

УДК 546.87;547.53.024;548.312.5

# РЕАКЦИИ БЕНЗОЛСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ С НЕКОТОРЫМИ ТОЛИЛЬНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ СУРЬМЫ

© 2022 г. В. В. Шарутин<sup>а</sup>, О. К. Шарутина<sup>а</sup>, Е. С. Механошина<sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup> Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет,  
пр. Ленина 76, Челябинск, 454080 Россия  
\*e-mail: mexev@mail.ru

Поступило в редакцию 8 сентября 2022 г.  
После доработки 8 сентября 2022 г.  
Принято к печати 6 октября 2022 г.

Взаимодействием эквимольных количеств бензолсульфоновой кислоты с толильными производными сурьмы  $p\text{-ToI}_4\text{SbX}$  [ $X = \text{Br}, \text{ONCHCH}=\text{CHPh}, \text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{OC}_6\text{H}_3\text{Cl}_2\text{-2,4}$ ] в водно-ацетоновом растворе синтезирован бензолсульфонат тетра(*para*-толил)сурьмы моноклинной модификации. Проведение указанных реакций в бензольном растворе приводит к образованию бензолсульфоната тетра(*para*-толил)сурьмы ромбической модификации. Методом РСА установлено строение полученных соединений, в которых атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с электроотрицательными заместителями в аксиальных положениях.

**Ключевые слова:** бромид тетра(*para*-толил)сурьмы, циннамальдоксимат тетра(*para*-толил)сурьмы, 2,4-дихлорфеноксиацетат тетра(*para*-толил)сурьмы, бензолсульфонат тетра(*para*-толил)сурьмы

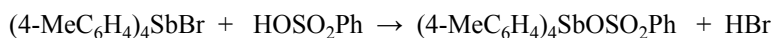
**DOI:** 10.31857/S00444460X22120174, **EDN:** MWCTMP

Возрастающий интерес к органическим соединениям сурьмы во многом определяется раскрывающимся в настоящее время потенциалом их применения в самых разнообразных областях практической деятельности: в качестве лекарственных препаратов, биоцидов, фунгицидов, антиоксидантов, компонентов каталитических систем при полимеризации, реагентов в тонком органическом синтезе и др. [1]. Несмотря на то, что соединения сурьмы достаточно токсичны, они широко используются в терапии в качестве противопаразитарных средств, особенно при лечении лейшманиоза [2]. Некоторые органические производные сурьмы являются биологически активными веществами [3–5], в частности, обладают антибактериальной [6–8] и противоопухолевой активностью [9–14].

Аренсульфонаты тетраарилсурьмы  $\text{Ar}^1_4\text{SbOSO}_2\text{Ar}^2$  получают взаимодействием пентаарилсурьмы с кислотой или производными сурьмы симметричного строения  $\text{Ar}^1_3\text{Sb}(\text{OSO}_2\text{Ar}^2)_2$  [1, 15, 16]. Так, ромбическая модификация бензолсульфоната тетра(*para*-толил)сурьмы (т. пл. 146°C) была получена из пента(*para*-толил)сурьмы и бис(бензолсульфонато)три(*para*-толил)сурьмы в растворе толуола (1 ч, 100°C), в то время как моноклинную модификацию (т. пл. 169°C) синтезировали из пента(*para*-толил)сурьмы и бензолсульфоновой кислоты в спиртово-толуольном растворе [15].

Известно, что аренсульфонаты тетраорганилфосфония с высоким выходом могут быть синтезированы из галогенидов тетраорганилфосфония и аренсульфоновых кислот в воде [17], поэтому

## Схема 1.



4

X = Br (1), ONCHCHCPh (2), OC(O)CH<sub>2</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>-2,4 (3).

нами было изучено взаимодействие бензолсульфоновой кислоты с бромидом и другими производными тетра(*para*-толил)сурьмы.

Установлено, что сурьмаорганическим продуктом взаимодействия бромида тетра(*para*-толил)сурьмы **1**, циннамальдоксимата тетра(*para*-толил)сурьмы **2** и 2,4-дихлорфеноксиацетата тетра(*para*-толил)сурьмы **3** с бензолсульфоновой кислотой в водно-ацетоновом растворе является бензолсульфонат тетра(*para*-толил)сурьмы **4** (кристаллы моноклинной сингонии), выход которого достигал 97% (схема 1).

Соединения **2**, **3** получали по реакции замещения из пента(*para*-толил)сурьмы и циннамальдок-

сима, 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты по известной методике [16].

Отметим, что проведение указанных реакций в растворе бензола приводит к аналогичным результатам, однако в этом случае имело место образование кристаллов бензолсульфоната тетра(*para*-толил)сурьмы ромбической сингонии (**5**), о синтезе которого сообщалось ранее [15].

Соединения **1–5** – бесцветные кристаллические вещества, устойчивые к действию влаги и кислорода воздуха, хорошо растворимые в ароматических углеводородах, хлороформе, тетрагидрофуране и нерастворимые в алифатических углеводородах. Соединения **4**, **5** растворимы в горячей воде.

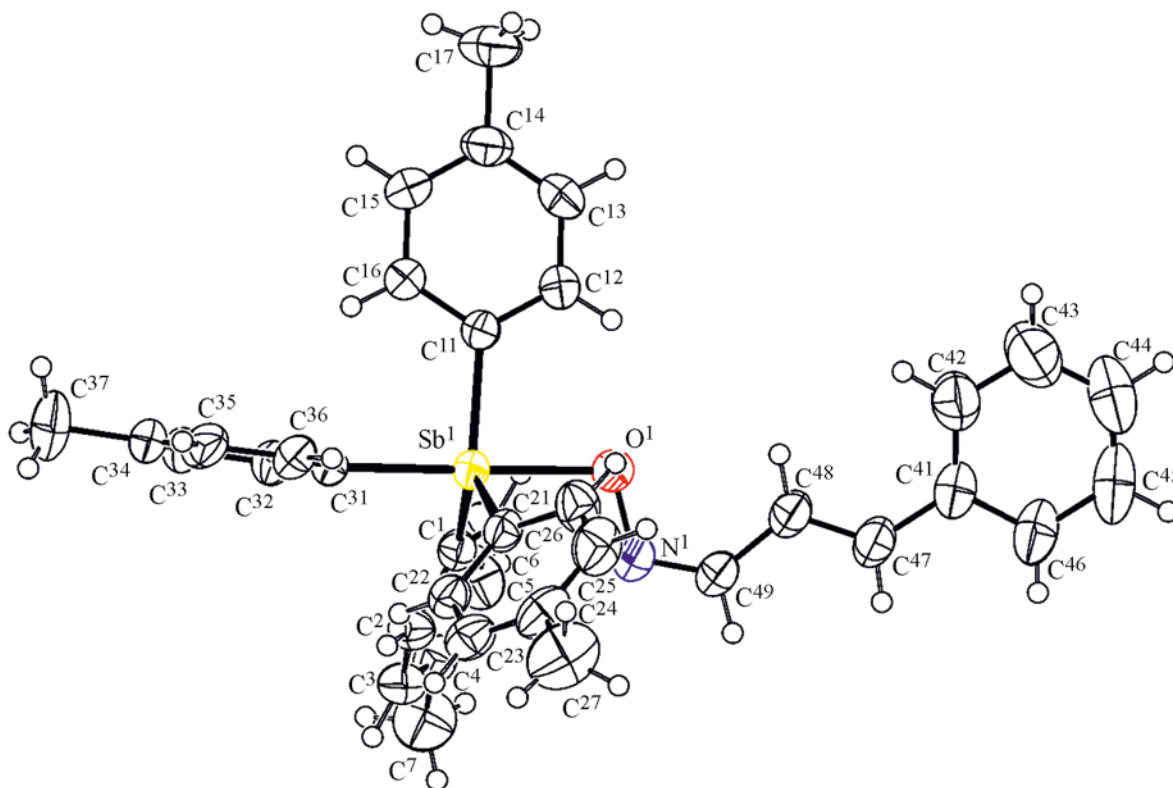


Рис. 1. Общий вид молекулы соединения **2** в кристалле.

**Таблица 1.** Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структуры соединений **1–3, 5**

Параметр	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<i>M</i>	566.16	632.42	706.27	643.41
Сингония	Моноклинная	Триклинная	Триклинная	Ромбическая
Пространственная группа	<i>P</i> 2 <sub>1</sub> / <i>n</i>	<i>P</i> -1	<i>P</i> -1	<i>Pbca</i>
<i>a</i> , Å	9.868(6)	10.789(4)	10.621(5)	9.923(8)
<i>b</i> , Å	23.312(11)	10.811(5)	11.016(5)	18.932(16)
<i>c</i> , Å	12.106(6)	14.558(5)	15.809(9)	32.72(3)
α, град	90.00	73.389(18)	103.55(2)	90.00
β, град	113.15(2)	75.201(15)	108.00(2)	90.00
γ, град	90.00	87.55(2)	98.34(2)	90.00
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	2561(2)	1572.3(11)	1662.1(14)	6146(9)
<i>Z</i>	4	2	2	8
<i>d</i> <sub>выч</sub> , г/см <sup>3</sup>	1.469	1.336	1.411	1.391
μ, мм <sup>-1</sup>	2.649	0.906	1.024	0.997
<i>F</i> (000)	1128.0	648.0	716.0	2624.0
Размер кристалла, мм	0.39 × 0.3 × 0.12	0.29 × 0.25 × 0.14	0.39 × 0.26 × 0.17	0.21 × 0.1 × 0.13
Область сбора данных по 2θ, град	6.4–56.76	6.04–75.9	5.68–60.22	5.954–56.644
Интервалы индексов отражений	–13 ≤ <i>h</i> ≤ 13, –31 ≤ <i>k</i> ≤ 31, –16 ≤ <i>l</i> ≤ 16	–18 ≤ <i>h</i> ≤ 18, –18 ≤ <i>k</i> ≤ 18, –25 ≤ <i>l</i> ≤ 25	–14 ≤ <i>h</i> ≤ 14, –15 ≤ <i>k</i> ≤ 15, –22 ≤ <i>l</i> ≤ 22	–8 ≤ <i>h</i> ≤ 12, –25 ≤ <i>k</i> ≤ 25, –43 ≤ <i>l</i> ≤ 43
Измерено отражений	42998	115476	110814	73682
Независимых отражений	6359 ( <i>R</i> <sub>int</sub> 0.0346)	16980 ( <i>R</i> <sub>int</sub> 0.0449)	9738 ( <i>R</i> <sub>int</sub> 0.0348)	7553 ( <i>R</i> <sub>int</sub> 0.0589)
Отражений с <i>I</i> > 2σ( <i>I</i> )	5068	11412	8276	4775
Переменных уточнения	275	365	383	359
GOOF	1.080	1.003	1.041	1.076
<i>R</i> -Факторы по <i>F</i> <sup>2</sup> > 2σ( <i>F</i> <sup>2</sup> )	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0325, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0665	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0458, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0870	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0274, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0640	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0493, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0981
<i>R</i> -Факторы по всем отражениям	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0494, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0734	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0862, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0979	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0379, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.0687	<i>R</i> <sub>1</sub> 0.0955, <i>wR</i> <sub>2</sub> 0.1148
Остаточная электронная плотность (min/max), е/Å <sup>3</sup>	0.54/–0.71	1.27/–0.54	0.42/–0.56	0.60/–0.58

В ИК спектрах соединений **1–3, 5** присутствуют интенсивные полосы поглощения в области 484–471 см<sup>-1</sup>, которые относятся к валентным колебаниям связи Sb–C. Полосы поглощения при 1591, 1558, 1491, 1447 см<sup>-1</sup> (**2**); 1591, 1474, 1431 см<sup>-1</sup> (**3**); 1591, 1494, 1444 см<sup>-1</sup> (**5**) отвечают валентным колебаниям углеродного скелета ароматических фрагментов. Валентные колебания связей C<sub>Ar</sub>–H характеризуют полосы поглощения средней интенсивности при 3026 (**2**), 3024 (**3**), 3017 (**5**) см<sup>-1</sup>; внеплоскостные деформационные колебания этих же связей – полосы при 800, 804, 803 см<sup>-1</sup>, плоскостные деформационные колебания – полосы при 1072–1030 см<sup>-1</sup>. В ИК спектрах также наблюдаются полосы поглощения валентных колеба-

ний метильных групп при 2916 (**2**), 2918 (**3**), 2917 (**5**) см<sup>-1</sup>. Полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям связей C=O и C–O в соединении **3**, расположены при 1657 и 1279–1246 см<sup>-1</sup>. Валентным колебаниям связей C=N и N–O в спектре соединения **2** отвечают высокоинтенсивные полосы при 1558 и 970 см<sup>-1</sup>. К асимметричным и симметричным валентным колебаниям SO<sub>2</sub>-групп в спектре структуры **5** относятся интенсивные полосы при 1259 и 1158, 1110 см<sup>-1</sup> соответственно. Присутствие связей C<sub>Ar</sub>–Cl в молекуле **3** характеризуется полосой при 725 см<sup>-1</sup> [18].

О строении соединений **1, 4, 5** ранее сообщалось в работах [15, 19]. В настоящей работе струк-

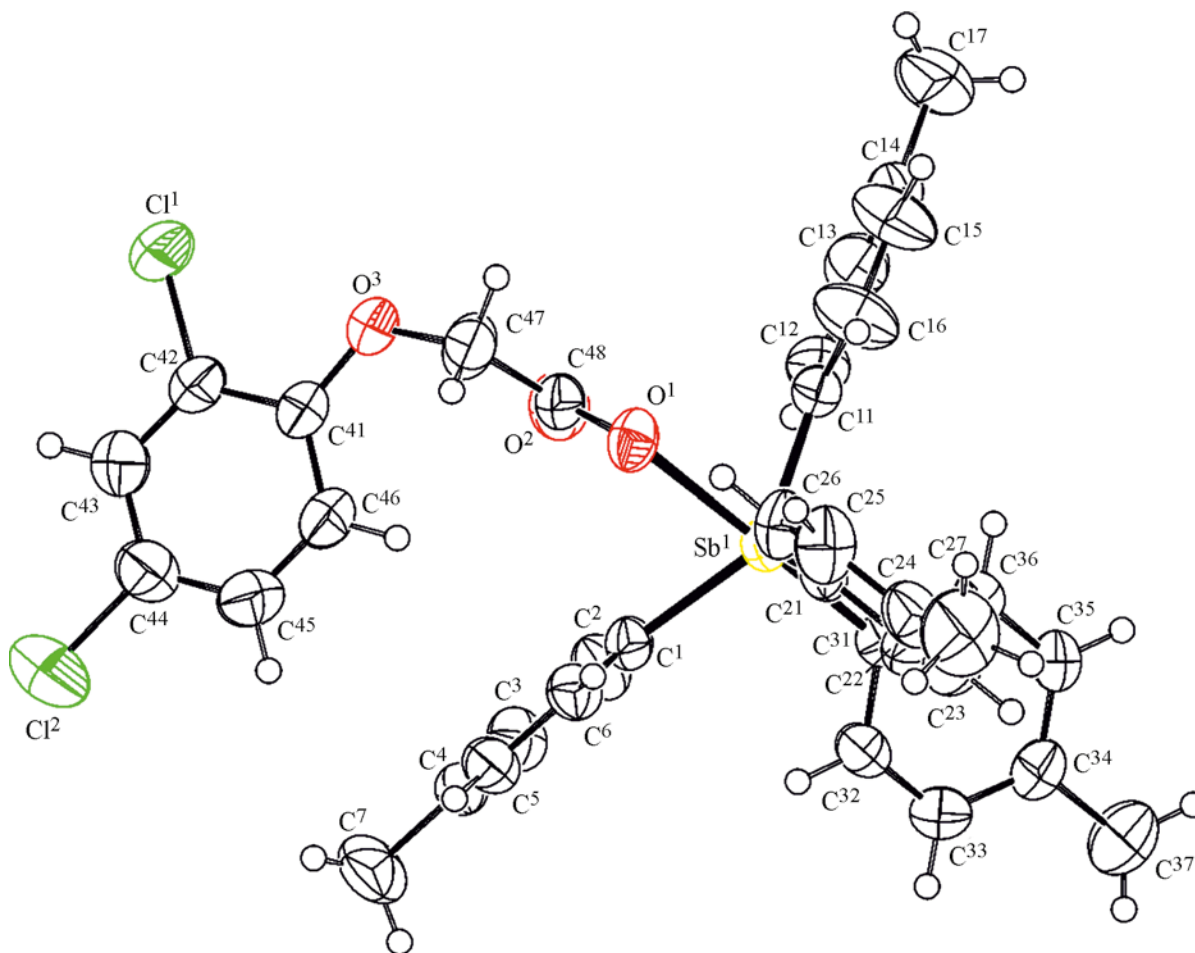


Рис. 2. Общий вид молекулы соединения **3** в кристалле.

туры **1**, **5** расшифрованы с большей точностью, а строение соединений **2** и **3** определено впервые. По данным РСА, в кристаллах производных **2**, **3** атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода и углерода в аксиальных положениях (рис. 1, 2, табл. 1).

Аксиальные углы OSbC в молекулах соединений **2** и **3** равны  $178.94(7)$  и  $176.95(5)^\circ$ . Аксиальные связи Sb–C [ $2.1808(18)$  и  $2.1544(19)$  Å соответственно] длиннее экваториальных Sb–C [ $2.1158(18)$ – $2.1311(19)$  и  $2.1117(19)$ – $2.118(2)$  Å соответственно], как и для большинства подобных соединений сурьмы [20]. Суммы валентных углов CSbC в экваториальной плоскости составляют  $358.7(6)$  (**2**) и  $355.60(8)^\circ$  (**3**), их значения

изменяются в интервалах  $118.77(7)$ – $120.79(7)^\circ$  и  $110.87(7)$ – $133.06(7)^\circ$  (табл. 2). Атомы сурьмы выходят из экваториальной плоскости к аксиальному атому углерода на  $0.14$  и  $0.25$  Å соответственно; расстояния Sb–O [ $2.1785(16)$  и  $2.3319(15)$  Å] несколько меньше аналогичного расстояния в соединении **4** [ $2.409(3)$  Å], что значительно больше суммы ковалентных радиусов атомов-партнеров ( $2.14$  Å [21]), но меньше суммы их ван-дер-ваальсовых радиусов ( $3.7$  Å [22]) и свидетельствует о возрастании ионного характера связи Sb–O в ряду соединений **2**, **3**, **5**. В молекулах **2** и **3** присутствуют короткие внутримолекулярные контакты Sb $\cdots$ N [ $2.835(3)$  Å] (**2**) и Sb $\cdots$ O(=C) [ $3.189(3)$  Å] (**3**), что характерно для подобных производных сурьмы [20]. В молекуле **3** карбоксилатный лиганд расположен таким образом, что внутримолекулярный

**Таблица 2.** Основные длины связей и валентные углы в структурах **2, 3**

Связь	Длина, Å	Угол	$\omega$ , град
Sb <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	2.1785(16)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	87.72(6)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>1</sup>	2.1158(18)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	85.39(6)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>11</sup>	2.1311(19)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	85.56(7)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>21</sup>	2.1223(19)	C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	178.94(5)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>31</sup>	2.1808(18)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	119.14(7)
N <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	1.367(2)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	120.79(7)
N <sup>1</sup> –C <sup>49</sup>	1.286(3)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	94.48(7)
C <sup>48</sup> –C <sup>49</sup>	1.437(3)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	118.77(7)
C <sup>47</sup> –C <sup>48</sup>	1.346(3)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	93.18(7)
C <sup>41</sup> –C <sup>47</sup>	1.458(3)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	93.68(7)
C <sup>4</sup> –C <sup>7</sup>	1.506(3)	C <sup>49</sup> N <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	114.13(18)
C <sup>14</sup> –C <sup>17</sup>	1.515(3)	N <sup>1</sup> O <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup>	103.82(11)
Sb <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	2.3319(15)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	82.22(6)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>1</sup>	2.1117(19)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	82.89(6)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>11</sup>	2.1128(19)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	84.59(6)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>21</sup>	2.118(2)	C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	176.95(5)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>31</sup>	2.1544(19)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	133.06(7)
O <sup>1</sup> –C <sup>48</sup>	1.280(2)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	110.87(7)
O <sup>2</sup> –C <sup>48</sup>	1.218(2)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	98.36(8)
O <sup>3</sup> –C <sup>41</sup>	1.354(3)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	111.67(8)
O <sup>3</sup> –C <sup>47</sup>	1.425(3)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	95.92(7)
C <sup>1</sup> –C <sup>42</sup>	1.719(2)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	96.73(7)
C <sup>12</sup> –C <sup>44</sup>	1.740(2)	C <sup>48</sup> O <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup>	114.37(12)
C <sup>47</sup> –C <sup>48</sup>	1.527(3)	O <sup>1</sup> C <sup>48</sup> O <sup>2</sup>	126.66(17)
C <sup>4</sup> –C <sup>7</sup>	1.508(3)	C <sup>41</sup> O <sup>3</sup> C <sup>47</sup>	117.63(17)

контакт Sb<sup>1</sup>⋯O(=C) формируется внутри наибольшего [133.06(7)°] из экваториальных углов.

Таким образом установлено, что бензолсульфоновая кислота вытесняет из толильных производных сурьмы *p*-Tol<sub>4</sub>SbX [X = Br, ONCHCN=CHPh, OC(O)CH<sub>2</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>-2,4] кислотные остатки в водно-ацетоновом растворе. Продукт реакций – бензолсульфонат тетра(*пара*-толил)сурьмы в зависимости от природы растворителя кристаллизуется либо в моноклинной сингонии (вода-ацетон), либо в ромбической (бензол).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записывали на ИК Фурье-спектрометре Shimadzu в таблетках KBr. Рентгеноструктурный анализ проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker

(графитовый монохроматор) при 293 К. Сбор, редактирование данных, уточнение параметров элементарной ячейки, учет поглощения, определение и уточнение структур проведены по программам [23–25]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в табл. 1. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных [CCDC 2182608 (**1**), 2130472 (**2**), 2131084 (**3**), 2126493 (**5**)].

**Бензолсульфонат тетра(*пара*-толил)стибония моноклинной модификации (**4**).** Раствор 283 мг (0.50 ммоль) бромида тетра(*пара*-толил)сурьмы **1** в 10 мл ацетона приливали к раствору 79 мг (0.50 ммоль) бензолсульфоновой кислоты в 5 мл воды, концентрировали раствор до объема 1 мл. Выделившиеся кристаллы фильтровали и сушили. Получили 316 мг (99%) бесцветных кристаллов комплекса **4** с т. пл. 169°C. Найдено, %: С 63.38; Н 5.16. С<sub>34</sub>Н<sub>33</sub>О<sub>3</sub>SSb. Вычислено, %: С 63.45; Н 5.13.

**Бензолсульфонат тетра(*пара*-толил)стибония ромбической модификации (**5**).** К смеси 283 мг (0.50 ммоль) бромида тетра(*пара*-толил)сурьмы (**1**) и 79 мг (0.50 ммоль) бензолсульфоновой кислоты прибавляли 15 мл бензола и выдерживали при комнатной температуре 12 ч. Затем прибавляли 2 мл октана и упаривали растворитель до объема 2 мл. Выделившиеся кристаллы фильтровали и сушили. Получили 310 мг (97%) бесцветных кристаллов комплекса **5** с т. пл. 146°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3017, 2917, 2867, 1892, 1591, 1494, 1444, 1396, 1315, 1259 (SO<sub>2</sub>), 1212, 1194, 1158 (SO<sub>2</sub>), 1110 (SO<sub>2</sub>), 1068, 1030, 1009, 994, 803, 754, 726, 689, 608, 578, 564, 484. Найдено, %: С 63.26; Н 5.20. С<sub>34</sub>Н<sub>33</sub>О<sub>3</sub>SSb. Вычислено, %: С 63.45; Н 5.13.

**Циннамальдоксимат тетра(*пара*-толил)сурьмы (**2**).** К раствору 288 мг (0.50 ммоль) пента(*пара*-толил)сурьмы в 15 мл бензола прибавляли 73 мг (0.50 ммоль) бензолсульфоновой кислоты и перемешивали реакцию смесь 12 ч при комнатной температуре. Затем прибавляли 2 мл октана и медленно упаривали раствор до объема 2 мл. Наблюдали образование 253 мг (80%) бесцветных кристаллов комплекса **3** с т. пл. 164°C. ИК спектр,

$\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3026, 2916, 1591, 1558, 1491, 1447, 1391, 1342, 1308, 1209, 1186, 1132, 1059, 1015, 970, 905, 800, 745, 689, 604, 569, 604, 569, 549, 476, 459. Найдено, %: С 63.26; Н 5.20.  $\text{C}_{37}\text{H}_{36}\text{NOSb}$ . Вычислено, %: С 70.21; Н 5.69.

Соединение **3** получали аналогично.

**2,4-Дихлорфеноксиацетат тетра(пара-толил)сурьмы (3)**. Выход 89%, бесцветные кристаллы, т. пл.  $151^\circ\text{C}$ . ИК спектр,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ : 3024, 2918, 1657, 1591, 1474, 1431, 1389, 1373, 1318, 1279, 1260, 1246, 1231, 1190, 1103, 1072, 1065, 1045, 1015, 912, 864, 839, 804, 725, 698, 646, 608, 577, 557, 471, 442. Найдено, %: С 61.10; Н 4.81.  $\text{C}_{36}\text{H}_{33}\text{O}_3\text{Cl}_2\text{Sb}$ . Вычислено, %: С 61.17; Н 4.67.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шарутин Владимир Викторович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2582-4893>

Механошина Евгения Сергеевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1524-7949>

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. хим. 2020. Т. 46. № 10. С. 579. doi 10.31857/S0132344X20100011; Sharutin V.V., Poddel'sky A.I., Sharutina O.K. // Russ. J. Coord. Chem. 2020. Vol. 46. N 10. P. 663. doi 10.1134/S1070328420100012
2. Mishra J., Saxena A., Singh S. // Curr. Med. Chem. 2007. Vol. 14. P. 1153. doi 10.2174/092986707780362862
3. Mushtaq R., Rauf M.K., Bond M., Badshah A., Nadhman A., Yasinzaï M., Tahir M.N. // Appl. Organomet. Chem. 2016. Vol. 30. P. 465. doi 10.1002/aoc.3456
4. Saleem L., Altaf A.A., Badshah A., Rauf M.K. // Inorg. Chim. Acta. 2018. Vol. 474. P. 148. doi 10.1016/j.ica.2018.01.036
5. Oliveira L.G., Silva M.M., Paula F.C.S., Pereira-Maia E.C., Donnici C.L., Simone C.A., Frézard F., Silva Júnior E.N., Demicheli C. // Molecules. 2011. Vol. 16. P. 10314. doi 10.3390/molecules161210314
6. Islam A., Da Silva J.G., Berbet F.M., Da Silva S.M., Rodrigues B.L., Beraldo H., Melo M.N., Frézard F., Demicheli C. // Molecules. 2014. Vol. 19. P. 6009. doi 10.3390/molecules19056009
7. Mushtaq R., Rauf M.K., Bolte M., Nadhman A., Badshah A., Tahir M.N., Yasinzaï M., Khan K.M. // Appl. Organomet. Chem. 2017. Vol. 31. P. 3606. doi 10.1002/aoc.3606
8. Yu L., Ma Y.-Q., Liu R.-C., Wang G.-C., Li J.-S., Du G.-H., Hu J.-J. // Polyhedron. 2004. Vol. 23. P. 823. doi 10.1016/j.poly.2003.12.002
9. Wang F., Yin H., Yue C., Cheng S., Hong M. // J. Organomet. Chem. 2013. Vol. 738. P. 35. doi 10.1016/j.jorganchem.2013.03.046
10. Islam A., Rodrigues B.L., Marzano I.M., Perreira-Maia E.C., Dittz D., Paz M.T., Muhammad L., Frezard I.F., Demicheli C. // Eur. J. Med. Chem. 2016. Vol. 109. P. 254. doi 10.1016/j.ejmech.2016.01.003
11. Iftikhar T., Rauf M.K., Sarwar S., Badshah A., Waseem D., Nawaz M., Amjad T., Khalid K., Khan M., Khan G.M. // J. Organomet. Chem. 2017. Vol. 851. P. 89. doi 10.1016/j.jorganchem.2017.09.002
12. Jiang J., Yin H., Wang D., Han Z., Wang F., Cheng S., Hong M. // Dalton Trans. 2013. Vol. 42. P. 8563. doi 10.1039/C3DT50221J
13. Yu L., Ma Y.-Q., Wang G.-C., Li J.-S. // Heteroatom Chem. 2004. Vol. 15. P. 32. doi 10.1002/hc.10208
14. Polychronis N.M., Banti C.N., Raptopoulou C.P., Psycharis V., Kourkoumelis N., Hadjikakou S.K. // Inorg. Chim. Acta. 2019. Vol. 489. P. 39. doi 10.1016/j.ica.2019.02.004
15. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С. // ЖНХ. 2013. Т. 58. № 11. С. 1454. doi 10.7868/S0044457X13110196; Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2013. Vol. 58. N 11. P. 1302. doi 10.1134/S0036023613110181
16. Шарутина О.К. // Вестн. ЮУрГУ. Сер. хим. 2022. Т. 14. № 1. С. 62. doi 10.14529/chem200404
17. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Механошина Е.С. // ЖОХ. 2022. Т. 92. № 6. С. 885. doi 10.31857/S0044460X22060087; Sharutin V.V., Sharutina O.K., Mekhanoshina E.S. // Russ. J. Gen. Chem. 2022. Vol. 92. N 6. P. 969. doi 10.1134/S1070363222060081
18. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. М.: МГУ, 2012. 54 с.
19. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // ЖОХ. 2014. Т. 84. № 3. С. 457; Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Gen. Chem. 2014. Vol. 84. N 3. P. 515. doi 10.1134/S1070363214030189
20. Cambridge Crystallographic Data Center. 2021. deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>
21. Cordero B., Gomez V., Platero-Prats A.E., Reyes M., Echeverria J., Cremades E., Barragan F., Alvarez S. // Dalton Trans. 2008. N 21. P. 2832. doi 10.1039/B801115J

22. Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R., Cramer C.J., Truhlar D.G. // J. Phys. Chem. (A). 2009. Vol. 113. P. 5806. doi 10.1021/jp8111556
23. SMART and SAINT-Plus. Version 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Madison (WI, USA): Bruker AXS Inc., 1998.
24. SHELXTL/PC. Version 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, USA, 1998.
25. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A. K., Puschmann H. // J. Appl. Cryst. 2009. Vol. 42. P. 339. doi 10.1107/S0021889808042726

## Reactions of Benzenesulfonic Acid with Some Tolyly Derivatives of Antimony

V. V. Sharutin<sup>a</sup>, O. K. Sharutina<sup>a</sup>, and E. S. Mekhanoshina<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> National Research South Ural State University, Chelyabinsk, 454080 Russia

\*e-mail: mexev@mail.ru

Received September 8, 2022; revised September 8, 2022; accepted October 6, 2022

Reaction of equimolar amounts of benzenesulfonic acid with tolyly derivatives of antimony *p*-Tol<sub>4</sub>SbX [X = Br, ONCHCH=CHPh, OC(O)CH<sub>2</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>-2,4] in an aqueous acetone solution furnished tetra(*p*-tolyl)-antimony benzenesulfonate of the monoclinic modification. Changing acetone with benzene led to the formation of orthorhombic tetra(*p*-tolyl)antimony benzenesulfonate. Structure of the obtained compounds, in which antimony atoms have a distorted trigonal-bipyramidal coordination with electronegative substituents in axial positions, was established by single crystal X-ray diffraction analysis.

**Keywords:** tetra(*p*-tolyl)antimony bromide, tetra(*p*-tolyl)antimony cinnamaldoximate, tetra(*p*-tolyl)antimony 2,4-dichlorophenoxyacetate, tetra(*p*-tolyl)antimony benzenesulfonate