



Научная статья

УДК 547-327:547.756

DOI: 10.52957/27821900_2022_02_17

СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ 1,3-ДИГИДРОПИРРОЛО[3,4-F]ИНДОЛ-2,5,7-ТРИОНОВ

Ж. В. Чиркова, С. И. Филимонов, Е. С. Макарова, М. В. Кабанова

Жанна Вячеславовна Чиркова, д-р хим. наук, профессор; Сергей Иванович Филимонов, д-р хим. наук, профессор; Елена Сергеевна Макарова, ассистент, аспирант; Мария Валерьевна Кабанова, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия, chirkovazhv@ystu.ru

Ключевые слова:

азид натрия, 5-нитро-4-фенацилфталонитрилы, серная кислота, перегруппировка Шмидта, изоиндол-1,3-дионы

Аннотация. Разработан метод получения функциональных производных изоиндол-1,3-дионов на основе 5-нитро-4-фенацилфталонитрилов с использованием перегруппировки Шмидта.

Для цитирования:

Чиркова Ж.В., Филимонов С.И., Макарова Е.С., Кабанова М.В. Синтез замещенных 1,3-дигидропирроло[3,4-f]индол-2,5,7-трионов // *От химии к технологии шаг за шагом*. 2022. Т. 3, вып. 2. С. 17-23. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2022tom3no2>

Введение

Взаимодействие кетонов различного строения с азидоводородной кислотой известно как перегруппировка Шмидта. Данная реакция широко применима в органическом синтезе [1] для получения разнообразных амидов, в том числе и изомерного строения [2, 3], а также аналогов натуральных продуктов [4, 5]. Однако в литературе не описано ее применение для перегруппировок кетонов, содержащих изоиндол-1,3-дионовый или фталонитрильный фрагмент. Из литературы известно, что различные замещенные изоиндол-1,3-дионы или фталимиды могут применяться в качестве лекарственных препаратов (наиболее известным среди них является талидомид [6]), ингибиторов некоторых ферментов, применяемых для терапии различных форм рака [7-9]. Кроме того, известно использование этих соединений для лечения болезни Альцгеймера [10] и разнообразных форм депрессий [11], а также применение в качестве противовоспалительных средств [12]. Обобщая вышесказанное, можно заключить, что азотсодержащие гетероциклические системы различного строения до сих пор привлекают внимание химиков-синтетиков [13-16].

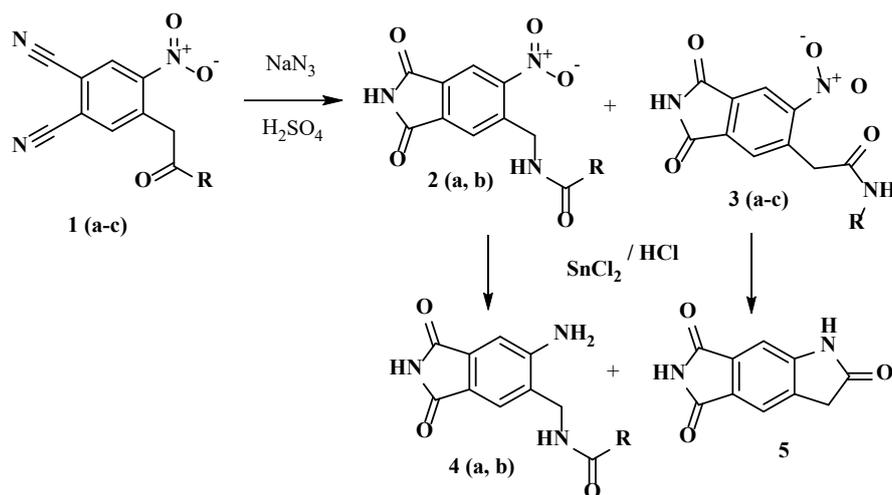
Целью данной работы является разработка метода синтеза замещенных амидов, содержащих изоиндол-1,3-дионовый фрагмент, с использованием перегруппировки Шмидта в присутствии серной кислоты и изучение свойств синтезированных



соединений. Ранее нами был разработан метод синтеза подобных амидов с использованием полифосфорной кислоты (ПФК) [17]. С точки зрения экономики, замена ПФК серной кислотой является технологически более привлекательной, поскольку приводит к снижению себестоимости целевых продуктов.

Основная часть

Для перегруппировки Шмидта часто используют кетоны различной структуры и азид натрия в присутствии кислот Бренстеда или Льюиса [18], выступающих иногда в качестве растворителей [1, 19] и являющихся промоторами. Для достижения поставленной цели нами было предложено использовать ранее синтезированные 5-нитро-4-фенацилфталонитрилы [20] в реакции Шмидта. Взаимодействие субстратов **1 (a-c)** с двукратным избытком азидата натрия в присутствии 80%-ной H_2SO_4 осуществлялось при температуре 90-100 °С в течение 3.5-5 ч. В данном случае одновременно протекали неселективная перегруппировка Шмидта по карбонильной группе и гидролиз двух цианогрупп 5-нитро-4-фенацилфталонитрилов до соответствующих изоиндол-1,3-дионов (т.н. *one-pot* - реакция) (см. схему ниже).



1 - 4: **a** - $R=C_6H_5$; **b** - $R=4-MeC_6H_4$; **c** - $R=4-MeOC_6H_4$

Нами было установлено, что при использовании серной кислоты в качестве растворителя, так же как и в случае применения ПФК, образовывалась смесь изомерных продуктов **2 (a, b)** и **3 (a, b)**. Только лишь в случае субстрата **1c** ($R=4-MeOC_6H_4$) наблюдалось доминирующее образование амида **3c** (более 95%). Варьирование температурного режима реакции не оказывало существенного влияния на соотношение изомеров (определялось по характерным сигналам амидных протонов в спектрах ЯМР 1H). Кроме того, следует отметить, что при увеличении температуры реакции выше 100 °С происходит дальнейший гидролиз изоиндол-1,3-дионов, приводящий к образованию дикарбоновых кислот с выходом до 15%. Ранее нами было показано, что при длительном нагревании 5-нитро-4-фенацилфталонитрилов **1 (a-c)** в серной кислоте протекает гидролиз цианогрупп с образованием соответствующих дикарбоновых кислот [21].

В общем случае рассматриваемую реакцию можно разделить на две: первая – гидролиз цианогрупп 5-нитро-4-фенацилфталонитрилов до соответствующих изоиндол-

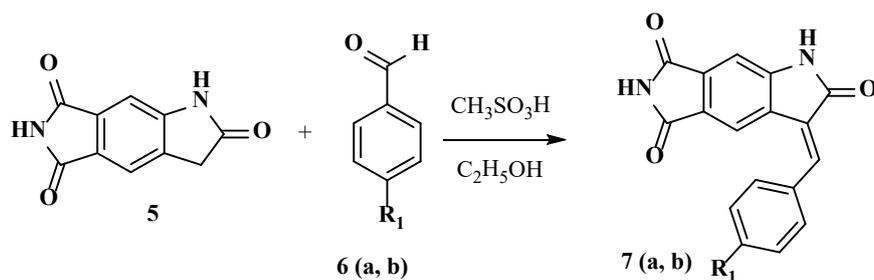


1,3-дионон, вторая - перегруппировка Шмидта образовавшихся изоиндол-1,3-дионон в условиях реакции. При этом было отмечено, что гидролиз цианогрупп является более медленной стадией, поэтому для проведения *one-pot*-реакции наиболее приемлемыми оказались вышеуказанные условия.

Разделение смеси изомерных амидов **2** и **3** оказалось достаточно сложной задачей. Несмотря на это, после восстановления смеси указанных продуктов хлоридом олова по описанной ранее методике [20] наблюдалось образование аминов **4** (**a**, **b**) и пирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(1*H*,3*H*,6*H*)-триона **5**. Оказалось, что эти соединения можно легко разделить перекристаллизацией из спирта, поскольку структура **5** в нем мало растворима. Образование пирролоиндола **5** при восстановлении амидов **3** (**a-c**), вероятно, объясняется тем, что в условиях реакции протекает внутримолекулярное переаминирование с последующим элиминированием ароматического амина.

Строение синтезированных соединений **2**, **3** и **4** подтверждено данными ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрией и совпадает с аналогичными соединениями, синтезированными по методике [17], выход указанных продуктов также незначительно отличается от полученных ранее.

Пирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7-трион **5** представлял наибольший интерес как потенциальный билдинг-блок для создания БАВ, поэтому были исследованы его химические свойства на примере альдольно-кетоновой конденсации с ароматическими альдегидами при кислотном катализе. Взаимодействие пирролоиндола **5** с соединениями **6** (**a**, **b**) проводили в спирте в присутствии каталитических количеств метансульфоновой кислоты при температуре 60–80 °С течение 2.5–3.5 ч (см. схему ниже). В результате рассматриваемой реакции в качестве основных продуктов образовывались 3-замещенные 1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7-трионы **7** (**a**, **b**), которые, по данным ЯМР ¹H спектроскопии, представляли собой смесь *E/Z*-изомеров в соотношении 1:2.



6, **7**: **a** - R=Cl; **b** - R=OMe

Структура всех синтезированных соединений доказана совокупностью данных ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрией. При восстановлении соединений **3** (**a-c**) во всех случаях наблюдалось образование пирролоиндолтриона **5** с характерными сигналами NH-протонов в области 10.94 м.д. и 11.09 м.д. Точное соотношение *E/Z*-изомеров структур **7** (**a**, **b**) также было сделано с использованием *NOESY*-спектра соединения **7a** (рис. 1). Для обоих изомеров наблюдается кросс-пик 1-NH/8-H протонов, а для *E*-изомера дополнительно наблюдается кросс-пик 4-H/2'6'-H протонов. В литературе имеются данные, что подобные реакции часто проходят региоселективно с образованием одного *Z*-изомера [22, 23] или *E*-изомера [24].

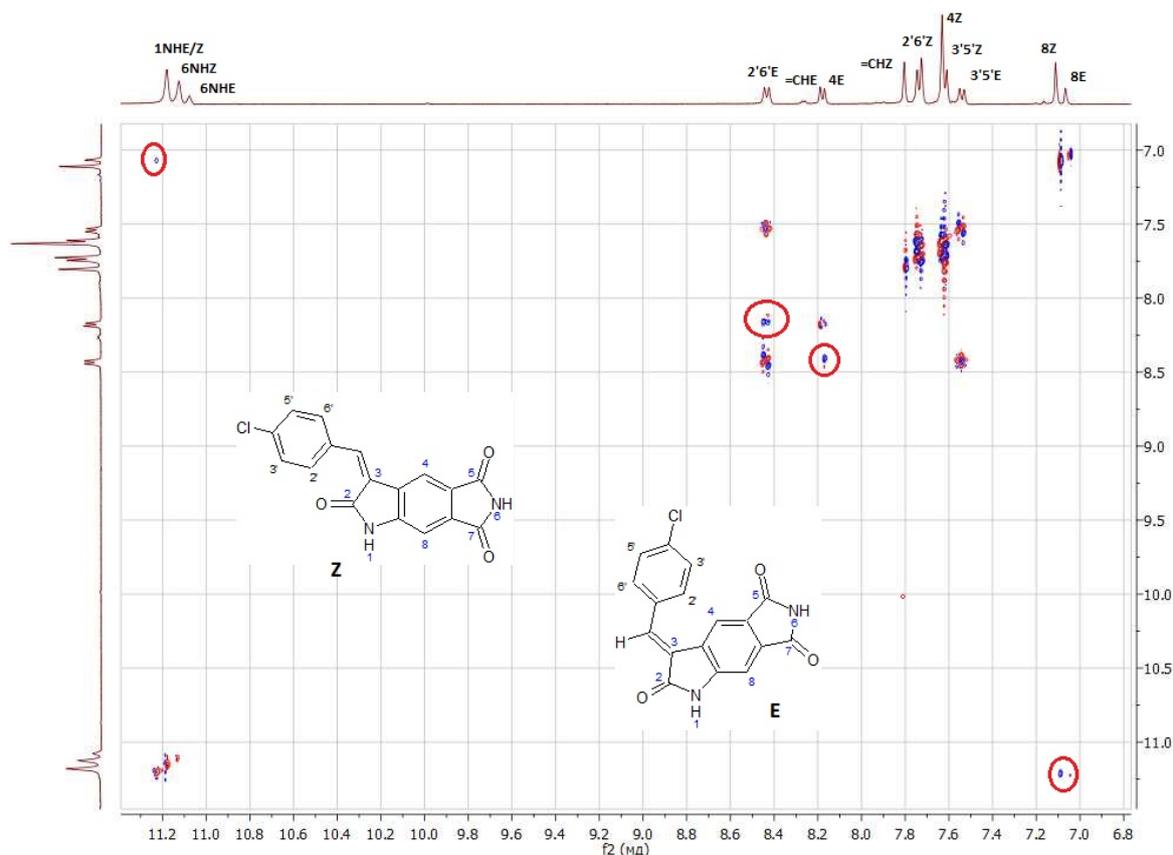


Рис. 1. Фрагмент NOESY-спектра соединения 7а

В результате проведенного исследования разработан метод синтеза замещенных амидов, содержащих изоиндол-1,3-дионовый фрагмент, с использованием перегруппировки Шмидта в присутствии серной кислоты и изучены свойства синтезированных соединений.

Экспериментальная часть

ИК-спектры записывали на приборе Фурье RX-1 PerkinElmer с длиной волны 700-4000 cm^{-1} . Анализируемые вещества находились в виде суспензии в вазелиновом масле.

Спектры ЯМР регистрировали на приборе «Bruker DRX-400» или «Bruker DRX-500» для растворов ДМСО- d_6 при 30 °С. В качестве эталона для отсчёта химических сдвигов использовали сигналы остаточных протонов растворителя в ЯМР ^1H (δ_{H} 2.50 м.д.) или ЯМР ^{13}C (δ_{C} 39.5 м.д.), в качестве маркера использовали сигнал тетраметилсилана.

Масс-спектры регистрировали на хромато-масс-спектрометре «FINNIGAN MAT.INCOS 50» и на масс-спектрометре высокого разрешения «KratosMS-30» (England) при ионизационном напряжении 70 эВ и температуре в камере ионизации 100–220 °С (ИОХ РАН г. Москва).

Элементный анализ проводился в аналитической лаборатории ИНЭОС РАН (г. Москва) на приборе «PerkinElmer 2400».

Температуру плавления фиксировали на аппарате для определения точки плавления и кипения «BüchiM-560».

**Методика синтеза соединений 2 (а, б) и 3 (а-с)**

К раствору 1 ммоль 5-нитро-4-фенацилфталонитрила **1 (а-с)** в 3 мл 80%-ной H_2SO_4 порционно добавляли 2 ммоль NaN_3 , реакционную смесь перемешивали в течение 3.5-5 ч при температуре 90-100 °С. Контроль реакции вели по ТСХ до исчезновения пятна исходного компонента. После завершения реакции смесь охлаждали до комнатной температуры. Реакционную массу выделяли в лед и отфильтровывали образовавшийся осадок смеси продуктов **2 (а, б)** и **3 (а-с)**.

Методика синтеза 1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(6*H*)-триона 5

К раствору 3 ммоль $SnCl_2$ в 2 мл концентрированной HCl и 2 мл $EtOH$ прибавляли смесь 0.5 ммоль соединений **2/3**, реакционную смесь перемешивали в течение 1-2 ч при 40–50 °С. Выпавший при охлаждении осадок отфильтровывали. Затем нагревали в 2-3 мл спирта до кипения. Нерастворившийся продукт отфильтровывали из горячего раствора и получали соединение **5**. Выход 67%, Т.пл. 298–300 °С. ИК-спектр, ν/cm^{-1} : 3237 (NH), 1770, 1725, 1706 (C=O), 1615 (Ar). Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z (Иотн (%)): 202 [M]⁺ (38), 173 (19), 155 (12). Спектр ЯМР 1H (ДМСО-*d*₆, δ , м.д., J/Гц): 3.65 (с, 2H, 3-CH₂); 7.08 (с, 1H, 8-H); 7.62 (с, 1H, 4-H); 10.94 (с, 1H, 1-NH); 11.09 (уш.с, 1H, 6-NH). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО-*d*₆, δ , м.д.): 35.95, 102.81, 119.11, 125.37, 132.14, 133.30, 149.19, 168.98, 169.24, 176.08. Найдено (%): C, 59.18; H, 2.97; N, 13.82. $C_{10}H_6N_2O_3$. Вычислено (%): C, 59.41; H, 2.99; N, 13.86.

Методика синтеза соединений 7 (а, б)

К раствору 1 ммоль соединения **5** в спирте прибавляли 1.5 ммоль альдегида **6 (а, б)** и 0.1 ммоль метансульфонокислоты, реакционную смесь перемешивали при температуре 60–80 °С течение 2.5–3.5 ч. Выпавший при охлаждении осадок соединений **7 (а, б)** отфильтровывали.

(*E*)-3-(4-хлорбензилиден)-1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(6*H*)-трион **7а**: Спектр ЯМР 1H (ДМСО-*d*₆, δ , м.д., J/Гц): 7.07 (с, 1H, 8-H), 7.54 (д, 2H, 3'-H, 5'-H, $J=8.1$), 8.17 (с, 1H, 4-H), 8.19 (с, 1H, =CH), 8.43 (д, 2H, 2'-H, 6'-H, $J=8.1$), 11.08 (уш. с, 1H, 8-NH), 11.18 (уш. с, 1H, 1-NH).

(*Z*)-3-(4-хлорбензилиден)-1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(6*H*)-трион **7а**: Спектр ЯМР 1H (ДМСО-*d*₆, δ , м.д., J/Гц): 7.11 (с, 1H, 8-H), 7.62 (д, 2H, 3'-H, 5'-H, $J=8.1$), 7.63 (с, 1H, =CH), 7.74 (д, 2H, 2'-H, 6'-H, $J=8.1$), 7.81 (с, 1H, 4-H), 11.12 (уш. с, 1H, 8-NH), 11.18 (уш. с, 1H, 1-NH).

Выход 83%, Т.пл. 387-388 °С. Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z (Иотн (%)): 326 [M]⁺ (32), 324 [M]⁺ (100), 225 (39), 213 (54), 190 (18), 163 (23), 109 (18), 44 (33).

(*E*)-3-(4-метоксибензилиден)-1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(6*H*)-трион **7б**: Спектр ЯМР 1H (ДМСО-*d*₆, δ , м.д., J/Гц): 3.88 (с, 3H, OMe), 7.09 (с, 1H, H-8), 7.15 (д, 2H, 3'-H, 5'-H, $J=8.5$), 7.78 (д, 2H, 2'-H, 6'-H, $J=8.5$), 7.88 (с, 1H, =CH), 8.24 (с, 1H, H-4), 11.10 (с, 1H, 8-NH), 11.18 (с, 1H, 1-NH).

(*Z*)-3-(4-метоксибензилиден)-1,3-дигидропирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7(6*H*)-трион **7б**: Спектр ЯМР 1H (ДМСО-*d*₆, δ , м.д., J/Гц): 3.87 (с, 3H, OMe), 7.10 (с, 1H, H-8), 7.14 (д, 2H, 3'-H, 5'-H, $J=8.5$), 7.16 (с, 1H, =CH), 7.78 (д, 2H, 2'-H, 6'-H, $J=8.5$), 7.90 (с, 1H, H-4), 11.18 (с, 1H, 8-NH), 11.20 (с, 1H, 1-NH),



Выход 76%, Т.пл. 393-394 °С. Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z (Iон (%)): 320 $[M]^+$ (100), 289 (15), 213 (48), 107 (18), 44 (33).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Thigulla Ya., Ranga S., Ghosal S., Subbalakshmi J., Bhattacharya A.** One-Pot Two Step Nazarov-Schmidt Rearrangement for the Synthesis of Fused δ -Lactam Systems // *Chem. Select.* 2017. Vol. 2, iss. 30. P. 9744-9750. DOI: 10.1002/slct.201701848. URL: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/slct.201701848>
2. Organic azides: syntheses and applications / S. Bräse, K. Banert (Eds.). John Wiley & Sons. 2010. DOI: 10.1002/9780470682517. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470682517.ch4>
3. **Lang S., Murphy J.A.** Azide rearrangements in electron-deficient systems // *Chem. Soc. Rev.* 2006. Vol. 35, iss. 2. P. 146-156. DOI: 10.1039/B505080D. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/article-landing/2006/cs/b505080d/unauth>
4. **Ding S. L., Ji Y., Su Y., Li R., Gu P.** Schmidt Reaction of ω -Azido Valeryl Chlorides Followed by Intermolecular Trapping of the Rearrangement Ions: Synthesis of Assoanine and Related Pyrrolophenanthridine Alkaloids // *J. Org. Chem.* 2019. Vol. 84, iss. 4. P. 2012-2021. DOI: 10.1021/acs.joc.8b03018. URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.joc.8b03018>
5. **Nyfelner E., Renaud Ph.** Intramolecular Schmidt Reaction: Applications in Natural Product Synthesis // *Chimia.* 2006. Vol. 60, no. 5. P. 276-284. DOI: 10.2533/000942906777674714. URL: https://chimie.ch/chimia/article/view/2006_276/3453
6. **Zou H., Zhou L., Li Y., Cui Y., Zhong H., Pan Z., Yang Zh., Quan J.** Benzo[e]isoindole-1,3-diones as potential inhibitors of glycogen synthase kinase-3 (GSK-3). Synthesis, kinase inhibitory activity, zebrafish phenotype, and modeling of binding mode // *J. Med. Chem.* 2010. Vol. 53, iss. 3. P. 994-1003. DOI: 10.1021/jm9013373. URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jm9013373>
7. **Figg W. D., Raje S., Bauer K. S., Tompkins A., Venzon, D., Bergan R., Chen A., Hamilton M., Pluda J., Reed E.** Pharmacokinetics of thalidomide in an elderly prostate cancer population // *J. Pharm. Sci.* 2000. Vol. 88, iss. 1. P. 121-125. DOI: 10.1021/js980172i. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1021/js980172i>
8. **Ouenadio F., Walchshofer N., Trentesaux C., Barret R., Paris J.** Synthesis and antiproliferative activity of [2-(phthaloylamino)alkyl]triphenyl phosphonium derivatives against K562 cell line // *Anti-Cancer Drugs.* 2001. Vol. 12, iss. 7. P. 603-606. DOI: 10.1097/00001813-200108000-00007. URL: https://journals.lww.com/anti-cancerdrugs/Abstract/2001/08000/Synthesis_and_antiproliferative_activity_of.7.aspx
9. **Sansom G. N., Kirk N. S., Guise C. P., Anderson R. F., Smaill J. B., Patterson A. V., Kelso M. J.** Prototyping kinase inhibitor-cytotoxin anticancer mutual prodrugs activated by tumour hypoxia: A chemical proof of concept study // *Bioorg Med. Chem. Lett.* 2019. Vol. 29, iss. 10. P. 1215-1219. DOI: 10.1016/j.bmcl.2019.03.015. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X19301441>
10. **Lee H. J., Lim S. J., Oh S. J., Moon D. H., Kim D. J., Tae J., Yoo K. H.** Isoindol-1,3-dione and isoindol-1-one derivatives with high binding affinity to β -amyloid fibrils // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2008. Vol. 18, iss. 5. P. 1628-1631. DOI: 10.1016/j.bmcl.2008.01.066. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X08000838>
11. **Chirkova Z.V., Kabanova M.V., Filimonov S.I., Abramov I.G., Petzer A., Petzer J.P., Firgang S.I., Suponitsky K. Y.** Inhibition of monoamine oxidase by indole-5, 6-dicarbonitrile derivatives // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2015. Vol. 25, iss. 6. P. 1206-1211. DOI: 10.1016/j.bmcl.2015.01.061. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X15000827>
12. **Meng X. B., Han D., Zhang S. N., Guo W., Cui J. R., Li Z. J.** Synthesis and anti-inflammatory activity of N-phthalimidomethyl 2, 3-dideoxy-and 2, 3-unsaturated glycosides // *Carbohydr. Res.* 2007. Vol. 342, iss. 9. P. 1169-1174. DOI: 10.1016/j.carres.2007.03.009. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008621507001334>
13. **Kabanova M.V., Makarova E.S., Chirkova Z.V., Filimonov S.I.** Simplified method for obtaining 3-bromindol-5,6-dicarbonitrils from 1-hydroxyindol-5,6-dicarbonitriles // *From Chemistry Towards*



- Technology Step-By-Step*. 2021. Vol. 2, no. 1. P. 111-115. DOI: 10.52957/27821900_2021_01_111. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2021tom2no1>
14. **Abramov I.G., Karpov R.Z.** Synthesis of 4-heterylamino-5-nitrophthalonitriles based on 4-bromo-5-nitrophthalonitrile // *From Chemistry Towards Technology Step-By-Step*. 2020. Vol. 1, no. 1. P. 62-67. DOI 10.52957/27821900_2020_01_62. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2020tom1n1>
 15. **Kotov A.D., Kunichkina A.S., Proskurina I.K.** Transformation of 5-halogen-3-aryl-2,1-benzisoxazoles into quinazolines // *From Chemistry Towards Technology Step-By-Step*. 2021. Vol. 2, no. 4. P. 81-84. DOI: 10.52957/27821900_2021_04_81. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2021-2-4>
 16. **Filimonov S.I., Makarova E.S., Chirkova Z.V., Kabanova M.V.** Diastereomeric composition of the reaction of the formation of hexahydro-5H-chomeno[4,3-d]pyridin-5-ones // *From Chemistry Towards Technology Step-By-Step*. 2022. Vol. 3, no. 1. P. 131-138. DOI: 10.52957/27821900_2022_01_131. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2022tom3no1>
 17. **Slastikhina P.V., Chirkova Z.V., Kabanova M.V., Abramov I.G., Filimonov S.I., Begunov R.S., Suponitsky K.Y.** Synthesis of substituted isoindole-1,3-diones with an amide fragment using the Schmidt rearrangement // *Rus. Chem. Bull.* 2020. Vol. 69. P. 2378-2382. DOI: 10.1007/s11172-020-3027-9. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11172-020-3027-9#citeas>
 18. **Desai P., Schildknecht K., Agrios K.A., Mossman C., Milligan G.L., Aube J.** Reactions of alkyl azides and ketones as mediated by Lewis acids: Schmidt and Mannich reactions using azide precursors // *J. Am. Chem. Soc.* 2000. Vol. 122, iss. 30. P. 7226-7232. DOI: 10.1021/ja000490v. URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja000490v>
 19. **Rokade B.V., Prabhu K.R.** Chemoselective Schmidt reaction mediated by triflic acid: selective synthesis of nitriles from aldehydes // *J. Org. Chem.* 2012. Vol. 77, iss. 12. P. 5364-5370. DOI: 10.1021/jo3008258. URL: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jo3008258>
 20. **Filimonov S.I., Chirkova Z.V., Abramov I.G., Firgang S.I., Stashina G.A., Strelenko Y.A., Suponitsky K.Y.** Base-induced transformations of ortho-nitrobenzylketones: intramolecular displacement of nitro group versus nitro-nitrite rearrangement // *Tetrahedron*. 2012. Vol. 68, iss. 30. P. 5991-5997. DOI: 10.1016/j.tet.2012.05.034. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040402012007260>
 21. **Chirkova Z.V., Kabanova M.V., Filimonov S.I., Abramov I.G., Petzer A., Petzer J.P., Suponitsky K.Y.** An evaluation of synthetic indole derivatives as inhibitors of monoamine oxidase // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2016. Vol. 26, iss. 9. P. 2214-2219. DOI: 10.1016/j.bmcl.2016.03.060. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X16302803>
 22. **Suthar Sh.K., Aggarwal V., Chauhan M., Sharma A., Bansal S., Sharma M.** Molecular docking and biological evaluation of hydroxysubstituted (Z)-3-benzylideneindolin-2-one chalcones for the lead identification as tyrosinase inhibitors // *Med. Chem. Res.* 2015. Vol. 24. P. 1331-1341. DOI: 10.1007/s00044-014-1225-4. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00044-014-1225-4>
 23. **Maroju S., Podila N.K., Velupula G., Chittimalla S., Pasad T.R.** Synthesis and Characterization of New (Z)-5-((1 H-1, 2, 4-Triazol-1-yl)methyl)-3-arylideneindolin-2-ones // *J. Heterocycl. Chem.* 2018. Vol. 56, iss. 1. P. 153-157. DOI: 10.1002/jhet.3389. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jhet.3389>
 24. **Tizzard G.J., Coles S.J., Edwards M., Onyeabo R.O., Allen M., Spencer J.** Synthesis and solid-state characterisation of 4-substituted methylidene oxindoles // *Chem. Central J.* 2013. Vol. 7, no. 1. P. 1-10. DOI: 10.1186/1752-153X-7-182. URL: <https://bmchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/1752-153X-7-182>

Поступила в редакцию 13.04.2022

Одобрена после рецензирования 06.06.2022

Принята к опубликованию 06.06.2022