

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ОКСОСУЛЬФОНАТОВ ТРИАРИЛСУРЬМЫ И БИС-(3,4-ДИМЕТИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОНАТА) ТРИС-(5-БРОМ-2-МЕТОКСИФЕНИЛ)СУРЬМЫ

М.К. Карцева, В.С. Сенчури

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием триарилсурьмы в эфире с сульфоновыми кислотами в присутствии *трет*-бутилгидропероксида (1:1:1 мольн.) синтезированы оксо-сульфонаты триарилсурьмы: μ -оксо-бис-(трифторметансульфонат) три-*n*-толилсурьмы (1), μ -оксо-бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) трифенилсурьмы (2), μ -оксо-бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) *трис*-(4-фторфенил)сурьмы (3) и μ -оксо-бис-(трифторметансульфонат) *трис*-(3-фторфенил)сурьмы (4). В реакции между *трис*-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмой, 3,4-диметилбензолсульфоновой кислотой и *трет*-бутилгидропероксидом (1:2:1 мольн.) получен бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) *трис*-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы (5). Структура 1, 2 и 5 установлено методом РСА.

Ключевые слова: сульфоновая кислота, триарилсурьма, оксо-сульфонаты- и дисульфонаты триарилсурьмы, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ.

Введение

Моно- и биядерные органосульфонаты триарилсурьмы общей формулы $Ar_3Sb(OSO_2R)_2$ и $[Ar_3Sb(OSO_2R)]_2O$ получают, как правило, по реакции окислительного присоединения с использованием пероксида [1–10].

В настоящей работе описаны синтез и строение оксо-сульфонатов триарилсурьмы общей формулы $(Ar_3SbOSO_2R)_2O$ ($Ar = p\text{-Tol}$, $R = CF_3$; $Ar = Ph, C_6H_4\text{-F-4}$, $R = C_6H_3Me_2\text{-3,4}$; $Ar = C_6H_4\text{-F-3}$, $R = CF_3$), а также бис-(3,4-диметилбензолсульфоната) *трис*-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы, полученных по реакции окислительного присоединения из триарилсурьмы и сульфоновых кислот с использованием в качестве окислителя *трет*бутилгидропероксида.

Экспериментальная часть

Синтез μ -оксо-бис-(трифторметансульфоната) три-*n*-толилсурьмы (1). К раствору 0,150 г (0,380 ммоль) три-*n*-толилсурьмы, 0,057 г (0,380 ммоль) трифторметансульфоновой кислоты в 30 мл диэтилового эфира, прибавляли 0,049 г 70%-ного водного раствора *трет*бутилгидропероксида (0,380 ммоль). После испарения растворителя наблюдали образование мелкокристаллического осадка который перекристаллизовывали из смеси толуол-октан (5:1 объёмн.). Получили 0,439 г (82 %) соединения 1 с т. пл. 187 °С. ИК-спектр, (ν , cm^{-1}): 3053, 3030, 2966, 2924, 2870, 1641, 1591, 1495, 1449, 1396, 1323, 1279, 1233, 1203, 1190, 1169, 1069, 1007, 947, 847, 799, 752, 731, 696, 631, 586, 517, 484, 407.

По аналогичной методике получены:

μ -оксо-бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) трифенилсурьмы (2) 91 %, т.пл. 222 °С. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3057, 3021, 2965, 2924, 2855, 1574, 1479, 1437, 1418, 1387, 1333, 1298, 1279, 1211, 1192, 1150, 1132, 1094, 1067, 1022, 1005, 997, 972, 885, 785, 746, 710, 691, 681, 596, 527, 457, 419.

μ -оксо-бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) *трис*-(4-фторфенил)сурьмы (3) 84 %, т. пл. 192 °С. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3071, 3026, 2972, 2943, 2920, 2883, 1587, 1557, 1519, 1472, 1387, 1341, 1306, 1281, 1269, 1215, 1190, 1148, 1130, 1094, 1053, 1022, 997, 949, 885, 820, 797, 785, 727, 679, 660, 595, 559, 542, 523, 440, 432.

μ -оксо-бис-(трифторметансульфонат) *трис*-(3-фторфенил)сурьмы (4) 87 %, т. пл. 134 °С. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3092, 3072, 3032, 1589, 1517, 1473, 1423, 1332, 1269, 1220, 1195, 1180, 1163, 1089, 1029, 1012, 997, 910, 856, 816 785, 678, 659, 632, 582, 572, 542, 520, 437.

бис-(3,4-диметилбензолсульфонат) *трис*-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы (5) (мольное соотношение реагентов 1:2:1) 76 %, т. пл. 150 °С. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3105, 3003, 2972, 2938,

2887, 2839, 1576, 1476, 1439, 1379, 1313, 1283, 1261, 1240, 1190, 1152, 1144, 1130, 1096, 1045, 1013, 916, 876, 810, 735, 706, 681, 621, 594, 525, 449, 438.

ИК-спектры соединений **1–5** записывали на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетке KBr в области 4000–400 см⁻¹.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) кристаллов **1, 2** и **5** проведен на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker (Mo K_α-излучение, λ = 0,71073 Å, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены с помощью программ SMART и SAINT-Plus [11]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены с помощью программ SHELXL/PC [12] OLEX2 [13]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Положение атомов водорода уточняли по модели наездника ($U_{\text{изо}}(\text{H}) = 1,2U_{\text{экв}}(\text{C})$). Кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в табл. 1, геометрические характеристики координационного полиэдра атома сурьмы – в табл. 2.

Таблица 1
Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур **1, 2** и **5**

Параметр	Соединение		
	1	2	5
Формула	C ₄₄ H ₄₂ O ₇ F ₆ S ₂ Sb ₂	C ₅₂ H ₄₈ O ₇ S ₂ Sb ₂	C ₄₁ H ₄₁ O ₉ S ₂ Br ₃ Sb
<i>M</i>	1104,40	1092,61	1103,34
<i>T</i> , К	293	293	293
Сингония	моноклинная	триклинная	триклинная
Пр. группа	P2 ₁ /n	P 1	P 1
<i>a</i> , Å	17,617(6)	10,269(13)	13,35(5)
<i>b</i> , Å	15,579(4)	14,302(13)	15,22(4)
<i>c</i> , Å	18,918(6)	17,690(17)	15,24(5)
α, °	90,00	69,30(3)	62,33(9)
β, °	104,400(16)	78,09(3)	65,93(19)
γ, °	90,00	83,70(6)	70,15(12)
<i>V</i> , Å ³	5029(3)	2376(4)	2459(13)
<i>Z</i>	4	2	2
ρ(выч.), г/см ³	1,459	1,5270	1,490
μ, мм ⁻¹	1,223	1,276	3,130
<i>F</i> (000)	2200,0	1098,5	1094,0
Размер кристалла, мм	0,79 × 0,53 × 0,32	0,76 × 0,3 × 0,16	0,69 × 0,6 × 0,3
Область сбора данных по θ, град	5,94 – 64,26	5,62 – 48,42	5,84 – 51,64
Интервалы индексов отражений	-26 ≤ <i>h</i> ≤ 26, -23 ≤ <i>k</i> ≤ 23, -28 ≤ <i>l</i> ≤ 28	-11 ≤ <i>h</i> ≤ 11, -16 ≤ <i>k</i> ≤ 16, -20 ≤ <i>l</i> ≤ 20	-15 ≤ <i>h</i> ≤ 15, -17 ≤ <i>k</i> ≤ 17, -17 ≤ <i>l</i> ≤ 17
Измерено отражений	160829	34581	23519
Независимых отражений	17593	7594	7693
<i>R</i> _{int}	0,0265	0,0294	0,0969
Переменных уточнения	490	571	513
GOOF	1,066	1,127	1,612
<i>R</i> -факторы по <i>F</i> ² > 2σ(<i>F</i> ²)	<i>R</i> ₁ = 0,0402, <i>wR</i> ₂ = 0,0857	<i>R</i> ₁ = 0,0487, <i>wR</i> ₂ = 0,1016	<i>R</i> ₁ = 0,1661, <i>wR</i> ₂ = 0,4054
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ = 0,0783, <i>wR</i> ₂ = 0,1105	<i>R</i> ₁ = 0,0668, <i>wR</i> ₂ = 0,1208	<i>R</i> ₁ = 0,2388, <i>wR</i> ₂ = 0,4631
Остаточная электронная плотность (min/max), е/Å ³	0,57/-0,88	2,03/-1,37	9,73/-1,40

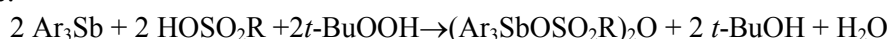
Длины связей и валентные углы для соединений 1, 2 и 5

Связь	d, Å	Угол	ω, град.
1			
Sb(1)–O(1)	1,951(4)	O(1)Sb(1)O(2)	174,38(18)
Sb(2)–O(1)	1,953(4)	O(1)Sb(2)O(5)	177,06(16)
Sb(1)–O(2)	2,390(4)	Sb(1)O(1)Sb(2)	137,2(2)
Sb(1)–C(1)	2,094(6)	C(11)Sb(1)C(21)	114,9(2)
Sb(1)–C(11)	2,074(5)	C(21)Sb(1)C(1)	121,6(2)
Sb(1)–C(21)	2,081(5)	C(31)Sb(2)C(51)	114,6(2)
Sb(2)–O(5)	2,364(4)	C(31)Sb(2)C(41)	124,1(2)
Sb(2)–C(41)	2,095(6)	C(1)Sb(1)O(2)	83,7(2)
Sb(2)–C(51)	2,110(5)	C(21)Sb(1)O(1)	100,92(18)
Sb(2)–C(31)	2,090(5)	C(31)Sb(2)O(5)	80,75(18)
		C(31)Sb(2)O(1)	96,33(18)
2			
Sb(1)–O(1)	1,930(5)	O(1)Sb(1)O(2)	172,9(2)
Sb(2)–O(1)	1,947(5)	O(1)Sb(2)O(5)	175,44(19)
Sb(1)–O(2)	2,231(5)	Sb(1)O(1)Sb(2)	167,4(3)
Sb(1)–C(11)	2,096(7)	C(21)Sb(1)C(1)	118,0(3)
Sb(1)–C(21)	2,101(7)	C(11)Sb(1)C(21)	120,3(3)
Sb(1)–C(31)	2,085(7)	C(31)Sb(2)C(41)	112,4(3)
Sb(2)–O(5)	2,216(5)	C(31)Sb(2)C(51)	125,7(3)
Sb(2)–C(41)	2,085(7)	C(11)Sb(1)O(2)	81,4(2)
Sb(2)–C(51)	2,111(7)	C(1)Sb(1)O(1)	97,2(3)
Sb(2)–C(61)	2,103(6)	C(51)Sb(2)O(5)	85,3(2)
		C(41)Sb(2)O(1)	95,5(2)
5			
Sb(1)–O(1)	2,226(19)	O(1)Sb(1)O(4)	174,6(5)
Sb(1)–O(4)	2,247(15)	C(1)Sb(1)C(11)	119,7(8)
Sb(1)–C(1)	1,97(2)	C(1)Sb(1)C(21)	111,7(8)
Sb(1)–C(11)	2,111(19)	C(11)Sb(1)C(21)	128,5(7)
Sb(1)–C(21)	2,12(2)	O(1)Sb(1)C(21)	83,8(7)
O(1)–S(1)	1,52(2)	O(1)Sb(1)C(21)	98,7(8)
O(4)–S(2)	1,592(15)		

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1575569 для **2**; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Обсуждение результатов

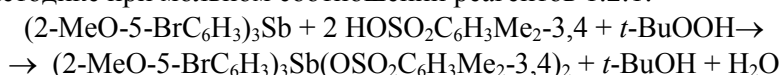
Соединения **1–4** получали окислением смеси триарилсурьмы и соответствующей сульфоновой кислоты 70%-ным водным раствором *трет*-бутилгидропероксида (мольное соотношение 1:1:1) в эфире:



Ar = *p*-Tol, R = CF₃ (**1**); Ar = Ph, R = C₆H₃Me₂-3,4 (**2**); Ar = C₆H₄F-4, R = C₆H₃Me₂-3,4 (**3**);

Ar = C₆H₄F-3, R = CF₃ (**4**).

бис-(3,4-Диметилбензолсульфонат) *трис*-(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы (**5**) синтезировали по аналогичной методике при мольном соотношении реагентов 1:2:1:



На основании анализа ИК-спектров соединений **1–5** было предложено следующее отнесение полос поглощения, вызванных колебаниями в сульфонатной группе: $1332\text{--}1283\text{ см}^{-1}\nu_{as}(\text{SO}_2)$, $1195\text{--}1130\text{ см}^{-1}\nu_{as}(\text{SO}_2)$ и $1007\text{--}916\text{ см}^{-1}\nu(\text{SO}_2)$. Для биядерных мостиковых органосульфатов триарилсурьмы **1–4** в области деформационных колебаний $\nu(\text{SO}_2)$ характерен сдвиг в высокочастотную область ($1007\text{--}997\text{ см}^{-1}$), по сравнению с производным **5** (916 см^{-1}).

По данным РСА, геометрические характеристики молекул соединений **1** и **2** имеют близкие значения, два фрагмента $\text{Ar}_3\text{SbOSO}_2\text{R}$ связаны друг с другом посредством мостикового O(1) атома кислорода. Атомы сурьмы в **1**, **2** и **5** имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода в аксиальных положениях (рис. 1–3).

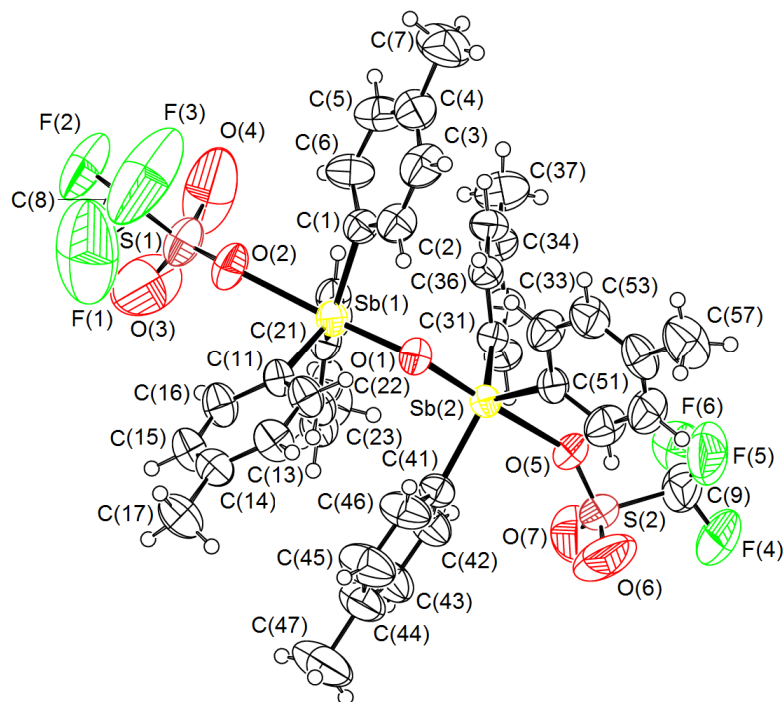


Рис. 1. Строение соединения 1

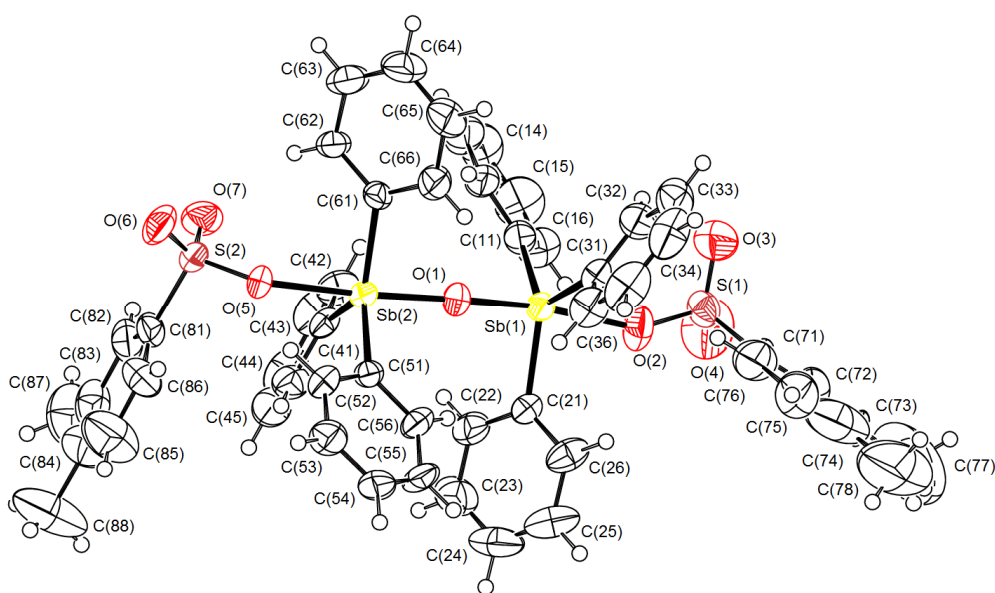


Рис. 2. Строение соединения 2

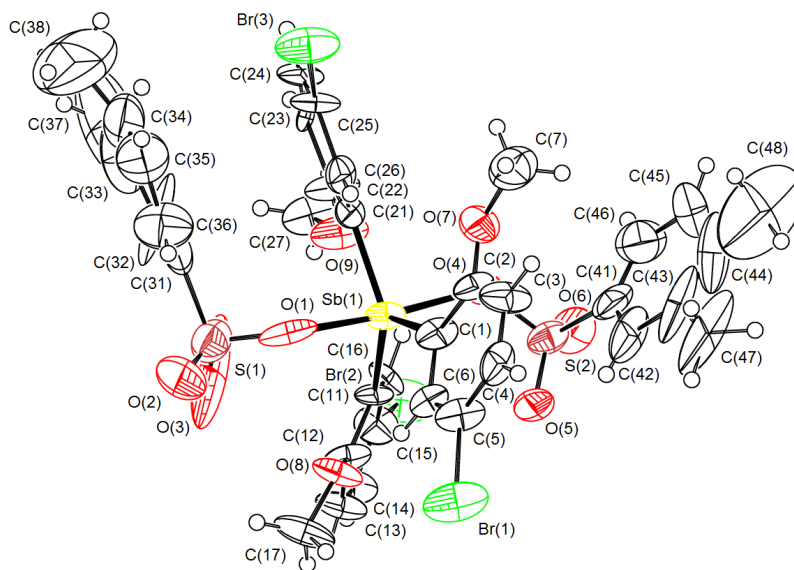


Рис. 3. Строение соединения 5

Аксиальные углы OSbO составляют $174,38(18)^\circ$, $177,06(16)^\circ$ (**1**), $172,9(2)^\circ$, $175,44(19)^\circ$ (**2**) и $174,6(5)^\circ$ (**5**); экваториальные CSbC изменяются в интервалах $114,6(2)–124,1(2)^\circ$ (**1**), $120,1(3)–125,7(3)^\circ$ (**2**) и $111,7(8)–128,5(7)^\circ$ (**5**). Сумма углов в экваториальной плоскости близка к теоретическому значению и составляет $356,85^\circ$, $357,64^\circ$ (**1**); $358,35^\circ$, $358,82^\circ$ (**2**) и $359,9^\circ$ (**5**). Атомы сурьмы выходят из экваториальной плоскости в сторону мостикового атома кислорода: на $0,215 \text{ \AA}$ Sb(1) и $0,186 \text{ \AA}$, Sb(2) в **1**; на $0,156 \text{ \AA}$ Sb(1) и $0,131 \text{ \AA}$ Sb(2) в **2**, что приводит к искажению величины аксиальных углов CSbO. Значения мостиковых углов SbOSb в **1** и **2** значительно отличаются друг от друга – $137,2(2)^\circ$ и $167,4(3)^\circ$.

Длины связей Sb–O_{сульф} в **1** и **2** $1,951(4)$, $1,953(4) \text{ \AA}$ (**1**) $1,930(5)$, $1,947(5) \text{ \AA}$ (**2**) значительно меньше расстояний Sb(1,2)–O_{мост} $2,364(4)$, $2,390(4) \text{ \AA}$ (**1**) и $2,216(5)$, $2,231(5) \text{ \AA}$ (**2**), а также аналогичных длин связей в соединении **5** – $2,247(15)$; $2,226(19) \text{ \AA}$ при сумме ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода $2,16 \text{ \AA}$ [14].

Структурная организация в кристаллах обусловлена слабыми межмолекулярными водородными связями F \cdots H $2,63 \text{ \AA}$ и O \cdots H $2,39–2,71 \text{ \AA}$ (**1**), O \cdots H $2,61–2,71 \text{ \AA}$ (**2**) и O \cdots H $2,53–2,69$, Br \cdots H $2,75 \text{ \AA}$ (**5**), в образовании которых принимают участие атомы кислорода, фтора, брома и водорода арильных лигандов.

Выводы

Установлено, что взаимодействие триарилсурьмы с органосульфоновой кислотой в присутствии *трет*-бутилгидропероксида при эквимольном соотношении реагентов приводит к образованию биядерных органосульфонов мостикового типа. Изменение мольного соотношения на 1:2:1 в реакции окислительного присоединения с участием *трис*-(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы и 3,4-диметилбензолсульфоновой кислоты сопровождается образованием *бис*-(3,4-диметилбензолсульфоната) *трис*-(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы. Атомы сурьмы в соединениях **1**, **2** и **5** имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию центрального атома.

Литература

1. Preut, H. Structure of μ -Oxo-bis[(2-hydroxyethanesulfonato)triphenylantimony(V)], $[\text{Sb}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_4\text{S})_2(\text{C}_6\text{H}_5)_6]$ / H. Preut, R. R  ther, F. Huber // ActaCryst. – 1985. – V. C41. – P. 358–360. DOI:10.1107/S0108270185003900.
2. Preut, H. Structures of μ -Oxo-bis[(benzenesulfonato)triphenylantimony(V)] and μ -Oxo-bis[(trifluoromethylsulfonato)triphenylantimony(V)] / H. Preut, R. R  ther, F. Huber // ActaCryst. – 1986. V. C42. – P. 1154–1157. DOI:10.1107/S010827018609306X.

3. Синтез и строение μ -оксобис[три-*n*-толил(2,5-диметилбензолсульфонато)сурьмы(V)] / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Н.В. Насонова и др. // Изв. АН. Сер. хим. – 1999. – № 12. – С. 2346–2349.
4. Синтез, строение и реакции соединений сурьмы $(Ar_3SbX)_2O$, $X = Hal, NO_2, NO_3, OSO_2R, OC(O)R', OAr'$ / В.В. Шарутин, А.П. Пакулина, Н.В. Насонова и др. // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2002. – № 11. – С. 13–22.
5. Синтез и строение μ -оксобис[(аренсульфонато)триарилсурьмы] / В.В. Шарутин, И.В. Егорова, И.И. Павлушкина и др. // Коорд. химия. – 2003. – Т. 29, № 2. – С. 89–94.
6. Strong Lewis Acids of Air-stable Binuclear Triphenylantimony(V) Complexes and Their Catalytic Application in C–C Bond-forming Reactions / N. Li, R. Qiu, X. Zhang et al. // Tetrahedron. – 2015. – V. 71, № 25. – P. 4275–4281. DOI:10.1016/j.tet.2015.05.013.
7. R  ther, R. Triorganoantimon- und Triorganobismutdisulfonate Kristall- und Molek  lstrukturen von $(C_6H_5)_3M(O_3SC_6H_5)_2$ ($M = Sb, Bi$) / R. R  ther, F. Huber, H. Preut // Z. Anorg. Allg. Chem. – 1986. – V. 539, № 8. – P. 110–126. DOI: 10.1002/zaac.19865390811.
8. Robertson, A.P.M. Coordination Complexes of Ph_3Sb^{2+} and Ph_3Bi^{2+} : Beyond Pnictonium Cations / A.P.M. Robertson, N. Burford, R. McDonald // Angew. Chem., Int. Ed. – 2014. – V. 53, № 13. – P. 3480–3483. DOI: 10.1002/anie.201310613.
9. Реакции три-*пара*-толилсурьмы с карбоновыми, аренсульфоновыми кислотами и фенолами / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. общ. химии. – 2012. – Т. 82, № 1. – С. 99–102.
10. Синтез и строение бис(2,5-диметилбензолсульфоната) три(*орто*-толил)сурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2017. – Т. 9, № 3. – С. 71–75. DOI:10.14529/chem170309.
11. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
12. 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.
13. 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.
14. Бацанов, С.С. Атомные радиусы элементов / С.С. Бацанов // Журн. неорган. химии. – 1991. – Т. 36, № 12. – С. 3015–3037.

Карцева Мария Константиновна – студент химического факультета, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: kartseva.maria@gmail.com.

Сенчурин Владислав Станиславович – кандидат химических наук, доцент, кафедра теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: senvl@rambler.ru.

Поступила в редакцию 2 декабря 2017 г.

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF TRIARYLANTIMONY OXOSULFONATES AND TRIS-(5-BROMO-2-METHOXYPHENYL)ANTIMONY BIS-(3,4-DIMETHYLBENZENESULFONATE)

M.K. Kartseva, kartseva.maria@gmail.com

V.S. Senchurin, senvl@rambler.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

In the interaction of triarylantimony with sulfonic acid in the presence of *tert*-butylhydroperoxide (1:1:1 mol) tri(*para*-tolyl)antimony μ -oxo-*bis*-(trifluoromethanesulfonate) (1), triphenylantimony μ -oxo-*bis*-(3,4-dimethylbenzenesulfonate) (2), *tris*-(4-fluorophenylantimony) μ -oxo-*bis*-(3,4-dimethylbenzenesulfonate) (3) and *tris*-(3-fluorophenylantimony) μ -oxo-*bis*-(trifluoromethanesulfonate) (4) were synthesized. In the reaction between *tris*-(5-bromo-2-methoxyphenyl)antimony, 3,4-dimethylbenzenesulfonic acid and *tert*-butylhydroperoxide (1:2:1 mol) *tris*-(5-bromine-2-methoxyphenyl)antimony *bis*-(3,4-dimethylbenzenesulfonate) was synthesized. Crystalline and molecular structures of 1, 2 and 5 were studied.

Keywords: sulfonic acid, triarylantimony, triarylantimony oxo-sulfonates- and disulfonates, synthesis, structure, X-ray diffraction analysis.

References

1. Preut H., R  ther R., Huber F. Structure of μ -Oxo-*Bis*[(2-hydroxyethanesulfonato)triphenylantimony(V)], [Sb₂O(C₂H₅O₄S)₂(C₆H₅)₆]. *Acta Cryst.*, 1985, vol. C41, pp. 358–360. DOI: 10.1107/S0108270185003900.
2. Preut H., R  ther R., Huber F. Structures of μ -Oxo-*Bis*[(benzenesulfonato)triphenylantimony(V)] and μ -Oxo-*Bis*[(trifluoromethylsulfonato)triphenylantimony(V)]. *Acta Cryst.*, 1986, vol. C42, pp. 1154–1157. DOI: 10.1107/S010827018609306X.
3. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Nasonova N.V., Ivashhik I.A., Krivolapov D.B., Gubajdulin A.T., Litvinov I.A. [Synthesis and Structure of μ -Oxo-*Bis*[tri-*p*-tolyl(2,5-dimethylbenzenesulfonato)Antimony (V)]]. *Izvestija AN. Serija Himicheskaja*, 1999, № 12, pp. 2346–2349. (in Russ.).
4. Sharutin V.V., Pakusina A.P., Nasonova N.V., Sharutina O.K., Gerasimenko A.V., Pushilin M.A. [Synthesis, Structure and Reactions Antimony Compounds (Ar₃SbX)₂O, X = Hal, NO₂, NO₃, OSO₂R, OC(O)R', OAr']. *Butlerov Communications*, 2002, no. 11, pp. 13–22. (in Russ.).
5. Sharutin V.V., Egorova I.V., Pavlushkina I.I., Pakusina A.P., Nasonova N.V., Pushilin M.A., Gerasimenko A.V., Gerasimenko E.A., Sergienko A.S. μ -Oxo-*Bis*[(arenesulfonato)triphenylantimony]: Synthesis and Structure. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 2003, vol. 29, no. 2, pp. 83–88. DOI: 10.1023/A:1022325831721.
6. Li N., Qiu R., Zhang X., Chen Y., Yin S.-F., Xu X. Strong Lewis Acids of Air-Stable Binuclear Triphenylantimony(V) Complexes and Their Catalytic Application in C–C Bond-Forming Reactions. *Tetrahedron*, 2015, vol. 71, no. 25, pp. 4275–4281 DOI:10.1016/j.tet.2015.05.013.
7. R  ther R., Huber F., Preut H. Triorganoantimon- und Triorganobismutdisulfonate Kristall- und Molek  lstrukturen von (C₆H₅)₃M(O₃SC₆H₅)₂ (M = Sb, Bi). *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 1986, vol. 539, no. 8, pp. 110–126. DOI: 10.1002/zaac.19865390811.
8. Robertson A.P.M., Burford N., McDonald R., Ferguson M.J. Coordination Complexes of Ph₃Sb²⁺ and Ph₃Bi²⁺: Beyond Pnictonium Cations. *Angew. Chem., Int. Ed.*, 2014, vol. 53, no. 13, pp. 3480–3483. DOI: 10.1002/anie.201310613.
9. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Kazakov M.V. Reactions of Tri-*p*-tolylantimony With Carboxylic and Arylsulfonic Acids and Phenols. *Russian Journal of General Chemistry*, 2012, vol. 82, no. 1, pp. 95–98. DOI: 10.1134/S1070363212010161.

10. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Kartseva M.K. Synthesis and structure of tri(*ortho*-tolyl)antimony bis(2,5-dimethylbenzenesulfonate). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2017, vol. 9, no. 3, pp. 71–75. DOI: 10.14529/chem170309.
11. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
12. 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.
13. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. OLEX2: Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *Journal of Applied Crystallography*, 2009, vol. 42, pp. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
14. Batsanov S.S. [The Atomic Radii of the Elements]. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 1991, vol. 36, no. 12, pp. 3015–3037. (in Russ.)

Received 2 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Карцева, М.К. Синтез и строение оксосульфонов триарилсурьмы и бис-(3,4-диметилбензолсульфоната) трис-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы / М.К. Карцева, В.С. Сенчурин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 62–69. DOI: 10.14529/chem180108

FOR CITATION

Kartseva M.K., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Triarylantimony Oxosulfonates and Tris-(5-Bromo-2-Methoxyphenyl)Antimony Bis-(3,4-Dimethylbenzenesulfonate). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2018, vol. 10, no. 1, pp. 62–69. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180108
