

ОКИСЛЕНИЕ ТРИС(2-МЕТОКСИ-5-ХЛОРФЕНИЛ)СУРЬМЫ ТРЕТ-БУТИЛГИДРОПЕРОКСИДОМ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОДВИЖНЫЙ АТОМ ВОДОРОДА

В.В. Шарутин✉

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ sharutin50@mail.ru

Аннотация. Окисление *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы гидропероксидом третичного бутила в диэтиловом эфире в присутствии воды и 2,5-диметилбензолсульфоновой кислоты приводит после перекристаллизации из толуола к образованию оксида *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы $\{[(2-\text{MeO})(5-\text{Cl})\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{SbO}\}_2$ (**1**) и сольвата 2,5-диметилбензолсульфоната *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с толуолом $[(2-\text{MeO})(5-\text{Cl})\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{Sb}[\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_2-2,5]_2 \cdot \text{ToIH}$ (**2**) соответственно, которые были структурно охарактеризованы методом рентгеноструктурного анализа (РСА). По данным РСА [**1**] $[\text{C}_{42}\text{H}_{36}\text{O}_8\text{Cl}_6\text{Sb}_2]$, M 1124,91; сингония триклинная, группа симметрии $P-1$; параметры ячейки: $a = 12,00(5)$, $b = 13,25(5)$, $c = 15,22(8)$ Å; $\alpha = 103,71(17)^\circ$, $\beta = 91,54(18)^\circ$, $\gamma = 104,39(14)^\circ$; $V = 2267(17)$ Å³, $Z = 2$, $\rho_{\text{calc}} = 1,648$ г/см³, $\mu = 1,595$ мм⁻¹, $F(000) = 1112,0$, диапазон сбора данных по 2θ , град: 6,28–55,48, размер кристалла 0,31×0,3×0,1 мм; интервалы индексов отражений $-15 \leq h \leq 15$, $-16 \leq k \leq 17$, $-19 \leq l \leq 19$; всего отражений 28402; независимых отражений 9758; $R_{\text{int}} 0,0709$; $GOOF$ 1,163; $R_1 = 0,1049$, $wR_2 = 0,2352$; остаточная электронная плотность 2,93/–2,50 е/Å³, (**2**) $[\text{C}_{162}\text{H}_{160}\text{O}_{36}\text{Cl}_{12}\text{S}_8\text{Sb}_4]$, M 3851,77; сингония моноклинная, группа симметрии $P2_1/n$; параметры ячейки: $a = 15,11(2)$, $b = 18,76(4)$, $c = 16,05(4)$ Å; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 115,72(9)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$; $V = 4214(15)$ Å³, $Z = 1$, $\rho_{\text{calc}} = 1,518$ г/см³, $\mu = 0,997$ мм⁻¹, $F(000) = 1956,0$, диапазон сбора данных по 2θ , град: 5,814–57, размер кристалла 0,25×0,17×0,1 мм; интервалы индексов отражений $-19 \leq h \leq 20$, $-25 \leq k \leq 25$, $-22 \leq l \leq 22$; всего отражений 144626; независимых отражений 10442; $R_{\text{int}} 0,5431$; $GOOF$ 1,036; $R_1 = 0,1105$, $wR_2 = 0,2247$; остаточная электронная плотность 2,34/–1,18 е/Å³. В двух типах кристаллографически независимых симметричных молекул центросимметричного димера **1** атомы сурьмы имеют искаженную квадратно-пирамидальную координацию с двумя атомами кислорода, соединяющими два атома сурьмы в единое целое. В тригонально-бипирамидальных молекулах **2** атомы кислорода занимают аксиальные положения. В молекулах **2** присутствуют слабые внутримолекулярные контакты между центральным атомом металла и кислородом сульфонатных групп $\text{Sb} \cdots \text{O}=\text{SO}_2$ [3,360(18), 3,490(18) Å], которые располагаются относительно друг друга в *цис*-положении. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2050329 (**1**), 2076853 (**2**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <https://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Ключевые слова: окисление, *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьма, *трет*-бутил гидропероксид, производные, Ar_3SbX_2 , строение

Для цитирования: Шарутин В.В. Окисление *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы *трет*-бутилгидропероксидом в присутствии соединений, содержащих подвижный атом водорода // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2025. Т. 17, № 3. С. 106–112. DOI: 10.14529/chem250310

Original article
DOI: 10.14529/chem250310OXIDATION OF *TRIS*(2-METHOXY-5-CHLOROPHENYL)ANTIMONY
WITH *TERT*-BUTYL HYDROPEROXIDE IN THE PRESENCE
OF COMPOUNDS CONTAINING A MOBILE HYDROGEN ATOM

V.V. Sharutin✉

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

✉ sharutin50@mail.ru

Abstract. Oxidation of *tris*(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony with *tert*-butyl hydroperoxide in diethyl ether in the presence of water and 2,5-dimethylbenzenesulfonic acid, after recrystallization from toluene, leads to formation of *tris*(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony oxide $\{[(2\text{-MeO})(5\text{-Cl})\text{C}_6\text{H}_3]\text{SbO}\}_2$ (**1**) and the solvate of *tris*(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony 2,5-dimethylbenzenesulfonate with toluene $[(2\text{-MeO})(5\text{-Cl})\text{C}_6\text{H}_3]\text{Sb}[\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{Me}_2\text{-2,5}]_2 \cdot \text{ToH}$ (**2**), respectively; the compounds have been structurally characterized by X-ray diffraction analysis (XRD). According to the XRD data [**1**] $[\text{C}_{42}\text{H}_{36}\text{O}_8\text{Cl}_6\text{Sb}_2]$, M 1124.91; triclinic syngony, symmetry group $P\bar{1}$; cell parameters: $a = 12.00(5)$, $b = 13.25(5)$, $c = 15.22(8)$ Å; $\alpha = 103.71(17)^\circ$, $\beta = 91.54(18)^\circ$, $\gamma = 104.39(14)^\circ$; $V = 2267(17)$ Å³, $Z = 2$, $\rho_{\text{calc}} = 1.648$ g/cm³, $\mu = 1.595$ mm⁻¹, $F(000) = 1112.0$, 2θ data acquisition range, deg: 6.28–55.48, crystal size 0.31×0.3×0.1 mm; reflection index ranges $-15 \leq h \leq 15$, $-16 \leq k \leq 17$, $-19 \leq l \leq 19$; total reflections 28402; independent reflections 9758; $R_{\text{int}} 0.0709$; $GOOF 1.163$; $R_1 = 0.1049$, $wR_2 = 0.2352$; residual electron density 2.93/–2.50 e/Å³, [**2**] $[\text{C}_{81}\text{H}_{80}\text{O}_{18}\text{Cl}_6\text{S}_4\text{Sb}_2]$, M 1925.91; monoclinic syngony, symmetry group $P2_1/n$; cell parameters: $a = 15.11(2)$, $b = 18.76(4)$, $c = 16.05(4)$ Å; $\beta = 115.72(9)^\circ$; $V = 4214(15)$ Å³, $Z = 2$, $\rho_{\text{calc}} = 1.518$ g/cm³, $\mu = 0.997$ mm⁻¹, $F(000) = 1956.0$, 2θ data acquisition range, deg: 5.814–57, crystal size 0.25×0.17×0.1 mm; reflection index ranges $-19 \leq h \leq 20$, $-25 \leq k \leq 25$, $-22 \leq l \leq 22$; total reflections 144626; independent reflections 10442; $R_{\text{int}} 0.5431$; $GOOF 1.036$; $R_1 = 0.1105$, $wR_2 = 0.2247$; residual electron density 2.34/–1.18 e/Å³, in two types of crystallographically independent symmetrical molecules of the centrosymmetric dimer **1**, the antimony atoms have a distorted square-pyramidal coordination with two oxygen atoms joining two antimony atoms into a whole. In the trigonal-bipyramidal molecules **2** the oxygen atoms occupy axial positions. In molecules **2** there are weak intramolecular contacts between the central metal atom and the oxygen of the sulfonate groups $\text{Sb} \cdots \text{O}=\text{SO}_2$ [3.360(18), 3.490(18) Å], which are located in the *cis*-position relative to each other. Complete tables of atomic coordinates, bond lengths and valence angles have been deposited at the Cambridge Crystallographic Data Centre (No. 2050329 (**1**), 2076853 (**2**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <https://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Keywords: oxidation, *tris*(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony, *tert*-butyl hydroperoxide, derivatives, Ar_3SbX_2 , structure

For citation: Sharutin V.V. Oxidation of *tris*(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony with *tert*-butyl hydroperoxide in the presence of compounds containing a mobile hydrogen atom. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2025;17(3): 106–112. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem250310

Введение

Известно, что одними из наиболее изученных соединений пятивалентной сурьмы являются арильные производные сурьмы общей формулы Ar_3SbX_2 (X – электроотрицательный лиганд) [1–3]. Среди них особое место занимают дикарбоксилаты триарилсурьмы, которые получают преимущественно из триарилсурьмы и карбоновой кислоты в присутствии пероксида в диэтиловом эфире при мольном соотношении исходных реагентов 1:2:1 [4–23]. Как найдено в [24, 25], полученные комплексы обладают антилейшманиозной активностью, возможно, из-за особенностей их строения, поэтому изучение кристаллической структуры подобных производных является актуальной задачей. Некоторые соединения пятивалентной сурьмы Ar_3SbX_2 с электроноакцепторными и электронодонорными заместителями в арильных кольцах могут обладать большей биологической активностью, чем соответствующие фенильные аналоги, поэтому была поставлена задача синтеза 2-метокси-5-хлорфенильных производных сурьмы.

Экспериментальная часть

В работе использовали органические соединения производства фирмы Alfa Aesar, соединения **1**, **2** получали по реакции окислительного присоединения из [1–3].

РСА кристаллов проведен на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (MoK α -излучение, $\lambda = 0,71073$ Å, 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 [26]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [27] и OLEX2 [28]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2050329 (**1**), 2076853 (**2**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <https://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Таблица 1

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

Параметр	1	2
Формула	C ₄₂ H ₃₆ O ₈ Cl ₆ Sb ₂	C ₈₁ H ₈₀ O ₁₈ Cl ₆ S ₄ Sb ₂
<i>M</i>	1124,91	1925,91
Сингония	Триклинная	Моноклиная
Пр. группа	<i>P</i> -1	<i>P</i> 2 ₁ / <i>n</i>
<i>a</i> , Å	12,00(5)	15,11(2)
<i>b</i> , Å	13,25(5)	18,76(4)
<i>c</i> , Å	15,22(8)	16,50(4)
α , град.	103,71(17)	90,00
β , град.	91,54(18)	115,72(9)
γ , град.	104,39(14)	90,00
<i>V</i> , Å ³	2267(17)	4214(15)
<i>Z</i>	2	1
ρ (выч.), г/см ³	1,648	1,518
μ , мм ⁻¹	1,595	0,997
<i>F</i> (000)	1112,0	1956,0
Размер кристалла (мм)	0,31 × 0,3 × 0,1	0,25 × 0,17 × 0,1
Область сбора данных по 2 θ , град.	6,28–55,48	5,814–57
Интервалы индексов отражений	–15 ≤ <i>h</i> ≤ 15, –16 ≤ <i>k</i> ≤ 17, –19 ≤ <i>l</i> ≤ 19	–19 ≤ <i>h</i> ≤ 20, –25 ≤ <i>k</i> ≤ 25, –22 ≤ <i>l</i> ≤ 22
Измерено отражений	28402	144626
Независимых отражений	9758	10442
Переменных уточнения	529	528
<i>GOOF</i>	1,163	1,031
<i>R</i> -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	<i>R</i> ₁ = 0,1049, <i>wR</i> ₂ = 0,2352	<i>R</i> ₁ = 0,1105, <i>wR</i> ₂ = 0,2247
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ = 0,1505, <i>wR</i> ₂ = 0,2614	<i>R</i> ₁ = 0,2782, <i>wR</i> ₂ = 0,3108
Остаточная электронная плотность (min/max), е/Å ³	2,93/–2,50	2,34/–1,18

Таблица 2

Длины связей и валентные углы в структурах **1**, **2**

Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω , град.
1			
Sb1–Sb1 ¹	3,114(11)	O4 ¹ –Sb1–Sb1 ¹	39,3(3)
Sb1–O4	2,017(11)	O4 ¹ –Sb1–O4	77,7(4)
Sb1–O4 ¹	1,981(11)	O4 ¹ –Sb1–C1	88,0(6)
Sb1–C1	2,145(13)	O4–Sb1–C1	152,3(4)
Sb1–C21	2,176(15)	O4 ¹ –Sb1–C11	111,3(5)
Sb2–Sb2 ²	3,114(11)	O4 ¹ –Sb1–C21	141,7(4)
Sb2–O8	2,052(11)	O4–Sb1–C21	90,1(5)
Sb2–O8 ²	1,961(10)	C1–Sb1–Sb1 ¹	123,5(5)

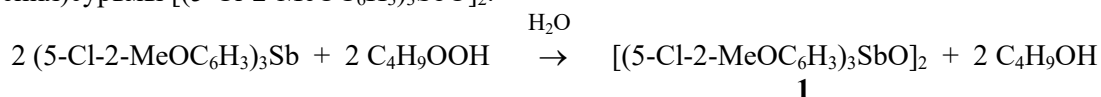
Окончание табл. 2

Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω, град.
Sb2–C51	2,127(15)	C11–Sb1–Sb1 ¹	106,1(5)
Sb2–C31	2,175(16)	C11–Sb1–C21	105,6(6)
O1–C2	1,405(18)	C21–Sb1–Sb1 ¹	120,1(4)
O1–C7	1,43(2)	O8 ² –Sb2–C41	141,8(5)
O2–C12	1,35(2)	O8 ² –Sb2–C51	110,7(5)
O2–C17	1,445(19)	O8–Sb2–C31	152,1(5)
O3–C22	1,37(2)	C41–Sb2–Sb2 ²	118,4(4)
O3–C27	1,466(18)	C51–Sb2–Sb2 ²	105,1(4)
O4–Sb1 ¹	1,981(11)	C51–Sb2–C31	114,2(6)
O8–Sb2 ²	1,961(10)	C31–Sb2–Sb2 ²	123,6(5)
Преобразования симметрии: ¹ 1–X, 1–Y, 2–Z; ² –X, 1–Y, 1–Z			
2			
Sb1–O7	2,090(9)	O4–Sb1–O7	174,7(3)
Sb1–O4	2,073(9)	O4–Sb1–C11	89,6(5)
Sb1–C1	2,060(14)	C1–Sb1–C11	118,3(5)
Sb1–C11	2,080(14)	C1–Sb1–C21	125,2(5)
Sb1–C21	2,073(12)	C21–Sb1–C11	116,3(5)
C11–C5	1,693(16)	O4–S1–C41	102,5(5)
C12–C15	1,734(18)	O5–S1–O4	108,5(6)
C13–C25	1,693(18)	O5–S1–C41	107,7(7)
S1–O4	1,493(9)	O6–S1–O4	111,8(7)
S1–O5	1,426(11)	O6–S1–O5	117,0(7)
S1–O6	1,389(12)	O6–S1–C41	108,2(7)
S1–C41	1,692(10)	O7–S2–C31	103,4(6)
S2–O7	1,495(9)	O8–S2–O7	110,3(6)
S2–O8	1,402(11)	O8–S2–O9	116,5(8)
S2–O9	1,421(11)	O8–S2–C31	107,3(7)
S2–C31	1,735(14)	O9–S2–O7	109,2(6)

Обсуждение результатов

Ранее в работе [29] исследовались реакции окислительного присоединения трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы [30] с простейшими карбоновыми кислотами в присутствии окислителя, однако было мало известно о подобных реакциях в присутствии воды и других соединений, содержащих активный атом водорода. Продолжением исследований в данном направлении являлось изучение реакций трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с водой и 2,5-диметилбензолсульфоновой кислотой в присутствии трет-бутилгидропероксида.

Найдено, что взаимодействие трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с водой в присутствии трет-бутилгидропероксида в эфире приводит к образованию димера оксида трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы [(5-Cl-2-MeOC₆H₃)₃SbO]₂.



Отметим, что аналогичный продукт получается и в подобной реакции трис(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы [31].

По данным РСА в двух типах кристаллографически независимых centrosymmetric бинарных молекулах **1a, b** атомы сурьмы имеют искаженную квадратно-пирамидальную координацию, мостиковые атомы кислорода занимают экваториальные позиции (рис. 1). В молекулах **1a** углы C(11)Sb(1)O(4) и C(11)Sb(1)O(4') равны 94,1(5)° и 111,3(5)°, углы C(1)Sb(1)C(21) и C(1)Sb(1)C(11) по значению близки к ним (86,6(6)° и 113,2(6)°). Расстояние между центральным атомом металла и аксиальным атомом углерода (2,145(13) Å) короче аналогичных длин связей с экваториальными атомами углерода (2,173(17), 2,176(15) Å). Фрагмент Sb₂O₂ – плоский, угол O(4)Sb(1)O(4') равен 77,7(4)°. Длины связей Sb(1)–O(4) и Sb(1)–O(4') составляют 2,017(11) и

1,981(5) Å. Расстояние между атомами Sb(1) и Sb(1') в цикле равно 3,114(11) Å, что значительно меньше удвоенного ван-дер-ваальсова радиуса сурьмы (4,4 Å [31]). В молекуле **1a** наблюдаются короткие внутримолекулярные контакты MeO...Sb (2,907(3), 3,150(5), 3,197(6) Å), которые сравнимы с аналогичными расстояниями в молекуле *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы (3,011(4), 3,053(5) и 3,055(5) Å) [30]. Примерно такими же геометрическими параметрами обладает и вторая кристаллографически независимая молекула **1b**.

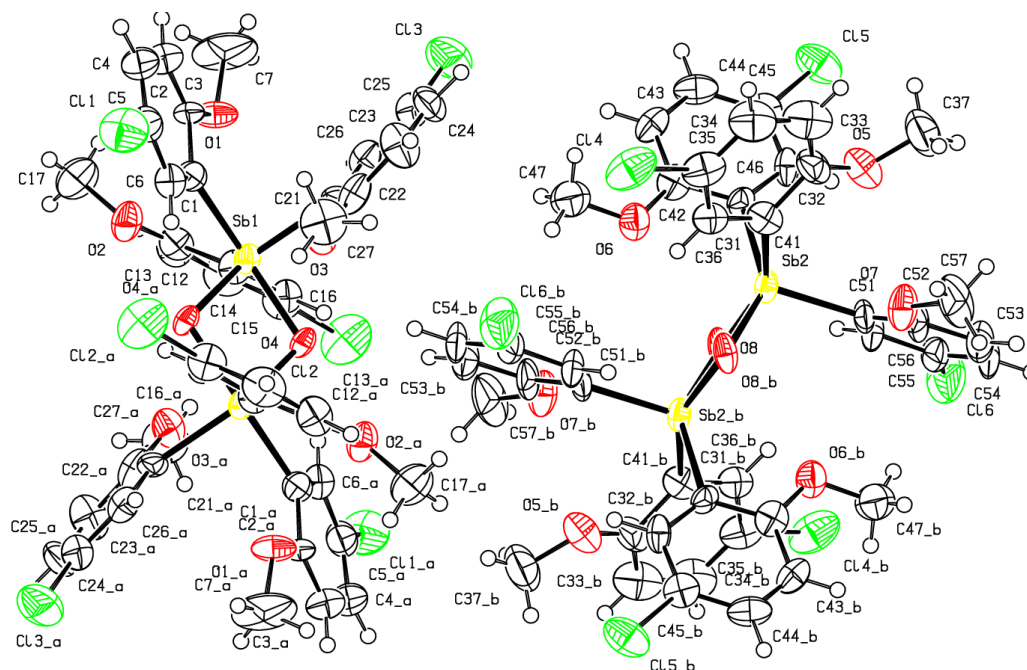
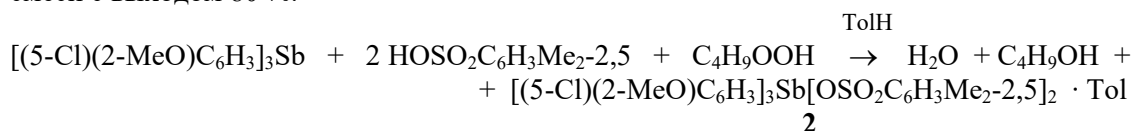


Рис. 1. Общий вид оксида трис[(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы] (1)

Замена воды в аналогичной реакции на более сильную 2,5-диметилбензолсульфовую кислоту приводит к образованию *бис*(2,5-диметилбензолсульфонато)[*трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы] [(2-MeO)(5-Cl)C₆H₃]₃Sb[OC(O)C₆H₃Me₂-2,5]₂ (**2**), выделенной из реакционной смеси с выходом 80 %.



Полученные соединения **1**, **2** представляют собой бесцветные кристаллические вещества, растворимые в аренах и полярных органических растворителях и нерастворимые в алканах.

В молекулах сольвата *бис*(2,5-диметилбензолсульфонато)[*трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы] с толуолом [(5-Cl)(2-MeO)C₆H₃]₃Sb[OSO₂C₆H₃Me₂-2,5]₂ · Tol (**2**) наблюдается тригонально-бипирамидальное расположение заместителей у центрального атома с атомами кислорода сульфонатных групп в аксиальных положениях (угол OSbO 174,7°) (рис. 2), что сопоставимо с аналогичной величиной в *бис*(2,5-диметилбензолсульфонате) три(*n*-толил)сурьмы (174,33°) [31], но при этом наблюдаются различные длины связей Sb–O (2,073, 2,090 Å и 2,124 и 2,158 Å).

В **2** наблюдаются уменьшенные расстояния между атомом сурьмы и атомами кислорода сульфогрупп, формально не связанными друг с другом (расстояния Sb...O=S равны 3,360(4) и 3,490(4) Å), что указывает на существование между ними слабого внутримолекулярного взаимодействия. Экваториальные углы CSbC несколько отличаются между собой (116,3°, 118,3°, 125,2°) от теоретического значения 120°; при этом один из них (со стороны контакта) значительно меньше двух других.

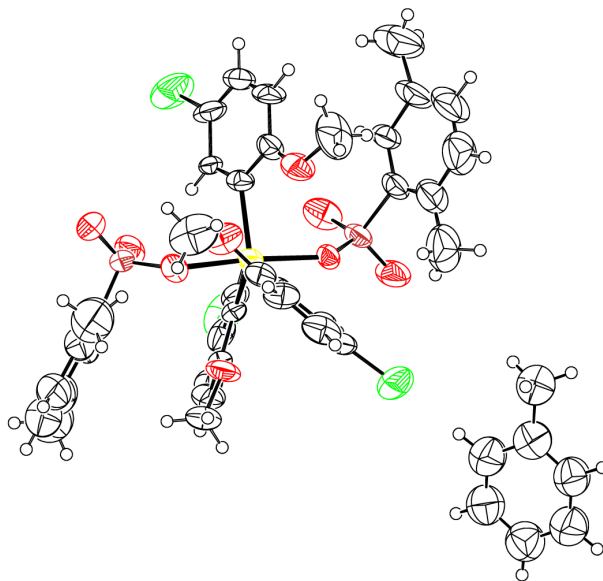


Рис. 2. Общий вид сольвата
бис(2,5-диметилбензолсульфонато)трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы
с толуолом (2)

Отметим, что в дикарбоксилатах триарилсурьмы, в которых карбоксилатные заместители имеют относительно фрагмента Ar_3Sb *цис*-ориентацию, а один из экваториальных углов $CSbC$ со стороны контактов $Sb \cdots O(=C)$ значительно увеличен (до $151,7^\circ$), наблюдается упрочение этих взаимодействий (величина контакта $Sb \cdots O$ достигает $2,664 \text{ \AA}$ [32]). Учитывая, что угол между плоскостями $SbOS(O)$ составляет $15,5^\circ$ можно говорить о *цис*-ориентации $OS(O)$ -групп относительно фрагмента Ar_3Sb , однако объяснение этого факта требует дальнейшего объяснения.

Выводы

В кристаллах полученных соединений атомы сурьмы имеют искаженную квадратно-пирамидальную и тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода в экваториальных положениях в первом случае и аксиальных положениях – во втором. Длины связей $Sb-C$ и $Sb-O$ близки к суммам ковалентных радиусов атомов-партнеров. Отметим слабую координацию атомов кислорода сульфогрупп с центральным атомом металла в молекулах **2**, когда расстояния $Sb \cdots O(=S)$ значительно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов-партнеров.

Список источников

1. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2020. Т. 46, № 10. С. 579. DOI: 10.31857/S0132344X20100011
2. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 1. С. 5. DOI: 10.14529/chem240101
3. Sharutin V.V. // Reviews and Advances in Chemistry. 2024, V. 14, No. 3, pp. 1. DOI: 10.1134/S2634827624600282
4. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Хайбуллина О.А. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 9. С. 1446. DOI: 10.31857/S0044460X2109016X
5. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорган. химии. 2021. Т. 66, № 3. С. 358. DOI: 10.31857/S0044457X21030156
6. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Коорд. химия. 2021. Т. 47, № 5. С. 293. DOI: 10.31857/S0132344X21050066
7. Шарутин В.В., Потемкин В.А., Ефремов А.Н. и др. // Изв. Академии наук. Серия химическая. 2022. № 4. С. 707. EDN: KTJZZJ
8. Ефремов А.Н., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. структ. химии. 2022. Т. 63, № 3. С. 261. DOI: 10.26902/JSC_id88696

9. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N. et al. // J. Fluorine Chem. 2020. V. 234. P. 109517. DOI: 10.1016/j.jfluchem.2020.109517
10. Артемьева Е.В., Шарутина О.К., Шарутин В.В., Буланова А.В. // Журн. неорган. химии. 2020. Т. 65. С. 22. DOI: 10.31857/S0044457X20010031
11. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Слепухин П.А. // Журн. неорган. химии. 2020. Т. 65, № 7. С. 907. DOI: 10.31857/S0044457X20070193
12. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 9. С. 598. DOI: 10.31857/S0044460X21040156
13. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Губанова Ю.О., Фоминых А.С. // Журн. общ. химии. 2020. Т. 90. № 1. С. 136. DOI: 10.31857/S0044460X20010175
14. Гуцин А.В., Малеева А.И., Калистратова О.С., Хамалетдинова Н.М. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 1. С. 5. DOI: 10.14529/chem210101
15. Хайбуллина О.А. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 1. С. 39. DOI: 10.14529/chem210104
16. Шарутина О.К. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 4. С. 26. DOI: 10.14529/chem220402
17. Рыбакова А.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 91. DOI: 10.14529/chem210407
18. Белов В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 101. DOI: 10.14529/chem210408
19. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 120. DOI: 10.14529/chem210410
20. Лобанова Е.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2020. Т. 12, № 2. С. 23. DOI: 10.14529/chem200203
21. Брегадзе В.И., Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 1. С. 43. DOI: 10.14529/chem230104
22. Белов В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 2. С. 120. DOI: 10.14529/chem220213
23. Шарутин В.В., Морозецких М.О. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 2. С. 77. DOI: 10.14529/chem240208
24. Artem'eva E.V., Duffin R.N., Munuganti S. et al. // Polyhedron. 2022. V. 213. P. 115627. DOI: 10.1016/j.poly.2021.115627
25. Артемьева Е.В., Шарутина О.К., Шарутин В.В. Фторсодержащие дикарбоксилаты триарилсурьмы(V), обладающие противолейшманиозной активностью. Патент на изобретение RU 2816109 C1, 26.03.2024. Заявка от 25.05.2023.
26. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
27. 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.
28. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al. // J. Appl. Cryst. 2009. V. 42. P. 339. DOI: 10.1107/S0021889808042726
29. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. общ. химии. 2022. Т. 92, № 2. С. 304. DOI: 10.31857/S0044460X22020172
30. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2020. Т. 90, № 10. С. 1577. DOI: 10.31857/S0044460X20100133
31. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Платонова Т.П. и др. // Журн. общ. химии. 2003. Т. 73, № 3. С. 380. EDN: OYTHWD
32. Шарутина О.К., Шарутин В.В. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы(V). Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2012, 395 с.

Шарутин Владимир Викторович – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: sharutin50@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 20 марта 2025 г.
The article was submitted 20 March 2025.*