
**КООРДИНАЦИОННЫЕ
СОЕДИНЕНИЯ**

УДК 546.16+549.242+547.53.024+548.312.5

**СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 3,3,3-ТРИФТОРПРОПАНАТОВ
ТРИ- И ТЕТРАФЕНИЛСУРЬМЫ**© 2019 г. В. В. Шарутин¹*, О. К. Шарутина¹, А. Н. Ефремов¹, Е. В. Артемьева¹¹Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080 Россия

*E-mail: vvsharutin@rambler.ru

Поступила в редакцию 08.10.2018 г.

После доработки 31.10.2018 г.

Принята к публикации 15.04.2019 г.

Взаимодействием трифенилсурьмы с 3,3,3-трифторпропановой кислотой (HL) в присутствии *трет*-бутилгидропероксида получен *бис*(3,3,3-трифторпропанат) трифенилсурьмы (I), превращающийся при обработке пентафенилсурьмой в 3,3,3-трифторпропанат тетрафенилсурьмы (II). Гидролиз соединения I приводит к образованию μ_2 -оксо-*бис*(3,3,3-трифторпропанатотрифенилсурьмы) (III). Соединение II синтезировано также из HL и пентафенилсурьмы. При избытке кислоты (2 : 1 мол.) из реакционной смеси выделен сольват $\text{Ph}_4\text{SbOC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CF}_3 \cdot \text{HOC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CF}_3$ (IV). По данным рентгеноструктурного анализа, в соединениях II–IV атомы Sb имеют координацию в разной степени искаженной тригональной бипирамиды. Аксиальные углы CSbO в II и IV равны 173.29(7)° и 178.06(11)° соответственно. В centrosymmetricной молекуле III (центр инверсии – мостиковый атом кислорода) углы OSbO составляют 175.64(6)°. Длины связей Sb–O и Sb–C равны 2.255(2) и 2.109(2)–2.167(2) Å в II; 1.8169(3), 2.045(2) и 2.065(2)–2.403(3) Å в III; 2.319(3) и 2.110(4)–2.168(3) Å в IV. Внутримолекулярные расстояния Sb...O с карбонильным атомом кислорода (3.414(3) Å (II), 3.232(4) Å (III), 3.233(4) Å (IV)) меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов Sb и O на ~0.3–0.5 Å.

Ключевые слова: трифенилсурьма, пентафенилсурьма, карбоксилат, сольват, рентгеноструктурный анализ

DOI: 10.1134/S0044457X19100131

ВВЕДЕНИЕ

Хорошо изученными сурьмаорганическими соединениями являются дикарбоксилаты триарилсурьмы и карбоксилаты тетраарилсурьмы [1], биологическая активность которых зависит от типа арильного радикала при атоме металла и природы заместителей в карбоксилатных лигандах [2, 3]. Расширение ряда подобных соединений, содержащих различные заместители при атоме сурьмы, является актуальной задачей, поскольку даже небольшие изменения в строении молекулы могут привести к изменению спектра их биологического действия.

К настоящему времени известны многочисленные дикарбоксилаты триарилсурьмы, которые получали по реакции окислительного присоединения из триарилсурьмы и карбоновых кислот в присутствии пероксида [4–8] или из диалогенидов триарилсурьмы по реакции замещения [9–14]. Менее изучены карбоксилаты тетраарилсурьмы, которые синтезировали либо деарилированием пентаарилсурьмы карбоновыми кислотами, либо по реакции перераспределения лигандов из пентаарилсурьмы и дикарбоксилатов триарилсурьмы [5].

О получении и особенностях строения дикарбоксилатов триарилсурьмы с атомами фтора в карбоксилатных лигандах ранее сообщалось только в работах [15, 16], фторсодержащие карбоксилаты тетраарилсурьмы к настоящему времени не известны.

В продолжение исследований особенностей синтеза и строения дикарбоксилатов триарилсурьмы нами получены *бис*(3,3,3-трифторпропанат) трифенилсурьмы (I), 3,3,3-трифторпропанат тетрафенилсурьмы (II), μ_2 -оксо-*бис*(3,3,3-трифторпропанатотрифенилсурьма) (III) и сольват (1 : 1) 3,3,3-трифторпропаната тетрафенилсурьмы с HL (IV).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

$\text{Ph}_3\text{Sb}[\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{CF}_3]_2$ (I). Смесь 100 мг (0.28 ммоль) трифенилсурьмы, 72 мг (0.566 ммоль) HL и 36 мг (0.28 ммоль) 70%-ного водного раствора *трет*-бутилгидропероксида в 30 мл диэтилового эфира выдерживали при 20°C в течение 24 ч. Получили бесцветные кристаллы, выход 150 мг (87%), $t_{\text{пл}} = 163^\circ\text{C}$. ИК-спектр (ν , см^{-1}): 3059, 1714, 1480, 1437, 1333, 1142, 1128, 1070,

1022, 997, 943, 814, 785, 733, 711, 689, 604, 555, 459, 435, 426, 411.

	С	Н
Найдено, %:	47.32;	3.31.
Для $C_{24}H_{19}F_6O_4Sb$		
вычислено, %:	47.47;	3.16.

$Ph_4SbOC(O)CH_2CF_3$ (II). а) Смесь 100 мг (0.20 ммоль) пентафенилсурьмы и 25 мг (0.20 ммоль) НЛ в 30 мл смеси бензол–октан (5 : 1) выдерживали при 20°C до полного испарения растворителей. Получили бесцветные кристаллы, выход 103 мг, (94%), $t_{разл} = 128^\circ C$. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3076, 3061, 3045, 3020, 2987, 1662, 1577, 1479, 1456, 1436, 1429, 1355, 1328, 1307, 1261, 1238, 1190, 1161, 1124, 1080, 1066, 1020, 997, 937, 927, 858, 767, 738, 729, 692, 673, 653, 594, 530, 455, 445, 418.

	С	Н
Найдено, %:	58.06;	4.11.
Для $C_{27}H_{22}F_3O_2Sb$		
вычислено, %:	58.19;	3.99.

б) Смесь 100 мг (0.20 ммоль) пентафенилсурьмы, 120 мг (0.20 ммоль) соединения I и 30 мл смеси бензол–октан (5 : 1) нагревали при 100°C в течение 1 ч, удаляли растворитель. Получили бесцветные кристаллы, выход 215 мг (98%), $t_{разл} = 128^\circ C$.

Синтез $[Ph_3SbOC(O)CH_2CF_3]_2O$ (III). а) Смесь 100 мг (0.28 ммоль) трифенилсурьмы, 36 мг (0.28 ммоль) НЛ и 36 мг (0.28 ммоль) 70%-ного водного раствора *трет*-бутилгидропероксида в 30 мл диэтилового эфира выдерживали при 20°C в течение 24 ч. Твердый остаток перекристаллизовывали из смеси растворителей бензол–гептан (2 : 1). Получили бесцветные кристаллы, выход 133 мг (96%), $t_{разл} = 160^\circ C$. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3147, 3064, 3018, 2991, 2935, 1961, 1888, 1816, 1764, 1653, 1614, 1577, 1535, 1481, 1436, 1415, 1346, 1307, 1284, 1249, 1184, 1159, 1109, 1074, 1022, 997, 970, 935, 927, 854, 777, 746, 738, 692, 671, 665, 607, 532, 460, 453, 418.

	С	Н
Найдено, %:	58.95;	4.12.
Для $C_{42}H_{34}F_6O_5Sb_2$		
вычислено, %:	59.03;	4.02.

б) Соединение I (100 мг) растворяли в 30 мл водного этанола, удаляли растворитель, остаток перекристаллизовывали из смеси бензол–гептан (2 : 1). Выход 78 мг (98%), $t_{разл} = 160^\circ C$.

Синтез $Ph_4Sb[OC(O)CH_2CF_3]_2 \cdot HOOCCH_2CF_3$ (IV). а) Смесь 100 мг (0.18 ммоль) II и 23 мг (0.18 ммоль) НЛ в 30 мл смеси бензол–октан (5 : 1)

выдерживали при 20°C в течение 24 ч. При медленном испарении растворителя происходило образование бесцветных кристаллов, которые сушили и взвешивали. Выход 117 мг (95%), $t_{разл} = 120^\circ C$. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 3076, 3062, 3045, 3018, 2987, 1751, 1662, 1616, 1577, 1508, 1481, 1436, 1429, 1388, 1355, 1307, 1261, 1238, 1190, 1124, 1080, 1066, 1020, 997, 937, 927, 856, 767, 738, 729, 694, 673, 653, 638, 594, 530, 455, 445.

	С	Н
Найдено, %:	52.45;	3.73.
Для $C_{30}H_{25}F_6O_4Sb$		
вычислено, %:	52.58;	3.68.

б) Смесь 100 мг (0.20 ммоль) пентафенилсурьмы и 50 мг (0.40 ммоль) НЛ в 30 мл смеси бензол–октан (5 : 1) выдерживали при 20°C в течение 24 ч. Получили бесцветные кристаллы, выход 121 мг (90%), $t_{разл} = 120^\circ C$.

ИК-спектры соединений I–IV записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в области 4000–400 cm^{-1} (таблетки KBr).

РСА кристаллов II–IV проведен на дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker (Mo K_α -излучение, $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$, 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 [17]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [18], OLEX2 [19]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Положения атомов водорода определены геометрически по модели “наездника”. 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 (№ 1851769 (II), 1851768 (III), 1851770 (IV); deposit@ccdc.cam.ac.uk или http://www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

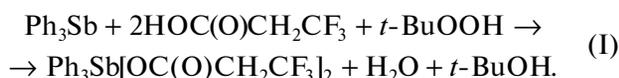
Известно, что окисление трифенилсурьмы пероксидом водорода в присутствии уксусной кислоты приводит к получению диацетата трифенилсурьмы [4], проведение аналогичной реакции в присутствии *трет*-бутилгидропероксида и карбоновой кислоты сопровождается образованием дикарбоксилата триарилсурьмы [6, 7, 20].

Нами установлено, что реакция трифенилсурьмы с НЛ в эфире в присутствии *трет*-бутил-

Таблица 1. Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур II–IV

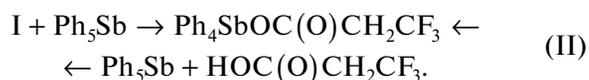
Параметр	II	III	IV
<i>M</i>	557.20	976.19	685.25
Сингония	Моноклинная	Моноклинная	Моноклинная
Пр. гр.	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>	<i>P2₁/c</i>
Параметры решетки:			
<i>a</i> , Å	13.130(4)	9.408(2)	15.689(7)
<i>b</i> , Å	10.818(5)	19.399(6)	10.552(5)
<i>c</i> , Å	17.515(6)	11.184(3)	17.974(9)
α , град	90.00	90.00	90.00
β , град	101.037(12)	92.584(11)	96.316(19)
γ , град	90.00	90.00	90.00
<i>V</i> , Å ³	2441.7(16)	2039.1(9)	2957(2)
<i>Z</i>	4	2	4
$\rho_{\text{выч}}$, г/см ³	1.516	1.590	1.539
μ_{Mo} , мм ⁻¹	1.174	1.394	1.003
<i>F</i> (000)	1112.0	964.0	1368.0
Размер кристалла, мм	0.67 × 0.4 × 0.15	0.55 × 0.26 × 0.09	0.41 × 0.23 × 0.09
2 θ , град	5.72–2.68	5.56–92.94	5.98–53.64
Интервалы индексов отражений	–24 ≤ <i>h</i> ≤ 24, –20 ≤ <i>k</i> ≤ 20, –32 ≤ <i>l</i> ≤ 32	–19 ≤ <i>h</i> ≤ 18, –33 ≤ <i>k</i> ≤ 33, –16 ≤ <i>l</i> ≤ 16	–19 ≤ <i>h</i> ≤ 19, –13 ≤ <i>k</i> ≤ 13, –22 ≤ <i>l</i> ≤ 22
Всего отражений	98 337	84 422	34 278
Независимых отражений	16 349 (<i>R</i> _{int} = 0.0452)	10 997 (<i>R</i> _{int} = 0.0406)	6 303 (<i>R</i> _{int} = 0.0314)
Число отражений с <i>F</i> ² > 2 σ (<i>F</i> ²)	9822	7555	4972
Число уточняемых параметров	299	251	370
<i>GOOF</i>	1.011	1.058	1.043
<i>R</i> -факторы по <i>F</i> ² > 2 σ (<i>F</i> ²)	<i>R</i> ₁ = 0.0487, <i>wR</i> ₂ = 0.0988	<i>R</i> ₁ = 0.0435, <i>wR</i> ₂ = 0.1053	<i>R</i> ₁ = 0.0381, <i>wR</i> ₂ = 0.0997
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ = 0.0990, <i>wR</i> ₂ = 0.1190	<i>R</i> ₁ = 0.0798, <i>wR</i> ₂ = 0.1212	<i>R</i> ₁ = 0.0530, <i>wR</i> ₂ = 0.1129
Остаточная электронная плотность (max/min), e/Å ³	1.29/–1.14	1.41/–1.28	0.51/–0.84

гидропероксида (мольное соотношение 1 : 2 : 1) протекает с образованием бис(3,3,3-трифторпропаната) трифенилсурьмы, выделенного из реакционной смеси с выходом 87%, строение которого доказано на основании результатов элементного анализа, ИК-спектроскопии, а также предварительных данных РСА (пр. гр. *P2₁/c*, *a* = 9.095(2), *b* = 22.704(6), *c* = 12.487(4) Å, β = 106.229(12)°, *R* = 0.759).



Известно, что дикарбоксилаты триарилсурьмы арилируются пентаарилсурьмой до карбоксилатов тетраарилсурьмы [21]. Нами показано, что ре-

акция I с пентафенилсурьмой приводит к количественному образованию 3,3,3-трифторпропаната тетрафенилсурьмы (II), который был нами также синтезирован из пентафенилсурьмы и НЛ:



В водно-спиртовом растворе соединение I количественно превращается в μ_2 -оксо-бис(3,3,3-трифторпропанатотрифенилсурьму) (III), которая образуется также по реакции окислительного присоединения из эквимольных количеств трифенилсурьмы, НЛ и *трет*-бутилгидропероксида в эфире:

Таблица 2. Некоторые межатомные расстояния и валентные углы в структурах II–IV

Связь	$d, \text{Å}$	Угол	$\omega, \text{град}$
II			
Sb(1)–O(1)	2.2552(16)	C(1)Sb(1)O(1)	79.47(7)
Sb(1)–C(1)	2.1172(19)	C(31)Sb(1)O(1)	173.29(7)
Sb(1)–C(31)	2.167(2)	C(21)Sb(1)O(1)	87.73(7)
Sb(1)–C(21)	2.111(2)	C(21)Sb(1)C(1)	121.50(8)
Sb(1)–C(11)	2.109(2)	C(21)Sb(1)C(31)	95.85(8)
O(1)–C(7)	1.277(3)	C(11)Sb(1)C(1)	116.83(8)
O(2)–C(7)	1.222(3)	C(11)Sb(1)C(31)	97.37(9)
F(1)–C(9)	1.324(4)	C(11)Sb(1)C(21)	118.78(8)
III			
Sb(1)–O(1)	1.8169(3)	O(1)Sb(1)O(2)	175.64(6)
Sb(1)–O(2)	2.0450(16)	O(1)Sb(1)C(11)	104.98(6)
Sb(1)–C(11)	2.065(2)	O(1)Sb(1)C(21)	92.28(6)
Sb(1)–C(21)	2.218(3)	O(2)Sb(1)C(1)	101.14(8)
Sb(1)–C(1)	2.403(3)	C(11)Sb(1)C(21)	105.68(11)
O(1)–Sb(1 ^a)	1.8169(3)	C(11)Sb(1)C(1)	127.47(9)
O(2)–C(7)	1.313(3)	C(21)Sb(1)C(1)	126.23(9)
O(3)–C(7)	1.282(3)	Sb(1 ¹)O(1)Sb(1)	180.0
Преобразования симметрии: ^a 1 – x, 1 – y, 1 – z.			
IV			
Sb(1)–O(1)	2.319(3)	C(11)Sb(1)C(1)	114.11(14)
Sb(1)–C(11)	2.110(4)	C(11)Sb(1)C(31)	95.34(13)
Sb(1)–C(1)	2.116(3)	C(11)Sb(1)C(21)	126.41(13)
Sb(1)–C(31)	2.168(3)	C(1)Sb(1)O(1)	81.92(12)
Sb(1)–C(21)	2.114(4)	C(31)Sb(1)O(1)	178.06(11)
O(1)–C(7)	1.268(5)	C(21)Sb(1)C(1)	115.54(14)
O(2)–C(7)	1.230(5)	C(21)Sb(1)C(31)	96.46(13)
O(4)–C(17)	1.199(6)	O(4)C(17)O(3)	126.6(5)
O(3)–C(17)	1.245(6)	O(1)C(7)O(2)	125.9(2)



Отметим, что карбоксилаты триарилсурьмы с мостиковым атомом кислорода по реакции окислительного присоединения ранее не получали.

Установлено, что при смешении эквимольных количеств соединения II с 3,3,3-трифторпропановой кислотой в смеси бензол–октан (5 : 1) образуется сольват $Ph_4SbOC(O)CH_2CF_3 \cdot HOC(O)CH_2CF_3$ (IV), который можно получить непосредственно взаимодействием пентафенилсурьмы с избытком HL (мольное соотношение 1 : 2) в бензоле. О выделении подобных сольватов с уксусной и азотной кислотами сообщалось в [22, 23].

По данным РСА, в соединениях II–IV атомы Sb имеют искаженную в разной степени триго-

нально-бипирамидальную координацию с электроотрицательными карбоксилатными лигандами в аксиальных позициях (рис. 1–3). Аксиальные углы CSbO в II и IV равны $173.29(7)^\circ$ и $178.06(11)^\circ$ соответственно. В centrosymmetricной молекуле III (центр инверсии – мостиковый атом кислорода) угол OSbO равен $175.64(6)^\circ$. Угол при мостиковом атоме кислорода линейный. Суммы углов CSbC в экваториальной плоскости в молекулах II, III и IV составляют $357.11(8)^\circ$, $359.38(9)^\circ$ и $356.06(14)^\circ$ соответственно. В соединениях II и IV атом Sb выходит из плоскости $[C_3]$ в сторону аксиального атома углерода на 0.209 и 0.243 Å соответственно, в III – в сторону мостикового атома кислорода на 0.100 Å . Плоские фенильные кольца в структурах II–IV развернуты вокруг связей Sb–C таким образом, чтобы свести

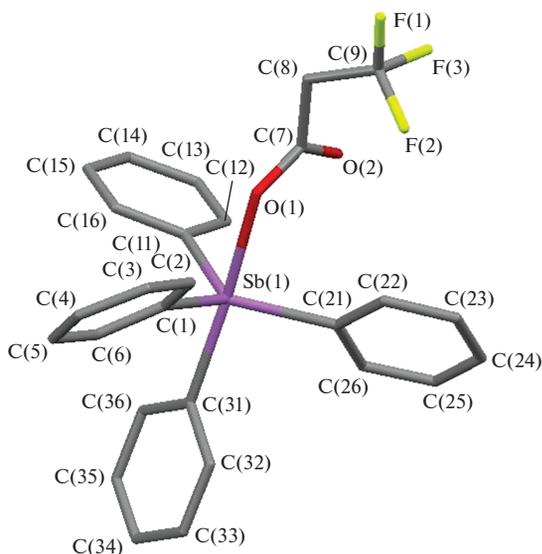


Рис. 1. Общий вид молекулы II.

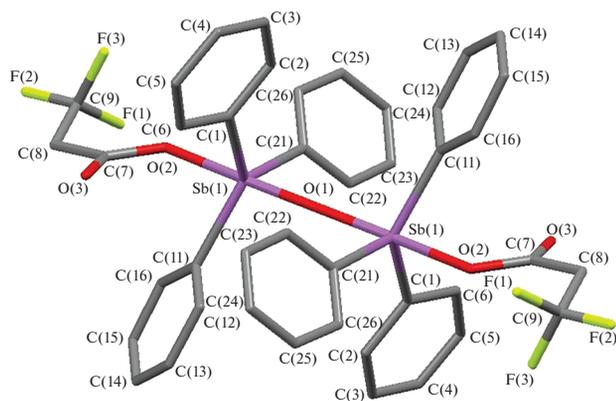


Рис. 2. Общий вид молекулы III.

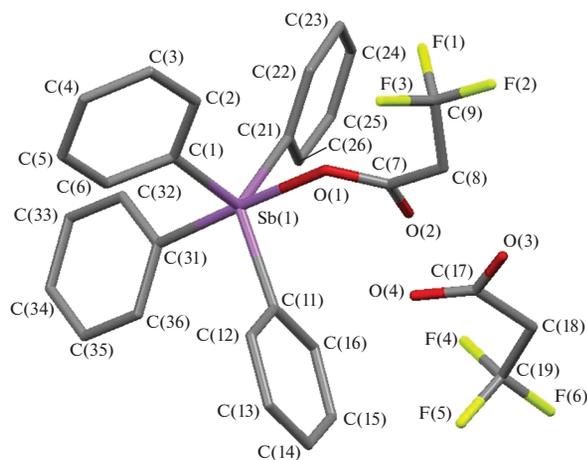


Рис. 3. Общий вид соединения IV.

к минимуму внутри- и межмолекулярные контакты. В молекуле III длина экваториальных связей Sb—C значительно различается: 2.065(2), 2.218(3), 2.403(3) Å, при этом самая короткая связь наблюдается с кольцом, образующим максимальный угол с плоскостью [C₃]. Связь Sb—O с мостиковым атомом кислорода (1.8169(3) Å) короче аналогичной связи с карбоксилатным лигандом (2.0450(16) Å). Внутримолекулярное расстояние Sb...O с карбонильным атомом кислорода равно 3.232(4) Å.

Отметим, что в молекулах μ_2 -оксо-бис(трифторацетатотрифенилсурьмы) [24], μ_2 -оксо-бис(2-хлорникотинатотрифенилсурьмы) [25] с угловым строением фрагмента Sb—O—Sb и в молекуле μ_2 -оксо-бис(хлорацетатотрифенилсурьмы) с линейным строением этого фрагмента [26] средние значения длин связей Sb—O заметно больше: 1.974(5), 2.239(5) Å, 1.955(5), 2.219(5) Å и 1.950(4), 2.197(4) Å соответственно.

В молекулах II и IV экваториальные связи Sb—C (2.110(4)–2.116(3) Å и 2.109(2)–2.117(2) Å) короче аксиальных связей (2.168(3) и 2.167(2) Å) и имеют близкие значения, а связи Sb—O значительно различаются (2.255(2) и 2.319(3) Å соответственно). Меньшей длине связи Sb—O соответствует большее расстояние Sb...O (3.414(3) и 3.233(4) Å в II и IV соответственно). В молекуле II связи C—O (1.277(3) Å) и C=O (1.222(3) Å) в карбоксильной группе различаются на 0.055 Å, в то время как в IV разность составляет 0.038 Å (1.268(5) и 1.230(5) Å). Наблюдаемые различия в межъядерных расстояниях, очевидно, обусловлены наличием межмолекулярной водородной связи в аддукте IV между карбонильным атомом кислорода карбоксилатного лиганда и гидроксильной группой молекулы кислоты. Отметим, что геометрические параметры молекулы ацетата тетрафенилсурьмы в свободном виде и в аддукте с уксусной кислотой различаются еще заметнее [27].

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Южно-Уральский государственный университет благодарит за финансовую поддержку Министерство образования и науки Российской Федерации (грант № 4.6151.2017/8.9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарутина О.К., Шарутин В.В. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы(V). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. 395 с.
2. Hadjikakou S.K., Ozturk I.I., Banti C.N. et al. // J. Inorg. Biochem. 2015. V. 153. P. 293. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2015.06.006>
3. Ali M.I., Rauf M.K., Badshah A. et al. // Dalton Trans. 2013. V. 42. P. 16733. <https://doi.org/10.1039/C3DT51382C>

4. *Thepe T.C., Garascia R.J., Selvoski M.A. et al.* // Ohio J. Sci. 1977. V. 77. № 3. P. 134.
5. Шарутин В.В., Сенчуринов В.С. Именные реакции в химии элементоорганических соединений. Челябинск, 2011. 427 с.
6. *Sharutin V.V., Sharutina O.K.* // Russ. Chem. Bul. 2017. № 4. P. 707. [Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Изв. РАН. Сер. хим. 2017. № 4. С. 707.] <https://doi.org/10.1007/s11172-017-1796-6>
7. *Sharutin V.V., Sharutina O.K.* // Russ. J. Gen. Chem. 2016. V. 86. № 8. P. 1902. [Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химии. 2016. Т. 86. № 8. С. 1366.] <https://doi.org/10.1134/S107036321608020X>
8. *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2016. V. 61. № 1. P. 43. [Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. неорганической химии. 2016. Т. 61. № 1. С. 46.] <https://doi.org/10.1134/S003602361601023X>
9. *Yu L., Ma Y.-Q., Wang G.-C. et al.* // Heteroatom. Chem. 2004. V. 15. P. 32. <https://doi.org/10.1002/hc.10208>
10. *Yu L., Ma Y.-Q., Liu R.-C. et al.* // Polyhedron. 2004. V. 23. P. 823. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2003.12.002>
11. *Iftikhar T., Rauf M.K., Sarwar S. et al.* // J. Organomet. Chem. 2017. V. 851. № 15. P. 89. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2017.09.002>
12. *Hong M., Yin H.-D., Li W.-K. et al.* // Inorg. Chem. Comm. 2011. V. 14. № 10. P. 1616. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2011.06.023>
13. *Yu L., Ma Y.-Q., Liu R.-C. et al.* // Polyhedron. 2004. V. 23. № 5. P. 823. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2003.12.002>
14. *Islam A., Rodrigues B.L., Marzano I.M. et al.* // Eur. J. Med. Chem. 2016. V. 109. № 15. P. 254. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.01.003>
15. *Ferguson G., Kaither B., Glidewell C. et al.* // J. Organomet. Chem. 1991. V. 419. № 3. P. 283. [https://doi.org/10.1016/0022-328X\(91\)80241-B](https://doi.org/10.1016/0022-328X(91)80241-B)
16. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Gen. Chem. 2012. V. 82. № 1. P. 95. [Шарутин В.В., Сенчуринов В.С., Шарутина О.К. и др. // Журн. общ. химии. 2012. Т. 82. № 1. С. 99.] <https://doi.org/10.1134/S1070363212010161>
17. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
18. 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.
19. *Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al.* // J. Appl. Cryst. 2009. V. 42. P. 339. <https://doi.org/10.1107/S0021889808042726>
20. Гуцин А.В. Получение органических производных сурьмы, висмута(V) и применение их в органическом синтезе: Дис.... д-ра хим. наук. Нижний Новгород, 1998. 282 с.
21. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Gen. Chem. 1996. V. 66. № 10. P. 1750. [Шарутин В.В., Сенчуринов В.С., Шарутина О.К. и др. // Журн. общ. химии. 1996. Т. 66. № 10. С. 1755.]
22. *Schmidbaur H., Mitschke K.H.* // Angew. Chem. 1971. № 83. P. 149. <https://doi.org/10.1002/zaac.19713860204>
23. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2008. V. 53. № 7. P. 1110. [Шарутин В.В., Сенчуринов В.С., Шарутина О.К. и др. // Журн. неорганической химии. 2008. Т. 53. № 7. С. 1194.] <https://doi.org/10.1134/S0036023608070206>
24. *Gibbons M.N., Sowerby D.B.* // J. Organomet. Chem. 1998. V. 555. № 2. P. 271. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(97\)00759-6](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(97)00759-6)
25. *Quan L., Yin H., Wang D.* // Acta Crystallogr. 2009. V. 65E. № 1. P. m99. <https://doi.org/10.1107/S1600536808042335>
26. *Quan L., Yin H., Wang D.* // Acta Crystallogr. 2008. V. 64E. № 2. P. m349. <https://doi.org/10.1107/S1600536808000676>
27. *Bone S.P., Sowerby D.B.* // Phosphorus, Sulfur and Silicon and the Related Elements. 1989. V. 45. P. 23. <https://doi.org/10.1080/10426508908046072>