

КОНДЕНСАЦИЯ А-ХЛОРЕФИРОВ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ C₃-СПИРТОВ С ТИОАЦЕТАМИДОМ И ТИОМОЧЕВИНАМИ**Г.М. Талыбов¹, Н.А. Ширинова¹, Ф.В. Юсубов¹, Г.Р. Гурбанов², А.З. Залов³**

¹Азербайджанский Технический Университет, пр. Г. Джавида, 25, Баку, Азербайджан, AZ 1073
E-mail: gtalibov61@gmail.com, Shirinova_1963@mail.ru, yusfax@mail.ru

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, пр. Азадлыг 20, Баку, Азербайджан, AZ 1010
E-mail: ebikib@mail.ru

³Азербайджанский Государственный Педагогический Университет, уз. Гаджибекова, 68, Баку, Азербайджан, AZ 1000
E-mail: zalov1966@mail.ru

Предложена синтез гетероциклических соединений по реакции Ганча. Синтез включает получение имидотиоатов. Для получения последних с высокими выходами неизвестных ранее имидотиоатов – перспективных промежуточных продуктов проводилась реакция 1-(хлорметокси)-2-пропена и 1-(хлорметокси)-2-пропина с тиаоацетамидом, тиомочевинной и N-фенилтиомочевинной. Таким образом, разработаны эффективные региоселективные методы синтеза новых тип соединений взаимодействием α-хлоральдегидов и кетонов с тиаамидами и тиомочевинами можно синтезировать производных тиазола. Если приостановить реакцию на стадии образования промежуточных имидотиоатов и изотиомочевин, получается продукт алкилования исходных соединений по атому серы. В метанольном растворе при комнатной температуре взаимодействием 1-(хлорметокси)-2-пропена и 1-(хлорметокси)-2-пропина с тиаоацетамидом, тиомочевинной и ее N-фенильным производным приводит к образованию целевых имидотиоатов с выходами до 62,5%. Таким образом, исследован типичный синтез соединений, полученных с взаимодействием N-фенилтиомочевинной проходит при кипячении исходных компонентов в сухом ацетоне в течение 1 ч с добавлением каталитических количеств MgSO₄, последующим подщелачиванием водным раствором NaOH и очисткой целевых продуктов проводились с использованием метода колоночной хроматографии. В зависимости выходы полученных серий соединений зависят от строения полученных продуктов. пропаргиловых представителей – [(проп-2-ин-1-ил)окси]-этанамидотиоат, [(проп-2-ин-1-ил)окси]метилкарбамидотиоат, [(проп-2-ин-1-ил)окси]-метил-N-фенилкарбамидотиоата выше, чем аллильных аналогов – [(проп-2-ен-1-ил)окси]-этанамидотиоат, [(проп-2-ен-1-ил)окси]метилкарбамидотионат, [(проп-2-ен-1-ил)окси]-метил-N-фенилкарбамидотиоатов. У синтезированных соединений имеют повышенную реакционную способность, а также богаты нуклеофильными центрами. Полученные таким образом соединения устойчивы, не подвергаются гидролизу. Состав и структура синтезированных соединений подтверждены данными элементного анализа, а также данными ИК и ЯМР спектроскопии.

Ключевые слова: непредельные α-хлорэфиры, имидотиоаты, изотио-мочевины

CONDENSATION OF α-CHLOROETHERS OF UNSATURATED C₃-ALCOHOLS WITH THIOACETAMIDE AND THIOUREAS**G.M. Talybov¹, N.A. Shirinova¹, F.V. Yusubov¹, G.R. Gurbanov², A.Z. Zalov³**

¹Azerbaijan Technical University, G. Javid ave., 25, Baku, Azerbaijan, AZ 1073
E-mail: gtalibov61@gmail.com, Shirinova_1963@mail.ru, yusfax@mail.ru

²Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azadlig ave. 20, Baku, Azerbaijan, AZ 1010
E-mail: ebikib@mail.ru

³Azerbaijan State Pedagogical University, st. Uz. Hajibeyov, 68, Baku, Azerbaijan, AZ 1000
E-mail: zalov1966@mail.ru

The synthesis of heterocyclic compounds by the Hantzsch reaction has been proposed. The synthesis includes the preparation of imidothioates. To obtain the latter with high yields of previously unknown imidothioates, which are promising intermediates, 1-(chloromethoxy)-2-propene and 1-(chloromethoxy)-2-propyne were reacted with thioacetamide, thiourea, and N-phenylthiourea. Thus, effective regioselective methods for the synthesis of new types of compounds have been developed. The interaction of α -chloroaldehydes and ketones with thioamides and thioureas can be used to synthesize thiazole derivatives. If the reaction is stopped at the stage of formation of intermediate imidothioates and isothioureas, the product of alkylation of the starting compounds at the sulfur atom is obtained. In a methanol solution at room temperature, the reaction of 1-(chloromethoxy)-2-propene and 1-(chloromethoxy)-2-propyne with thioacetamide, thiourea, and its N-phenyl derivative leads to the formation of target imidothioates in yields up to 62.5%. Thus, the studied typical synthesis of compounds obtained with the interaction of N-phenylthiourea proceeds by refluxing the starting components in dry acetone for 1 h with the addition of catalytic amounts of $MgSO_4$, followed by alkalization with an aqueous solution of NaOH, and purification of the target products was carried out using the method of column chromatography. Depending on the yields of the obtained series of compounds, envy on the structure of the obtained products. propargyl representatives - [(prop-2-yn-1-yl)oxy]-ethanimidothioate, [(prop-2-yn-1-yl)oxy]methylcarbamidothioate, [(prop-2-yn-1-yl) hydroxy]-methyl-N-phenylcarbamidothioate is higher than allyl analogues - [(prop-2-en-1-yl)oxy]-ethanimidothioate, [(prop-2-en-1-yl)oxy]methylcarbamidothioate, [(prop-2-en-1-yl)oxy]-methyl-N-phenylcarbamidothioates. The synthesized compounds have an increased reactivity and are also rich in nucleophilic centers. The compounds thus obtained are stable and do not undergo hydrolysis. The composition and structure of the synthesized compounds were confirmed by elemental analysis data, as well as IR and NMR spectroscopy data.

Key words: unsaturated α -chloroethers, imidothioates, isothioureas

Для цитирования:

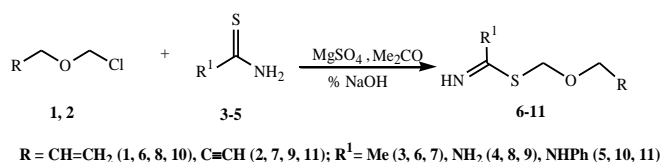
Талыбов Г.М., Ширинова Н.А., Юсубов Ф.В., Гурбанов Г.Р., Залов А.З. Конденсация α -хлорэфиров непредельных C_3 -спиртов с тиаоацетамидом и тиомочевинами. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 46–50. DOI: 10.6060/rcj.2022662.8.

For citation:

Talybov G.M., Shirinova N.A., Yusubov F.V., Gurbanov G.R., Zalov A.Z. Condensation of α -chloroethers of unsaturated C_3 -alcohols with thioacetamide and thioureas. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 46–50. DOI: 10.6060/rcj.2022662.8.

Органические соединения, содержащие в своем составе атома серы, азота и кислорода обладают высокой биологической активностью [1, 2]. Такие соединения нашли широкое применение в фармацевтике и материаловедении [3–5]. Среди имидотиоатов обнаружены вещества, обладающие противоопухолевой активностью [6], а также ингибиторы фермента алкогольдегидрогеназы – перспективные средства для лечения отравлений алифатическими спиртами [7, 8].

Взаимодействие α -хлоральдегидов и кетон с тиаамидами и тиомочевинами – реакция Ганча – служит методом синтеза производных тиазола [8]. В некоторых случаях реакцию можно остановить на стадии образования промежуточных имидотиоатов и изотиомочевин, отвечающих первоначальному алкилированию исходных соединений по атому серы. В литературе отсутствуют данные об использовании в этой реакции α -хлорэфиров как компонентов, содержащих активный атом водорода.



Нами впервые исследована реакция 1-(хлорметокси)-2-пропена **1** и 1-(хлорметокси)-2-пропина **2** с тиаоацетамидом **3**, тиомочевинной **4** и ее N-фенильным производным **5**. Обнаружено, что указанная реакция протекает при смешивании эквимолярных количеств исходных соединений в метанольном растворе при комнатной температуре и приводит к образованию целевых имидотиоатов **6-11** с выходами до 62.5 %.

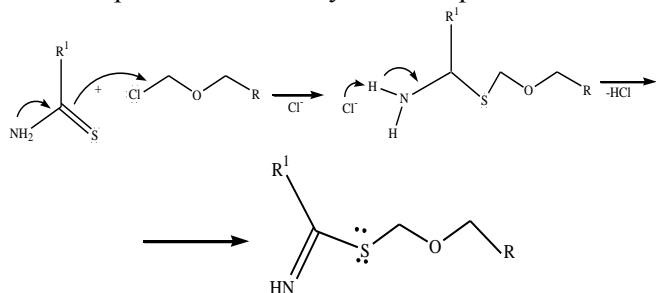
Синтез имидотиоатов **6-11** подтверждается спектральными методами и данными элементарным анализом. В ИК-спектрах полученных соединений **6-11** имеются характеристические полосы поглощения валентных колебаний связи $C=N$ при 1689–1591 cm^{-1} и связи $C-S$ при 683–653 cm^{-1} , а в спектрах

^1H ЯМР спектрах синглетные сигналы NH-протонов при 10,12-10,44 м. д.

В спектрах ^{13}C ЯМР соединений **6-11** обнаружено значительное сильнополюсное смещение сигнала атома углерода связи C–S (160 м.д.) по сравнению с сигналами атомов углерода связи C=S исходных соединений – тиаоацетамида (200 м. д.) и тиомочевина (175 м.д.).

Типичный синтез соединений **6-11** проходит при кипячении исходных компонентов в сухом ацетоне в течение 1 ч с добавлением каталитических количеств MgSO_4 , последующим подщелачиванием водным раствором NaOH и очисткой целевых продуктов с использованием метода колоночной хроматографии. В результате получены: [(проп-2-ин-1-ил)окси]-этанимидотиоат **7**, [(проп-2-ин-1-ил)окси]метилкарбамидотиоат **9**, [(проп-2-ин-1-ил)окси]-метил-N-фенилкарбамидотиоат **11** выше, чем аллильных аналогов – [(проп-2-ен-1-ил)окси]-этанимидотиоат **6**, [(проп-2-ен-1-ил)окси]метилкарбамидотиоат **8**, [(проп-2-ен-1-ил)окси]-метил-N-фенилкарбамидотиоат **10**.

Механизм образования имидотиоатов **6-11** можно представить следующим образом.



Все синтезированных соединений **6-11** представляют собой прозрачные жидкости темно-желтого цвета, хорошо растворимые в органических растворителях и нерастворимые в воде.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры соединений в тонком слое сняты на приборе Spexord 75 IR. Спектры ^1H и ^{13}C ЯМР веществ в CDCl_3 записаны на приборе Bruker SF-300 [300.13 (1H), 75(^{13}C) МГц], внутренний стандарт-ГМДС. Элементный анализ на атомы С, Н и N проводили на элементном анализаторе Carlo Erba 1106. Хроматографическое разделение проводили на стеклянной колонке (l = 20 см, d = 2 см), заполненной силикагелем марки L 100/160. Элюент: гексан – этилацетат в соотношении 9:1.

[(Проп-2-ен-1-ил)окси]этанимидотиоат (**6**).

К раствору 10,6 г (0,1 ммоль) хлорметилаллилового эфира в 15 мл ацетона в течение 15 мин добавляли 1 г MgSO_4 и 2,55 г (0,1 моль) тиаоацетамид в 15 мл

ацетоне и доводили до кипения. Через 1 ч смесь охлаждали и добавляли 50 мл 10 %-ого водного раствора NaOH, органический слой очищали методом колоночной хроматографии. Выход: 0,86 г (62,3%). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1689 (C=N), 670 (C-S), 844, 1270, 1346, 1640, 3010, 3080. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 1,68 с (3H, Me), 4,08 д.д (2H, =CCH₂O, 4J 1,66, 3J 5,67 Гц), 4,67 с (2H, OCH₂S), 5,22 д.д.д (2H, =CH₂, $^{\text{цис}}J$ 10,37, $^2J=^4J=1,66$ Гц), 5,81 д.д.т (1H, CH=, $^{\text{цис}}J$ 10,37, $^{\text{транс}}J$ 17,1 Гц), 10,12 с (1H, =NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 21,4 (Me), 98,2 (OCH₂S), 108 (C=), 72,32 (=C-CH₂O), 117,67 (H₂C=), 161,51 (C=S). Найдено, %: С 49,68, Н 7,58, N 9,68. $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NOS}$. Вычислено, %: С 49,62, Н 7,63, N 9,64.

[(Проп-2-ин-1-ил)окси]этанимидотиоат

(**7**). Получен аналогично соединению (**1**). Выход: 0,135 г (62,5%). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1641 (C=N), 677 (C-S), 3298, 2109. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 1,65 с (3H, Me), 2,48 т (1H, $\equiv\text{CH}$, 4J 2 Гц), 4,07 д (2H, $\equiv\text{CCH}_2\text{O}$, 4J 2 Гц), 4,66 с (2H, OCH₂S), 10,21 с (1H, =NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 18,61 (Me), 98,23 (OCH₂S), 56,52 ($\equiv\text{C-CH}_2\text{O}$), 68,86 ($\equiv\text{CH}$), 79,24 ($\equiv\text{C-CH}_2\text{O}$), 160,42 (C=S). Найдено, %: С 50,52, Н 6,13, N 9,48. $\text{C}_6\text{H}_9\text{NOS}$. Вычислено, %: С 50,32, Н 6,33, N 9,78.

[(Проп-2-ен-1-ил)окси]метилкарбамидотиоат (**8**).

Получен аналогично соединению (**1**). Выход: 0,135 г (60,1%). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1687 (C=N), 683 (C-S), 850, 1268, 1359, 1635, 3018, 3085. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 3,71 с (2H, NH₂), 4,65 с (2H, OCH₂S), 4,07 д.д (2H, =CCH₂O, 4J 1,66, 3J 5,67 Гц), 5,19 д.д.д (2H, =CH₂, $^{\text{цис}}J$ 10,37, $^2J=^4J=1,66$ Гц), 5,83 д.д.т (1H, CH=, $^{\text{цис}}J$ 10,37, $^{\text{транс}}J$ 17,1 Гц), 10,43 с (1H, =NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 98,22 (OCH₂S), 72,32 (=C-CH₂O), 108,47 (C=), 117,67 (H₂C=), 160,84 (C=S). Найдено, %: С 45,41, Н 7,52, N 10,45, S. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{NOS}$. Вычислено, %: С 45,42, Н 7,62, N 10,59.

[(Проп-2-ин-1-ил)окси]метилкарбамидотиоат (**9**).

Получен аналогично как соединения (**1**) исходя из 0,053 г (0,25 ммоль) хлорметилпропаргилового эфира и 1,6 г (0,1 ммоль) тиомочевина. Смесь перемешивали еще 12 ч. Выход 0,135 г (67,3%). ИК спектр, ν , cm^{-1} : 1591 (C=N), 671 (C-S), 3310, 2100 Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 2,51 т (1H, $\equiv\text{CH}$, 4J 2 Гц), 3,59 с (2H, NH₂), 4,11 д (2H, $\equiv\text{CCH}_2\text{O}$, 4J 2 Гц), 4,67 с (2H, OCH₂S), 10,32 с (1H, =NH). Спектр ^{13}C ЯМР, δ , м. д.: 98,21 (OCH₂S), 56,45 ($\equiv\text{C-CH}_2\text{O}$), 68,62 ($\equiv\text{CH}$), 90,14 ($\equiv\text{C-CH}_2\text{O}$), 161,80 (C=S). Найдено, %: С 46,19, Н 6,18, N 10,76. $\text{C}_5\text{H}_8\text{NOS}$. Вычислено, %: С 46,13, Н 6,19, N 10,76.

[(Проп-2-ен-1-ил)окси]метил-N-фенил-карбамидотиоат (10). Получен аналогично соединению (1) исходя из 0,053 г (0,25 ммоль) хлорметилаллилового эфира и 1,6 г (0,1 ммоль) фенилтиокарбамида. Выход: 0,135 г (62,3%). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1685 (C=N), 653 (C-S), 710, 760, 990, 1480, 1620, 3028, 3062, 3076 (C_6H_5). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 4,03 д.д (2H, =CCH₂O, 4J 1,66, 3J 5,67 Гц), 4,67 с (2H, OCH₂S), 5,21 д.д.д (2H, =CH₂, $^{\text{cis}}J$ 10,37, $^2J=^4J=1.66$ Гц), 5,83 д.д.т (1H, CH=, $^{\text{cis}}J$ 10,37, $^{\text{trans}}J$ 17,1 Гц), 7,12-7,48 м (5H, Ph), 9,71 с (1H, NH), 10,35 с (1H, =NH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 98,2 (OCH₂S), 72,32 (=C-CH₂O), 108 (C=), 117,67 (H₂C=), 134,63 (-HC=), 126,0 (2CH_{аром}), 126,8 (CH_{аром}), 126,9 (2CH_{аром}), 129,9 (CH_{аром}), 160,82 (C=S). Найдено, %: C 63,41; H 6,74; N 6,68. C₁₁H₁₄NOS. Вычислено, %: C 63,43; H 6,77; N 6,72.

[(Проп-2-ин-1-ил)окси]метил-N-фенил-карбамидотиоат (11). Получен аналогично соеди-

нению (1) исходя из 0,053 г (0,25 ммоль) хлорметилпропаргилового эфира и 1,6 г (0,1 ммоль) фенилтиокарбамида. Выход: 0,135 г (64,3%). ИК спектр, ν , см^{-1} : 1649 (C=N), 670 (C-S), 700, 770, 985, 1490, 1600, 3030, 3065, 3085 (C_6H_5), 3315, 2109. Спектр ^1H ЯМР, δ , м. д.: 2,47 т (1H, =CH, 4J 2 Гц), 4,09 д (2H, =CCH₂O, 4J 2 Гц), 4,66 с (2H, OCH₂S), 7,21-7,58 м (5H, Ph), 9,71 с (1H, NH), 10,44 с (1H, =NH). Спектр ^{13}C ЯМР, δ , м. д.: 98,23 (OCH₂S), 56,58 (=C-CH₂O), 68,21 (=CH), 78,54 (=C-CH₂O), 108,02 (C=), 126,08 (2CH_{аром}), 126,83 (CH_{аром}), 126,91 (2CH_{аром}), 129,97 (CH_{аром}), 160,11 (C=S). Найдено, %: C 64,11; H 5,81; N 6,72. C₁₁H₁₂NOS. Вычислено, %: C 64,05; H 5,86; N 6,79.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахимова Е.Б., Васильева И.В., Халилов Л.М., Ибрагимов А.Г., Джемилев У.М. ЖОрХ. 2011. 47. 9. 1283–1287.
2. Guodong Zhang, Kirk L. Parkin. J. of Agricul. and Food Chem. 2013. 61. 8. P. 1896–1903.
3. John A. Robinson. Acc. of Chem. Rese. 2008. 41. 10. P. 1278–1288.
4. Xiaoying Jiang, Tao Zhou, Renren Bai, Yuanyuan Xie. J. Med. Chem. 2020. 63. 23. P. 14470–14501.
5. Sergio A. Caldarelli, Matthieu Hamel, Jean-Frédéric Duckert, Mahama Ouattara, Michèle Calas, Marjorie Maynadier, Sharon Wein, Christian Périgaud, Alain Pellet, Henri J. Vial, Suzanne Peyrottes. J. Med. Chem. 2012. 55. 10. P. 4619–4628.
6. Cilibrasi V., Tsang K., Morelli M., Solfa Francesca, Wiggins H. L., Jones A. T., Westwell A. D. Tetrahed. Let. 2015. 56. P. 2583–2585.
7. Jha M., Edmunds M., Lund K.I. Ryan A. Tetrahed. Let. 2014. 55. P. 5691–5694.
8. Zhao N., Qiu L., Wang X., An Z., Wan X. Tetrahed. Let. 2014. 55. P. 1040–1044.
9. Wiggins H.L., Wymant J.M., Solfa, F., Hiscox S.E., Taylor K.M., Westwell A.D., Jones A.T. Biochem. Pharmacol. 2015. 93. P. 332v342.
10. Phillip A. Hopes, Alexandra J. Parker, Ian Patel. Organic Process Research & Development. 2006. 10. 4. P. 808–813.
11. Qiang Sun, Guoqiang Liu, Haibo Wu, Haodong Xue, Yuan Zhao, Zilin Wan, Yen Wei, Zhiming Wang, Lei Tao. ACS Macro Letters. 2017. 6. 5. P. 550–555.
12. Wenke Li, Gregory S. Wayne, John E. Lallaman, Sou-Jen Chang, Steven J. Wittenberger. The J. of Org. Chem. 2006. 71. 4. P. 1725–1727.
13. Christopher G. Evans, Jason E. Gestwicki. Org. Let. 2009. 11. 14. P. 2957–2959.
14. Brahemi G., Kona F.R., Fiasella A., Buac D., Soukupová J., Brancale A., Burger, A. M., Westwell A.D. J. Med. Chem. 2010. 53. P. 2757–2765.

REFERENCES

1. Rakhimova E.B., Vasileva I.V., Khalilov L.M., Ibragimov A.G., Dzhemilev U.M. Russ. J. Org. Chem. 2011. 47. 9. P. 1283–1287. (in Russian).
2. Guodong Zhang, Kirk L. Parkin. J. of Agricul. and Food Chem. 2013. 61. 8. P. 1896–1903.
3. John A. Robinson. Acc. of Chem. Rese. 2008. 41. 10. P. 1278–1288.
4. Xiaoying Jiang, Tao Zhou, Renren Bai, Yuanyuan Xie. J. Med. Chem. 2020. 63. 23. P. 14470–14501.
5. Sergio A. Caldarelli, Matthieu Hamel, Jean-Frédéric Duckert, Mahama Ouattara, Michèle Calas, Marjorie Maynadier, Sharon Wein, Christian Périgaud, Alain Pellet, Henri J. Vial, Suzanne Peyrottes. J. Med. Chem. 2012. 55. 10. P. 4619–4628.
6. Cilibrasi V., Tsang K., Morelli M., Solfa Francesca, Wiggins H. L., Jones A. T., Westwell A. D. Tetrahed. Let. 2015. 56. P. 2583–2585.
7. Jha M., Edmunds M., Lund K. I. Ryan A. Tetrahed. Let. 2014. 55. P. 5691–5694.
8. Zhao N., Qiu L., Wang X., An Z., Wan X. Tetrahed. Let. 2014. 55. P. 1040–1044.
9. Wiggins, H. L., Wymant, J. M., Solfa, F., Hiscox, S.E., Taylor, K M., Westwell, A.D., Jones, A.T. Biochem. Pharmacol. 2015. 93. P. 332v342.
10. Phillip A. Hopes, Alexandra J. Parker, Ian Patel. Organic Process Research & Development. 2006. 10. 4. P. 808–813.
11. Qiang Sun, Guoqiang Liu, Haibo Wu, Haodong Xue, Yuan Zhao, Zilin Wan, Yen Wei, Zhiming Wang, Lei Tao. ACS Macro Letters. 2017. 6. 5. P. 550–555.
12. Wenke Li, Gregory S. Wayne, John E. Lallaman, Sou-Jen Chang, Steven J. Wittenberger. The J. of Org. Chem. 2006. 71. 4. P. 1725–1727.
13. Christopher G. Evans, Jason E. Gestwicki. Org. Let. 2009. 11. 14. P. 2957–2959.
14. Brahemi G., Kona F. R., Fiasella A., Buac D., Soukupová J., Brancale A., Burger, A.M., Westwell A.D. J. Med. Chem. 2010. 53. P. 2757–2765.

15. Ghali Brahemi, Fathima R. Kona, Annalisa Fiasella, Daniela Buac, Jitka Soukupová, Andrea Brancale, Angelika M. Burger, Andrew D. Westwell. *J. Med. Chem.* 2010. 53. 7. P. 2757–2765.
16. Wei Wang, Jiacheng He, Junjie Yang, Chan Zhang, Zhiyuan Cheng, Yao Zhang, Qiansen Zhang, Peili Wang, Shuowen Tang, Xin Wang, Mingyao Liu, Weiqiang Lu, Han-Kun Zhang. *J. Med. Chem.* doi: 10.1021/acs.jmedchem.2c00448.
17. Bradford P. Mundy, Michael G. Ellerd, Frank G. Favalaro Jr. *Name Reactions and Reagents in Organic Synthesis. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.* 2005. P. 900.
18. Pihlaja K. Keskinen R. *Org.Magn.Reson.* 1977. 9. P. 177–181.
19. Сильверстейн Р., Басслер Г., Моррил Т. Спектрометрическая идентификация органических соединений. Изд. Мир. Москва. 1977. С. 592.
20. Erno Pretsch, Philippe Buhlmann, Martin Badertscher. *Structure Determination of Organic Compounds.* 2009. Switzerland. P.447.
21. Donald L. Pavia, Gary M. Lampman, George S. Kriz, James R. Vyvyan *Introduction to spectroscopy.* Washington. 2009. P. 786.
15. Ghali Brahemi, Fathima R. Kona, Annalisa Fiasella, Daniela Buac, Jitka Soukupová, Andrea Brancale, Angelika M. Burger, Andrew D. Westwell. *J. Med. Chem.* 2010. 53. 7. P. 2757–2765.
16. Wei Wang, Jiacheng He, Junjie Yang, Chan Zhang, Zhiyuan Cheng, Yao Zhang, Qiansen Zhang, Peili Wang, Shuowen Tang, Xin Wang, Mingyao Liu, Weiqiang Lu, Han-Kun Zhang. *J. Med. Chem.* doi: 10.1021/acs.jmedchem.2c00448.
17. Bradford P. Mundy, Michael G. Ellerd, Frank G. Favalaro Jr. *Name Reactions and Reagents in Organic Synthesis. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.* 2005. P. 900.
18. Pihlaja K. Keskinen R. *Org.Magn.Reson.* 1977. 9. P. 177–181.
19. Silverstein R., Bassler G., Morrill T. *Spectrometric identification of organic compounds.* Ed. World. Moscow. 1977. p. 592(in Russian).
20. Erno Pretsch, Philippe Buhlmann, Martin Badertscher. *Structure Determination of Organic Compounds.* 2009. Switzerland. P.447.
21. Donald L. Pavia, Gary M. Lampman, George S. Kriz, James R. Vyvyan *Introduction to spectroscopy.* Washington. 2009. P. 786.

Поступила в редакцию 25.04.2022
Принята к опубликованию 19.05.2022

Received 25.04.2022
Accepted 19.05.2022