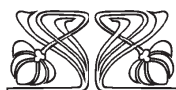
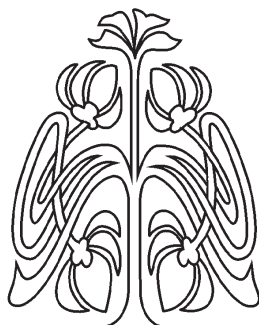
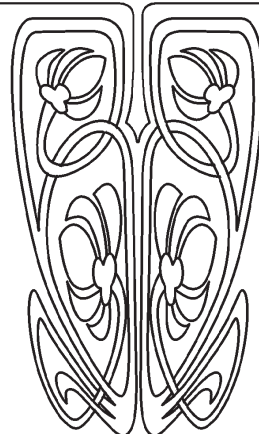




ХИМИЯ



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 120–125

Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 120–125

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-120-125>

EDN: APUSLE

Научная статья

УДК 547.816:547.831.8

Рециклизация замещенных аминохроменкарбонитрилов под действием иода. Синтез оксохинолинкарбонитрилов

А. В. Никулин¹✉, Ю. А. Фомина², А. П. Кривенько¹

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

²Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112

Никулин Александр Владиславович, аспирант кафедры органической и биоорганической химии Института химии, aleksander.ni2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2123-4960>

Фомина Юлия Андреевна, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой общей, биоорганической и фармацевтической химии, fominaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-0333>

Кривенько Адель Павловна, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры органической и биоорганической химии Института химии, krivenko@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3277-4556>

Аннотация. Осуществлен эффективный синтез гибридных систем, включающих в свой состав биогенный пиридоновый фрагмент и линейносвязанные (гет)арильные заместители, посредством O,N-рециклизации замещенных аминохроменкарбонитрилов под действием иода. Состав и строение вновь полученных 2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрилов установлены с помощью элементного анализа и спектральных методов. Представлены и обсуждены вероятные схемы реакций.

Ключевые слова: O,N-рециклизация, 2-аминохромен-3-карбонитрилы, 2-оксохинолин-3-карбонитрилы, спектры

Для цитирования: Никулин А. В., Фомина Ю. А., Кривенько А. П. Рециклизация замещенных аминохроменкарбонитрилов под действием иода. Синтез оксохинолинкарбонитрилов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2026. Т. 26, вып. 2. С. 120–125. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-120-125>, EDN: APUSLE

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

Article

**Recycling of substituted aminochromenecarbonitriles under the action of iodine.
Synthesis of oxoquinolinecarbonitriles**

A. V. Nikulin¹✉, Yu. A. Fomina², A. P. Krivenko¹

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia



²Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, 112 Bolshaya Kazachiya St., Saratov 410012, Russia

Alexandr V. Nikulin, aleksander.ni2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2123-4960>

Yulia A. Fomina, fominaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-0333>

Adel P. Krivenko, krivenko@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3277-4556>

Abstract. An effective synthesis of hybrid systems has been carried out, including a biogenic pyridone fragment and linearly bound (het)aryl substituents, by O,N-recycling of substituted aminochromenecarbonitriles under the action of iodine. The composition and structure of the newly obtained 2-oxo-1,2,5,6,7,8-hexahydroquinoline-3-carbonitriles have been determined using elemental analysis and spectral methods. Possible reaction patterns are presented and discussed.

Keywords: O,N-recycling, 2-aminochromene-3-carbonitriles, 2-oxoquinoline-3-carbonitriles, spectra

For citation: Nikulin A. V., Fomina Yu. A., Krivenko A. P. Recycling of substituted aminochromenecarbonitriles under the action of iodine. Synthesis of oxoquinolinecarbonitriles. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2026, vol. 26, iss. 2, pp. 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2026-26-2-120-125>, EDN: APUSLE

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

Введение

Химия хинолин(пиридин)-3-карбонитрилов интенсивно и динамично развивается в последние годы, что обусловлено выявлением среди них соединений с разнообразными практически полезными свойствами и многочисленными возможностями их трансформации. К указанному ряду соединений относятся 2-оксохинолин(пиридин)-3-карбонитрилы, которые нашли свое применение в качестве биоактивных препаратов [1–4], фотоактивных материалов [5, 6], субстратов для синтеза сложных полициклических гетеросистем [1]. К настоящему времени химия оксохинолин(пиридин)карбонитрилов не исчерпала своих возможностей, и по-прежнему актуальным остается синтез новых представителей рассматриваемого ряда и поиск их практического применения.

Одним из эффективных способов синтеза родственнопостроенных 2-оксопиридин-3-карбонитрилов является O,N-рециклизация 2-аминопиран-3-карбонитрилов под действием молекулярного иода [4]. Отсутствие данных об аналогичной трансформации 2-аминокромен-3-карбонитрилов предопределило постановку наших исследований. Выбор частично насыщенных 4,8-С-замещенных 2-аминотетрагидро-4Н-хромен-3-карбонитрилов в качестве субстратов обусловлен предположением, согласно которому наличие конформационно гибкого алициклического фрагмента в молекуле способно увеличить проницаемость через клеточную мембрану и тем самым улучшить биодоступность [7]. Используемые 2-амино-5,6,7,8-тетрагидро-4Н-хромен-3-карбонитрилы были

получены нами ранее на основе доступных диарил(гетарил)метиленциклогексанонов и малонитрила [8].

Материалы и методы

Экспериментальная часть

Элементный анализ выполнен на СНNS-анализаторе Elementar Vario Micro cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Германия). ИК-спектры сняты на ИК-фурье-спектрометре ФСМ-1201 в таблетках КВг. Спектры ЯМР ¹H (400 МГц) и ¹³C (100 МГц) регистрировались на спектрометре Varian 400 (Varian, США) внутренний стандарт – ТМС. Контроль за ходом реакций осуществлялся методом ТСХ на пластинках Alugram® Sul G UV254 (Marcherey-Nagel GmbH & Co. KG, Германия), элюент гексан-этилацетат-хлороформ (2:2:1).

4-Арил(гетарил)-8-арил(гетарил)метилен-2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрилы (2а-е). 0.59 Ммоль соответствующего 2-аминокромен-3-карбонитрила 1а-е и 20 мол.% молекулярного иода растворяли при нагревании в 15 мл этанола и кипятили 5–10 ч. По завершению реакции (мониторинг по ТСХ) реакционную массу заливали водой, выпавшие кристаллы отфильтровывали, промывали водно-спиртовым раствором и сушили на воздухе.

(Е)-8-Бензилиден-2-оксо-4-фенил-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрил (2а).

Выход 0,15 г (75 %). Желтые кристаллы, т. пл. 225–227 °С (этанол). ИК-спектр ν , см⁻¹: 3441, 1590 (NH-CO), 3024 (CH_{sp2}), 2933, 2858 (CH_{2sp3}), 2223 (CN), 1711 (C=O), 1641, 1601, 1492 (колеба-



ния пиридин. кольца), 967 ($\delta = \text{CH}_{\text{транс}}$). ЯМР ^1H , δ , м.д. (CDCl_3): 1.65–1.72 (м., H^5), 2.28–2.47 (м. H^7), 2.73–2.79 (м., H^6), 6.50 (с., =C-H), 7.11–7.56 (м., Ph), 12.56 (с., NH). Спектр HSQC ^1H - ^{13}C , (CDCl_3), δ , м.д.: 1.70/22.47 (H^5/C^5), 2.32/26.32 (H^7/C^7), 2.78/27.12 (H^6/C^6), 6.50/121.59 (=C-H/=C-H). Найдено, %: С 81,35; Н 5,32; N 7,99. $\text{C}_{23}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}$. Вычислено, %: С 81,63; Н 5,36; N 8,28.

(Е)-2-Оксо-4-(пиридин-3-ил)-8-(пиридин-3-илметилден)-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрил (2b).

Выход 0,16 г (80 %). Желтые кристаллы, т. пл. 171–174 °С (этанол). ИК-спектр ν , cm^{-1} : 3402, 1563 (NH-CO), 3028 (CH_{sp^2}), 2930, 2859 ($\text{CH}_2_{\text{sp}^3}$), 2218 (CN), 1734 (C=O), 1637, 1588, 1476 (колебания пиридин. кольца), 975 ($\delta = \text{CH}_{\text{транс}}$). ЯМР ^1H , δ , м.д. (d_6 -DMSO): 1.58–1.74 (м., H^5), 2.18–2.25 (м. H^7), 2.62–2.73 (м., H^6), 7.04 (с., =C-H), 6.99–8.70 (м., 3-Пу), 12.26 (с., NH). Спектр HSQC ^1H - ^{13}C , (d_6 -DMSO), δ , м.д.: 1.65/22.98 (H^5/C^5), 2.21/26.41 (H^7/C^7), 2.68/27.09 (H^6/C^6), 7.04/118.87 (=C-H/=C-H). Найдено, %: С 74,67; Н 5,30; N 16,36. $\text{C}_{21}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}$. Вычислено, %: С 74,10; Н 4,74; N 16,46.

(Е)-8-(3-Нитробензилден)-4-(3-нитрофенил)-2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрил (2c).

Выход 0,22 г (88 %). Желтые кристаллы, т. пл. 178–180 °С (этанол). ИК-спектр ν , cm^{-1} : 3460, 1574 (NH-CO), 3038 (CH_{sp^2}), 2934, 2862 ($\text{CH}_2_{\text{sp}^3}$), 2221 (CN), 1722 (C=O), 1650, 1558, 1463 (колебания пиридин. кольца), 1528 ($\delta_{\text{ас}} \text{NO}_2$), 1349 ($\delta_{\text{с}} \text{NO}_2$), 997 ($\delta = \text{CH}_{\text{транс}}$). ЯМР ^1H , δ , м.д. (CDCl_3): 1.58–1.81 (м., H^5), 2.09–2.45 (м. H^7), 2.72–2.89 (м., H^6), 6.61 (с., =C-H), 7.47–8.67 (м., Ar), 12.15 (с., NH). Спектр HSQC ^1H - ^{13}C , (CDCl_3), δ , м.д.: 1.67/23.24 (H^5/C^5), 2.31/26.52 (H^7/C^7), 2.78/26.96 (H^6/C^6), 6.61/120.74 (=C-H/=C-H). Найдено, %: С 63,95; Н 3,32; N 13,49. $\text{C}_{23}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}_5$. Вычислено, %: С 64,48; Н 3,76; N 13,08.

(Е)-8-(4-Нитробензилден)-4-(4-нитрофенил)-2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрил (2d).

Выход 0,20 г (79 %). Коричневые кристаллы, т. пл. 198–200 °С (этанол). ИК-спектр ν , cm^{-1} : 3444, 1565 (NH-CO), 3027 (CH_{sp^2}), 2926, 2854 ($\text{CH}_2_{\text{sp}^3}$), 2219 (CN), 1732 (C=O), 1641, 1597, 1455 (колебания пиридин. кольца), 1518 ($\delta_{\text{ас}} \text{NO}_2$), 1344 ($\delta_{\text{с}} \text{NO}_2$), 993 ($\delta = \text{CH}_{\text{транс}}$). ЯМР ^1H , δ , м.д. (CDCl_3): 1.44–1.69 (м., H^5), 2.16–2.43 (м. H^7),

2.68–2.88 (м., H^6), 6.68 (с., =C-H), 7.10–9.39 (м., Ar), 12.53 (с., NH). Найдено, %: С 64,15; Н 4,24; N 12,63. $\text{C}_{23}\text{H}_{16}\text{N}_4\text{O}_5$. Вычислено, %: С 64,48; Н 3,76; N 13,08.

(Е)-8-(4-Метоксибензилден)-4-(4-метоксифенил)-2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрил (2e).

Выход 0,18 г (76 %). Желтые кристаллы, т. пл. 195–198 °С. ИК-спектр ν , cm^{-1} : 3445, 1573 (NH-CO), 3031 (CH_{sp^2}), 2937, 2835 ($\text{CH}_2_{\text{sp}^3}$), 2221 (CN), 1726 (C=O), 1638, 1565, 1495 (колебания пиридин. кольца), 967 ($\delta = \text{CH}_{\text{транс}}$). ЯМР ^1H , δ , м.д. (CDCl_3): 1.63–1.87 (м., H^5), 2.20–2.37 (м. H^7), 2.68–2.94 (м., H^6), 3.82, 3.85 (с., CH_3O), 6.44 (с., =C-H), 6.85–8.11 (м., Ar), 12.73 (с., NH). Спектр HSQC ^1H - ^{13}C , (CDCl_3), δ , м.д.: 1.74/22.92 (H^5/C^5), 2.27/26.38 (H^7/C^7), 2.84/27.92 (H^6/C^6), 3.82/55.42 ($\text{CH}_3\text{O}/\text{CH}_3\text{O}$), 6.44/120.29 (=C-H/=C-H). Найдено, %: С 74,78; Н 5,21; N 7,49. $\text{C}_{25}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_3$. Вычислено, %: С 75,36; Н 5,57; N 7,03.

Результаты и их обсуждение

Известно, что под действием молекулярного иода 2-амино-4Н-пиран-3-карбонитрилы претерпевают O,N-рециклизацию в соответствующие 2-оксодигидропиридин-3-карбонитрилы, содержащие фармакофорный 2-пиридоновый фрагмент [4]. Однако в литературе отсутствуют сведения об аналогичных превращениях 2-аминотетрагидрохромен-3-карбонитрилов, содержащих конденсированное алициклическое кольцо [7]. В настоящей работе представлены данные по синтезу новых представителей ряда 2-оксохинолин-3-карбонитрилов посредством рециклизации 2-амино-4Н-хромен-3-карбонитрилов под действием иода. В качестве субстратов использованы 2-аминохромен-3-карбонитрилы **1a-1e**, содержащие фармакофорные (гетеро)ароматические заместители (фенил, 3-пиридил, 3(4)-нитрофенил, 4-метоксифенил), полученные ранее электрохимическим способом на основе 2,6-диарил(гетарил)метилденциклогексанонов и малонитрила [8].

Синтез оксохинолинкарбонитрилов проводился в течение 5–10 ч при кипячении хроменкарбонитрилов **1a-1e** в присутствии 20 мол.% иода в этаноле (рис. 1), что привело к образованию продуктов **2a-2e** с высокими выходами (75–88 %).

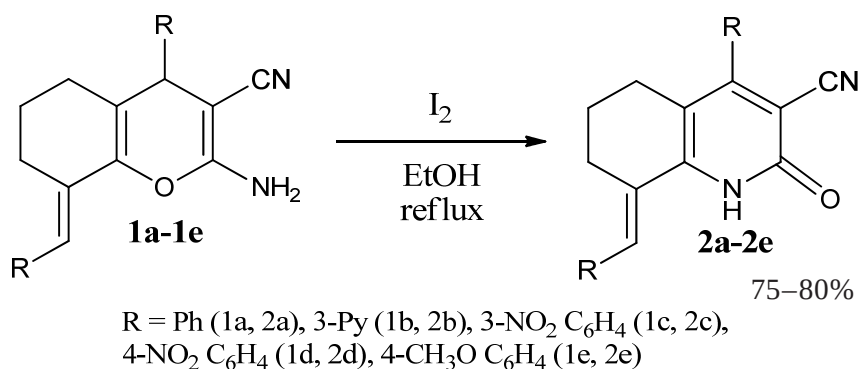


Рис. 1. Схема образования 2-оксохинолин-3-карбонитрилов 2a-e
 Fig. 1. Scheme of formation of 2-amino chromene-3-carbonitriles 2a-e

Следует отметить, что с несколько меньшей продолжительностью (5–6 ч) и более высокими выходами продуктов (80–88 %) протекали реакции для хроменов **1b-1d**, содержащих электроноакцепторные заместители (3-Пу, 3-NO₂ C₆H₄, 4-NO₂ C₆H₄).

Строение полученных соединений установлено данными ИК- и ЯМР-спектров. В ИК-спектрах соединений **2a-2e** присутствуют валентные (~ 3420 см⁻¹) и деформационные (~ 1560 см⁻¹) колебания амидного фрагмента, связи C≡N (~ 2200 см⁻¹), C=O (~ 1710 см⁻¹) при отсутствии полос валентных колебаний первичной аминогруппы. Внеплоскостные колебания илиденового фрагмента (~ 970 см⁻¹) свидетельствуют о транс-конфигурации. В

спектрах ЯМР ¹H появляется малоинтенсивный синглет протона NH в слабопольной области (~12.5 м.д.) и исчезают сигналы протонов H⁴ и NH₂, характерные для исходных аминокроменкарбонитрилов.

На основе полученных экспериментальных данных и литературных аналогий [4], вероятная схема реакций включает избирательную атаку реагента по наиболее активному реакционному центру – атому углерода бензильного типа C⁴ (не затрагивая иные возможные реакционные центры C⁵-C⁷), последующую реорганизацию интермедиата **A** в соль хромилия **B**, внутримолекулярную перегруппировку с образованием соли хинолиния **C** и далее 2-оксохинолин-3-карбонитрила (рис. 2).

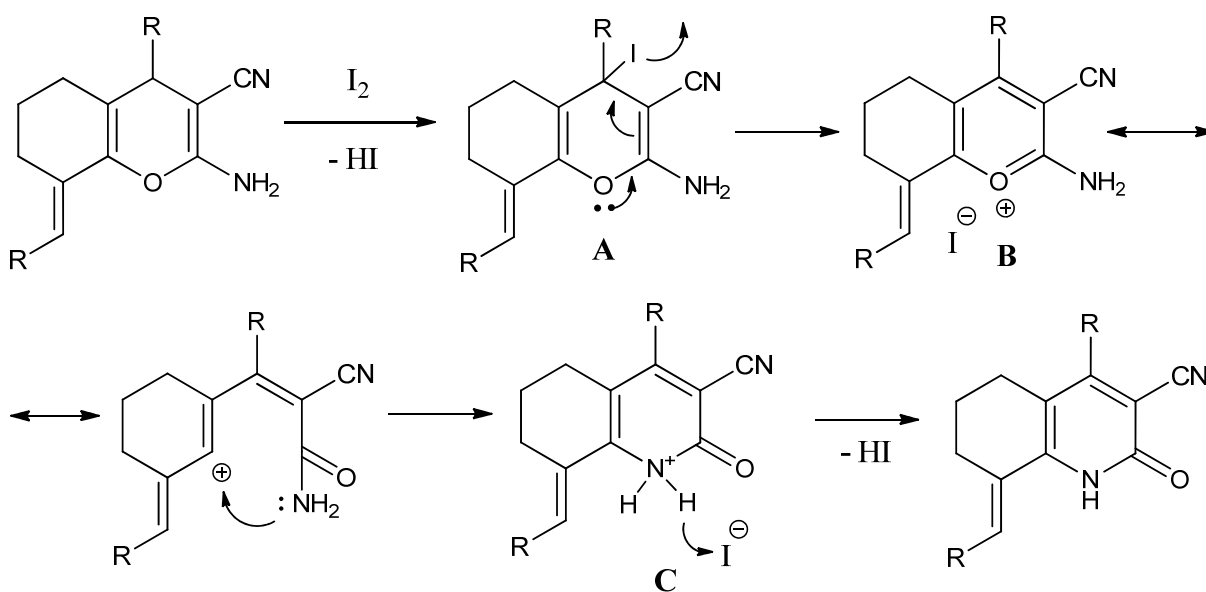


Рис. 2. Схема образования оксохинолинкарбонитрилов 2a-e
 Fig. 2. Scheme of formation of oxochinolinecarbonitriles 2a-e



Наличие фармакофорных фрагментов и групп в составе вновь синтезированных веществ **2a-e** предопределяет постановку дальнейших исследований по изучению их биологической активности.

Заключение

Таким образом, O,N-рециклизация 4,8-С-замещенных 2-аминотетрагидро-4Н-хромен-3-карбонитрилов под действием иода является эффективным способом получения 2-оксо-1,2,5,6,7,8-гексагидрохинолин-3-карбонитрилов – перспективных объектов для изучения их биологической активности.

Список литературы

1. Faidallah H. M., Khan K. A., Asiri A. M. Synthesis of some new 2-oxo-1,4-disubstituted-1,2,5,6-tetrahydrobenzo[h]quinolone-3-carbonitriles and their biological evaluation as cytotoxic and antiviral agents // *J. Chem. Sci.* 2012. Vol. 124, № 3. P. 625–631. <https://doi.org/10.1007/s12039-011-0184-2>
2. Khan S. A., Asiri A. M., Basisi H. M., Asad M. E., Zayed M. E. M., Sharma K., Wani M. Y. Synthesis and evaluation of Quinoline-3-carbonitrile derivatives as potential antibacterial agents // *Bioorg. Chem.* 2019. Vol. 88. Art. 102968. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.102968>
3. Hernandez F., Sanchez A., Rendon-Vallejo P., Millan-Pacheco C., Aclaraz Y., Delgado F., Vazquez M. A., Estrada-Sato S. Synthesis ex vivo and in silico studies of 3-cyano-2-pyridone derivatives with vasorelaxant activity // *Eur. J. Med. Chem.* 2013. Vol. 70. P. 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.10.018>
4. Buduma K., Chinde S., Arigari N. K., Grover P., Srinivas K. V. N. S., Kumar J. K. Iodine catalyzed simple and efficient synthesis of antiproliferative 2-pyridones // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2016. Vol. 26, № 9. P. 2159–2163. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2016.03.071>
5. Enoua G. C., Uray G., Stadlbauer W. 3-Aryl-6-methoxy-2-oxo-1,2-dihydroquinoline-4-carbonitriles as solvent and pH Independent Green Fluorescent Dyes // *J. Heterocycl. Chem.* 2012. Vol. 49, № 6. P. 1415–1421. <https://doi.org/10.1002/jhet.1084>
6. Zayed M. E. M., Kumar P. Spectroscopic physico-chemical and photophysical investigation of biologically active 2-oxo-quinoline-3-carbonitrile derivative // *J. Fluoresc.* 2017. Vol. 27. P. 853–860. <https://doi.org/10.1007/s10895-016-2021-y>
7. Romines K. R., Watenpaugh K. D., Tomich P. K., Howe W. J., Morris J. K., Lovasz K. D., Mulichak A. M., Finze1 B. C., Lynn J. C., Horng M.-M., Schwende F. J.,

Ruwart M. J., Zipp G. L., Chong K.-T., Dolak L. A., Toth L. N., Howard G. M., Rush B. D., Wilkinson K. F., Possert P. L., Dalga R. J., Hinshaw R. R. Use of medium-sized cycloalkyl rings to enhance secondary binding: Discovery of a new class of human immunodeficiency virus (HIV) protease inhibitors // *J. Med. Chem.* 1995. Vol. 38, № 11. P. 1884–1891. <https://doi.org/10.1021/jm00011a008>

8. Никулин А. В., Бурашикова М. М., Василькова Н. О., Кривенько А. П. Электрохимический синтез замещенных 2-амино-4Н-хромен-3-карбонитрилов на основе кросс-сопряженных диеноновых производных циклогексана и малонитрила // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология.* 2024. Т. 24, вып. 3. С. 240–248. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-3-240-248>, EDN: BBSFUK

References

1. Faidallah H. M., Khan K. A., Asiri A. M. Synthesis of some new 2-oxo-1,4-disubstituted-1,2,5,6-tetrahydrobenzo[h]quinolone-3-carbonitriles and their biological evaluation as cytotoxic and antiviral agents. *J. Chem. Sci.*, 2012, vol. 124, no. 3, pp. 625–631. <https://doi.org/10.1007/s12039-011-0184-2>
2. Khan S. A., Asiri A. M., Basisi H. M., Asad M. E., Zayed M. E. M., Sharma K., Wani M. Y. Synthesis and evaluation of Quinoline-3-carbonitrile derivatives as potential antibacterial agents. *Bioorg. Chem.*, 2019, vol. 88, art. 102968. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.102968>
3. Hernandez F., Sanchez A., Rendon-Vallejo P., Millan-Pacheco C., Aclaraz Y., Delgado F., Vazquez M. A., Estrada-Sato S. Synthesis ex vivo and in silico studies of 3-cyano-2-pyridone derivatives with vasorelaxant activity. *Eur. J. Med. Chem.*, 2013, vol. 70, pp. 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2013.10.018>
4. Buduma K., Chinde S., Arigari N. K., Grover P., Srinivas K. V. N. S., Kumar J. K. Iodine catalyzed simple and efficient synthesis of antiproliferative 2-pyridones. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2016, vol. 26, no. 9, pp. 2159–2163. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2016.03.071>
5. Enoua G. C., Uray G., Stadlbauer W. 3-Aryl-6-methoxy-2-oxo-1,2-dihydroquinoline-4-carbonitriles as solvent and pH Independent Green Fluorescent Dyes. *J. Heterocycl. Chem.*, 2012, vol. 49, no. 6, pp. 1415–1421. <https://doi.org/10.1002/jhet.1084>
6. Zayed M. E. M., Kumar P. Spectroscopic physico-chemical and photophysical investigation of biologically active 2-oxo-quinoline-3-carbonitrile derivative. *J. Fluoresc.*, 2017, vol. 27, pp. 853–860. <https://doi.org/10.1007/s10895-016-2021-y>
7. Romines K. R., Watenpaugh K. D., Tomich P. K., Howe W. J., Morris J. K., Lovasz K. D., Mulichak A. M., Finze1 B. C., Lynn J. C., Horng M.-M., Schwende F. J.,



- Ruwart M. J., Zipp G. L., Chong K.-T., Dolak L. A., Toth L. N., Howard G. M., Rush B. D., Wilkinson K. F., Possert P. L., Dalga R. J., Hinshaw R. R. Use of medium-sized cycloalkyl rings to enhance secondary binding: Discovery of a new class of human immunodeficiency virus (HIV) protease inhibitors. *J. Med. Chem.*, 1995, vol. 38, no. 11, pp. 1884–1891. <https://doi.org/10.1021/jm00011a008>
8. Nikulin A. V., Burashnikova M. M., Vasilkova N. O., Krivenko A. P. Electrochemical synthesis of substituted 2-amino-4H-chromen-3-carbonitriles based on cross-conjugated dienone derivatives of cyclohexane and malononitrile. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2024, vol. 24, iss. 3, pp. 240–248 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-3-240-248>, EDN: BBSFUK

Поступила в редакцию 12.02.2026; одобрена после рецензирования 20.02.2026; принята к публикации 27.02.2026
The article was submitted 12.02.2026; approved after reviewing 20.02.2026; accepted for publication 27.02.2026