



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 128–132

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 128–132

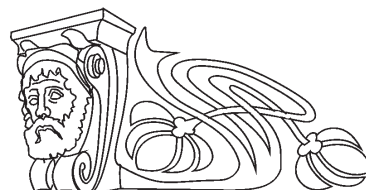
<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-2-128-132>

Научная статья

УДК 547.659.1:547.815

Конденсация Михаэля 2-(4-карбоксивензилиден)-3,4-дигидронафтаден-1(2H)-она с метиленактивными соединениями в направленном синтезе O-гетероциклических гибридных систем



И. В. Каневская¹✉, А. Л. Иванова², Н. В. Пчелинцева¹, О. В. Федотова¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²ООО «Эпам Системс», Россия, 410005, г. Саратов, ул. Рахова, д. 171

Каневская Ирина Владимировна, кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биоорганической химии Института химии, irinastrashilina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3981-8032>

Иванова Александра Леонидовна, инженер по качеству, aleksandrleonodovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1053-8499>

Пчелинцева Нина Васильевна, доктор химических наук, доцент, профессор кафедры органической и биоорганической химии Института химии, pchelincevanv555@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5830-9807>

Федотова Ольга Васильевна, доктор химических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-3941-4027>

Аннотация. Впервые рассмотрены подходы к конструированию новых гибридных полиоксагетероциклических соединений на основе взаимодействия 2-(4-карбоксивензилиден)-3,4-дигидронафтаден-1(2H)-она с метиленактивными соединениями 2H-хромен-2-онового ряда – 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2H-хромен-2-оном и 4-гидрокси-2H-хромен-2-оном, а также их карбоциклическим аналогом – 1,3-индандионом в различных условиях. Выявлено, что в ходе реакции халкона с замещенным хромен-2-оном в пиперидине с последующей обработкой уксусной кислотой образуется ацетат оксодигидро-6H-бензохроменоксантилия. Установлено, что формирование подобной гибридной структуры с участием в конденсации Михаэля 1,3-индандиона в аналогичных условиях не представляется возможным. Превалирующим оказывается конкурентное нуклеофильное присоединение пиперидина по арилиденному фрагменту с образованием тетрагидрооксонафтаденилпиперидинилметилбензойной кислоты. Показано, что конденсированный аддукт халкона с 1,3-индандионом возникает при кипячении реагентов в пиридине. Использование хлороводородной кислоты при выделении продукта реакции способствует ароматизации образующегося дигидрохроменового цикла, что в конечном итоге приводит к хлориду оксодигидробензоинденохроменилия. Аналогичная тенденция отмечается и при введении в изучаемое превращение 4-гидрокси-2H-хромен-2-она. Впервые установлено, что при проведении реакции в ледяной уксусной кислоте с добавлением пиперидина в качестве катализатора последний также выступает азануклеофилом и конкурентно связывается с реакционным центром субстрата. Замена растворителя на пиридин приводит к формированию гибридной системы – оксодигидробензохроменохроменилбензойной кислоты. При этом солеобразования после обработки хлороводородной кислотой не наблюдается. Таким образом, в ходе исследования рассмотрен новый синтетический подход к формированию гибридных хроменовых, ксантеновых систем. Наблюдаемое солеобразование может явиться фактором повышения биологической доступности вновь синтезированных соединений.

Ключевые слова: арилидендигидронафтаден-1(2H)-он, 2H-хромен-2-оны, конденсация Михаэля, гибридные полиоксагетеро(карбо)циклические соединения

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-03-00446).

Для цитирования: Каневская И. В., Иванова А. Л., Пчелинцева Н. В., Федотова О. В. Конденсация Михаэля 2-(4-карбоксивензилиден)-3,4-дигидронафтаден-1(2H)-она с метиленактивными соединениями в направленном синтезе O-гетероциклических гибридных систем // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, вып. 2. С. 128–132. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-2-128-132>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Article

Michael condensation of 2-(4-carboxybenzylidene)-3,4-dihydronaphthalene-1(2H)-one with methylene active compounds in the targeted synthesis of O-heterocyclic hybrid systemsI. V. Kanevskaya¹✉, A. L. Ivanova², N. V. Pchelintseva¹, O. V. Fedotova¹¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia²EPAM Systems, 171 Rakhova St., Saratov 410005, RussiaIrina V. Kanevskaya, irinastrashilina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3981-8032>Aleksandra L. Ivanova, aleksandraleonodovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1053-8499>Nina V. Pchelintseva, pchelintzevanv555@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5830-9807>Olga V. Fedotova, <https://orcid.org/0000-0003-3941-4027>

Abstract. Approaches to the design of new hybrid polyoxaheterocyclic compounds based on the interaction of 2-(4-carboxybenzylidene)-3,4-dihydronaphthalene-1(2H)-one with methylene active compounds of the 2H-chromen-2-one series – 3-(1,3-dioxobutan-1-yl)-2H-chromen-2-one and 4-hydroxy-2H-chromen-2-one, as well as their carbocyclic analogue – 1,3-indanedione under various conditions have been considered. It has been revealed for the first time that during the reaction of the studied chalcone with 3-acetoacetyl-2H-chromen-2-one in a piperidine medium, followed by treatment with acetic acid, the hybrid acetate 7-(4-carboxyphenyl)-8-oxo-5,8-dihydro-6H-benzo[*h*]chromeno[3,2-*b*]xanthylum is formed. It has been found that the formation of such a hybrid structure with the participation of 1,3-indanedione in the Michael condensation as the methylene component under similar conditions is not possible. In this case, the competitive nucleophilic addition of piperidine at the arylidene fragment with the formation of 4-((1,2,3,4-tetrahydro-1-oxonaphthalen-2-yl)(piperidin-1-yl)-methyl)benzoic acid is predominant. It has been shown that the condensed adduct of arylidene dihydronaphthalene-1(2H)-one with 1,3-indanedione arises by refluxing the reagents in pyridine. The use of hydrochloric acid in the isolation of the reaction product contributes to the aromatization of the resulting dihydrochromene ring, which ultimately leads to the chloride 7-(4-carboxyphenyl)-8-oxo-6,8-dihydro-5H-benzo[*h*]indeno[1,2-*b*]chromen-13-ium. A similar trend is observed when 4-hydroxy-2H-chromen-2-one is introduced into the transformation under study. It has been found for the first time that when the reaction is carried out in glacial acetic acid with the addition of piperidine as a catalyst, the latter also acts as a nucleophile and competitively binds to the reaction center of the substrate. Replacing the solvent with pyridine leads to the formation of a hybrid system, 4-(6-oxo-8,9-dihydro-6H,7H-benzo[*h*]chromeno[4,3-*b*]chromen-7-yl)-benzoic acid. In this case, salt formation after treatment with hydrochloric acid is not observed. Thus, in the course of the study, a new synthetic approach to the formation of hybrid chromene, xanthene systems has been considered. The observed salt formation can be the factor in increasing the bioavailability of newly synthesized compounds.

Keywords: arylidene dihydronaphthalene-1(2H)-one, 2H-chromen-2-ones, Michael condensation, polyoxahetero(carbo)cyclic compounds

Acknowledgements. This study was performed under financial support by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 20-03-00446).

For citation: Kanevskaya I. V., Ivanova A. L., Pchelintseva N. V., Fedotova O. V. Michael condensation of 2-(4-carboxybenzylidene)-3,4-dihydronaphthalene-1(2H)-one with methylene active compounds in the targeted synthesis of O-heterocyclic hybrid systems. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2022, vol. 22, iss. 2, pp. 128–132 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-2-128-132>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Синтез гибридных систем конструированием путем отбора по меньшей мере двух биологически активных молекул является удобным методом получения биологически активных соединений в рамках открытия новых лекарственных средств.

α,β -Ненасыщенные карбонильные соединения являются широко распространенными строительными блоками в органическом синтезе, хорошо известными как промежуточные продукты для синтеза разнообразных гетероциклических, в том числе и гибридных систем, многие из которых обладают высокой биологической активностью и играют важную роль в медицинской химии. Именно наличие

α,β -ненасыщенной карбонильной системы в халконах делает их химически и биологически привлекательными [1, 2].

Среди встречающихся в природе халконов [3] и их синтетических аналогов [4] известны соединения, проявляющие цитотоксическую, антимиотическую активность в отношении культивируемых опухолевых клеток. Соединения данного ряда обладают антимикробными, фунгицидными, противовоспалительными, антибактериальными и противовирусными свойствами [5–7]. Наличие еноновой функции придает антибиотическую активность, однако некоторые вещества этого типа являются токсичными для животных и насекомых [8].



Халконы являются важными предшественниками в синтезе флавонов, флаванолов, хроманов, пиранонов, замещенных пиридинов, хинолинов, пиримидинов и хиназолинов и многих других классов соединений.

Целью настоящей работы явилось изучение синтетических возможностей 2-(4-карбоксивинилиден)-3,4-дигидронафтален-1(2H)-она в конденсации Михаэля на пути к формированию гибридных хроменохроменовых(ксантеновых) систем.

Материалы и методы

Тонкослойная хроматография проводилась на пластинках Silufol-UV254, элюент – гексан-этилацетат-ацетон – 3:1:1, проявитель пары йода.

Элементный анализ проводили на программно-аппаратном анализаторе Vario Micro Cube.

Спектры ЯМР записаны на приборе Varian 400 при 20–25 °С. Рабочая частота для спектров ЯМР ^1H – 400, для спектров ЯМР ^{13}C – 100 МГц. Внутренние стандарты – тетраметилсилан (^1H , ^{13}C), растворитель – диметилсульфоксид- d_6 .

Общая методика синтеза

В круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, помещали 2.26 ммоль халкона **1**, 2.26 ммоль метиленактивного реагента, 10 мл растворителя, кипятили. По окончании реакции смесь упаривали на воздухе, обрабатывали гептаном (концентрированной хлороводородной кислотой), промывали водой, сушили.

Ацетат 7-(4-карбоксивинил)-8-оксо-5,8-дигидро-6H-бензо[h]хромено[3,2-b]ксантилия (3). Синтез проводили с использованием 0.52 г (2.26 ммоль) хромен-2-она **2**, ледяной уксусной кислоты и катализатора пиперидина. Время реакции 15 ч. Получали 0.98 г (71%) желтых кристаллов ацетата **3**. Т пл. 135–136 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.06 с (3H, CH_3), 2.98 м (4H, CH_2), 6.88 с (1H, $\text{CH}_{\text{вин}}$), 8.86 с (1H, $\text{CH}_{\text{вин}}$), 6.35–8.21 м (12H, Ar). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 26.4 (CH_3), 27.8 (C_6), 28.8 (C_5), 103.2 (C_{15}), 126.8, 127.4, 128.0, 129.7, 129.8, 130.1, 130.7, 130.9, 131.0, 131.2, 132.9, 133.5, 133.8, 135.3, 137.2, 138.6, 139.2, 146.2, 146.3 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.7 (C_{6a}), 132.6 (C_9), 141.2 (C_{8a}), 144.4 (C_{16a}), 145.6 (C_{7a}), 160.4 (C_{15a}), 162.1 (C_{14a}), 171.3 (COOH), 187.9 (C=O). Найдено, %: С 74.24; Н 4.42; $\text{C}_{33}\text{H}_{21}\text{O}_7$. Вычислено, %: С 74.71; Н 4.18.

Хлорид 7-(4-карбоксивинил)-8-оксо-6,8-дигидро-5H-бензо[h]индено[1,2-b]хромен-13-

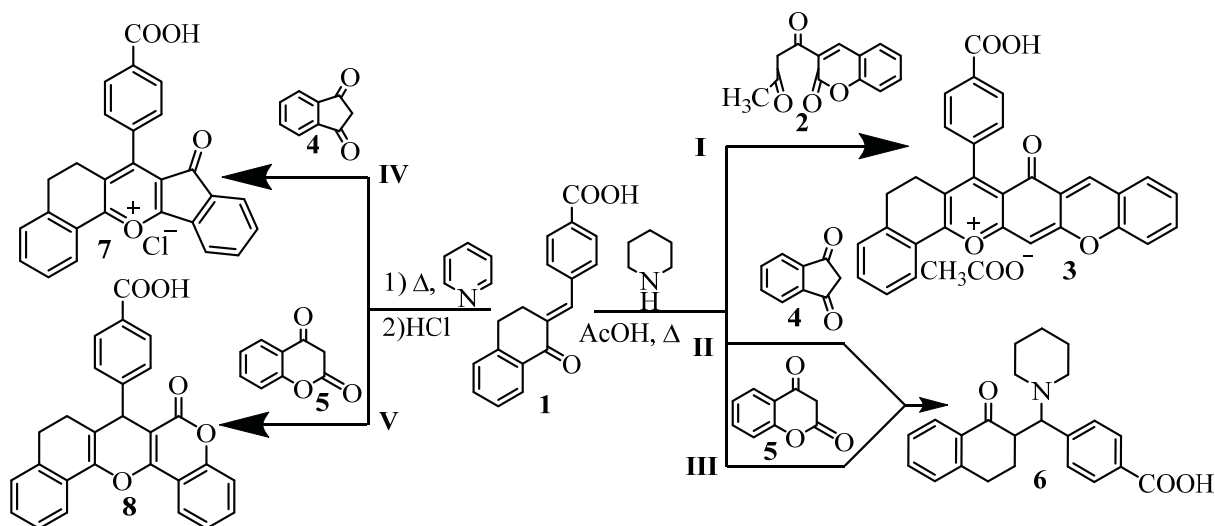
илия (7). Синтез проводили с использованием 0.32 г (2.26 ммоль) дикетона **4**, растворителя пиридина. Время реакции 8 ч. Получали 0.76 г (76%) светло-желтых кристаллов соединения **7**. Т пл. 128–129 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 3.01 д (2H, CH_2), 3.17 д (2H, CH_2), 7.18–8.62 м (12H, Ar), 10.16 с (1H, COOH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 28.1 (C_6), 28.6 (C_5), 126.89, 127.2, 128.1, 129.6, 129.8, 130.6, 130.9, 131.2, 131.4, 131.8, 132.6, 133.7, 133.9, 135.0, 137.0, 138.4, 139.1, 146.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.4 (C_{6a}), 132.5 (C_{13a}), 141.0 (C_{12b}), 145.9 (C_{7a}), 146.5 (C_7) 171.1 (COOH), 183.6 (C=O). Найдено, %: С 73.97; Н 4.02; Cl 8.32. $\text{C}_{27}\text{H}_{17}\text{ClO}_4$. Вычислено, %: С 73.56; Н 3.89; Cl 8.04.

4-(6-оксо-8,9-дигидро-6H,7H-бензо[h]хромено[4,3-b]хромен-7-ил)-бензойная кислота (8). Синтез проводили с использованием 0.37 г (2.26 ммоль) 4-гидрокси-2H-хромен-2-она **5**, растворителя пиридина. Время реакции 11 ч. Получали 0.84 г (88%) бесцветных кристаллов соединения **8**. Т пл. 195–196 °С. Спектр ЯМР ^1H (DMCO- d_6), δ , м.д.: 2.97 т (2H, CH_2), 3.17 т (2H, CH_2), 6.36 с (1H, CH), 7.30–8.86 м (12H, Ar), 10.16 с (1H, COOH). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 27.7 (C_9), 28.3 (C_8), 36.8 (C_7), 126.9, 127.4, 128.5, 129.3, 129.6, 130.4, 130.7, 131.0, 131.9, 132.4, 133.4, 133.7, 135.4, 137.2, 138.4, 139.1, 146.0 ($\text{C}_{\text{аром}}$), 128.6 (C_{7a}), 132.1 (C_{13a}), 141.0 (C_{2b}), 145.9 (C_{7a}), 146.5 (C_{6a}), 167.0 (C=O), 171.1 (COOH). Найдено, %: С 76.62; Н 4.53; $\text{C}_{27}\text{H}_{18}\text{O}_5$. Вычислено, %: С 76.77; Н 4.30.

Результаты и их обсуждение

Ранее [9] нами на основе халкона – 2-(4-карбоксивинилиден)-3,4-дигидронафтален-1(2H)-она (**1**) и 3-(1,3-диоксобутан-1-ил)-2Hхромен-2-она (**2**) в присутствии основных катализаторов были получены гибридные системы – хромено-бензохромены и продукты их ароматизации – соли хроменобензогидрохроменилия, содержащие фармакофорные фрагменты реагирующих веществ.

В продолжение исследования, учитывая широкие синтетические возможности субстратов, впервые осуществлено взаимодействие халкона **1** и хромен-2-она (**2**) в среде пиперидина с последующей обработкой уксусной кислотой (схема **1**, **I**). Выявлено, что в данных условиях образуется гибридный ацетат 7-(4-карбоксивинил)-8-оксо-5,8-дигидро-6H-бензо[h]хромено[3,2-b]ксантилия **3**.



С целью расширения ряда структур, включающих фармакофорный скаффолд – полигетероциклический хроменовый (ксантеновый) фрагмент, нами исследовано взаимодействие халкона **1** с 1,3-индандионом (**4**) в аналогичных условиях (схема **1, II**). Выявлено, что в рассматриваемом варианте превращения конденсация Михаэля не имеет места, а протекает конкурентная реакция нуклеофильного присоединения пиперидина с образованием 4-((1,2,3,4-тетрагидро-1-оксонафтален-2-ил) (пиперидин-1-ил)-метил)бензойной кислоты **6**, что также наблюдалось нами ранее [9] при использовании пиперидина.

Ранее [9] установлена возможность O-гетероциклизации аддукта халкона **1** с хромен-2-оном (**2**) и дальнейшего солеобразования при кипячении реакционной смеси в пиридине с последующей обработкой смеси хлороводородной кислотой. Нами впервые показано, что взаимодействие изучаемого халкона **1** с дикетоном **4** протекает аналогично и ведет к формированию хлорида 7-(4-карбоксифенил)-8-оксо-6,8-дигидро-5H-бензо[*h*]индено[1,2-*b*]хромен-13-илия (**7**) (схема **1, IV**).

Установлено, что введение в качестве метиленовой компоненты в рассматриваемую конденсацию Михаэля 4-гидрокси-2H-хромен-2-она (**5**) в аналогичных условиях (схема **1, V**) приводит к получению гибридной системы – 4-(6-оксо-8,9-дигидро-6H,7H-бензо[*h*]хромено[4,3-*b*]хромен-7-ил)бензойной кислоты (**8**). Последнюю можно рассматривать как интермедиат на пути к структурному аналогу ассоциатов **3** и **7**.

Отсутствие ароматизации в данном случае может быть обусловлено большей стабильностью хроменогидрохроменовых структур в выбранных условиях за счет непосредственной близости двух O-гетерофрагментов.

При использовании пиперидина как более сильного нуклеофила, конкурирующего с 4-гидрокси-2H-хромен-2-оном (**5**) за связывание с халконом **1**, получить гибрид **8** не удастся, как и в случае с дикетоном **4** (схема **1, III**).

Строение соли **3** установлено на основании данных ЯМР¹H спектра по ключевым сигналам винильных протонов при 6.88 и 8.86 м.д. Н¹ и Н² соответственно. Так же обнаружены мультиплеты метиленовых протонов алицикла при 2.98 м.д. Об ароматизации и образовании соли позволяет судить отсутствие сигналов в области 3–6 м.д., а также присутствие синглета трех протонов при 2.06 м.д., который можно отнести к метильной группе ацетат-аниона. В двумерном HSQC спектре имеется корреляция 2.06/26.4 м.д., подтверждающая наличие ацетат-аниона.

В ЯМР ¹H спектре хлорида **7** присутствуют сигналы метиленовых протонов при 3.01 и 3.17 м.д., синглет протона карбоксильной группы при 10.16 м.д. и мультиплет ароматических протонов в области 7.18–8.62 м.д.

В ЯМР ¹H спектре соединения (**8**) отмечены сигналы двух метиленовых протонов 2.97 и 3.17 м.д., соответствующих двум CH₂-группам насыщенного фрагмента. Синглет при 10.16 м.д., характерный для протона карбоксильной группы, наличие синглета при 6.36 м.д. третичного протона, коррелирующего в НМВС спектре с карбонильным атомом углерода при 167 м.д.,



является подтверждением образования центрального пиранового гетероцикла. Образование гибридной системы доказывает отсутствие сигналов винильных протонов в виде синглетов при 5.6 и 7.8 м.д., присущих 4-гидрокси-2Н-хромен-2-ону и 2-(4-карбоксивинилиден)-3,4-дигидронафтален-1(2Н)-ону соответственно.

Заключение

Таким образом, выявлена возможность формирования конденсированных гибридных структур хромено(ксантено)хроменого, хроменоинденового рядов на основе конденсации Михаэля арилидендигидронафтален-1(2Н)-она с метиленактивными соединениями. Отмечено, что использование пиридина, одновременно как катализатора и растворителя, способствует общей тенденции образования замещенных бензогидрохроменов, претерпевающих гетероароматизацию в кислой среде, и может быть рассмотрено как новый подход к их синтезу.

Список литературы

1. Nimavat K. S., Popat K. H., Vasoya S. L., Joshi H. S. Synthesis anticancer, antitubercular and antimicrobial activity of some new pyrimidine derivatives // *Indian Journal of Heterocyclic Chemistry*. 2003. Vol. 12, № 3. P. 217–220.
2. Vashi K., Naik H. B. Synthesis and antibacterial activity of some novel chalcones and pyrimidine-2-one derivatives // *Asian Journal of Chemistry*. 2005. Vol. 17, № 1. P. 240.
3. Go M. L., Wu X., Liu X. L. Chalcones: An update on cytotoxic and chemoprotective properties // *Current Medicinal Chemistry*. 2005. Vol. 12, № 4. P. 483–499.
4. Boeck P., Falcao C. A. B., Leal P. C., Yunes R. A., Cechinel Filho V., Torres-Santos E. C., Rossi-Bergmann B. Synthesis of chalcone analogues with increased antileishmanial activity // *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 2006. Vol. 14, № 5. P. 1538–1545.
5. Jayasinghe L., Balasooriya B. A. I. S., Padmini W. C., Hara N., Fujimoto Y. Geranyl chalcone derivatives with antifungal and radical scavenging properties from the leaves of *Artocarpus nobilis* // *Phytochemistry*. 2004. Vol. 65, № 9. P. 1287–1290.
6. Tsukiyama R. I., Katsura H., Tokuriki N., Kobayashi M. Antibacterial activity of licochalcone A against spore-forming bacteria // *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2002. Vol. 46, № 5. P. 1226–1230.
7. Kiat T. S., Phippen R., Yusof R., Ibrahim H., Khalid N., Abd Rahman N. Inhibitory activity of cyclohexenyl chalcone derivatives and flavonoids of fingerroot, *Boesenbergia rotunda* (L.), towards dengue-2 virus NS3 protease // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 2006. Vol. 16, № 12. P. 3337–3340.
8. Wang S. L., Ho T. I. Substituent effects on intramolecular charge-transfer behaviour of styrylheterocycles // *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2000. Vol. 135, № 2–3. P. 119–126.
9. Иванова А. Л., Каневская И. В., Федотова О. В. Синтез гибридных соединений на основе 2-(4-карбоксивинилиден)-3, 4-дигидронафтален-1 (2Н)-онов // *Журнал органической химии*. 2019. Т. 55, № 8. С. 1287–1290.

Reference

1. Nimavat K. S., Popat K. H., Vasoya S. L., Joshi H. S. Synthesis anticancer, antitubercular and antimicrobial activity of some new pyrimidine derivatives. *Indian Journal of Heterocyclic Chemistry*, 2003, vol. 12, no. 3, pp. 217–220.
2. Vashi K., Naik H. B. Synthesis and antibacterial activity of some novel chalcones and pyrimidine-2-one derivatives. *Asian Journal of Chemistry*, 2005, vol. 17, no. 1, pp. 240.
3. Go M. L., Wu X., Liu X. L. Chalcones: an update on cytotoxic and chemoprotective properties. *Current Medicinal Chemistry*, 2005, vol. 12, no. 4, pp. 483–499.
4. Boeck P., Falcao C. A. B., Leal P. C., Yunes R. A., Cechinel Filho V., Torres-Santos E. C., Rossi-Bergmann B. Synthesis of chalcone analogues with increased antileishmanial activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 2006, vol. 14, no. 5, pp. 1538–1545.
5. Jayasinghe L., Balasooriya B. A. I. S., Padmini W. C., Hara N., Fujimoto Y. Geranyl chalcone derivatives with antifungal and radical scavenging properties from the leaves of *Artocarpus nobilis*. *Phytochemistry*, 2004, vol. 65, no. 9, pp. 1287–1290.
6. Tsukiyama R. I., Katsura H., Tokuriki N., Kobayashi M. Antibacterial activity of licochalcone A against spore-forming bacteria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 2002, vol. 46, no. 5, pp. 1226–1230.
7. Kiat T. S., Phippen R., Yusof R., Ibrahim H., Khalid N., Abd Rahman N. Inhibitory activity of cyclohexenyl chalcone derivatives and flavonoids of fingerroot, *Boesenbergia rotunda* (L.), towards dengue-2 virus NS3 protease. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 2006, vol. 16, no. 12, pp. 3337–3340.
8. Wang S. L., Ho T. I. Substituent effects on intramolecular charge-transfer behaviour of styrylheterocycles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2000, vol. 135, no. 2–3, pp. 119–126.
9. Ivanova A. L., Kanevskaya I. V., Fedotova O. V. Synthesis of Hybrid Compounds on the Basis of 4-[(1-Oxo-3, 4-dihydro-2H-naphthalen-2-ylidene)methyl] benzoic acid. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2019, vol. 55, no. 8, pp. 1231–1233 (in Russian).

Поступила в редакцию 17.01.22; одобрена после рецензирования 03.02.22; принята к публикации 07.02.22
The article was submitted 17.01.22; approved after reviewing 03.02.22; accepted for publication 07.02.22