

## СУРЬМАОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ. СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ (ОБЗОР)

Ю.О. Губанова

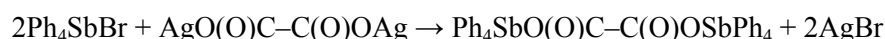
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Рассматриваются методы синтеза сурьмаорганических производных дикарбоновых кислот, в которых атомы сурьмы имеют в различной степени искаженную тригонально-бипирамидальную координацию.

*Ключевые слова:* пентафенилсурьма, дикарбоновая кислота, рентгеноструктурный анализ, карбоксилат бис(тетрафенилсурьмы), кислый карбоксилат тетрафенилсурьмы.

Методы синтеза сурьмаорганических производных дикарбоновых кислот и изучение особенностей их строения практически не изучены, поэтому актуальность настоящей работы очевидна.

Первым структурно охарактеризованным дикарбоксилатом бис(тетрафенилсурьмы) является оксалат бис(тетрафенилсурьмы), полученный в 1992 году из бромида тетрафенилсурьмы и оксалата серебра в толуоле с выходом 79 % [1].



Более эффективный метод синтеза подобных соединений сурьмы, позволяющий выделять целевой продукт с более высоким выходом, основан на реакции пентафенилсурьмы с дикарбоновыми кислотами в растворе ароматического углеводорода. Как правило, взаимодействие исходных реагентов протекает при комнатной температуре, для завершения реакции требуется непродолжительное нагревание реакционной смеси до 80–100 °С. В зависимости от мольного соотношения исходных реагентов могут быть получены как кислые карбоксилаты тетрафенилсурьмы, так и дикарбоксилаты бис(тетрафенилсурьмы).

Так, взаимодействие пентафенилсурьмы с дикарбоновыми кислотами в толуоле при мольном соотношении 2:1 приводит к образованию карбоксилатов бис(тетрафенилсурьмы) [2–8]. Для завершения реакции необходимо нагревание на водяной бане в течение часа. Температуры плавления и выходы карбоксилатов бис(тетрафенилсурьмы) приведены в табл. 1.

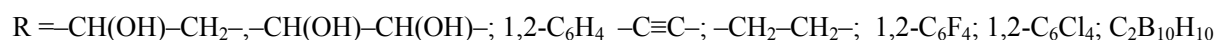
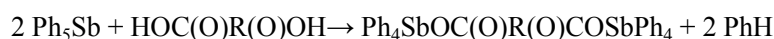


Таблица 1  
Выходы и температуры плавления соединений  $(\text{Ar}_4\text{Sb})_2\text{R}$ , полученные из пентафенилсурьмы и дикарбоновой кислоты при мольном соотношении 2:1

№	R	Т. пл., °С	Выход, %	Литература
1	$-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-$	165–167	92	[2]
2	$-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-$	167–168	94	[2]
3	1,2- $\text{C}_6\text{H}_4$	238	93	[3]
4	$-\text{CH}=\text{CH}-$	232	99	[4]
5	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	178	90	[5]
6	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	193–194	98	[2]
7	1,2- $\text{C}_6\text{F}_4$	214	85	[6]
8	1,2- $\text{C}_6\text{Cl}_4$	227–228	91	[7]
9	$\text{C}_2\text{B}_{10}\text{H}_{10}$	157	94	[8]

При мольном соотношении 1:1 удалось получить кислые карбоксилаты тетраарилсурьмы [4, 9–11]. Температуры и выходы синтезированных соединений приведены в табл. 2.

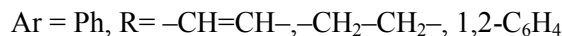
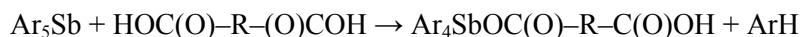
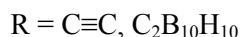
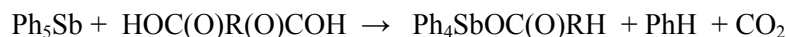


Таблица 2

Выходы и температуры плавления соединений  $\text{Ar}_4\text{SbRH}$ , полученные из пентафенилсурьмы и дикарбоновой кислоты при мольном соотношении 1:1

№	Ar	R	Т. пл, °С	Выход, %	Литература
10	Ph	–CH=CH–	165	87	[4]
11	Ph	–CH <sub>2</sub> –CH <sub>2</sub> –	147	97	[9]
12	Ph	1,2-С <sub>6</sub> Н <sub>4</sub>	190-191	98	[10]
13	p-Tol	1,2-С <sub>6</sub> Н <sub>4</sub>	175	98	[11]

В некоторых случаях при мольном соотношении 1:1 вместо ожидаемого продукта – кислого карбоксилата тетрафенилсурьмы были синтезированы карбоксилаты тетрафенилсурьмы: происходило декарбоксилирование одной из карбоксильных групп. Так были получены пропионат тетрафенилсурьмы (т. пл. 174 °С, выход 76 %) [5] и карборанилкарбоксилат тетрафенилсурьмы (т. пл. 148 °С, выход 88 %) [8]:



Следует отметить, что декарбоксилирование сурьмаорганического производного ацетилендикарбоновой кислоты протекало при нагревании, а производного карборанилдикарбоновой кислоты – при комнатной температуре. Минорным продуктом реакции пентафенилсурьмы с ацетилендикарбоновой кислотой являлся также карбонат бис(тетрафенилсурьмы) с выходом 10 %, идентифицированный по температуре плавления и ИК-спектру [12].

Таблица 3

Основные геометрические параметры молекул 1–9

№	R	d Sb-O, Å	d Sb-C <sub>эkv</sub> , Å	d Sb-C <sub>акс</sub> , Å	∠OSbC <sub>акс</sub> , град	∑∠C <sub>эkv</sub> SbC <sub>эkv</sub> , град
1	–CH(OH)– CH <sub>2</sub> –	2,243(4) 2,267(7)	2,111(6)–2,116(6)	2,164(5)	174,8(2)	356,7
2*	–CH(OH)– CH(OH)–	2,252(7) 2,284(7)	2,074(12)–2,121(9) 2,072(13)–2,102(11)	2,164(11) 2,169(11)	176,4(4) 177,4(3)	356,0 358,0
3	1,2-С <sub>6</sub> Н <sub>4</sub>	2,242(3)	2,115(5)–2,137(4)	2,176(5)	177,83(3)	357,29
4	–CH=CH–	2,207(3) 2,217(3)	2,111(4)–2,127(4) 2,109(4)–2,114(5)	2,172(4) 2,168(5)	178,1(2) 177,2(2)	357,9 357,98
5	–C≡C–	2,287(4) 2,389(4)	2,110(7)–2,133(6) 2,108(6)–2,119(6)	2,179(6) 2,165(6)	175,5(2) 174,7(2)	357,0 356,2
6	–CH <sub>2</sub> –CH <sub>2</sub> –	2,319(2) 2,528(2)	2,138(3)–2,147(3)	2,176(3)	166,80(8)	355,12
7	1,2-С <sub>6</sub> Ф <sub>4</sub>	2,283(3) 2,357(3)	2,100(5)–2,113(4) 2,108(4)–2,124(4)	2,158(4) 2,141(4)	176,18(14) 177,42(14)	356,19 355,58
8	1,2-С <sub>6</sub> Cl <sub>4</sub>	2,474(1) 2,310(1)	2,098(2)–2,116(2) 2,100(2)–2,116(2)	2,147(2) 2,164(2)	170,14(6) 175,31(6)	356,76 355,19
9	С <sub>2</sub> В <sub>10</sub> Н <sub>10</sub>	2,275(3) 2,364(3)	2,115(4)–2,122(4) 2,112(4)–2,118(4)	2,173(4) 2,165(4)	176,77(13) 175,74(13)	357,16 355,25

\* Два типа кристаллографически независимых молекул.

## Химия элементоорганических соединений

Согласно данным рентгеноструктурного анализа атомы сурьмы в молекулах **1–8** имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию. Карбоксилатный лиганд выполняет мостиковую функцию, соединяя два фрагмента Ph<sub>4</sub>Sb. Аксиальные углы OSbC варьируют от 166,80(8)° до 166,80(8), суммы углов в экваториальных плоскостях от 355,12° до 358,0° (табл. 3). Аксиальные связи во всех случаях длиннее экваториальных и лежат в диапазоне 2,141(4)–2,179(6) Å. Длины связей Sb–O варьируют в диапазоне 2,242(3)–2,528(2) Å, что больше суммы ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода (2,07 Å [12]).

В молекуле карборанилкарбоксилата тетрафенилсурьмы тригонально-бипирамидальная координация центрального атома сурьмы наиболее искажена. В аксиальных положениях находятся карбоксилатный и фенильные лиганды. Сумма углов в экваториальной плоскости равна 352,38(14)°. Аксиальный угол OSbC<sub>акс</sub> равен 174,06(12)°. Валентные углы OSbC<sub>экви</sub> меньше 90° и лежат в диапазоне 76,71(12)–86,89(13)°, при этом углы C<sub>акс</sub>SbC<sub>экви</sub> (97,58(15)–101,19(14)°) больше 90°. Расстояния Sb–C<sub>экви</sub> варьируют в диапазоне 2,095(4)–2,116(3) Å. Аксиальная связь длиннее экваториальных и равна 2,136(4) Å. Расстояние Sb–O составляет 2,469(3) Å, что меньше суммы ковалентных радиусов сурьмы и кислорода (2,07 Å [12]).

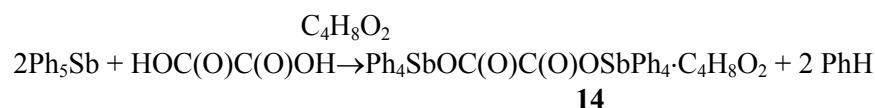
Таблица 4

Основные геометрические параметры молекул **10–13**

№	Ar	R	d Sb–O, Å	d Sb–C <sub>экви</sub> , Å	d Sb–C <sub>акс</sub> , Å	∠ OSbC <sub>акс</sub> , град	∑ ∠ C <sub>экви</sub> SbC <sub>экви</sub> , град
<b>10</b>	Ph	–CH=CH–	2,509(1)	2,092(2)–2,108(4)	2,130(2)	173,46(7)	351,7
<b>11</b>	Ph	–CH <sub>2</sub> –CH <sub>2</sub> –	2,302(1)	2,111(2)–2,121(2)	2,169(2)	175,78(7)	355,99
<b>12</b>	Ph	1,2-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	2,530(3)	2,099(4)–2,117(4)	2,129(4)	177,5(1)	352,7
<b>13</b>	p-Tol	1,2-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	2,463(9)	2,066(11)–2,105(10)	2,117(11)	176,5(4)	352,5

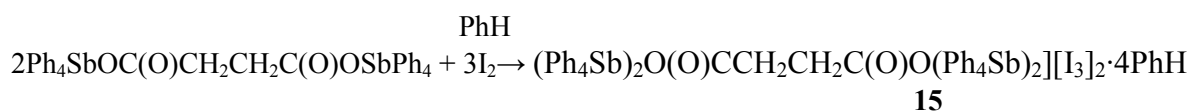
В молекулах **10–13** тригонально-бипирамидальная координация атома сурьмы искажена в большей степени по сравнению с карбоксилатами *бис*(тетрафенилсурьмы). Суммы углов в экваториальной плоскости лежат в диапазоне 351,7–355,99°, углы OSbC<sub>акс</sub> 173,46(7)–177,5(1)°. Связи Sb–C<sub>акс</sub> составляют 2,117(11)–2,169(2) Å, Sb–C<sub>экви</sub> 2,066(11)–2,121(2) Å, Sb–O 2,302(1)–2,530(3) Å. Искажение валентных углов, удлинение связи Sb–O наряду с укорочением аксиальной связи демонстрируют тенденцию перехода фрагмента Ph<sub>4</sub>Sb в тетраэдрическую конфигурацию.

При замене ароматического углеводорода на диоксан взаимодействие пентафенилсурьмы с щавелевой кислотой (мольное соотношение 2:1) приводит к образованию сольвата оксалата *бис*(тетрафенилсурьмы) с диоксаном (**14**) [13]:



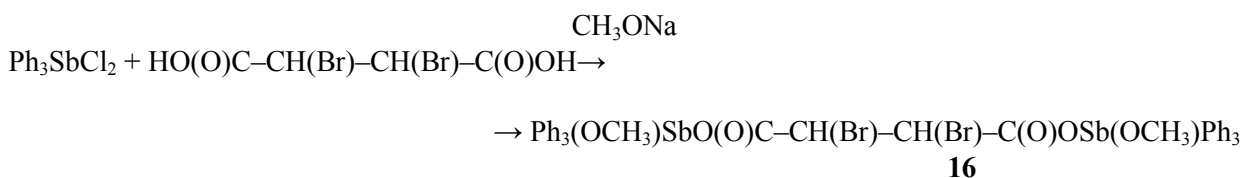
По данным PCA, в молекуле **14** атомы сурьмы имеют искаженное октаэдрическое окружение. В экваториальной плоскости октаэдра находятся атомы кислорода тетрадентатного лиганда, наряду с двумя атомами углерода фенильных групп, в аксиальных позициях находятся атомы углерода двух других фенильных групп. Следует отметить, что сольватная молекула диоксана не участвует в образовании внутри- и межмолекулярных водородных связей.

Взаимодействием сукцината *бис*(тетрафенилсурьмы) с йодом получен сольват трииодида [(μ<sub>4</sub>-сукцинато)гексадекафенилтетрасурьмы] с бензолом (**15**) [14]:



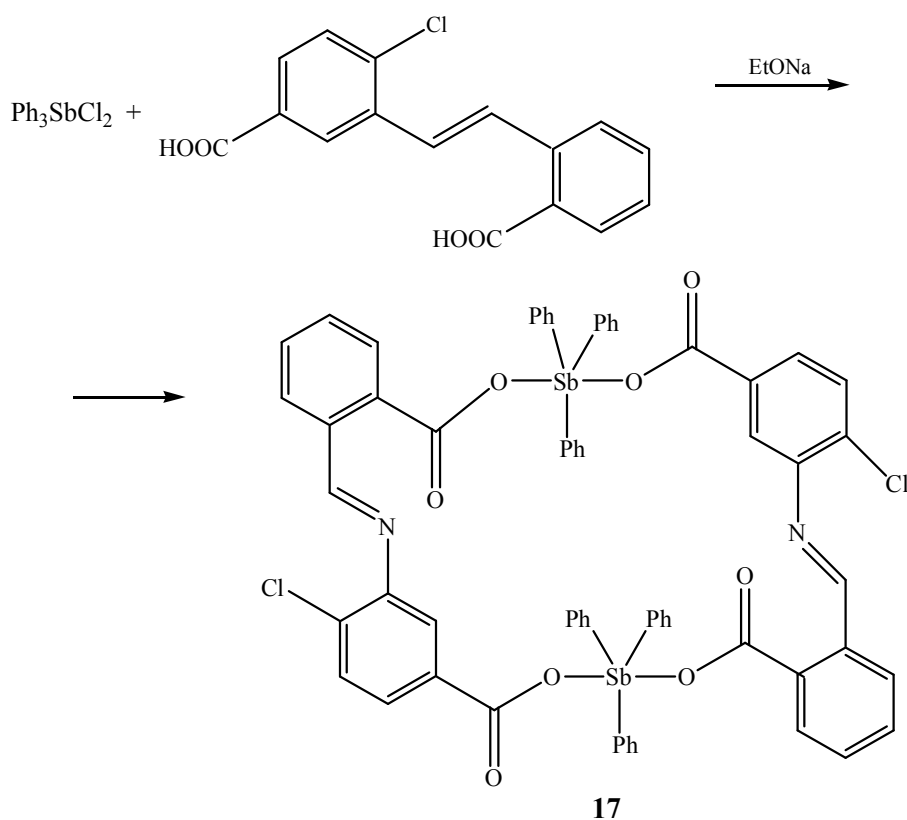
Реакция сукцината бис(тетрафенилсурьмы) с йодом протекала с разрывом связи сурьма–кислород и образованием centrosимметричных сукцинат-анионов, каждый из которых координирует на себя четыре катиона  $\text{Ph}_4\text{Sb}$ ; в качестве противоионов выступают триодид-анионы.

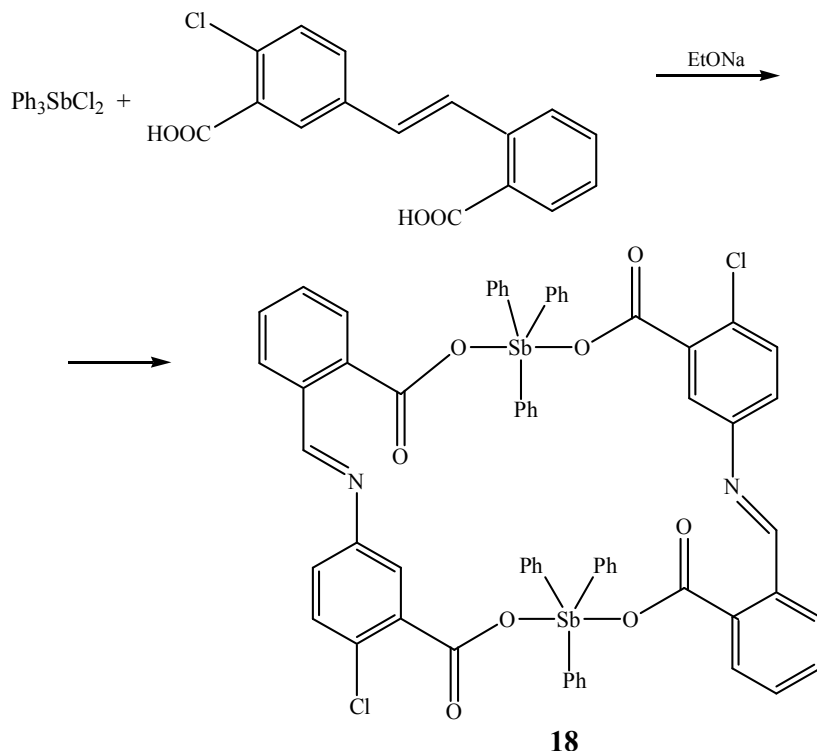
Другой метод получения сурьмаорганических производных дикарбоновых кислот, основанный на реакции дигалогенида трифенилсурьмы с натриевыми солями дикарбоновых кислот в метаноле и последующим нагреванием с обратным холодильником в течение 8–12 часов, эффективен в синтезе ( $\mu$ -2,3-дибромсукцината- $\kappa^2 O^1:O^4$ )бис[метокси- $\kappa O$ ]трифенилсурьмы (**16**) [15]:



В молекуле **16** атомы сурьмы имеют незначительно искаженную тригонально-бипирамидальную координацию. В экваториальных положениях находятся атомы углерода фенильных групп, в аксиальных атомы кислорода карбоксилатного лиганда и метоксигруппы.

Взаимодействием хлорида трифенилсурьмы с основаниями Шиффа в присутствии метилата натрия при нагревании с обратным холодильником в течение 12 часов при мольном соотношении 1:1 были получены два 24-членных макроцикла симметричного строения общей формулы  $[\text{Ph}_3\text{SbL}]_2$ , где  $\text{H}_2\text{L}$ –5-{[(2-карбоксифенил)метил]амино}–4-хлорбензойная кислота и 5-{[(2-карбоксифенил)метил]амино}–2-хлорбензойная кислота. В состав молекул **17**, **18** входит два атома сурьмы, содержащие два атома сурьмы, связанные между собой основаниями Шиффа, выполняющими мостиковую функцию [16].





## Заключение

Взаимодействием пентаарилсурьмы с дикарбоновыми кислотами образуются 2 типа продуктов: 1) карбоксилаты *бис*(тетрафенилсурьмы), полученные из пентафенилсурьмы и дикарбоновой кислоты в толуоле при нагревании и мольном соотношении 2:1; 2) кислые карбоксилаты тетрафенилсурьмы, синтезируемые из пентаарилсурьмы и дикарбоновой кислоты при мольном соотношении 1:1. В случае взаимодействия пентафенилсурьмы с ацетилендикарбоновой и карборанилдикарбоновой кислотами происходит декарбоксилирование одной из карбоксильных групп и образование пропиолата и карборанилкарбоксилата тетрафенилсурьмы соответственно. Второй метод синтеза сурьмаорганических производных дикарбоновых кислот, основанный на реакции дихлорида трифенилсурьмы с натриевыми солями дикарбоновых кислот, позволяет синтезировать биядерные макроциклические сурьмаорганические соединения, в которых карбоксилатные лиганды выполняют мостиковую функцию. Реакция сукцината *бис*(тетрафенилсурьмы) с йодом протекает с образованием центросимметричных сукцинат-анионов, каждый из которых координирует на себя четыре катиона  $\text{Ph}_4\text{Sb}^+$ ; в качестве противоионов выступают триодид-анионы.

## Литература

1. Millington, P.L. Phenylantimony (V) Oxalates: Isolation and Crystal Structures of  $[\text{SbPh}_4][\text{SbPh}_2(\text{ox})_2]$ ,  $[\text{SbPh}_3(\text{OMe})_2]\text{ox}$  and  $(\text{SbPh}_4)\text{ox}$  / P.L. Millington, D.B. Sowerby // J. Chem. Soc., Dalton Trans. – 1992. – No. 7. – P. 1199–1204.
2. Шарутин, В.В. Синтез и строение сукцината, малата и тартрата *бис*(тетрафенилсурьмы) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина // Коорд. химия. – 2014. – Т. 40, № 9. – С. 559–563. DOI: 10.1134/S1070328414090073.
3. Синтез, строение и реакции  $\mu$ -оксо-*бис*[тетрафенилсурьмы] / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин и др. // Коорд. химия. – 2001. – Т. 27, № 9. – С. 710–716. DOI:10.1023/a:1017909824029.
4. Reactions of pentaphenylantimony with dycarboxylicacids / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, A.P. Pakusina et al. // J.Organometal. Chem. – 1997. – V. 536–537, № 1–2. – P. 87–92. DOI: 10.1016/s0022-328x(96)06463-7.
5. Sharutin, V.V. Interaction of pentaphenylantimony with acetylenedicarboxylic acid. Molecular structure of *bis*(tetraphenylantimony)acetylenedicarboxilate / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, Yu.O. Gu-

banova // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 17–22. DOI: 10.14529/chem150403.

6. Синтез и строение тетрафторфталата *бис*(тетрафенилсурьмы) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Е.А. Бондарь и др. // Журн. общ. химии. – 2002. – Т. 72, Вып. 2. – С. 2029–2032. DOI: 10.1023/A:1023411228493.

7. Шарутин, В.В. Синтез и строение тетрахлорфталата *бис*(тетрафенилсурьмы) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина // Журн. неорг. химии. – 2015. – Т. 60, № 3. – С. 292–294. DOI: 10.1134/S0036023615030171.

8. Interaction of pentaphenylantimony with carboranedicarboxylic acid / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, Yu.O. Gubanova et al. // Journal of organometallic chemistry. – 2015. – V. 798. – P. 41–45. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2015.09.002.

9. Шарутин, В.В. Синтез и строение кислого сукцината тетрафенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Ю.О. Губанова // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 39, № 7. – С. 139–141.

10. Синтез и строение кислого фталата тетрафенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, И.Г. Мельникова и др. // Изв. РАН. Сер. хим. – 1996. – № 8. – С. 2082–2085. DOI: 10.1007/bf01457791.

11. Шарутин, В.В. Реакции пентаарил сурьмы с диацилатами триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, А.П. Пакузина, В.К. Бельский // Журн. общ. химии. – 1997. – Т. 67, Вып. 9. – С. 1536–1541.

12. Бацанов, С.С. Атомные радиусы элементов / С.С. Бацанов // Журн. неорг. химии. – 2001. – Т. 36, № 12. – С. 3015–3037.

13. Синтез и строение сольвата оксалата *бис*(тетрафенилсурьмы) с диоксаном / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Е.В. Артемьева и др. // Бутлеровские сообщения. – 2016. – Т. 47, № 19. – С. 17–20.

14. Синтез и строение сольвата трииодида [(μ<sub>4</sub>-сукцинато)гексадекафенилтетрафурьмы] с бензолом [(Ph<sub>4</sub>Sb)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>CCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>(Ph<sub>4</sub>Sb)<sub>2</sub>][I<sub>3</sub>]<sub>2</sub>· 4PhH / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Ю.О. Губанова и др. // Коорд. химия. – 2017. – Т. 43, № 7. – С. 444–448. DOI: 10.7868/S0132344X17060093.

15. Quan, L. (μ-2,3-Dibromo-succinato-κO:O)bis-[methanolato-κO]triphenylantimony(V) / L. Quan, H. Yin, W. Fu // Acta Cryst. Sec. E. – 2011. – V. E67. – M. 713. DOI: 10.1107/S1600536811016114.

16. Highly symmetrical 24-membered macrocyclic organoantimony(V) complexes constructed from Schiff base ligands possessing two terminal carboxyl groups / M. Hong, H.-D. Yin, W.-K. Li et al. // Inorg. Chem. Communications. – 2011. – V. 14, no 10. – P. 1616–1621. DOI: 10.1016/j.inoche.2011.06.023.

**Губанова Юлия Олеговна** – студент химического факультета, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: ulchik\_7757@mail.ru

*Поступила в редакцию 22 мая 2017 г.*

**ORGANOANTIMONY DERIVATIVES OF DICARBOXYLIC ACIDS.  
SYNTHESIS AND STRUCTURE (OVERVIEW)**

**Yu.O. Gubanova**, *ulchik\_7757@mail.ru*

*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

The overview discusses the methods of synthesis of tetraarylantimony carboxylates, which have received from pentaphenylantimony and dicarboxylic acid in different conditions (molar ratio, solvent, temperature, nature of the acid). The antimony atoms have a distorted in different degrees trigonal-bipyramidal coordination.

*Keywords:* pentaphenylantimony, dicarboxylic acid, X-ray diffraction analysis, Bis(tetraphenylantimony) carboxylate, tetraphenylantimony hydrogen carboxylate.

**References**

1. Millington P.L., Sowerby D.B. Phenylantimony (V) Oxalates: Isolation and Crystal Structures of  $[\text{SbPh}_4][\text{SbPh}_2(\text{ox})_2]$ ,  $[\text{SbPh}_3(\text{OMe})_2]\text{ox}$  and  $(\text{SbPh}_4)_2\text{ox}$ . *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1992, no. 7, pp. 1199–1204.
2. Sharutin V.V., Sharutina O.K. Bis(tetraphenylantimony) Succinate, Malate, and Tartrate: Syntheses and Structures. *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2014, vol. 40, no. 9, pp. 559–563. DOI: 10.1134/S1070328414090073.
3. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Platonova T.P., Nasonova N.V., Pakusina A.P., Gerasimenko A.V., Sergienko S. S.  $\mu$ -oxo-bis(tetraphenylantimony): Synthesis, Structure, and Reactions. *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2001, vol. 27, no. 9, pp. 669–675. DOI:10.1023/a:1017909824029.
4. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P., Belsky V.K. Reactions of Pentaphenylantimony with Dicarboxylic Acids. *J. Organometal. Chem.* 1997, vol. 536–537, no. 1–2, pp. 87–92. DOI:10.1016/s0022-328x(96)06463-7.
5. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Yu.O. Interaction of Pentaphenylantimony with Acetylenedicarboxylic Acid. Molecular Structure of Bis(tetraphenylantimony) Acetylenedicarboxylate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2015, vol. 7, no. 4, pp. 17–22. DOI: 10.14529/chem150403.
6. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Bondar' E.A., Senchurin V.S., Pakusina A.P., Gatilov Ju.V., Adonin N.Ju., Starichenko V.F. Synthesis and Structure of Bis(tetraphenylantimony) Tetrafluorophthalate. *Russian Journal of General Chemistry*, 2002, vol. 72, no. 12, pp. 1920–1924. DOI: 10.1023/A:1023411228493.
7. Sharutin V.V., Sharutina O.K. Synthesis and Structure of Bis(tetraphenylantimony) Tetrachlorophthalate. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2015, vol. 60, no. 3, pp. 292–294. DOI: 10.1134/S0036023615030171.
8. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Yu.O., Bregadze V.I., Glazun S.A. Interaction of Pentaphenylantimony with Carboranedicarboxylic Acid. *J. Organometal. Chem.* 2015, vol. 798, pp. 41–45. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2015.09.002
9. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Yu.O. Synthesis and Structure of Tetraphenylantimony Hydrogen Succinate. *Butlerov Communications*. 2014, vol. 39, no. 7, pp. 139–141. (in Russ.)
10. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Mel'nikova I.G., Fukin G.K., Zaharov L.N., Janovskij A.I., Struchkov Ju.T. Synthesis and Structure of Tetraphenylantimony Hydrogen Phthalate. *Russian Chemical Bulletin*. 1996, vol. 45, no. 8, pp. 1977–1980. DOI: 10.1007/bf01457791.
11. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P., Belskii V.K. Reactions of Pentaarylantimony with Triarylantimony Diacylates. *Russian Journal of General Chemistry*. 1997, vol. 67, no. 9, pp. 1538–1543.
12. Batsanov S.S. [Atomic Radii of the Elements]. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 1991, vol. 36, no. 12, pp. 3015–3037. (in Russ.)

13. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Artemeva E.V., Gubanova Yu.O. Synthesis and Structure of Bis(tetraphenylantimony) Oxalate Dioxane Solvate. *Butlerov Communications*. 2016, vol. 47, no. 9, pp. 17–20. (in Russ.)

14. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Yu.O., Andreev P.V., Somov N.V. Synthesis and Structure of Triiodide  $[(\mu\text{-}4\text{-sussinato})\text{hexadecaphenyltetraantimony}]$  Benzene Solvate  $[(\text{Ph}_4\text{Sb})_2\text{O}_2\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2(\text{Ph}_4\text{Sb})_2][\text{I}_3]_2 \cdot 4\text{PhH}$ . *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2017, vol. 43, no. 7, pp. 444–448. DOI: 10.7868/S0132344X17060093.

15. Quan L., Yin H., Fu W.  $(\mu\text{-}2,3\text{-Dibromo-succinato-}\kappa\text{O}:\text{O})\text{bis-}[\text{methano-lato-}\kappa\text{O}]\text{triphenylantimony(V)}$ . *Acta Cryst. Sec. E*. 2011, vol. E67, m. 713. DOI: 10.1107/S1600536811016114.

16. Hong M., Yin H.-D., Li W.-K., You X.-Y. Highly Symmetrical 24-Membered Macrocyclic Organoantimony(V) Complexes Constructed From Schiff Base Ligands Possessing Two Terminal Carboxyl Groups. *Inorg. Chem. Communications*. 2011. vol. 14, no 10, pp. 1616–1621. DOI: 10.1016/j.inoche.2011.06.023.

Received 22 May 2017

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Губанова, Ю.О. Сурьмаорганические производные дикарбоновых кислот. Синтез и строение (обзор) / Ю.О. Губанова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 76–83. DOI: 10.14529/chem170310

**FOR CITATION**

Gubanova Yu.O. Organoantimony Derivatives of Dicarboxylic Acids. Synthesis and Structure (Overview). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2017, vol. 9, no. 3, pp. 76–83. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem170310

---