

УДК 547.379

СИНТЕЗ ПИРИДИНИЕВЫХ СОЛЕЙ 2,6-ДИБРОМ-9-СЕЛЕНАБИЦИКЛО[3.3.1]НОНАНА, СОДЕРЖАЩИХ АЦЕТАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

© 2022 г. М. В. Мусалов^a, С. А. Живетьева^a, И. В. Шкурченко^{a, b},
С. В. Амосова^a, В. А. Потапов^{a, *}

^a ФГБУН «Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН», Россия, 664033 Иркутск, ул. Фаворского, 1

^b ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Россия, 664003 Иркутск, ул. К. Маркса, 1

*e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Поступила в редакцию 15.10.2021 г.

После доработки 10.11.2021 г.

Принята к публикации 14.11.2021 г.

На основе трансаннулярного присоединения дибромид селена к *цис,цис*-1,5-циклооктадиену и последующего взаимодействия с замещенными пиридинами разработан эффективный одnoreакторный способ получения неизвестного ранее семейства производных 2,6-дипиридиний-9-селенабицикло[3.3.1]нонана, содержащих ацетальные группы, с выходами 80–97%.

Ключевые слова: дибромид селена, 1,5-циклооктадиен, ацетали пиридинальдегидов, пиридиниевые соли, селенабицикло[3.3.1]нонан

DOI: 10.31857/S0514749222040085, **EDN:** ZFKXLD

Интерес ученых всего мира привлекает химия и биологическая активность органических соединений селена. В последние годы появилось много книг и обзоров по химии селенорганических соединений и их биологической активности, в которых раскрыт их большой потенциал для разработки новых препаратов [1–6]. Селенсодержащий препарат эбселен прошел клинические испытания и используется в качестве противовоспалительного средства, а также для лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и ишемического инсульта [7–9]. Недавно было показано, что эбселен проявляет высокую активность против COVID-19 [8, 9].

В связи необходимостью вакцинации населения от коронавируса, которая представляет собой важный способ защиты от COVID-19, разработка новых препаратов метаболической коррекции яв-

ляется актуальной задачей. Использование препаратов метаболической коррекции может значительно снизить побочные эффекты, возникающие при вакцинации.

Установлено, что полученная нами водорастворимая пиридиниевая соль 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана (**1**) является перспективным препаратом метаболической коррекции при вакцинации [10, 11]. Введение соединения **1** в организм экспериментальных животных значительно задерживает развитие патологических реакций под влиянием туляремийной вакцины и на порядок снижает реактогенность бруцеллезной вакцины [10]. Кроме этого, соединение **1** не проявляет токсичность [10] и обладает глутатионпероксидаза-подобной активностью, т.е. действует как катализатор разложения перекисных соединений в организме [11].

Одной из возможных нежелательных поствакцинальных реакций организма является окислительный стресс, который развивается в результате повышенной генерации клетками активных форм кислорода. Это также может привести к воспалительным и аллергическим реакциям, в основе которых лежит процесс перекисного окисления липидов.

Ранее нами осуществлена реакция трансаннулярного присоединения дигалогенидов селена к *цис,цис*-1,5-циклооктадиену с образованием 2,6-дигалоген-9-селенабицикло[3.3.1]нонанов с выходами, близким к количественным [12, 13]. Синтезированы несколько производных соединения **1** взаимодействием 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана (**2**) с замещенными пиридинами при нагревании до кипения в ацетонитриле [14].

Целью настоящей работы является развитие данного направления исследований и разработка эффективного способа получения ранее неизвестного семейства водорастворимых пиридиниевых солей 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана, содержащих ацетальные группы, – потенциальных веществ для метаболической коррекции вакцинального процесса. Известно, что пиридиниевые соли, содержащие различные функциональные группы, обладают разнообразной биологической активностью: противораковой, противовирусной, антибактериальной, противогрибковой [15–17]. Кроме этого, ряд пиридиниевых солей, содержащих ацетальные группы, проявляет высокую противопаразитарную активность [16, 17].

В качестве содержащих ацетальные группы пиридинов выбраны 3- и 4-(1,3-диоксолан-2-ил)пиридины **3**, **4**, 3- и 4-(1,3-диоксан-2-ил)пиридины **5**, **6** и 3- и 4-(дибутоксиметил)пиридины **7**, **8**. Соединения **3–8** синтезированы с выходами 81–90% взаимодействием 3- и 4-пиридинальдегидов соответственно с этиленгликолем, 1,3-пропиленгликолем и бутиловым спиртом по известной методике [18].

Нагревание дибромидов **2** с замещенными пиридинами **3–8** до кипения в ацетонитриле в течение нескольких часов приводило к целевым соединениям, однако в этих условиях процесс осложнялся образованием побочных продуктов. Одним из

источников побочных продуктов являлась параллельно протекающая реакция деацетализации, которая была наиболее заметна для (дибутоксиметил)пиридинов **7**, **8**.

Установлено, что реакция дибромидов **2** с замещенными пиридинами **3–6** эффективно протекает в ацетонитриле при комнатной температуре при увеличении продолжительности процесса до 40 ч. Выходы целевых продуктов **9–12**, водорастворимых пиридиниевых солей 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана, содержащих ацетальные группы, составляют 91–97%.

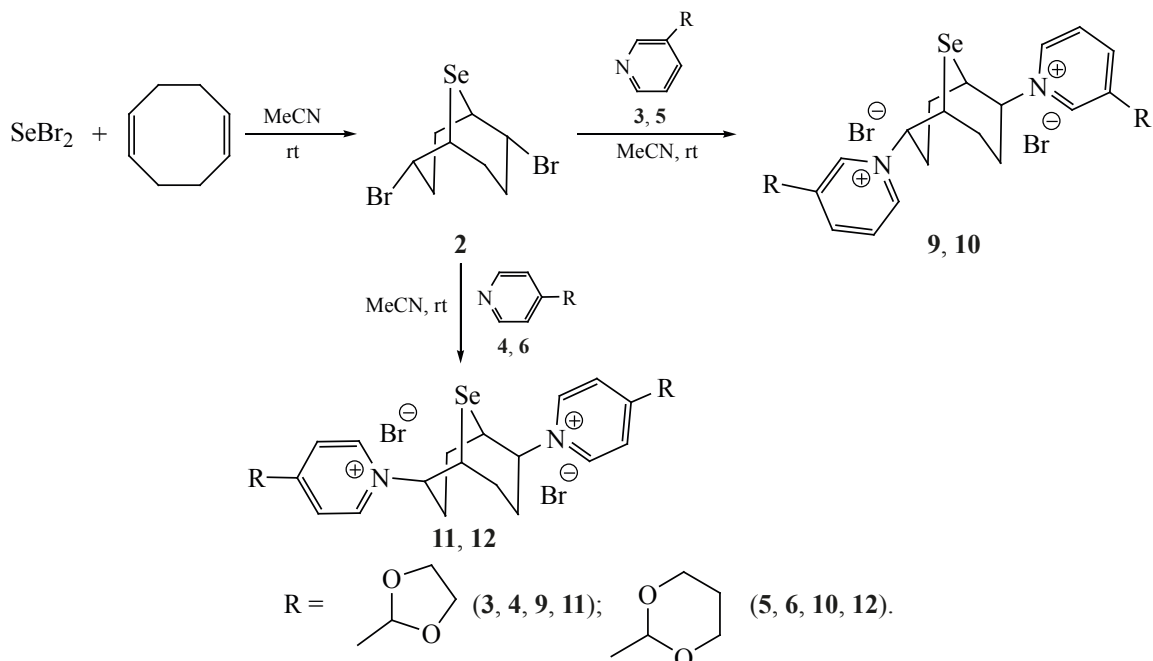
Разработан одnoreакторный способ получения соединений **9–12** с выходами 85–92% из дибромидов селена, *цис,цис*-1,5-циклооктадиена и пиридинов **3–6**. После протекания реакции трансаннулярного присоединения дибромидов селена к *цис,цис*-1,5-циклооктадиену в ацетонитриле, в реакционную смесь добавляли пиридины **3–6** и перемешивали при комнатной температуре в течение 45 ч. Выпавшие в осадок продукты **9–12** отделяли и сушили в вакууме (схема 1).

При проведении реакции в аналогичных условиях с ацеталями **7** и **8**, содержащими буютоксигруппы, образование осадка соответствующих солей не наблюдается. Как показывает анализ реакционной смеси методом ЯМР, остаток, образующийся после отгонки ацетонитрила, содержит целевую пиридиниевую соль, которая загрязнена побочными продуктами реакции.

Установлено, что реакция с содержащими буютоксигруппы ацеталями **7** и **8** селективно протекает в хлористом метиле. Разработан одnoreакторный способ получения соединений **13**, **14** с выходом 80–82% из дибромидов селена, *цис,цис*-1,5-циклооктадиена и пиридинов **7**, **8**. После получения дибромидов **2** в хлористом метиле, в реакционную смесь добавляли пиридины **7** или **8** и нагревали смесь до кипения (~40°C) с обратным холодильником в течение 8 ч. Затем растворитель отгоняли, остаток промывали гексаном и сушили в вакууме (схема 2).

Наиболее высокие выходы продуктов получены при использовании (1,3-диоксолан-2-ил)пиридинов **3**, **4**, а минимальные выходы (80–82%) – в реакциях с (дибутоксиметил)пиридинами **7**, **8**.

Схема 1

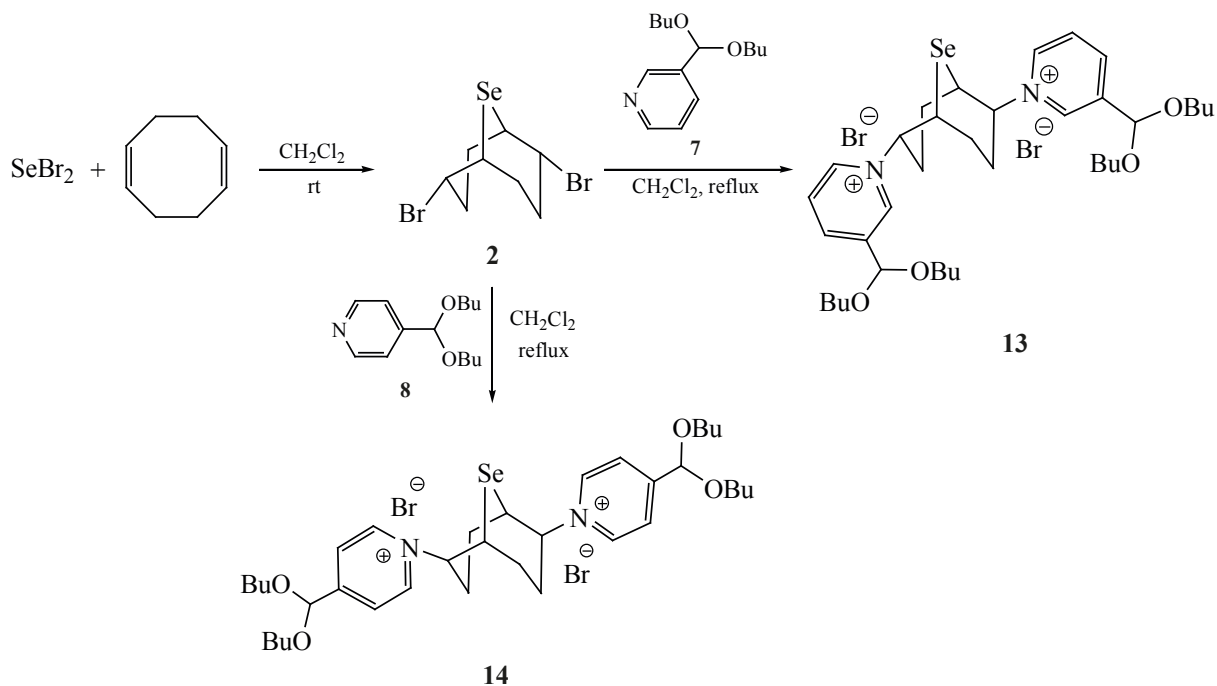


Следует отметить, что 3-замещенные пиридины **3, 5, 7** дают несколько более высокие выходы, чем соответствующие 4-производные **4, 6, 8**.

Реакция дибромидов 2 с пиридинами 3–6. К раствору одного из пиридинов **3–6** (1 ммоль) в

ацетонитриле (3 мл) добавили дибромид **2** (0.174 г, 0.5 ммоль) и перемешивали смесь при комнатной температуре в течение 40 ч. Образовавшийся осадок отделяли на воронке Шотта и сушили в вакууме до постоянного веса. Получили соединения **9**,

Схема 2



10, **11**, **12** с выходами 97, 94, 93 и 91%, соответственно.

Однореакторный способ получения соединений 9–12. К смеси элементарного селена (0.079 г, 1 ммоль) и ацетонитрила (1 мл) добавили раствор брома (0.16 г, 1 ммоль) в ацетонитриле (1 мл) и перемешивали смесь до растворения селена. Полученный раствор дибромиды селена (1 ммоль) в ацетонитриле (2 мл) добавляли по каплям к раствору *цис,цис*-1,5-циклооктадиена (0.108 г, 1 ммоль) в ацетонитриле (6 мл) при перемешивании в течение 5 мин. Реакционную смесь перемешивали в течение 2 ч при комнатной температуре и добавляли раствор одного из содержащих ацетальные группы пиридинов **3–6** (2 ммоль) в ацетонитриле (1 мл). Смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 45 ч. Образовавшийся осадок отделяли на воронке Шотта и сушили в вакууме до постоянного веса. Получили соединения **9**, **10**, **11**, **12** с выходами 92, 90, 87 и 85%, соответственно.

Однореакторный способ получения соединений 13, 14. К элементному селену (0.079 г, 1 ммоль) добавили раствор брома (0.16 г, 1 ммоль) в хлористом метиле (1 мл) и перемешивали смесь до растворения селена. Полученный раствор дибромиды селена (1 ммоль) в хлористом метиле (1 мл) добавляли по каплям к раствору *цис,цис*-1,5-циклооктадиена (0.108 г, 1 ммоль) в хлористом метиле (5 мл) при перемешивании в течение 10 мин. Реакционную смесь перемешивали в течение 3 ч при комнатной температуре и добавляли раствор одного из пиридинов **7**, **8** (2 ммоль) в хлористом метиле (1 мл). Смесь нагревали при перемешивании до кипения с обратным холодильником в течение 8 ч. Растворитель отгоняли на ротаторном испарителе. Остаток промывали холодным гексаном на воронке Шотта и сушили в вакууме до постоянного веса. Получили соединения **13** и **14** с выходами 82 и 80%.

2,6-Бис[3-(1,3-диоксолан-2-ил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (9). Белый порошок, т.пл. 105–106°C. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.45–2.53 м (2H, CH_2), 2.61–2.71 м (4H, CH_2), 3.23–3.35 м (2H, CH_2), 3.51–3.58 м (2H, CHSe), 4.16–4.25 м (8H, OCH_2), 5.97–6.06 м (2H, CH_2CHN), 6.24 с (2H, CHO), 8.26–8.31 м (2H, CH_{Py}), 8.75–8.80

м (2H, CH_{Py}), 9.19–9.25 м (4H, CH_{Py}). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 25.1 (CH_2), 27.8 (CH_2), 29.1 (CHSe), 65.3 (CH_2O), 74.7 (CH_2CHN), 98.9 (HCO), 128.6 (CH_{Py}), 139.5 (C_{Py}), 141.6 (CH_{Py}), 143.2 (CH_{Py}), 144.3 (CH_{Py}). Найдено, %: C 44.28; H 4.81; N 4.24; Br 24.78; Se 12.39. $\text{C}_{24}\text{H}_{30}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: C 44.40; H 4.66; N 4.31; Br 24.61; Se 12.16.

2,6-Бис[3-(1,3-диоксан-2-ил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (10). Белый порошок, т.пл. 124–125°C. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 1.61–1.67 м (2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 2.16–2.27 м (2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 2.43–2.51 м (2H, CH_2), 2.60–2.69 м (4H, CH_2), 3.22–3.34 м (2H, CH_2), 3.52–3.56 м (2H, CHSe), 4.16–4.24 м (4H, OCH_2), 4.33–4.39 м (4H, OCH_2), 5.95–6.04 м (2H, CHN), 6.02 с (2H, CHO), 8.25–8.30 м (2H, CH_{Py}), 8.72–8.77 м (2H, CH_{Py}), 9.18–9.21 м (4H, CH_{Py}). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 25.9 ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 26.3 (CH_2), 29.1 (CH_2), 30.4 (CHSe), 68.8 (CH_2O), 76.1 (CHN), 98.0 (HCO), 129.8 (CH_{Py}), 142.2 (C_{Py}), 142.5 (CH_{Py}), 144.5 (CH_{Py}), 145.1 (CH_{Py}). Найдено, %: C 46.35; H 5.19; N 4.27; Br 23.84; Se 11.88. $\text{C}_{26}\text{H}_{34}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: C 46.10; H 5.06; N 4.14; Br 23.59; Se 11.66.

2,6-Бис[4-(1,3-диоксолан-2-ил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (11). Белый порошок, т.пл. 135–136°C. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 2.29–2.41 м (2H, CH_2), 2.48–2.61 м (4H, CH_2), 3.23–3.30 м (2H, CH_2), 3.46–3.51 м (2H, CHSe), 4.19–4.29 м (8H, OCH_2), 6.01 с (2H, CHO), 5.98–6.03 м (2H, CH_2CHN), 8.27 д (4H, CH_{Py} , J 6.3 Гц), 8.95 д (4H, CH_{Py} , J 6.3 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.2 (CH_2), 26.9 (CH_2), 29.8 (CHSe), 63.4 (OCH_2), 74.4 (CHN), 99.8 (HCO), 125.7 (CH_{Py}), 141.6 (CH_{Py}), 157.6 (C_{Py}). Найдено, %: C 44.22; H 4.72; N 4.28; Br 24.95; Se 12.36. $\text{C}_{24}\text{H}_{30}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: C 44.40; H 4.66; N 4.31; Br 24.61; Se 12.16.

2,6-Бис[4-(1,3-диоксан-2-ил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (12). Белый порошок, т.пл. 85–86°C. Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 1.61–1.67 м (2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 2.13–2.23 м (2H, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 2.43–2.51 м (2H, CH_2), 2.61–2.69 м (4H, CH_2), 3.14–3.27 м (2H, CH_2), 3.50–3.56 м (2H, CHSe), 4.16–4.25 м (4H, OCH_2), 4.31–4.39 м (4H, OCH_2), 5.97 с (2H, CHO), 5.95–6.01 м (2H, CH_2CHN), 8.25 д (4H, CH_{Py} , J 6.1 Гц), 9.17 д (4H, CH_{Py} , J 6.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 24.7

($\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{O}$), 25.2 (CH_2), 27.8 (CH_2), 29.0 (CHSe), 67.6 (OCH_2), 74.3 (CHN), 97.1 (HCO), 125.5 (CH_{Py}), 143.4 (CH_{Py}), 155.5 (C_{Py}). Найдено, %: С 45.94; Н 4.91; N 3.98; Br 23.36; Se 11.91. $\text{C}_{26}\text{H}_{34}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: С 46.10; Н 5.06; N 4.14; Br 23.59; Se 11.66.

2,6-Бис[3-(дибутоксиметил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (13).

Белый порошок, т.пл. 55–56 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 0.88–0.91 м (12H, CH_3), 1.36–1.43 м (8H, $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_3$), 1.62–1.68 м (8H, $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 2.47–2.56 м (2H, CH_2), 2.60–2.73 м (4H, CH_2), 3.14–3.27 м (2H, CH_2), 3.49–3.54 м (2H, CHSe), 3.70–3.85 м (8H, OCH_2), 5.94 с (2H, CHO), 5.98–6.04 м (2H, CH_2CHN), 8.23–8.28 м (2H, CH_{Py}), 8.69–8.74 м (2H, CH_{Py}), 9.08 с (2H, CH_{Py}), 9.15–9.19 м (2H, CH_{Py}). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 12.7 (CH_3), 18.4 ($\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_3$), 25.4 (CH_2), 28.0 (CH_2), 28.9 (CHSe), 30.6 ($\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 67.7 (CH_2O), 74.6 (CH_2CHN), 98.4 (HCO), 128.5 (CH_{Py}), 140.2 (C_{Py}), 140.7 (CH_{Py}), 143.2 (CH_{Py}), 144.3 (CH_{Py}). Найдено, %: С 53.47; Н 6.11; N 3.56; Br 19.34; Se 9.55. $\text{C}_{36}\text{H}_{48}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: С 53.28; Н 5.96; N 3.45; Br 19.69; Se 9.73.

2,6-Бис[4-(дибутоксиметил)пиридиний]-9-селенабицикло[3.3.1]нонан дибромид (14).

Белый порошок, т.пл. 61–62 °С. Спектр ЯМР ^1H , δ , м.д.: 0.89–0.93 м (12H, CH_3), 1.36–1.45 м (8H, $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_3$), 1.62–1.70 м (8H, $\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 2.43–2.51 м (2H, CH_2), 2.61–2.71 м (4H, CH_2), 3.14–3.27 м (2H, CH_2), 3.48–3.55 м (2H, CHSe), 3.71–3.84 м (8H, OCH_2), 5.89 с (2H, CHO), 5.95–6.02 м (2H, CH_2CHN), 8.23 д (4H, CH_{Py} , J 6.1 Гц), 9.15 д (4H, CH_{Py} , J 6.1 Гц). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м.д.: 12.3 (CH_3), 18.0 ($\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_3$), 24.9 (CH_2), 27.5 (CH_2), 28.7 (CHSe), 30.2 ($\underline{\text{C}}\text{H}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$), 67.7 (CH_2O), 73.9 (CH_2CHN), 98.7 (HCO), 125.7 (CH_{Py}), 142.9 (CH_{Py}), 156.9 (C_{Py}). Найдено, %: С 53.34; Н 5.99; N 3.52; Br 19.83; Se 9.98. $\text{C}_{36}\text{H}_{48}\text{O}_4\text{N}_2\text{Br}_2\text{Se}$. Вычислено, %: С 53.28; Н 5.96; N 3.45; O 7.89; Br 19.69; Se 9.73.

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C зарегистрированы на приборе Bruker DPX-400 (400 и 101 МГц соответственно) в растворе $\text{DMSO}-d_6$ (внешний стандарт – гексаметилдисилоксан). Элементный анализ выполнен на автоматическом анализаторе Thermo Scientific Flash 2000. В реакциях использовались осушенные и перегнанные ацетонитрил и хлористый метилен. Пиридинальдегиды приобретены в Sigma-Aldrich.

стый метилен. Пиридинальдегиды приобретены в Sigma-Aldrich.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базе *цис,цис*-1,5-циклооктадиена, дибромид селена и ацеталей 3- и 4-пиридинальдегидов **3–8** разработан эффективный однореакторный способ получения неизвестного ранее семейства водорастворимых пиридиниевых солей **9–14**, содержащих ацетальные группы, с выходами 80–92%. При взаимодействии 2,6-дибром-9-селенабицикло[3.3.1]нонана с пиридинами **3–6** получены соли **9–12** с выходами 91–97%.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Байкальскому аналитическому центру коллективного пользования СО РАН за спектральные и аналитические исследования.

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-43-383002 р_мол_а).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мусалов Максим Викторович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7638-8377>

Амосова Светлана Викторовна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2874-3725>

Потапов Владимир Алексеевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3151-6726>

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Organoselenium Compounds in Biology and Medicine: Synthesis, Biological and Therapeutic Treatments*. Eds. V.K. Jain, K.I. Priyadarsini. Croydon: Royal Society of Chemistry, **2018**.
2. Lenardão E.J., Santi C., Sancineto L. *New Frontiers in Organoselenium Compounds*. Cham: Springer, **2018**.
3. *Organoselenium Chemistry: Between Synthesis and Biochemistry*. Ed. C. Santi. Sharjah: Bentham Science Publishers, **2014**.
4. Tiekink E.R.T. *Dalton Trans.* **2012**, *41*, 6390–6395. doi 10.1039/C2DT12225A

- Banerjee B., Koketsu M. *Coord. Chem. Rev.* **2017**, *339*, 104–127. doi 10.1016/j.ccr.2017.03.008
- Woollins J.D., Laitinen R.S. *Selenium and Tellurium Chemistry. From Small Molecules to Biomolecules and Materials*. Heidelberg: Springer, **2011**.
- Azad G.K., Tomar R.S. *Mol. Biol. Rep.* **2014**, *41*, 4865–4879. doi 10.1007/s11033-014-3417-x
- Jin Z., Du X., Xu Y., Deng Y., Liu M., Zhao Y. *Nature*. **2020**, *582*, 289–293. doi 10.1038/s41586-020-2223-y
- Weglarz-Tomczak E., Tomczak J.M., Talma M., Burda-Grabowska M., Giurg M., Brul S. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 3640. doi 10.1038/s41598-021-83229-6
- Юрьева О.В., Дубровина В.И., Потапов В.А., Мусалов М.В., Старовойтова Т.П., Иванова Т.А., Громова А.В., Шкаруба Т.Т., Балахонов С.В. *Бюлл. Эксп. Биол. Мед.* **2019**, *168*, 76–79. [Yur'eva O.V., Dubrovina V.I., Potapov V.A., Musalov M.V., Starovoitova T.P., Ivanova T.A., Gromova A.V., Shkaruba T.T., Balakhonov S.V. *Bull. Exp. Biol. Med.* **2019**, *168*, 66–69.] doi 10.1007/s10517-019-04648-0
- Nesterkina I.S., Musalov M.V., Gurina V.V., Ozolina N.V., Spiridonova E.V., Tretyakova A.V., Potapov V.A., Amosova S.V., Yakimov V.A. *Acta Agricult. Slov.* **2019**, *114*, 61–67. doi 10.14720/aas.2019.114.1.7
- Potapov V.A., Amosova S.V., Abramova E.V., Lyssenko K.A., Musalov M.V., Finn M.G. *New J. Chem.* **2015**, *39*, 8055–8059. doi 10.1039/C5NJ00684H
- Accurso A.A., Cho S.-H., Amin A., Potapov V.A., Amosova S.V., Finn M.G. *J. Org. Chem.* **2011**, *76*, 4392–4395. doi 10.1021/jo102440k
- Мусалов М.В., Живетьева С.А., Потапов В.А., Амосова С.В. *ЖОрХ.* **2021**, *57*, 588–591. [Musalov M.V., Zhivet'eva S.A., Potapov V.A., Amosova S.V. *Russ. J. Org. Chem.* **2021**, *57*, 668–670.] doi 10.1134/S1070428021040254
- Sowmiah S., Esperança J.M.S.S., Rebelo L.P.N., Afonso C.A.M. *Org. Chem. Front.* **2018**, *5*, 453–493. doi 10.1039/C7QO00836H
- Aoyama H., Matsui M., Kobayashi T., Kiyota R., Matsuda M. *Международ. заявка WO 2015068719. С.А.* **2015**, *162*, 642413.
- Hanai D., Matsui M., Aoyama H., Tanigawa H. *Международ. заявка WO 2014065209. С.А.* **2014**, *160*, 636591.
- Амосова С.В., Пензик М.В., Рыкунова Ю.И., Потапов В.А., Албанов А.И. *ЖОрХ.* **2017**, *53*, 1655–1658. [Amosova S.V., Penzik M.V., Rykunova Y.I., Potapov V.A., Albanov A.I. *Russ. J. Org. Chem.* **2017**, *53*, 1691–1695.] doi 10.1134/S1070428017110148

Synthesis of Dipyridinium Salts of 2,6-Dibromo-9-selenabicyclo[3.3.1]nonane Containing Acetal Groups

M. V. Musalov^a, S. A. Zhivet'eva^a, I. V. Shkurchenko^{a, b}, S. V. Amosova^a, and V. A. Potapov^{a, *}

^a A. E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry, SB, RAS, ul. Favorskogo, 1, Irkutsk 664033 Russia

^b Irkutsk State University, ul. K. Marksa, 1, Irkutsk, 664003 Russia

*e-mail: v.a.potapov@mail.ru

Received October 15, 2021; revised November 10, 2021; accepted November 14, 2021

An efficient one-pot method for preparation of a previously unknown family of containing acetal groups 2,6-dipyridinium-9-selenabicyclo[3.3.1]nonane derivatives in 80–97% yields has been developed based on the transannular addition of selenium dibromide to cis,cis-1,5-cyclooctadiene followed by the reaction with substituted pyridines.

Keywords: selenium dibromide, 1,5-cyclooctadiene, acetals of pyridine aldehydes, pyridinium salts, selenabicyclo[3.3.1]nonane