УДК 546.593+547.491+546.162'14+546.185+547.53.024+548.312.2

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ДИКАРБОКСИЛАТОВ ТРИФЕНИЛ-И *mpuc(napa*-ТОЛИЛ)СУРЬМЫ

© 2021 г. В. В. Шарутин¹, О. К. Шарутина¹, А. Н. Ефремов^{1, *}

¹Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

**e-mail: efremov_an94@mail.ru* Поступила в редакцию 18.07.2020 г. После доработки 31.07.2020 г. Принята к публикации 03.08.2020 г.

Взаимодействием *трис(пара*-толил)сурьмы (4-MeC₆H₄)₃Sb с хлоруксусной и трифенилсурьмы Ph₃Sb с 3,4,5-трифторбензойной, 2,3-дифторбензойной кислотами в присутствии *трет*-бутилгидропероксида получены дикарбоксилаты триарилсурьмы Ar₃Sb[OC(O)R]₂, Ar = *p*-Tol, R = CH₂Cl (I), Ar = Ph, C₆H₂F₃-3,4,5 (II), C₆H₃F₂-2,3 (III). По данным рентгеноструктурного анализа (CIF files CCDC № 1883320 (I), 1979844 (II), 1980334 (III)) атомы Sb в I–III имеют координацию тригональной бипирамиды. Аксиальные углы OSbO составляют 174.47(6)° (I), 173.98(7)° (II) и 175.98(6)° (III). Длины связей Sb–O и Sb–C равны 2.145(2), 2.143(2) и 2.104(2)–2.109(2) Å в I; 2.121(2), 2.121(2) и 2.098(2)– 2.112(3) Å в II; 2.1302(18), 2.1132(18) и 2.109(3)–2.117(3) Å в III. Внутримолекулярные расстояния Sb···O с карбонильным атомом кислорода (3.054(3), 3.080(3) Å (I); 3.033 Å (II); 2.959(3), 3.054(2) Å (III)) меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов Sb и O. Структурная организация соединений обусловлена водородными связями типа O···H и F···H, CH···π-, F···π-взаимодействиями и стэкингэффектом.

Ключевые слова: триарилсурьма, дикарбоксилат триарилсурьмы, реакция окислительного присоединения, рентгеноструктурный анализ

DOI: 10.31857/S0132344X21050066

Известно, что биологическая активность органических соединений сурьмы зависит от типа лигандов при атоме металла и природы заместителей в лигандах [1, 2]. Установлено, что большей активностью обладают дикарбоксилаты триарилсурьмы, содержащие атомы фтора в арильных лигандах [3, 4].

Можно предположить, что введение атомов фтора в карбоксилатные лиганды приведет к повышению их биологической активности, поэтому синтез подобных производных сурьмы весьма актуален.

К настоящему времени известен ряд дикарбоксилатов триарилсурьмы, полученных по реакции окислительного присоединения из триарилсурьмы и карбоновых кислот НХ в присутствии пероксида [5–12], либо по реакции замещения [3, 4, 13, 14]. О синтезе и особенностях строения дикарбоксилатов трифенилсурьмы с высокой концентрацией атомов фтора в карбоксилатных лигандах сообщалось в [9, 15–18].

В продолжение исследования особенностей синтеза и строения соединений пятивалентной сурьмы мы получили дикарбоксилат mpuc(napa-толил)сурьмы p-Tol₃Sb[OC(O)CH₂Cl]₂ (I) и ди-

карбоксилаты трифенилсурьмы $Ph_3Sb[OC(O)R]_2$ ($R = C_6H_2F_3$ -3,4,5 (II), $C_6H_3F_2$ -2,3 (III)) с атомами галогенов (хлор, фтор) в карбоксилатных лигандах и изучили их молекулярные и кристаллические структуры.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез бис(хлорацетата) трис(пара-толил)сурьмы (I). К раствору 0.100 г (0.25 ммоль) три(пара-толил)сурьмы и 0.047 г (0.50 ммоль) хлоруксусной кислоты в 20 мл диэтилового эфира прибавляли 0.032 г (0.25 ммоль) 70%-ного водного раствора трет-бутилгидропероксида. Выдерживали смесь 24 ч при 20°С, наблюдая образование бесцветных кристаллов. Выход I 179 мг (99%). $T_{\text{разл}} = 148°$ С.

ИК-спектр (v, см⁻¹): 3035, 3018, 2954, 2920, 2866, 1683, 1654, 1591, 1492, 1444, 1398, 328, 1317, 1255, 1219, 1197, 1192, 1165, 1118, 1068, 1014, 933, 837, 798, 698, 677, 586, 514, 486, 443.

Найдено, %:	C 51.45;	H 4.43.
Для C ₂₅ H ₂₅ O ₄ Cl ₂ Sb		
вычислено, %:	C 51.58;	H 4.34.

Соединения II и III синтезировали по аналогичной методике.

Бис(3,4,5-трифторбензоат) трифенилсурьмы (II): бесцветные кристаллы, выход 99%, $T_{III} = 236^{\circ}$ С.

ИК-спектр (v, см⁻¹): 3145, 3080, 3066, 2991, 1971, 1886, 1822, 1778, 1662, 1622, 1595, 1577, 1552, 1525, 1481, 1436, 1369, 1355, 1336, 1286, 1267, 1232, 1195, 1188, 1161, 1097, 1082, 1070, 1047, 1022, 997, 960, 914, 889, 875, 844, 804, 777, 740, 709, 690, 669, 657, 644, 615, 561, 522, 474, 457, 449.

Найдено, %:	C 54.53;	H 2.80.
Для C ₃₂ H ₁₉ O ₄ F ₆ Sb		
вычислено, %:	C 54.65;	H 2.73.

Бис(2,3-дифторбензоат) трифенилсурьмы (III): бесцветные кристаллы, выход 99%, $T_{nn} = 194^{\circ}$ С.

ИК-спектр (v, см⁻¹): 3093, 3072, 3045, 1967, 1894, 1828, 1778, 1728, 1645, 1589, 1573, 1481, 1436, 1408, 1348, 1328, 1273, 1224, 1199, 1184, 1151, 1099, 1064, 1020, 997, 954, 918, 854, 835, 785, 758, 738, 690, 634, 513, 493, 453.

Найдено, %:	C 57.54;	Н 3.23.
Для $C_{32}H_{21}O_4F_4Sb$		
вычислено, %:	C 57.60;	H 3.17.

ИК-спектры комплексов I–III регистрировали на ИК-спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в области 4000–400 см⁻¹ (таблетки KBr).

РСА кристаллов I–III проведен на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (Мо K_{α} -излучение, $\lambda = 0.71073$ Å, графитовый монохроматор) при 293 К. Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [19]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [20] и OLEX2 [21]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименыших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Положения атомов водорода определены геометрически по модели "наездника". Кристаллографические данные и результаты уточнения структур 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 (№ 1883320 (I), 1979844 (II), 1980334 (III); deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что окисление трифенилсурьмы *трет*бутилгидропероксидом в присутствии карбоновых кислот приводит к синтезу дикарбоксилатов трифенилсурьмы общей формулы Ph₃Sb[OC(O)R)]₂ [4].

Мы установили, что реакции *mpuc(napa*-толил)сурьмы с хлоруксусной и трифенилсурьмы с 3,4,5-трифтор- и 2,3-дифторбензойными кислотами в присутствии *mpem*-бутилгидропероксида (мольное соотношение 1:2:1) протекают в эфире с образованием дикарбоксилатов триарилсурьмы, выделяемых с выходом до 99%.

$Ar_3Sb + 2HOC(O)R + t-BuOOH \rightarrow Ar_3Sb[OC(O)R]_2 + H_2O + t-BuOH$



После испарения диэтилового эфира получали устойчивые на воздухе бесцветные кристаллы целевых соединений.

В ИК-спектрах соединений I–III наблюдается интенсивная полоса поглощения валентных колебаний фрагмента SbC₃ при 486, 457 и 453 см⁻¹ соответственно. Наличие карбонильной группы характеризуется присутствием полосы поглощения валентных колебаний связи C=O высокой интенсивности при 1683 (I), 1662 (II) и 1645 (III) см⁻¹. Полосы поглощения при 1591, 1492, 1444 см⁻¹ (I); 1595, 1481, 1436 см⁻¹ (II); 1589, 1481, 1436 см⁻¹ (III) характеризуют валентные колебания углеродного скелета бензольных колец. Валентным колебаниям связей C_{Ar}-H отвечает полоса поглощения средней интенсивности при 3035 (I), 3066 (II), 3072

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

Параметр	Ι	II	III
M	582.10	703.22	667.24
Сингония	Триклинная	Моноклинная	Триклинная
<i>Т</i> , К	293.15	293.15	293.15
Пр. гр.	$P\overline{1}$	I2/a	$P\overline{1}$
<i>a</i> , Å	10.273(6)	11.525(7)	9.113(5)
<i>b</i> , Å	11.681(8)	22.814(13)	11.043(6)
<i>c</i> , Å	12.876(6)	11.965(8)	14.770(12)
α, град	106.891(19)	90	69.74(3)
β, град	104.18(2)	114.48(5)	86.98(3)
ү, град	108.55(3)	90	83.203(18)
<i>V</i> , Å ³	1301.2(14)	2863(3)	1384.5(16)
Ζ	2	4	2
ρ(выч), г/см ³	1.486	1.631	1.601
μ, мм ⁻¹	1.293	1.039	1.060
<i>F</i> (000)	584.0	1392.0	664.0
Размер кристалла, мм	$0.32 \times 0.14 \times 0.1$	$0.36 \times 0.24 \times 0.17$	$0.36 \times 0.33 \times 0.19$
20, град	5.866-56.998	6.534-56.988	5.666-57
Интервалы индексов отражений	$-13 \le h \le 13,$ $-15 \le k \le 15,$ $-17 \le l \le 17$	$-15 \le h \le 15, \\ -30 \le k \le 30, \\ -16 \le l \le 15$	$-12 \le h \le 12,$ $-14 \le k \le 14,$ $-19 \le l \le 19$
Всего отражений	77253	54936	59367
Независимых отражений (<i>R</i> _{int})	6582 (0.0365)	3636 (0.0313)	7001 (0.0280)
Отражений с <i>I</i> > 2σ(<i>I</i>)	5933	3352	6369
Число уточняемых параметров	293	197	377
GOOF	1.032	1.074	1.084
R -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0.0271$ $wR_2 = 0.0695$	$R_1 = 0.0228$ $wR_2 = 0.0564$	$R_1 = 0.0273$ $wR_2 = 0.0647$
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0.0323$ $wR_2 = 0.0722$	$R_1 = 0.0265$ $wR_2 = 0.0583$	$R_1 = 0.0328$ $wR_2 = 0.0697$
Остаточная электронная	0.76/-1.06	0.39/-0.34	0.88/-0.41
плотность (max/min), $e/Å^3$			

(III) см⁻¹, а внеплоскостным деформационным колебаниям этих же связей — высокоинтенсивные полосы при 798 и 698 (I), 740 и 690 (II), 738 и 690 (III) см⁻¹. В ИК-спектре соединения I присутствуют полосы поглощения валентных колебаний метильных групп, асимметричные колебания которых находятся при 2920 см⁻¹, симметричные колебания – 2866 см⁻¹ [22, 23].

По данным PCA, в соединениях I–III атомы Sb находятся в экваториальной плоскости и имеют искаженную тригонально-бипирамидальную ко-

ординацию с атомами кислорода карбоксилатных лигандов в аксиальных положениях (рис. 1). Молекулы соединения II симметричны и содержат ось симметрии второго порядка, лежащую вдоль связи Sb(1)—C(7). Атомы фтора одного карбоксилатного лиганда соединения III разупорядочены по двум положениям. Уточненное соотношение вкладов положений в разупорядоченный фрагмент составляет 0.91/0.09.

Суммы углов в экваториальной плоскости CSbC в молекулах дикарбоксилатов триарилсурьмы составляют 360°. Атом сурьмы выходит из эк-

* Преобразования симметрии:	. 1	1/	′2 —	x, y	, -z	(II).
-----------------------------	-----	----	------	------	------	-------

Связь	Длина, Å	Угол	ω, град
		Ι	
Sb(1)-O(1)	2.145(2)	O(3)Sb(1)O(1)	174.47(6)
Sb(1)-O(3)	2.143(2)	C(1)Sb(1)O(1)	90.52(9)
Sb(1)–C(1)	2.109(2)	C(1)Sb(1)O(3)	89.55(9)
Sb(1)–C(11)	2.109(2)	C(11)Sb(1)O(1)	86.99(8)
Sb(1)-C(21)	2.104(2)	C(11)Sb(1)O(3)	87.90(8)
O(1)–C(8)	1.264(3)	C(11)Sb(1)C(1)	113.26(9)
O(2)–C(8)	1.220(3)	C(21)Sb(1)O(1)	91.59(9)
O(3)–C(18)	1.264(3)	C(21)Sb(1)O(3)	92.22(9)
O(4)–C(18)	1.215(3)	C(21)Sb(1)C(1)	135.67(9)
Sb(1)…O(2)	3.054(3)	C(21)Sb(1)C(11)	111.07(9)
Sb(1)…O(4)	3.080(3)	C(8)O(1)Sb(1)	115.73(16)
		II	
Sb(1)-O(1)	2.121(2)	$O(1)Sb(1)O(1)^1$	173.98(7)
$Sb(1) - O(1)^1$	2.121(2)	$C(1)^{1}Sb(1)O(1)$	91.73(8)
Sb(1)–C(1)	2.098(2)	$C(1)Sb(1)O(1)^1$	91.73(8)
$Sb(1)-C(1)^1$	2.098(2)	$C(1)^{1}Sb(1)O(1)^{1}$	90.53(8)
Sb(1)–C(7)	2.112(3)	C(1)Sb(1)O(1)	90.53(8)
O(1)–C(17)	1.305(2)	$C(1)^{1}Sb(1)C(1)$	135.90(12)
O(2)–C(17)	1.213(3)	$C(1)^{1}Sb(1)C(7)$	112.05(6)
F(2)–C(14)	1.336(3)	C(1)Sb(1)C(7)	112.05(6)
F(1)–C(13)	1.343(4)	C(7)Sb(1)O(1)	86.99(3)
Sb(1)…O(2)	3.033	$C(7)Sb(1)O(1)^{1}$	86.99(3)
	l	III	1
Sb(1)-O(1)	2.1302(18)	O(3)Sb(1)O(1)	175.98(6)
Sb(1)–O(3)	2.1132(18)	O(3)Sb(1)C(1)	88.16(8)
Sb(1)-C(1)	2.117(3)	C(1)Sb(1)O(1)	88.24(8)
Sb(1)–C(11)	2.111(3)	C(11)Sb(1)O(1)	87.94(8)
Sb(1)-C(21)	2.109(3)	C(11)Sb(1)O(3)	91.73(8)
O(1)-C(37)	1.300(3)	C(11)Sb(1)C(1)	111.70(10)
O(2)–C(37)	1.221(3)	C(21)Sb(1)O(1)	91.26(8)
O(3)–C(47)	1.301(3)	C(21)Sb(1)O(3)	91.52(8)
O(4)–C(47)	1.222(3)	C(21)Sb(1)C(1)	107.40(10)
Sb(1)…O(2)	2.959(3)	C(21)Sb(1)C(11)	140.85(9)
Sb(1)…O(4)	3.054(2)	C(37)O(1)Sb(1)	113.19(13)

ШАРУТИН и др.

Таблица 2. Основные длины связей и валентные углы в структурах I-III*

ваториальной плоскости [С₃] только в структурах I и III на 0.002 и 0.028 Å соответственно, в структуре II – лежит в ней. Экваториальные лиганды в структурах I–III развернуты вокруг связей Sb–C таким образом, чтобы свести к минимуму внутрии межмолекулярные контакты. Двугранные углы между плоскостями бензольных колец арильных лигандов и экваториальной плоскостью составляют 9.30° C(1)-C(6), 87.46° C(11)-C(16), 4.88° C(21)-C(26) (I); 19.98° C(1)-C(6), 19.98° C(1')-C(6'), 80.29° C(7)-C(8') (II); 87.14° C(1)-C(6), 15.87° С(11)–С(16), 12.90° С(21)–С(26) (III). Отметим, что во всех структурах одно из колец, расположенное напротив наибольшего экваториального угла, практически перпендикулярно экваториальной плоскости. Аксиальные углы OSbO в I-III составляют 174.47(6)°, 173.98(7)°, 175.98(6)° соответственно.

Интервалы изменения длин связей Sb-C составляют 2.104(2)-2.109(2) (средн. 2.107(2)) (I), 2.098(2)-2.112(3) (2.103(2)) (II), 2.109(3)-2.117(3) Å (2.112(3) Å) (III). Расстояния Sb-O составляют 2.145(2), 2.143(2) (I); 2.121(2), 2.121(2) (II); 2.1302(18), 2.1132(18) Å (III). Связи Sb-С короче расстояний Sb-O, что характерно для ранее структурно охарактеризованных дикарбоксилатов триарилсурьмы [19]. Как и в других дикарбоксилатах триарилсурьмы в I-III имеет место взаимодействие центрального атома с атомами кислорода карбонильных групп. Расстояния Sb···O(=C) составляют 3.054(3), 3.080(3) (I); 3.033 (II); 2.959(3), 3.054(2) Å (III). Следует отметить, что аналогичные расстояния в дикарбосилатах триарилсурьмы, содержащих атомы фтора в арильных группах, значительно короче [3, 4, 9–11], что обусловлено влиянием электронных эффектов заместителя в арильном лиганде. Расстояния Sb--O в молекулах I-III сопоставимы с аналогичными расстояниями в других структурно охарактеризованных дикарбоксилатах триарилсурьмы с кислотными остатками, содержащими электроотрицательные группы [15–18, 24–26]. Укорочение данных расстояний в ряду от I к III связано с усилением –*I*-эффекта заместителей в кислотных остатках.

Карбоксилатные лиганды в I–III проявляют анизобидентатные свойства, при этом степень асимметрии координации лигандов, которую можно выразить отношением расстояний Sb···O(=C) к длинам связей Sb–O, различна и составляет 1.424, 1.437 (I); 1.430 (II); 1.389, 1.445 (III).

Карбоксильные группы имеют *цис*-конформацию относительно экваториальной плоскости $[C_3]$ и лежат приблизительно в одной плоскости (двугранные углы между плоскостями карбоксильных групп равны 6.85°, 8.17°, 1.57° в соединениях I–III соответственно). Такое расположение карбоксильных групп приводит к увеличению одного экваториального угла CSbC со стороны кон-



Рис. 1. Строение соединений I—III (для III разупорядоченные атомы F(3B) и F(4B) не приведены).

тактов Sb···O(=C) (135.67(9)° (I), 135.90(12)° (II), 140.85(9)° (III)), при этом наблюдается уменьшение значений двух других экваториальных углов. Следует отметить, что коротким расстояниям Sb···O(=C) соответствует большее значение экваториального угла.

Формирование трехмерной сетки в кристаллах соединений I и II обусловлено наличием слабых водородных связей типа О…Н с участием карбонильного атома кислорода (2.64, 2.58, 2.57 (I); 2.48 Å (II)) и СН…*п*-взаимодействий. В соединении II также наблюлается стэкинг-эффект межлу ароматическими кольцами карбоксилатных лигандов (расстояние между плоскостями бензольных колец составляет 3.44 Å). В кристалле соединения III наблюдаются СН… *п*-и F… *п*-взаимодействия, межмолекулярные контакты F…H (2.58, 2.52. 2.65 Å) и частичное взаимодействие π -систем ароматических колец карбоксилатных лигандов. Наименьшее расстояние между плоскостями данных π-систем составляет 3.387(4) Å $(C(32) \cdots C(42)).$

Таким образом, взаимодействие *mpuc(napa-*толил)сурьмы с хлоруксусной кислотой и трифенилсурьмы с 3,4,5-трифтор- и 2,3-дифторбензойными кислотами в присутствии *трет*-бутилгидропероксида приводит к образованию соответствующих дикарбоксилатов триарилсурьмы. По данным РСА, координационный полиэдр атома сурьмы представляет собой тригональную бипирамиду с атомами кислорода карбоксилатных лигандов в аксиальных положениях. Наличие внутримолекулярных контактов атома сурьмы с карбонильным атомом кислорода приводит к увеличению одного из экваториальных углов. Структурная организация соединений обусловлена не только водородными связями типа О…Н (в I и II) и F…Н (в III), но и CH…π-, F…π-взаимодействиями (в III) и стэкинг-эффектом (в II).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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
- Ali M.I., Rauf M.K., Badshah A. et al. // Dalton Trans. 2013. V. 42. P. 16733. https://doi.org/10.1039/C3DT51382C
- Yu L., Ma Y.-Q., Wang G.-C. et al. // Heteroatom Chem. 2004. V. 15. P. 32. https://doi.org/10.1002/hc.10208
- 4. 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
- Thepe T.C., Garascia R.J., Selvoski M.A. et al. // Ohio J. Sci. 1977. V. 77. № 3. P. 134.

- Шарутин В.В., Сенчурин В.С. Именные реакции в химии элементоорганических соединений. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. 427 с.
- Шарутин В.В., Шарутина О.К., Котляров А.Р. // Журн. неорган. химии. 2015. Т. 60. № 4. С. 525 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Kotlyarov A.R. // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. V. 60. № 4. Р. 465). https://doi.org/10.1134/S0036023615040221
- 8. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурин В.С. // Журн. неорган. химии. 2015. Т. 60. № 9. С. 1093 (*Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2015. V. 60. № 9. Р. 1093). https://doi.org/10.1134/S0036023615060145
- 9. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Изв. АН. Сер. хим. 2017. № 4. С. 707 (Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. Chem. Bull. 2017. V. 66. № 4. Р. 707). https://doi.org/10.1007/s11172-017-1796-6
- 10. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н. // Журн. неорган. химии. 2016. Т. 61. № 1. С. 46 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N. // Russ. J. Inorg. Chem. 2016. V. 61. № 1. Р. 43). https://doi.org/10.1134/S003602361601023X
- 11. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Журн. общ. химин. 2016. Т. 86. № 8. С. 1366 (Sharutin V.V., Sharutina O.K. // Russ. J. Gen. Chem. 2016. V. 86. № 8. Р. 1902). https://doi.org/10.1134/S107036321608020X
- Шарутин В.В., Шарутина О.К., Пакусина А.П. и др. // Журн. коорд. химии. 2003. Т. 29. № 10. С. 750 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2003. V. 29. № 10. Р. 694). https://doi.org/10.1023/A:1026020032214
- 13. Ferguson G., Kaitner B., Glidewell C. et al. // J. Organomet. Chem. 1991. V. 419. № 3. P. 283. https://doi.org/10.1016/0022-328X(91)80241-B
- Шарутин В.В., Шарутина О.К., Бондарь Е.А. и др. // Журн. коорд. химии. 2002. Т. 28. № 5. С. 356 (Sharutin V.V., Sharutina O.K., Bondar' E.A. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2002. V. 28. № 5. Р. 333). https://doi.org/10.1023/A:1015517216693
- Wen L., Yin H., Quan L. et al. // Acta Crystallogr. E. 2008. V. 64. P. m1303. https://doi.org/10.1107/S1600536808029656
- 16. Yin H.-D., Wen L.-Y., Cui J.-C. et al. // Polyhedron. 2009. V. 28. № 14. P. 2919. https://doi.org/10.1016/j.poly.2009.06.065
- Quan L., Yin H., Cui L. et al. // Acta Crystallogr. E. 2009. V. 65. P. m656. https://doi.org/10.1107/S1600536809017449
- 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
- 19. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Madison (WI, USA): Bruker AXS Inc., 1998.
- 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.
- 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

КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ том 47 № 5 2021

- 22. Васильев А.В., Гриненко Е.В., Щукин А.О., Федулина Т.Г. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений. СПб: СПбГЛТА, 2007. 54 с.
- 23. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. М.: МГУ, 2012. 55 с.
- 24. Cambridge Crystallographic Data Center, 2020 (deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk).
- Шарутина О.К., Шарутин В.В. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы (V). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. 395 с.
- 26. Wen L., Yin H., Li W. et al. // Inorg. Chim. Acta. 2010.
 V. 363. № 4. P. 676. https://doi.org/10.1016/j.ica.2009.11.022