

## РЕАКЦИИ ПЕНТАФЕНИЛСУРЬМЫ И ПЕНТА-ПАРА-ТОЛИЛСУРЬМЫ С КАЛИКСАРЕНОМ [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub>

А.Н. Ефремов, В.В. Шарутин

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Пентафенилсурьма и пента-пара-толилсурьма реагируют с каликсареном [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub> (CArH) с отщеплением арена и образованием ионных продуктов [Ph<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · TolH (1), [*p*-Tol<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · H<sub>2</sub>O (2) с выходом до 96 %. Соединения идентифицированы методом ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа (РСА). По данным РСА, соединения 1 и 2 представляют собой ионные комплексы с сольватными молекулами толуола (1) и воды (2). Катион имеет тетраэдрическую координацию атома сурьмы с арильными лигандами в вершинах полиэдра, анион представлен депротонированной формой *n*-*трет*-бутилтиакаликс[4]арена. Три *трет*-бутильные группы, фенильное кольцо и сольватированный толуол в структуре соединения 1 и два *трет*-бутильных фрагмента в структуре соединения 2 разупорядочены по двум позициям. Тетраэдрическая координация атомов сурьмы в катионах соединений 1 и 2 искажена в незначительной степени. Углы CSbC отклоняются от теоретического значения и варьируются в пределах 106,0(4)–117,7(4)° (1), 105,75(15)–112,84(15)° (2). Среднее значение длин связей Sb–C составляет 2,101(3) и 2,106(4) Å в структурах 1 и 2 соответственно. Анион [CAr]<sup>-</sup> находится в конформации конуса, верхний обод которого представлен *трет*-бутильными группами в *пара*-положении, а нижний – гидроксигруппами, одна из которых депротонирована. Длина одной связи C<sub>Ar</sub>–O<sup>-</sup> (1,318(4) (1) и 1,326(4) (2) Å) меньше среднего значения длин связей C<sub>Ar</sub>–OH (1,338(4) (1) и 1,343(4) (2) Å), что свидетельствует о повышении ее кратности и локализации отрицательного заряда именно на этом атоме кислорода. При этом протоны образуют внутримолекулярные водородные связи с соседним атомом кислорода. Расстояния H···O составляют 2,16; 1,69; 1,77 Å в 1 и 1,92, 1,79, 1,76 Å в 2. Двугранные углы между противоположными феноксидными кольцами составляют 60,64 и 87,07° (1) и 83,85 и 80,42° (2), что указывает на менее симметричный анион в структуре 1, чем в 2. Формирование пространственной структуры кристаллов обусловлено образованием водородных связей между ионами с участием атомов кислорода и серы, а также СН···π-взаимодействий, при этом ионы в кристалле соединения 1 образуют цепочки, а в кристалле соединения 2 – слои. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1991199 (1); № 2013220 (2); deposit@ccdc.cam.ac.uk или [http://www.ccdc.cam.ac.uk/data\\_request/cif](http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif)).

*Ключевые слова:* пентафенилсурьма, пента-пара-толилсурьма, каликсарен, реакция замещения, рентгеноструктурный анализ.

### Введение

Сурьмаорганические производные общей формулы Ar<sub>4</sub>SbX (где X – лиганд, связанный с атомом сурьмы через гетероатом) достаточно хорошо изучены методом рентгеноструктурного анализа [1–20]. К таким соединениям относится широкий ряд структурно охарактеризованных ароксидов тетраарилсурьмы [1, 2, 21–26]. Синтез таких производных осуществляют по реакциям деарилрования пентаарилсурьмы фенолом [21–23] или перераспределения лигандов между пентаарилсурьмой и производным симметричного строения Ar<sub>3</sub>SbX<sub>2</sub> [24–26].

В настоящей работе впервые по реакциям замещения из каликсарена [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub> (CArH) и пентаарилсурьмы синтезированы сурьмаорганические производные каликсарена [Ph<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · TolH (1), [*p*-Tol<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · H<sub>2</sub>O (2) и определены их структурные особенности методом рентгеноструктурного анализа.

### Экспериментальная часть

Исходные реагенты – пентафенилсурьму и пента-*пара*-толилсурьму получали по методикам, описанным в монографии [27]. В работе использовали каликсарен производства фирмы Alfa Aesar.

## Химия элементоорганических соединений

### Синтез $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+[\text{CAr}]^- \cdot \text{TolH}$ (1).

Смесь 200 мг (0,394 ммоль) пентафенилсурьмы и 259 мг (0,394 ммоль) каликсарена  $[4\text{-}t\text{-BuC}_6\text{H}_2\text{OH}(\text{S}-2)]_4$  в 3 мл толуола нагревали в запаянной ампуле на водяной бане при 80 °С в течение 3 часов. После медленного охлаждения вскрывали ампулу и оставляли до полного удаления растворителя. Получили 411 мг (96 %) бесцветных кристаллов соединения **1** с т. пл. 254 °С.

ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3369, 3082, 3053, 3032, 2960, 2904, 2866, 1572, 1479, 1460, 1436, 1392, 1361, 1307, 1255, 1201, 1188, 1163, 1087, 1068, 1045, 1020, 995, 885, 831, 763, 752, 729, 688, 601, 547, 516, 455, 443, 416.

Найдено, %: С 68,64; Н 6,09.  $\text{C}_{71}\text{H}_{75}\text{O}_4\text{S}_4\text{Sb}$ . Вычислено, %: С 68,60; Н 6,04.

Синтез  $[\text{p-Tol}_4\text{Sb}]^+[\text{CAr}]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$  (2) осуществляли по аналогичной методике. Выход 89 %, т. разл. 280 °С. Пригодные для рентгеноструктурного анализа кристаллы получены после перекристаллизации вещества из толуола, содержащего воду.

ИК-спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3242, 3034, 2960, 2866, 1788, 1641, 1591, 1477, 1462, 1394, 1359, 1300, 1274, 1253, 1211, 1188, 1120, 1087, 1068, 1037, 1012, 887, 829, 802, 794, 763, 752, 721, 677, 638, 597, 584, 547, 518, 480, 416.

Найдено, %: С 66,71; Н 6,34.  $\text{C}_{68}\text{H}_{77}\text{O}_5\text{S}_4\text{Sb}$ . Вычислено, %: С 66,71; Н 6,35.

ИК-спектры соединений **1** и **2** записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в таблетках КВг в области 4000–400  $\text{cm}^{-1}$ .

Рентгеноструктурный анализ (РСА) кристаллов соединений **1** и **2** проведен на дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker ( $\text{MoK}_\alpha$ -излучение,  $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$ , графитовый монохроматор) при 296(2) К. Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [28]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [29], OLEX2 [30]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в таблице. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1991199 для **1** и № 2013220 для **2**; deposit@ccdc.cam.ac.uk или [http://www.ccdc.cam.ac.uk/data\\_request/cif](http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif)).

Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур **1** и **2**

Параметр	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>M</i>	1242,30	1224,28
Сингония	Моноклинная	Моноклинная
Пр. группа	$P2_1/n$	$P2_1/n$
<i>a</i> , $\text{\AA}$	13,317(7)	20,425(15)
<i>b</i> , $\text{\AA}$	23,456(16)	12,964(13)
<i>c</i> , $\text{\AA}$	20,968(11)	24,866(19)
$\alpha$ , град.	90	90
$\beta$ , град.	95,964(15)	105,43(2)
$\gamma$ , град.	90	90
<i>V</i> , $\text{\AA}^3$	6514(6)	6347(9)
<i>Z</i>	4	4
$\rho$ (выч.), $\text{г/см}^3$	1,267	1,281
$\mu$ , $\text{мм}^{-1}$	0,598	0,614
<i>F</i> (000)	2592,0	2560,0
Размер кристалла, мм	0,43 × 0,23 × 0,2	0,27 × 0,18 × 0,14
Область сбора данных по 2 $\theta$ , град.	6,05–49,496	5,574–57
Интервалы индексов отражений	$-15 \leq h \leq 15$ , $-27 \leq k \leq 27$ , $-24 \leq l \leq 24$	$-27 \leq h \leq 26$ , $-17 \leq k \leq 17$ , $-33 \leq l \leq 33$
Измерено отражений	98588	261219
Независимых отражений	11108 ( $R_{int} = 0,0419$ )	16082 ( $R_{int} = 0,0851$ )

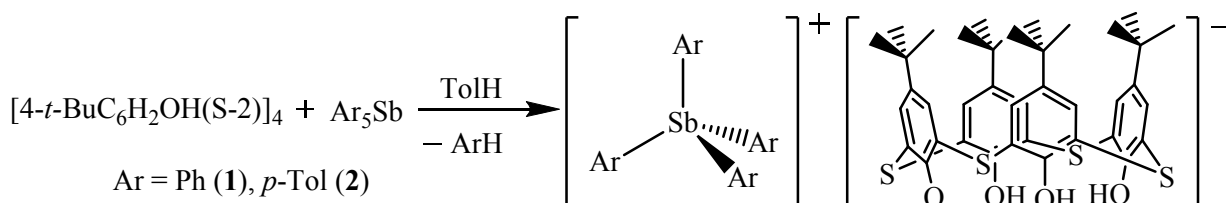
Окончание табл. 1

Параметр	1	2
Переменных уточнения	818	751
<i>GOOF</i>	1,046	1,048
<i>R</i> -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0391, wR_2 = 0,0992$	$R_1 = 0,0559, wR_2 = 0,1286$
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0524, wR_2 = 0,1095$	$R_1 = 0,0910, wR_2 = 0,1471$
Остаточная электронная плотность (max/min), e/Å <sup>3</sup>	0,62/-0,55	1,41/-1,38

### Обсуждение результатов

Известно, что наиболее эффективными методами синтеза ароксидов тетраарилсурьмы являются методы, в основе которых лежит реакция замещения. Из пентаарилсурьмы и фенолов получено достаточно большое количество указанных соединений [1, 2, 21–26]. Данный метод синтеза одностадийный и характеризуется мягкими условиями протекания реакций, высоким выходом и чистотой целевого продукта, однако реакции пентаарилсурьмы с каликсаренами ранее не изучались.

Мы нашли, что взаимодействие эквимольных количеств каликсарена [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub> (CArH) с пентафенилсурьмой и пента-пара-толилсурьмой в толуоле приводит к образованию сурьмаорганических производных каликсарена [Ph<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup>·TolH (1), [*p*-Tol<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup>·H<sub>2</sub>O (2). Для завершения реакций требовалось нагревание реакционной смеси в течение 3 ч. При медленном охлаждении раствора исходных реагентов в толуоле наблюдалось образование кристаллов, пригодных для РСА:



Соединения **1** и **2** представляют собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в ароматических углеводородах и полярных растворителях. Строение ионных комплексов **1** и **2** подтверждено методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа.

В ИК-спектрах соединений **1** и **2** наблюдается интенсивная полоса поглощения валентных колебаний связей Sb–C при 455 и 480 см<sup>-1</sup> соответственно. Строение аниона можно охарактеризовать рядом полос поглощения высокой интенсивности: полосы при 1255 (**1**) и 1253 (**2**) см<sup>-1</sup> описывают валентные колебания связи C–O, при 547 см<sup>-1</sup> (в **1** и **2**) – ν(C–S), уширенная полоса при 3369 (**1**) и 3242 (**2**) см<sup>-1</sup> – ν(O–H), при 1392 (**1**) и 1394 (**2**) см<sup>-1</sup> – δ<sub>ас</sub>(C-*t*-Bu–H), при 1361 (**1**) и 1359 (**2**) см<sup>-1</sup> – δ<sub>с</sub>(C-*t*-Bu–H). Полосы поглощения средней интенсивности при 2960 (**1**, **2**) и 2866 (**1**, **2**) см<sup>-1</sup> можно отнести к валентным асимметричным и симметричным колебаниям связей C–H метильных групп соответственно. ИК-спектры соединений также содержат характерные полосы валентных колебаний углеродного скелета ароматических фрагментов: 1572, 1479, 1436 (**1**) и 1591, 1477, 1462 (**2**) см<sup>-1</sup>. Валентным колебаниям связей C<sub>Ar</sub>–H отвечает полоса поглощения средней интенсивности при 3053 и 3034 см<sup>-1</sup> в спектрах соединений **1** и **2** соответственно, а внеплоскостным деформационным колебаниям этих же связей – полосы при 885, 831, 729, 688 (**1**) и 887, 829, 794, 752 см<sup>-1</sup> [31, 32].

По данным РСА, соединения **1** и **2** представляют собой ионные комплексы с сольватными молекулами толуола (**1**) и воды (**2**). Катион имеет тетраэдрическую координацию атома сурьмы с арильными лигандами в вершинах полиэдра, анион представлен депротонированной формой *n*-трет-бутилтиакаликс[4]арена (рис. 1, 2). Три трет-бутильные группы, фенильное кольцо и сольватированный толуол в структуре соединения **1** разупорядочены по двум положениям. Уточненные соотношения вкладов положений в разупорядоченный фрагмент составляет 0,51/0,49, 0,54/0,46, 0,53/0,47 для *t*-Bu-групп, 0,64/0,36 для Ph лиганда и 0,56/0,44 для толуола. В структуре

## Химия элементоорганических соединений

соединения **2** разупорядочены по двум положениям два *tert*-бутильных фрагмента с заселенностью атомов углерода 0,42/0,58.

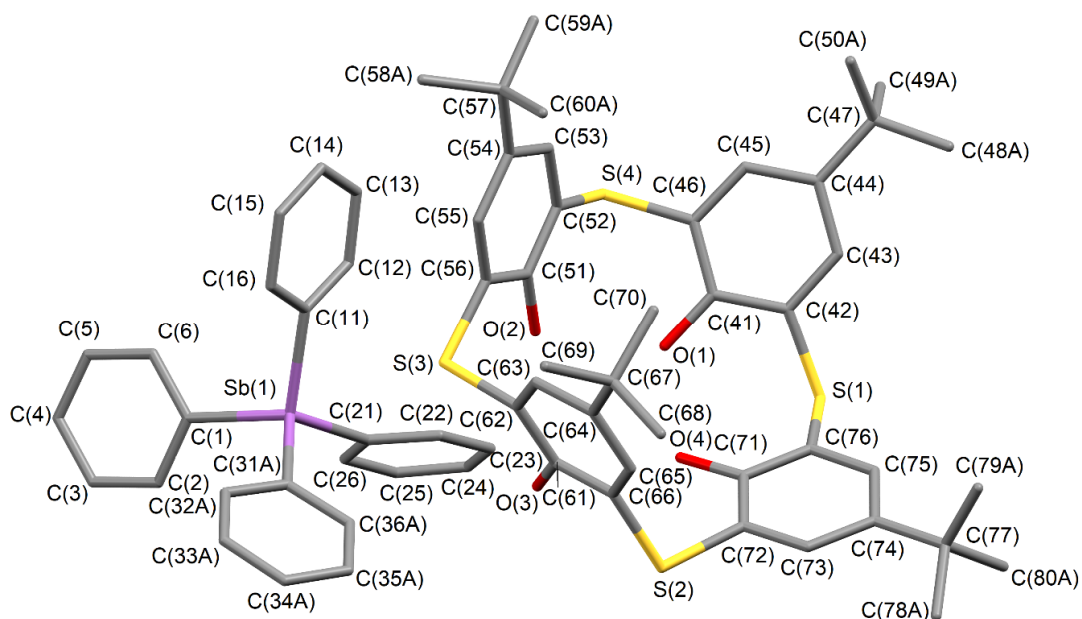


Рис. 1. Строение соединения **1**  
(атомы водорода, сольватная молекула толуола и разупорядоченные атомы не указаны)

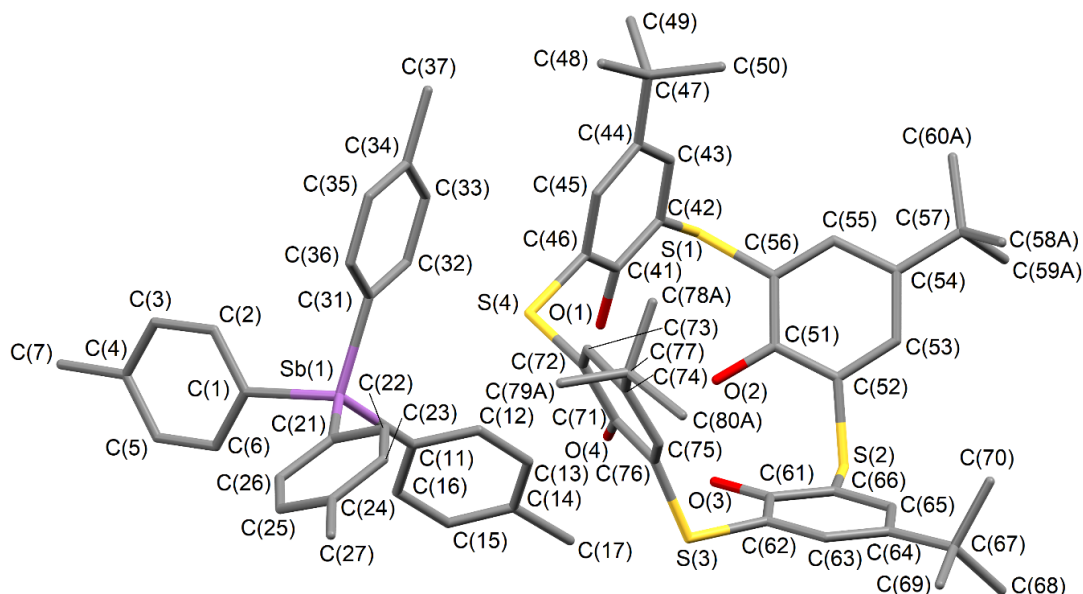


Рис. 2. Строение соединения **2**  
(атомы водорода, сольватная молекула воды и разупорядоченные атомы не указаны)

Тетраэдрическая координация атомов сурьмы в катионах соединений **1** и **2** искажена в значительной степени. Углы CSbC отклоняются от теоретического значения и варьируются в пределах 106,0(4)–117,7(4)° (**1**), 105,75(15)–112,84(15)° (**2**). Среднее значение длин связей Sb–C составляет 2,101(3) и 2,106(4) Å в структурах **1** и **2** соответственно.

Однозарядный анион, представляющий собой апротонную форму [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub>, находится в конформации конуса, верхний обод которого представлен *tert*-бутильными группами в *para*-положении, а нижний – гидроксигруппами, одна из которых депротонирована. Длина связи C<sub>Ar</sub>–O<sup>–</sup> (1,318(4) (**1**) и 1,326(4) (**2**) Å) меньше среднего значения длин связей C<sub>Ar</sub>–OH (1,338(4) (**1**) и 1,343(4) (**2**) Å), что свидетельствует о повышении ее кратности и локализации от-

рицательного заряда именно на этом атоме кислорода. При этом протоны ОН-групп образуют внутримолекулярные водородные связи с соседним атомом кислорода. Расстояния Н...О составляют 2,16, 1,69, 1,77 Å в **1** и 1,92, 1,79, 1,76 Å в **2**. Значения длин связей С–S примерно равны и варьируют в пределах 1,783(3)–1,791(3) (**1**) Å и 1,780(3)–1,796(4) (**2**) Å. Двугранные углы между противоположными феноксидными кольцами составляют 60,64 и 87,07° (**1**) и 83,85 и 80,42° (**2**), что указывает на менее симметричный анион в структуре **1**, чем в **2**. Приведенные выше характеристики строения аниона практически не отличаются от аналогичных для ранее структурно охарактеризованных молекул каликс[4]аренов [33–37].

Интерес представляет сравнить между собой упаковку ионов в кристаллах соединений **1** и **2**. Катион в структуре соединения **1** взаимодействует с верхним ободом аниона посредством СН...π-взаимодействий, с нижним – посредством водородной связи С<sub>Ar</sub>–H...ОН (2,38 Å) (рис. 3). Данные взаимодействия структурируют ионы в цепочки типа Cat<sup>+</sup>An<sup>-</sup>Cat<sup>+</sup>An<sup>-</sup>, расположенные вдоль кристаллографической оси *a*. При этом пространственная ориентация аниона в цепочке не изменяется. Отметим, что верхний обод аниона экранирован катионом так, что одно из его фенильных колец практически полностью располагается в объеме конуса аниона *n*-трет-бутилтиакаликс[4]арена. Сольватная молекула толуола участия в упаковке не принимает.

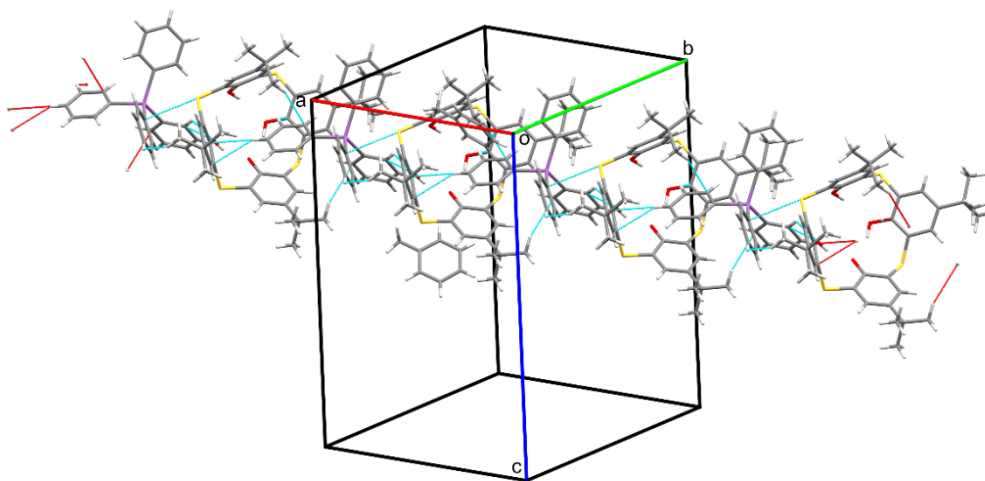


Рис. 3. Упаковка ионов в кристалле соединения **1**  
(показана только одна цепочка)

Организация ионов в кристалле соединения **2** устроена более сложно. Один анион посредством СН...π-взаимодействий и водородных связей S...H (2,97 Å) контактирует еще с тремя соседними анионами, при этом образуются цепочки из анионов. Также анион взаимодействует с двумя катионами: с одним – с образованием водородных связей S...H (2,98, 2,83 Å) и О...H (2,69, 2,72 Å), с другим – через молекулу сольватированной воды (рис. 4).

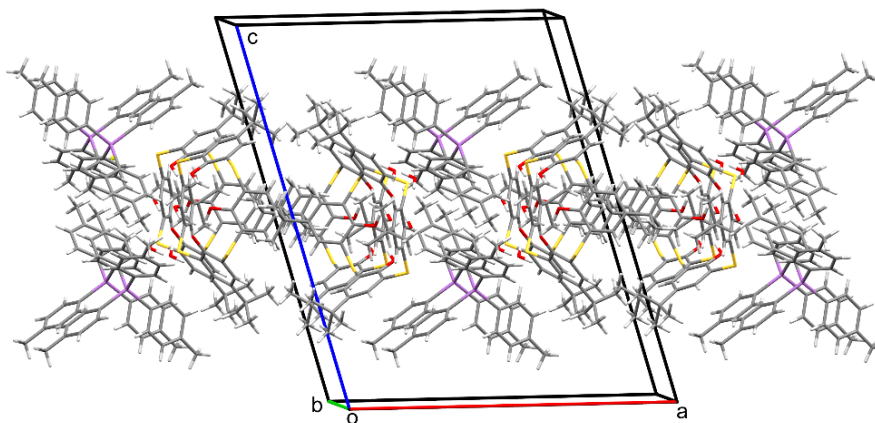


Рис. 4. Упаковка ионов в кристалле соединения **2** (показан только один слой)

Анионы ориентированы в пространстве таким образом, что их нижний обод экранирован только катионами, а верхний – *tert*-бутильной группой соседнего аниона (рис. 5).

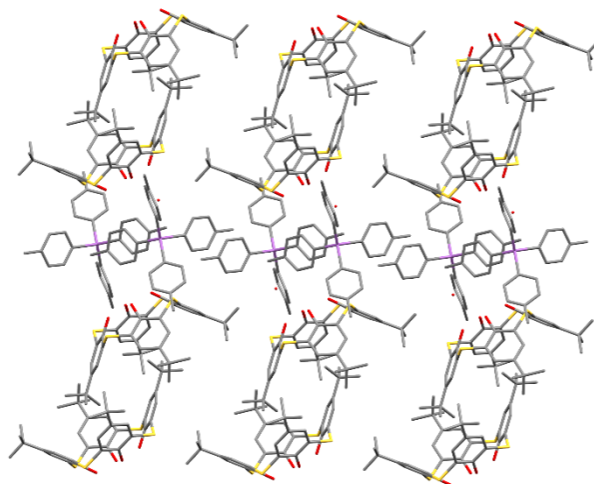


Рис. 5. Ориентация ионов в кристалле соединения 2

### Выводы

Таким образом, по реакции замещения из пентаарилсурьмы и каликсарена  $[4-t\text{-BuC}_6\text{H}_2\text{OH(S-2)}]_4(\text{CArH})$  получены с высоким выходом ионные продукты  $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+[\text{CAr}]^- \cdot \text{TolH}$  (**1**),  $[p\text{-Tol}_4\text{Sb}]^+[\text{CA}]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$  (**2**). Координационные полиэдры атомов сурьмы представляют собой тетраэдры, в вершинах которых располагаются арильные лиганды. Формирование пространственной структуры кристаллов обусловлено образованием водородных связей между ионами с участием атомов кислорода и серы, а также  $\text{CH}\cdots\pi$ -взаимодействий, при этом ионы в кристалле соединения **1** образуют цепочки, а в кристалле соединения **2** – слои.

### Финансирование работы

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-70001.

### Литература

1. Cambridge Crystallographic Database. Release 2020. Cambridge.
2. Шарутин, В.В. Синтез, реакции и строение арильных соединений пятивалентной сурьмы / В.В. Шарутин, А.И. Поддельский, О.К. Шарутина // Журн. коорд. химии. – 2020. – Т. 46, № 10. – С. 579–648. DOI: 10.31857/S0132344X20100011.
3. Синтез и строение цианамид тетрафенилсурьмы / И.В. Егорова, В.В. Жидков, И.П. Гринишак, А.А. Раханский // Журн. общей химии. – 2014. – Т. 84, № 7. – С. 1176–1178.
4. Establishing the Coordination Chemistry of Antimony(V) Cations: Systematic Assessment of  $\text{Ph}_4\text{Sb}(\text{OTf})$  and  $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{OTf})_2$  as Lewis Acceptors / A.P.M. Robertson, S.S. Chitnis, H.A. Jenkins et al. // Chem. Eur. J. – 2015. – V. 21, № 21. – P. 7902–7913. DOI: 10.1002/chem.201406469.
5. Pan, B.  $[\text{Sb}(\text{C}_6\text{F}_5)_4][\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]$ : An Air Stable, Lewis Acidic Stibonium Salt That Activates Strong Element-Fluorine Bonds / B. Pan, F.P. Gabbai // J. Am. Chem. Soc. – 2014. – V. 136, № 27. – P. 9564–9567. DOI: 10.1021/ja505214m.
6. *Ortho*-metallation of a Phenyl Ring with Antimony(V) / N. Dinsdale, J.C. Jeffrey, R.J. Kilby et al. // Inorg. Chim. Acta. – 2007. – V. 360, № 1. – P. 418–420. DOI: 10.1016/j.ica.2006.07.091.
7. Influence of the Catalyst Structure in the Cycloaddition of Isocyanates to Oxiranes Promoted by Tetraarylstibonium Cations / M. Yang, N. Pati, G. Belanger-Chabot et al. // Dalton Trans. – 2018. – V. 47. – P. 11843–11850. DOI: 10.1039/C8DT00702K.
8. Синтез, структурное и MAS ЯМР ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) спектральное исследование комплексов тетрафенилсурьмы с N,N-диалкилдитиокарбаматными лигандами: проявление канформационной

изомерии / А.В. Иванов, А.П. Пакулина, М.А. Иванов и др. // Докл. акад. наук СССР. – 2005. – Т. 401, № 5. – С. 643–647.

9. Structure and Dynamic Behavior of Neutral Hexacoordinate Antimony Compounds with Intramolecular Coordination / H. Yamamichi, S. Matsukawa, S. Kojima et al. // Heteroat. Chem. – 2011. – V. 22, № 3–4. – P. 553–561. DOI: 10.1002/hc.20721.

10. Wang G.-C., Lu Y.-N., Xiao J., Yu L., Song H.-B., Li J.-S., Cui J.-R., Wang R.-Q., Ran F.-X. Synthesis, Crystal Structures and in vitro Antitumor Activities of Some Organoantimony Arylhydroxamates. *J. Organomet. Chem.*, 2005, vol. 690, no. 1, pp. 151–156. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2004.09.002.

11. Synthesis, Crystal Structures and in vitro Antitumor Activities of Some Arylantimony Derivatives of Analogues of Demethylcantharimide / G.-C. Wang, J. Xiao, L. Yu. et al. // *J. Organomet. Chem.* – 2004. – V. 689, № 9. – P. 1631–1638. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2004.02.015

12. Domasevitch, K.V. Organoantimony(V) Cyanoximates: Synthesis, Spectra and Crystal Structures / K.V. Domasevitch, N.N. Gerasimchuk, A. Mokhir // *Inorg. Chem.* – 2000. – V. 39, № 6. – P. 1227–1237. DOI: 10.1021/ic9906048.

13. Syntheses, Characterizations and Crystal Structures of New Organoantimony(V) Complexes with Heterocyclic (S, N) Ligand / C. Ma, Q. Zhang, J. Sun et al. // *J. Organomet. Chem.* – 2006. – V. 691, № 11. – P. 2567–2574. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2006.01.049.

14. Synthesis, Characterization and Structure of Some Arylantimony Ferrocenylacrylates / J.-S. Li, R.-C. Liu, X.-B. Chi et al. // *Inorg. Chim. Acta* – 2004. – V. 357. – P. 2176–2180. DOI: 10.1016/j.ica.2003.12.012.

15. Фторсодержащие карбоксилаты тетраарилсурьмы. Синтез и строение / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, А.Н. Ефремов и др. // *Журн. неорг. химии.* – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 482–486. DOI: 10.31857/S0044457X20040170.

16. Особенности взаимодействия пентафенилсурьмы с бифункциональными кислотами. строение глутарата *бис*(тетрафенилсурьмы), сольвата 1,4-циклогександикарбоксилата *бис*(тетрафенилсурьмы) с бензолом, сольвата 3-гидроксибензоата тетрафенилсурьмы с диоксаном и аддукта 3-гидроксибензоата тетрафенилсурьмы с 3-тетрафенилстибоксibenзоатом тетрафенилсурьмы и толуолом / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Ю.О. Губанова и др. // *Журн. неорг. химии.* – 2019. – Т. 64, № 9. – С. 957–964. DOI: 10.1134/S0044457X19090198.

17. Шарутин, В.В. Синтез и строение сольвата 1,2-дифенилэтандиондиоксимата *бис*(тетрафенилсурьмы) с толуолом Ph<sub>4</sub>SbONC(Ph)C(Ph)ONSbPh<sub>4</sub> · 2PhCH<sub>3</sub> и 1,2-дифенил(2-окси)этанондиоксимата тетрафенилсурьмы Ph<sub>4</sub>SbONC(Ph)CH(Ph)OH / В.В. Шарутин, О.В. Молокова, О.К. Шарутина // *Журн. неорг. химии.* – 2013. – Т. 58, № 4. – С. 460–467. DOI: 10.7868/S0044457X13040181.

18. Шарутин, В.В. Синтез и строение пропиолатов три- и тетрафенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // *Коорд. химия.* – 2014. – Т. 40, № 2. – С. 108–112. DOI: 10.7868/S0132344X14020108.

19. Dihydroxybenzoic Acids as Polydentate Ligands in Phenylantimony (V) Complexes / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, Y.O. Gubanova et al. // *Inorg. Chim. Acta.* – 2019. – V. 494. – P. 211–215. DOI: 10.1016/j.ica.2019.05.029

20. Термохимические свойства Ph<sub>4</sub>Sb(OC(O)C<sub>10</sub>H<sub>15</sub>) и Ph<sub>3</sub>Sb(OC(O)C<sub>10</sub>H<sub>15</sub>)<sub>2</sub> / Д.В. Лякаев, А.В. Маркина, Е.В. Хабарова и др. // *Журн. физ. химии.* – 2018. – Т. 92, № 9. – С. 1384–1389. DOI: 10.1134/S0044453718090170.

21. Шарутин, В.В. Синтез и строение ароксидов тетрафенилсурьмы Ph<sub>4</sub>SbOAr (Ar = C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(Br<sub>2</sub>-2,6)(*трет*-Bu-4), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-2,4, C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>(Br<sub>2</sub>-2,6)(NO<sub>2</sub>-4)) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // *Журн. неорг. химии.* – 2017. – Т. 62, № 3. – С. 290–295. DOI: 10.7868/S0044457X17030151.

22. Шарутин, В.В. Новый способ получения ароксидов хлоротрифенилсурьмы Ph<sub>3</sub>SbCl(OAr) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // *Коорд. химия.* – 2016. – Т. 42, № 1. – С. 34–38. DOI: 10.7868/S0132344X15120075.

23. Синтез и строение γ-фенилацетилацетоната тетрафенилсурьмы / В.В. Шарутин, А.П. Пакулина, О.К. Шарутина и др. // *Химия и комп. модел. Бутлеровские сообщ.* – 2003. – Т. 4, № 1. – С. 34–35.

24. Новые методы синтеза арокситетраарильных производных сурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, П.Е. Осипов и др. // Журн. общ. химии. – 2001. – Т. 71, № 6. – С. 1045–1046.
25. Синтез и строение 2,4,6-трихлорфеноксидов тетра- и трифенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин и др. // Журн. общ. химии. – 2016. – Т. 86, № 1. – С. 92–99.
26. Синтез и строение пентафтор- и пентахлорфеноксидов тетра- и триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, А.Н. Ефремов и др. // Журн. неорг. химии. – 2017. – Т. 62, № 10. – С. 1330–1336. DOI: 10.7868/S0044457X17100075.
27. Кочешков, К.А. Методы элементоорганической химии. Сурьма, висмут / К.А. Кочешков, А.П. Сколдинов, Н.Н. Землянский. – М.: Наука, 1976. – 483 с.
28. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
29. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
30. OLEX2: Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea et al. // J. Appl. Cryst. – 2009. – V. 42. – P. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
31. Тарасевич, Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений / Б.Н. Тарасевич. – М.: МГУ, 2012. – 54 с.
32. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие / А.В. Васильев, Е.В. Гриненко, А.О. Шукин и др. – СПб.: СПбГЛТА, 2007. – 54 с.
33. Comparison of Inclusion Properties Between *p*-Tert-butylcalix[4]arene and *p*-tert-Butylthiacalix[4]arene towards Primary Alcohols in Crystals / N. Morohashi, K. Nanbu, A. Tonosaki et al. // Cryst. Eng. Comm. – 2015. – V. 17, № 26. – P. 4799–4808. DOI: 10.1039/C5CE00370A.
34. A Novel One-dimensional Coordination Polymer Capturing Hydrated Co(II) Cations / D.-Q. Yuan, M.-Y. Wu, F.-L. Jiang et al. // J. Mol. Struct. – 2008. – V. 877, № 1–3. – P. 132–137. DOI: 10.1016/j.molstruc.2007.07.029.
35. Bi, Y. Assembly of Supramolecular Compounds with Water-Soluble Calix[4]arenes / Y. Bi, W. Liao, H. Zhang // Cryst. Growth Des. – 2008. – V. 8, № 10. – P. 3630–3635. DOI: 10.1021/cg800177m.
36. Thiacalix[4]arene-Based Three-Dimensional Coordination Polymers Incorporating Neutral Bridging Coligands / K. Kim, S. Park, K.-M. Park et al. // Cryst. Growth Des. – 2011. – V. 11, № 9. – P. 4059–4067. DOI: 10.1021/cg2006315.
37. Unique Inclusion Properties of Crystalline Powder *p*-tert-Butylthiacalix[4]arene toward Alcohols and Carboxylic Acids / N. Morohashi, S. Noji, H. Nakayama et al. // Org. Lett. – 2011. – V. 13, № 13. – P. 3292–3295. DOI: 10.1021/ol200506p.

**Ефремов Андрей Николаевич** – аспирант, кафедра теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: efremov\_an94@mail.ru

**Шарутин Владимир Викторович** – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник Управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: sharutin50@mail.ru.

*Поступила в редакцию 8 декабря 2020 г.*



**REACTIONS OF PENTAPHENYLANTIMONY  
AND PENTA-PARA-TOLYLANIMONY  
WITH CALIXARENE [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub>**

A.N. Efremov, efremov\_an94@mail.ru

V.V. Sharutin, sharutin50@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Pentaphenylantimony and penta-para-tolylantimony react with calixarene [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub> (CArH) by way of arene elimination and formation of the [Ph<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · TolH (**1**), [p-Tol<sub>4</sub>Sb]<sup>+</sup>[CAr]<sup>-</sup> · H<sub>2</sub>O (**2**) ionic products with a yield up to 96%. The compound has been identified by IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis. According to the X-ray diffraction data, compounds **1** and **2** are ionic complexes with solvate molecules of toluene (**1**) and water (**2**). The cation has a tetrahedral coordination of the antimony atom with aryl ligands at the polyhedron vertices; the anion is represented by the deprotonated form of *p*-*tert*-butylthiacalix[4]arene. The three *tert*-butyl groups, the phenyl ring and solvated toluene in the structure of compound **1**, and two *tert*-butyl fragments in the structure of compound **2** are disordered over two positions. The tetrahedral coordination of antimony atoms in the cations of compounds **1** and **2** is slightly distorted. The CSbC angles deviate from the theoretical value and vary within 106.0(4)–117.7(4)° (**1**), 105.75(15)–112.84(15)° (**2**). The average Sb–C bond lengths are 2.101(3) and 2.106(4) Å in structures **1** and **2**, respectively. The [CAr]<sup>-</sup> anion is in the cone conformation, the upper rim of which is represented by the *tert*-butyl groups in the *para*-position, while the lower one is represented by hydroxy groups, one of which is deprotonated. The C<sub>Ar</sub>–O<sup>-</sup> bond length (1.318(4) (**1**) and 1.326(4) (**2**) Å) is less than the average value of the C<sub>Ar</sub>–OH bond lengths (1.338(4) (**1**) and 1.343(4) (**2**) Å), which indicates increasing multiplicity of the bond and localization of a negative charge on the oxygen atom. Intramolecular hydrogen bonds with the neighboring O atom are observed. The H···O distances are 2.16, 1.69, 1.77 Å in **1** and 1.92, 1.79, 1.76 Å in **2**. Dihedral angles between opposite phenoxide rings are 60.64° and 87.07° (**1**) and 83.85° and 80.42° (**2**), which indicates somewhat less symmetric anion in structure **1** than in structure **2**. The formation of the crystal spatial structure is due to the formation of hydrogen bonds between ions with participation of oxygen and sulfur atoms, as well as CH···π-interactions, while the ions form chains in the crystal of compound **1**, and layers in the crystal of compound **2**. Complete tables of atom coordinates, bond lengths and valence angles are deposited at the Cambridge Crystallographic Data Center (No. 1850118 (**1**); No. 2013220 (**2**); deposit@ccdc.cam.ac.uk or [http://www.ccdc.cam.ac.uk/data\\_request/cif](http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif)).

*Keywords:* pentaphenylantimony, penta-para-tolylantimony, calixarene, substitution reaction, X-ray diffraction analysis.

**References**

1. Cambridge Crystallographic Database. Release 2020. Cambridge.
2. Sharutin V.V., Poddel'sky A.I., Sharutina O.K. Aryl Compounds of Pentavalent Antimony: Syntheses, Reactions, and Structures. *Russ. J. Coord. Chem.*, 2020, vol. 46, no. 10, pp. 663–728. DOI: 10.1134/S1070328420100012.
3. Egorova I.V., Zhidkov V.V., Grinishak I.P., Rakhanskii A.A. Synthesis and Structure of Tetraphenylantimony Cyanamide. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2014, vol. 84, no. 7, pp. 1371–1373. DOI: 10.1134/S1070363214070214.
4. Robertson A.P.M., Chitnis S.S., Jenkins H.A., McDonald R., Ferguson M.J., Burford N. Establishing the Coordination Chemistry of Antimony(V) Cations: Systematic Assessment of Ph<sub>4</sub>Sb(OTf) and Ph<sub>3</sub>Sb(OTf)<sub>2</sub> as Lewis Acceptors. *Chem. – Eur. J.*, 2015, vol. 21, no. 21, pp. 7902–7913. DOI: 10.1002/chem.201406469.
5. Pan B., Gabbai F.P. [Sb(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>4</sub>][B(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>4</sub>]: An Air Stable, Lewis Acidic Stibonium Salt That Activates Strong Element-Fluorine Bonds. *J. Am. Chem. Soc.*, 2014, vol. 136, no. 27, pp. 9564–9567. DOI: 10.1021/ja505214m.
6. Dinsdale N., Jeffrey J.C., Kilby R.J., Mansell S.M., Presly O.C., Russell C.A. *Ortho*-metallation

of a Phenyl Ring with Antimony(V). *Inorg. Chim. Acta*, 2007, vol. 360, no. 1, pp. 418–420. DOI: 10.1016/j.ica.2006.07.091.

7. Yang M., Pati N., Belanger-Chabot G., Hirai M., Gabbai F.P. Influence of the Catalyst Structure in the Cycloaddition of Isocyanates to Oxiranes Promoted by Tetraarylstibonium Cations. *Dalton Trans.*, 2018, vol. 47, pp. 11843–11850. DOI: 10.1039/C8DT00702K.

8. Ivanov A.V., Pakusina A.P., Ivanov M.A., Sharutin V.V., Gerasimenko A.V., Anzutkin O.N., Grobner G., Forsling W. [Synthesis, Structural and MAS NMR ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) Studies of Tetraphenylantimony Complexes with N,N-Dialkyldithiocarbamate Ligands: a Phenomenon of Conformational Isomerism]. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 2005, vol. 401, no. 5, pp. 643–647. (in Russ.)

9. Yamamichi H., Matsukawa S., Kojima S., Ando K., Yamamoto Y. Structure and Dynamic Behavior of Neutral Hexacoordinate Antimony Compounds with Intramolecular Coordination. *Heteroat. Chem.*, 2011, vol. 22, no. 3–4, pp. 553–561. DOI: 10.1002/hc.20721.

10. Wang G.-C., Lu Y.-N., Xiao J., Yu L., Song H.-B., Li J.-S., Cui J.-R., Wang R.-Q., Ran F.-X. Synthesis, Crystal Structures and in vitro Antitumor Activities of Some Organoantimony Arylhydroxamates. *J. Organomet. Chem.*, 2005, vol. 690, no. 1, pp. 151–156. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2004.09.002.

11. Wang G.-C., Xiao J., Yu L., Li J.-S., Cui J.-R., Wang R.-Q., Ran F.-X. Synthesis, Crystal Structures and in vitro Antitumor Activities of Some Arylantimony Derivatives of Analogues of Demethylcantharimide. *J. Organomet. Chem.*, 2004, vol. 689, no. 9, pp. 1631–1638. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2004.02.015.

12. Domasevitch K.V., Gerasimchuk N.N., Mokhir A. Organoantimony(V) Cyanoximates: Synthesis, Spectra and Crystal Structures. *Inorg. Chem.*, 2000, vol. 39, no. 6, pp. 1227–1237. DOI: 10.1021/ic9906048.

13. Ma C., Zhang Q., Sun J., Zhang R. Syntheses, Characterizations and Crystal Structures of New Organoantimony(V) Complexes with Heterocyclic (S,N) Ligand. *J. Organomet. Chem.*, 2006, vol. 691, no. 11, pp. 2567–2574. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2006.01.049.

14. Li J.-S., Liu R.-C., Chi X.-B., Wang G.-C., Guo Q.-S. Synthesis, Characterization and Structure of Some Arylantimony Ferrocenylacrylates. *Inorg. Chim. Acta*, 2004, vol. 357, pp. 2176–2180. DOI: 10.1016/j.ica.2003.12.012.

15. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Artem'eva E.V. Fluorine-Containing Tetraarylantimony Carboxylates: Synthesis and Structure. *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2020, vol. 65, no. 4, pp. 502–506. DOI: 10.1134/S0036023620040178.

16. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Y.O., El'tsov O.S. Specific Features of the Reaction between Pentaphenylantimony and Bifunctional Acids: Structures of *Bis*(tetraphenylantimony) Glutarate, Benzene Solvate of *Bis*(tetraphenylantimony) 1,4-Cyclohexanedicarboxylate, Dioxane Solvate of Triphenylantimony Hydroxybenzoate, and Triphenylantimony 3-Hydroxybenzoate Adduct with Tetraphenylantimony Tetraphenylstiboxybenzoate and Toluene. *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2019, vol. 64, no. 9, pp. 1138–1145. DOI: 10.1134/s0036023619090195

17. Sharutin V.V., Molokova O.V., Sharutina O.K. Synthesis and Structure of *Bis*(tetraphenylantimony) 1,2-diphenylethanedione dioximate toluene solvate  $\text{Ph}_4\text{SbONC}(\text{Ph})\text{C}(\text{Ph})\text{ONSbPh}_4 \cdot 2\text{PhCH}_3$  and Tetraphenylantimony 2-hydroxy-1,2-diphenylethanoeximate  $\text{Ph}_4\text{SbONC}(\text{Ph})\text{CH}(\text{Ph})\text{OH}$ . *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2013, vol. 58, no. 4, pp. 400–405. DOI: 10.1134/S0036023613040177.

18. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Tri- and Tetraphenylantimony Propiolates: Syntheses and Structures. *Russ. J. Coord. Chem.*, 2014, vol. 40, no. 2, pp. 109–114. DOI: 10.1134/s1070328414020109.

19. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Y.O., El'tsov O.S. Dihydroxybenzoic Acids as Polydentate Ligands in Phenylantimony (V) Complexes. *Inorg. Chim. Acta*, 2019, vol. 494, pp. 211–215. DOI: 10.1016/j.ica.2019.05.029.

20. Lyakaev D.V., Markina A.V., Khabarova E.V., Smirnova N.N., Knyazev A.V., Sharutin V.V., Sharutina O.K. Thermochemical Properties of  $\text{Ph}_4\text{Sb}(\text{OC}(\text{O})\text{C}_{10}\text{H}_{15})$  and  $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{OC}(\text{O})\text{C}_{10}\text{H}_{15})_2$ . *Russ. J. Phys. Chem.*, 2018, vol. 92, no. 9, pp. 1659–1633. DOI: 10.1134/S0036024418090170.

21. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Tetraphenylantimony Aroxides  $\text{Ph}_4\text{SbOAr}$  (Ar =  $\text{C}_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_7$ ,  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{Br}_2-2,6)(\text{tert-Bu}-4)$ ,  $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2-2,4$ ,  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{Br}_2-2,6)(\text{NO}_2-4)$ ): Synthesis and Structure. *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2017, vol. 62, no. 3, pp. 295–300. DOI: 10.1134/S0036023617030147.

22. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. New Preparation Method of Chlorotriphenylantimony Aryloxides Ph<sub>3</sub>SbCl(OAr). *Russ. J. Coord. Chem.*, 2016, vol. 42, no. 1, pp. 32–36. DOI: 10.1134/S1070328415120076.
23. Sharutin V.V., Pakusina A.P., Sharutina O.K., Zadachina O.P., Fedorenko E.V., Gerasimenko A.V., Pushilin M.A. [Synthesis and Structure of tetraphenylantimony  $\gamma$ -phenylacetylacetonate]. *Khimiya i komp. model. Butlerovskie soobshh.*, 2003, vol. 4, no. 1, pp. 34–35. (in Russ.)
24. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Osipov P.E., Subacheva O.V. New Method for Preparing Arox-tetraaryl Derivatives of Antimony. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2001, vol. 71, no. 6, pp. 983–984. DOI: 10.1023/a:1012368510207.
25. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Shchelokov A.O. Synthesis and Structure of Tetra- and Triphenylantimony 2,4,6-Trichlorophenoxides. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2016, vol. 86, no. 1, pp. 85–91. DOI: 10.1134/S1070363216010151.
26. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Andreev P.V. Tetra- and Triarylantimony Pentafluoroand Pentachlorophenoxides: Synthesis and structure. *Russ. J. Inorg. Chem.*, 2017, vol. 62, no. 10, pp. 1320–1326. DOI: 10.1134/S0036023617100163.
27. Kocheshkov K.A., Skoldinov A.P., Zemlyansky N.N. *Metody elementoorganicheskoy khimii. Sur'ma, vismut* [Methods of the Organometallic Chemistry. Antimony, Bismuth]. Moscow: Nauka, 1976. 483 p.
28. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998
29. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
30. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *J. Appl. Cryst.*, 2009, vol. 42, pp. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
31. Tarasevich B.N. *IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soedineniy* [IR Spectra of the Main Classes of Organic Compounds]. Moscow, MGU, 2012. 54 p.
32. Vasil'ev A.V., Grinenko E.V., Schukin A.O., Fedulina T.G. *Infrakrasnaya spektroskopiya organicheskikh i prirodnykh soedineniy* [Infrared spectroscopy of organic and natural compounds]. Saint-Petersburg, SPbSFTU, 2007. 54 p.
33. Morohashi N., Nanbu K., Tonosaki A., Noji S., Hattori T. Comparison of Inclusion Properties Between *p*-*tert*-Butylcalix[4]arene and *p*-Tert-butylthiacalix[4]arene towards Primary Alcohols in Crystals. *Cryst. Eng. Comm.*, 2015, vol. 17, no. 26, pp. 4799–4808. DOI: 10.1039/C5CE00370A.
34. Yuan D.-Q., Wu M.-Y., Jiang F.-L., Hong M.-C. A Novel One-dimensional Coordination Polymer Capturing Hydrated Co(II) Cations. *J. Mol. Struct.*, 2008, vol. 877, no. 1–3, pp. 132–137. DOI: 10.1016/j.molstruc.2007.07.029.
35. Bi Y., Liao W., Zhang H. Assembly of Supramolecular Compounds with Water-Soluble Calix[4]arenes. *Cryst. Growth Des.*, 2008, vol. 8, no. 10, pp. 3630–3635. DOI: 10.1021/cg800177m.
36. Kim K., Park S., Park K.-M., Lee S.S. Thiacalix[4]arene-Based Three-Dimensional Coordination Polymers Incorporating Neutral Bridging Coligands. *Cryst. Growth Des.*, 2011, vol. 11, no. 9, pp. 4059–4067. DOI: 10.1021/cg2006315.
37. Morohashi N., Noji S., Nakayama H., Kudo Y., Tanaka S., Kabuto C., Hattori T. Unique Inclusion Properties of Crystalline Powder *p*-*tert*-Butylthiacalix[4]arene toward Alcohols and Carboxylic Acids. *Org. Lett.*, 2011, vol. 13, no. 13, pp. 3292–3295. DOI: 10.1021/ol200506p.

Received 8 December 2020

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Ефремов, А.Н. Реакции пентафенилсурьмы и пента-пара-толилсурьмы с каликсареном [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub> / А.Н. Ефремов, В.В. Шарутин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 47–57. DOI: 10.14529/chem210105

#### FOR CITATION

Efremov A.N., Sharutin V.V. Reactions of Pentaphenylantimony and Penta-Para-Tolylantimony with Calixarene [4-*t*-BuC<sub>6</sub>H<sub>2</sub>OH(S-2)]<sub>4</sub>. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry.* 2021, vol. 13, no. 1, pp. 47–57. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem210105