

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ОКСИДА ТРИЦИМАНТРЕНИЛОЛОВА

В.В. Шарутин, В.С. Сенчури

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием хлорида трицимантренилолова с гидроксидом натрия в растворе ацетон-вода синтезирован оксид трицимантренилолова $\{[(\text{CO})_3\text{MnC}_5\text{H}_4]_3\text{Sn}\}_2\text{O}$ (**1**) с выходом 72 %. Строение полученного соединения исследовано методами ИК-спектроскопии и РСА. В ИК-спектре комплекса **1** наблюдаются характерные полосы поглощения, относящиеся к валентным колебаниям карбонильных групп при 1921 и 2019 см^{-1} . По данным рентгеноструктурного анализа, выполненного на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 Quest Bruker (Mo K_α -излучение, $\lambda = 0,71073$ Å, графитовый монохроматор) при 293 К, соединение **1** кристаллизуется в моноклинной кристаллической решетке и относится к пространственной группе $P2_1/c$. Параметры кристаллической ячейки составляют: $a = 12,651(6)$ Å, $b = 35,000(16)$ Å, $c = 12,297(7)$ Å, $\alpha = \gamma = 90,00$; $\beta = 113,44(3)$ град., $V = 5251(4)$ Å³, $Z = 4$, $\rho_{(\text{выч.})} = 1,861$ г/см³, $F(000) = 2856,0$, размер кристалла $0,69 \times 0,53 \times 0,33$ мм; область сбора данных по 2θ 5,78–54,4 град., интервалы индексов отражений $-16 \leq h \leq 16$, $-44 \leq k \leq 44$, $-16 \leq l \leq 16$; всего отражений 50910; независимых отражений 11625; переменных уточнения 676, GOOF 1,122; $R_1 = 0,0596$; $wR_2 = 0,1321$; остаточная электронная плотность 4,29/–2,57 $\text{e}/\text{Å}^3$. Атомы олова в **1** имеют искаженную тетраэдрическую координацию: углы CSnC 102,3(2)–120,1(2)°, связи Sn–C изменяются в интервале 2,107(6)–2,119(7) Å, расстояния Sn–O составляют 1,945(4) и 1,959(4) Å. Структурная организация кристалла комплекса **1** обусловлена межмолекулярными связями $\text{C}\cdots\text{H}\cdots\text{O}=\text{C}$ (2,57–2,71 Å).

Ключевые слова: оксид трицимантренилолова, синтез, строение, рентгеноструктурный анализ.

Введение

Известно, что органические соединения олова являются эффективными стабилизаторами поливинилхлорида и катализаторами реакций OH-содержащих соединений с изоцианатами [1], среди которых наиболее широко представлены органические производные четырехвалентного олова общей формулы R_4Sn , R_2SbX_2 и R_3SbX (X – электроотрицательный лиганд) [2]. Можно ожидать, что свойства оловоорганических производных при замене алкильных или арильных заместителей при атоме олова на цимантренильные группы не будут изменяться. Отметим, что цимантренильные соединения известны для широкого ряда элементов: Li [3], Hg [4], B [5, 6], Ni [7], Ge, Pb [8], Ag [9], Cu [10], Au [11], P [12], Ti [13], Sb [14, 15], однако подобные соединения олова(IV) с цимантренильными радикалами представлены в литературе единичными примерами [16–19]. Так, например, из цимантренильных производных олова известны дихлорид дицимантренилолова $[\text{C}_5\text{H}_4\text{Mn}(\text{CO})_3]_2\text{SnCl}_2$ [16] и хлорид трицимантренилолова $[\text{C}_5\text{H}_4\text{Mn}(\text{CO})_3]_3\text{SnCl}$ [19], первое из которых синтезировали из дицимантренилртути и дихлорида олова, а второе – из цимантрениллития и хлорида олова(IV) с выходом 73 % [19]. Получение хлорида трицимантренилолова из дихлорида дицимантренилолова и цимантрениллития было также описано в работе [20].

В продолжение изучения методов синтеза цимантренильных производных олова в настоящей работе исследована реакция хлорида трицимантренилолова с гидроксидом натрия.

Экспериментальная часть

Синтез $\{[\text{C}_5\text{H}_4\text{Mn}(\text{CO})_3]_3\text{Sn}\}_2\text{O}$ (1**).** К раствору 0,486 г (0,6 ммоль) хлорида трицимантренилолова в 20 мл ацетона прибавляли раствор 0,144 г (3,60 ммоль) гидроксида натрия в 100 мл воды и перемешивали 5 минут. Через 24 ч светло-желтый осадок отделяли фильтрованием, промывали дистиллированной водой и сушили. После перекристаллизации из бензола выделили 0,337 г (72 %) бледно-желтых кристаллов с т. разл. 204 °С. ИК-спектр (ν , см^{-1}): 3116, 2019, 1921, 1402, 1199, 1150, 1028, 839, 768, 667, 632, 538. Найдено, %: C 39,12; H 1,67. $\text{C}_{48}\text{H}_{24}\text{O}_{19}\text{Mn}_6\text{Sn}_2$. Вычислено, %: C 39,18; H 1,64.

Химия элементоорганических соединений

ИК-спектр записывали на Фурье-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетках KBr. Рентгеноструктурный анализ кристалла комплекса **1** проводили на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (Mo K_{α} -излучение, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [21]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [22] и OLEX2 [23]. Структура определена прямым методом и уточнена методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структуры **1** 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 (№ 2044007 (**1**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Таблица 1
Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структуры комплекса **1**

Параметр	Значение
Формула	$C_{48}H_{24}O_{19}Mn_6Sn_2$
M	1471,69
T , К	293
Сингония	Моноклинная
Пр. группа	$P2_1/c$
a , Å	12,651(6)
b , Å	35,000(16)
c , Å	12,927(7)
α , $^\circ$	90,00
β , $^\circ$	113,44(3)
γ , $^\circ$	90,00
V , Å^3	5251(4)
Z	4
ρ (выч.), г/см^3	1,861
μ , мм^{-1}	2,401
$F(000)$	2856,0
Размер кристалла (мм)	$0,69 \times 0,53 \times 0,33$
Область сбора данных по θ , град.	5,78–54,4
Интервалы индексов отражений	$-16 \leq h \leq 16, -44 \leq k \leq 44, -16 \leq l \leq 16$
Измерено отражений	50910
Независимых отражений	11625
Переменных уточнения	676
GOOF	1,122
R -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0596, wR_2 = 0,1321$
R -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0698, wR_2 = 0,1381$
Остаточная электронная плотность (min/max), e/Å^3	4,29/–2,57

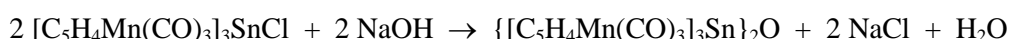
Таблица 2
Основные длины связей и валентные углы в структуре **1**

Связь	Длина, Å	Угол	ω , град.
Sn(1)–O(10)	1,945(4)	O(10)–Sn(1)–C(1)	102,3(2)
Sn(1)–C(1)	2,107(6)	C(1)–Sn(1)–C(11)	108,6(3)
Sn(1)–C(11)	2,122(8)	C(1)–Sn(1)–C(21)	120,1(2)
Sn(1)–C(21)	2,115(7)	C(21)–Sn(1)–C(11)	108,2(3)
Sn(2)–O(10)	1,959(4)	O(10)–Sn(2)–C(31)	105,9(2)
Sn(2)–C(31)	2,110(6)	O(10)–Sn(2)–C(41)	104,8(3)
Sn(2)–C(41)	2,119(7)	O(10)–Sn(2)–C(51)	107,4(2)
Sn(2)–C(51)	2,111(6)	C(31)–Sn(2)–C(41)	115,2(3)

Обсуждение результатов

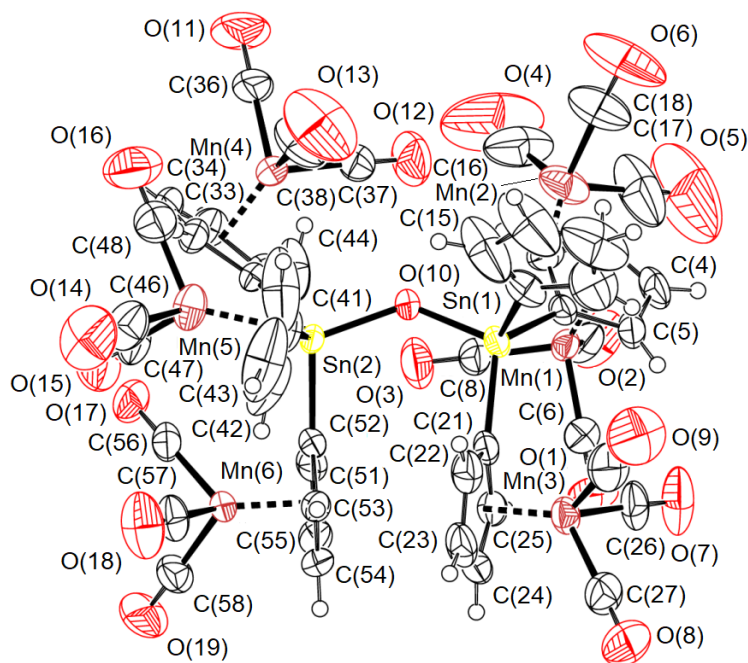
Известно, что взаимодействие цимантрениллития в растворе тетрагидрофурана с дихлоридом дицимантренилолова(IV) (мольное соотношение 1:1) или цимантрениллития с хлоридом олова (мольное соотношение 4:1) приводит к образованию хлорида трицимантренилолова [20]. Увеличение концентрации цимантрениллития в реакционной среде не приводит к образованию тетрацимантренилолова, что можно объяснить стерическими затруднениями, вызванными присутствием в хлориде трицимантренилолова трех большеобъемных цимантренильных лигандов. Отметим, что на возможность подобных пространственных затруднений в реакции трицимантренилсурьмы с иодом указывали авторы работы [15].

Мы исследовали взаимодействие хлорида трицимантренилолова с гидроксидом натрия, надеясь получить гидроксид трицимантренилолова, однако нашли, что единственным продуктом реакции, протекающей в водном растворе ацетона, являлся оксид трицимантренилолова (**1**).

**1**

Комплекс **1** представляет собой светло-желтые кристаллы, строение которых было исследовано методами ИК-спектроскопии и РСА. В ИК-спектре комплекса **1** наблюдаются характерные полосы поглощения, относящиеся к валентным колебаниям карбонильных групп при 1921 и 2019 см^{-1} , что несколько отличается от соответствующих полос поглощения в цимантрене (1943 и 2025 см^{-1}) [24].

По данным РСА (рис. 1, см. табл. 2), атом олова в молекуле соединения **1** имеет тетраэдрическую координацию (углы CSnC и OSnO изменяются в интервалах $102,3(2)$ – $120,1(2)^\circ$ и $102,3(3)$ – $109,6(2)^\circ$ соответственно). Биядерная молекула **1** изогнута (угол SnOSn составляет $133,2(5)^\circ$), цимантренильные лиганды при атомах олова развернуты карбонильными группами от мостикового атома кислорода. Связи $\text{Sn}-\text{C}$ изменяются в узком интервале 2,107(6)–2,119(7) Å; расстояния $\text{Sn}-\text{O}$ составляют 1,945(4) и 1,959(4) Å, что меньше суммы ковалентных радиусов атомов олова и кислорода (2,05 Å) [25].

Рис. 1. Строение соединения **1**

Структурная организация кристалла комплекса **1** обусловлена многочисленными межмолекулярными контактами $\text{C}-\text{H}\cdots\text{O}\equiv\text{C}$ (2,57–2,71 Å) с участием атомов водорода и кислорода, что близко к сумме их ван-дер-ваальсовых радиусов (2,62 Å [26]). Молекулы упакованы в стопки, ориентированные вдоль кристаллографической оси c (рис. 2).

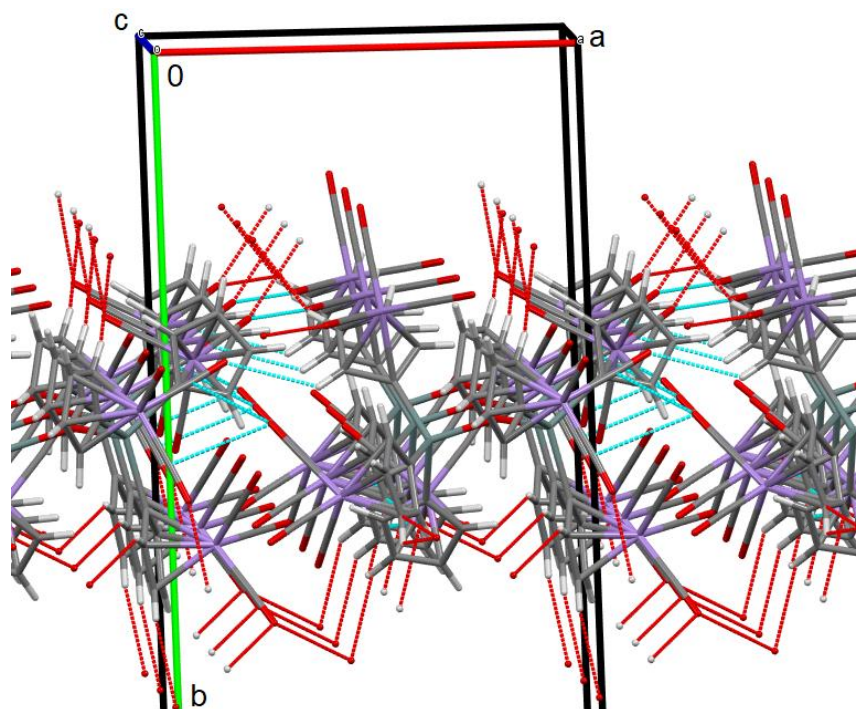


Рис. 2. Упаковка молекул в кристалле 1
(проекция вдоль кристаллографической оси c)

Выводы

Взаимодействием хлорида трицимантренилолова с гидроксидом натрия в водном растворе ацетона при комнатной температуре синтезирован оксид трицимантренилолова $\{[(\text{CO})_3\text{MnC}_5\text{H}_4]_3\text{Sn}\}_2\text{O}$ с выходом 72 %. Строение полученного соединения исследовано методами ИК-спектроскопии и РСА.

Литература

1. Химическая энциклопедия: в 5 т. т. 1: Абл-Дар / редкол.: И.Л. Кнунянц (гл. ред.) [и др.]. – М.: Сов. энцикл., 1988. – С. 100.
2. Методы элементоорганической химии. Германий, олово, свинец / К.А. Кочешков, Н.Н. Землянский, Н.И. Шевердина, Е.М. Панов. – М.: Наука, 1968. – 704 с.
3. Металлирование циклопентадиенилмарганецтрикарбонила / А.Н. Несмеянов, К.Н. Анисимов, Р.Е. Колобова, Ю.В. Макаров // Изв. АН СССР, Сер. Химия. – 1968. – Т. 17, № 3. – С. 686.
4. Несмеянов, А.Н. Ртутные производные циклопентадиенил и метилциклопентадиенилмарганецтрикарбонила / А.Н. Несмеянов, К.Н. Анисимов, З.П. Валуева // Изв. АН СССР, Сер. Химия. – 1962. – Т. 11, № 9. – С. 1683–1684.
5. Renk, T. Metallocenylborane III. Darstellung und eigenschaften von ferrocenyl- und cymantrenylboranen / T. Renk, W. Ruf, W. Siebert // Journal of Organometallic Chemistry. – 1976. – V. 120, Issue 1. – P. 1–25. DOI: 10.1016/S0022-328X(00)80400-3.
6. Бор- и галогенпроизводные трикарбонилциклопентадиенилмарганца и -рения / А.Н. Несмеянов, Р.Е. Колобова, Ю.В. Макаров, К.Н. Анисимов // Изв. АН СССР, Сер. Химия. – 1969. – Т. 18, № 9. – С. 1992–1995.
7. Никельорганические производные циклопентадиенилмарганецтрикарбонила и ферроцена / А.Н. Несмеянов, Э.Г. Перевалова, Л.Т. Хомик, Л.И. Леонтьева // Докл. АН СССР. – 1973. – Т. 209, № 4. – С. 869–871.
8. Синтез и исследование некоторых свойств Ph_3Si , Ph_3Ge , Ph_3Sn и Ph_3Pb -производных π -циклопентадиенилтрикарбониллов марганца и рения / А.Н. Несмеянов, К.Н. Анисимов, Р.Е. Колобова, Ю.В. Макаров // Изв. АН СССР, Сер. Химия. – 1973. – Т. 22, № 12. – С. 2815–2817.
9. Несмеянов, А.Н. Циклопентадиенилмарганецтрикарбонилсеребро / А.Н. Несмеянов, В.А. Сазонова, Н.Н. Седова // Докл. АН СССР. – 1971. – Т. 198, № 3. – С. 590–592.

10. Несмеянов, А.Н. Циклопентадиенилмарганецтрикарбонилмедь / А.Н. Несмеянов, В.А. Сазонова, Н.Н. Седова // Докл. АН СССР. – 1972. – Т. 202, № 2. – С. 362–363.
11. Трифенилфосфинзолотоциклопентадиенилмарганецтрикарбонил / А.Н. Несмеянов, К.И. Грандберг, Т.В. Баукова и др. // Изв. АН СССР, Сер. Химия. – 1969. – Т. 18, № 9. – С. 2032–2033.
12. Несмеянов, А.Н. Трис-(циклопентадиенилтрикарбонилмарганец)фосфин и его производные / А.Н. Несмеянов, К.Н. Анисимов, З.П. Валуева // Докл. АН СССР. – 1974. – Т. 216, № 1. – С. 106–109.
13. Synthesis and Crystal Structure of Bis[σ -tricarbonyl(η^5 -cyclopentadienyl)manganese]di- η^5 -cyclopentadienyltitanium / R.J. Daroda, G. Wilkinson, M.B. Hursthouse, K.M.A. Malic, M. Thornton-Pett // J. Chem. Soc. Dalton Trans. – 1980. – № 11. – P. 2315–2317. DOI: 10.1039/DT9800002315.
14. Сафьянов, Ю.Н. Молекулярная и кристаллическая структура дибромида трицимантренилсурьмы / Ю.Н. Сафьянов, Э.А. Кузьмин, В.В. Шарутин // Кристаллография. – 1984. – Т. 29, № 5. – С. 928–930.
15. Реакции трицимантренилсурьмы с галогенами. Синтез и строение дигидроксида трицимантренилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчуринов, П.В. Андреев // Журн. общ. химии. – 2018. – Т. 88, № 5. – С. 866–869.
16. Несмеянов, А.Н. Синтез и некоторые свойства оловоорганических производных цимантрена и ферроцена / А.Н. Несмеянов, Т.П. Толстая, В.В. Корольков // Докл. АН СССР. – 1973. – Т. 209, № 5. – С. 1113–1116.
17. Полнозамещенные оловоорганические производные цимантрена и ферроцена / А.Н. Несмеянов, Т.П. Толстая, В.В. Корольков, А.Н. Яркевич // Докл. АН СССР. – 1975. – Т. 221, № 6. – С. 1337–1340.
18. Бокий, Н.Г. Кристаллическая и молекулярная структура $[(C_5H_4)Mn(CO)_3]_2SnCl_2$ / Н.Г. Бокий, Ю.Т. Стручков // Коорд. химия. – 1978. – Т. 4, № 1. – С. 134–137.
19. Молекулярная и кристаллическая структура трицимантренилвисмута / Л.Н. Захаров, В.Г. Андрианов, Ю.Т. Стручков и др. // Коорд. химия. – 1980. – Т. 6, № 5. – С. 1104–1105.
20. Шарутин, В.В. Синтез и строение хлорида трицимантренилолова / В.В. Шарутин, В.С. Сенчуринов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 75–81. DOI: 10.14529/chem180408
21. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
22. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures From Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
23. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea, J.A.K. Howard, H. Puschmann // J. Appl. Cryst. – 2009. – V. 42. – P. 339–341.
24. Интегральные интенсивности карбонильных полос в ИК-спектрах и ПМР-спектры замещенных в кольцах производных циклопентадиенилтрикарбониллов марганца и рения / А.Н. Несмеянов, Г.Г. Дворянцева, Ж.П. Пустыльник и др. // Докл. АН СССР. – 1967. – Т. 174, № 2. – С. 368–371.
25. Covalent Radii Revisited / B. Cordero, V. Gómez, A.E. Platero-Prats et al. // Dalton Trans. – 2008. – Iss. 21. – P. 2832–2838. DOI: 10.1039/B801115J.
26. Consistent Van der Waals Radii for the Whole Main Group / M. Mantina, A.C. Chamberlin, R. Valero et al. // J. Phys. Chem. A. – 2009. – V. 113, iss. 19. – P. 5806–5812. DOI: 10.1021/jp8111556.

Шарутин Владимир Викторович – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: sharutin50@mail.ru

Сенчуринов Владислав Станиславович – доктор химических наук, профессор, кафедра теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: senchurinvs@susu.ru

Поступила в редакцию 22 октября 2021 г.

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF TRICYMANTRENYLTIN OXIDE

V.V. Sharutin, sharutin50@mail.ru

V.S. Senchurin, senchurinvs@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Interaction of tricymantrenyltin chloride with sodium hydroxide in an acetone-water solution leads to formation of tricymantrenyltin oxide $\{[(\text{CO})_3\text{MnC}_5\text{H}_4]_3\text{Sn}\}_2\text{O}$ (**1**), yielding 72 %. The structure of the obtained compound has been investigated by IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis. The IR spectrum of complex **1** contains the characteristic absorption bands related to stretching vibrations of carbonyl groups at 1921 and 2019 cm^{-1} . According to the X-ray analysis data, obtained on an automatic diffractometer D8 Quest Bruker (MoK α -radiation, $\lambda = 0.71073$ Å, graphite monochromator) at 293 K, compound **1** is crystallized in a monoclinic crystal lattice, the spatial group is $P2_1/c$. Cell parameters: $a = 12.651(6)$ Å, $b = 35.000(16)$ Å, $c = 12.297(7)$ Å, $\alpha = \gamma = 90.00$, $\beta = 113.44(3)$ degrees, $V = 5251(4)$ Å³, $Z = 4$, $\rho_{(\text{sub.})} = 1.861$ g/cm³, $F(000) = 2856.0$, the crystal size is 0.69×0.53×0.33 mm; the 2θ range of data collection is 5.78–54.4 degrees, the ranges of refraction indices are $-16 \leq h \leq 16$, $-44 \leq k \leq 44$, $-16 \leq l \leq 16$; total reflections 50910; independent reflections 11625; refinement variables 676; GOOF 1.122; $R_1 = 0.0596$; $wR_2 = 0.1321$; the residual electron density equals 4.29/–2.57 e/Å³. The tin atoms in **1** have a distorted tetrahedral coordination; the CSnC angles are 102.3(2)°–120.1(2)°, the Sn–C bond lengths change within the range 2.107(6)–2.119(7) Å, the Sn–O distances are 1.945(4) and 1.959(4) Å. The structural organization of the complex **1** crystal is controlled by intermolecular bonds C–H...O≡C (2.57–2.71 Å).

Keywords: tricymantrenyltin oxide, synthesis, structure, X-ray analysis.

References

1. *Khimicheskaya entsiklopediya: v 5 t: t. 1: Abl–Dar* [Chemical Encyclopedia in 5 Vol.: Vol. 1. Abl–Dar]. Moscow: Sov. Enc. 1988, p. 100.
2. Kocheshkov K.A., Zemlyanskiy N.N., Sheverdina N.I., Panov E.M. *Metody elementoorganicheskoy khimii. Germaniy, olovo, svinets* [Methods of Organoelement Chemistry. Germanium, Tin, Lead]. Moscow: Nauka, 1968, 704 p. (in Russ.).
3. Nesmeyanov A.N., Anisimov K.N., Kolobova R.E., Makarov Yu.V. [Metalation of Cyclopentadienyltricarbonylmanganese]. *Izv. AN SSSR. Ser. Khimiya*, 1968, vol. 17, no. 3, p. 686. (in Russ.).
4. Nesmeyanov A.N., Anisimov K.N., Kolobova R.E., Valuyeva Z.P. [Mercury Derivatives of Manganese Cyclopentadienyl and Methylcyclopentadienyltricarbonyl]. *Izv. AN SSSR. Ser. Khimiya*, 1962, vol. 11, no. 9, pp. 1683–1684. (in Russ.).
5. Renk T., Ruf W., Siebert W. Metallocenylborane III. Darstellung und Eigenschaften von Ferrocenyl- und Cymantrenylboranen. *J. Organomet. Chem.*, 1976, vol. 120, no. 1, pp. 1–25. DOI: 10.1016/S0022-328X(00)80400-3.
6. Nesmeyanov A.N., Kolobova R.E., Makarov Yu.V., Anisimov K.N. [Borono and Halo Derivatives of Tricarbonylcyclopentadienylmanganese and -Rhenium]. *Izv. AN SSSR. Ser. Khimiya*, 1969, vol. 18, no 2, pp. 1992–1995. (in Russ.).
7. Nesmeyanov A.N., Perevalova E.G., Khomik L.T., Leont'yeva L.I. [Organonickel Derivatives of Cyclopentadienylmanganesetricarbonyl and Ferrocene]. *Dokl. AN SSSR.*, 1973, vol. 209, no. 4, pp. 869–871. (in Russ.).
8. Nesmeyanov A.N., Anisimov K.N., Kolobova R.E., Makarov Yu.V. [Synthesis and Study of Some Properties of Triphenylsilicon, Triphenylgermanium, Triphenyltin and Triphenyllead Derivatives of Manganese and Rhenium π -Cyclopentadienyltricarbonyls]. *Izv. AN SSSR. Ser. Khimiya*, 1973, vol. 22, no. 12, pp. 2815–2817. (in Russ.).
9. Nesmeyanov A.N., Sazonova V.A., Sedova N.N. [Cyclopentadienylmanganesetricarbonylsilver]. *Dokl. AN SSSR.*, 1971, vol. 198, no. 3, pp. 590–592. (in Russ.).
10. Nesmeyanov A.N., Sazonova V.A., Sedova N.N. [Cyclopentadienylmanganesetricarbonylcopper]. *Dokl. AN SSSR.*, 1972, vol. 202, no. 2, pp. 362–363. (in Russ.).

11. Nesmeyanov A.N., Grandberg K.I., Baukova T.V., Kosina A.N., Perevalova E.G. [(Triphenylphosphine)goldtricarbonylmanganese]cyclopentadienyl]. *Izv. AN SSSR. Ser. Khimiya*, 1969, vol. 18, no. 9, pp. 2032–2033. (in Russ.).
12. Nesmeyanov A.N., Anisimov K.N., Valuyeva Z.P. [Tris-(cyclopentadienyltricarbonylmanganese) phosphine and its Derivatives]. *Dokl. AN SSSR*, 1974, vol. 216, no. 1, pp. 106–109. (in Russ.).
13. Daroda R.J., Wilkinson G., Hursthouse M.B., Malic K.M.A., Thornton-Pett M. Synthesis and Crystal Structure of Bis[σ -tricarbonyl(η^5 -cyclopentadienyl)manganese]di- η^5 -cyclopentadienyltitanium. *J. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 1980, no. 11, pp. 2315–2317. DOI: 10.1039/DT9800002315.
14. Saf'yanov Yu.N., Kuz'min E.A., Sharutin V.V. [Molecular and Crystal Structure of Tricymantrenylantimony Dibromide]. *Crystallogr. Rep.*, 1984, vol. 29, no. 5, pp. 928–930. (in Russ.).
15. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Andreev P.V. Reactions of Tricymantrenylantimony with Halogens. Synthesis and Structure of Tricymantrenylantimony Dihydroxide. *Rus. J. Gen. Chem.*, 2018, vol. 88, no. 5, pp. 1049–1052. DOI: 10.1134/S1070363218050353.
16. Nesmeyanov A.N., Tolstaya T.P., Korol'kov V.V. [Synthesis and Some Properties of Organotin Derivatives of Cymantrene and Ferrocene]. *Dokl. AN SSSR*, 1973, vol. 209, no. 5, pp. 1113–1116. (in Russ.).
17. Nesmeyanov A.N., Tolstaya T.P., Korol'kov V.V., Yarkovich A.N. [Full-substituted Organotin Derivatives of Cymantrene and Ferrocene]. *Dokl. AN SSSR*, 1975, vol. 221, no. 6, pp. 1337–1340. (in Russ.).
18. Bokiy N.G., Struchkov Yu.T. [Crystal and Molecular Structure [(C₅H₄)Mn(CO)₃]₂SnCl₂]. *Coord. Chem.*, 1978, vol. 4, issue 1, pp. 134–137. (in Russ.).
19. Zaharov L.N., Andrianov V.G., Struchkov Yu.T., Sharutin V.V., Suvorova O.N. [The Molecular and Crystal Structure of Tricymantrenylbismuth]. *Coord. Chem.*, 1980, vol. 6, issue 5, pp. 1104–1105. (in Russ.).
20. Sharutin V.V., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Tricymantrenyltin Chloride. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*, 2018, vol. 10, no. 4, pp. 75–81. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180408
21. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
22. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
23. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *J. Appl. Cryst.*, 2009, vol. 42, pp. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
24. Nesmeyanov A.N., Dvoryantseva G.G., Pustyl'nik Zh.P., Sheynker Yu.N., Kolobova R.E., Anisimov K.N. [Integral Intensities of Carbonyl Bands in IR Spectra and PMR Spectra of Manganese and Rhenium Cyclopentadiene Derivatives Substituted in Rings]. *Dokl. AN SSSR*, 1967, vol. 174, no. 2, pp. 368–371. (in Russ.).
25. Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E., Revés M., Echeverría J., Cremades E., Barragána F., Alvarez S. Covalent Radii Revisited. *Dalton Trans.*, 2008, iss. 21, pp. 2832–2838. DOI: 10.1039/B801115J.
26. Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R., Cramer C.J., Truhlar D.G. Consistent Van der Waals Radii for the Whole Main Group. *J. Phys. Chem. A*, 2009, vol. 113, no. 19, pp. 5806–5812. DOI: 10.1021/jp8111556.

Received 22 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Шарутин, В.В. Синтез и строение оксида трицимантренилолова / В.В. Шарутин, В.С. Сенчуринов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 17–23. DOI: 10.14529/chem220102

FOR CITATION

Sharutin V.V., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Tricymantrenyltin Oxide. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2022, vol. 14, no. 1, pp. 17–23. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem220102