

КООРДИНАЦИОННЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ

УДК 546.865+547.53.024+548.312.5

ДИКАРБОКСИЛАТЫ ТРИС(2-МЕТОКСИ-5-ХЛОРФЕНИЛ)СУРЬМЫ  
(5-Cl-2-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Sb[OC(O)R]<sub>2</sub>, R = CH<sub>2</sub>Br, CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3, C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3.  
СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ

© 2021 г. В. В. Шарутин<sup>а</sup>, \*, О. К. Шарутина<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Южно-Уральский университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080 Россия

\*e-mail: sharutinvv@susu.ru

Поступила в редакцию 20.07.2020 г.

После доработки 13.08.2020 г.

Принята к публикации 27.08.2020 г.

В кристалле сольвата трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с бензолом (5-Cl-2-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Sb (I) · 1/2C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, полученного из SbCl<sub>3</sub> и 2-метокси-5-хлорфениллития в эфире и перекристаллизованного из бензола, атомы сурьмы имеют тригональное окружение лигандов с учетом координации атомов кислорода MeO-групп на атом металла (внутримолекулярные расстояния Sb...OMe 3.053(1), 3.054(1) и 3.011(1) Å, КЧ = 3 + 3). Действие гидропероксида третичного бутила на смесь трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы и бромуксусной, 3-фторфенилуксусной, 2,3-дифторбензойной кислот в эфире приводит к синтезу тригонально-бипирамидальных дикарбоксилатов триарилсурьмы (5-Cl-2-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Sb[OC(O)R]<sub>2</sub>, где R = CH<sub>2</sub>Br (II), CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3 (III), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (IV), с карбоксильными лигандами в апикальных позициях. В кристаллах II–IV имеет место дополнительная координация атома металла с атомами кислорода O=C- и MeO-групп.

**Ключевые слова:** дикарбоксилаты трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ

DOI: 10.31857/S0044457X21030156

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени наиболее изученными арильными соединениями сурьмы были фенильные и в меньшей степени *n*-толильные производные [1]. Наличие вакантных *d*-орбиталей у атомов сурьмы позволяет образовывать дополнительные координационные связи с лигандами, содержащими пространственно доступные атомы с неподеленными электронными парами, что приводит к увеличению координационного числа металла и часто влияет на реакционную способность соединений. Так, известны немногочисленные арильные производные сурьмы, имеющие в фенильных заместителях такие потенциальные координирующие центры, как атомы азота [2–8] или кислорода [9–17].

Известно, что дикарбоксилаты триарилсурьмы способны оказывать противоопухолевое, антилейшманиозное и антибактериальное действие, а также обладают электрохимическими и фотолуминесцентными свойствами [18–28]. Изучались фотокаталитические свойства этих соединений [29]. Установлено, что фторсодержащие заместители влияют на такие свойства, как способность к абсорбции и липофильность, а значит, на химическую и биологическую активность соединений

[30, 31]. Фторсодержащие соединения в настоящее время используются в медицине [32, 33]. В работе [20] авторы отмечают, что антилейшманиозная активность сурьмаорганических производных повышается, если в молекулярных структурах присутствует большое количество взаимодействий, в частности, за счет атомов галогенов.

В настоящей работе впервые получена трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьма (I), изучены ее реакции с карбоновыми кислотами в присутствии *трет*-бутилгидропероксида и установлены особенности строения полученных соединений (5-Cl-2-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Sb[OC(O)R]<sub>2</sub>, где R = CH<sub>2</sub>Br (II), CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3 (III), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (IV).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК-спектры соединений записывали на ИК-фурье-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетках KBr.

Рентгеноструктурный анализ выполняли 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

проводили по известным программам [34–36]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных.

**Соединение I** (CCDC 1977662): кристаллы моноклинные, пр. гр.  $P2_1/n$ ,  $a = 8.899(3)$ ,  $b = 21.324(12)$ ,  $c = 13.703(5)$  Å,  $\beta = 107.413(13)^\circ$ ,  $V = 2481.1(19)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.567$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 1.458$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 1164.0$ . Измерено 6270 независимых отражений ( $R_{\text{int}} = 0.0353$ ), 294 параметра уточнения:  $R_1 = 0.0251$ ,  $wR_2 = 0.0564$ .

**Соединение II** (CCDC 1985087): кристаллы триклинные, пр. гр.  $P\bar{1}$ ,  $a = 9.604(13)$ ,  $b = 12.034(12)$ ,  $c = 15.042(14)$  Å,  $\alpha = 108.66(4)^\circ$ ,  $\beta = 95.24(5)^\circ$ ,  $\gamma = 111.48(5)^\circ$ ,  $V = 1489(3)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 2$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.834$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 3.919$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 800.0$ . Измерено 7530 независимых отражений ( $R_{\text{int}} = 0.0400$ ), 357 параметров уточнения:  $R_1 = 0.0301$ ,  $wR_2 = 0.0726$ .

**Соединение III** (CCDC 1981658): кристаллы триклинные, пр. гр.  $P\bar{1}$ ,  $a = 10.668(9)$ ,  $b = 12.434(8)$ ,  $c = 14.239(8)$  Å,  $\alpha = 106.48(2)^\circ$ ,  $\beta = 98.17(3)^\circ$ ,  $\gamma = 95.42(3)^\circ$ ,  $V = 1775(2)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 2$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.596$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 1.063$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 856.0$ . Измерено 8980 независимых отражений ( $R_{\text{int}} = 0.0514$ ), 461 параметр уточнения:  $R_1 = 0.0334$ ,  $wR_2 = 0.0718$ .

**Соединение IV** (CCDC 1986142): кристаллы триклинные, пр. гр.  $P\bar{1}$ ,  $a = 9.456(3)$ ,  $b = 11.929(7)$ ,  $c = 18.220(7)$  Å,  $\alpha = 108.109(18)^\circ$ ,  $\beta = 90.379(16)^\circ$ ,  $\gamma = 94.94(3)^\circ$ ,  $V = 1945.0(16)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 2$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.536$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 0.981$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 898.0$ . Измерено 10023 независимых отражения ( $R_{\text{int}} = 0.0249$ ), 477 параметров уточнения:  $R_1 = 0.0288$ ,  $wR_2 = 0.0741$ .

**Сольват трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы с бензолом (I · 1/2C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)** синтезировали по методике, описанной в [12]. Получили бесцветные кристаллы I · 1/2C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (85%) с  $t_{\text{пл}} = 178^\circ\text{C}$ . ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3088, 3045, 2997, 2960, 2937, 2837, 2517, 2036, 1863, 1570, 1463, 1431, 1377, 1286, 1261, 1234, 1178, 1141, 1101, 1045, 1020, 887, 812, 802, 732, 715, 692, 673, 638, 545, 528, 441.

	C	H
Найдено, %:	49.10;	3.63.
Для C <sub>24</sub> H <sub>21</sub> Cl <sub>3</sub> O <sub>3</sub> Sb		
вычислено, %:	49.19;	3.59.

Соединения II–IV синтезировали способом, описанным в [13].

**Соединение II.** Бесцветные кристаллы с  $t_{\text{пл}} = 128^\circ\text{C}$ . ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3102, 2991, 2839,

1726, 1665, 1580, 1477, 1437, 1383, 1315, 1283, 1256, 1186, 1146, 1111, 1047, 1015, 930, 891, 829, 812, 685, 642, 565, 484, 451.

	C	H
Найдено, %:	36.48;	2.73.
Для C <sub>25</sub> H <sub>22</sub> Br <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> O <sub>7</sub> Sb		
вычислено, %:	36.50;	2.68.

**Соединение III.** Бесцветные кристаллы с  $t_{\text{пл}} = 169^\circ\text{C}$ . ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3007, 2943, 2843, 1713, 1657, 1614, 1599, 1477, 1449, 1439, 1383, 1294, 1252, 1180, 1142, 1109, 1049, 1015, 962, 922, 908, 889, 827, 781, 729, 685, 644, 530, 484, 451.

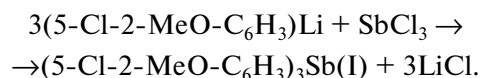
	C	H
Найдено, %:	49.98;	3.60.
Для C <sub>37</sub> H <sub>30</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>2</sub> O <sub>7</sub> Sb		
вычислено, %:	52.05;	3.52.

**Сольват IV с бензолом.** Бесцветные кристаллы с  $t_{\text{пл}} = 147^\circ\text{C}$ . ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3088, 2980, 2843, 1645, 1589, 1479, 1439, 1383, 1342, 1323, 1271, 1254, 1182, 1151, 1049, 1015, 955, 836, 818, 765, 756, 681, 642, 519, 486, 447.

	C	H
Найдено, %:	50.62;	3.13.
Для C <sub>38</sub> H <sub>27</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>4</sub> O <sub>7</sub> Sb		
вычислено, %:	50.67;	3.00.

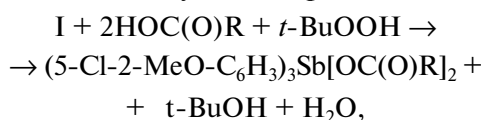
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьму (I) синтезировали из 5-хлор-2-метоксифениллития и SbCl<sub>3</sub> по реакции:



Исходное соединение лития получали по методике [12]. Соединение I выделяли после перекристаллизации из бензола в форме сольвата I · 1/2C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

Установлено, что дикарбоксилаты трис(2-метокси-5-хлорфенил)сурьмы можно синтезировать с высоким выходом из триарилсурьмы, окислителя и соответствующих карбоновых кислот:



R = CH<sub>2</sub>Br (II), CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3 (III), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (IV)  
Соединение IV выделяли в виде сольвата IV · 1/2C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.

В ИК-спектрах соединений I–IV наблюдаются интенсивные полосы при ~450 (Sb–C), ~1250

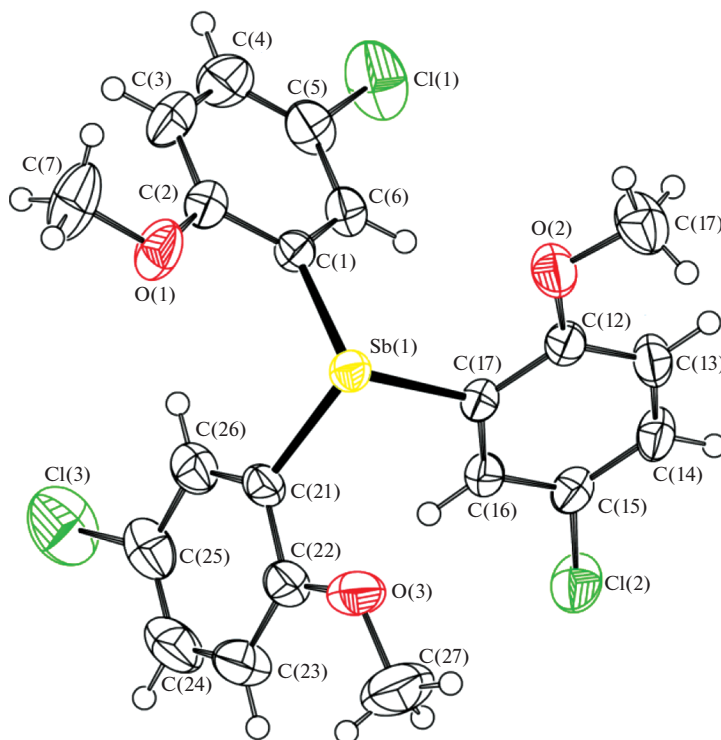


Рис. 1. Общий вид молекулы I. Для неводородных атомов приведена нумерация и показаны эллипсоиды атомных смещений 50%-ной вероятности.

(O—C),  $\sim 1670$  (O=C),  $\sim 1470$  (Ar),  $\sim 2835$  (H—C<sub>Alk</sub>),  $\sim 3050$   $\text{cm}^{-1}$  (H—C<sub>Ar</sub>).

По данным РСА, молекула соединения I имеет конфигурацию тригональной пирамиды (рис. 1).

Длины связей Sb—C равны 2.167(2), 2.174(2) и 2.166(2) Å. Атомы кислорода MeO-групп координированы на атом сурьмы. Углы CSbC и внутримолекулярные расстояния Sb...O составляют  $92.30(7)^\circ$ ,  $94.70(8)^\circ$ ,  $94.63(8)^\circ$  и  $3.053(1)$ ,  $3.054(1)$ ,  $3.011(1)$  Å соответственно, что сравнимо с аналогичными углами и расстояниями в *трис*(2-метокси-5-бромфенил)сурьме ( $92.19(6)^\circ$ ,  $94.23(6)^\circ$ ,  $94.52(6)^\circ$  и  $2.985(1)$ ,  $3.051(1)$ ,  $3.052(1)$  Å) [12]. Наличие внутримолекулярных контактов в I обуславливает уменьшение валентных углов CSbC по сравнению с производными Ph<sub>3</sub>Sb ( $95.15$ – $98.02^\circ$  [37]) и *p*-ToI<sub>3</sub>Sb ( $97.3^\circ$  [38]), в которых такие контакты отсутствуют.

В соединениях II–IV атомы Sb имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с карбоксилатными лигандами в аксиальных положениях (рис. 2–4). В кристалле II атом брома в одном из бромцетатных лигандов статистически разупорядочен между двумя положениями в соотношении 0.55 : 0.45. В кристалле IV · 0.5C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> один из 2,3-дифторбензоатных фрагментов имеет ориентационную разупорядоченность.

Суммы валентных углов в экваториальной плоскости составляют  $359.96^\circ$  (II),  $359.86^\circ$  (III),  $359.38^\circ$  (IV). Углы OSbC несколько отклоняются от теоретического значения:  $87.44(13)^\circ$ – $97.59(13)^\circ$  (II),  $83.12(9)^\circ$ – $96.14(9)^\circ$  (III),  $82.86(17)^\circ$ – $100.09(7)^\circ$  (IV). Аксиальные углы OSbO ( $176.53(7)^\circ$  в II,  $172.97(7)^\circ$  в III,  $177.01(5)^\circ$  в IV) отличаются от идеального значения  $180^\circ$ . Длины связей Sb—C имеют близкие значения:  $2.101(3)$ – $2.116(3)$  Å в II,  $2.100(3)$ – $2.120(2)$  Å в III,  $2.100(2)$ – $2.118(2)$  Å в IV. Расстояния Sb—O ( $2.109(3)$ ,  $2.113(3)$  Å в II,  $2.091(2)$ ,  $2.091(2)$  Å в III,  $2.1012(19)$ ,  $2.1346(18)$  Å в IV) соизмеримы с ковалентными длинами связей Sb—O ( $2.05$  Å [39]). В II–IV бидентатные карбоксилатные лиганды несимметричны, внутримолекулярные расстояния Sb...O(=C) равны  $3.000(3)$ ,  $3.181(3)$  Å в II,  $3.171(3)$ ,  $3.064(3)$  Å в III и  $2.997(2)$ ,  $3.124(2)$  Å в IV, что меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов атомов Sb и O ( $3.58$  Å [40]). Атомы кислорода метоксигрупп в II–IV координированы на атом сурьмы ( $3.155(1)$ ,  $3.122(1)$ ,  $3.110(1)$  Å для II,  $3.182(1)$ ,  $3.172(1)$ ,  $3.170(1)$  Å для III и  $3.203(1)$ ,  $3.119(1)$ ,  $3.060(1)$  Å для IV) в меньшей степени, чем в I.

Известно, что карбоксилатные лиганды в молекулах структурно охарактеризованных дикарбоксилатов триарилсурьмы, как правило, расположены таким образом, что внутримолекулярные контакты Sb...O(=C) формируются внутри

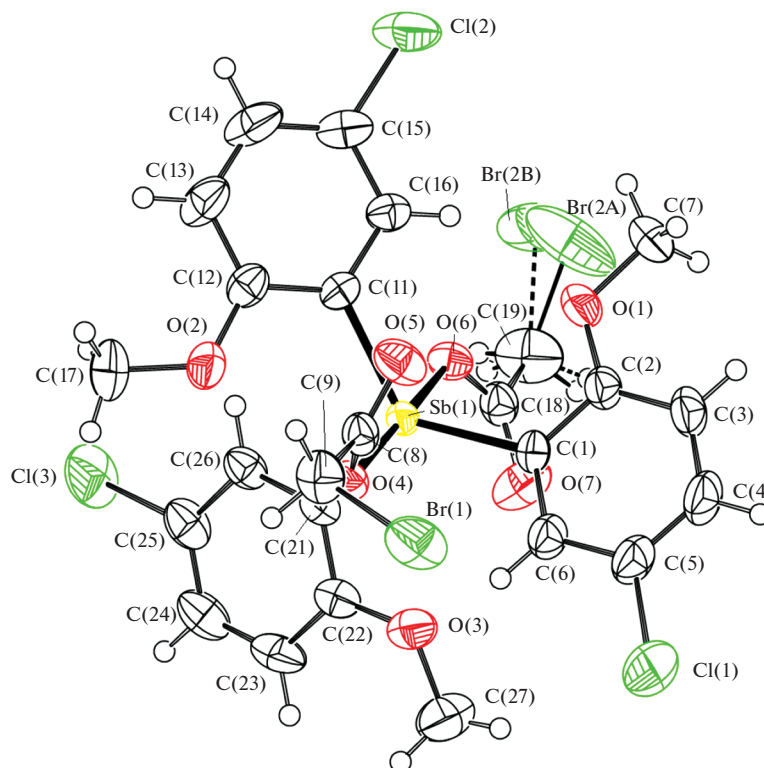


Рис. 2. Общий вид молекулы II. Для неводородных атомов приведена нумерация и показаны эллипсоиды атомных смещений 50%-ной вероятности. Для разупорядоченного атома брома показаны два положения: Br(2A) и Br(2B).

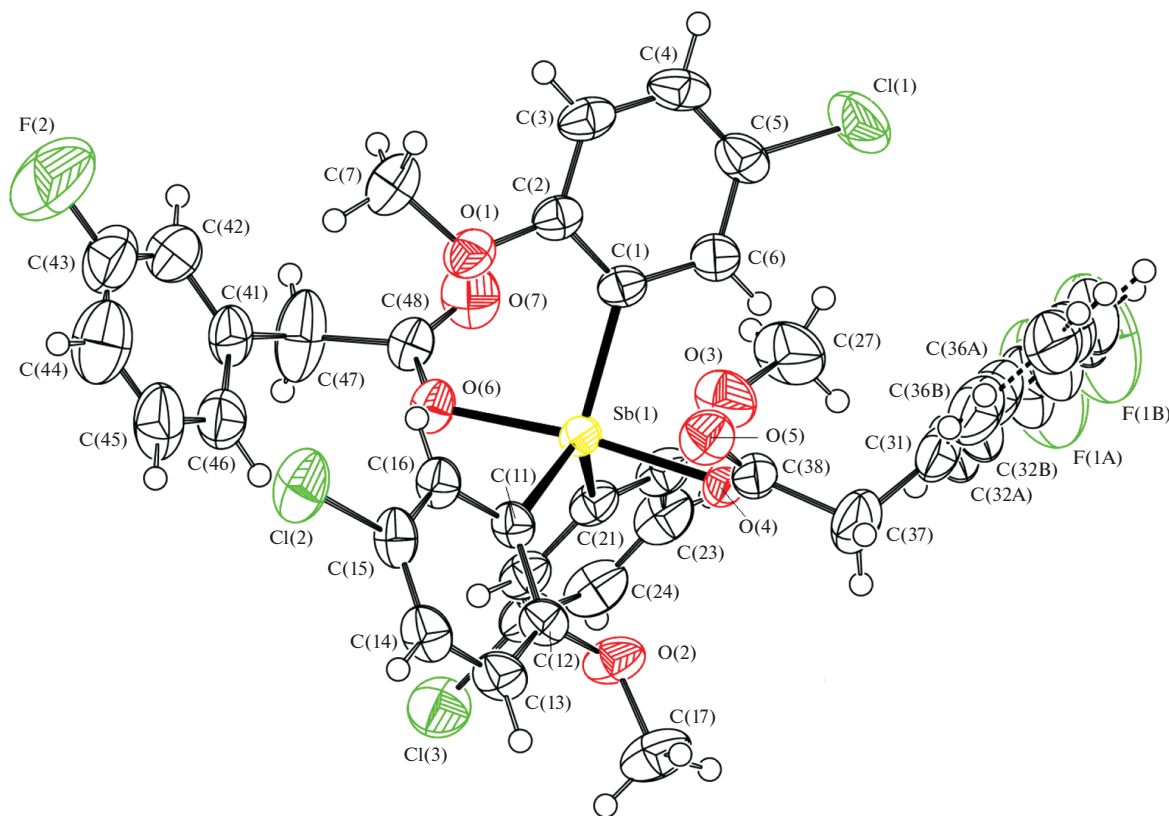
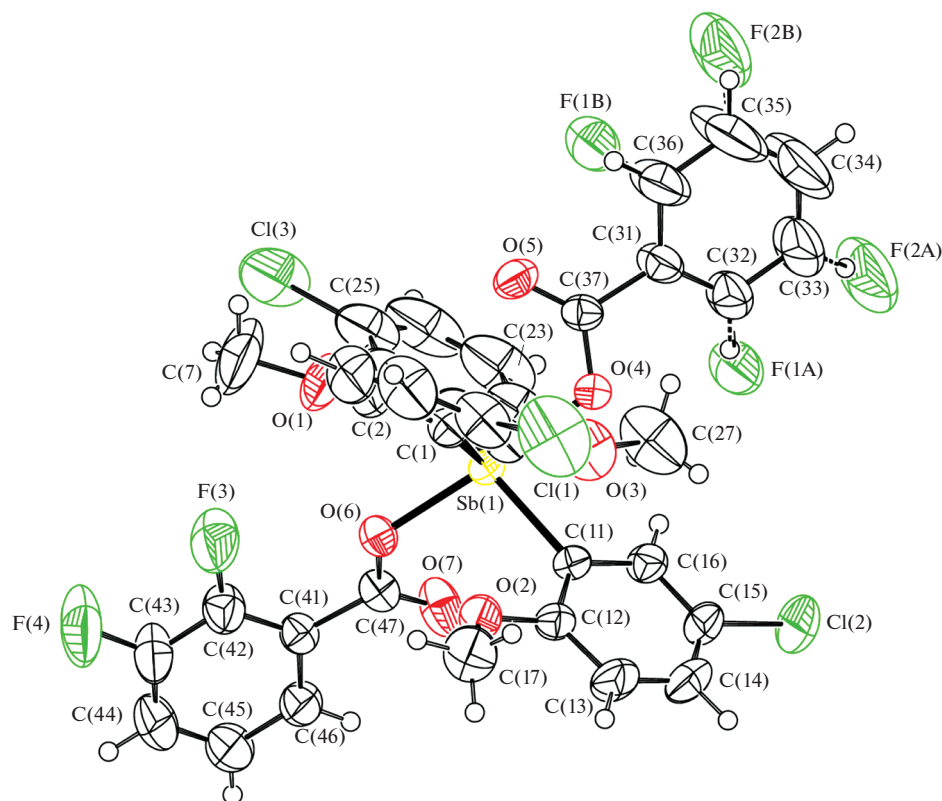


Рис. 3. Общий вид молекулы III. Для неводородных атомов приведена нумерация и показаны эллипсоиды атомных смещений 50%-ной вероятности. Для разупорядоченного ароматического кольца C(31)–C(36) показаны два положения.



**Рис. 4.** Общий вид молекулы IV. Для неводородных атомов приведена нумерация и показаны эллипсоиды атомных смещений 50%-ной вероятности. Один из дифторбензоатных фрагментов имеет ориентационную разупорядоченность.

одного экваториального угла, значение которого может возрасти до  $161.47(6)^\circ$  [41]. Однако в соединениях II, III и IV карбонильные атомы кислорода находятся напротив разных экваториальных углов, которые изменяются в интервалах  $110.50(12)^\circ$ – $124.81(12)^\circ$  в II,  $115.57(10)^\circ$ – $123.08(10)^\circ$  в III и  $107.43(8)^\circ$ – $126.27(10)^\circ$  в IV, как и в молекулах дикарбоксилатов *трис*(2-метокси-5-бромфенил)сурьмы [42], расстояния  $\text{Sb}\cdots\text{O}_{\text{Me}}$  ( $3.110(3)$ – $3.155(3)$  Å в II,  $3.170(3)$ – $3.182(3)$  Å в III и  $3.060(2)$ – $3.203(2)$  Å в IV) несколько больше, чем в I.

Итак, наличие в II–IV карбоксилатных лигандов, имеющих в своем составе карбонильные атомы кислорода, обуславливает дополнительные невалентные внутримолекулярные взаимодействия  $\text{Sb}\cdots\text{O}(=\text{C})$ , ослабленные из-за присутствия электроноакцепторных заместителей в радикале R карбоксилатных лигандов, и взаимодействия  $\text{Sb}\cdots\text{O}_{\text{Me}}$ , приводящие к увеличению КЧ атома сурьмы до 6 в I и 10 в II–IV.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cambridge Crystallographic Data Center. 2019. deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>
2. Onishi K., Douke M., Nakamura T. et al. // J. Inorg. Biochem. 2012. V. 117. P. 77. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2012.09.009>
3. Copolovici D., Isaia F., Breunig H.J. et al. // RSC Advances. 2014. V. 4. P. 26569. <https://doi.org/10.1039/C4RA03482A>
4. Copolovici D., Bojan V.R., Rat C.I. et al. // Dalton Trans. 2010. V. 39. P. 6410. <https://doi.org/10.1039/C003318A>
5. Okajima S., Yasuike S., Kakusawa N. et al. // J. Organomet. Chem. 2002. V. 656. P. 234. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(02\)01622-4](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(02)01622-4)
6. Yamamichi H., Matsukawa S., Kojima S. et al. // Heteroat. Chem. 2011. V. 22. P. 553. <https://doi.org/10.1002/hc.20721>
7. Reznicek T., Dostal L., Ruzicka A. et al. // Appl. Organomet. Chem. 2012. V. 26. P. 237. <https://doi.org/10.1002/aoc.2845>
8. Obata T., Matsumura M., Kawahata M. et al. // J. Organomet. Chem. 2016. V. 807. P. 17. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2016.02.008>
9. Matano Y., Nomura H., Hisanaga T. et al. // Organometallics. 2004. V. 23. P. 5471. <https://doi.org/10.1021/om0494115>

10. *Sharutin V.V., Sharutina O.K.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. V. 60. № 12. P. 1491. [*Шарутин В.В., Шарутина О.К.* // Журн. неорганической химии. 2015. Т. 60. № 12. С. 1631. <https://doi.org/10.7868/S0044457X15120211> <https://doi.org/10.1134/S0036023615120219>
11. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. Coord. Chem. 2011. V. 37. № 10. С. 781. [*Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. и др.* // Координационная химия. 2011. № 10. С. 782.] <https://doi.org/10.1134/S1070328411090089>
12. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Gen. Chem. 2011. V. 81. № 10. P. 2102. [*Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. и др.* // Журн. общей химии. 2011. Т. 81. № 10. С. 1649.] <https://doi.org/10.1134/S1070363211100100>
13. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2011. V. 56. № 10. P. 1561. [*Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. и др.* // Журн. неорганической химии. 2011. Т. 56. № 10. С. 1640.] <https://doi.org/10.1134/S0036023611100196>
14. *Matano Y., Nomura H., Suzuki H.* // Inorg. Chem. 2000. V. 39. P. 1340. <https://doi.org/10.1021/ic991120e>
15. *Matano Y., Nomura H., Suzuki H.* // Inorg. Chem. 2002. V. 41. P. 1940. <https://doi.org/10.1021/ic0110575>
16. *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. et al.* // Russ. J. Gen. Chem. 2012. V. 82. № 10. P. 1665. [*Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С. и др.* // Журн. общей химии. 2012. Т. 82. № 10. С. 1646.] <https://doi.org/10.1134/S1070363212100064>
17. *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2014. V. 59. № 4. P. 326. [*Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С.* // Журн. неорганической химии. 2014. Т. 59. № 4. С. 481. <https://doi.org/10.7868/S0044457X14040217> <https://doi.org/10.1134/S0036023614040202>
18. *Ifiikhar T., Rauf M.K., Sarwar S. et al.* // J. Organomet. Chem. 2017. V. 851. P. 89. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2017.09.002>
19. *Mushtaq R., Rauf M.K., Bond M. et al.* // Appl. Organomet. Chem. 2016. V. 30. № 6. P. 465. <https://doi.org/10.1002/aoc.3456>
20. *Mushtaq R., Rauf M.K., Bolte M. et al.* // Appl. Organomet. Chem. 2017. V. 31. № 5. P. e3606. <https://doi.org/10.1002/aoc.3606>
21. *Ali M.I., Rauf M.K., Badshah A. et al.* // J. Chem. Soc., Dalton Trans. 2013. V. 42. № 48. P. 16733. <https://doi.org/10.1039/c3dt51382c>
22. *Ma Y.Q., Yu L., Li J.S.* // Heteroat. Chem. 2002. V. 13. № 4. P. 299. <https://doi.org/10.1002/hc.10033>
23. *Islam A., Da Silva J.G., Berbet F.M. et al.* // Molecules. 2014. V. 19. № 5. P. 6009. <https://doi.org/10.3390/molecules19056009>
24. *Liu R.C., Ma Y.Q., Yu L. et al.* // Appl. Organomet. Chem. 2003. V. 17. № 9. P. 662. <https://doi.org/10.1002/aoc.491>
25. *Li J.S., Liu R.C., Chi X.B. et al.* // Inorg. Chim. Acta. 2004. V. 357. № 7. P. 2176. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2003.12.012>
26. *Ma Y., Li J., Xuan Z. et al.* // J. Organomet. Chem. 2001. V. 620. № 1–2. P. 235. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)00799-3](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)00799-3)
27. *Li J.S., Ma Y.Q., Cui J.R. et al.* // Appl. Organomet. Chem. 2001. V. 15. № 7. P. 639. <https://doi.org/10.1002/aoc.200>
28. *Zhang X.-Y., Cui L., Zhang X. et al.* // J. Mol. Struct. 2017. V. 1134. P. 742. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.01.039>
29. *Lowe K., Powell R.* // J. Fluor. Chem. 2001. V. 109. № 1. P. 1. [https://doi.org/10.1016/S0022-1139\(01\)00371-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1139(01)00371-2)
30. *Smart B.E.* // J. Fluor. Chem. 2001. V. 109. № 1. P. 3. [https://doi.org/10.1016/S0022-1139\(01\)00375-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1139(01)00375-X)
31. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Слепухин П.А.* // Журнал неорганической химии. 2020. Т. 65. № 7. С. 907. <https://doi.org/10.31857/S0044457X20070193> [*V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, A.N. Efremov, and P.A. Slepukhin*, Russ. J. Inorg. Chem., 65 (7), 992 (2020). <https://doi.org/10.1134/S0036023620070190>]
32. *Park B.K., Kitteringham N.R.* // Drug Metab. Rev. 1994. V. 26. № 3. P. 605. <https://doi.org/10.3109/03602539408998319>
33. *Maienfisch P., Hall R.G.* // Chimia Int. J. Chem. 2004. V. 58. № 3. P. 93. <https://doi.org/10.2533/000942904777678091>
34. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
35. Bruker (1998). SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
36. *Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al.* // J. Appl. Crystallogr. 2009. V. 42. P. 339. <https://doi.org/10.1107/S0021889808042726>
37. *Adams E.A., Kolis J.W., Pennington W.T.* // Acta Crystallogr. 1990. V. C46. P. 917. <https://doi.org/10.1071/C96042>
38. *Sobolev A.N., Romm I.P., Belskii V.K. et al.* // J. Organomet. Chem. 1979. V. 179. P. 153. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)95217-3](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)95217-3)
39. *Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E. et al.* // Dalton Trans. 2008. V. 21. P. 2832. <https://doi.org/10.1039/B801115J>
40. *Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R. et al.* // J. Phys. Chem. A. 2009. V. 113. № 19. P. 5806. <https://doi.org/10.1021/jp8111556>
41. *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. et al.* // Russ. J. Gen. Chem. 2009. V. 79. № 10. P. 2131. [*Шарутин В.В., Сенчурин В.С., Шарутина О.К. и др.* // Журн. общей химии. 2009. Т. 79. № 10. С. 1636.] <https://doi.org/10.1134/S1070363209100107>
42. *Artem'eva E.V., Sharutin V.V., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2020. V. 65. № 1. P. 22. [*Артемьева Е.В., Шарутин В.В., Шарутина О.К.* // Журн. неорганической химии. 2020. Т. 65. № 1. С. 25. <https://doi.org/10.31857/S0044457X20010031> <https://doi.org/10.1134/S0036023620010039>]