

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ АРЕНСУЛЬФОНАТОВ ТЕТРА(ПАРА-ТОЛИЛ)СУРЬМЫ $p\text{-ToI}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ И $[p\text{-ToI}_4\text{Sb}] [p\text{-ToI}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$

В.В. Шарутин[✉], К.Д. Морозова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия
[✉] sharutin50@mail.ru

Аннотация. Взаимодействием бромида тетра(*пара*-толил)стибония $p\text{-ToI}_4\text{SbBr}$ с дигидратом 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты в воде синтезирован 2,4-динитробензолсульфонат тетра(*пара*-толил)стибония $p\text{-ToI}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ (**1**), который также синтезировали из пента(*пара*-толил)сурьмы и 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты в бензоле. Продуктом реакции пента(*пара*-толил)сурьмы с сульфосалициловой кислотой (мольное соотношение 2:1 соответственно) в бензоле с последующей перекристаллизацией целевого продукта из воды является гидрат сульфосалицилата тетра(*пара*-толил)стибония $[p\text{-ToI}_4\text{Sb}][p\text{-ToI}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (**2**). По данным рентгеноструктурного анализа, атомы сурьмы в комплексе **1** имеют координацию искаженной тетрагональной пирамиды, а с учетом координационной связи $\text{Sb} \cdots \text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ (2,877(3) Å) – искаженной тригональной бипирамиды, при этом аксиальный угол CSbO составлял 170,53(9)°. В состав комплекса **2** входят тетраэдрические катионы тетра(*пара*-толил)стибония, молекулы гидратной воды и тригонально-бипирамидальные сульфосалицилатные анионы, в которых толильные заместители занимают экваториальные положения, а атом кислорода связан с центральным атомом полярной ковалентной связью $\text{Sb}-\text{O}$ (2,279(3) Å). Кроме того, карбонильный атом кислорода координирован на атом металла (расстояние $\text{Sb} \cdots \text{O}=\text{C}$ составляет 3,323(6) Å), что превышает сумму ковалентных радиусов атомов партнеров (2,14 Å), но короче суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов-партнеров (3,7 Å). В катионе **2** атом сурьмы координирован на один из атомов кислорода сульфонатной группы сульфосалицилатного заместителя, причем расстояние $\text{Sb} \cdots \text{OSO}_2$ (2,651(3) Å) короче аналогичного расстояния в комплексе **1**, а угол CSbO составляет 176,51(13)°, поэтому можно говорить о тригонально-бипирамидальной координации обоих атомов сурьмы в комплексе **2**. Приведены кристаллографические характеристики: **1** ($\text{C}_{34}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{O}_7\text{SSb}$, $M = 733,42$; триклинная сингония, пр. гр. $P-1$; параметры ячейки: $a = 9,819(3)$ Å, $b = 11,531(4)$ Å, $c = 15,778(6)$ Å; $\alpha = 93,631(18)^\circ$, $\beta = 102,62(2)^\circ$, $\gamma = 110,333(13)^\circ$, $V = 1615,7(10)$ Å³, $Z = 2$; $\rho(\text{выч.}) = 1,508$ г/см³; $\mu = 0,969$ мм⁻¹; $F(000) = 744,0$; обл. сбора по 2θ : 5,86–58,38°; $-13 \leq h \leq 13$, $-15 \leq k \leq 15$, $-21 \leq l \leq 21$; всего отражений 67524; независимых отражений 8685 ($R_{\text{int}} = 0,0445$); $GOOF = 1,046$; R -фактор = 0,0308) и **2** ($\text{C}_{63}\text{H}_{62}\text{O}_7\text{SSb}_2$, $M = 1206,69$; моноклинная сингония, пр. гр. $P 2_1/c$; параметры ячейки: $a = 21,132(15)$ Å, $b = 13,644(9)$ Å, $c = 21,796(19)$ Å; $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 111,52(3)^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$, $V = 5846(8)$ Å³, $Z = 4$; $\rho(\text{выч.}) = 1,371$ г/см³; $\mu = 1,010$ мм⁻¹; $F(000) = 2456,0$; обл. сбора по 2θ : 5,98–47,76°; $-24 \leq h \leq 24$, $-15 \leq k \leq 15$, $-24 \leq l \leq 24$; всего отражений 59879; независимых отражений 8986 ($R_{\text{int}} = 0,0621$); $GOOF = 1,028$; R -фактор = 0,0355). Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов соединений **1** и **2** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC 2216049 и 2233523; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Ключевые слова: 2,4-динитробензолсульфонат, сульфосалицилат, тетра(*пара*-толил)стибоний, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ

Для цитирования: Шарутин В.В., Морозова К.Д. Синтез и строение аренсульфонатов тетра(*пара*-толил)сурьмы $p\text{-ToI}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ И $[p\text{-ToI}_4\text{Sb}] [p\text{-ToI}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 3. С. 111–117. DOI: 10.14529/chem240305

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF TETRA(*PARA*-TOLYL)ANTIMONY ARENESULFONATES $p\text{-Tol}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ AND $[p\text{-Tol}_4\text{Sb}] [p\text{-Tol}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$

V.V. Sharutin[✉], K.D. Morozova

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

[✉] sharutin50@mail.ru

Abstract. Reaction of tetra(*para*-tolyl)stibonium bromide $p\text{-Tol}_4\text{SbBr}$ with 2,4-dinitrobenzenesulfonic acid in water synthesized tetra(*para*-tolyl)stibonium 2,4-dinitrobenzenesulfonate $p\text{-Tol}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ (**1**), which was also synthesized from penta(*para*-tolyl)antimony and 2,4-dinitrobenzenesulfonic acid in benzene. The product of the reaction of penta(*para*-tolyl)antimony with sulfosalicylic acid (mole ratio 2:1, respectively) in benzene, followed by recrystallization of the target product from water, was tetra(*para*-tolyl)stibonium sulfosalicylate hydrate $[p\text{-Tol}_4\text{Sb}][p\text{-Tol}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$ (**2**). According to X-ray diffraction analysis, the antimony atoms in complex **1** have the coordination of a distorted tetragonal pyramid, and taking into account the coordination bond $\text{Sb} \cdots \text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ (2.877(3) Å), they form a distorted trigonal bipyramid, while the CSbO axial angle is 170.53(9)°. Complex **2** includes tetrahedral tetra(*para*-tolyl)stibonium cations, hydration water molecules and trigonal-bipyramidal sulfosalicylate anions, in which tolyl substituents occupy equatorial positions and the oxygen atom is linked to the central atom by a polar covalent bond $\text{Sb}-\text{O}$ (2.279(3) Å). In addition, the carbonyl oxygen atom is coordinated to the metal atom (the $\text{Sb} \cdots \text{O}=\text{C}$ distance is 3.323(6) Å), which exceeds the sum of the covalent radii of the partner atoms (2.14 Å), but is shorter than the sum of Van der Waals radii of partner atoms (3.7 Å). In cation **2**, the antimony atom is coordinated to one of the oxygen atoms of the sulfonate group of the sulfosalicylate substituent, and the $\text{Sb} \cdots \text{OSO}_2$ distance (2.651(3) Å) is shorter than the similar distance in complex **1**, and the CSbO angle is 176.51(13)°, therefore we can talk about trigonal bipyramidal coordination of both antimony atoms in complex **2**. The crystallographic characteristics: **1** [$\text{C}_{34}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{O}_7\text{SSb}$, $M = 733.42$; triclinic system, sp. gr. P-1; cell parameters: $a = 9.819(3)$ Å, $b = 11.531(4)$ Å, $c = 15.778(6)$ Å; $\alpha = 93.631(18)^\circ$, $\beta = 102.62(2)^\circ$, $\gamma = 110.333(13)^\circ$, $V = 1615.7(10)$ Å³, $Z = 2$; $\rho_{\text{calc}} = 1.508$ g/cm³; $\mu = 0.969$ mm⁻¹; $F(000) = 744.0$; region collection at 2θ 5.86–58.38°; $-13 \leq h \leq 13$, $-15 \leq k \leq 15$, $-21 \leq l \leq 21$; total reflections 67524; independent reflections 8685 ($R_{\text{int}} = 0.0445$); $GOOF = 1.046$; R -factor = 0.0308] and **2** [$\text{C}_{63}\text{H}_{62}\text{O}_7\text{SSb}_2$, $M = 1206.69$; monoclinic system, sp. gr. $P2_1/c$; cell parameters: $a = 21.132(15)$ Å, $b = 13.644(9)$ Å, $c = 21.796(19)$ Å; $\beta = 111.52(3)^\circ$, $V = 5846(8)$ Å³, $Z = 4$; $\rho_{\text{calc}} = 1.371$ g/cm³; $\mu = 1.010$ mm⁻¹; $F(000) = 2456.0$; region collection by 2θ 5.98–47.76°; $-24 \leq h \leq 24$, $-15 \leq k \leq 15$, $-24 \leq l \leq 24$; total reflections 59879; independent reflections 8986 ($R_{\text{int}} = 0.0621$); $GOOF = 1.028$; R -factor = 0.0355]. Complete tables of atomic coordinates, bond lengths, and bond angles of compounds **1** and **2** have been deposited in the Cambridge Structural Data Center (CCDC 2216049 and 2233523; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Keywords: 2,4-dinitrobenzenesulfonate, sulfosalicylate, tetra(*para*-tolyl)stibonium, synthesis, structure, X-ray diffraction analysis

For citation: Sharutin V.V., Morozova K.D. Synthesis and structure of tetra(*para*-tolyl)antimony arenesulfonates $p\text{-Tol}_4\text{SbOSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)\text{-2,4}$ and $[p\text{-Tol}_4\text{Sb}] [p\text{-Tol}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH-4})\text{SO}_3] \cdot \text{H}_2\text{O}$. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2024;16(3):111–117. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem240305

Введение

Известно, что органические соединения сурьмы применяются в качестве лекарственных препаратов, биоцидов, фунгицидов, в тонком органическом синтезе и др. [1]. Одними из наиболее исследованных сурьмаорганических соединений являются фенильные производные пентавалентной сурьмы общей формулы $\text{Ph}_4\text{Sb}]\text{X}$ (X – электроотрицательная группа) [2]. В меньшей степени изучены подобные толильные производные [3–24]. С целью расширения экспериментального материала по данному направлению в настоящей работе изучены синтез и особенности строения

2,4-динитробензолсульфоната тетра(пара-толил)стибония (**1**) и сульфосалицилата тетра(пара-толил)стибония (**2**). Для комплексов **1** и **2** приведены результаты рентгеноструктурного исследования.

Экспериментальная часть

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

Элементный анализ выполнен на элементном анализаторе Carlo Erba CHNS-O EA 1108. Температуры плавления измерены на синхронном термоанализаторе Netzsch 449C Jupiter.

В работе использовали дигидрат 2,4-динитробензолсульфоной кислоты и сульфосалициловую кислоту производства фирмы Alfa Aesar. Пента(пара-толил)сурьму и бромид тетра(пара-толил)сурьмы получали по методикам, описанным в [1].

Синтез 2,4-динитробензолсульфоната тетра(пара-толил)сурьмы (1). К водному раствору 566 мг (1,0 ммоль) бромида тетра(пара-толил)сурьмы приливали раствор 284 мг (1,0 ммоль) 2,4-динитробензолсульфоной кислоты в 10 мл воды. После удаления растворителя получили 594 мг (81%) бесцветных кристаллов **1** с $t_{пл} = 213$ °С. ИК-спектр (ν , см⁻¹): 3102 сл, 3055 сл, 2918 ср, 2868 сл, 1603 ср, 1593 ср, 1533 оч. с, 1493 ср, 1449 ср, 1396 с, 1350 оч.с, 1261 оч.с, 1242 сл, 1211 оч. с, 1194 сл, 1132 ср, 1107 с, 1063 с, 1040 сл, 1022 оч. с, 916 сл, 895 ср, 847 ср, 833 ср, 799 оч. с., 745 с, 737 ср, 714 ср, 664 ср, 631 оч. с, 600 сл, 582 ср, 555 с, 480 оч.с, 420 сл. Найдено: С 55,58; Н 4,33 %. Для C₃₄H₃₁N₂O₇SSb вычислено: С 55,63; Н 4,23 %.

Реакция эквимольных количеств пента(пара-толил)сурьмы и 2,4-динитробензолсульфоной кислоты в бензоле, с последующей перекристаллизацией целевого продукта из воды приводила к образованию **1** с выходом 82 %.

Из пента(пара-толил)сурьмы и сульфосалициловой кислоты в бензоле при мольном соотношении исходных реагентов 2:1 получали **2** с выходом 88 %.

Рентгеноструктурный анализ проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker D8 QUEST (Мо K α -излучение, $\lambda = 0,71073$ Å, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [25]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [26] и OLEX2 [27]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в таблице.

Таблица

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

Параметр	1	2
Формула	C ₃₄ H ₃₁ N ₂ O ₇ SSb	C ₆₃ H ₆₂ O ₇ SSb ₂
<i>M</i>	733,42	1206,69
Сингония	Триклинная	Моноклиная
Пространственная группа	<i>P</i> -1	<i>P</i> 2 ₁ / <i>c</i>
<i>a</i> , Å	9,819(3)	21,132(15)
<i>b</i> , Å	11,531(4)	13,644(9)
<i>c</i> , Å	15,778(6)	21,796(19)
α , град.	93,631(18)	90,00
β , град.	102,62(2)	111,52(3)
γ , град.	110,333(13)	90,00
<i>V</i> , Å ³	1615,7(10)	5846(8)
<i>Z</i>	2	4
ρ (выч.), г/см ³	1,508	1,371
μ , мм ⁻¹	0,969	1,010
<i>F</i> (000)	744,0	2456,0
Форма кристалла (размер, мм)	0,35 × 0,3 × 0,15	0,45 × 0,2 × 0,09

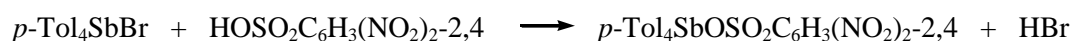
Параметр	1	2
Область сбора данных по 2θ , град.	5,86–58,38	5,98–47,76
Интервалы индексов отражений	$-13 \leq h \leq 13$, $-15 \leq k \leq 15$, $-21 \leq l \leq 21$	$-24 \leq h \leq 24$, $-15 \leq k \leq 15$, $-24 \leq l \leq 24$
Измерено отражений	67524	59879
Независимых отражений (R_{int})	8685 (0,0445)	8986 (0,0621)
Переменных уточнения	410	670
GOOF	1,046	1,028
R -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0308$, $wR_2 = 0,0644$	$R_1 = 0,0355$, $wR_2 = 0,0644$
R -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0487$, $wR_2 = 0,0705$	$R_1 = 0,0614$, $wR_2 = 0,0726$
Остаточная электронная плотность (min/max), $e/\text{Å}^3$	0,33/–0,49	0,34/–0,43

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов соединения **1** и **2** депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2216049 и 2233523; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

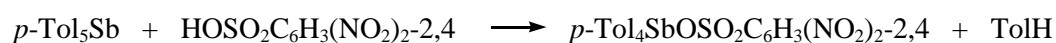
Обсуждение результатов

Известно, что реакции обмена галогенид-аниона в галогенидах тетраарилстибония используются для получения различных комплексов металлов [2]. Интересный случай замещения галогенид-аниона на остаток более сильной кислоты описан авторами работы [28], в которой представлена реакция хлорида тетра(*para*-толил)стибония с бензолсульфоновой кислотой, приводящая к синтезу бензолсульфоната тетра(*para*-толил)стибония.

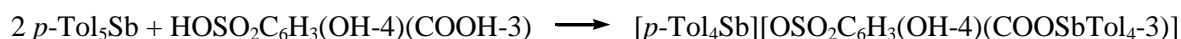
Мы предположили, что подобным образом может протекать реакция 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты с бромидом тетра(*para*-толил)сурьмы. Действительно, нами показано, что взаимодействие эквимольных количеств указанных реагентов в воде приводит к образованию 2,4-динитробензолсульфоната тетра(*para*-толил)сурьмы (**1**), выделенного из реакционной среды с выходом 81 %.



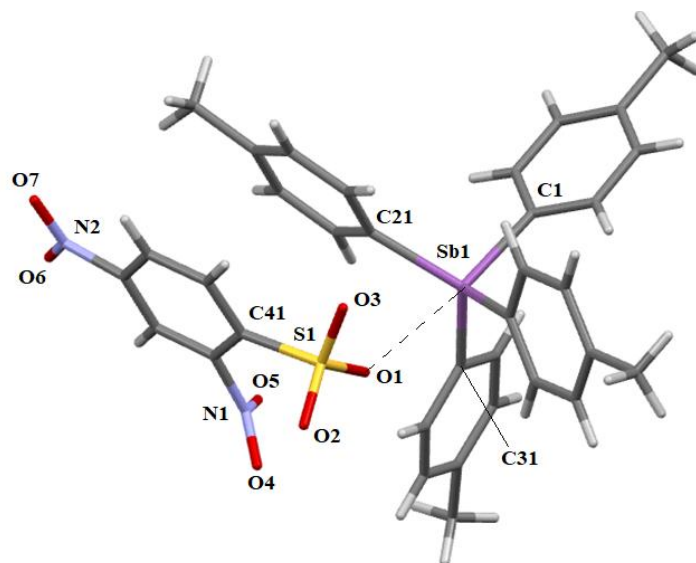
Нами найдено, что продуктом реакции пента(*para*-толил)сурьмы с 2,4-динитробензолсульфоновой кислотой в бензоле является комплекс **1**, выделенный из реакционной среды с выходом 82 %.



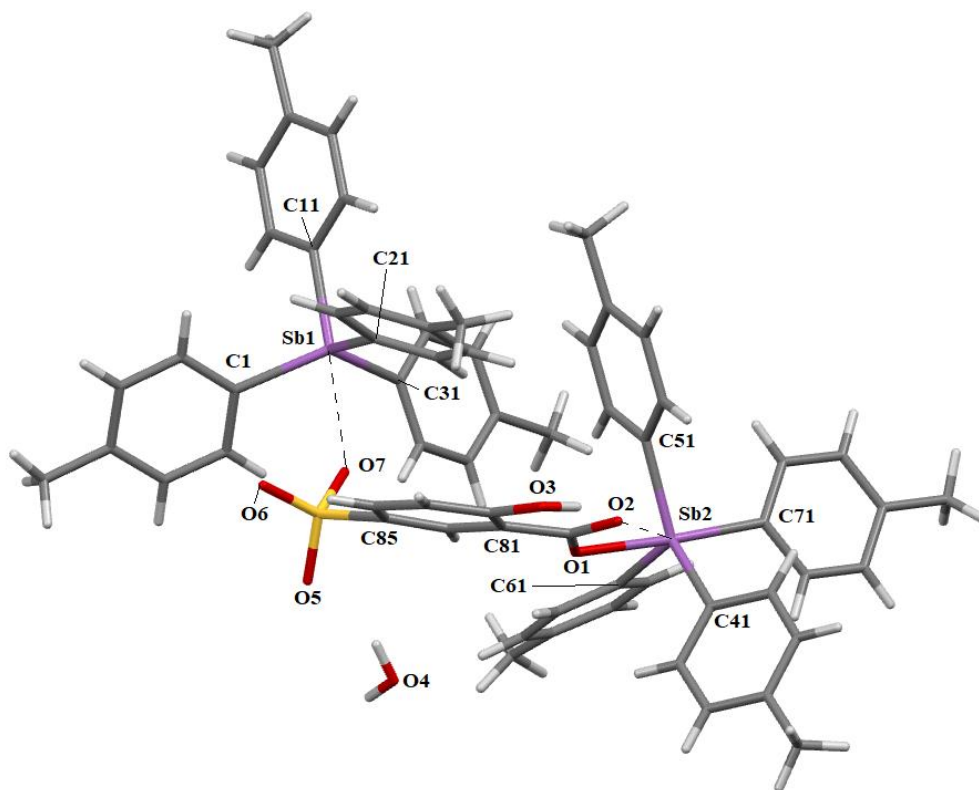
В литературе описано строение моно- и биядерных сурьмаорганических производных тетраарилсурьмы, которые получали из пентаарилсурьмы и сульфосалициловой кислоты [29–31]. В настоящей работе уточнена структура биядерного производного тетра(*para*-толил)сурьмы (**2**), полученного нами из пента(*para*-толил)сурьмы и сульфосалициловой кислоты с выходом 88 %.



По данным рентгеноструктурного анализа, атомы сурьмы в комплексе **1** имеют координацию искаженной тетрагональной пирамиды (рис. 1), а с учетом координационной связи $\text{Sb} \cdots \text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2-2,4}$ (2,877(3) Å) – искаженной тригональной бипирамиды, при этом аксиальный угол CSbO составлял 170,53(9)°.

Рис. 1. Строение 2,4-динитробензолсульфоната тетра(*пара*-толил)сурьмы (1)

В состав комплекса **2** (рис. 2) входят тетраэдрические катионы тетра(*пара*-толил)стибония, молекулы гидратной воды и тригонально-бипирамидальные сульфосалицилатные анионы, в которых толильные заместители занимают экваториальные положения, а атом кислорода связан с центральным атомом полярной ковалентной связью Sb–O (2,279(3) Å).

Рис. 2. Строение гидрата сульфосалицилата тетра(*пара*-толил)стибония (2)

Кроме того, карбонильный атом кислорода координирован на атом металла (расстояние Sb...O=C составляет 3,323(6) Å), что превышает сумму ковалентных радиусов атомов партнеров (2,14 Å [32]), но короче суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов-партнеров (3,7 Å [33]). В катионе **2** атом сурьмы координирован на один из атомов кислорода сульфонатной группы суль-

фосалицилатного заместителя, причем расстояние $\text{Sb}\cdots\text{OSO}_2$ (2,651(3) Å) короче аналогичного расстояния в комплексе **1**, а угол CSbO составляет $176,51(13)^\circ$, поэтому можно говорить о тригонально-бипирамидальной координации обоих атомов сурьмы в комплексе **2**.

Заключение

Впервые синтезирован с выходом 81 % из бромида тетра(*пара*-толил)стибония и 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты 2,4-динитробензолсульфонат тетра(*пара*-толил)стибония (**1**). Комплекс **1** синтезирован также из пента(*пара*-толил)сурьмы и 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты в бензоле с выходом 82 %. Сульфосалицилат тетра(*пара*-толил)сурьмы получен аналогично и после перекристаллизации из воды целевой продукт выделен в виде гидрата (**2**). Строение комплексов **1** и **2** доказано методом рентгеноструктурного анализа.

Список источников

1. Кочешков К.А., Сколдинов А.П., Землянский Н.Н. Методы элементоорганической химии. Сурьма, висмут. М.: Наука, 1976. 483 с.
2. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2020. Т. 46, № 10. С. 579. DOI: 10.31857/S0132344X20100011
3. Акатова К.Н., Бочкова Р.И., Лебедев В.А. и др. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 268, № 6. С. 1389.
4. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Пакусина А.П. и др. // Коорд. химия. 2005. Т. 31, № 2. С. 117. EDN: HRZYJR
5. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Платонова Т.П. и др. // Коорд. химия. 2003. Т. 29, № 1. С. 13. EDN: OOFNKD
6. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Панова Л.П., Бельский В.К. // Журн. общ. химии. 1997. Т. 67, № 9. С. 1531.
7. Шарутин В.В., Пакусина А.П., Егорова И.В. и др. // Коорд. химия. 2003. Т. 29, № 5. С. 336. EDN: OOFOD
8. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Пакусина А.П., Бельский В.К. // Журн. общ. химии. 1997. Т. 67, № 9. С. 1536. EDN: PFLFSA
9. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Т.А. и др. // Журн. общ. химии. 1999. Т. 69, № 12. С. 1979.
10. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Платонова Т.П. и др. // Журн. общ. химии. 2000. Т. 70, № 11. С. 1932. EDN: BAWNYU
11. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Молокова О.В. и др. // Коорд. химия. 2002. Т. 28, № 8. С. 581. EDN: QEXAWC
12. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Молокова О.В. и др. // Журн. общ. химии. 2001. Т. 71, № 8. С. 1317.
13. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Осипов П.Е. и др. // Журн. общ. химии. 2000. Т. 70, № 6. С. 931.
14. Сопина Д.М. // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Химия». 2022. Т. 14, № 1. С. 50. DOI: 10.14529/chem220106
15. Ефремов А.Н., Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Химия». 2021. Т. 13, № 1. С. 47. DOI: 10.14529/chem210105
16. Шарутина О.К. // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Химия». 2021. Т. 13, № 4. С. 63. DOI: 10.14529/chem210404
17. Сенчуринов В.С., Орленко Е.Д. // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Химия». 2019. Т. 11, № 2. С. 66. DOI: 10.14529/chem190207
18. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Бондарь Е.А. и др. // Коорд. химия. 2002. Т. 28, № 5. С. 356. EDN: EOICYB
19. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Андреев П.В. // Журн. неорг. химии. 2017. Т. 62, № 10. С. 1330. DOI: 10.7868/S0044457X17100075
20. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. неорг. химии. 2017. Т. 62, № 7. С. 925. DOI: 10.7868/S0044457X17070224

21. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С., Сомов Н.В. // Журн. неорг. химии. 2016. Т. 61, № 8. С. 1017. DOI: 10.7868/S0044457X16080146
22. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. структ. химии. 2020. Т. 61, № 9. С. 1490. DOI: 10.26902/JSC_id60682
23. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. неорг. химии. 2020. Т. 65, № 1. С. 49. DOI: 10.31857/S0044457X20010158
24. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Артемьева Е.В. // Журн. неорг. химии. 2020. Т. 65, № 4. С. 482. DOI: 10.31857/S0044457X20040170
25. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
26. 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.
27. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al. // J. Appl. Cryst. 2009. V. 42. P. 339. DOI: 10.1107/S0021889808042726
28. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2022. Т. 14, № 4. С. 64. DOI: 10.14529/chem220406
29. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Панова Л.П., Бельский В.К. // Коорд. химия. 1997. Т. 23, № 7. С. 513.
30. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Т.А. и др. // Журн. общ. химии. 1999. Т. 69, № 12. С. 1979.
31. Панова Л.П. Аренсульфонаты тетра- и триарилсурьмы. Синтез и строение: дис. ... канд. хим. наук. Иркутск. 1998. 105 с.
32. Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E. // Dalton Trans. 2008. P. 2832. DOI: 10.1039/B801115J
33. Бацанов С.С. // Журн. неорганич. химии. 1991. Т. 36, № 12. С. 3015.

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

Морозова Ксения Дмитриевна – магистр, институт естественных и точных наук, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: morozovak101@mail.ru

Статья поступила в редакцию 3 мая 2024 г.

The article was submitted 3 May 2024.