

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ СОЛЬВАТА БИС(4-МЕТИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОНАТА) ТРИС(2-МЕТОКСИФЕНИЛ)СУРЬМЫ С БЕНЗОЛОМ

В.В. Белов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием *трис*(2-метоксифенил)сурьмы с 4-метилбензолсульфоновой кислотой, в присутствии *трет*-бутилгидропероксида (1:2:1 мольн.) в диэтиловом эфире при комнатной температуре синтезирован и структурно охарактеризован сольват *бис*(4-метилбензолсульфоната)*трис*(2-метоксифенил)сурьмы с бензолом (2- MeOC_6H_4)₃Sb[OSO₂C₆H₄Me-4]₂ · 2 PhH (**1**). По данным рентгеноструктурного анализа, проведенного на дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker, кристаллографические параметры элементарной ячейки соединения **1**: пространственная группа C2/c, $a = 26,683(12)$, $b = 8,745(4)$, $c = 35,463(17)$ Å, $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 103,252(18)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$, $V = 8055(6)$ Å³, $\rho_{\text{выч}} = 1,424$ г/см³, $Z = 8$. Атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода в аксиальных положениях. Значение угла OSbO составляет 175,49(9)°. Длины связей Sb–C лежат в интервале значений 2,093(3)–2,098(3) Å. Формирование кристаллической структуры в соединении **1** обусловлено наличием слабых межмолекулярных водородных связей S=O...H–C 2,61–2,7 Å. Атом сурьмы выходит из экваториальной плоскости [C₃] на 0,076 Å. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2141659 (**1**), deposit@ccdc.cam.ac.uk или http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif).

Ключевые слова: 4-метилбензолсульфоновая кислота, *трис*(2-метоксифенил)сурьма, *трет*-бутилгидропероксид, реакция окислительного присоединения, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ.

В продолжение исследования особенностей синтеза и строения органосульфонов триарилсурьмы общей формулы Ar₃Sb(OSO₂R)₂ [1–20] синтезирован по реакции окислительного присоединения с последующей перекристаллизацией из бензола сольват *бис*(4-метилбензолсульфоната)*трис*(2-метоксифенил)сурьмы с бензолом (2- MeOC_6H_4)₃Sb[OSO₂C₆H₄Me-4]₂ · 2 PhH (**1**).

Экспериментальная часть

Синтез сольвата *бис*(4-метилбензолсульфоната) *трис*(2-метоксифенил)сурьмы с бензолом (2- MeOC_6H_4)₃Sb[OSO₂C₆H₄Me-4]₂ · 2 PhH (1**)**

Смесь 100 мг (0,22 ммоль) *трис*(2-метоксифенил)сурьмы, 92 мг (0,44 ммоль) 4-метилбензолсульфоновой кислоты и 28 мг (0,31 ммоль) 70%-ного водного раствора *трет*-бутилгидропероксида в 30 мл диэтилового эфира выдерживали при 20 °С в течение 24 ч. После медленного удаления растворителя получили 165 мг (87 %) бесцветных кристаллов, которые после перекристаллизации из смеси бензол–октан (2:1) имели $t_{\text{пл}} = 148$ °С. ИК-спектр, ν , см⁻¹: 3157, 3062, 2972, 2931, 2829, 2360, 1913, 1581, 1477, 1456, 1425, 1282, 1255, 1161, 1126, 1097, 1053, 1014, 966, 927, 850, 758, 677, 611, 567, 476, 441. Найдено, %: С 56,89; Н 4,88. С₄₁Н₄₁С₂О₉Sb. Вычислено, %: С 57,02; Н 4,79.

ИК-спектр соединения **1** записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в таблетках КВг в области 4000–400 см⁻¹.

Элементный анализ проведен на приборе Carlo-Erba 1106.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) кристалла **1** проводили на дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker (Mo K 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 [21]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [22], OLEX2 [23]. Структура определена прямым методом и уточнена методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для не-

водородных атомов. Кристаллографические данные и результаты уточнения структуры приведены в табл. 1. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (для 1 № 2141659; deposit@ccdc.cam.ac.uk или http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif). Кристаллографические данные и результаты уточнения структуры приведены в табл. 1, основные длины связей и валентные углы – в табл. 2.

Таблица 1
Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структуры 1

Параметр	1
Формула	C ₄₁ H ₄₁ S ₂ O ₉ Sb
<i>M</i>	863,61
Сингония	Моноклинная
Пр. группа	C2/c
<i>a</i> , Å	26,683(12)
<i>b</i> , Å	8,745(4)
<i>c</i> , Å	35,463(17)
α , град.	90,00
β , град.	103,252(18)
γ , град.	90,00
<i>V</i> , Å ³	8055(6)
<i>Z</i>	8
ρ (выч.), г/см ³	1,424
μ , мм ⁻¹	0,842
<i>F</i> (000)	3536,0
Размер кристалла, мм	0,43 × 0,09 × 0,06
Область сбора данных по 2 θ , град.	6,26–56,74
Интервалы индексов отражений	$-35 \leq h \leq 27, -11 \leq k \leq 11, -47 \leq l \leq 47$
Измерено отражений	87264
Независимых отражений	10027 ($R_{int} = 0,0933$)
Переменных уточнения	483
<i>GOOF</i>	1,014
<i>R</i> -факторы по $I > 2\sigma(I)$	$R_1 = 0,0468, wR_2 = 0,0854$
<i>R</i> -факторы по все отражениям	$R_1 = 0,1186, wR_2 = 0,1028$
Остаточная электронная плотность (max/min), е/Å ³	0,45/–0,75

Таблица 2
Основные длины связей (*d*) и валентные углы (ω) в структуре 1

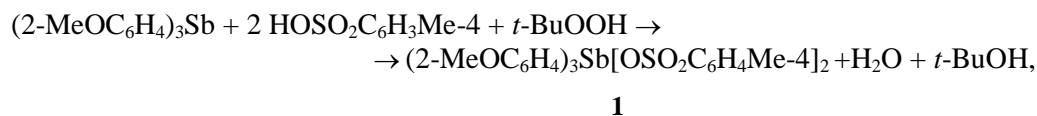
Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω , град.
1			
Sb(1)–C(1)	2,093(3)	C(1)Sb(1)C(21)	116,17(13)
Sb(1)–C(21)	2,098(3)	C(1)Sb(1)O(4)	94,06(12)
Sb(1)–O(4)	2,094(3)	C(1)Sb(1)O(7)	90,36(11)
Sb(1)–O(7)	2,154(2)	C(1)Sb(1)C(11)	118,06(12)
Sb(1)–C(11)	2,096(3)	C(21)Sb(1)O(7)	82,30(11)
S(1)–O(4)	1,480(3)	O(4)Sb(1)C(21)	94,92(12)
S(1)–O(6)	1,419(3)	O(4)Sb(1)O(7)	175,49(9)
S(1)–O(5)	1,437(3)	O(4)Sb(1)C(11)	87,50(12)
S(1)–C(31)	1,743(4)	C(11)Sb(1)C(21)	125,38(13)
S(2)–O(7)	1,511(2)	C(11)Sb(1)O(7)	91,21(11)
S(2)–O(9)	1,429(3)	O(4)S(1)C(31)	102,45(18)
S(2)–O(8)	1,435(3)	O(6)S(1)O(4)	110,75(19)

Обсуждение результатов

Установлено, что реакция трис(2-метоксифенил)сурьмы с 4-метилбензолсульфоновой кислотой в присутствии 70%-ного водного раствора трет-бутилгидропероксида (мольное соотно-

Химия элементоорганических соединений

шение 1:2:1) протекает в эфире с образованием бис(4-метилбензолсульфонато) трис(2-метоксифенил)сурьмы, выделяемой с выходом 87 %:



ИК-спектр комплекса **1** содержит следующие полосы поглощения: 1298, 1055 и 948 cm^{-1} . Отметим, что в подобных соединениях сурьмы полосы сульфонатных групп расположены в областях 1340–1280 cm^{-1} $\nu_{as}(\text{SO}_2)$, 1195–1130 cm^{-1} $\nu_s(\text{SO}_2)$ и 988–932 cm^{-1} $\nu(\text{SO})$ [4].

По данным PCA, в соединении **1** атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода в аксиальных положениях (рис. 1).

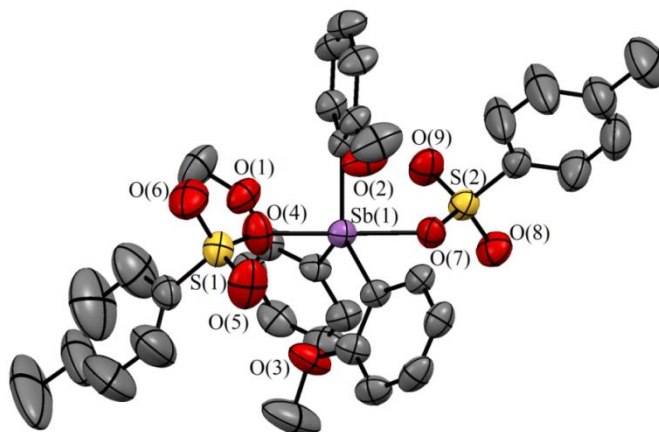


Рис. 1. Общий вид молекулы **1**
(атомы водорода и молекула сольватного бензола не показаны)

Аксиальный угол OSbO составляет 175,49(9)°, длины связей Sb–C лежат в интервале значений 2,093(3)–2,098(3) Å, что коррелирует с аналогичными расстояниями в подобных органических производных сурьмы(V) и близко к сумме ковалентных радиусов атомов сурьмы и углерода 2,12 Å [24]. Экваториальные углы CSbC изменяются в интервале 116,2(1)–125,4(1)°, однако сумма углов CSbC в экваториальной плоскости близка к теоретическому значению и составляет 359,7(1)°. Длина связей Sb–O составляет 2,154(2) Å при сумме ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода 2,05 Å [24]. В молекуле **1** атом сурьмы выходит из экваториальной плоскости [C₃] на 0,076 Å. Формирование кристаллической структуры соединения **1** обусловлено наличием слабых межмолекулярных водородных связей S=O⋯H–C 2,61–2,7 Å, длины которых близки к суммам ван-дер-ваальсовых радиусов кислорода и водорода (2,62 Å) [25]. Данные взаимодействия структурируют молекулы кристалла в слои, расположенные перпендикулярно кристаллографической оси *a* (рис. 2).

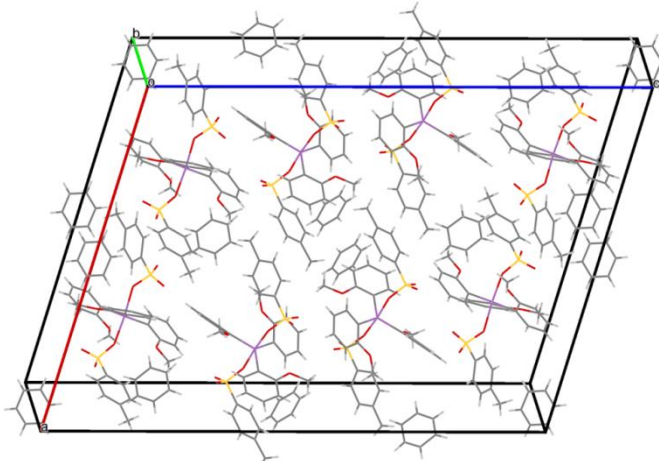


Рис. 2. Упаковка ионов комплекса **1** в кристалле
(показан только один слой)

Выводы

Таким образом, в настоящей работе по реакции окислительного присоединения из *трис(2-метоксифенил)сурьмы* и 4-метилбензолсульфоновой кислоты в присутствии *трет*-бутилгидропероксида (1:2:1 мольн.) в диэтиловом эфире синтезирован и структурно охарактеризован после перекристаллизации из бензола сольват *бис(4-метилбензолсульфонато)трис(2-метоксифенил)сурьмы* $(2\text{-MeOC}_6\text{H}_4)_3\text{Sb}[\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{Me-4}]_2 \cdot 2\text{PhH}$, в котором атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода в аксиальных положениях.

Благодарности

Выражаю благодарность профессору В.В. Шарутину за проведенные рентгеноструктурные исследования и помощь при работе над статьей.

Литература

1. Шарутин В.В., Шарутина О.К. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы (V). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2012. 395 с.
2. Синтез и строение органосульфонов тетра- и трифенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, А.П. Пакутина и др. // Коорд. химия. 2004. Т. 30, № 1. С. 15–24. DOI: 10.1023/B:RUCO.0000011636.28262.d3.
3. Синтез и строение моно-, би- и триарилсульфонатных производных триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин и др. // Журн. неорг. химии. 2018. Т. 63, № 7. С. 823–830. DOI: 10.1134/S0044457X18070188.
4. Rütger R., Huber F., Preut H. Triorganoantimon- und Triorganobismutdisulfonate Kristall- und Molekülstrukturen von $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{M}(\text{O}_3\text{SC}_6\text{H}_5)_2$ (M = Sb, Bi). Z. Anorg. Allg. Chem. 1986. Vol. 539, no. 8. P. 110–126. DOI:10.1002/zaac.19865390811.
5. Синтез и строение *бис(аренсульфонатов) триарилсурьмы* / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Т.П. Платонова и др. // Журнал общей химии. 2003. Т. 73, № 3. С. 380–384. DOI: 10.1023/A:1024945617228.
6. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Tri(*metatolyl*)antimony Bis(benzenesulfonate). Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2015. Т. 7, № 4. С. 93–97. DOI: 10.14529/chem150412.
7. Сульфонаты тетра- и триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Л.П. Панова и др. // Журн. общ. химии. 1997. Т. 67, № 9. С. 1531–1535.
8. Robertson A.P.M., Burford N., McDonald R. Coordination Complexes of $\text{Ph}_3\text{Sb}^{2+}$ and $\text{Ph}_3\text{Bi}^{2+}$: Beyond Pnictonium Cations. Angew. Chem., Int. Ed. 2014. Vol. 53, no. 13. P. 3480–3483. DOI: 10.1002/anie.201310613.
9. Establishing the Coordination Chemistry of Antimony(V) Cations: Systematic Assessment of $\text{Ph}_4\text{Sb}(\text{OTf})$ and $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{OTf})_2$ as Lewis Acceptors / A.P.M. Robertson, S.S. Chitnis, H.A. Jenkins et al. // Chem.-Eur. J. 2015. Vol. 21, № 21. P. 7902–7912. DOI: 10.1002/chem.201406469.
10. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. Синтез и строение *бис(2,5-дифторбензоата) трис(2-метоксифенил)сурьмы*. Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 120–128. DOI: 10.14529/chem210410.
11. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. Синтез, реакции и строение арильных соединений пятивалентной сурьмы. Коорд. химия. 2020. Т. 46, № 10. С. 579–648. DOI: 10.31857/S0132344X20100011.
12. 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.
13. Синтез, строение и реакции соединений сурьмы $(\text{Ar}_3\text{SbX})_2\text{O}$, X = Hal, NO_2 , NO_3 , OSO_2R , $\text{OC}(\text{O})\text{R}'$, OAr' / В.В. Шарутин, А.П. Пакутина, Н.В. Насонова и др. // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. № 11. С. 13–22.
14. 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.

15. 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.
16. 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.
17. Синтез и строение *бис*(2,4-диметилбензолсульфоната) трифенилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Т.П. Платонова и др. // Журн. общ. химии. 2000. Т. 70 (10). С. 1668–1671.
18. Preut H., Rüther R., Huber F. Structure of μ -Oxo-*bis*[(2-hydroxyethanesulfonato)triphenylantimony(V)], $[\text{Sb}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_4\text{S})_2(\text{C}_6\text{H}_5)_6]$. Acta Cryst. 1985. Vol. C41. P. 358–360. DOI: 10.1107/S0108270185003900.
19. Preut H., Rüther R., Huber F. Structures of μ -Oxo-*bis*[(benzenesulfonato)triphenylantimony(V)] and μ -Oxo-*bis*[(trifluoromethylsulfonato)triphenylantimony(V)]. Acta Cryst. 1986. Vol. C42. P. 1154–1157. DOI: 10.1107/S010827018609306X.
20. 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. Vol. 71, no. 25. P. 4275–4281. DOI:10.1016/j.tet.2015.05.013.
21. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
22. 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.
23. OLEX2: Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea et al. // J. Appl. Cryst. 2009. Vol. 42. P. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
24. Covalent Radii Revisited / B. Cordero, V. Gómez, A.E. Platero-Prats et al. // Dalton Trans. 2008. Iss. 21. P. 2832–2838. DOI: 10.1039/B801115J.
25. Consistent Van der Waals Radii for the Whole Main Group / M. Mantina, A.C. Chamberlin, R. Valero et al. // J. Phys. Chem. A. 2009. Vol. 113, no. 19. P. 5806–5812. DOI: 10.1021/jp8111556.

Белов Василий Васильевич – студент, кафедра теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: vasya.belov.00@bk.ru.

Поступила в редакцию 18 апреля 2022 г.

DOI: 10.14529/chem220302

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF *TRIS*(2-METHOXYPHENYL)ANTIMONY *BIS*(4-METHYLBENZENESULFONATE) SOLVATE WITH BENZENE

V.V. Belov, vasya.belov.00@bk.ru
South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The interaction of *tris*(2-methoxyphenyl)antimony with 4-methylbenzenesulfonic acid, in the presence of *tert*-butyl hydroperoxide (1:2:1 mol.) in ether at ambient temperature has given *tris*(2-methoxyphenyl)antimony disulfonate, which has been structurally characterized: *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*(4-methylbenzenesulfonate) solvate with benzene (2-MeOC₆H₄)₃Sb[OSO₂C₆H₄Me-4]₂ · 2 PhH (**1**). According to the X-ray diffraction data obtained on a Bruker D8 QUEST diffractometer, compound **1** has the following crystallographic parameters of the unit cell: space group C2/c, $a = 26.683(12)$, $b = 8.745(4)$, $c = 35.463(17)$ Å, $\alpha = 90.00^\circ$, $\beta = 103.252(18)^\circ$, $\gamma = 90.00^\circ$, $V = 8055(6)$ Å³, $\rho_{\text{calc}} = 1.424$ g/cm³, $Z = 8$. The antimony atom has a distorted trigonal-bipyramidal coordination with the oxygen atoms

in axial positions. The $O_{\text{sulf}}\text{Sb}O_{\text{sulf}}$ axial angle is $175.49(9)^\circ$. The Sb–C bond lengths are in the range of values $2.093(3)$ – $2.098(3)$ Å. The formation of the crystal structure in compound **1** is due to the presence of weak intermolecular hydrogen bonds $\text{S}=\text{O}\cdots\text{H}-\text{C}$ 2.61 – 2.7 Å. The antimony atom departs from the equatorial plane [C_3] by 0.076 Å. Complete tables of atom coordinates, bond lengths, and valence angles are deposited at the Cambridge Crystallographic Data Center (No. 2141659; deposit@ccdc.cam.ac.uk or http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif).

Keywords: 4-methylbenzenesulfonic acid, tris(2-methoxyphenyl)antimony, tert-butyl hydroperoxide, oxidative addition reaction, synthesis, structure, X-ray diffraction analysis.

References

1. Sharutina O.K., Sharutin V.V. *Molekulyarnye struktury organicheskikh soedineniy sur'my* (V). [The Molecular Structure of Organic Compounds Antimony(V)]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ. 2012; 395. (In Russ.).
2. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P., Platonova T.P., Gerasimenko A.V., Bukvetskii B.V., Pushilin M.A. Synthesis and Structure of Tetra- and Triphenylantimony Organosulfonates. *Russ. J. Coord. Chem.* 2004;30(1):13–22. DOI: 10.1023/B:RUCO.0000011636.28262.d3.
3. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Kartseva M.K., Andreev P.V. Mono-, Bi-, and Trinuclear Triarylantimony Organysulfonate Derivatives: Synthesis and Structure. *Russ. J. Inorg. Chem.* 2018;63(7):867–873. DOI: 10.1134/S0036023618070185.
4. Rütger R., Huber F., Preut H. Triorganoantimon- und Triorganobismutdisulfonate Kristall- und Molekülstrukturen von $(C_6H_5)_3M(O_3SC_6H_5)_2$ ($M = \text{Sb}, \text{Bi}$). *Z. Anorg. Allg. Chem.* 1986;539(8):110–126. DOI:10.1002/zaac.19865390811.
5. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Platonova T.P., Pakusina A.P., Panova L.P., Fukin G.K., Zakharov L.N. Synthesis and Structure of Triarylantimony Bis(arenesulfonates). *Russ. J. Gen. Chem.* 2003;73(3):354–357. DOI: 10.1023/A:1024945617228.
6. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. [Synthesis and Structure of Tri(*metatolyl*)antimony Bis(Benzenesulfonate)]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry.* 2015;7(4):93–97. DOI: 10.14529/chem150412. (In Russ.)
7. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Panova L.P., Belsky V.K. [Tetra- and triarylantimony sulfonates]. *Russ. J. Gen. Chem.* 1997;67(9):1531–1535. (In Russ.)
8. Robertson A.P.M., Burford N., McDonald R., Ferguson M.J. Coordination Complexes of $\text{Ph}_3\text{Sb}^{2+}$ and $\text{Ph}_3\text{Bi}^{2+}$: Beyond Pnictonium Cations. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2014;53(13):3480–3483. DOI: 10.1002/anie.201310613.
9. Robertson A.P.M., Chitnis S.S., Jenkins H.A., McDonald R., Ferguson M.J., Burford N. Establishing the Coordination Chemistry of Antimony(V) Cations: Systematic Assessment of $\text{Ph}_4\text{Sb}(\text{OTf})$ and $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{OTf})_2$ as Lewis Acceptors. *Chem.-Eur. J.* 2015;21(21):7902–7912. DOI: 10.1002/chem.201406469.
10. Efremov A.N., Sharutin V.V. Synthesis and Structure of Tris(2-methoxyphenyl)antimony Bis(2,5-difluorobenzoate). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry.* 2021;13(4):120–128. DOI: 10.14529/chem210410. (In Russ.).
11. Sharutin V.V., Poddel'sky A.I., Sharutina O.K. Aryl Compounds of Pentavalent Antimony: Syntheses, Reactions, and Structures. *Russ. J. Coord. Chem.* 2020;46(10):663–728. DOI: 10.1134/S1070328420100012.
12. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Nasonova N.V., Ivashchik 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;1(12):2346–2349. (In Russ.).
13. Sharutin V.V., Pakusina A.P., Nasonova N.V., Sharutina O.K., Gerasimenko A.V., Pushilin M.A. [Synthesis, Structure and Reactions Antimony Compounds $(\text{Ar}_3\text{SbX})_2\text{O}$, $\text{X} = \text{Hal}, \text{NO}_2, \text{NO}_3, \text{OSO}_2\text{R}, \text{OC}(\text{O})\text{R}', \text{OAr}'$]. *Butlerov Commun.* 2002;1(11):13–22. (In Russ.).
14. 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. *Russ. J. Coord. Chem.* 2003;29(2):83–88. DOI: 10.1023/A:1022325831721.
15. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Kazakov M.V. Reactions of Tri-*p*-tolylantimony With Carboxylic and Arylsulfonic Acids and Phenols. *Russ. J. Gen. Chem.* 2012;82(1):95–98. DOI: 10.1134/S1070363212010161.
16. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Kartseva M.K. [Synthesis and Structure of Tri(*ortho*-tolyl)antimony Bis(2,5-dimethylbenzenesulfonato)]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2017;9(3):71–75. DOI: 10.14529/chem170309. (In Russ.).

17. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Platonova T.P., Pakusina A.P., Krivolapov D.B., Gubaydul-lin A.T., Litvinov I.A. [Synthesis and Structure of Triphenylantimony *Bis*(2,4- dimethylbenzenesulfo-nate)]. *Russian Journal of General Chemistry*. 2000;70(10):1668–1671. (In Russ.)
18. Preut H., Rüther R., Huber F. Structure of μ -Oxo-*Bis*[(2-hydroxyethanesulfonato)triphenyl-antimony(V)], $[\text{Sb}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_4\text{S})_2(\text{C}_6\text{H}_5)_6]$. *Acta Cryst.* 1985;C41:358–360. DOI: 10.1107/S0108270185003900.
19. Preut H., Rüther R., Huber F. Structures of μ -Oxo-*Bis*[(benzenesulfonato)triphenylantimony(V)] and μ -Oxo-*Bis*[(trifluoromethylsulfonato)triphenylantimony(V)]. *Acta Cryst.* 1986;C42:1154–1157. DOI:10.1107/S010827018609306X.
20. 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;71(25):4275–4281. DOI:10.1016/j.tet.2015.05.013.
21. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
22. 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.
23. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. OLEX2: Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *J. Appl. Cryst.* 2009;42:339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
24. Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E., Rev  s M., Echeverr  a J., Cremades E., Barrag  na F., Alvarez S. Covalent Radii Revisited. *Dalton Trans.* 2008;21:2832–2838. DOI: 10.1039/B801115J.
25. Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R., Cramer C.J., Truhlar D.G. Consistent Van der Waals Radii for the Whole Main Group *J. Phys. Chem. A*. 2009;113(19):5806–5812. DOI: 10.1021/jp8111556.

Received 18 April 2022

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Белов В.В. Синтез и строение сольвата *бис*(4-метилбензолсульфоната) *трис*(2-метоксифенил)сурьмы с бензолом // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 3. С. 16–22. DOI: 10.14529/chem220302

FOR CITATION

Belov V.V. Synthesis and structure of *tris*(2-methoxyphenyl)antimony *bis*(4-methylbenzenesulfonate) solvate with benzene. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2022;14(3):16–22. (In Russ.). DOI: 10.14529/chem220302
