

## СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. СООБЩЕНИЕ 6

**В.В. Шарутин**<sup>✉</sup>

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

<sup>✉</sup> sharutin50@mail.ru

**Аннотация.** Взаимодействием эквимольярных количеств пентафенилсурьмы с карбоновыми кислотами в бензоле синтезированы и структурно охарактеризованы карбоксилаты тетрафенилсурьмы  $\text{Ph}_4\text{SbOC(O)R}$  ( $\text{R}=\text{CHF}_2$  (**1**),  $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$  (**2**),  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}$ -2 (**3**),  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}$ -3 (**4**),  $\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2$ -2,5 (**5**),  $\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2$ -2,3 (**6**),  $\text{C}_6\text{F}_4\text{H}$  (**7**),  $\text{C}_6\text{F}_5$  (**8**)), в которых атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомом кислорода карбоксигрупп в аксиальном положении. Присутствие координационной связи центрального атома металла с карбонильным атомом кислорода позволяет говорить об увеличении координационного числа атома сурьмы до 6. Анализ структурных данных карбоксилатов тетрафенилсурьмы показывает, что искажение тригонально-бипирамидальной конфигурации молекул проявляется в разной степени. Анализ структурных данных карбоксилатов тетрафенилсурьмы **1–8** показывает, что искажение тригонально-бипирамидальной конфигурации молекул проявляется в разной степени. Длины связей  $\text{C}=\text{O}$  (1,197(3)–1,284(7) Å) короче длин связей  $\text{C}-\text{O}$  (1,196(18)–1,231(8) Å) (длины двойных связей в карбоновых кислотах (1,226–1,229 Å). Расстояния  $\text{Sb}-\text{C}$  в молекулах **1–8** находятся в интервале 2,095(6)–2,167 Å, причем расстояние  $\text{Sb}-\text{C}_{\text{акс}}$  (2,154(3) Å (**2**) – 2,174(4) Å (**5**)) выше экваториальных связей  $\text{Sb}-\text{C}_{\text{экв}}$ . Кроме того, имеются внутримолекулярные контакты между атомом сурьмы и карбонильным кислородом (3,100(5) Å (**5**) – 3,517(6) Å (**2**)), что меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов этих атомов (3,700 Å). Максимальный экваториальный угол со стороны контакта  $\text{Sb}\cdots\text{O}=\text{C}$  (120,7(2)°–130,67(14)°) меньше двух других экваториальных углов. Величины аксиальных углов  $\text{C}_{\text{акс}}\text{SbO}$  варьируют от 171,97° (**1**) до 179,12(6)° (**8**). Эффект *транс*-влияния в ряду карбоксилатов тетрафенилсурьмы (при возрастании длины связи  $\text{Sb}-\text{O}$  расстояние  $\text{Sb}-\text{C}_{\text{акс}}$  укорачивается) в основном выполняется. Длины связей  $\text{Sb}-\text{O}$  в карбоксилатах тетрафенилсурьмы **1–8** изменяются в диапазоне (2,278–2,340 Å), и значительно превышают сумму ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода (2,07 Å). Минимальное отклонение длины связи  $\text{Sb}-\text{O}$  от суммы ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода имеет место в соединении **3**, максимальное – в соединении **2**.

**Ключевые слова:** карбоксилат тетрафенилсурьмы, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ

**Для цитирования:** Шарутин В.В. Строение органических и элементоорганических соединений. Сообщение 6 // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2025. Т. 17, № 2. С. 93–98. DOI: 10.14529/chem250206

Original article  
DOI: 10.14529/chem250206

## STRUCTURE OF ORGANIC AND ORGANOELEMENTAL COMPOUNDS. PART 6

**V. V. Sharutin**<sup>✉</sup>

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>✉</sup> sharutin50@mail.ru

**Abstract.** Tetraphenylantimony carboxylates  $\text{Ph}_4\text{SbOC(O)R}$  ( $\text{R}=\text{CHF}_2$  (**1**),  $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$  (**2**),  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}$ -2 (**3**),  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}$ -3 (**4**),  $\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2$ -2,5 (**5**),  $\text{C}_6\text{H}_3\text{F}_2$ -2,3 (**6**),  $\text{C}_6\text{F}_4\text{H}$  (**7**),  $\text{C}_6\text{F}_5$  (**8**)) have been synthesized by the

interaction of equimolar amounts of pentaphenylantimony with carboxylic acids in benzene; their structures have been characterized. In these carboxylates, the antimony atoms have a distorted trigonal-bipyramidal coordination with the oxygen atom of carboxyl groups in the axial position. The presence of a coordination bond between the central atom and carbonyl oxygen atom suggests an increase in the coordination number of the antimony atom to 6. Analysis of the structural data of tetraphenylantimony carboxylates shows that the distortion of the trigonal-bipyramidal configuration of molecules **1–8** manifests itself to varying degrees. The C=O bond lengths (1.197(3)–1.284(7) Å) are shorter than the C–O bond lengths (1.196(18)–1.231(8) Å), while the lengths of double bonds in carboxylic acids are (1.226–1.229 Å). The Sb–C distances in molecules **1–8** are in the range of 2.095(6)–2.167 Å, and the Sb–C<sub>ax</sub> distance (2.154(3) Å (**2**) – 2.174(4) Å (**5**)) is higher than the Sb–C<sub>eq</sub> equatorial bonds. In addition, there are intramolecular contacts between the antimony atom and the carbonyl oxygen (3.100(5) Å (**5**) – 3.517(6) Å (**2**)), which is less than the sum of the van der Waals radii of these atoms (3.700 Å). The maximum equatorial angle on the side of the Sb···O=C contact (120.7(2)°–130.67(14)°) is less than the other two equatorial angles. Complete tables of atomic coordinates, bond lengths and valence angles have been deposited with the Cambridge Crystallographic Data Centre (No 2115014 (**1**), 1876829 (**2**), 2214913 (**3**), 2214921 (**4**), 2115013 (**5**), 2233398 (**6**), 1919918 (**7**), 1821410 (**8**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

**Keywords:** tetraphenylantimony carboxylate, synthesis, structure, X-ray structural analysis

**For citation:** Sharutin V.V. Structure of organic and organoelemental compounds. Part 6. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chem.* 2025;17(2):93–98. (In Russ.) DOI: 10.14529/chem250206

## Введение

Известно, что во многих комплексах переходных металлов карбоксилатные заместители проявляют бидентатные свойства, играя роль мостиковых или хелатирующих лигандов [1–3]. Наличие карбоксилатного лиганда в ацилатах тетраарилсурьмы допускает реализацию дополнительной внутримолекулярной координации атома сурьмы с карбонильным кислородом. Впервые внутримолекулярное взаимодействие Sb···O=C обнаружили Боне и Соверби при изучении строения формиата [4] и ацетата тетрафенилсурьмы [5]. Они установили, что расстояния между атомом сурьмы и карбонильным кислородом, формально несвязанными друг с другом, составляют 3,291 и 2,594 Å соответственно при сумме ван-дер-ваальсовых радиусов атомов сурьмы и кислорода равной 3,70 Å [6]. Расстояние Sb···O=C во втором комплексе является аномально коротким среди всех известных к настоящему времени карбоксилатов тетрафенилсурьмы [7–10] и приближается по своему значению к сумме ковалентных радиусов сурьмы и кислорода (2,05 Å [6]).

С целью исследования строения карбоксилатов тетрафенилсурьмы был синтезирован ряд указанных соединений: Ph<sub>4</sub>SbOC(O)R (R=CHF<sub>2</sub> (**1**), CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> (**2**), C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl-2 (**3**), C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Br-3 (**4**), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,5 (**5**), C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F<sub>2</sub>-2,3 (**6**), C<sub>6</sub>F<sub>4</sub>H (**7**), C<sub>6</sub>F<sub>5</sub> (**8**)) и изучены особенности их строения.

## Экспериментальная часть

Карбоксилаты тетрафенилсурьмы синтезировали по методике, описанной в [9]. В работе использовали карбоновые кислоты производства фирмы Alfa Aesar. Элементный анализ выполнен на элементном анализаторе Carlo Erba CHNS-O EA 1108. Температуры плавления измерены на синхронном термоанализаторе Netzsch 449C Jupiter.

**ИК-спектры** соединений **1–8** записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетках KBr в области 4000–400 см<sup>-1</sup>.

**РСА** кристаллов **1–8** проведен на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (MoK $\alpha$ -излучение,  $\lambda = 0,71073$  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 [11]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [12] и OLEX2 [13]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структур **1–8** приведены в табл. 1. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 2115014 (**1**), 1876829 (**2**), 2214913 (**3**), 2214921 (**4**), 2115013 (**5**), 2233398 (**6**), 1919918 (**7**), 1821410 (**8**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

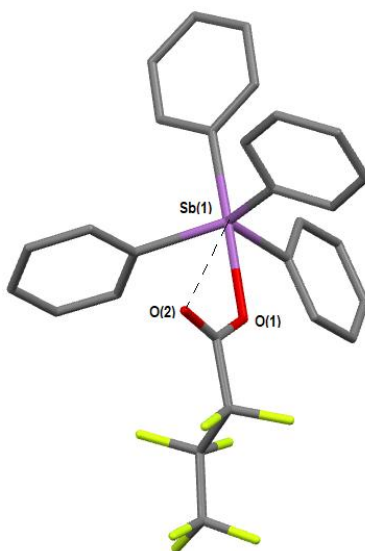
Таблица 1

Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур 1–8

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8
Стехиометрическая формула	$C_{26}H_{21}F_2O_2Sb$	$C_{28}H_{20}O_2F_7Sb$	$C_{31}H_{24}O_2ClSb$	$C_{31}H_{24}O_2BrSb$	$C_{31}H_{23}O_2F_2Sb$	$C_{31}H_{23}O_2F_2Sb$	$C_{31}H_{21}O_2F_4Sb$	$C_{31}H_{19}O_2F_5Sb$
<i>M</i>	525,18	643,19	585,70	630,16	587,24	587,24	623,23	640,21
Сингония	Моноклиная	Моноклиная	Моноклиная	Триклиная	Моноклиная	Триклиная	Триклиная	Моноклиная
Пространственная группа	<i>C2/c</i>	<i>P2<sub>1/n</sub></i>	<i>P2<sub>1/n</sub></i>	<i>P-1</i>	<i>P2<sub>1/n</sub></i>	<i>P-1</i>	<i>P-1</i>	<i>P2<sub>1/c</sub></i>
<i>a</i> , Å	9,942(3)	10,088(5)	10,424(4)	10,178(9)	9,935(7)	9,876(7)	9,917(7)	16,243(6)
<i>b</i> , Å	17,898(8)	17,296(7)	14,755(4)	10,370(8)	28,188(15)	10,151(5)	10,255(5)	8,779(2)
<i>c</i> , Å	13,398(4)	15,780(7)	17,100(5)	14,596(14)	10,318(5)	14,287(8)	14,506(7)	20,442(5)
$\alpha$ , град.	90,00	90,00	90,00	78,76(3)	90,00	84,037(18)	84,042(18)	90,00
$\beta$ , град.	106,932(12)	105,361(15)	100,698(19)	79,26(5)	115,54(3)	82,98(3)	82,01(3)	113,113(12)
$\gamma$ , град.	90,00	90,00	90,00	63,11(2)	90,00	68,40(2)	67,35(2)	90,00
<i>V</i> , Å <sup>3</sup>	2280,7(14)	2655(2)	2584,5(15)	1339(2)	2607(3)	1319,1(13)	1346,2(13)	2681,0(13)
<i>Z</i>	4	4	4	2	4	2	2	4
$\rho_{\text{выч}}$ , г/см <sup>3</sup>	1,529	1,609	1,505	1,563	1,496	1,478	1,537	1,586
$\mu$ , мм <sup>-1</sup>	1,245	1,112	1,197	1,547	1,098	1,085	1,079	1,091
<i>F</i> (000)	1048,0	1272,0	1176,0	624,0	1176,0	588,0	620,0	1268,0
Размер кристалла, мм	0,45×0,32×0,09	0,56×0,32×0,24	0,46×0,36×0,31	0,39×0,33×0,12	0,45×0,22×0,2	0,42×0,2×0,09	0,55×0,43×0,27	0,59×0,47×0,27
Диапазон сбора данных по $2\theta$ , град.	6,358–54,306	5,84–73,04	5,08–86,14	6,58–60,18	6,44–54,38	6,08–68,9	6,02–86,6	6,18–84,58
Диапазон индексов	$-12 \leq h \leq 12$ , $-22 \leq k \leq 22$ , $-16 \leq l \leq 17$	$-16 \leq h \leq 16$ , $-28 \leq k \leq 28$ , $-26 \leq l \leq 26$	$-17 \leq h \leq 17$ , $-26 \leq k \leq 25$ , $-32 \leq l \leq 29$	$-14 \leq h \leq 14$ , $-14 \leq k \leq 14$ , $-20 \leq l \leq 20$	$-12 \leq h \leq 12$ , $-36 \leq k \leq 36$ , $-13 \leq l \leq 12$	$-15 \leq h \leq 15$ , $-16 \leq k \leq 15$ , $-22 \leq l \leq 22$	$-19 \leq h \leq 19$ , $-19 \leq k \leq 19$ , $-27 \leq l \leq 27$	$-30 \leq h \leq 30$ , $-16 \leq k \leq 16$ , $-38 \leq l \leq 38$
Число измеренных рефлексов	25747	85941	58291	80058	27450	58979	147740	154711
Число независимых рефлексов	2509	12980	14390	7820	5753	11074	20091	18952
<i>R</i> <sub>int</sub>	0,0244	0,0405	0,0806	0,0320	0,0319	0,0487	0,0362	0,1780
<i>GOOF</i>	1,267	1,033	1,062	1,070	1,263	1,005	1,060	1,035
Число параметров	229	343	487	316	325	325	344	487
<i>R</i> -факторы по $I > 2\sigma(I)$	$R_1 = 0,0456$ , $wR_2 = 0,1502$	$R_1 = 0,0471$ , $wR_2 = 0,1101$	$R_1 = 0,1016$ , $wR_2 = 0,2654$	$R_1 = 0,0272$ , $wR_2 = 0,0612$	$R_1 = 0,0389$ , $wR_2 = 0,0768$	$R_1 = 0,0399$ , $wR_2 = 0,0673$	$R_1 = 0,0454$ , $wR_2 = 0,0949$	$R_1 = 0,0513$ , $wR_2 = 0,1029$
<i>R</i> -факторы по всем рефлексам	$R_1 = 0,0458$ , $wR_2 = 0,1504$	$R_1 = 0,0876$ , $wR_2 = 0,1284$	$R_1 = 0,2448$ , $wR_2 = 0,3456$	$R_1 = 0,0354$ , $wR_2 = 0,0647$	$R_1 = 0,0468$ , $wR_2 = 0,0791$	$R_1 = 0,0816$ , $wR_2 = 0,0760$	$R_1 = 0,0785$ , $wR_2 = 0,1073$	$R_1 = 0,0940$ , $wR_2 = 0,1202$
Остаточная электронная плотность (max/min), e/Å <sup>3</sup>	0,90/–0,92	0,55/–0,74	2,21/–2,67	0,64/–1,14	0,65/–1,52	0,40/–0,62	1,46/–0,57	1,64/–0,92

### Обсуждение результатов

Показано, что карбоксилатах тетрафенилсурьмы **1–8** атом сурьмы имеет тригонально-бипирамидальную координацию (см. рисунок). Анализ структурных данных карбоксилатов тетрафенилсурьмы показывает (табл. 2), что искажение тригонально-бипирамидальной конфигурации молекул проявляется в разной степени. Длины связей С=О (1,197(3)–1,284(7) Å) короче длин связей С–О (1,196(18)–1,231(8) Å) (длины двойных связей в карбоновых кислотах (1,226–1,229 Å [13]). Расстояния Sb–С в молекулах **1–8** находятся в интервале 2,095(6)–2,167 Å, причем расстояние Sb–С<sub>акс</sub> (2,154(3) Å (**2**))–2,174(4) Å (**5**)) выше экваториальных связей Sb–С<sub>эқв</sub>. Кроме того, имеются внутримолекулярные контакты между атомом сурьмы и карбонильным кислородом (3,100(5) Å (**5**))–3,517(6) Å (**2**)), что меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов этих атомов (3,700 Å). Максимальный экваториальный угол со стороны контакта Sb⋯О=C (120,7(2)°–130,67(14)°) меньше двух других экваториальных углов. Величины аксиальных углов С<sub>акс</sub>SbО варьируют от 171,97° (**1**) до 179,12(6)° (**8**). Эффект *транс*-влияния в ряду карбоксилатов тетрафенилсурьмы (при возрастании длины связи Sb–О расстояние Sb–С<sub>акс</sub> укорачивается) в основном выполняется.



Строение гептафторбутаната тетрафенилсурьмы (**3**).  
(атомы водорода не показаны)

Таблица 2  
Проявление бидентатных свойств карбоксилатного лиганда в карбоксилатах тетрафенилсурьмы

№	Соединение	$d$ Sb–O, Å	$d$ Sb⋯O=C, Å	$\frac{d}{d \text{ Sb–O}}$ Sb⋯O=C	$d$ Sb–С <sub>акс</sub> , Å	$\varphi_{\text{С}_{\text{эқв}}\text{SbС}_{\text{эқв}}}$	$\varphi_{\text{С}_{\text{акс}}\text{SbO}}$
3	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl-2	2,278(4)	3,352(5)	1,47	2,167(5)	127,5(2)	177,19(18)
6	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> F <sub>2</sub> -2,3	2,2838(19)	3,183(19)	1,394	2,165(2)	129,29(8)	177,84(6)
4	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br-3	2,294(2)	3,139(4)	1,37	2,171(3)	129,36(9)	177,79(6)
1	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)CHF <sub>2</sub>	2,303(8)	3,454(9)	1,5	2,161(6)	120,7(2)	171,97(2)
7	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> F <sub>4</sub> H-2	2,3070(18)	3,233(19)	1,401	2,1705(19)	127,86(7)	177,92(4)
8	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> F <sub>5</sub>	2,3176(15)	3,510(16)	1,514	2,1666(19)	130,31(7)	179,12(6)
5	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> F <sub>2</sub> -2,5	2,318(3)	3,100(4)	1,337	2,174(4)	130,67(14)	177,73(10)
2	Ph <sub>4</sub> SbOC(O)CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	2,340(2)	3,517(3)	1,5	2,154(3)	124,46(10)	178,87(8)

Длины связей Sb–О в карбоксилатах тетрафенилсурьмы **1–8** изменяются в диапазоне (2,278–2,340 Å), и значительно превышают сумму ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода (2,07 Å [6]). Минимальное отклонение длины связи Sb–О от суммы ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода имеет место в соединении **3**, максимальное – в соединении **2**. Геометри-

ческие параметры синтезированных соединений **1–8** близки к аналогичным для известных карбоксилатов тетрафенилсурьмы [15–25].

### Заключение

Таким образом, в карбоксилатах тетрафенилсурьмы, полученных с выходом до 90 % из пентафенилсурьмы и карбоновой кислоты, атомы сурьмы имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию с атомом кислорода в аксиальных положениях и тремя фенильными лигандами – в экваториальных. Анализ структурных данных полученных в работе карбоксилатов тетрафенилсурьмы показывает, что искажение тригонально-бипирамидальной конфигурации молекул **1–8** проявляется в разной степени, а их геометрические параметры близки к аналогичным, наблюдаемым в известных карбоксилатах тетрафенилсурьмы.

### Список источников

1. Хьюи Дж. Неорганическая химия. Строение вещества и реакционная способность. М.: Химия, 1987. 696 с.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир, 1979. 678 с.
3. Ильин Е. Г. Хелаты // Химическая энциклопедия. М.: Большая российская энциклопедия, 1999. Т. 5. С. 224.
4. Vone S.P., Sowerby D.B. // J. Chem. Res., Synop. 1979. N 3. P. 82.
5. Vone S.P., Sowerby D.B. // Phosphorus, Sulfur, Silicon. Relat. Elem. 1989. V. 45, No. 1–2. P. 23.
6. Бацанов С.С. // Журн. неорган. химии. 1991. Т. 36. № 12. С. 3015.
7. Шарутин В.В., Шарутина О.К. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы(V). Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. 395 с.
8. Шарутин В.В., Поддельский А.И., Шарутина О.К. // Коорд. химия. 2020. Т. 46, № 10. С. 579. DOI: 10.31857/S0132344X20100011
9. Cambridge Crystallographic Data Center, 2022–2023.
10. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 1. С. 5. DOI: 10.14529/chem240101
11. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Madison, Wisconsin, USA: Bruker AXS Inc., 1998.
12. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Madison, Wisconsin, USA: Bruker AXS Inc., 1998.
13. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al. // J. Appl. Cryst. 2009. V. 42. P. 339. DOI: 10.1107/S0021889808042726
14. Allen F.H., Kennard O., Watson D.G. et al. // J. Chem. Soc., Perkin Trans. II. 1987. V. 2, No. 12. P. S1.
15. Шарутина О.К., Шарутин В.В., Сенчуринов В.С. и др. // Изв. РАН. Сер. химическая. 1996. № 1. С. 194.
16. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P., Belsky V.K. // J. Organometal. Chem. 1997. V. 536. No. 1. P. 87.
17. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Пакузина А.П., Бельский В.К. // Журн. общ. химии. 1997. Т. 67. Вып. 9. С. 1536. EDN: PFLFSA
18. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Мельникова И.Г. и др. // Изв. АН. Сер. химическая. 1996. № 8. С. 2082.
19. Шарутин В.В., Фукин Г.К., Захаров Л.Н. и др. // Журн. общ. химии. 2000. Т. 70, вып. 12. С. 1997.
20. Шарутин В.В., Пакузина А.П., Платонова Т.П. и др. // Коорд. химия. 2002. Т. 28, № 11. С. 803. EDN: CYBNKD
21. Шарутин В.В., Пакузина А.П., Платонова Т.П. и др. // Журн. общ. химии. 2003. Т. 73, вып. 2. С. 234.
22. Шарутин В.В. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2025. Т. 17, № 1. С. 191. DOI: 10.14529/chem250119
23. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Бондарь Е.А. и др. // Журн. общ. химии. 2002. Т. 72, вып. 3. С. 419. EDN: VDGBNW

24. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Бондарь Е.А. и др. // Коорд. химия. 2002. Т. 28, № 5. С. 356. EDN: EOICYB
25. Шарутин В.В., Шарутина О.К., Бондарь Е.А. и др. // Журн. общ. химии. 2002. Т. 72, вып. 12. С. 2029.
26. Шарутин В.В., Пакурина А.П., Задачаина О.П. и др. // Коорд. химия. 2004. Т. 30, № 6. С. 426. EDN: OWBOMB
27. Шарутин В.В., Шарутина О.К. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2024. Т. 16, № 2. С. 37. DOI: 10.14529/chem240203

**Шарутин Владимир Викторович** – главный научный сотрудник, управление научной и инновационной деятельности, профессор, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. E-mail: sharutin50@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 23 декабря 2024 г.*  
*The article was submitted 23 December 2024.*