



## ХИМИЯ

УДК 549.818.9'739'732:542.943

### Синтез новых селенорганических гетероциклических соединений: солей 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия

Д. Ю. Диренко, Я. Б. Древко, Б. И. Древко

Диренко Дмитрий Юрьевич, начальник научно-исследовательской испытательной лаборатории, Центральный научно-исследовательский испытательный институт Инженерных войск имени Д. М. Карбышева Минобороны России, Московская область, Красногорский район, пос. Нахабино, haron-11-ru@yandex.ru

Древко Ярослав Борисович, кандидат химических наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, drevko@list.ru

Древко Борис Иванович, доктор химических наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, drevkobi@mail.ru

Синтез новых гетероциклических селенорганических соединений представляет как теоретическую, так и практическую значимость из-за их высокой биологической активности. Известные методы синтеза шестичленных селенсодержащих гетероциклических соединений позволяют получить только моноарилзамещенные соли тетрагидроселенохромилия. В настоящем исследовании проведены реакции 2-(3-оксо-1,3-диарилпропил)циклогексанонов с селенидом водорода *in situ* в условиях кислотного катализа в среде диэтилового эфира и синтезированы новые соли 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия с выходами 28–50%. Полученные хлорцинкаты 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия практически не растворялись во всех известных и доступных растворителях, что не позволило провести ГХ/МС и ЯМР <sup>1</sup>Н анализы прямым способом, поэтому их идентифицировали, переводя в соответствующие перхлораты известным способом. В ходе анализов ЯМР <sup>1</sup>Н спектров перхлоратов 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия выявлено отсутствие противоречия с данными масс-спектрометрии. Данные ЯМР <sup>1</sup>Н показали, что в спектрах содержатся сигналы ароматических протонов в виде мультиплетов с химическим сдвигом в области 6.61–6.68 м.д. и 7.11–7.33 м.д. Наблюдаются мультиплеты метиленовых групп алициклического фрагмента молекулы с химическим сдвигом в области 0.81–0.92 м.д., 1.18–1.35 м.д., 1.45–1.82 м.д.

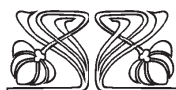
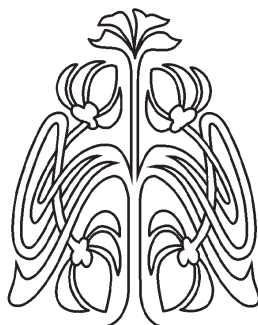
**Ключевые слова:** соли 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия, синтез, 2-(3-оксо-1,3-диарилпропил)циклогексаноны.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-4-9>

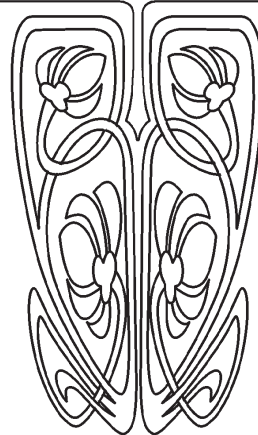
#### Введение

Селен является ультрамикрэлементом, который играет важную роль в жизнедеятельности человека и животных, и его соединения имеют высокую биологическую активность, поэтому синтез новых селенорганических соединений, а именно солей 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия, является актуальной задачей [1–7].

Известен ряд методов синтеза солей селенопирилия: с использованием газообразного селеноводорода [8, 9]; многостадийным синтезом на основе селенопиронов [10], которые сами получают



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





в несколько стадий с использованием супергидрида лития. Известен метод синтеза солей селенопирилия из арилалифатических или «семициклических» 1,5-дикетонов, основанный на реакции при условии кислотного катализа с селеноводородом, который получается непосредственно в реакционной среде из ZnSe [11, 12]. Недостатком данного метода являлись трудность получения 10–13 N растворов HCl в спиртах и осложнения, которые возникают при использовании «семициклических» 1,5-дикетонов, из-за чего были получены только моноарилзамещенные соли [11]. Наиболее приемлемым способом получения солей селенопирилия являлся синтез на основе взаимодействия арилзамещенных 1,5-дикетонов с селеноводородом, генерируемым *in situ* из селенида цинка в среде уксусной кислоты и диэтилового эфира в присутствии бромистого водорода, однако этим методом не удалось получить соли тетрагидроселенохромилия [13].

Нами была разработана и запатентована методика получения хлорцинкатов 2,4,6-триарилселенопирилия, которая отличалась высокими выходами конечного продукта [14]. Данная методика имела наименьшее количество манипуляций, а также требовала меньшего количества и номенклатуры реактивов. Реакция проводилась в растворе HCl в (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O, в котором соли селенопирилия нерастворимы. При таких условиях соли селенопирилия будут выпадать в виде осадка. Кроме того, диэтиловый эфир очень хорошо растворяет ZnCl<sub>2</sub>. Реакция с ZnSe протекает только при относительно высоких концентрациях HCl, которые достигались взаимодействием PCl<sub>5</sub> с H<sub>2</sub>O. При этом учитывалось, что эфирные растворы HCl не могут содержать последнего более 25% по массе и не должны содержать воды.

### Материалы и методы

Качественный и количественный анализ состава реакционных смесей, а также определение индивидуальности и идентификация получаемых соединений осуществлялись с помощью метода ГХ/МС. В работе использовался масс-селективный детектор HP 6890/5975 со следующими исходными условиями: T<sub>инж</sub> = 200° C; t<sub>нач</sub> = 3 мин; T<sub>нач</sub> = 50° C; T<sub>кон</sub> = 280° C; ΔT = 10° C/мин; газ-носитель – гелий, ν = 1 мл/мин. Анализ методом ТСХ выполняли на пластинах ПТСХ, элюент: гексан – эфир, 5 : 1, и гексан – эфир – хлороформ, 3 : 1 : 1, проявитель – пары йода. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H записывались на приборе Bruker AV 400 при температуре 20–25° C. Рабочая частота – 400 МГц. Внутренний стандарт – тетраметилсилан, растворитель – дейтерохлороформ.

К 25 мл сухого диэтилового эфира при постоянном перемешивании и охлаждении добавляют 1,69 моль хлорида фосфора (V). Затем в систему по каплям добавляют 2,03 мл дистиллированной воды. В полученную реакционную массу добавляют смесь 0,004 моль 2-(3-оксо-1,3-диарилпропил) циклогексанона (1–4) и 0,005 молей селенида цинка. Перемешивают в течение 15 суток. Реакцию проводят до исчезновения исходного дикетона по ТСХ. После проведения реакции выпавшую соль отфильтровывают на фильтре Шота, промывают сухим диэтиловым эфиром (35–45 мл) и сушат.

Хлорцинкат 2,4-дифенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (5). Выход 28%. T<sub>пл</sub> 160–162° C. Элементный анализ: найдено, %: C 72.78; H 5.01. C<sub>21</sub>H<sub>19</sub>SeCl<sub>3</sub>Zn. Вычислено, %: C 72.00; H 5.43.

Хлорцинкат 2-(4-метоксифенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (6). Выход 50%. T<sub>пл</sub> 175–177° C. Элементный анализ: найдено, %: C 70.08; H 5.11. C<sub>22</sub>H<sub>21</sub>SeOCl<sub>3</sub>Zn. Вычислено, %: C 69.47; H 5.53.

Хлорцинкат 2-(4-хлорфенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (7). Выход 40%. T<sub>пл</sub> 189–191° C. Элементный анализ: найдено, %: C 66.08; H 4.11. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>SeCl<sub>4</sub>Zn. Вычислено, %: C 65.63; H 4.69.

Хлорцинкат 4-(4-парабромфенил)-2-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (8). Выход 37%. T<sub>пл</sub> 186–188° C. Элементный анализ: найдено, %: C 57.98; H 4.91. C<sub>21</sub>H<sub>18</sub>SeBrCl<sub>3</sub>Zn. Вычислено, %: C 58.74; H 4.20.

К 0,0016 моль соли хлорцинка 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (5–8) прикапывают 20 мл 57% хлорной кислоты. Нагревают полученную реакционную массу на водяной бане в течение 20 мин до полного растворения осадка. Затем смесь охлаждают, выпавший осадок отфильтровывают на фильтре Шота и промывают 10 мл диэтилового эфира.

Перхлорат 2,4-дифенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (9). Выход 42%. T<sub>пл</sub> 126–128° C. Элементный анализ: найдено, %: C 56.79; H 3.72. C<sub>21</sub>H<sub>19</sub>SeO<sub>4</sub>Cl. Вычислено, %: C 56.00; H 4.22. ЯМР <sup>1</sup>H спектр (400 МГц, CDCl<sub>3</sub>), δ, м.д.: 0.81–0.92 (м., 2H, CH<sub>2</sub>); 1.18–1.35 (м., 1H, CH<sub>2</sub>); 1.45–1.82 (м., 1H, CH<sub>2</sub>); 6.61–6.68 (м., 2H, H Ar); 7.11–7.33 (м., 8H, H Ar), 7.53 м.д. (уш. с., 1H, β-H). МС (ЭУ): m/z 450 (M)<sup>+</sup>.

Перхлорат 2-(4-метоксифенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (10). Выход 33%. T<sub>пл</sub> 130–132° C. Элементный анализ: найдено, %: C 54.39; H 4.87. C<sub>22</sub>H<sub>21</sub>SeO<sub>5</sub>Cl. Вычислено, %: C 55.00; H 4.38. ЯМР <sup>1</sup>H спектр



(400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.83–0.94 (м., 2H,  $\text{CH}_2$ ); 1.18–1.35 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 1.46–1.83 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 3.85 (с, 3H, O  $\text{CH}_3$ ); 6.62–6.69 (м., 2H, H Ar); 7.12–7.34 (м., 8H, H Ar), 7.53 м.д. (уш. с., 1H,  $\beta$ -H). МС (ЭУ):  $m/z$  480 (M)<sup>+</sup>.

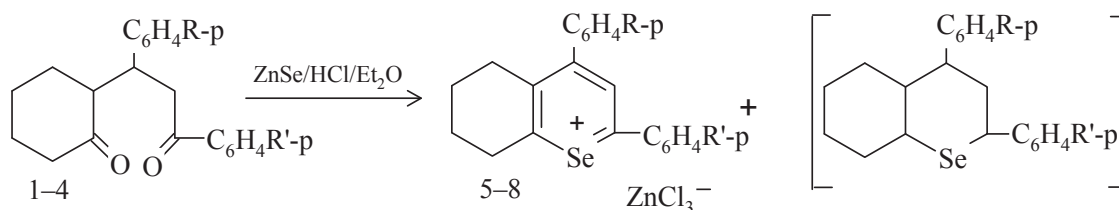
Перхлорат 2-(4-хлорфенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (11). Выход 38%.  $T_{\text{пл}}$  158–160° С. Элементный анализ: найдено, %: С 52.45; Н 3.14.  $\text{C}_{21}\text{H}_{18}\text{SeO}_4\text{Cl}_2$ . Вычислено, %: С 51.96; Н 3.71. ЯМР  $^1\text{H}$  спектр (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.82–0.93 (м., 2H,  $\text{CH}_2$ ); 1.19–1.36 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 1.46–1.84 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 6.62–6.69 (м., 2H, H Ar); 7.12–7.35 (м., 8H, H Ar), 7.54 м.д. (уш. с., 1H,  $\beta$ -H). МС (ЭУ):  $m/z$  484 (M)<sup>+</sup> (для  $\text{Se}^{80}\text{Cl}^{35}$ ,  $\text{Se}^{78}\text{Cl}^{37}$ ).

Перхлорат 4-(4-бромфенил)-2-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (12). Выход 40%.

$T_{\text{пл}}$  143–145° С. Элементный анализ: найдено, %: С 47.99; Н 2.87.  $\text{C}_{21}\text{H}_{18}\text{SeO}_4\text{BrCl}$ . Вычислено, %: С 47.64; Н 3.40. ЯМР  $^1\text{H}$  спектр (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ ),  $\delta$ , м.д.: 0.81–0.93 (м., 2H,  $\text{CH}_2$ ); 1.17–1.34 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 1.44–1.82 (м., 1H,  $\text{CH}_2$ ); 6.60–6.67 (м., 2H, H Ar); 7.10–7.34 (м., 8H, H Ar), 7.54 м.д. (уш. с., 1H,  $\beta$ -H). МС (ЭУ):  $m/z$  528 (M)<sup>+</sup> (для  $\text{Se}^{80}\text{Br}^{79}$ ,  $\text{Se}^{78}\text{Br}^{81}$ ).

### Результаты и их обсуждение

Мы решили воспользоваться основами методики, разработанной для синтеза триарилзамещенных солей селенопирилия [14], для получения из 2-(3-оксо-1,3-диарилпропил)циклогексанонов солей 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия, которые до настоящего времени в литературе не описаны. Реакция протекала по следующей схеме.



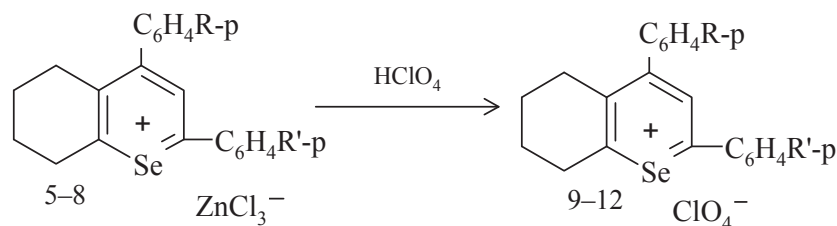
1,5 R=R'=H; 2,6 R=H, R'=OCH<sub>3</sub>; 3,7 R=H, R'=Cl; 4,8 R=Br, R'=H

В реакционной среде, содержащей  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$  и HCl, скорость растворения ZnSe (с выделением  $\text{H}_2\text{Se}$ ) высока, однако ниже скорости реакции гетероциклизации, что обеспечивает безопасные условия при проведении такого эксперимента.

Селенодекалины, которые должны были получаться в виде второго продукта реакции, в индивидуальном состоянии выделены не были из-за наличия в реакционной смеси большого количества примесей восстановленных продуктов. Их удалось идентифицировать только хроматографическим методом, имея в качестве стандартного образца селенодекалина, полученные ионным гидрированием [15] соответствующих 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидро-4H-селенохроменов [16].

Применяя указанный способ, были получены хлорцинкаты: 2,4-дифенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (5), 2-(4-метоксифенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (6), 2-(4-хлорфенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (7), 4-(4-бромфенил)-2-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (8) с выходами 28–50%, которые практически не растворялись во всех известных и доступных растворителях, что не позволило провести ГХ/МС и ЯМР  $^1\text{H}$  анализы прямым способом, поэтому их идентифицировали, переводя в соответствующие перхлораты.

Синтез перхлоратов проводили по методикам, разработанным для триарилзамещенных солей селенопирилия [11].



5,9 R=R'=H; 6,10 R=H, R'=OCH<sub>3</sub>; 7,11 R=H, R'=Cl; 8,12 R=Br, R'=H



В ходе анализов ЯМР  $^1\text{H}$  спектров соединений **9–12** выявлено отсутствие противоречия с данными масс-спектрометрии. Данные ЯМР  $^1\text{H}$  показали, что в спектрах содержатся сигналы ароматических протонов в виде мультиплетов с химическим сдвигом в области 6.61–6.68 м.д. и 7.11–7.33 м.д. Наблюдаются мультиплеты метиленовых групп алициклического фрагмента молекулы с химическим сдвигом в области 0.81–0.92 м.д., 1.18–1.35 м.д., 1.45–1.82 м.д. У соединения **9** был зафиксирован сигнал  $\beta$ -протона в виде уширенного синглета с химическим сдвигом 7.53 м.д. При проведении анализа методом ГХ/МС перхлораты 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия аналогично моноциклическим солям селенопирилия [17] претерпевали термическую перегруппировку на инжекторе хроматографа с образованием соответствующих 4,5-тетраметил-2-ароилселенофенов.

Таким образом, нами были получены соответствующие соли: перхлорат 2,4-дифенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (**9**) (выход 42%), перхлорат 2-(4-метоксифенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (**10**) (выход 33%), перхлорат 2-(4-хлорфенил)-4-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (**11**) (выход 38%) и перхлорат 4-(4-бромфенил)-2-фенил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромилия (**12**) (выход 40 %), которые были идентифицированы при помощи методов ГХ/МС, ЯМР  $^1\text{H}$  и элементного анализа.

### Список литературы

1. *Ha Herena Y., Alfulajj Naghum, Berry Marla J., Seale Lucia A.* From Selenium Absorption to Selenoprotein Degradation // *Biological Trace Element Research*. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019. DOI: 10.1007/s12011-019-01771-x
2. *Ying Huimin, Zhang Yan.* Systems Biology of Selenium and Complex Disease // *Biological Trace Element Research*. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019. DOI: 10.1007/s12011-019-01781-9
3. *De Rosa Viviana, Pinar Erkekog Lu, Forestier Anne, Favie Alain, Hincal Filiz, Diamond Alan M., Douki Thierry, Rachidi Walid.* Low doses of selenium specifically stimulate the repair of oxidative DNA damage in LNCaP prostate cancer cells // *Free Radical Research*. 2012. February. Vol. 46, № 2. P. 105–115. DOI: 10.3109/10715762.2011.647009
4. *Sneddon Alan A.* Selenium and vascular health // *Pure Appl. Chem*. 2012. Vol. 84, № 2. P. 239–248. DOI: 10.1351/PAC-CON-11-09-01
5. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Селен / Всемирная организация здравоохранения. Женева, 1989. 270 с.
6. *Панкратов А. Н., Цивилева О. М., Цымбал О. А., Древо Я. Б., Гумский Р. С., Маракаева А.В.* Выяснение возможности взаимодействия органических селенидов и соли дигидроселенохромилия с дифенилпикрилгидразилом // *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология*. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 39–49. DOI: 10.18500/1816-9775-2019-19-1-39-49
7. *Федотова О. В., Линькова Е. И., Назаров В. А., Леонтьев Ю. Г., Гусакова Н. Н.* Новые селеноорганические соединения как биологически активные вещества для повышения стресс-устойчивости зерновых и цветочных культур к тяжелым металлам // *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология*. 2012. Т. 12, вып. 1. С. 6–10.
8. *Kuthan J., Šcebek P., Böhlm S.* Developments in the chemistry of thiopyrans, selenopyrans, and teluropyrans // *Advances in Heterocyclic Chemistry*. 1994. Vol. 59. P. 179–244.
9. *Doddi G., Gianfranco E.* Thiopyrylium, Selenopyrylium, and Telluropyrylium Salts // *Advances in Heterocyclic Chemistry*. 1994. Vol. 60. P. 65–195.
10. *Detty M. R., Murray B. J., Seidberg M. D.* Preparation of 2,6-difenyл-4H-chalcogenopyran-4-ones // *J. Org. Chem*. 1982. Vol. 47. P. 1968–1969.
11. *Древо Б. И., Фоменко Л. А., Смушкин М. И., Жуков О. И., Харченко В. Г.* Синтез солей 5,6-полиметилселенопирилия // *Химия гетероцикл. соед.* 1994. № 4. С. 569.
12. *Sommen Geoffroy L., Thomae David.* Utility of Hydrogen Selenide and Its Related Salts for the Synthesis of Selenium-Containing Heterocycles // *Current Organic Synthesis*. 2010. Vol. 7, № 1. P. 44–61.
13. *Elsherbini M., Hamama W. S., Zoorob H. H.* Recent Advances in the Chemistry of Selenium-Containing Heterocycles : Six-Membered Ring Systems // *Coordination Chemistry Reviews*. 2017. Vol. 330. P. 110–126. DOI: 10.1016/j.ccr.2016.09.016
14. Пат. 2367658 Российская Федерация, МКП C07D 345/00. Способ получения хлорцинкатов 2,4,6-триарилселенопирилия / Б. И. Древо, Д. В. Тимофеев, Д. Ю. Диренко, А. В. Комиссаров, А. Ф. Алмаева. Заявл. 30.07.2007 № 2007129214/04; Опубл. 20.09.2009 // *Изобретения. Полезные модели*. 2009. Бюл. № 26.
15. *Putta V. P. R. K., Gujjarappa R., Tyagi U., Malakar C. C., Pujar P. P.* A metal and base-free domino protocol for the synthesis of 1,3-benzoselenazines, 1,3-benzothiazines and related scaffolds // *Organic & Biomolecular Chemistry*. 2019. Vol. 17, № 9. P. 2516–2528. DOI: 10.1039/c8ob03058h
16. *Ručilová V., Saural M.* Recent advances in the applications of triethylsilane in organic synthesis // *Synthesis*. 2018. Vol. 50, № 19. P. 3809–3824. DOI: 10.1055/s-0037-1610107
17. *Древо Б. И., Сучкова Е. В., Баранчикова Г. А., Мандыч В. Г.* Новая термическая перегруппировка солей 2,4,6-триарил(тио)селенопирилия // *Изв. Академии наук. Сер. химическая*. 2006. Т. 55, № 10. С. 1800–1801.



#### Образец для цитирования:

Диренко Д. Ю., Древкин Я. Б., Древкин В. И. Синтез новых селеноорганических гетероциклических соединений: солей 2,4-диарил-5,6,7,8-тетрагидроселенохромиллия // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-4-9>

### The Synthesis of New Organoselenium Heterocyclic Compounds: 2,4-Diaryl-5,6,7,8-Tetrahydro-selenochromilium's Salts

D. Yu. Drenko, Ya. B. Drevko, V. I. Drevko

Dmitriy Yu. Drenko, <https://orcid.org/0000-0001-7431-6313>, FSBE «CRTIMET» of the Russian Ministry of Defense, 2 Carbyshev St., Nahabino, Krasnogorskiy district, Moscow region 143432, Russia, haron-11-ru@yandex.ru

Yaroslav B. Drevko, <https://orcid.org/0000-0003-4007-2140>, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 335 Sokolovaya St., Saratov 410005, Russia, drevko@list.ru

Boris I. Drevko, <https://orcid.org/0000-0002-7025-1097>, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 335 Sokolovaya St., Saratov 410005, Russia, drevkobi@mail.ru

The synthesis of novel organoselenium heterocyclic compounds is of great theoretical and practical interest because of high biological activity. The known methods of synthesis of hexatomic selenium containing heterocyclic compounds allow us to obtain only monoaryl-substituted tetrahydro-selenochromilium salts. In this study, the reactions of 2-(3-oxo-1-aryl-3-phenylpropyl) cyclohexanones were carried out with hydrogen selenide in situ under conditions of acid catalysis in diethyl ether. Also the new 2,4-diaryl-5,6,7,8-tetrahydro-selenochromilium salts were synthesized with the corresponding yields of 28–50%. The synthesized 2,4-diaryl-5,6,7,8-tetrahydro-selenochromilium chlorozincate practically didn't dissolve in all known and available solvents. This fact didn't allow us to carry out the GC-MS and the <sup>1</sup>H NMR directly. Therefore, the salts were identified by converting them into the corresponding perchlorates using the known method. While analyzing <sup>1</sup>H NMR spectra of 2,4-diaryl-5,6,7,8-tetrahydro-selenochromilium perchlorates it was revealed that they were corresponded to the data of mass spectrometry. The data of <sup>1</sup>H NMR showed that the spectra contain the aromatic protons in the form of multiplets with chemical shifts in the fields of 6.61–6.68 ppm and 7.11–7.33 ppm. Also signals of multiplets of methylene groups of alicyclic fragment of the molecule with chemical shifts in the fields of 0.81–0.92 ppm, 1.18–1.35 and 1.45–1.82 ppm were observed.

**Keywords:** 2,4-Diaryl-5,6,7,8-tetrahydro-selenochromilium's salts; Synthesis; 2-(3-Oxo-1,3-diarylpropyl)cyclohexanones.

#### References

1. Ha Herena Y., Alfulaij Naghum, Berry Marla J., Seale Lucia A. From Selenium Absorption to Selenoprotein Degradation. *Biological Trace Element Research*. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019. DOI: 10.1007/s12011-019-01771-x
2. Ying Huimin, Zhang Yan. Systems Biology of Selenium and Complex Disease. *Biological Trace Element Research*. Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019. DOI: 10.1007/s12011-019-01781-9
3. De Rosa Viviana, Pinar Erkekog Lu, Forestier Anne, Favie Alain r, Hincal Filiz, Diamond Alan M., Douki Thierry, Rachidi Walid. Low doses of selenium specifically stimulate the repair of oxidative DNA damage in LNCaP prostate cancer cells. *Free Radical Research*, 2012, February, vol. 46, no. 2, pp. 105–115. DOI: 10.3109/10715762.2011.647009
4. Sneddon Alan A. Selenium and vascular health. *Pure Appl. Chem.*, 2012, vol. 84, no. 2, pp. 239–248. DOI: 10.1351/PAC-CON-11-09-01
5. *Gigienicheskie kriterii sostoyaniya okruzhayushchei sredy. Selen* [Hygienic Criteria of the Environment State. 58. Selenium]. Geneva, The World Health Organization, 1989. 270 p.
6. Pankratov A. N., Tsivileva O. M., Tsymbal O. A., Drevko Ya. B., Tumskii R. S., Marakaeva A. V. Exploration of Possibilities for Organic Selenides and Dihydro-selenochromilium Salt Interaction with Diphenylpicrylhydrazyl. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 39–49 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2019-19-1-39-49
7. Fedotova O. V., Lin'kova E. I., Nazarov V. A., Leontiev Yu. G., Gusakova N. N. Novel Selenium-Organic Compounds as Biologically Active Substances for Enhancing the Stress Stability of Grain and Flower Cultures to Heavy Metals. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2012. vol. 12, iss. 1. pp. 6–10 (in Russian).
8. Kuthan J., Šcebek P., Böhm S. Developments in the chemistry of thiopyrans, selenopyrans, and telluropyrans. *Advances in Heterocyclic Chemistry*, 1994, vol. 59, pp. 179–244.
9. Doddi G., Gianfranco E. Thiopyrylium, Selenopyrylium, and Telluropyrylium Salts. *Advances in Heterocyclic Chemistry*, 1994, vol. 60, pp. 65–195.
10. Detty M. R., Murray B. J., Seidberg M. D. Preparation of 2,6-difenyl-4H-chalcogenopyran-4-ones. *J. Org. Chem.*, 1982, vol. 47, pp. 1968–1969.
11. Drevko B. I., Fomenko L. A., Smuhskin M. I., Zhukov O. I., Kharchenko V. G. Synthesis of 5,6-polymethyleneselenopyryllium salts. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 1994, vol. 30, no. 6, pp. 503–504.
12. Sommen Geoffroy L., Thomae David. Utility of Hydrogen Selenide and Its Related Salts for the Synthesis of



- Selenium-Containing Heterocycles. *Current Organic Synthesis*, 2010, vol. 7, no. 1, pp. 44–61.
13. Elsherbini M., Hamama W. S., Zoorob H. H. Recent Advances in the Chemistry of Selenium-Containing Heterocycles: Six-Membered Ring Systems. *Coordination Chemistry Reviews*, 2017, vol. 330, pp. 110–126. DOI: 10.1016/j.ccr.2016.09.016
14. Pat. 2367658 RF, MPK C07D 345/00. Sposob polucheniya soley selenopyriliya [The method of obtaining salts zeelenopyrilia]. Drevko B. I., Timofeev D. V., Direnko D. Yu., Komissarov A. V., Almaeva A. F. Zayavleno 30.07.2007 № 2007129214/04; Published 20.09.2009, bull. № 26.
15. Putta V. P. R. K., Gujjarappa R., Tyagi U., Malakar C. C., Pujar P. P. A metal and base-free domino protocol for the synthesis of 1,3-benzoselenazines, 1,3-benzothiazines and related scaffolds. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 2019, vol. 17, no. 9, pp. 2516–2528. DOI: 10.1039/c8ob03058h
16. Ručilová V., Soural M. Recent advances in the applications of triethylsilane in organic synthesis. *Synthesis*, 2018, vol. 50, no. 19, pp. 3809–3824. DOI: 10.1055/s-0037-1610107
17. Drevko B. I., Suchkova E. V., Baranchikova G. A., Mandych V. G. New rearrangement of 2,4,6-triarylthio(seleno)pyrylium salts. *Russian Chemical Bulletin, International Edition*, 2006, vol. 55, no. 10, pp. 1800–1801 (in Russian).

**Cite this article as:**

Direnko D. Yu., Drevko Ya. B., Drevko B. I. The Synthesis of New Organoselenium Heterocyclic Compounds: 2,4-Diaryl-5,6,7,8-Tetrahydroselenochromilium's Salts. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 4–9 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-4-9>