

**СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ БИС[3,4-ДИФТОРБЕНЗОАТА]
ТРИС(2-МЕТОКСИФЕНИЛ)СУРЬМЫ
[(2-МeO)C₆H₄]₃Sb[OC(O)C₆H₃(F₂-3,4)]₂ И БИС[БЕНЗОЛСУЛЬФОНАТА]
ТРИС(2-МЕТОКСИФЕНИЛ)СУРЬМЫ [(2-МeO)C₆H₄]₃Sb[OSO₂C₆H₅]₂**

В.В. Шарутин[✉], М.О. Морозецких

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

[✉] sharutin50@mail.ru

Аннотация. Бис[3,4-дифторбензоат] трис(2-метоксифенил)сурьмы (**1**) и бис[бензолсульфонат] трис(2-метоксифенил)сурьмы (**2**) получены по реакции окислительного присоединения из триарилсурьмы и 3,4-дифторбензойной/бензолсульфоновой кислоты в присутствии гидропероксида третичного бутила в эфире. Строение **1** и **2** установлено методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа (РСА). Кристаллы **1** [C₃₃H₂₇O₇F₄Sb, *M* 757,32; сингония триклинная, группа симметрии *P*-1; параметры ячейки: *a* = 9,219(4), *b* = 9,507(6), *c* = 20,240(11) Å; α = 99,43(3)°, β = 95,756(16)°, γ = 107,90(3)°; *V* = 1643,6(16) Å³; *Z* = 2; ρ_{выч} = 1,530 г/см³; 2θ 6,68–54,98 град.; всего отражений 31858; независимых отражений 7153; число уточняемых параметров 427; *R*_{int} = 0,0429; *GOOF* 1,051; *R*₁ = 0,0265, *wR*₂ = 0,0551; остаточная электронная плотность (max/min); 0,30/–0,44 е/Å³], **2** [C₃₃H₃₁O₉S₂Sb, *M* 757,46; сингония моноклинная, группа симметрии *C*2/*c*; параметры ячейки: *a* = 21,157(9), *b* = 10,363(4), *c* = 18,285(7) Å; β = 126,590(13) град., *V* = 3219(2) Å³; *Z* = 1; ρ_{выч} = 1,563 г/см³; 2θ 6,012–54,234 град.; всего отражений 32454; независимых отражений 3541; число уточняемых параметров 231; *R*_{int} = 0,0283; *GOOF* 1,161; *R*₁ = 0,0283, *wR*₂ = 0,0659; остаточная электронная плотность (max/min); 0,74/–0,83 е/Å³] состоят из тригонально-бипирамидальных молекул с электроотрицательными лигандами в аксиальных положениях. Длины связей Sb–C варьируют в интервале 2,093(2)–2,125(3) Å, валентные углы OSbO принимают значения 176,63(6) и 174,52(10)° соответственно. Расстояния Sb–O в **1** (2,1106(17) и 2,1149(17) Å) короче, чем в **2** (2,128(2) и 2,128(2) Å). Внутримолекулярные контакты Sb⋯O в **1** (3,162(2) и 3,257(2) Å) значительно меньше, чем в **2** (3,617(2) и 3,617(2) Å), и не превышают сумму их ван-дер-ваальсовых радиусов (3,7 Å). Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов для структур депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2123247 (**1**), № 2116583 (**2**), deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Ключевые слова: синтез, бис(3,4-дифторбензоат) трис(2-метоксифенил)сурьмы, бис(бензолсульфонат) трис(2-метоксифенил)сурьмы, особенности строения, рентгеноструктурный анализ

Для цитирования: Шарутин В.В., Морозецких М.О. Синтез и строение бис[3,4-дифторбензоата] трис(2-метоксифенил)сурьмы [(2-МeO)C₆H₄]₃Sb[OC(O)C₆H₃(F₂-3,4)]₂ и бис[бензолсульфоната] трис(2-метоксифенил)сурьмы [(2-МeO)C₆H₄]₃Sb[OSO₂C₆H₅]₂ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 2. С. 77–85. DOI: 10.14529/chem240208

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF *TRIS*(2-METHOXYPHENYL)ANTIMONY *BIS*[3,4-DIFLUOROBENZOATE] [(2-MeO)C₆H₄]₃Sb[OC(O)C₆H₃(F₂-3,4)]₂ AND *TRIS*(2-METHOXYPHENYL)ANTIMONY *BIS*[BENZENESULFONATE] [(2-MeO)C₆H₄]₃Sb[OSO₂C₆H₅]₂

V.V. Sharutin, M.O. Morodetskikh
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
✉ sharutin50@mail.ru

Abstract. *Tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*[3,4-difluorobenzoate] (**1**) and *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*[benzenesulfonate] (**2**) were obtained by oxidative addition reaction from triarylantimony and 3,4-difluorobenzoic/benzenesulfonic acid in the presence of tertiary butyl hydroperoxide in ether. The structure of **1** and **2** was established with the use of IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis (XRD). Crystals **1** [C₃₅H₂₇O₇F₄Sb, M 757.32; triclinic syngony, symmetry group *P*-1; cell parameters: *a* = 9.219(4), *b* = 9.507(6), *c* = 20.240(11) Å; α = 99.43(3)°, β = 95.756(16)°, γ = 107.90(3)°; *V* = 1643.6(16) Å³; *Z* = 2; ρ_{calc} = 1.530 g/cm³; 2θ 6.68–54.98 degrees; total reflections 31858; independent reflections 7153; number of specified parameters 427; *R*_{int} = 0.0429; GOOF 1.051; *R*₁ = 0.0265, *wR*₂ = 0.0551; residual electron density (max/min); 0.30/–0.44 e/Å³], **2** [C₃₃H₃₁O₉S₂Sb, M 757.46; monoclinic system, symmetry group *C*2/*c*; cell parameters: *a* = 21.157(9), *b* = 10.363(4), *c* = 18.285(7) Å; β = 126.590(13) deg., *V* = 3219(2) Å³, *Z* = 1; ρ_{calc} = 1.563 g/cm³; 2θ 6.012–54.234 degrees; total reflections 32454; independent reflections 3541; number of specified parameters 231; *R*_{int} = 0.0283; GOOF 1.161; *R*₁ = 0.0283, *wR*₂ = 0.0659; residual electron density (max/min); 0.74/–0.83 e/Å³] consist of trigonal bipyramidal molecules with electronegative ligands in axial positions. The Sb–C bond lengths vary in the range 2.093(2)–2.125(3) Å. The OSbO bond angles take values 176.63(6)° and 174.52(10)°, respectively. The Sb–O distances in **1** (2.1106(17) and 2.1149(17) Å) are shorter than in **2** (2.128(2) and 2.128(2) Å). Intramolecular Sb···O contacts in **1** (3.162(2) and 3.257(2) Å) are significantly smaller than in **2** (3.617(2) and 3.617(2) Å) and do not exceed the sum of their van der Waals radii (3.7 Å). Complete tables of atomic coordinates, bond lengths and bond angles for structures have been deposited in the Cambridge Structural Data Bank (No. 2123247 (**1**), No. 2116583 (**2**), deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

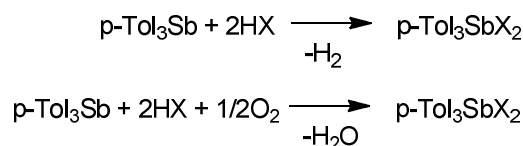
Keywords: synthesis, *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*(3,4-difluorobenzoate), *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*(benzenesulfonate), structural features, X-ray diffraction analysis

For citation: Sharutin V.V., Morodetskikh M.O. Synthesis and structure of *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*[3,4-difluorobenzoate] [(2-MeO)C₆H₄]₃Sb[OC(O)C₆H₃(F₂-3,4)]₂ and *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*[benzenesulfonate] [(2-MeO)C₆H₄]₃Sb[OSO₂C₆H₅]₂. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2024;16(2):77–85. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem240208

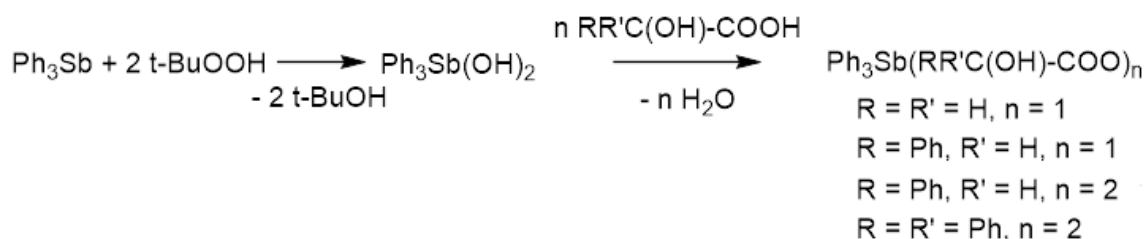
Введение

Интерес к синтезу новых соединений сурьмы во многом определяется расширяющимся потенциалом различных областей применения в практической деятельности: в фармацевтической промышленности, в качестве биоцидов, фунгицидов, а также реагентов в тонком органическом синтезе и компонентов каталитических систем при полимеризации, антиоксидантов и др. [1].

Известно, что взаимодействие три-*пара*-толилсурьмы с трифторуксусной, трихлоруксусной, йодуксусной, толуолсульфоновой кислотами (HX) в растворе толуола в присутствии или в отсутствие кислорода воздуха приводит к образованию дикарбоксилатов триарилсурьмы по двум конкурирующим между собой направлениям с образованием производных пятивалентной сурьмы общей формулы *p*-Tol₃SbX₂ (X – остаток карбоновой кислоты) [2].



В основе другого эффективного способа синтеза соединений пятивалентной сурьмы лежит другая реакция окислительного присоединения, когда из триарильных соединений сурьмы, кислоты HX и пероксида получают арильные производные пятивалентной сурьмы Ar_3SbX_2 . Указанная реакция впервые была осуществлена на примере синтеза диацетата трифенилсурьмы из трифенилсурьмы, уксусной кислоты и пероксида водорода [3]. Именно по этой схеме были синтезированы бис-(1-адамантанкарбоксилат) трифенилсурьмы [4], бис(бромацетат) трис(2-метоксифенил)сурьмы [5], бис(2-нитробензоат) трифенилсурьмы [6], бис(1-адамантанкарбоксилат) три-*м*-толилсурьмы [7], бис(циклопропанкарбоксилат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы [8], дибензоат трис(4-*N,N*-диметиламинофенил)сурьмы [9], бис(2-метилбензоат) трис(4-*N,N*-диметиламинофенил)сурьмы [10], бис(4-метилбензоат) трис(4-*N,N*-диметиламинофенил)сурьмы [11], бис(2-нитробензоат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы [12], бис(хлорацетат) трис-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы, бис-(бромацетат) трис-(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы и бис(иодацетат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы [13], бис(4-нитрофенилацетат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы, бис(2-метоксibenзоат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы и бис(фенилпропионат) трис(5-бром-2-метоксифенил)сурьмы [14], бис(4-оксibenзолсульфонат) трифенилсурьмы [15]. Серия α -гидроксикарбоксилатных комплексов трифенилсурьмы была получена по реакции окислительного присоединения из трифенилсурьмы, карбоновой кислоты и гидроперекиси третичного бутила [16].



Отметим, что, несмотря на наличие двух карбоксильных групп в *орто*-фталевой кислоте, ее взаимодействие с трифенилсурьмой в присутствии пероксида водорода протекает по классической схеме реакции окислительного присоединения [17]. Особенностью молекулярной структуры дифталата трифенилсурьмы является отсутствие внутримолекулярной водородной связи, характерной для *орто*-фталевой кислоты. Из дихлорида трифенилсурьмы и карбоксилата серебра в тетрагидрофуране синтезирован бис(2-оксibenзоат) трифенилсурьмы с выходом 73 % [18].

По реакции окислительного присоединения из триарилсурьмы и карбоновой кислоты с более высокими выходами образуются бис(пропионат) трифенилсурьмы [19], бис(иодацетат) трис(4-фторфенил)сурьмы и бис(пентафторбензоат) трис(4-фторфенил)сурьмы [20], бис(1-адамантанкарбоксилат) трис(4-фторфенил)сурьмы и бис(циклопропанкарбоксилат) трис(4-фторфенил)сурьмы [21], бис(хлорацетат) трис(4-фторфенил)сурьмы, бис(4-нитрофенилацетат) трис(4-фторфенил)сурьмы и дибензоат трис(4-фторфенил)сурьмы [22], дикарбоксилаты трис(3-фторфенил)сурьмы [23, 24], диакрилаты трифенилсурьмы [25, 26], дибензоат три(мета-толил)сурьмы [27], бис(2-нитробензоат) три(3-фторфенил)сурьмы [28], бис(фенилпропионат) трифенилсурьмы [29], бис(4-оксibenзоат) трифенилсурьмы [30], бис(3-фторфенилацетат), бис(пентафторбензоат) и бис(2,3-дифторбензоат) трис(3-фторфенил)сурьмы [31].

При взаимодействии эквимольных количеств триарилсурьмы, кислоты HX и пероксида водорода в эфире образуются соединения сурьмы мостикового типа $(Ar_3SbX)_2O$, что, например, наблюдается в реакциях трифенилсурьмы с салициловой кислотой, когда с выходом 40 % образуется мостиковое соединение сурьмы, обладающее противоопухолевой активностью [32]. В аналогичных условиях из трифенилсурьмы и пропиоловой кислоты в присутствии пероксида водорода образуется μ_2 -оксо-бис[(пропиолато)трифенилсурьма] $[Ph_3SbOC(O)C\equiv CH]_2O$.

Реакционная способность триарилсурьмы в реакциях окислительного присоединения с аренсульфоновыми кислотами во многом сравнима с аналогичными реакциями карбоновых кислот. Так, взаимодействием три(мета-толил)сурьмы с бензолсульфоновой кислотой в присутствии гидропероксида третичного бутила в эфире синтезирован бис(бензолсульфонат) три(мета-толил)сурьмы [33]. В аналогичных условиях реагирует триарилсурьма с аренсульфоновыми ки-

слотами [34–37], однако взаимодействие *трис*(3-метилфенил)сурьмы с трифторметансульфоновой кислотой в присутствии *трет*-бутилгидропероксида в эфире приводит к образованию трехядерного комплекса нона(3-метилфенил)тристибоксан-1,5-диил-*бис*(трифторметансульфоната), выделенного после перекристаллизации из смеси бензол-октан в виде сольвата с бензолом $\text{CF}_3\text{OSO}_2\text{Sb}(\text{3-MeC}_6\text{H}_4)_3\text{OSb}(\text{3-MeC}_6\text{H}_4)_3\text{OSb}(\text{3-MeC}_6\text{H}_4)_3\text{OSO}_2\text{CF}_3 \cdot \text{PhH}$ [38].

Соединения сурьмы общей формулы Ar_3SbX_2 (X – электроотрицательная группа), содержащие в арильных лигандах при атоме сурьмы различные функциональные группы [8, 14, 39–46], изучены в гораздо меньшей степени, чем соответствующие фенильные производные, однако именно некоторые их представители проявляют противоопухолевую активность [32] и антилейшманиозные свойства [46], поэтому исследование синтеза и свойств подобных соединений представляется важной задачей.

В настоящей работе изучены синтез и особенности строения *бис*(3,4-дифторбензоата) *трис*[(2-метоксифенил)сурьмы (1) и *бис*[бензолсульфоната] *трис*(2-метоксифенил)сурьмы (2).

Экспериментальная часть

Соединения **1** и **2** синтезировали по методике, описанной в [1], из *трис*[(2-метоксифенил)сурьмы и 3,4-дифторбензолсульфоновой/бензолсульфоновой кислоты в присутствии *трет*-бутилгидропероксида в растворе эфира (мольное соотношение исходных реагентов 1:2:1). После удаления растворителя и перекристаллизации целевого продукта из смеси бензол-октан (1:2 объем.) получали с выходом 86 % бесцветные кристаллы **1** (т. пл. 199 °С), которые анализировали методами элементного анализа, РСА и ИК-спектроскопии. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3065, 3022, 3001, 2841, 1582, 1477, 1433, 1302, 1285, 1254, 1163, 1097, 1055, 1015, 974, 943, 924, 795, 750, 727, 692, 606, 579, 555, 482, 440. Найдено, %: С 55,24; Н 3,64. $\text{C}_{35}\text{H}_{27}\text{O}_7\text{F}_4\text{Sb}$. Вычислено, %: С 55,46; Н 3,56.

Аналогично получали **2** (79 %, т. пл. 212 °С). ИК-спектр, ν , см^{-1} : 3067, 2941, 2839, 1582, 1477, 1431, 1283, 1252, 1157, 1096, 1055, 1016, 914, 793, 752, 725, 683, 605, 579, 554, 480, 440. Найдено, %: С 52,49; Н 4,21. $\text{C}_{33}\text{H}_{31}\text{O}_9\text{S}_2\text{Sb}$. Вычислено, %: С 52,98; Н 4,15.

ИК-спектры соединений записывали на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S; образец готовили таблетированием с KBr (область поглощения 4000–400 см^{-1}).

Температуры плавления измерены на синхронном термоанализаторе Netzsch 449C Jupiter. Элементный анализ проводился на анализаторе Euro EA3028-NT.

Рентгеноструктурный анализ проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker D8 QUEST (Mo $\text{K}\alpha$ -излучение, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам *SMART* и *SAINT-Plus* [47]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам *SHELXL/PC* [48] и *OLEX2* [49]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в таблице.

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

Параметр	1	2
Формула	$\text{C}_{35}\text{H}_{27}\text{O}_7\text{F}_4\text{Sb}$	$\text{C}_{32}\text{H}_{31}\text{O}_9\text{S}_2\text{Sb}$
<i>M</i>	757,32	757,46
Сингония	Триклинная	Моноклинная
Пр. группа	<i>P</i> -1	<i>C</i> 2/ <i>c</i>
<i>a</i> , $\text{\AA}$	9,219(4)	21,157(9)
<i>b</i> , $\text{\AA}$	9,507(6)	10,363(4)
<i>c</i> , $\text{\AA}$	20,240(11)	18,285(7)
α , град.	99,43(3)	90
β , град.	95,756(16)	126,590(13)
γ , град.	107,90(3)	90
<i>V</i> , $\text{\AA}^3$	1643,6(16)	3219(2)
<i>Z</i>	2	1
ρ (выч.), г/см^3	1,530	1,563
μ , мм^{-1}	0,909	1,041
<i>F</i> (000)	760,0	1536,0

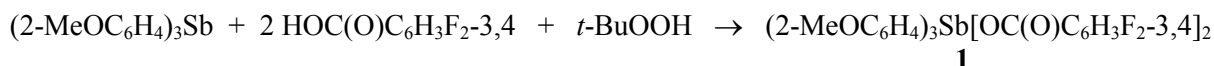
Окончание таблицы

Параметр	1	2
Размер кристалла (мм)	$0,44 \times 0,27 \times 0,07$	$0,5 \times 0,35 \times 0,27$
Область сбора данных по 2θ , град.	6,68–54,98	6,012–54,234
Интервалы индексов отражений	$-11 \leq h \leq 11$, $-12 \leq k \leq 12$, $-25 \leq l \leq 25$	$-27 \leq h \leq 27$, $-13 \leq k \leq 13$, $-23 \leq l \leq 23$
Измерено отражений	31858	32454
Независимых отражений	7153	3541
Переменных уточнения	427	231
$GOOF$	1,051	1,161
R -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0265$, $wR_2 = 0,0551$	$R_1 = 0,0283$, $wR_2 = 0,0659$
R -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0356$, $wR_2 = 0,0580$	$R_1 = 0,0319$, $wR_2 = 0,0691$
Остаточная электронная плотность (min/max), $e/\text{\AA}^3$	0,30/–0,44	0,74/–0,83

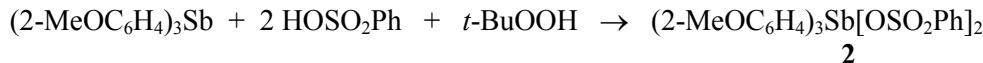
Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов соединения **1** и **2** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC 2123247 и 2116583; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Обсуждение результатов

Соединение **1** было нами получено по реакции окислительного присоединения из 2,3-дифторбензойной кислоты и трис(2-метоксифенил)сурьмы в присутствии гидропероксида третичного бутила (1:2:1 мольн.) и кристаллизовалось из смеси бензол-октан.



По аналогичной схеме синтезировали бис[бензолсульфонат] трис(2-метоксифенил)сурьмы [(2-MeO)C₆H₄]₃Sb[OSO₂Ph]₂ (**2**).



В ИК-спектре комплекса **1** наблюдаются характерные для данного типа соединений полосы [50, 51]. Так, при 440 см^{–1} наблюдается полоса средней интенсивности, относящаяся к колебаниям связи Sb–C. Валентным колебаниям карбонильных групп соответствует интенсивная полоса при 1582 см^{–1}. Слабой интенсивностью обладают полосы, соответствующие скелетным колебаниям ароматических колец при 727, 1433 см^{–1} и связей C_{Ar}–H при 3065 см^{–1}. Колебаниям ν(C_{Ar}–O–Me) в ИК-спектре **1** соответствуют интенсивные полосы при 1015, 1055, 1254 и 1285 см^{–1}. Две интенсивных полосы при 1098 и 1254 см^{–1} соответствуют валентным колебаниям C–F в производных, содержащих два атома фтора в ароматическом кольце. ИК-спектр соединения **2** содержит практически те же полосы, кроме полос валентных колебаний карбонильных групп и колебаний C–F. Однако в области валентных колебаний SO₂-групп наблюдаются интенсивные полосы при 1096, 1157 и 1283 см^{–1}.

Молекула бис(3,4-дифторбензоата) трис[(2-метокси)фенил]сурьмы имеет координацию искаженной тригональной бипирамиды (рис. 1).

Аксиальный угол OSbO составляет 176,63°. Расстояния O–Sb 2,1106(17) и 2,1149(17) Å незначительно превышают сумму соответствующих ковалентных радиусов (2,05 Å) [52]. Арильные лиганды находятся в пропеллерной конформации, разворачиваясь относительно экваториальной плоскости в силу стерических причин. Сумма углов CSbC в экваториальной плоскости молекул составляет 359,86°. Длины связей C–Sb (2,100(2)–2,114(2) Å) отличаются незначительно. Карбоксилатные заместители в **1** не имеют обычную для дикарбоксилатов триарилсурьмы относительно фрагмента Ar₃Sb *цис*-ориентацию, а со стороны двух наибольших экваториальных углов CSbC (128,14° и 117,49°) наблюдаются контакты Sb...O(=C) (3,162 и 3,257 Å), что меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов-партнеров (3,7 Å [52]). Наличие дополнительных внутримолекулярных взаимодействий Sb...O(=C) в **1** подтверждается выравниванием длин связей C–O (1,307, 1,311 Å) и C=O (1,218, 1,218 Å) в карбоксильной группе.

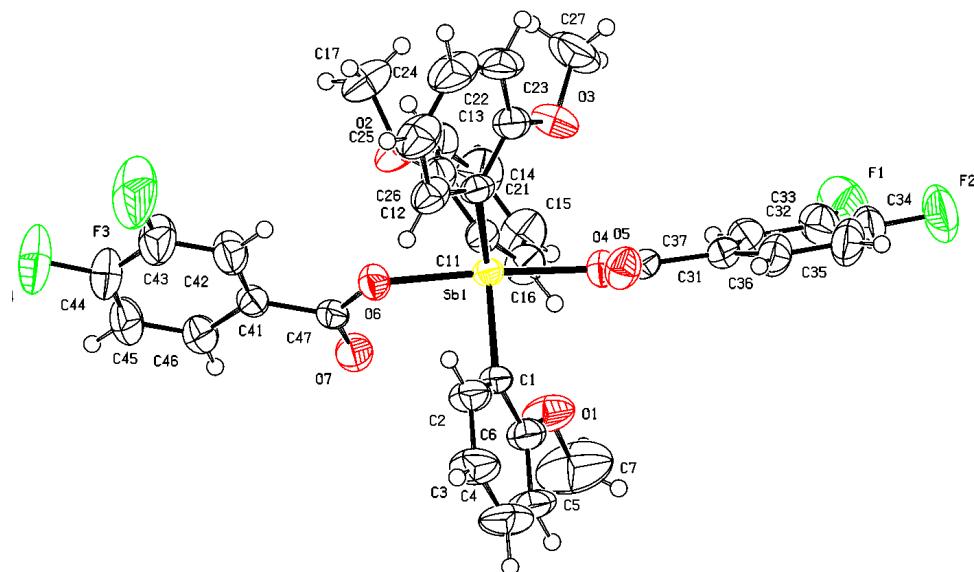


Рис. 1. Строение комплекса $[(2\text{-MeO})\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{Sb}[\text{OC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{F}_{2-3,4})]_2$ (1)

По данным РСА, атом сурьмы в соединении **2** имеет искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с аксиально расположенными бензолсульфонатными лигандами (рис. 2). Молекула обладает симметрией C_{2v} и имеет ось симметрии 2-го порядка, проходящую через атом металла и атом углерода C(11) одного из арильных лигандов.

Аксиальный угол OSbO равен $174,52(10)^\circ$. Сумма углов CSbC в экваториальной плоскости составляет 360° . Длины экваториальных связей Sb–C изменяются в интервале $2,093(2)–2,125(3)$ Å и имеют близкие значения к суммам ковалентных радиусов атомов сурьмы и sp^2 -гибридного углерода $2,12$ Å [52]. В молекулах **2** присутствуют слабые внутримолекулярные контакты $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{S}$ (два по $3,617(3)$ Å), которые по значению приближаются к сумме ван-дер-ваальсовых радиусов атомов сурьмы и кислорода ($3,8$ Å) [52].

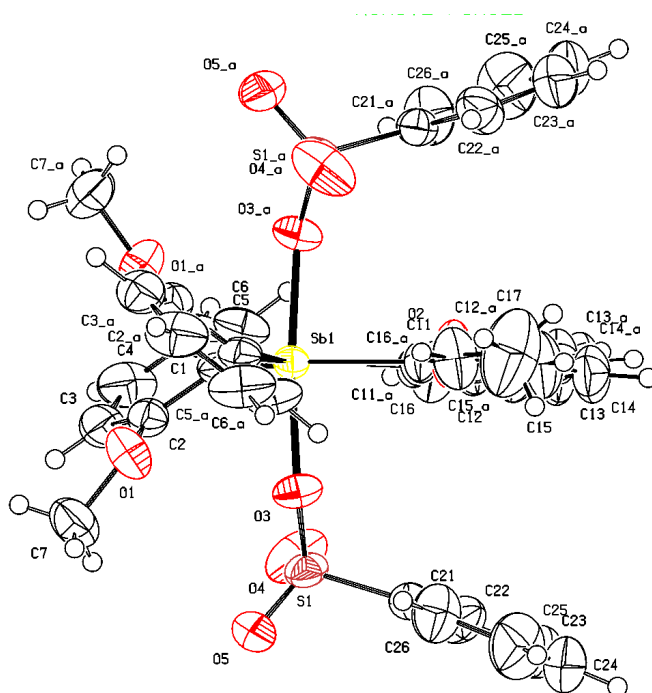


Рис. 2. Строение комплекса $[(2\text{-MeO})\text{C}_6\text{H}_3]_3\text{Sb}[\text{OSO}_2\text{Ph}]_2$ (2)

Заключение

Таким образом, по реакции окислительного присоединения из *трис*[(2-метоксифенил)сурьмы, 3,4-дифторбензойной/бензолсульфоновой кислот и *трет*-бутилгидропероксида при мольном соотношении 1:2:1 в эфире получены бис(3,4-дифторбензоат) *трис*[(2-метокси)фенил]сурьмы и бис(бензолсульфонат) *трис*[(2-метокси)фенил]сурьмы, строение которых после перекристаллизации из смеси бензол-октан доказано методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Атомы сурьмы в молекулах **1**, **2** имеют искаженную тригонально-бипирамидальную конфигурацию с атомами кислорода в аксиальных положениях.

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. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Kazakov M.V. // Russ. J. Gen. Chem. 2012. V. 82, No 1. P. 95. DOI: 10.1134/S1070363212010161.
3. Thepe T.C., Garascia R.J., Selvoski M.A., Patel A.N. // Ohio J. Sci. 1977. V. 77. P. 134. <http://hdl.handle.net/1811/22448>.
4. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2008. V. 53, No 8. P. 1242. DOI: 10.1134/S0036023608080160.
5. Artem'eva E.V., Sharutin V.V., Sharutina O.K., Bulanov A.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2020. V. 65. No 1. P. 22. DOI: 10.1134/S00360236200100.
6. Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 22, № 12. С. 7. EDN: NCYMUX
7. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2011. V. 56, No 7. P. 1060. DOI: 10.1134/S0036023611070242.
8. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Chagarova O.V. // Russ. J. Gen. Chem. 2012. V. 82, No 10. P. 1665. DOI: 10.1134/S1070363212100064.
9. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al. // Russ. J. Gen. Chem. 2008. V. 78, No 12. P. 2344. DOI: 10.1134/S1070363208120098.
10. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Chagarova O.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2011. V. 56, No 7. P. 1064. DOI: 10.1134/S0036023611070254.
11. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Chagarova O.V. // Russ. J. Gen. Chem. 2011. V. 81, No 11. P. 2242 DOI: 10.1134/S1070363211110053.
12. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2011. V. 37, No 10. P. 781. DOI: 10.1134/S1070328411090089.
13. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Tolstoguzov D.S. // Russ. J. Gen. Chem. 2014. V. 84, No 9. P. 1754. DOI: 10.1134/S1070363214090199.
14. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59, No 4. P. 326. DOI: 10.1134/S0036023614040202.
15. Sharutin V.V., Egorova I.V., Pakusina A.P. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2007. V. 33, No 3. P. 168. DOI: 10.1134/S1070328407030037.
16. Duffin R.N., Blair V.L., Kedzierski L., Andrews P.C. // Dalton Trans. 2018. V. 47. P. 971. DOI: 10.1039/C7DT04171C.
17. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59, No 9. P. 947. DOI: 10.1134/S0036023614090162.
18. Barucki H., Coles S.J., Costello J.F. et al. // J. Chem. Soc., Dalton Trans., 2000. P. 2319. DOI: 10.1039/B002337J.
19. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Russ. J. Coord. Chem. 2014. V. 40, No 2. P. 109. DOI: 10.1134/S1070328414020109.
20. Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. Chem. Bull. 2017. V. 66, No 4. P. 707. DOI: 10.1007/s11172-017-1796-6.
21. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N. // Russ. J. Inorg. Chem. 2016. V. 61, No 1. P. 43. DOI: 10.1134/S003602361601023X.
22. Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Gen. Chem. 2016. V. 86. No 8. P. 1902. DOI: 10.1134/S107036321608020X.

23. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2018. V. 44, No 10. P. 635. DOI: 10.1134/S107032841810010X.
24. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Reshetnikova R.V. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2017. V. 62, No 11. P. 1450. DOI: 10.1134/S003602361711016X.
25. Гуцин А.В., Прыткова Л.К., Шашкин Д.В. и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 1. С. 95.
26. Fukin G.K., Samsonov M.A., Arapova A.V. et al. // J. Solid State Chem. 2017. V. 254. P. 32. DOI: 10.1016/j.jssc.2017.06.030.
27. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Kazakov M.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59. No 10. P. 1115. DOI: 10.1134/S0036023614100167.
28. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. и др. // Журн. неорганической химии. 2018. Т. 63, № 2. С. 164. DOI: 10.7868/S0044457X1802006X.
29. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Котляров А.Р. // Журн. неорганической химии. 2015. Т. 60, № 4. С. 525. DOI: 10.7868/S0044457X15040236.
30. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчуринов В.С. // Журн. неорганической химии. 2014. Т. 59, № 9. С. 1182. DOI: 10.7868/S0044457X14090189.
31. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Жеребцов Д.А. и др. // Коорд. химия. 2022. Т. 48, № 4. С. 223. DOI: 10.31857/S0132344X2204003X.
32. Polychronis N.M., Banti C.N., Raptopoulou C.P. et al. // Inorg. Chim. Acta. 2019. V. 489. P. 39. DOI: 10.1016/j.ica.2019.02.004.
33. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry. 2015. V. 7, No. 4. P. 93. DOI: 10.14529/chem150412.
34. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Пакушина А.П. и др. // Коорд. химия. 2004. Т. 30, № 1. С. 15. EDN: OVZSPL.
35. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Платонова Т.П. и др. // Журн. общ. химии. 2003. Т. 73, вып. 3. С. 380. EDN: OYTHWD.
36. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Панова Л.П., Бельский В.К. // Журн. общ. химии. 1997. Т. 67, вып. 9. С. 1531.
37. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Платонова Т.П. и др. // Журн. общ. химии. 2000. Т. 70, вып. 10. С. 1668.
38. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчуринов В.С. и др. // Журн. неорганической химии. 2018. Т. 63, № 7. С. 823. DOI: 10.1134/S0044457X18070188.
39. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорганической химии. 2021. Т. 66, № 3. С. 358. DOI: 10.31857/S0044457X21030156.
40. Sharutina O.K., Sharutin V.V., Artem'eva E.V. et al. // J. Fluor. Chem. 2019. V. 228. P. 109393. DOI: 10.1016/j.jfluchem.2019.109393.
41. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Хайбуллина О.А. // Журн. общ. химии. 2021. Т. 91, № 9. С. 1446. DOI: 10.31857/S0044460X2109016X.
42. Артемьева Е.В., Шарутина О.К., Шарутина В.В. и др. // Журн. неорганической химии. 2020. Т. 65, № 1. С. 25. DOI: 10.31857/S0044457X20010031.
43. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2011. V. 37, No 10. P. 781. DOI: 10.1134/S1070328411090089.
44. Артемьева Е.В., Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорганической химии. 2019. Т. 64, № 11. С. 1184. DOI: 10.1134/S0044457X19110035.
45. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Толстогузов Д.С. // Журн. общ. химии. 2014. Т. 84, № 9. С. 1516. EDN: SKCTUP.
46. Artem'eva E.V., Efremov A.N., Sharutina O.K. et al. // Polyhedron. 2022. V. 213. P. 115627. DOI: 10.1016/j.poly.2021.115627.
47. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and processing software for the SMART system. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.43.
48. 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.
49. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al. // J. Appl. Cryst. 2009. V. 42. P. 339. DOI: 10.1107/S0021889808042726.

50. Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. М.: МГУ, 2012. 54 с.

51. Васильев А.В., Гриненко Е.В., Шукин А.О. и др. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: учебное пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2007. 54 с.

52. Бацанов С.С. Атомные радиусы элементов. // Журн. неорг. химии. 1991. Т. 36, № 12. С. 3015.

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

Морозецких Максим Олегович – студент, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: morodeckihmaksim@gmail.com

Статья поступила в редакцию 19 января 2024 г.

The article was submitted 19 January 2024.