

УДК 546.593+547.491+546.162.14+546.185+547.53.024+548.312.2

## СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ДИКАРБОКСИЛАТОВ (3-ФТОРФЕНИЛ)СУРЬМЫ [(3-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Sb][OC(O)R]<sub>2</sub> (R = 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, C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)

© 2022 г. В. В. Шарутин<sup>1</sup>, \*, О. К. Шарутина<sup>1</sup>, Д. А. Жеребцов<sup>1</sup>, О. С. Ельцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

\*e-mail: sharutin50@mail.ru

Поступила в редакцию 24.05.2021 г.

После доработки 30.06.2021 г.

Принята к публикации 05.07.2021 г.

Дикарбоксилаты (3-фторфенил)сурьмы [(3-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Sb][OC(O)R]<sub>2</sub> (R = CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3 (I), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (II), C<sub>6</sub>F<sub>5</sub> (III)) синтезированы из *трис*(3-фторфенил)сурьмы, карбоновой кислоты и *трет*-бутилгидропероксида в растворе диэтилового эфира по реакции окислительного присоединения. Структура соединений охарактеризована методами ИК, <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C{<sup>1</sup>H} и <sup>19</sup>F{<sup>1</sup>H} ЯМР-спектроскопии, элементного анализа и монокристаллической рентгеновской дифракции (CIF files CCDC № 2055807 (I), 2055816 (II), 2055817 (III)). Кристаллы комплексов I–III содержат тригонально-бипирамидные молекулы с аксиально расположенными карбоксилатными лигандами.

**Ключевые слова:** дикарбоксилаты (3-фторфенил)сурьмы, синтез, строение

**DOI:** 10.31857/S0132344X2204003X

В настоящее время получен и исследован достаточно широкий ряд дикарбоксилатов триарилсурьмы [1]. Интерес к такому типу соединений связан с большими возможностями их применения. Некоторые из указанных производных проявляют противоопухолевую активность [2–4] и используются для лечения лейшманиоза [5–8]. Активно развивается химия полимеров, содержащих сурьму. В литературе имеются данные о введении в полиметилметакрилат, полиакриловую кислоту, поливинилацетат металлической сурьмы в коллоидном состоянии [9, 10]. Сурьмаорганические производные могут встраиваться как в основную цепь макромолекул [11, 12], так и в качестве заместителей в боковой цепи. Акрилаты, метакрилаты, винилбензоаты и другие производные сурьмы, способные к полимеризации, уже использованы для синтеза металлосодержащих полимеров на основе метилметакрилата, стирола, винилацетата, акриловой кислоты, проявляющих фунгицидную и биоцидную активность [13, 14]. Добавки таких соединений в полимерные материалы улучшают их термическую стойкость [15], а также поглощение рентгеновского излучения [16]. Отметим, что свойства дикарбоксилатов триарилсурьмы зависят от природы и типа лигандов при атоме металла [1], поэтому синтез дикарбоксилатов с гетероатомами в арильных заместителях является актуальной задачей. В литературе известны дикарбоксилаты триарилсурьмы с атомами галоген-

на в арильных лигандах [1, 17–20], среди которых выделим немногочисленные дикарбоксилаты *трис*(3-фторфенил)сурьмы [19, 20].

В продолжение исследований соединений пятивалентной сурьмы синтезированы дикарбоксилаты *трис*(3-фторфенил)сурьмы [(3-FC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Sb][OC(O)R]<sub>2</sub> (R = CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>F-3 (I), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (II), C<sub>6</sub>F<sub>5</sub> (III)) и изучено их строение.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для синтеза использовали коммерческие реактивы (Alfa Aesar).

**Синтез *бис*(3-фторфенилацетато)*трис*(3-фторфенил)сурьмы (I).** Смесь *трис*(3-фторфенил)сурьмы (203 мг, 0.5 ммоль), 3-фторфенилуксусной кислоты (154 мг, 1.0 ммоль) и 64 мг 70%-ного раствора *трет*-бутилгидропероксида в 20 мл эфира перемешивали 1 ч. Через 18 ч образовавшиеся кристаллы отфильтровывали и высушивали на воздухе. Выход 290 мг (81%).  $T_{пл} = 99^{\circ}\text{C}$ .

Найдено, %: C 57.18; H 3.51.

Для C<sub>34</sub>H<sub>24</sub>F<sub>5</sub>O<sub>4</sub>Sb

вычислено, %: C 57.22; H 3.37.

ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3088, 3065, 1659, 1616, 1585, 1522, 1489, 1472, 1450, 1425, 1310, 1287, 1265, 1217, 1163, 1140, 1088, 1053, 997, 962, 924, 893, 870,

853, 783, 766, 721, 679, 658, 633, 584, 555, 538, 523, 486, 440. ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ;  $\delta$ , м.д.) 7.58–7.49 (м., 6H), 7.39 (т.д.,  $J = 8.0$ , 5.4 Гц, 3H), 7.25–7.14 (м., 5H), 6.90 (т.д.,  $J = 8.5$ , 2.6 Гц, 2H), 6.80 (д.,  $J = 7.6$  Гц, 2H), 6.69 (д.д.,  $J = 9.8$ , 2.0 Гц, 2H), 3.43 (с., 2H). ЯМР  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$  ( $\text{CDCl}_3$ ;  $\delta$ , м.д.): 175.33, 162.77 (д.,  $J = 245.8$  Гц), 162.71 (д.,  $J = 251.4$  Гц), 139.15 (д.,  $J = 5.5$  Гц), 137.10 (д.,  $J = 8.3$  Гц), 130.80 (д.,  $J = 7.4$  Гц), 129.92 (д.,  $J = 7.9$  Гц), 129.31 (д.,  $J = 3.3$  Гц), 124.88 (д.,  $J = 2.2$  Гц), 120.95 (д.,  $J = 22.8$  Гц), 118.79 (д.,  $J = 20.8$  Гц), 116.06 (д.,  $J = 21.7$  Гц), 113.77 (д.,  $J = 20.8$  Гц), 42.39. ЯМР  $^{19}\text{F}$  ( $\text{CDCl}_3$ ;  $\delta$ , м.д.): –109.36 м., –113.40 м.

Соединения II и III получали аналогично.

*Бис*(2,3-дифторбензоато)*трис*(3-фторфенил)сурьма (II). Выход 83%,  $T_{\text{пл}} = 183^\circ\text{C}$ .

Найдено, %:	C 53.20;	H 2.58.
Для $\text{C}_{32}\text{H}_{18}\text{F}_7\text{O}_4\text{Sb}$		
вычислено, %:	C 53.24;	H 2.50.

ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3102, 3073, 1634, 1587, 1487, 1474, 1425, 1348, 1273, 1215, 1184, 1163, 1151, 1088, 1067, 999, 959, 899, 878, 853, 835, 789, 773, 762, 675, 660, 635, 544, 511, 492, 459, 440. ЯМР  $^1\text{H}$  (600 МГц; хлороформ-*d*;  $\delta$ , м.д.) 7.85–7.81 (м., 3H), 7.80 (д.,  $J = 7.8$  Гц, 3H), 7.48–7.37 (м., 5H), 7.21–7.10 (м., 5H), 6.95 (т.д.д.,  $J = 8.0$ , 4.6, 1.4 Гц, 2H). ЯМР  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$  (151 МГц, хлороформ-*d*;  $\delta$ , м.д.) 167.43 (т.,  $J = 3.6$  Гц), 162.94 (д.,  $J = 251.8$  Гц), 151.16 (д.д.,  $J = 248.1$ , 13.5 Гц), 150.49 (д.д.,  $J = 260.2$ , 14.0 Гц), 138.84 (д.,  $J = 5.4$  Гц), 131.20 (д.,  $J = 7.5$  Гц), 129.58 (д.,  $J = 3.3$  Гц), 127.27 (д.,  $J = 3.3$  Гц), 124.49–123.36 (м.), 122.61 (д.,  $J = 6.6$  Гц), 121.28 (д.,  $J = 23.0$  Гц), 120.99 (д.,  $J = 17.5$  Гц), 119.16 (д.,  $J = 20.7$  Гц). ЯМР  $^{19}\text{F}$  (565 МГц, хлороформ-*d*;  $\delta$ , м.д.) –108.93...–109.03 м., –135.74 (д.т.,  $J = 20.6$ , 6.3 Гц), –137.21 (д.д.д.,  $J = 21.2$ , 9.7, 4.1 Гц).

*Бис*(пентафторбензоато)*трис*(3-фторфенил)сурьма (III). Выход 79%,  $T_{\text{пл}} = 131^\circ\text{C}$ .

Найдено, %:	C 46.24;	H 1.48.
Для $\text{C}_{32}\text{H}_{12}\text{O}_4\text{F}_{13}\text{Sb}$		
вычислено, %:	C 46.32;	H 1.45.

ИК-спектр ( $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3102, 3074, 1699, 1682, 1653, 1591, 1522, 1499, 1476, 1427, 1333, 1252, 1217, 1167, 1105, 1090, 1059, 995, 926, 870, 856, 822, 787, 748, 698, 677, 660, 623, 582, 523, 492, 440. ЯМР  $^1\text{H}$  (хлороформ-*d*;  $\delta$ , м.д.): 7.79–7.70 (м., 6H), 7.49 (т.д.,  $J = 8.0$ , 5.4 Гц, 3H), 7.21 (д.д.д.,  $J = 8.3$ , 2.5, 1.0 Гц, 3H). ЯМР  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$  (151 МГц, хлороформ-*d*;  $\delta$ , м.д.): 163.07 (д.,  $J = 252.9$  Гц), 162.18, 145.16 (д.т.д.,  $J = 255.2$ , 7.6, 3.9 Гц), 142.57 (д.м.,  $J = 259.7$  Гц), 137.72 (д.д.д.д.,  $J = 253.0$ , 17.4, 12.8, 5.5 Гц), 136.56 (д.,  $J = 5.9$  Гц), 131.63 (д.,  $J = 7.2$  Гц), 129.52 (д.,  $J =$

$= 3.9$  Гц), 128.47, 121.13 (д.,  $J = 23.7$  Гц), 119.86 (д.,  $J = 20.8$  Гц), 110.18 т.д.,  $J = 17.0$ , 3.9 Гц). ЯМР  $^{19}\text{F}\{^1\text{H}\}$  ( $\text{CDCl}_3$ ;  $\delta$ , м.д.): –104.82...–114.20 м., –139.75...139.81 м., –150.43 (т.,  $J = 20.6$  Гц), –160.72 (т.д.,  $J = 20.2$ , 6.1 Гц).

ИК-спектры записывали на ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в таблетках KBr в диапазоне 4000–400  $\text{cm}^{-1}$ . Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  (600 МГц),  $^{13}\text{C}$  (151 МГц),  $^{19}\text{F}$  (565 МГц) регистрировали для растворов соединений в  $\text{CDCl}_3$  на ЯМР-спектрометре Bruker AVANCE NEO 600 МГц, оборудованном Prodigy Cryoprobe. Сигналы растворителя использовали в качестве внутреннего стандарта для спектров ЯМР  $^1\text{H}$  (7.26 м.д.) и  $^{13}\text{C}$  (77.16 м.д.), а  $\text{CFCl}_3$  в качестве внешнего стандарта для спектров ЯМР  $^{19}\text{F}$ .

Элементный анализ на C и H выполняли на элементном анализаторе Carlo Erba CHNS-O EA 1108. Температуры плавления измеряли на синхронном термоанализаторе Netzsch 449C Jupiter.

**РСА.** Исследование структуры монокристаллов соединений I–III проведено на дифрактометре Bruker D8 QUEST ( $\text{MoK}_\alpha$ -излучение,  $\lambda = 0.71073$  Å, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведено с помощью программ SMART и SAINT-Plus [21]. Все расчеты проведены с использованием программ SHELXTL/PC [22], OLEX2 [23]. Структуры расшифрованы прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Параметры кристаллов, сбор данных и детали уточнения соединений I–III представлены в табл. 1.

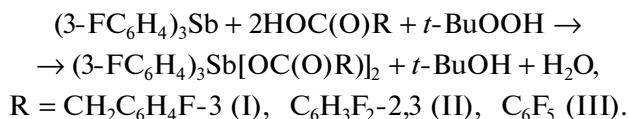
Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC № 2055807 (I), 2055816 (II), 2055817 (III); deposit@ccdc.cam.ac.uk или <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что окисление триарилсурьмы *трет*-бутилгидропероксидом в присутствии карбоновых кислот приводит к синтезу дикарбоксилатов триарилсурьмы общей формулы  $\text{Ar}_3\text{Sb}[\text{OC}(\text{O})\text{R}]_2$  [24–27]. Мы установили, что реакции *трис*(3-фторфенил)сурьмы с такими карбоновыми кислотами, как 3-фторфенилуксусная, 2,3-дифторбензойная и пентафторбензойная кислоты в присутствии *трет*-бутилгидропероксида (молярное соотношение 1 : 2 : 1) протекают в эфире с образованием дикарбоксилатов *трис*(3-фторфенил)сурьмы, выделяемых с выходом до 83%:

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

Параметр	Значение		
	I	II	III
<i>M</i>	713.28	721.21	829.17
Сингония	Моноклинная	Триклинная	Моноклинная
Пр. гр.	<i>C2/c</i>	<i>P1</i>	<i>C2/c</i>
<i>a</i> , Å	18.813(12)	8.751(7)	26.308(15)
<i>b</i> , Å	9.851(6)	11.126(8)	13.078(10)
<i>c</i> , Å	16.259(11)	15.367(16)	19.015(11)
$\alpha$ , град	90	99.40(3)	90
$\beta$ , град	97.05(3)	95.22(3)	111.121(14)
$\gamma$ , град	90	93.21(2)	90
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	2990(3)	1466(2)	6103(7)
<i>Z</i>	4	2	8
$\rho$ (выч.), г/см <sup>3</sup>	1.584	1.634	1.805
$\mu$ , мм <sup>-1</sup>	0.992	1.022	1.022
<i>F</i> (000)	1424.0	712.0	3232.0
Размер кристалла, мм	0.48 × 0.24 × 0.2	0.65 × 0.46 × 0.45	0.48 × 0.36 × 0.17
2 $\theta$ , град	6.256–56.994	5.77–57	5.88–59.26
Интервалы индексов отражений	–25 ≤ <i>h</i> ≤ 25, –13 ≤ <i>k</i> ≤ 13, –21 ≤ <i>l</i> ≤ 21	–11 ≤ <i>h</i> ≤ 11, –14 ≤ <i>k</i> ≤ 14, –20 ≤ <i>l</i> ≤ 20	–36 ≤ <i>h</i> ≤ 33, –18 ≤ <i>k</i> ≤ 18, –26 ≤ <i>l</i> ≤ 26
Всего отражений	37362	60514	138680
Независимых отражений ( <i>R</i> <sub>int</sub> )	3783 (0.0275)	7436 (0.0327)	8583 (0.0381)
Число уточняемых параметров	210	401	451
GOOF	1.099	1.157	1.050
<i>R</i> -факторы по <i>F</i> <sup>2</sup> > 2 $\sigma$ ( <i>F</i> <sup>2</sup> )	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0293, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0882	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0367, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0872	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0307, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0737
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0306, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0903	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0416, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0902	<i>R</i> <sub>1</sub> = 0.0458, <i>wR</i> <sub>2</sub> = 0.0838
Остаточная электронная плотность (max/min), е/Å <sup>-3</sup>	1.71/–0.63	1.77/–0.99	0.74/–0.69



По данным РСА, в соединениях I–III атомы Sb имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомами кислорода карбоксилатных лигандов в аксиальных положениях и арильными заместителями – в экваториальной плоскости (рис. 1–3).

Аксиальные углы OSbO в I, II, III составляют 175.96(9)°, 174.63(8)°, 171.32(7)° соответственно. Длины связей Sb–C в I–III изменяются в интервале 2.094(2)–2.123(3) Å, расстояния Sb–O (2.099(2)–2.128(2) Å) несколько меньше суммы

ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода (2.14 Å [28]). Суммы углов CSbC в экваториальной плоскости молекул I–III составляют 360°. Плоские арильные кольца в структурах развернуты вокруг связей Sb–C таким образом, чтобы свети к минимуму внутри- и межмолекулярные контакты. В молекулах I–III наблюдаются внутримолекулярные контакты Sb⋯O(=C), которые изменяются в интервале 2.862(9)–3.381(3) Å. Двугранные углы между плоскостями карбоксильных групп в I и II составляют 13.93° и 2.62°, а карбоксилатные лиганды имеют относительно фрагмента SbC<sub>3</sub> *цис*-ориентацию, что характерно для большинства дикарбоксилатов триорганилсурьмы [29]. Двугранные углы расположены таким образом, что внутримолекулярные контакты

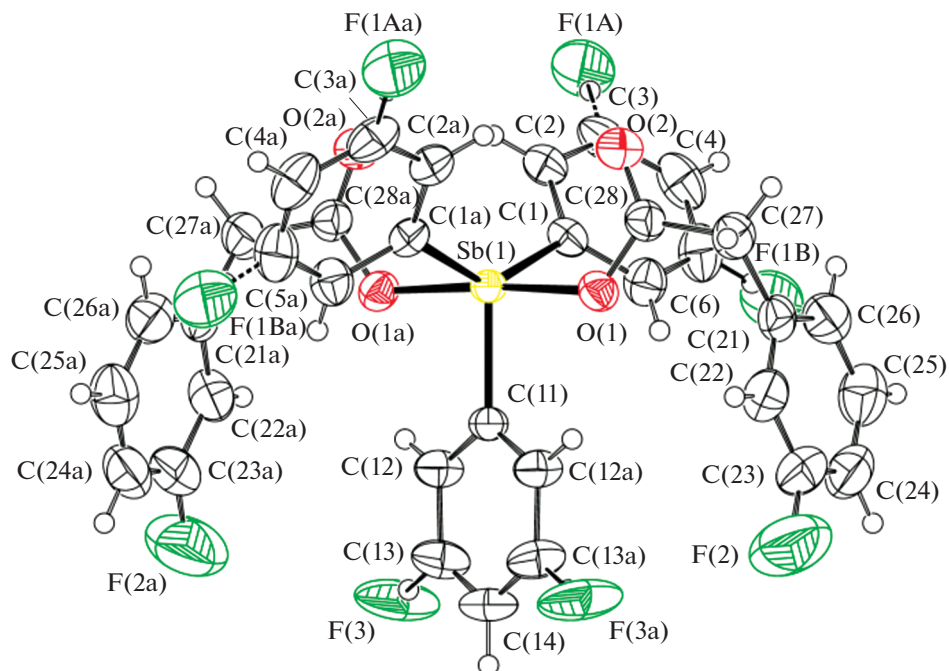


Рис. 1. Строение соединения I.

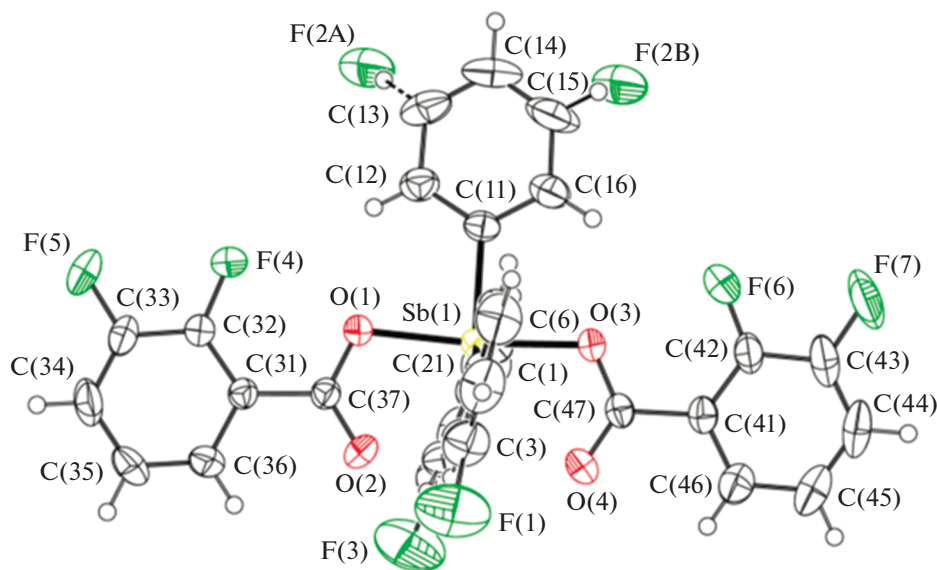


Рис. 2. Строение соединения II.

$\text{Sb}\cdots\text{O}(\text{=C})$  формируются внутри одного экваториального угла, значение которого возрастает до  $138.30(14)^\circ$ ,  $144.20(12)^\circ$  соответственно при понижении значений двух других экваториальных углов. В молекулах III двугранный угол между плоскостями карбоксильных групп имеет необычно большое значение ( $76.27^\circ$ ), в результате чего карбонильные атомы кислорода находятся напротив разных экваториальных углов и углы  $\text{CSbC}$  ( $111.99(9)^\circ$ ,

$117.56(10)^\circ$ ,  $130.37(9)^\circ$ ) изменяются в обычном для соединений общей формулы  $\text{Ar}_3\text{SbX}_2$  интервале ( $120^\circ \pm 10^\circ$  [30]).

Из сравнительного анализа данных рентгеноструктурных исследований дикарбоксилатов *трис*(3-фторфенил)сурьмы (табл. 2) можно заключить, что упрочение внутримолекулярных контактов в молекулах  $(3\text{-FC}_6\text{H}_4)_3\text{Sb}[\text{OC}(\text{O})\text{R}]_2$  приводит к увеличению одного из экваториаль-

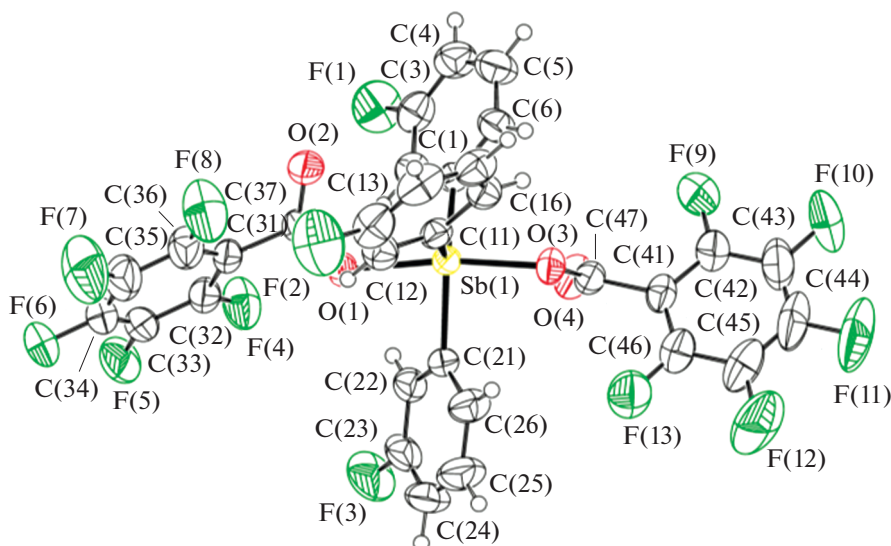


Рис. 3. Строение соединения III.

ных углов (со стороны внутримолекулярных контактов) и, наоборот, при наименьших внутримолекулярных взаимодействиях различия в экваториальных углах менее заметны.

В ИК-спектрах соединений I–III наблюдается интенсивная полоса поглощения валентных колебаний фрагмента  $\text{SbC}_3$  при  $\sim 440 \text{ см}^{-1}$ . Наличие интенсивных полос при  $1659$  (I),  $1634$  (II) и  $1682 \text{ см}^{-1}$  (III) определяет валентные колебания карбонильных групп  $\text{C}=\text{O}$ . Полосы поглощения при  $1585$ ,  $1471$ ,  $1425 \text{ см}^{-1}$  (I);  $1587$ ,  $1473$ ,  $1425 \text{ см}^{-1}$  (II);  $1591$ ,  $1476$ ,  $1427 \text{ см}^{-1}$  (III) характеризуют валентные колебания углеродного скелета арильных колец. Валентным колебаниям связей  $\text{C}_{\text{Ar}}-\text{H}$  отвечают полосы поглощения средней интенсивности при  $3088$  (I),  $3102$  (II),  $3102$  (III)  $\text{см}^{-1}$ , а внеплоскостным деформационным колебаниям этих же связей – интенсивные полосы при  $766$ ,  $762$ ,  $748 \text{ см}^{-1}$ . В ИК-спектрах I, II, III присутствуют полосы поглощения валентных колебаний  $\text{C}-\text{F}$  при  $1217$ ,

$1215$ ,  $1252 \text{ см}^{-1}$ . По причине симметричности молекул комплексов во всех спектрах ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и  $^{19}\text{F}$  наблюдается изохронность сигналов. Наличие атомов фтора обуславливает дополнительное расщепление сигналов в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  и характерное расщепление ряда сигналов в спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  с появлением типичных  $\text{C}-\text{F}$  констант спин-спинового взаимодействия.

Таким образом, наличие различного количества электроотрицательных атомов фтора в органическом радикале карбоновой кислоты не оказывает влияния на схему протекания реакции окислительного присоединения с участием *трис*(3-фторфенил)сурьмы. Геометрические характеристики полученных дикарбоксилатов *трис*(3-фторфенил)сурьмы (длины связей  $\text{Sb}-\text{C}$ ,  $\text{Sb}-\text{O}$ , внутримолекулярные контакты  $\text{Sb}\cdots\text{O}$  и величины валентных углов) близки между собой при одинаковом координационном полиэдре атома сурьмы и его координационном числе.

 Таблица 2. Основные геометрические параметры молекул  $(3-\text{FC}_6\text{H}_4)_3\text{Sb}[\text{OC}(\text{O})\text{R}]_2$ 

R	Связь, Å			Угол, град	
	$\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{C}$ (средн.)	$\text{Sb}-\text{O}$ (средн.)	$\text{Sb}-\text{C}$ (средн.)	$\text{OSbO}$	$\text{CSbC}$ (макс.)
$\text{CH}=\text{CHPh}$	2.601	2.142	2.116	175.81	152.12 [19]
$\text{CH}_2\text{Br}$	2.872	2.119	2.105	175.92	143.09 [19]
$\text{C}_6\text{F}_4\text{H}-2$	2.878	2.131	2.114	175.72	142.47 [20]
$\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2-2,3$ (II)	2.906	2.120	2.122	174.63	144.20
$\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2-3,5$	2.931	2.127	2.111	174.70	141.08 [19]
$\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}-3$ (I)	3.122	2.099	2.117	175.96	138.30
$\text{C}_6\text{F}_5$ (III)	3.246	2.115	2.098	171.32	130.37

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2020. Т. 46. № 10. С. 579 (Sharutin V.V., Poddel'sky A.I., Sharutina O.K. // Russ. J. Coord. Chem. 2020. V. 46. № 10. P. 663).  
<https://doi.org/10.1134/S1070328420100012>
2. Silvestru C., Haiduc I., Tiekink R.T. et al. // Appl. Organomet. Chem. 1995. V. 9. P. 597.  
<https://doi.org/10.1002/aoc.590090715>
3. Liu R.C., Ma Y.Q., Yu L. et al. // Appl. Organomet. Chem. 2003. V. 17. P. 662.  
<https://doi.org/10.1002/aoc.491>
4. Wang G.C., Xiao J., Yu L. et al. // J. Organomet. Chem. 2004. V. 689. P. 1631.  
<https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2004.02.015>
5. Mishra J., Saxena A., Singh S. // Curr. Med. Chem. 2007. V. 14. P. 1153.  
<https://doi.org/10.2174/092986707780362862>
6. Islam A., Da Silva J.G., Berbet F.M. // Molecules. 2014. V. 19. P. 6009.  
<https://doi.org/10.3390/molecules19056009>
7. Ali M.I., Rauf M.K., Badshah A. et al. // Dalton Trans. 2013. V. 42. P. 16733.  
<https://doi.org/10.1039/c3dt51382c>
8. Duffin R.N., Blair V.L., Kedzierski L., Andrews P.C. // Dalton Trans. 2018. V. 47. P. 971.  
<https://doi.org/10.1039/c7dt04171c>
9. Cardenas-Trivino G., Retamal C., Klabunde K.J. // Polym. Bull. 1991. V. 25. P. 315.  
<https://doi.org/10.1007/BF00316900>
10. Cardenas-Trivino G., Retamal C., Tagle L.H. // Thermochim. Acta. 1991. V. 176. P. 233.  
[https://doi.org/10.1016/0040-6031\(91\)80278-Q](https://doi.org/10.1016/0040-6031(91)80278-Q)
11. Naka K., Nakahashi A., Chujo Y. // Macromolecules. 2006. V. 39. P. 8257.  
<https://doi.org/10.1021/ma0612201>
12. Naka K., Nakahashi A., Chujo Y. // Macromolecules. 2007. V. 40. P. 1372.  
<https://doi.org/10.1021/ma0622332>
13. Котон М.М. Металлоорганические соединения и радикалы. М.: Наука, 1985. С. 13.
14. Карраер Ч., Шитс Дж., Питтмен Ч. Металлоорганические полимеры. М.: Мир, 1981. 352 с.
15. Додонов В.А., Гуцин А.В., Кузнецова Ю.Л., Моругова В.А. // Вестник ННГУ. Сер. Химия. 2004. Т. 14. P. 86.
16. Kensuke N., Akiko N., Yoshiki C. // Macromolecules. 2006. V. 39. P. 8257.  
<https://doi.org/10.1021/ma0612201>
17. Лобанова Е.В. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2020. Т. 12. № 2. С. 23.  
<https://doi.org/10.14529/chem200203>
18. Хайбуллина О.А. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2021. Т. 13. № 1. С. 39.  
<https://doi.org/10.14529/chem210104>
19. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Андреев П.В. // Коорд. химия. 2018. Т. 44. С. 333 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Andreev P.V. // Russ. J. Coord. Chem. 2018. V. 44. № 10. P. 635).  
<https://doi.org/10.1134/S107032841810010X>
20. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Слепухин П.А. // Журн. неорган. химии. 2020. Т. 65. № 7. С. 907 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Slepukhin P.A. // Russ. J. Inorg. Chem. 2020. V. 65. № 7. P. 992).  
<https://doi.org/10.1134/S0036023620070190>
21. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Madison (WI, USA): Bruker AXS Inc., 1998.
22. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Madison (WI, USA): Bruker AXS Inc., 1998.
23. 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>
24. Додонов В.А., Гуцин А.В., Брилкина Т.Г. // Журн. общ. химии. 1985. Т. 55. С. 73.
25. Сенчурин В.С., Орленко Е.Д. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2019. Т. 11. № 2. С. 66.  
<https://doi.org/10.14529/chem190207>
26. Малеева А.И., Гуцин А.В., Калистратова О.С. и др. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2019. Т. 11. № 3. С. 66.  
<https://doi.org/10.14529/chem190308>
27. Гуцин А.В., Малеева А.И., Калистратова О.С., Хамалетдинова Н.М. // Вестник ЮУрГУ. Сер. Химия. 2021. Т. 13. № 1. С. 5.  
<https://doi.org/10.14529/chem210101>
28. Бацанов С.С. // Журн. неорган. химии. 1991. Т. 36. № 12. С. 3015.
29. Cambridge Crystallographic Data Center. 2020. <http://www.ccdc.cam.ac.uk>
30. Шарутина О.К., Шарутин В.В. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы(V). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. 395 с.