пиперазин-2-она и морфолин-2-она представляют практический интерес в качестве биологически активных веществ, которые обладают противовоспалительным (соединения **I**, **II**), спазмолитическим (соединения **I**) и анальгетическим действием (соединения **I**),^{1,2} проявляют противомикробную (соединения **III**) и противогрибковую активность (соединения **IV**, рис. 1).^{3,4}

Для синтеза пиперазин-2-онов и морфолин-2-онов, содержащих экзоциклическую кратную связь C=C, наиболее часто используются методы, основанные на взаимодействии этилендиамина или этаноламина с кетокислотами,^{5,6} диоксубутаноатами^{1–3,7–9} и ацетилендикарбоксилатами.^{4,10–15}

Вместе с тем известно, что алкил-3-бром-3-нитроакрилаты демонстрируют высокую эффективность в качестве 1,2-бизлектрофилов при синтезе нитрометиленсодержащих 2*H*-1,4-бензотиазин-3(4*H*)-она,^{16,17} 3,4-дигидрохиноксалин-2(1*H*)-онов и 3,4-дигидро-2*H*-1,4-бензоксазин-2-онов.^{17,18} Следует отметить, что трихлорметилсодержащий *гем*-бромнитроалкен (1-бром-1-нитро-3,3,3-трихлорпропен) в реакции с 1,2-диаминобензолом образует только аза-бисаддукт Михаэля,¹⁹ в то время как простейшие *гем*-галогеннитроалкены в реакции с 1,2-бинуклеофилами не вводились.²⁰

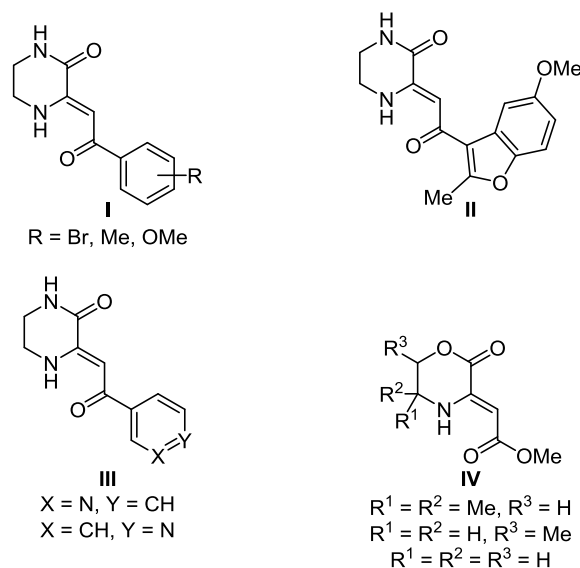
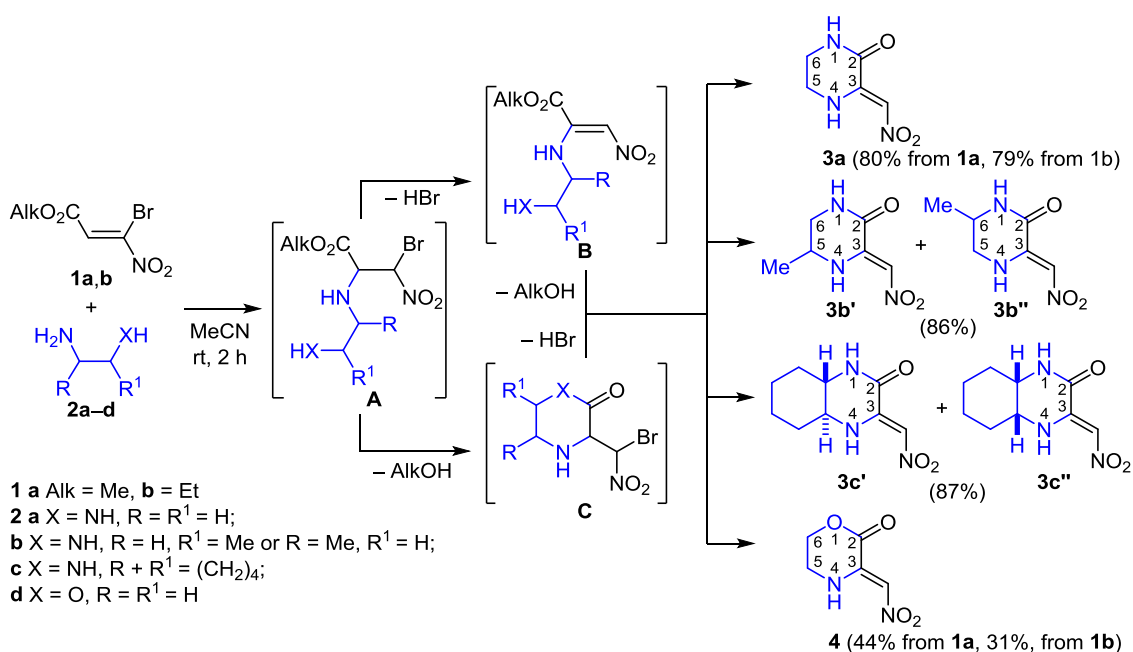


Рисунок 1. Шестичленные гетероциклы ряда пиперазин-2-она и морфолин-2-она, проявляющие биологическую активность.

Учитывая вышесказанное, нами на основе реакций алкил-3-бром-3-нитроакрилатов **1a,b** с алифатическими 1,2-бинуклеофилами **2a–d** предложены методы синтеза

Схема 1



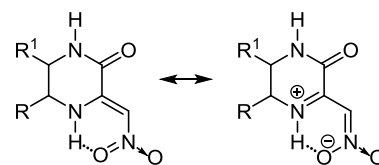
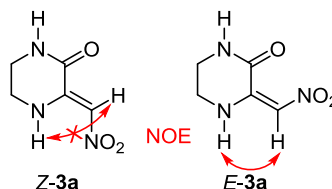
3-(нитрометилен)пиперазин-2-онов **3a–c** и 3-(нитрометилен)морфолин-2-она (**4**) (схема 1). Взаимодействие бромнитроакрилатов **1a,b** с 1,2-диаминоэтаном (**2a**), 1,2-диаминопропаном (**2b**), 1,2-диаминоциклогексаном (**2c**) или 2-аминоэтанолом (**2d**) (мольное соотношение субстрат–бинуклеофил – 1:2) в растворе безводного MeCN при комнатной температуре в течение 2 ч приводит к образованию нитрометиленсодержащих пиперазинов **3a–c** или морфолина **4** с выходами 79–87% и 31–44% соответственно. Необходимо отметить, что реакция с 1,2-диаминопропаном (**2b**) или 1,2-диаминоциклогексаном (**2c**) завершается образованием смеси двух изомерных пиперазинов **3b',b''** или **3c',c''** (соотношение ЯМР ¹H), разделить которую на индивидуальные изомеры не удалось. Более низкие выходы морфолина **4**, вероятно, связаны с меньшей нуклеофильностью второго нуклеофильного центра. При этом добавление в реакционную смесь основания (Et₃N) не приводило к увеличению выхода.

Маршрут реакции, вероятно, состоит из первоначального образования аза-аддукта Михаэля **A**, который претерпевает дегидробромирование и превращается в нитроенамин **B**, подвергаясь внутримолекулярной гетероциклизации. Кроме того, нельзя исключать возможность, при которой первоначально образующийся аддукт **A** претерпевает гетероциклизацию, а у образующегося гетероцикла **C** отщепляется HBr (схема 1).

В структуре синтезированных гетероциклов **3, 4** вызывает несомненный интерес геометрическая конфигурация кратной связи C=C. Наблюдаемый в спектрах ЯМР ¹H соединений **3, 4** сигнал протона группы =CHNO₂ в области 6.89–6.93 м. д. свидетельствует об одинаковом строении этого фрагмента для всего ряда полученных гетероциклов. Вместе с тем спектры ЯМР ¹H пиперазинов **3a–c** и морфолина **4** характеризуются

наличием сигнала протона NH фрагмента нитроенамина в области 9.87–10.23 м. д., что может указывать на его участие в образовании внутримолекулярной водородной связи, а следовательно, на *Z*-конфигурацию кратной связи C=C (рис. 2). В пользу этого же вывода свидетельствуют результаты спектров NOESY, записанные для пиперазинона **3a** с различными временами смешения (τ 0.5, 1.5, 2.0 с), которые демонстрируют отсутствие ЯЭО между протонами 4-NH и =CH (рис. 3). В спектре ¹H–¹⁵N НМВС соединения **4**, записанного в ДМСО-*d*₆, атому азота нитрогруппы принадлежит сигнал при –4.7 м. д., а сигнал атома азота аминогруппы проявляется при 334.7 м. д.

Присутствующий в ИК спектрах набор интенсивных полос поглощения ионизированной нитрогруппы в области 1162–1361 см^{–1} и системы сопряженных кратных C=C и C=N⁺ связей в области 1607–1616 см^{–1} характеризует фрагмент нитроенамина в молекулах пиперазинона **3a**, его замещенных аналогов **3b',b'', 3c',c''** и морфолина **4** как высокополяризованную

Рисунок 2. Внутримолекулярная водородная связь в соединениях **3a–c, 4**.Рисунок 3. ЯЭО между протонами 4-NH и =CH в спектрах NOESY пиперазинона **3a**.

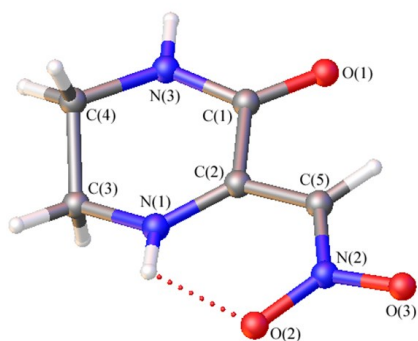


Рисунок 4. Молекулярная структура (3*Z*)-3-(нитрометиленден)пиперазин-2-она (**3a**), по данным РСА. Пунктиром показана внутримолекулярная водородная связь.

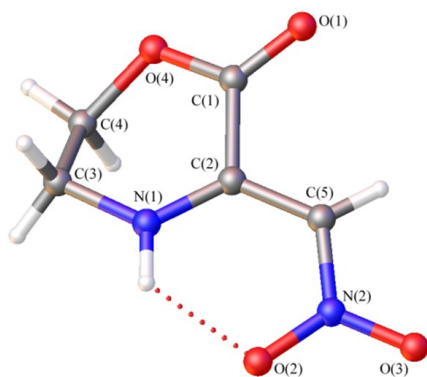


Рисунок 5. Молекулярная структура (3*Z*)-3-(нитрометиленден)морфолин-2-она (**4**), по данным РСА. Пунктиром показана внутримолекулярная водородная связь.

систему, в электронное строение которой существенный вклад вносит биполярная форма.

Электронные спектры соединений **3**, **4** содержат длинноволновый максимум в области 371–375 нм (ϵ 15600–17000 л·моль⁻¹·см⁻¹), типичный для сопряженной системы нитроенамина.^{21,22}

Результаты рентгеноструктурных исследований кристаллических образцов (3*Z*)-3-(нитрометиленден)пиперазин-2-она (**3a**) (рис. 4) и (3*Z*)-3-(нитрометиленден)морфолин-2-она (**4**) (рис. 5) подтверждают *Z*-конфигурацию их нитроенаминного фрагмента.

Длины связей C(2)–N(1) (1.317(2)–1.325(5) Å) и C(5)–N(2) (1.379(2)–1.390(4) Å) оказались меньше, а связей C(2)=C(5) (1.369(2)–1.386(5) Å) – больше, чем соответствующие изолированные одинарная связь C(sp²)–N(sp²) (1.44–1.46 Å²³) и кратная связь C=C (1.28–1.33 Å²⁴). Кроме того, фрагмент нитроенамина дополнительно стабилизируется за счет внутримолекулярной водородной связи N(1)H···O(2) (1.946–2.087 Å) между сближенными атомами водорода аминогруппы и атомом кислорода нитрогруппы, находящихся на расстоянии меньшем, чем сумма их ван-дерваальсовых радиусов (2.60 Å).²³

Таким образом, на основе реакций алкил-3-бром-3-нитроакрилатов с представителями алифатических N,N- и N,O-бинуклеофилов предложен эффективный метод синтеза шестичленных (3*Z*)-3-нитрометиленденсодержащих гетероциклов ряда пиперазинона и морфолинона. Наличие в структуре синтезированных

молекул нитроенаминного блока открывает хорошие перспективы их дальнейшей модификации, например в реакциях с электрофильными реагентами.^{25–27}

Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на фурье-спектрометре Shimadzu IRPrestige-21 в таблетках KBr в области частот 400–4000 см⁻¹. Электронные спектры поглощения записаны на спектрофотометре Shimadzu UV2401PC в растворе ДМСО в неразборных кварцевых кюветках (длина оптического пути 1.01 мм). Спектры ЯМР ¹H, ¹³C, COSY, NOESY (время смещения 0.5, 1.5, 2 с), ¹H–¹³C HMQC и ¹H–¹³C HMBC, а также ¹H–¹⁵N HMBC зарегистрированы на спектрометре Jeol ECH400A с рабочими частотами 400, 100 и 40 МГц для ядер ¹H, ¹³C и ¹⁵N соответственно в ДМСО-*d*₆. В качестве стандарта использованы остаточные сигналы недеутерированного растворителя (2.47 м. д. для ядер ¹H) или сигналы дейтерированного растворителя (40.0 м. д. для ядер ¹³C). Химические сдвиги в спектре ЯМР ¹⁵N определены относительно MeNO₂. Элементный анализ выполнен на анализаторе EuroVector EA3000 (Dual mode). Температуры плавления определены на приборе ПТП-М.

Исходные алкил-3-бром-3-нитроакрилаты **1a**, **b** получены по опубликованной ранее методике.²⁸

(3Z)-3-(Нитрометиленден)пиперазин-2-он (3a). Метод I (из соединения **1a**). К раствору 200 мг (0.95 ммоль) бромнитроакрилата **1a** в 10 мл безводного MeCN при комнатной температуре добавляют по каплям раствор 0.13 мл (1.9 ммоль, 114 мг) 1,2-диаминоэтана (**2a**) в 10 мл безводного MeCN и перемешивают в течение 2 ч. Осадок отфильтровывают и промывают H₂O. Выход 120 мг (80%), желтые кристаллы, т. пл. 249–251°C (EtOH).

Метод II (из соединения **1b**). Получают аналогично методике получения из соединения **1a** из 200 мг (0.9 ммоль) бромнитроакрилата **1b** и 0.12 мл (1.8 ммоль, 108 мг) 1,2-диаминоэтана (**2a**). Выход 110 мг (79%), желтые кристаллы, т. пл. 248–250°C (EtOH). Проба смешения образцов, полученных по методам I и II, не дает депрессии температуры плавления. ИК спектр, ν , см⁻¹: 1164 (с), 1223 (с), 1259 (с), 1322 (с) и 1328 (с, NOO⁻), 1607 (с, C=C, C=N⁺), 1696 (с, C=O), 3230 (ср), 3284 (ср, NH). УФ спектр, λ_{\max} , нм (ϵ , л·моль⁻¹·см⁻¹): 371 (17000). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3.30–3.40 (2H, м, 6-CH₂); 3.42–3.50 (2H, м, 5-CH₂); 6.89 (1H, с, CHNO₂); 8.81 (1H, с, 1-NH); 10.05 (1H, с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 38.6 (C-6); 39.8 (C-5); 110.3 (CHNO₂); 146.3 (C-3); 158.2 (C=O). Найдено, %: C 38.16; H 5.04; N 26.87. C₅H₇N₃O₃. Вычислено, %: C 38.22; H 4.49; N 26.74.

(3Z)-5-Метил-3-(нитрометиленден)пиперазин-2-он (3b') и **(3Z)-6-метил-3-(нитрометиленден)пиперазин-2-он (3b'')**, смесь соединений в соотношении **3b'/3b''** = = 10:16, получают по методике синтеза соединения **3a** из 300 мг (1.3 ммоль) бромнитроакрилата **1b** и 0.219 мл (2.6 ммоль, 200 мг) 1,2-диаминопропана (**2b**). Выход 192 мг (86%), светло-желтые кристаллы, т. пл. 185–189°C (EtOH–H₂O, 1:1). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1162 (с), 1236 (с), 1270 (с), 1299 (с) и 1341 (с, NOO⁻), 1612 (с,

C=C, C=N⁺), 1700 (с, C=O), 3199 (с), 3248 (ср, NH). УФ спектр, λ_{\max} , нм (ϵ , л·моль⁻¹·см⁻¹): 372 (15600). Найдено, %: С 42.03; Н 5.27; N 24.68. C₆H₉N₃O₃. Вычислено, %: С 42.11; Н 5.30; N 24.55.

Изомер 3b'. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 1.10 (3H, д, ³*J* = 6.5, CH₃); 3.09–3.20 (1H, м, 6-CH₂); 3.43–3.55 (1H, м, 6-CH₂); 3.76–3.85 (1H, м, 5-CH); 6.89 (1H, с, CHNO₂); 8.76 (1H, с, 1-NH); 9.87 (1H, с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 18.6 (CH₃); 44.0 (C-6); 45.7 (C-5); 110.4 (CHNO₂); 145.5 (C-3); 158.0 (C=O).

Изомер 3b''. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (*J*, Гц): 1.22 (3H, д, ³*J* = 6.5, CH₃); 3.09–3.20 (1H, м, 5-CH₂); 3.43–3.55 (1H, м, 5-CH₂); 3.65–3.75 (1H, м, 6-CH); 6.90 (1H, с, CHNO₂); 8.85 (1H, с, 1-NH); 9.99 (1H, с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 18.3 (CH₃); 45.4 (C-6); 45.7 (C-5); 110.3 (CHNO₂); 145.7 (C-3); 158.21 (C=O).

(3*Z*,4*aS,8*aS**)-3-(Нитрометилен)октагидрохиноксалин-2(1*H*)-он (3*c'*) и (3*Z*,4*aR**,8*aS**)-3-(нитрометилен)октагидрохиноксалин-2(1*H*)-он (3*c''*)**, смесь соединений в соотношении 3*c'*/3*c''* = 14:10, получают по методике синтеза соединения **3a** из 500 мг (2.2 ммоль) бромнитроакрилата **1b** и 0.54 мл (4.4 ммоль, 502 мг) *цис,транс*-1,2-диаминоциклогексана (**2c**). Выход 404 мг (87%), светло-желтые кристаллы, т. пл. 215–219°C (EtOH). ИК спектр, ν , см⁻¹: 1166 (ср), 1239 (ср), 1247 (ср), 1347 (с) и 1361 (ср, NOO⁻), 1615 (с, C=C, C=N⁺), 1693 (с, C=O), 3188 (ср), 3281 (ср, NH). УФ спектр, λ_{\max} , нм (ϵ , л·моль⁻¹·см⁻¹): 372 (16700). Найдено, %: С 51.04; Н 6.31; N 19.86. C₉H₁₃N₃O₃. Вычислено, %: С 51.18; Н 6.20; N 19.89.

Изомер 3c'. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.12–1.80 (8H, м, 5,6,7,8-CH₂); 3.20–3.30 (2H, м, 4*a*,8*a*-CH); 6.92 (1H, с, CHNO₂); 8.95 (1H, с, 1-NH); 9.42 (1H, с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 23.5, 23.9 (C-6,7); 28.8 (C-5); 29.5 (C-8); 54.2, 55.6 (C-4*a*,8*a*); 110.8 (CHNO₂); 146.3 (C-3); 158.3 (C=O).

Изомер 3c''. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 1.12–1.80 (8H, м, 5,6,7,8-CH₂); 3.56–3.59 (1H, м, 4*a*(8*a*)-CH), 3.77–3.78 (1H, м, 8*a*(4*a*)-CH); 6.89 (1H, с, CHNO₂); 8.78 (1H, с, 1-NH); 10.12 (1H, с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 19.9, 22.9 (C-6,7); 28.3 (C-5); 28.4 (C-8); 48.4, 50.2 (C-4*a*,8*a*); 110.4 (CHNO₂); 145.1 (C-3); 158.6 (C=O).

(3*Z*)-3-(Нитрометилен)морфолин-2-он (4). Метод I (из соединения **1a**). Получают по методике синтеза соединения **3a** из 310 мг (1.47 ммоль) бромнитроакрилата **1a** и 0.18 мл (2.9 ммоль, 180 мг) 2-аминоэтанола (**2d**). Выпавший осадок (0.074 г) отфильтровывают. Фильтрат упаривают, осмоленный остаток обрабатывают EtOH и выделяют дополнительное количество осадка (0.026 г). Выход 100 мг (44%), желтые кристаллы, т. пл. 173–175°C (EtOH).

Метод II (из соединения **1b**). Получают аналогично из 400 мг (1.8 ммоль) бромнитроакрилата **1b** и 0.22 мл (3.6 ммоль, 220 мг) 2-аминоэтанола (**2d**). Выход 243 мг (31%), желтые кристаллы, т. пл. 173–175°C (EtOH). Проба смешения образцов, полученных по методам I и II, не дает депрессии температуры плавления. ИК спектр, ν , см⁻¹: 1213 (с), 1246 (с), 1320 (с), 1340 (с, NOO⁻), 1616 (с, C=C, C=N⁺), 1756 (с, C=O), 3218 (ср), 3247 (с, NH).

УФ спектр, λ_{\max} , нм (ϵ , л·моль⁻¹·см⁻¹): 375 (17000). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3.54–3.62 (2H, м, 5-CH₂); 4.52–4.60 (2H, м, 6-CH₂); 6.93 (1H, с, CHNO₂); 10.23 (1H, уш. с, 4-NH). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 39.1 (C-5); 67.4 (C-6); 112.1 (CHNO₂); 142.4 (C-3); 159.1 (C=O). Спектр ЯМР ¹⁵N, δ , м. д.: -4.7 (NO₂); 334.7 (N-4). Найдено, %: С 38.38; Н 3.54; N 17.47. C₅H₆N₂O₄. Вычислено, %: С 37.98; Н 3.83; N 17.72.

Рентгеноструктурное исследование монокристаллов соединений 3a, 4 выполнено на автоматическом дифрактометре Bruker Каппа APEX II CCD (графитовый монохроматор, $\lambda(\text{MoK}\alpha)$ 0.71073 Å, температура 293(2)K, ω -сканирование). Кристаллы соединений **3a, 4**, пригодные для PCA, получены кристаллизацией из H₂O и EtOH соответственно. Сбор и индексирование данных, определение и уточнение параметров элементарной ячейки проведены с использованием пакета программ APEX2.²⁹ Эмпирическая коррекция поглощения на основе формы кристалла, дополнительная сферическая коррекция и учет систематических ошибок проведены по программе SADABS.³⁰ Структуры расшифрованы прямым методом по программе SHELXT³¹ и уточнены полноматричным МНК по *F*² программой SHELXL.³² Положения атомов водорода при атомах углерода рассчитаны в соответствии со стереохимическими критериями и уточнены по модели "наездник". Анализ внутри- и межмолекулярных взаимодействий, а также рисунки выполнены с использованием программ PLATON³³ и Mercury 2020.3.³⁴ Полные рентгеноструктурные данные депонированы в Кембриджском банке структурных данных (депоненты CCDC 2111613 (соединение **3a**), CCDC 2111614 (соединение **4**)).

Файл сопроводительных материалов, содержащий ИК спектры, спектры ЯМР ¹H и ¹³C всех синтезированных соединений, а также спектры COSY, NOESY, ¹H-¹³C HMQC, ¹H-¹³C HMBC, ¹H-¹⁵N HMBC и кристаллографические данные соединений **3a, 4**, доступен на сайте журнала <http://hgs.osi.lv>.

Физико-химические исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования "Физико-химические методы исследования нитро-соединений, координационных, биологически активных веществ и наноструктурированных материалов" Междисциплинарного ресурсного центра коллективного пользования "Современные физико-химические методы формирования и исследования материалов для нужд промышленности, науки и образования" Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена.

Список литературы

1. Andreichikov, Yu. S.; Tokmakova, T. N.; Pidémkii, E. L.; Voronova, L. A.; Vilenchik, Ya. M. *Pharm. Chem. J.* **1977**, *11*, 668.
2. Milyutin, A. V.; Safonova, N. V.; Goleneva, A. F.; Andreichikov, Yu. S.; Tul'bovich, G. A.; Makhmudov, R. R. *Pharm. Chem. J.* **1994**, *28*, 915.

3. Elzahhar, P. A. S.; Soliman, R.; AM El-Hawash, S. A. M.; Ragab, H. M. A.; Youssef, A. M.; Abdel Wahab, A. E. *Med. Chem.* **2015**, 11, 407.
4. Mullen, G. B.; Georgiev, V. St.; Acker, C. G. *Heterocycles* **1986**, 24, 1285.
5. Saloutin, V. I.; Skryabina, Z. E.; Basy'l, I. T.; Kondrat'ev, P. N.; Chupakhin, O. N. *J. Fluorine Chem.* **1994**, 69, 119.
6. Zubkov, I. N.; Romanov, A. R.; Ushakov, I. A.; Rulev, A. Yu. *Tetrahedron* **2020**, 76, 130884.
7. Bagrov, F. V. *Russ. J. Org. Chem.* **1994**, 30, 1768.
8. Biekert, E.; Hoffmann, D.; Enslein, L. *Ber.* **1961**, 94, 2778.
9. Saloutin, V. I.; Perevalov, S. G. *J. Fluorine Chem.* **1999**, 96, 87.
10. Fan, M.-J.; Li, G.-Q.; Liang, Y.-M. *Tetrahedron* **2006**, 62, 6782.
11. Fan, M.-J.; Li, G.-Q.; Li, L.-H.; Yang, S.-D.; Liang, Y.-M. *Synthesis* **2006**, 2286.
12. Iwanami, Y.; Kenjo, Y.; Nishibe, K.; Kajiura, M.; Isoyama, S. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1964**, 37, 1740.
13. Iwanami, Y. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1971**, 44, 1311.
14. Parr, R. W.; Reiss, J. A. *Aust. J. Chem.* **1984**, 37, 389.
15. Harwood, L. M.; Tucker, T. T.; Angell, R.; Finch, H. *Tetrahedron Lett.* **1996**, 37, 4217.
16. Berestovitskaya, V. M.; Tafeenko, V. A.; Makarenko S. V.; Sadikov, K. D.; Chernyshev I. V. *Russ. J. Gen. Chem.* **2006**, 76, 135.
17. Palmieri, A. *Eur. J. Org. Chem.* **2020**, 28, 4247.
18. Makarenko, S. V.; Sadykov, K. D.; Baichurin, R. I. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2018**, 54, 502.
19. Stukan', E. V.; Makarenko, S. V.; Berkova, G. A.; Berestovitskaya, V. M. *Russ. J. Gen. Chem.* **2010**, 80, 2460.
20. Soengas, R. G.; Acurcio, R. C.; Silva, A. M. *Eur. J. Org. Chem.* **2014**, 29, 6339.
21. Rajappa, S. *Tetrahedron* **1981**, 37, 1453.
22. Rajappa, S. *Tetrahedron* **1999**, 55, 7065.
23. Gordon, A. J.; Ford, R. A. *The Chemist's Companion*; New York: Wiley, 1972.
24. Pedireddi, V. R.; Sarma, J. A. R. P.; Desiraju, G. R. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2* **1992**, 311.
25. Shmoylova, Y. Yu.; Kovygin, Y. A.; Ledenyova, I. V.; Prezent, M. A.; Daeva, E. D.; Baranin, S. V.; Shikhaliev, K. S. *Mendeleev Commun.* **2021**, 31, 259.
26. Medvedeva, S. M.; Shikhaliev, K. S.; Krysin, M. Y.; Gotsak, I. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2016**, 52, 309.
27. Eften'eva, R. I.; Kushnir, O. V.; Lyavinets, O. S.; Mangalagiu, I. I.; Vovk, M. V. *Monatsh. Chem.* **2016**, 147, 2127.
28. Kuritsyna, M. A.; Pelipko, V. V.; Kataeva, O. N.; Baichurin, R. I.; Sadikov, K. D.; Smirnov, A. S.; Makarenko, S. V. *Russ. Chem. Bull.* **2021**, 70, 1605.
29. *APEX2. Version 2.1*; Bruker AXS, Inc.: Madison, 2006.
30. *SADABS*; Bruker AXS, Inc.: Madison, 1997.
31. Sheldrick, G. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Adv.* **2015**, A71, 3.
32. Sheldrick, G. *Acta Crystallogr., Sect. C: Struct. Chem.* **2015**, C71, 3.
33. Spek, A. *Acta Crystallogr., Sect. A: Found. Crystallogr.* **1990**, A46, 34.
34. Farrugia, L. *J. Appl. Crystallogr.* **2012**, 45, 849.