

В. А. Потапов<sup>1\*</sup>, М. В. Мусалов<sup>1</sup>, Е. В. Абрамова<sup>1</sup>,  
М. В. Мусалова<sup>1</sup>, Ю. Ю. Русаков<sup>1</sup>, С. В. Амосова<sup>1</sup>

### ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 3,5-БИС(ГАЛОГЕНМЕТИЛ)-1,4-ОКСАСЕЛЕНАНОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

С целью синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений впервые осуществлены и изучены реакции дихлорида и дибромида селена с диаллиловым эфиром. Установлено, что реакция дихлорида селена протекает регио- и стереоселективно и приводит к *цис*-3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенану с выходом 70%. В случае дибромида селена образуется 3,5-бис(бромметил)-1,4-оксаселенан (выход 76%) в виде смеси *цис*- и *транс*-диастереомеров. На основе полученных соединений синтезированы ранее неизвестные производные 1,4-оксаселенана: 3,5-бис(метокси-метил)-, 4,4-дибром-3,5-бис(хлорметил)- и 3,5-бис(бромметил)-4,4-дихлор-1,4-оксаселенаны. Обнаружен пример необычно легкой изомеризации диастереомеров 3,5-бис(галогенметил)-1,4-оксаселенанов.

**Ключевые слова:** диаллиловый эфир, диастереомеры, дибромид селена, дихлорид селена, 1,4-оксаселенан, селенираниевый катион, анхимерный эффект.

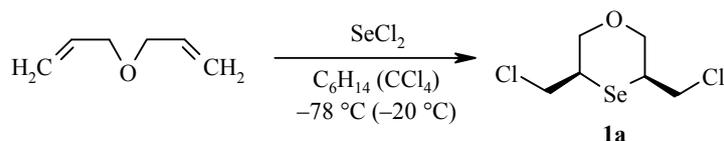
В последние годы интенсивно изучаются химические свойства новых электрофильных реагентов, дихлорида и дибромида селена [1–23]. Установлено, что дигалогениды селена являются эффективными реагентами для синтеза ранее неизвестных селенорганических соединений. Возможность синтеза гетероциклических соединений присоединением дигалогенидов селена впервые показана на примере диметилдиэтинилсилана [6]. Новые гетероциклы получены присоединением дигалогенидов селена к соединениям, содержащим две двойные связи: дивинилсульфиду [7–9], дивинилселениду [10–12], дивинилсульфоксиду [13–15], диаллилсульфиду [16] и диаллилселениду [17]. Дивинилтеллурид и диаллилтеллурид, в отличие от серо- и селенсодержащих аналогов, при взаимодействии с дигалогенидами селена образуют дигалогениды дивинилтеллура и диаллилтеллура [18, 19]. Показана возможность синтеза аннелированных продуктов путём сочетания реакций присоединения дигалогенидов селена к неопределённой связи и электрофильного ароматического замещения в бензольном кольце [20–23].

Известным примером взаимодействия дигалогенидов селена с соединениями, содержащими аллилокси-группу, является реакция дигалогенидов селена с аллилфениловым эфиром, которая приводит к продуктам присоединения по правилу Марковникова – бис(2-галоген-3-феноксипропил)-селенидам [20]. Взаимодействием эквимольных количеств дихлорида селена и аллилфенилового эфира синтезирован 3-хлорметил-2,3-дигидро-1,4-бензоксаселенин [21].

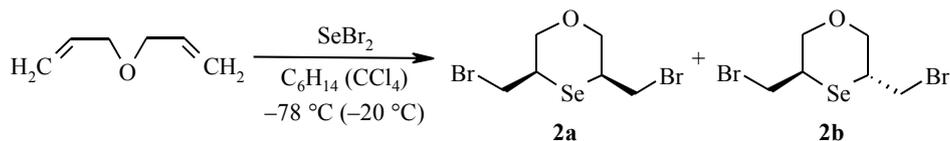
В представляемой работе с целью синтеза селенсодержащих гетероциклических соединений нами впервые осуществлены и изучены реакции дихлорида и дибромида селена с диаллиловым эфиром. На основе реакций разработаны эффективные региоселективные способы получения 3,5-бис-

(галогенметил)-1,4-оксаселенанов **1a,b**, **2a,b**. Следует отметить, что ранее [24] 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенан был получен реакцией диаллилового эфира с  $\text{Se}_2\text{Cl}_2$ , которая сопровождалась элиминированием элементарного селена.

Каждый из 3,5-бис(галогенметил)-1,4-оксаселенанов может существовать в виде двух диастереомеров, которые отличаются пространственным расположением двух заместителей относительно цикла. Гетероцикл, полученный присоединением дихлорида селена к диаллиловому эфиру, по данным спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  и хромато-масс-спектрометрии представляет собой один диастереомер **1a**. Таким образом, синтез соединения **1a** является не только региоселективным, но и стереоселективным. На основании значений вицинальных констант спин-спинового взаимодействия протонов группы  $\text{OCH}_2\text{CHSe}$  соединения **1a** и **2a** отнесены к *цис*-диастереомерам [17, 25].



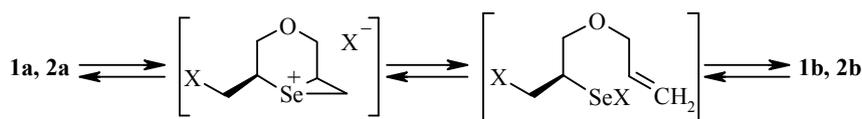
В отличие от синтеза гетероцикла **1a**, присоединение дибромид селена к диаллиловому эфиру приводит к продукту, который является смесью *цис*- и *транс*-диастереомеров **2a,b** в соотношении 4:3.



Наиболее хемоселективно реакции идут при пониженной температуре в среде гексана ( $-78\text{ }^\circ\text{C}$ ) при одновременном равномерном добавлении двух реагентов (выходы соединений **1a** и **2a,b** составляют 70 и 76% соответственно). При использовании в качестве растворителя четырёххлористого углерода в аналогичных условиях при  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  выходы продуктов **1a** и **2a,b** составляют 60 и 68%. При другом порядке смешивания реагентов, а также при использовании в качестве растворителя хлороформа, хлористого метилена, ацетонитрила или при повышении температуры реакции до комнатной процесс идёт менее селективно и сопровождается образованием побочных продуктов.

Известно, что превращение одного пространственного диастереомера в другой при комнатной температуре обычно не происходит, поскольку для изомеризации требуется разрыв  $\sigma$ -связи и преодоление высокого энергетического барьера [26]. Соединение **1a** в растворе хлороформа при комнатной температуре не претерпевает каких-либо изменений, однако при добавлении в раствор нескольких капель ДМСО неожиданно легко протекает изомеризация и образуется смесь двух диастереомеров **1a,b** в соотношении 10:9. Аналогичного результата можно достичь при нагревании соединения **1a** в растворе хлороформа при  $96\text{--}98\text{ }^\circ\text{C}$  в запаянной ампуле (соотношение диастереомеров 10:9). При более низкой температуре ( $50\text{--}52\text{ }^\circ\text{C}$ ) изомеризации соединения **1a** в растворе хлороформа не происходит.

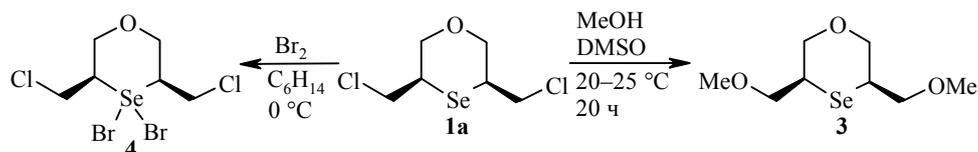
Изомеризация также наблюдается при добавлении нескольких капель ДМСО в раствор бромсодержащих соединений **2a,b** в хлороформе. При этом соотношение диастереомеров **2a** и **2b** изменяется от 4:3 до 9:8.



1a,b X = Cl; 2a,b X = Br

Можно предполагать, что лёгкость изомеризации в данном случае определяется сильным анхимерным эффектом атома селена, который приводит к высокой подвижности атома галогена [1]. По-видимому, превращение одного диастереомера в другой протекает через образование селенираниевого катиона и раскрытие цикла. Этому процессу способствует увеличение полярности растворителя и его свойство сольватировать катионы (способность ДМСО сольватировать катионы хорошо известна [27]). Если хлорсодержащее производное **1a** удастся получить в виде одного диастереомера при низкой температуре в среде неполярных растворителей (CCl<sub>4</sub>, гексан), то в случае более активного бромпроизводного (анион брома является лучшей уходящей группой по сравнению с анионом хлора) из реакционной смеси выделяется уже смесь двух диастереомеров **2a,b** за счёт большей лёгкости реакции изомеризации.

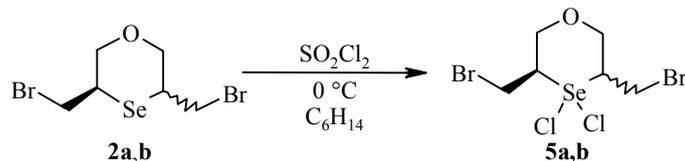
На примере синтеза ранее неизвестного *цис*-3,5-бис(метоксиметил)-1,4-оксаселенана (**3**) показана возможность проведения реакций нуклеофильного замещения атомов хлора в гетероцикле **1a**. Установлено, что, если в раствор соединения **1a** в метаноле при комнатной температуре добавить несколько капель ДМСО, селективно протекает реакция нуклеофильного замещения с образованием продукта **3**.



В отсутствие ДМСО в аналогичных условиях реакция нуклеофильного замещения не идёт. При добавлении основания (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) в раствор гетероцикла **1a** в метаноле реакция проходит при комнатной температуре, но приводит к трудноразделимой смеси продуктов.

На основе реакций галогенирования соединений **1a** и **2a,b** синтезированы ранее неизвестные производные 1,4-оксаселенана. Бромирование гетероцикла **1a** в гексане при температуре 0 °С приводит к *цис*-4,4-дибром-3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенану (**4**) с выходом 92%. Образующийся продукт **4** в среде гексана выпадает в осадок.

Взаимодействие смеси соединений **2a,b** с хлористым сульфуром приводит к изомерам 3,5-бис(бромметил)-4,4-дихлор-1,4-оксаселенана **5a,b** с общим выходом 90% (соотношение *цис*- и *транс*-диастереомеров 4:3).



Строение синтезированных соединений доказано спектроскопией ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C и подтверждено данными хромато-масс-спектрометрии и элементного анализа. В спектрах ЯМР <sup>13</sup>C оксаселенанов **1a,b** и **2a,b** значения КССВ (59–

64 Гц) между атомом селена и двумя третичными атомами углерода соответствуют взаимодействию через одну химическую связь C–Se ( $^1J_{C-Se}$ ) [8–12], что указывает на присоединение атома селена к центральным атомам углерода двух аллильных групп и образованию продуктов присоединения против правила Марковникова.

Ранее 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенан получен путём присоединения к диаллиловому эфиру тетраоксида селена, генерированного из двуокиси селена и хлористоводородной кислоты, с последующим восстановлением промежуточного продукта сульфидом натрия (суммарный выход 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенана 26%) [28]. Аналогичным образом из двуокиси селена, бромистоводородной кислоты и диаллилового эфира получен 3,5-бис(бромметил)-1,4-оксаселенан с выходом 62% [28]. По данным работы [24], присоединение к диаллиловому эфиру монохлорида селена  $Se_2Cl_2$  приводит к 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенану с выходом 39%. Следует отметить, что в известных работах [24, 28] отсутствуют данные спектров ЯМР 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенана и сведения о диастереомерном составе продуктов.

Таким образом, впервые осуществлены и изучены реакции дихлорида и дибромида селена с диаллиловым эфиром, которые протекают региоселективно и приводят к продуктам присоединения против правила Марковникова (в отличие от известной реакции с аллилфениловым эфиром, которая приводит к продуктам присоединения по правилу Марковникова). На основе реакций дигалогенидов селена с диаллиловым эфиром разработаны эффективные методы синтеза 3,5-бис(бромметил)- и 3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенана – перспективных полупродуктов для синтеза новых производных 1,4-оксаселенана. Обнаружена необычно лёгкая взаимная изомеризация *цис*- и *транс*-диастереомеров этих соединений, которые идентифицированы по их спектральным характеристикам.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  записаны на приборе Bruker DPX-400 (400 и 100 МГц соответственно) в  $CDCl_3$ , внутренний стандарт ТМС. Масс-спектры зарегистрированы на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975, ионизация ЭУ (70 эВ). Элементный анализ выполнен на приборе Thermo Finnigan Flash EA 1112. Содержание галогенов определено методом Шённигера и меркуриметрическим титрованием. Температуры плавления определены на приборе Voetius PHMK 05. В реакции использовались осушенные и перегнанные растворители.

***цис*-3,5-Бис(хлорметил)-1,4-оксаселенан (1a).** Раствор 20 ммоль  $SeCl_2$  (получен из 1.58 г (20 ммоль) селена и 2.70 г (20 ммоль) хлористого сульфурила) в 30 мл гексана и раствор 1.96 г (20 ммоль) диаллилового эфира в 30 мл гексана из двух капельных воронок одновременно и равномерно добавляют по каплям в течение 1 ч к 100 мл гексана, охлаждённого до  $-78$  °С. Смесь перемешивают в течение 3 ч при  $-78$  °С и в течение 12 ч при комнатной температуре. Смесь декантируют, осадок на стенках колбы растворяют в 300 мл бензола, фильтруют, отгоняют растворитель на ротаторном испарителе. Из остатка (3.75 г) колоночной хроматографией на силикагеле (40–100 меш, элюент хлороформ–гексан, 2:1,  $R_f$  0.35) выделяют гетероцикл **1a** (2.81 г). Остаток (0.96 г) после отгонки гексана из декантированного раствора представляет собой продукт **1a**. Общий выход гетероцикла **1a** 3.77 г (70%), бесцветные кристаллы, т. пл.  $71$ – $72$  °С ( $Et_2O$ ). Спектр ЯМР  $^1H$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.94–2.99 (2H, м, CHSeCH); 3.84 (2H, д, д,  $^2J = 10.9$ ,  $^3J = 4.8$ ) и 3.90 (2H, д, д,  $^2J = 10.9$ ,  $^3J = 11.1$ ,  $CH_2Cl$ ); 3.95 (2H, д, д,  $^3J = 2.8$ ,  $^2J = 12.7$ ) и 4.31 (2H, д, д,  $^3J = 3.2$ ,  $^2J = 12.7$ ,  $CH_2O$ ).

Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 32.6 (SeCH,  $^1J_{\text{Se-C}} = 63$ ); 46.5 (CH<sub>2</sub>Cl); 70.0 (OCH<sub>2</sub>). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 248 [M]<sup>+</sup> (100), 213 (45), 183 (44), 156 (98), 142 (59), 121 (38), 107 (44), 93 (39), 75 (81). Найдено, %: С 28.78; Н 4.23; Cl 28.29; Se 31.47. C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>Cl<sub>2</sub>OSe. Вычислено, %: С 29.06; Н 4.06; Cl 28.59; Se 31.84.

**транс-3,5-Бис(хлорметил)-1,4-оксаселенан (1b)** получают в смеси с *цис*-диастереомером **1a** путём добавления к раствору соединения **1a** в хлороформе нескольких капель ДМСО или нагреванием соединения **1a** в растворе хлороформа в запаянной ампуле при 96–98 °С в течение 2 ч (получают смесь диастереомеров **1a** и **1b** в соотношении 10:9). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.25–3.30 (2H, м, CHSeCH); 3.77–4.03 (6H, м, CH<sub>2</sub>Cl, CH<sub>2</sub>O); 4.12 (2H, д. д.,  $^3J = 2.2$ ,  $^2J = 12.2$ , CH<sub>2</sub>O). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 32.6 (SeCH,  $^1J_{\text{Se-C}} = 64$ ); 45.0 (CH<sub>2</sub>Cl); 71.1 (OCH<sub>2</sub>). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 248 [M]<sup>+</sup> (100), 213 (64), 183 (20), 156 (24), 142 (15), 121 (13), 107 (19), 93 (12), 75 (28).

**3,5-Бис(бромметил)-1,4-оксаселенаны 2a,b** синтезируют в виде смеси двух диастереомеров из дибромидов селена (получают из селена и брома [2, 4]) и диаллилового эфира в условиях, аналогичных условиям синтеза соединения **1a**, в среде гексана при температуре –78 °С. Выход 76%, бесцветное вещество, т. пл. 61–62 °С (Et<sub>2</sub>O). Соотношение диастереомеров 4:3. *цис*-Диастереомер **2a**. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 2.97–3.02 (2H, м, CHSeCH); 3.63 (2H, д. д.,  $^2J = 9.2$ ,  $^3J = 6.5$ ) и 3.77–3.82 (2H, м, 2CH<sub>2</sub>Br); 3.92 (2H, д. д.,  $^2J = 12.7$ ,  $^3J = 2.7$ ) и 4.32 (2H, д. д.,  $^2J = 12.7$ ,  $^3J = 2.9$ , CH<sub>2</sub>O). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 32.3 (SeCH,  $^1J_{\text{Se-C}} = 64$ ); 34.9 (CH<sub>2</sub>Br); 70.7 (OCH<sub>2</sub>). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 338 [M]<sup>+</sup> (34), 257 (100), 201 (14), 137 (54), 121 (36), 107 (20), 93 (18). *транс*-Диастереомер **2b**. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.27–3.32 (2H, м, CHSeCH); 3.73–3.83 (4H, м, 2CH<sub>2</sub>Br); 3.93–3.98 (2H, м) и 4.13 (2H, д. д.,  $^3J = 2.8$ ,  $^2J = 12.3$ , 2CH<sub>2</sub>O). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 32.3 (SeCH,  $^1J_{\text{Se-C}} = 59$ ); 33.0 (CH<sub>2</sub>Br); 71.9 (OCH<sub>2</sub>). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 338 [M]<sup>+</sup> (29), 257 (100), 201 (13), 137 (48), 121 (31), 107 (17), 93 (15). Найдено, %: С 20.98; Н 3.12; Br 47.78; Se 23.17. C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>Br<sub>2</sub>OSe. Вычислено, %: С 21.39; Н 2.99; Br 47.43; Se 23.44.

**цис-3,5-Бис(метоксиметил)-1,4-оксаселенан (3)**. К раствору 0.248 г (10 ммоль) соединения **1a** в 5 мл метанола добавляют три капли ДМСО и перемешивают смесь при комнатной температуре в течение 20 ч. Отгоняют растворитель на ротонном испарителе. Из остатка колоночной хроматографией на силикагеле (40–100 меш, элюент хлороформ–гексан, 2:1,  $R_f$  0.33) выделяют 0.148 г продукта **3**. Выход 62%, бесцветная жидкость. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.48 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 3.73 (2H, д. д.,  $^2J = 10.7$ ,  $^3J = 5.4$ ) и 3.81 (2H, д. д.,  $^2J = 10.7$ ,  $^3J = 10.3$ , 2OCH<sub>2</sub>); 4.02 (2H, д. д.,  $^2J = 13.3$ ,  $^3J = 11.6$ ) и 4.13 (2H, д. д.,  $^2J = 13.3$ ,  $^3J = 4.5$ , 2OCH<sub>2</sub>), 4.83–4.88 (2H, м, CHSeCH). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 59.9 (OCH<sub>3</sub>); 65.0 (OCH<sub>2</sub>); 66.8 (SeCH,  $^1J_{\text{Se-C}} = 59$ ); 67.9 (OCH<sub>2</sub>). Масс-спектр,  $m/z$  ( $I_{\text{отн}}$ , %): 240 [M]<sup>+</sup> (24), 163 (20), 152 (10), 109 (8), 107 (10), 71 (100). Найдено, %: С 40.45; Н 6.58; Se 32.67. C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O<sub>3</sub>Se. Вычислено, %: С 40.17; Н 6.74; Se 33.01.

**цис-4,4-Дибром-3,5-бис(хлорметил)-1,4-оксаселенан (4)**. К раствору 0.248 г (10 ммоль) соединения **1a** в 15 мл гексана при охлаждении (0 °С) и перемешивании добавляют по каплям раствор 0.160 г брома (10 ммоль) в 5 мл гексана. Перемешивают реакционную смесь в течение 30 мин при 0 °С и 30 мин при комнатной температуре. Отделяют образовавшийся осадок, промывают его гексаном, высушивают в вакууме до постоянной массы. Выход 0.375 г (92%), жёлтый порошок, т. пл. 114–115 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 3.89 (2H, д. д.,  $^2J = 12.1$ ,  $^3J = 6.6$ ) и 4.07 (2H, д. д.,  $^2J = 12.1$ ,  $^3J = 9.0$ , 2CH<sub>2</sub>Cl); 4.20 (2H, д. д.,  $^2J = 13.5$ ,  $^3J = 11.0$ ) и 4.36 (2H, д. д.,  $^2J = 13.5$ ,  $^3J = 4.4$ , 2CH<sub>2</sub>O); 4.77–4.82 (2H, м, Br<sub>2</sub>Se(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>). Спектр ЯМР  $^{13}\text{C}$ ,  $\delta$ , м. д.: 39.9 (CH<sub>2</sub>Cl); 66.5 (CH<sub>2</sub>O); 66.8 (Br<sub>2</sub>SeCH). Найдено, %: С 18.01; Н 2.62; Br 38.85; Cl 17.73; Se 18.96. C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>Br<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>OSe. Вычислено, %: С 17.67; Н 2.47; Br 39.19; Cl 17.39; Se 19.36.

**3,5-Бис(бромметил)-4,4-дихлор-1,4-оксаселенаны 5a,b**. К раствору 0.337 г (10 ммоль) смеси соединений **2a,b** (соотношение диастереомеров 4:3) в 15 мл гексана при

охлаждении (0 °С) и перемешивании добавляют по каплям раствор 0.135 г (10 ммоль) SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> в 5 мл гексана. Перемешивают реакционную смесь в течение 2 ч при 0 °С и в течение 2 ч при комнатной температуре. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают гексаном, высушивают в вакууме до постоянной массы. Выход 0.367 г (90%), бесцветные кристаллы, т. пл. 119–120 °С. Соотношение диастереомеров 4:3. *цис*-Диастереомер **5a**. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (J, Гц): 3.72 (2H, д, д, <sup>2</sup>J = 11.2, <sup>3</sup>J = 7.1) и 3.88 (2H, д, д, <sup>2</sup>J = 11.2, <sup>3</sup>J = 8.8, 2CH<sub>2</sub>Br); 4.02 (2H, д, д, <sup>2</sup>J = 13.5, <sup>3</sup>J = 11.2) и 4.30 (2H, д, д, <sup>2</sup>J = 13.5, <sup>3</sup>J = 4.4, 2CH<sub>2</sub>O). 4.87–4.92 (2H, м, Cl<sub>2</sub>Se(CH)<sub>2</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 25.7 (BrCH<sub>2</sub>); 67.2 (OCH<sub>2</sub>); 70.8 (Cl<sub>2</sub>SeCH). *транс*-Диастереомер **5b**. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (J, Гц): 3.73–3.78 (2H, м) и 3.81–3.86 (2H, м, CH<sub>2</sub>Br); 4.08 (2H, д, д, <sup>2</sup>J = 10.9, <sup>3</sup>J = 7.0) и 4.32–4.36 (2H, м, 2CH<sub>2</sub>O); 4.49–4.53 (2H, м, Cl<sub>2</sub>Se(CH)<sub>2</sub>). Спектр ЯМР <sup>13</sup>C, δ, м. д.: 27.8 (BrCH<sub>2</sub>); 65.1 (OCH<sub>2</sub>); 65.3 (Cl<sub>2</sub>SeCH). Найдено, %: С 17.38; Н 2.29; Br 39.47; Cl 17.16; Se 19.68. C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>Br<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>OSe. Вычислено, %: С 17.67; Н 2.47; Br 39.19; Cl 17.39; Se 19.36.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 12-03-01098 и 13-03-00400).*

*Основные результаты получены с использованием материально-технической базы Байкальского аналитического центра коллективного пользования СО РАН.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. A. Accurso, S.-H. Cho, A. Amin, V. A. Potapov, S. V. Amosova, M. G. Finn, *J. Org. Chem.*, **76**, 4392 (2011).
2. M. V. Musalov, V. A. Potapov, M. V. Musalova, S. V. Amosova, *Tetrahedron*, **68**, 10567 (2012).
3. В. А. Потапов, М. В. Мусалов, О. И. Хуриганова, Л. И. Ларина, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **46**, 758 (2010). [*Russ. J. Org. Chem.*, **46**, 753 (2010).]
4. В. А. Потапов, М. В. Мусалов, С. В. Амосова, Е. О. Куркутов, *Журн. орган. химии*, **47**, 1564 (2011). [*Russ. J. Org. Chem.*, **47**, 1594 (2011).]
5. В. А. Потапов, О. И. Хуриганова, М. В. Мусалов, А. В. Мартынов, С. В. Амосова, *ХТС*, 1655 (2011). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **47**, 1453 (2011).]
6. В. А. Потапов, С. В. Амосова, О. В. Белозерова, А. И. Албанов, О. Г. Ярош, М. Г. Воронков, *ХТС*, 633 (2003). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **39**, 549 (2003).]
7. S. V. Amosova, M. V. Penzik, A. I. Albanov, V. A. Potapov, *Tetrahedron Lett.*, **50**, 306 (2009).
8. С. В. Амосова, М. В. Пензик, А. И. Албанов, В. А. Потапов, *Журн. общ. химии*, **79**, 164 (2009). [*Russ. J. Gen. Chem.*, **79**, 161 (2009).]
9. С. В. Амосова, М. В. Пензик, А. И. Албанов, В. А. Потапов, *Журн. орган. химии*, **45**, 1278 (2009). [*Russ. J. Org. Chem.*, **45**, 1271 (2009).]
10. В. А. Потапов, К. А. Волкова, М. В. Пензик, А. И. Албанов, С. В. Амосова, *Журн. общ. химии*, **78**, 1753 (2008). [*Russ. J. Gen. Chem.*, **78**, 1990 (2008).]
11. В. А. Потапов, К. А. Волкова, М. В. Пензик, А. И. Албанов, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **44**, 1577 (2008). [*Russ. J. Org. Chem.*, **44**, 1556 (2008).]
12. В. А. Потапов, К. А. Волкова, М. В. Пензик, С. В. Амосова, *Журн. общ. химии*, **79**, 1050 (2009). [*Russ. J. Gen. Chem.*, **79**, 1225 (2009).]
13. В. А. Потапов, Е. О. Куркутов, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **46**, 1098 (2010). [*Russ. J. Org. Chem.*, **46**, 1099 (2010).]
14. В. А. Потапов, Е. О. Куркутов, А. И. Албанов, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **44**, 1568 (2008). [*Russ. J. Org. Chem.*, **44**, 1547 (2008).]
15. В. А. Потапов, Е. О. Куркутов, С. В. Амосова, *Журн. общ. химии*, **80**, 1053 (2010). [*Russ. J. Gen. Chem.*, **80**, 1220 (2010).]

16. М. В. Мусалов, К. А. Волкова, В. А. Потапов, А. И. Албанов, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **48**, 1609 (2012). [*Russ. J. Org. Chem.*, **48**, 1580 (2012).]
17. В. А. Потапов, С. В. Амосова, К. А. Волкова, М. В. Мусалов, А. И. Албанов, *Изв. АН, Сер. хим.*, 2089 (2011). [*Russ. Chem. Bull., Int. Ed.*, **60**, 2128 (2011).]
18. М. В. Мусалов, В. А. Потапов, С. В. Амосова, М. В. Мусалова, К. А. Волкова, *Журн. общ. химии*, **81**, 1749 (2011). [*Russ. J. Gen. Chem.*, **81**, 2201 (2011).]
19. В. А. Потапов, М. В. Мусалов, С. В. Амосова, М. В. Мусалова, М. В. Пензик, *Журн. орган. химии*, **47**, 932 (2011). [*Russ. J. Org. Chem.*, **47**, 950 (2011).]
20. V. A. Potapov, M. V. Musalov, S. V. Amosova, *Tetrahedron Lett.*, **52**, 4606 (2011).
21. М. В. Мусалов, В. А. Потапов, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **47**, 930 (2011). [*Russ. J. Org. Chem.*, **47**, 948 (2011).]
22. М. В. Мусалов, В. А. Потапов, С. В. Амосова, *Изв. АН, Сер. хим.*, 751 (2011). [*Russ. Chem. Bull., Int. Ed.*, **60**, 767 (2011).]
23. В. А. Потапов, О. И. Хуриганова, С. В. Амосова, *Журн. орган. химии*, **46**, 1417 (2010). [*Russ. J. Org. Chem.*, **46**, 1421 (2010).]
24. F. Lautenschlaeger, *J. Org. Chem.*, **34**, 4002 (1969).
25. Yu. Yu. Rusakov, L. V. Krivdin, V. A. Potapov, M. V. Penzik, S. V. Amosova, *Magn. Res. Chem.*, **49**, 389 (2011).
26. В. М. Потапов, *Стереохимия*, Химия, Москва, 1984, 2-е изд., с. 200.
27. Б. А. Трофимов, *Успехи химии*, **50**, 248 (1981). [*Russ. Chem. Rev.*, **50**, 138 (1981).]
28. Ю. В. Мигалина, В. И. Станинец, В. Г. Лендел, И. М. Балог, В. А. Палюлин, А. С. Козьмин, Н. С. Зефилов, *ХГС*, 58 (1977). [*Chem. Heterocycl. Compd.*, **13**, 49 (1977).]

<sup>1</sup> Иркутский институт химии  
им. А. Е. Фаворского СО РАН,  
ул. Фаворского, 1, Иркутск 664033, Россия  
e-mail: potapov@mail.ru

Поступило 21.10.2013  
После доработки 18.12.2013