НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Т. 13 № 2 С. 29–33 SCIENCE IN THE SOUTH OF RUSSIA 2017 VOL. 13 No 2 P. 29–33

ХИМИЯ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 547.831+539.26+543.429.23 DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-2-29-33

СИНТЕЗ И СТРУКТУРА 2-(6,8-ДИМЕТИЛ-4-ХЛОР-1*H*-ХИНОЛИН-2-ИЛИДЕН)-5-*ТРЕТ*-БУТИЛ-3,3,3а-ТРИМЕТИЛ-3,3а-ДИГИДРОПЕНТАЛЕН-1,6(2*H*,6а*H*)-ДИОНА

© 2017 г. А.А. Колодина¹, Ю.А. Саяпин², В.В. Ткачев³, Е.А. Гусаков¹, Г.В. Шилов³, академик С.М. Алдошин³, академик В.И. Минкин^{1, 2}

Аннотация. Кислотно-катализируемая перегруппировка 2-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2-ил)-5,7-ди(*трет*-бутил)-1,3-трополона приводит к (*R*,*S*)-2-(6,8-диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2*H*,6а*H*)-диону. Методом рентгеноструктурного анализа установлена структура полученного (*R*,*S*)-2-(6,8-диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2*H*,6а*H*)-диона.

Ключевые слова: 2-(хинолин-2-ил)-1,3-трополоны, рентгеноструктурный анализ, перегруппировка Вагнера – Меервейна, [1,3]-перегруппировка.

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF 2-(4-CHLORO-6,8-DIMETHYL-1*H*-QUINOLIN-2-YLIDEN)-5-*TERT*-BUTYL-3,3,3a-TRIMETHYL-3,3a-DIHYDROPENTALEN-1,6(2*H*,6a*H*)-DIONE

A.A. Kolodina¹, Yu.A. Sayapin², V.V. Tkachev³, E.A. Gusakov¹, G.V. Shilov³, Academician RAS S.M. Aldoshin³, Academician RAS V.I. Minkin^{1, 2}

Abstract. Acid-catalyzed rearrangement of 2-(6,8-dimethyl-4-chloroquinolin-2-yl)-5,7-di(*tert*-butyl)-1,3-tropolone results in (R,S)-2-(4-chloro-6,8-dimethyl-1H-quinolin-2-yliden)-5-*tert*-butyl-3,3,3a-trimethyl-3,3a-dihydropentalen-1,6(2H,6aH)-dione. The structure of obtained (R,S)-2-(4-chloro-6,8-dimethyl-1H-quinolin-2-yliden)-5-*tert*-butyl-3,3,3a-trimethyl-3,3a-dihydropentalen-1,6(2H,6aH)-dione was determined by X-ray analysis.

Keywords: 2-(2-quinolyl)-1,3-tropolones, X-ray analysis, Wagner-Meerwein rearrangement, [1,3]-rearrangement.

Высокую биологическую активность тропоноидов обуславливает наличие фармакофорного центра, в основе которого лежит семичленная карбоциклическая система. Вместе с тем разнообразие фармакологических свойств определяется природой и положением функциональных групп в трополоновом кольце [1]. Именно поэтому развитие методов функционализации семичленного цикла 2-гетарилзамещенных 1,3-трополонов является одной из приоритетных задач. Перспективный метод синтеза производных 1,3-трополона основан на реакции 2-метил-содержащих гетероциклов с замещенными 1,2-бензохинонами, приводящий к 2-(хинолин-2-ил)- [2; 3], 2-(хиноксалин-2-ил)- [4], 2-(бензазол-2-ил)- [5] и др. [6–8] 1,3-трополонам.

В настоящей работе мы сообщаем о необычной кислотно-катализируемой перегруппировке 2-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2-ил)-5,7-ди(*трет*-бу-

¹ Научно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета (Research Institute of Physical and Organic Chemistry of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/2, e-mail: minkin@ipoc.sfedu.ru

² Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: sayapin@ipoc.sfedu.ru

³ Институт проблем химической физики Российской академии наук (Institute of Problems of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow Region, Russian Federation), Российская Федерация, 142432, Московская обл., Ногинский р-н, г. Черноголовка, пр. академика Н.Н. Семенова, 1, e-mail: vatka@icp.ac.ru

тил)-1,3-трополона в концентрированной серной кислоте. 1,3-Трополон 1 был получен по методу, описанному в работе [2], и его строение установлено при помощи метода рентгеноструктурного анализа [9]. Отличительной особенностью строения соединения 1 является наличие прочной внутримолекулярной связи протона группы ОН трополонового цикла с атомом азота хинолина, при этом соединение 1 существует в ОН и NH таутомерной форме даже в кристаллическом состоянии [9]. Попытки получить солевую форму по атому азота хинолина с серной, соляной и другими кислотами были неудачными. Соединение 1 полностью растворяется в концентрированной серной кислоте и образует солевую форму катиона трополия 2, однако процесс является обратимым уже при незначительном разбавлении раствора водой (схема 1).

Неожиданный результат был получен при нагревании сернокислого раствора 1,3-трополона 1. Было обнаружено, что продолжительное выдерживание 2-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2-ил)-5,7-ди(*трет*-бутил)-1,3-трополона 1 в концентрированной серной кислоте приводит к образованию неизвестного ранее 2-(6,8-диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2-илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2*H*,6а*H*)-диона 3 (схема 1).

Предположительный механизм образования 2-(6,8-диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2-илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2*H*,6а*H*)-диона **3** можно представить как каскадный процесс, включающий перегруппировку Вагнера – Меервейна и [1,3]-перегруппировку бицикло[3.2.1]октана в производное пенталена (схема 1). Кислотно-катализируемый 1,2-сигматропный сдвиг метильной группы из *трет*-бутильной группы в 5 положении катиона тропилия **2** приводит к образованию производного 1-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2-ил)-7-гидрокси-5,8,8-триметилбицикло[3.2.1]окта-3,6-диен-2-она **A**. Именно структура бицикло[3.2.1]окт-2-она **A**, по нашим предположениям, выгодна для последующей [1,3]-перегруппировки, в результате которой образуется целевой продукт **3** (схема 1).

В условиях проведенной нами реакции [1,3]-перегруппировка протекает в кислой среде и, вероятно, инициируется термическими условиями. Учитывая невысокие выходы соединения **3** (10 %) и выделение исходного трополона **1** после завершения эксперимента, можно предположить, что перегруппировка Вагнера – Меервейна в соединении **1** протекает медленно и является лимитирующей стадией каскадного процесса. Оптимизация условий реакции и детальное квантово-химическое исследование механизма являются предметом дальнейшего исследования.

Структура соединения **3** была установлена при помощи совокупности методов масс-спектрометрии, ИК-спектроскопии, ЯМР ¹H, ¹³C.

Молекулярное строение (R,S)-2-(6,8-диметил-4хлор-1*H*-хинолин-2-илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3атриметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2*H*,6а*H*)-диона **3** было изучено методом рентгеноструктурного анализа и показано на рисунке 1.

Сразу отметим, что хинолиновая часть молекулы имеет характерное для нее строение, (см. работу [10] и библиографию в ней). Расстояние C(2)-C(9) в молекуле равно 1,412(8) Å, что меньше значения 1,462, наблюдаемого в аналогичном фрагменте [11], что в сочетании с расстояниями O(1)-C(1) = 1,265,





Рис. 1. Молекулярное строение (*R*,*S*)-2-(6,8-диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2-илиден)-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3адигидропентален-1,6(2*H*,6a*H*)-диона 3 **Fig. 1.** Molecular structure of (*R*,*S*)-2-(4-chloro-6,8-dimethyl-1*H*-quinolin-2-vliden)-5-*tert*-butyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a-trimethyl-3,3,3a

Fig. 1. Molecular structure of (*R*,*S*)-2-(4-chloro-6,8-dimethyl-1*H*-quinolin-2-yliden)-5-*tert*-butyl-3,3,3a-trimethyl-3,3a-dihydropentalen-1,6(2*H*,6a*H*)-dione 3

C(1)-C(2) = 1,408, C(9)-C(10) =1,432 И C(10)-C(11) = 1,37 Å свидетельствует о сопряжении р-орбиталей в цепочке атомов O(1)-C(1)-C(2)-C(9)-С(10)-С(11) и подтверждается плоским строением фрагмента атомов С(1)–С(2)–С(3)–С(8), лежащих в одной плоскости с хинолиновой частью молекулы. В молекуле реализуется внутримолекулярная водородная связь с параметрами N(1)···H(1) = 0,88(7), $N(1)\cdots O(1) = 2,621(5), H(1)\cdots O(2) = 1,90$ Å, угол $N(1)-H(1)-O(1) = 138(3)^\circ$, что хорошо соответствует параметрам исследованного ранее 2-(5-хлоробензотиазолин-2-ил)-3,4,5,6-тетрахлоро-1,3-трополона 7 [9], в котором аналогичные параметры равны 0,94(4), 2,591(3), H(1)…O(2) = 1,85 Å, угол $N(1)-H(1)-O(2) = 130(3)^{\circ} [12].$

НАУКА ЮГА РОССИИ 2017 Том 13 № 2

Пятичленный цикл C(1)C(2)C(3)C(7)C(8) имеет перегиб по линии, проходящей через атомы C(3) и C(8), равный 151°. Второй пятичленный цикл C(4) C(5)C(6)C(7)C(8) тоже не плоский, и если провести плоскость через атомы C(5), C(7), C(8), то выходы атомов C(4) и C(6) из нее составят 0,25 и 0,35 Å в разные стороны. Добавим, что перегиб по линии атомов C(7)–C(8) между плоскостями через атомы C(5), C(7), C(8) и C(5), C(7), C(8) равен 130°.

Таким образом, получен 2-(6,8-диметил-4-хлорохинолин-2-ил)иден-5-*трет*-бутил-3,3,3а-триметил-3,3а-дигидропентален-1,6(2H,6aH)-дион, структура которого была установлена методами гетероядерной двумерной спектроскопии ЯМР и рентгеноструктурным анализом. Механизм кислотно-катализируемой каскадной реакции изомеризации 2-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2-ил)-5,7-ди(*трет*-бутил)-1,3-трополона может включать перегруппировку Вагнера – Меервейна и [1,3]-перегруппировку бицикло[3.2.1]октана в производное пенталена.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР 1Н, 13С регистрировали на спектрометре «Bruker AVANCE 600». Отнесение сигналов производилось относительно остаточных сигналов ¹Н соответствующих дейтерорастворителей. Инфракрасные спектры образцов были сняты на приборе «Varian 3100FT-IR Excalibur Series» с использованием метода нарушенного полного внутреннего отражения. Масс-спектры получены на масс-спектрометре «Finnigan MAT INCOS 50». Хроматографирование проводили на колонках с наполнителем Al₂O₂ II-III степени активности по Брокману. Температуры плавления измеряли на приборе Фишера – Джонса. Спектры ИК и ЯМР регистрировали на оборудовании Центра коллективного пользования Южного федерального университета «Молекулярная спектроскопия».

Рентгеноструктурное исследование. Монокристаллы соединения получены кристаллизацией из пропанола-2. Параметры элементарной ячейки кристалла и трехмерный набор интенсивностей получены при температуре 150 К на автодифрактометре «Xcalibur Eos» (МоК -излуграфитовый монохроматор). Монокричение. сталлы $C_{26}H_{20}CINO_{2}$, M = 423,96 – моноклинные: a = 7,2496(3), b = 15,0064(6), c = 20,7670(7) Å,b = 97,80(36)°. V = 2238,3(1), Z = 4, r(выч.) = 1,258 г/ см³, m(MoK₂) = 0,19 мм⁻¹, пр. гр. Р21/с. Интенсивности 19967 рефлексов измерены в интервале углов (2q £ 68,14) методом w-сканирования с монокристалла с размерами 0,24 × 0,07 × 0,06 мм, из которых 9197 независимы. Структура расшифрована прямым методом и уточнена полноматричным методом наименьших квадратов (МНК) по F^2 по программе SHELXTL в анизотропном приближении для неводородных атомов. Координаты атомов и сопутствующая структурная информация может быть получена по адресу vatka@icp.ac.ru.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Zhao J. 2007. Plant troponoids: chemistry, biological activity, and biosynthesis. *Curr. Med. Chem.* 14(24): 2597–2621. doi: 10.2174/092986707782023253
- Минкин В.И., Алдошин С.М., Комиссаров В.Н., Дороган И.В., Саяпин Ю.А., Ткачев В.В., Стариков А.Г. 2006. Новый метод синтеза β-трополонов: строение продуктов реакции конденсации о-хинонов с 2-метилхинолинами и

5,7-Ди(*трет*-бутил)-2-(**6,8-**диметил-4-хлорохинолин-2-ил)-1,3-трополон (1) получен по методу, описанному в работе [2].

(R,S)-2-(6,8-Диметил-4-хлор-1*H*-хинолин-2илиден)-5-трет-бутил-3.3.3а-триметил-3.3а-дигидропентален-1,6(2Н,6аН)-дион (3). Растворяли 1,27 г (3,2 ммоль) 5,7-ди(трет-бутил)-2-(6,8-диметил-4-хлорохинолин-2-ил)-1,3-трополона (1) в 20 мл концентрированной серной кислоты. Раствор выдерживали 7 дней при 110 °С. Смесь выливали на 100 г льда и нейтрализовали раствором NaOH (40 %) до рН 7. Раствор экстрагировали хлористым метиленом (3 раза × 100 мл). Метиленовый раствор промывали водой (2 раза × 100 мл). Высушивали раствор безводным Na₂SO₄ и отгоняли основную часть хлористого метилена. Остаток пропускали через хроматографическую колонку с Al₂O₂ (элюент – петролейный эфир 40-70 : хлористый метилен = 1 : 1). Собирали желто-оранжевую фракцию с R₂=0,2. Получали 0,14 г соединения **3**. Выход 10 %. Желтые кристаллы с т. пл. 200–201 °С (2-пропанол). ИК-спектр (v): 3118, 1709, 1620, 1606, 1592, 1570, 1526, 1470, 1446, 1431, 1396, 1371, 1362, 1345, 1319, 1298, 1280, 1267, 1236, 1215, 1166, 1157, 1140, 1109, 1089, 1069, 1048, 1039, 1006, 970, 952, 897, 883, 856, 823, 752 см⁻¹. Спектр ЯМР ¹Н (CDCl., δ, м. д., *J*/Гц): 1,16 (c, 9H, Bu^t), 1,22 (c, 3H, Me), 1,29 (c, 3H, Me), 1,51 (c, 3H, Me), 2,40 (c, 3H, Me), 2,53 (c, 3H, Me), 3,20 (c, 1H, H(6a)), 7,19 (c, 1H, H(4)), 7,22 (c, 1H, H_A), 7,25 (c, 1H, H_A), 7,54 (c, 1H, H_{Ar}), 15,63 (c, 1H, NH). Спектр ЯМР¹⁵С (CDCl₃, δ, м. д.): 17,5, 20,0, 21,2, 24,2, 27,4, 28,4 (3C, C(CH₂)), 31,7, 43,7, 50,9, 69,0, 107,0, 116,7, 120,7, 121,8, 126,2, 133,3, 134,6, 136,3, 142,4, 149,1, 150,2, 160,4, 188,4, 203,5. Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), *m/z* (*I*, %): 423 (70) [M⁺], 408 (95), 380 (13), 272 (72), 260 (20), 245 (100), 230 (24), 210 (65), 205 (23), 191 (30), 135 (20), 122 (43), 107 (45), 91 (30), 77 (18), 57 (52). Найдено (%): С, 73,42; H, 6,84; N, 3,10. С₂₆H₃₀CINO₂. Вычислено (%): С, 73,66; H, 7,08; Cl, 8,36; N, 3,30; O, 7,55.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН 1.8 П «Разработка методов получения химических веществ и создания новых материалов», РФФИ (грант № 17-53-540003_Вьет_а), гранта для поддержки ведущих научных школ НШ-8201.2016.3.

механизм их образования. Известия Академии наук. Серия химическая. 11: 1956–1977.

 Sayapin Yu.A., Bang Nghia Duong, Komissarov V.N., Dorogan I.V., Makarova N.I., Bondareva I.O., Tkachev V.V., Shilov G.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2010. Synthesis, structure and photoisomerization of derivatives of 2-(2-quinolyl)-1,3-tropolones prepared by the condensation of 2-methylquinolines with 3,4,5,6-tetrachloro-1,2-benzoquinone. *Tetrahedron*. 66(45): 8763–8771. doi: 10.1016/j.tet.2010.08.077

- Sayapin Yu.A., Komissarov V.N., Duong Nghia Bang, Dorogan I.V., Minkin V.I., Tkachev V.V., Shilov G.V., Aldoshin S.M., Charushin V.N. 2008. Synthesis of 2-(quinoxalinyl)-1,3-tropolones. *Mendeleev Commun.* 18: 180–182. doi: 10.1016/j.mencom.2008.07.002
- Sayapin Yu.A., Tupaeva I.O., Kolodina A.A., Gusakov E.A., Komissarov V.N., Dorogan I.V., Makarova N.I., Metelitsa A.V., Tkachev V.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2015. 2-Hetaryl-1,3-tropolones based on five-membered nitrogen heterocycles: synthesis, structure and properties. *Beilstein J. Org. Chem.* 11: 2179–2188. doi: 10.3762/bjoc.11.236
- Саяпин Ю.А., Гусаков Е.А., Дороган И.В., Тупаева И.О., Теймуразов М.Г., Фурсова Н.К., Овчинников К.В., Минкин В.И. 2016. Новый 2-(4H-1,3-бензоксазин-4-он-2-ил)-1,3-трополон: синтез, структура и антибактериальные свойства. Биоорганическая химия. 42(2): 247–252.
- Саяпин Ю.А., Гусаков Е.А., Колодина А.А., Комиссаров В.Н., Дороган И.В., Ткачев В.В., Шилов Г.В., Носова Э.В., Алдошин С.М., Чарушин В.Н., Минкин В.И. 2014. Синтез и строение 2-(4'(3H)-хиназолинон-2'-ил)-1,3-трополона. Известия Академии наук. Серия химическая. 6: 1364–1372.
- Зыонг Нгиа Банг, Саяпин Ю.А., Хоанг Лам, Нгуен Данг Дык, Комиссаров В.Н. 2015. Синтез и цитотоксическая активность производных [бензо[2,3][1,4]оксазепино[7,6,5-de] хинолинил]-1,3-трополонов. Химия гетероциклических соединений. 51(3): 291–294.
- Ткачев В.В., Саяпин Ю.А., Шилов Г.В., Комиссаров В.Н., Алдошин С.М., Минкин В.И. 2016. Молекулярная структура 5,7-ди(трет-бутил)-2-(6,8-диметил-4-хлорхинолин-2ил)-3-гидрокситропона с двумя таутомерными формами. *Журнал структурной химии*. 57(3): 652–654. doi: 10.15372/ JSC20160323
- Саяпин Ю.А., Гусаков Е.А., Зыонг Нгиа Банг, Тупаева И.О., Комиссаров В.Н., Дороган И.В., Ткачев В.В., Алдошин С.М., Минкин В.И. 2013. Синтез и структура 2-хинолин-2-ил-3-ариламинотропонов. Известия Академии наук. Серия химическая. 2: 480–490.
- Ткачев В.В., Саяпин Ю.А., Шилов Г.В., Утенышев А.Н., Боженко К.В., Комиссаров В.Н., Алдошин С.М., Минкин В.И. 2015. Молекулярные структуры новых 2-(хинолин-2-ил)-1,3-трополонов. *Журнал структурной химии*. 56(6): 1208–1213. doi: 10.15372/JSC20150620
- Бондарева И.О., Саяпин Ю.А., Комиссаров В.Н., Ткачев В.В., Шилов Г.В., Алдошин С.М., Минкин В.И. 2011. Новые 2-(бензотиазолин-2-ил)-1,3-трополоны на основе 3,4,5,6-тетрахлоро-1,2-бензохинона. Известия Академии наук. Серия химическая. 7: 1362–1364.

REFERENCES

- Zhao J. 2007. Plant troponoids: chemistry, biological activity, and biosynthesis. *Curr. Med. Chem.* 14(24): 2597–2621. doi: 10.2174/092986707782023253
- Minkin V.I., Aldoshin S.M., Komissarov V.N., Dorogan I.V., Sayapin Yu.A., Tkachev V.V., Starikov A.G. 2006. New method for the synthesis of β-tropolones: Structures of condensation

products of *o*-quinones with 2-methylquinolines and the mechanism of their formation. *Russ. Chem. Bull.* 55(11): 2032–2055. doi: 10.1007/s11172-006-0547-x

- Sayapin Yu.A., Bang Nghia Duong, Komissarov V.N., Dorogan I.V., Makarova N.I., Bondareva I.O., Tkachev V.V., Shilov G.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2010. Synthesis, structure and photoisomerization of derivatives of 2-(2-quinolyl)-1,3-tropolones prepared by the condensation of 2-methylquinolines with 3,4,5,6-tetrachloro-1,2-benzoquinone. *Tetrahedron*. 66(45): 8763–8771. doi: 10.1016/j.tet.2010.08.077
- Sayapin Yu.A., Komissarov V.N., Duong Nghia Bang, Dorogan I.V., Minkin V.I., Tkachev V.V., Shilov G.V., Aldoshin S.M., Charushin V.N. 2008. Synthesis of 2-(quinoxalinyl)-1,3-tropolones. *Mendeleev Commun.* 18: 180–182. doi: 10.1016/j.mencom.2008.07.002
- Sayapin Yu.A., Tupaeva I.O., Kolodina A.A., Gusakov E.A., Komissarov V.N., Dorogan I.V., Makarova N.I., Metelitsa A.V., Tkachev V.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2015. 2-Hetaryl-1,3-tropolones based on five-membered nitrogen heterocycles: synthesis, structure and properties. *Beilstein J. Org. Chem.* 11: 2179–2188. doi: 10.3762/bjoc.11.236
- Sayapin Yu.A., Gusakov E.A., Dorogan I.V., Tupaeva I.O., Teimurazov M.G., Fursova N.K., Ovchinnikov K.V., Minkin V.I. 2016. A new 2-(4H-1,3-benzoxazin-4-on-2-yl)-1,3tropolone: Synthesis, structure, and antibacterial properties. *Russ. J. Bioorg. Chem.* 42(2): 224–228. doi: 10.1134/ S1068162016020114
- Sayapin Yu.A., Gusakov E.A., Kolodina A.A., Komissarov V.N., Dorogan I.V., Tkachev V.V., Shilov G.V., Nosova E.V., Aldoshin S.M., Charushin V.N., Minkin V.I. 2014. Synthesis and structure of 2-(4'-oxo-3H-quinazolin-2'-yl)-1,3-tropolone. *Russ. Chem. Bull.* 63(6): 1364–1372. doi: 10.1007/s11172-014-0604-9
- Duong Nghia Bang, Sayapin Yu.A., Hoang Lam, Nguyen Dang Duc, Komissarov V.N. 2015. Synthesis and cytotoxic activity of [benzo[b][1,4]oxazepino[7,6,5-de]quinolin-2-yl]-1,3tropolones. Chem. Heterocycl. Compd. 51(3): 291–294. doi: 10.1007/s10593-015-1697-2
- Tkachev V.V., Sayapin Yu.A., Shilov G.V., Komissarov V.N., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2016. Molecular structure of 5,7-di(tert-butyl)-2-(6,8-dimethyl-4-chloroquinoline-2-yl)-3hydroxytropone with two tautomeric forms. *J. Struct. Chem.* 57(3): 622–624. doi: 10.1134/S0022476616030239
- Sayapin Yu.A., Gusakov E.A., Bang Nghia Zuong, Tupaeva I.O., Komissarov V.N., Dorogan I.V., Tkachev V.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2013. Synthesis and structure of 3-arylamino-2-(quinolin-2-yl)tropones. *Russ. Chem. Bull.* 62(2): 480–491. doi: 10.1007/s11172-013-0067-4
- Tkachev V.V., Sayapin Yu.A., Shilov G.V., Utenyshev A.N., Bozhenko K.V., Komissarov V.N., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2015. Molecular structures of new 2-(quinoline-2-yl)-1,3tropolones. J. Struct. Chem. 56(6): 1154–1159. doi: 10.1134/ S0022476615060207
- Bondareva I.O., Sayapin Yu.A., Komissarov V.N., Tkachev V.V., Shilov G.V., Aldoshin S.M., Minkin V.I. 2011. New 2-(benzothiazol-2-yl)-1,3-tropolones derived from 3,4,5,6-tetrachloro-1,2-benzoquinone. *Russ. Chem. Bull.* 60(7): 1384–1386. doi: 10.1007/s11172-011-0207-7

Поступила 10.02.2017