

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ДИАРИЛКАРБОКСИЛАТОВ И ДИАРЕНСУЛЬФОНАТА ТРИС(2-МЕТОКСИ-5-ХЛОРФЕНИЛ)СУРЬМЫ

© 2022 г. В. В. Шарутин, О. К. Шарутина, А. Н. Ефремов*

Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина 76, Челябинск, 454080 Россия

*e-mail: efremov_an94@mail.ru

Поступило в Редакцию 29 ноября 2021 г.

После доработки 29 ноября 2021 г.

Принято к печати 23 декабря 2021 г.

Взаимодействием трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с 3,5-динитробензойной, 2,4-дихлорфеноксиуксусной и 2,4-диметилбензолсульфоновой кислотами в присутствии пероксида водорода получены соответствующие дикарбоксилаты и дисульфонат трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы. Методом рентгеноструктурного анализа изучено строение полученных соединений.

Ключевые слова: трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьма, дикарбоксилат, дисульфонат, окислительный синтез, рентгеноструктурный анализ

DOI: 10.31857/S0044460X22020172

Наиболее изучены арилпроизводные пятивалентной сурьмы с фенильными лигандами и в меньшей степени – с толильными [1, 2]. Вакантные *d*-орбитали атома сурьмы образуют дополнительные координационные связи с заместителями, содержащими пространственно-доступные атомы с неподеленными парами электронов, что приводит к возрастанию координационного числа (КЧ) сурьмы и влияет на реакционную способность соединений. В достаточной мере изучены особенности строения соединений сурьмы с арильными заместителями, включающими атомы азота [3–12], кислорода [13–17], кислорода и брома [18–20], однако практически неизвестны производные сурьмы с иными гетероатомами в арильных лигандах [21].

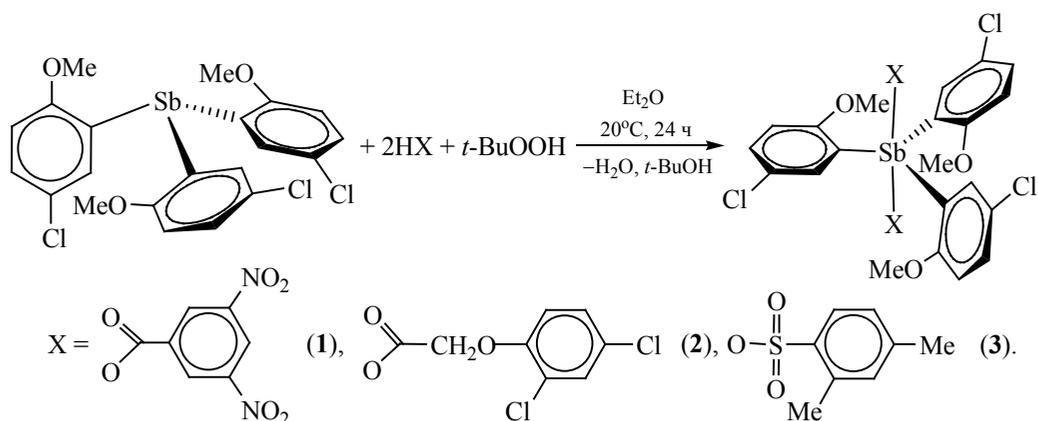
В продолжение исследования особенностей синтеза и строения соединений пятивалентной сурьмы нами получены производные трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы: (2-МеО-5-СlС₆Н₃)₃Sb[OC(O)C₆Н₃(NO₂)₂-3,5]₂ **1**, (2-МеО-5-СlС₆Н₃)₃Sb[OC(O)CH₂OC₆Н₃Cl₂-2,4]₂ **2**, (2-МеО-5-СlС₆Н₃)₃Sb[OSO₂C₆Н₃(CH₃)₂-2,4]₂ **3** и изучены их молекулярная и кристаллическая структура.

Реакции трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с 3,5-динитробензойной, 2,4-дихлорфеноксиуксусной и 2,4-диметилбензолсульфоновой кислотами в присутствии *трет*-бутилгидропероксида (мольное соотношение 1:2:1) протекают в диэтиловом эфире с образованием дикарбоксилатов и дисульфоната *трис*(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы соответственно (схема 1).

Реакции протекают в диэтиловом эфире при комнатной температуре с выходами до 74%. После удаления растворителя с целью получения кристаллов соединений **1** и **3**, пригодных для РСА, твердый остаток кристаллизовали из бензола с добавлением *n*-октана (10:1, об.); соединение **2** кристаллизовали из смеси ССl₄–*n*-октан (10:1, об.).

В ИК спектрах соединений **1–3** наблюдается полоса поглощения валентных колебаний Sb–С при 445, 443 и 443 см⁻¹ соответственно. Карбонильная группа в соединениях **1** и **2** проявляется полосами поглощения валентных колебаний высокой интенсивности при 1672, 1680 см⁻¹ соответственно. Валентные колебания нитрогруппы в ИК спектре

Схема 1.



соединения **1** обнаруживаются при 1544 (асимметричные) и 1346 см^{-1} (симметричные). В ИК спектре соединения **3** колебаниям $\nu(\text{OSO}_2)$ принадлежат полосы при 1384 и 1174 см^{-1} . К ароматическим фрагментам относятся полосы при 1577, 1477, 1436 см^{-1} (**1**), 1577, 1477, 1436 см^{-1} (**2**), 1581, 1477, 1462 см^{-1} (**3**). Валентным колебаниям связей $\text{C}_{\text{Ar}}\text{-H}$ соответствует полоса слабой интенсивности при 3095 (**1**), 3097 (**2**) и 3103 (**3**) см^{-1} , внепло-

скостным деформационным колебаниям этих же связей – полосы высокой интенсивности при 810, 721, 688 см^{-1} (**1**), 837, 786, 715 см^{-1} (**2**), 837, 819, 677 см^{-1} (**3**). В ИК спектрах присутствуют полосы поглощения валентных колебаний метильных групп, асимметричные колебания которых находятся при 2939 (**1**), 2937 (**2**) и 2937 (**3**) см^{-1} , а симметричные – при 2843 (**1**), 2843 (**2**) и 2843 (**3**) см^{-1} [22, 23].

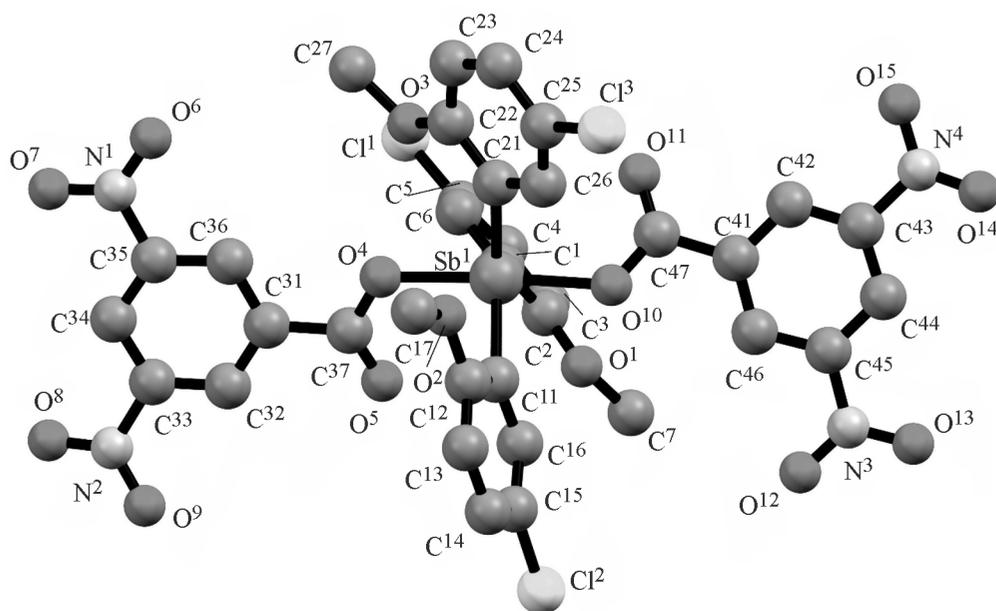


Рис. 1. Общий вид молекулы соединения **1** в кристалле. Атомы водорода и сольватные молекулы бензола не приведены.

Таблица 1. Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур **1–3**

Параметр	1	2	3
<i>M</i>	1046.79	1294.11	994.98
Сингония	Триклинная	Триклинная	Триклинная
<i>T</i> , К	293.15	293.15	293.15
Пространственная группа	<i>P</i> $\bar{1}$	<i>P</i> $\bar{1}$	<i>P</i> $\bar{1}$
<i>a</i> , Å	11.785(3)	11.410(9)	11.077(4)
<i>b</i> , Å	14.392(5)	14.286(7)	15.625(9)
<i>c</i> , Å	15.217(5)	18.049(9)	15.706(6)
α , град	63.066(14)	82.579(16)	115.729(18)
β , град	80.616(16)	72.36(3)	96.245(14)
γ , град	78.362(16)	68.04(3)	104.883(19)
<i>V</i> , Å ³	2246.1(12)	2600(3)	2289.6(18)
<i>Z</i>	2	2	2
<i>d</i> _{выч} , г/см ³	1.548	1.653	1.443
μ , мм ⁻¹	0.865	1.350	0.920
<i>F</i> (000)	1052.0	1280.0	1012.0
Размер кристалла, мм	0.64 × 0.44 × 0.41	0.57 × 0.2 × 0.16	0.55 × 0.33 × 0.19
2 θ , град	5.784–57	6.02–56.998	5.758–57
Интервалы индексов отражений	–15 ≤ <i>h</i> ≤ 15, –19 ≤ <i>k</i> ≤ 19, –20 ≤ <i>l</i> ≤ 20	–15 ≤ <i>h</i> ≤ 15, –19 ≤ <i>k</i> ≤ 19, –24 ≤ <i>l</i> ≤ 24	–14 ≤ <i>h</i> ≤ 14, –20 ≤ <i>k</i> ≤ 20, –21 ≤ <i>l</i> ≤ 21
Всего отражений	144118	160555	60046
Независимых отражений	11385 (<i>R</i> _{int} 0.0332)	13164 (<i>R</i> _{int} 0.0349)	11554 (<i>R</i> _{int} 0.1538)
Отражений с <i>I</i> > 2 σ (<i>I</i>)	10239	11721	7368
Число уточняемых параметров	581	594	525
GOOF	1.088	1.064	0.994
<i>R</i> -Факторы	<i>R</i> ₁ 0.0303,	<i>R</i> ₁ 0.0465,	<i>R</i> ₁ 0.0605,
по <i>F</i> ² > 2 σ (<i>F</i> ²)	<i>wR</i> ₂ 0.0776	<i>wR</i> ₂ 0.1336	<i>wR</i> ₂ 0.1387
<i>R</i> -Факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ 0.0369, <i>wR</i> ₂ 0.0849	<i>R</i> ₁ 0.0529, <i>wR</i> ₂ 0.1404	<i>R</i> ₁ 0.1129, <i>wR</i> ₂ 0.1630
Остаточная электронная плотность (max/min), e/Å ³	0.54/–0.71	1.39/–1.10	1.72/–1.72

По данным РСА, в соединениях **1–3** атомы Sb находятся в экваториальной плоскости и имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода карбоксилатных и сульфонатных лигандов в аксиальных положениях (табл. 1, рис. 1–3). Соединения **1** и **3** представляют собой сольваты с бензолом, соединение **2** – с двумя молекулами CCl₄. В структуре соединения **2** атомы хлора одной молекулы растворителя разупорядочены по двум положениям (доли вкладов положений в разупорядоченный фрагмент: 0.68 и 0.32). Сольватная молекула бензола в структуре **3**

разупорядочена по двум положениям с заселенностью атомов 0.51 и 0.49.

Суммы углов CSbC в экваториальной плоскости молекул **1–3** равны 359.96(8), 359.97(14) и 359.50(16)° соответственно (табл. 2). Отклонения атома сурьмы от экваториальной плоскости: 0.023 (**1**), 0.021 (**2**) и 0.085 Å (**3**). Плоские ароматические кольца во всех структурах развернуты вокруг связей Sb–C таким образом, чтобы свести к минимуму внутри- и межмолекулярные контакты. Аксиальные углы OSbO в молекулах **1–3**: 175.13(6), 172.21(8) и 175.97(10)° соответственно. Длины

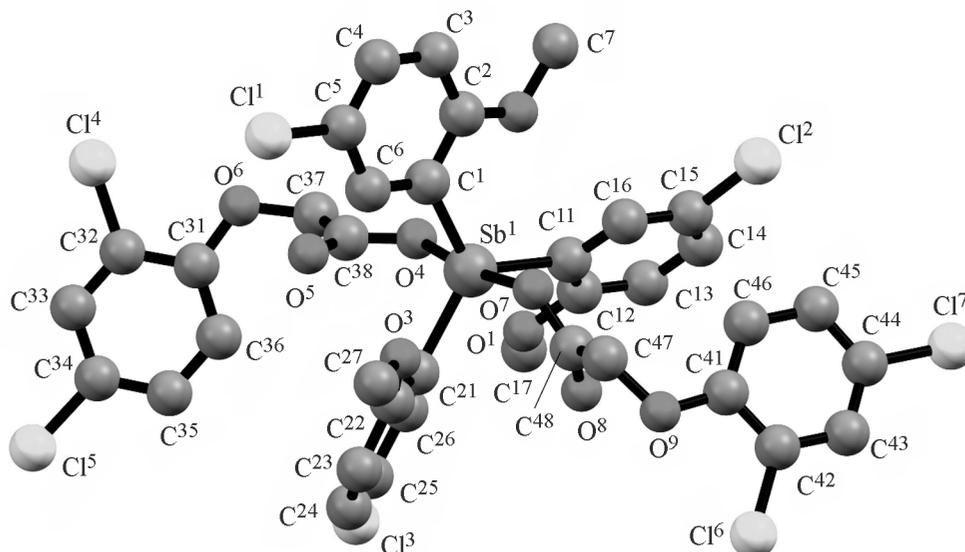


Рис. 2. Общий вид молекулы соединения **2** в кристалле. Атомы водорода и сольватные молекулы CCl_4 не приведены.

связей $\text{Sb}-\text{C}$ в соединениях **1** и **3** имеют близкие значения: 2.110(2)–2.113(2) и 2.106(4)–2.114(4) Å соответственно; в структуре **2** связи $\text{Sb}-\text{C}$ длинее (2.117(3)–2.130(3) Å). Расстояния $\text{Sb}-\text{O}$ [2.1114(16), 2.1012(16) (**1**), 2.126(2), 2.104(2) (**2**), 2.138(3), 2.095(3) Å (**3**)] соизмеримы с ковалентными длинами связей $\text{Sb}-\text{O}$ (2.05 Å [24]).

Карбоксилатные лиганды в молекулах структурно охарактеризованных дикарбоксилатов триарилсурьмы, как правило, расположены таким образом, что внутримолекулярные контакты $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{C}$ формируются внутри одного экваториального угла, значение которого может возрастать до $161.47(6)^\circ$ [1]. Однако в соединениях **1** и **2** карбонильные атомы кислорода находятся напротив разных экваториальных углов, которые изменяются в интервалах $115.69(8)$ – $124.48(8)$ (**1**), $119.47(15)$ – $120.75(14)^\circ$ (**2**), как и в молекулах дикарбоксилатов трис(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы [1]. В соединениях **1** и **2** бидентатные карбоксилатные лиганды координируются к атому металла несимметрично, внутримолекулярные расстояния $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{C}$ [3.076(2), 3.266(3) (**1**), 2.123(3), 3.171(3) Å (**2**)] меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов Sb и O (3.58 Å [24]). Расстояния $\text{Sb}\cdots\text{O}$ в молекулах **1**, **2** сопоставимы с аналогичными расстояниями в других структурно охарактеризованных дикарбоксилатах триарилсурьмы, в кислотных остатках ко-

торых присутствуют электроотрицательные группы [1]. В соединении **3** наблюдается аналогичная координация сульфонатных лигандов, однако внутримолекулярные контакты $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{S}$ гораздо слабее [3.338(4), 3.266(4) Å].

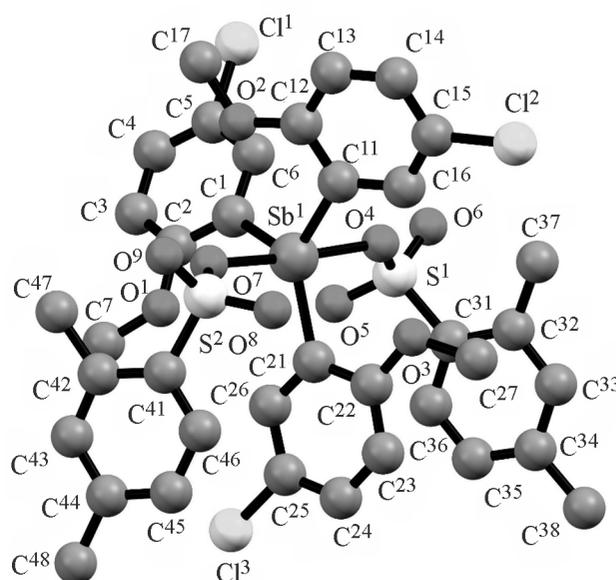


Рис. 3. Общий вид молекулы соединения **3** в кристалле. Атомы водорода и сольватная молекула бензола не приведены.

Таблица 2. Некоторые межатомные расстояния и валентные углы в молекулах соединений 1–3

Связь	$d, \text{Å}$	Угол	$\omega, \text{град}$
1			
Sb ¹ –O ⁴	2.1114(16)	O ⁴ Sb ¹ C ¹¹	90.83(8)
Sb ¹ –O ¹⁰	2.1012(16)	O ¹⁰ Sb ¹ O ⁴	175.13(6)
Sb ¹ –C ²¹	2.111(2)	O ¹⁰ Sb ¹ C ²¹	90.36(8)
Sb ¹ –C ¹	2.110(2)	O ¹⁰ Sb ¹ C ¹	93.21(8)
Sb ¹ –C ¹¹	2.113(2)	O ¹⁰ Sb ¹ C ¹¹	84.49(7)
Sb ¹ …O ¹	3.154(2)	C ²¹ Sb ¹ O ⁴	90.45(8)
Sb ¹ …O ²	3.026(3)	C ²¹ Sb ¹ C ¹¹	115.69(8)
Sb ¹ …O ³	3.230(2)	C ¹ Sb ¹ O ⁴	90.55(7)
Sb ¹ …O ⁵	3.076(2)	C ¹ Sb ¹ C ²¹	119.79(8)
Sb ¹ …O ¹¹	3.266(3)	C ¹ Sb ¹ C ¹¹	124.48(8)
2			
Sb ¹ –O ⁷	2.126(2)	O ⁷ Sb ¹ C ¹¹	88.02(11)
Sb ¹ –C ¹¹	2.130(3)	O ⁷ Sb ¹ C ²¹	95.27(11)
Sb ¹ –O ⁴	2.104(2)	O ⁴ Sb ¹ O ⁷	172.21(8)
Sb ¹ –C ¹	2.117(3)	O ⁴ Sb ¹ C ¹¹	87.57(11)
Sb ¹ –C ²¹	2.129(3)	O ⁴ Sb ¹ C ¹	91.68(11)
Sb ¹ …O ¹	3.055(6)	O ⁴ Sb ¹ C ²¹	92.50(11)
Sb ¹ …O ²	3.197(3)	C ¹ Sb ¹ O ⁷	85.06(11)
Sb ¹ …O ³	3.149(4)	C ¹ Sb ¹ C ¹¹	120.75(14)
Sb ¹ …O ⁵	3.123(3)	C ¹ Sb ¹ C ²¹	119.47(15)
Sb ¹ …O ⁸	3.171(3)	C ²¹ Sb ¹ C ¹¹	119.75(12)
3			
Sb ¹ –O ⁴	2.138(3)	O ⁷ Sb ¹ O ⁴	175.97(10)
Sb ¹ –O ⁷	2.095(3)	O ⁷ Sb ¹ C ¹¹	93.63(15)
Sb ¹ –C ¹¹	2.106(4)	O ⁷ Sb ¹ C ¹	89.22(15)
Sb ¹ –C ¹	2.106(4)	O ⁷ Sb ¹ C ²¹	93.81(15)
Sb ¹ –C ²¹	2.114(4)	C ¹¹ Sb ¹ O ⁴	83.01(14)
Sb ¹ …O ¹	3.204(4)	C ¹¹ Sb ¹ C ¹	111.47(16)
Sb ¹ …O ²	3.080(5)	C ¹¹ Sb ¹ C ²¹	126.43(16)
Sb ¹ …O ³	3.122(4)	C ¹ Sb ¹ O ⁴	89.94(14)
Sb ¹ …O ⁵	3.338(4)	C ¹ Sb ¹ C ²¹	121.60(16)
Sb ¹ …O ⁸	3.266(4)	C ²¹ Sb ¹ O ⁴	89.99(15)

В молекулах 1–3 наблюдаются короткие расстояния между атомами кислорода метоксигрупп и атомами сурьмы [3.154(2), 3.026(3), 3.230(2) (**1**), 3.055(6), 3.197(3), 3.149(4) (**2**), 3.204(4), 3.080(5), 3.122(4) Å (**3**)]; аналогичные расстояния в молекуле трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы: 3.053(1), 3.054(1) и 3.011(1) Å [21]. Невалентные взаимодействия Sb¹…Оме в кристаллах 1–3 повышают координационное число металла до 10 (5+5).

Формирование пространственной сетки в кристалле соединения 1 обусловлено слабыми

водородными связями С=О…Н (2.41, 2.70 Å) и ОНО…Н (2.52, 2.43 Å). Нитрогруппа также образует водородную связь с сольватной молекулой бензола (2.7 Å). В кристалле соединения 2 кроме межмолекулярных контактов С=О…Н (2.57, 2.56 Å) наблюдаются укороченные расстояния между атомами хлора карбоксилатного и арильного лигандов соседних молекул (Cl…Cl 3.39 Å). Сольватные молекулы тетрахлорметана включены в упаковку молекул соединения 2 и образуют межмолекулярные связи Cl…Н (2.93 Å), Cl…О=С

(3.01 Å) и $\text{Cl}_3\text{C}-\text{Cl}\cdots\text{Cl}-\text{CCl}_3$ (3.13 Å). Пространственная сетка кристалла соединения **3** формируется посредством образования слабых водородных связей $\text{S}=\text{O}\cdots\text{H}_{\text{Ar}}$ (2.69, 2.44, 2.70 и 2.62 Å) и $\text{Cl}\cdots\text{H}$ (2.90 Å). Во всех кристаллических структурах наблюдаются $\text{C}=\text{N}-\pi$ -взаимодействия.

Таким образом, взаимодействие трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с 3,5-динитробензойной, 2,4-дихлорфеноксиуксусной и 2,4-диметилбензолсульфоновой кислотами в присутствии пероксида водорода в эфире приводит к образованию дипроизводных трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы. Соединения имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода карбоксилатных и сульфонатных лигандов в аксиальных положениях. Внутримолекулярные взаимодействия $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{C}$ и $\text{Sb}\cdots\text{O}(\text{S})$ в молекулах полученных соединений повышают координационное число металла до 10 (5+5).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записывали на спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в области 4000–400 cm^{-1} (таблетка KBr). Элементный анализ на C, H проведен на анализаторе Carlo-Erba 1106.

РСА кристаллов соединений **1–3** проводили на дифрактометре D8 QUEST Bruker (MoK_α -излучение, λ 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 [25]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [26], OLEX2 [27]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для не водородных атомов. Кристаллографические данные и результаты уточнения структуры приведены в табл. 1, основные длины связей и валентные углы – в табл. 2. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных [CCDC 2051941 (**1**), 2055804 (**2**), 2060273 (**3**)].

Исходное соединение – трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьму – синтезировали по методике, приведенной в работе [28].

Бис(3,5-динитробензоат) трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы (1). К раствору 0.1 г (0.16 ммоль) трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы в диэтиловом эфире добавляли 0.068 г (0.32 ммоль) 3,5-динитробензойной кислоты, затем 0.005 г (0.16 ммоль) 30%-ного водного раствора пероксида водорода. Полученную смесь выдерживали при комнатной температуре 24 ч. После испарения растворителя твердый остаток перекристаллизовывали из смеси бензол–*n*-октан (10:1, об.). Выход 0.123 г (73.7%), бесцветные кристаллы, т. пл. 192°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3095, 2939, 2843, 2679, 2536, 1705, 1672, 1662, 1625, 1581, 1544, 1477, 1462, 1438, 1384, 1346, 1301, 1284, 1257, 1238, 1180, 1143, 1109, 1072, 1016, 923, 887, 821, 810, 783, 729, 721, 698, 688, 642, 555, 532, 445, 428. Найдено, %: C 47.15; H 2.76. $\text{C}_{41}\text{H}_{30}\text{Cl}_3\text{N}_4\text{O}_{15}\text{Sb}$. Вычислено, %: C 47.04; H 2.89.

Соединения **2** и **3** получены аналогично.

Бис(2,4-дихлорфеноксиацетат)трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы (2). Выход 74.5%, бесцветные кристаллы, т. пл. 132°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3097, 3074, 2937, 2843, 1691, 1680, 1577, 1477, 1436, 1373, 1330, 1309, 1282, 1253, 1226, 1180, 1145, 1105, 1082, 1051, 1018, 914, 900, 889, 873, 837, 813, 794, 786, 761, 715, 680, 644, 617, 578, 557, 507, 457, 443, 418. Найдено, %: C 35.98; H 2.16. $\text{C}_{39}\text{H}_{28}\text{Cl}_5\text{O}_9\text{Sb}$. Вычислено, %: C 36.19; H 2.19.

Бис(2,4-диметилбензолсульфонат)трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы (3). Выход 68.6%, бесцветные кристаллы, т. пл. 154°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3103, 2937, 2843, 1604, 1581, 1477, 1438, 1384, 1313, 1301, 1282, 1257, 1174, 1155, 1141, 1109, 1066, 1047, 1016, 943, 931, 906, 837, 819, 709, 677, 665, 642, 592, 574, 563, 538, 524, 443, 418. Найдено, %: C 52.01; H 4.17. $\text{C}_{43}\text{H}_{42}\text{Cl}_3\text{O}_9\text{S}_2\text{Sb}$. Вычислено, %: C 51.90; H 4.26.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Ефремов Андрей Николаевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2329-4684>

ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-33-90099).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Cambridge Crystallographic Data Center, 2020. <http://www.ccdc.cam.ac.uk>
- Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. хим. 2020. Т. 46. № 10. С. 579; Sharutin V.V., Sharutina O.K., Poddel'sky A.I. // Russ. J. Coord. Chem. 2020. Vol. 46. N 10. P. 663. doi 10.1134/S1070328420100012
- Onishi K., Douke M., Nakamura T., Ochiai Y., Kakusawa N., Yasuike S., Kurita J., Yamamoto S., Kawahata M., Yamaguchi K., Yagura, T. // J. Inorg. Biochem. 2012. Vol. 117. P. 77. doi 10.1016/j.jinorgbio.2012.09.009
- Copolovici D., Isaia F., Breunig H.J., Rat C.I., Silvestru C. // RSC Adv. 2014. Vol. 4. P. 26569. doi 10.1039/C4RA03482A
- Chirca I., Soran A., Silvestru A., Silvestru C. // Rev. Roum. Chim. 2015. Vol. 60. P. 643
- Copolovici D., Bojan V.R., Rat C.I., Silvestru A., Breunig H.J., Silvestru C. // Dalton Trans. 2010. Vol. 39. P. 6410. doi 10.1039/C003318A
- Okajima S., Yasuike S., Kakusawa N., Osada A., Yamaguchi K., Seki H., Kurita J. // J. Organomet. Chem. 2002. Vol. 656. P. 234. doi 10.1016/S0022-328X(02)01622-4
- Yatamichi H., Matsukawa S., Kojima S., Ando K., Yamamoto Y. // Heteroatom Chem. 2011. Vol. 22. P. 553. doi 10.1002/hc.20721
- Reznicek T., Dostal L., Ruzicka A., Vinklerek J., Rezacova M., Jambor R. // Appl. Organomet. Chem. 2012. Vol. 26. N 5. P. 237. doi 10.1002/aoc.2845
- Obata T., Matsumura M., Kawahata M., Hoshino S., Yamada M., Murata Y., Kakusawa N., Yamaguchi K., Tanaka M., Yasuike S. // J. Organomet. Chem. 2016. Vol. 807. P. 17. doi 10.1016/j.jorganchem.2016.02.008
- Matano Y., Nomura H., Suzuki H. // Inorg. Chem. 2000. Vol. 39. N 7. P. 1340. doi 10.1021/ic991120e
- Matano Y., Nomura H., Suzuki H. // Inorg. Chem. 2002. Vol. 41. N 7. P. 1940. doi 10.1021/ic0110575
- Matano Y., Nomura H., Hisanaga T., Nakano H., Shiro M., Imahori H. // Organometallics. 2004. Vol. 23. N 23. P. 5471. doi 10.1021/om0494115
- Hirai M., Gabbai F.P. // Angew. Chem. Int. Ed. 2015. Vol. 54. N 4. P. 1205. doi 10.1002/anie.201410085
- Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчуринов В.С., Карцева М.К., Андреев П.В. // ЖНХ. 2018. Т. 63. № 7. С. 823; Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Kartseva M.K., Andreev P.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2018. Vol. 63. N 7. P. 867. doi 10.1134/S0036023618070185
- Егорова И.В., Жидков В.В., Гринишак И.П., Багрянская И.Ю., Первухина Н.В. // ЖНХ. 2018. Т. 63. № 6. С. 745; Egorova I.V., Zhidkov V.V., Grinishak I.P., Bagryanskaya I.Y., Pervukhina N.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2018. Vol. 63. N 6. P. 781. doi 10.1134/S0036023618060086
- Егорова И.В., Жидков В.В., Гринишак И.П., Багрянская И.Ю., Первухина Н.В., Ельцов И.В., Куратьева Н.В. // ЖНХ. 2019. Т. 64. № 1. С. 15; Egorova I.V., Zhidkov V.V., Grinishak I.P., Bagryanskaya I.Y., Pervukhina N.V., El'tsov I.V., Kurat'eva N.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2019. Vol. 64. N 1. P. 28. doi 10.1134/S0036023619010078
- Шарутин В.В., Шарутина О.К. // ЖНХ. 2015. Т. 60. № 12. С. 1631; Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. Vol. 60. N 12. P. 1491. doi 10.1134/S0036023615120219
- Шарутин В.В., Сенчуринов В.С., Шарутина О.К., Чагарова О.В., Зелевец Л.Е. // Коорд. хим. 2011. Т. 37. № 10. С. 782; Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Chagarova O.V., Zelevets L.E. // Russ. J. Coord. Chem. 2011. Vol. 37. N 10. P. 781. doi 10.1134/S1070328411090089
- Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчуринов В.С. // ЖНХ. 2014. Т. 59. № 4. С. 481; Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. Vol. 59. N 4. P. 326. doi 10.1134/S0036023614040202
- Шарутин В.В., Шарутина О.К. // ЖОХ. 2020. Т. 90. Вып. 10. С. 1577; Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Gen. Chem. 2020. Vol. 90. N 10. P. 1901. doi 10.1134/S1070363220100138
- Васильев А.В., Гриненко Е.В., Щукин А.О., Федуллина Т.Г. СПб.: СПбГЛТА, 2007, 54 с.
- Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. М.: МГУ, 2012. 55 с.
- Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R., Cramer C.J., Truhlar D.G. // J. Phys. Chem. (A). 2009. Vol. 113. N 19. P. 5806. doi 10.1021/jp8111556
- Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System, Bruker AXS, Inc., Madison (WI), USA, 1998.
- Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data, Bruker AXS, Inc., Madison (WI), USA, 1998.
- 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
- Шарутин В.В., Шарутина О.К. // ЖНХ. 2021. Т. 66. № 3. С. 358; Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Inorg. Chem. 2021. Vol. 66. N 3. P. 361. doi 10.1134/S0036023621030153

Synthesis and Structure of Tris(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony Diarylcarboxylates and Diarenesulfonate

V. V. Sharutin, O. K. Sharutina, and A. N. Efremov*

South Ural State University, Chelyabinsk, 454080 Russia

**e-mail: efremov_an94@mail.ru*

Received November 29, 2021; revised November 29, 2021; accepted December 23, 2021

The reaction of tris(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony with 3,5-dinitrobenzoic, 2,4-dichlorophenoxyacetic, and 2,4-dimethylbenzenesulfonic acids in the presence of hydrogen peroxide gave the corresponding dicarboxylates and disulfonates. Molecular and crystal structure of the obtained compounds was studied by single crystal X-ray diffraction analysis.

Keywords: tris(2-methoxy-5-chlorophenyl)antimony, dicarboxylate, disulfonate, oxidative synthesis, X-ray diffraction analysis