

СТРОЕНИЕ АДДУКТА БИС(ХЛОРАЦЕТАТА) ТРИ(*o*-ТОЛИЛ)ВИСМУТА С ХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

П.В. Андреев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород, Россия

Аддукт бис(хлорацетата) три(*o*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой (*o*-Tol)₃Bi[OC(O)CH₂Cl]₂ · HOOC(O)CH₂Cl (**1**) синтезирован из бис(хлорацетата) три(*o*-толил)висмута и хлоруксусной кислоты в бензоле. Методом рентгеноструктурного анализа (РСА) определено строение аддукта **1**. РСА кристалла соединения проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 Quest Bruker (MoK_α-излучение, λ = 0,71073 Å, графитовый монохроматор) при 292 К. 1, P2₁/c, a = 10,8054(2), b = 14,2764(3), c = 12,9748(3) Å, β = 102,677(2)°, V = 1952,73(7) Å³, Z = 4, размер кристалла 0,209 × 0,172 × 0,116 мм, область сбора данных по θ 3,371 – 30,508 град., интервалы индексов отражений –15 ≤ h ≤ 15, –20 ≤ k ≤ 20, –18 ≤ l ≤ 18, измерено отражений 38696, независимых отражений 5964, переменных уточнения 299, GOOF 1,13, R-факторы по F² > 2σ(F²) R₁ = 0,0348, wR₂ = 0,076, остаточная электронная плотность –0,523 / 0,777 е/Å³, ρ (выч.) 1,445 г/см³. В структуре кристалла **1** атомы Bi имеют координацию искаженной тригональной бипирамиды с атомами кислорода в аксиальных положениях. Аксиальный угол OBiO в соединении **1** равен 175,24(11)°. Длины связей Bi–O и Bi–C равны 2,258(3)–2,302(3) и 2,211(5)–2,228(5) Å. Молекула хлоруксусной кислоты связана координационной связью через карбоксильный атом водорода с карбонильным атомом кислорода одной из двух карбоксильных групп дикарбоксилата триарилвисмута. Межмолекулярные расстояния O··HO (1,9 Å) меньше суммы вандерваальсовых радиусов O и H на ~0,8 Å.

Ключевые слова: аддукт, комплексное соединение, висмут, уксусная кислота, рентгеноструктурный анализ.

В продолжение изучения строения органических производных висмута в настоящей работе впервые исследовано строение аддукта бис(хлорацетата) три(*o*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой.

Экспериментальная часть

Рентгеноструктурный анализ кристаллов соединения **1** проводили на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (Mo K_α-излучение, λ = 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 [1]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [2, 3], OLEX2 [4], ShelxLe [5]. 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 [6] (№ 1576038 (**1**); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

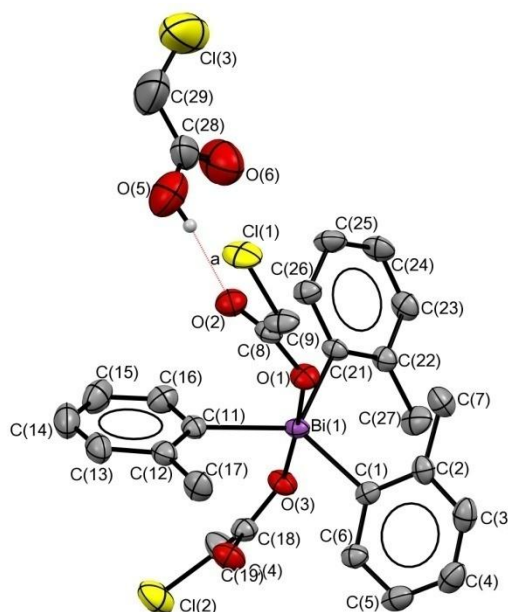
Обсуждение результатов

Особенности строения многих органических соединений фосфора, сурьмы и висмута обсуждаются в ряде работ [7–26]. Весьма интересно строение аддуктов Ph₄SbX·HX, полученных взаимодействием пентафенилсурьмы с уксусной или азотной кислотами (мольное соотношение 1:2) в бензоле [27, 28]. Однако об особенностях строения производных Ph₃EX₂·HX (E = Sb, Bi) ранее не сообщалось.

Химия элементоорганических соединений

Продолжая изучение строения указанных производных, в настоящей работе была снята и расшифрована структура аддукта *бис*(хлорацетата) три(*о*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой (см. рисунок, табл. 1, 2), который синтезировали по реакции эквимольных количеств триарилвисмута с карбоновой кислотой в бензоле при комнатной температуре. По мере удаления растворителя из раствора выпадали бесцветные кристаллы аддукта (1:1).

В структуре кристалла **1** атомы висмута находятся в классической для соединений Ar_3BiX_2 искаженной тригонально-бипирамидальной координации [7]. Сольватная молекула хлоруксусной кислоты координирована на один из хлорацетатных лигандов, причем расстояние $\text{O}\cdots\text{H}$ составляет 1,9 Å, что меньше суммы вандерваальсовых радиусов атомов кислорода и водорода (2,7 Å [29]). Пространственная упаковка кристалла представляет собой трехмерный каркас молекул хлоруксусной кислоты и *бис*(хлорацетата) три(*о*-толил)висмута, связанных слабыми вандерваальсовыми взаимодействиями.



Строение соединения аддукта *бис*(хлорацетата) три(*о*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой $\text{Ph}_3\text{Bi}[\text{OC}(\text{O})\text{CH}_2\text{Cl}]_2 \cdot \text{HOC}(\text{O})\text{CH}_2\text{Cl}$ (**1**)

Таблица 1

Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур соединения **1**

Параметр	Значение
Формула	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{BiCl}_3\text{O}_6$
M	424,82
Сингония	Моноклинная
Пр. группа	$P 2_1/c$
a , Å	10,8054(2)
b , Å	14,2764(3)
c , Å	12,9748(3)
α , °	90
β , °	102,677(2)
γ , °	90
V , Å ³	1952,73(7)
Z	4
ρ (выч.), г/см ³	1,445
μ , мм ⁻¹	1,72
$F(000)$	847
Размер кристалла (мм)	0,209 × 0,172 × 0,116
Область сбора данных по θ , град.	3,371–30,508

Окончание табл. 1

Параметр	Значение
Интервалы индексов отражений	$-15 \leq h \leq 15$
	$-20 \leq k \leq 20$
	$-18 \leq l \leq 18$
Измерено отражений	38696
Независимых отражений	5964
Переменных уточнения	299
GOOF	1,13
<i>R</i> -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0348$; $wR_2 = 0,076$
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0439$; $wR_2 = 0,0803$
Остаточная электронная плотность (min/max), $e/\text{Å}^3$	$-0,523 / 0,777$

Таблица 2

Основные длины связей и валентные углы в структуре 1

Связь	Длина, Å	Угол	ω , град.
1			
Bi(1) – C(11)	2,211(5)	C(11) – Bi(1) – C21	113,96(18)
Bi(1) – C(21)	2,217(4)	C(11) – Bi(1) – C(1)	129,86(17)
Bi(1) – C(1)	2,228(5)	C(21) – Bi(1) – C(1)	116,13(17)
Bi(1) – O(3)	2,258(3)	C(11) – Bi(1) – O(3)	86,99(15)
Bi(1) – O(1)	2,302(3)	C(21) – Bi(1) – O(3)	88,78(14)
		C(1) – Bi(1) – O(3)	96,08(15)
		C(11) – Bi(1) – O(1)	89,01(15)
		C(21) – Bi(1) – O(1)	95,21(14)
		C(31) – Bi(1) – O(1)	84,51(15)
		O(3) – Bi(1) – O(1)	175,24(11)

Выводы

В настоящей работе методом PCA изучено строение кристалла аддукта бис(хлорацетата) три(*o*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой (*o*-Tol)₃Bi[OC(O)CH₂Cl]₂ · HOOC(O)CH₂Cl.

Автор выражает благодарность профессору В.В. Шарутину за синтез и получение монокристаллов исследованного соединения.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания высшим учебным заведениям и научным организациям в сфере научной деятельности, проект № 3.6502.2017/БЧ.

Литература

1. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
2. Sheldrick, G.M. Crystal structure refinement with SHELX / G.M. Sheldrick // Acta Cryst. – 2015. – V. C71. – P. 3–8. DOI: 10.1107/S2053229614024218.
3. 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.
4. OLEX2: Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea et al. // J. Appl. Cryst. – 2009. – V. 42. – P. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
5. Hübschle, C.B. ShelXle: A Qt graphical user interface for SHELXL / C.B. Hübschle, G.M. Sheldrick, B. Dittrich // J. Appl. Cryst. – 2011. – V. 44, № 6. – P. 1281–1284. DOI: 10.1107/S0021889811043202.
6. The Cambridge Structural Database / C.R. Groom, I.J. Bruno, M.P. Lightfoot et al. // Acta Crystallogr. – 2016. – V. B 72, № 2. – P. 171–179. DOI: 10.1107/S2052520616003954.

7. Шарутина, О.К. Молекулярные структуры органических соединений сурьмы (V) / О.К. Шарутина, В.В. Шарутин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 395 с.
8. Interaction of Pentaphenylantimony with Carboranedicarboxylic Acid. / Sharutin, O.K. Sharutina, Y.O. Gubanova et al. // J. Organomet. Chem. – 2015. – V. 798. – P. 41–45. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2015.09.002.
9. Synthesis and Structure of *Bis*(tetraphenyl- λ^5 -stibanyl)-1,7-carborane-1,7-dicarboxylate / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, Y.O. Gubanova et al. // Mendeleev Commun. – 2018. – V. 28. – P. 621–622. DOI: 10.1016/j.mencom.2018/11/019.
10. Термолиз пентафенилфосфорана в присутствии диоксида углерода / В.В. Шарутин, В.Т. Бычков, А.В. Лебедев и др. // Журн. общ. химии. – 1986. – Т. 56. – № 2. – С. 325–328.
11. Alkyloxy- and Silyloxy-Derivatives of P(V) and Sb(V) / G.A. Razuvaev, N.A. Osanova, T.G. Brilkina et al. // J. Organometal. Chem. – 1975. – V. 99, № 1. – P. 93–106. DOI: 10.1016/S0022-328X(00)8636.
12. Карбоксилаты и сульфонаты тетрафенилфосфора. Синтез и строение / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. общ. химии. – 2009. – Т. 79. – С. 80–89.
13. *Bis*(but-2-enoato- κ O)triphenylbismuth(V) / P.V. Andreev, N.V. Somov, O.S. Kalistratova et al. // Acta Cryst. – 2013. – V. E69, № 6. – m 333. DOI: 10.1107/S1600536813013317.
14. Synthesis and Structures of Triphenylbismuth *Bis*[3-(2-Furyl)Acrylate] $\text{Ph}_3\text{Bi}[\text{O}_2\text{CCH}=\text{CH}(\text{C}_4\text{H}_3\text{O})]_2$ and Triphenylbismuth Di-*meta*-nitrocinnamate $\text{Ph}_3\text{Bi}(\text{O}_2\text{CCH}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_4)_2$ / A.A. Gusakovskaya, O.S. Kalistratova, P.V. Andreev et al. // Cryst. Rep. – 2018. – V. 63, № 2. – P. 186–190. DOI: 10.1134/S1063774518020062.
15. Реакции пентаарилсурьмы с диацилатами триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, А.П. Пакузина и др. // Журн. общ. химии. – 1997. – Т. 67. – Вып. 9. – С. 1536–1541.
16. Muller, G. Crystal and Molecular Structure of $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_5 \cdot 0.5 \text{ THF}$ / G. Muller, U.J. Bildmann // Z. Naturforsch. B. Chem. Sci. – 2004. – Bd. 59, № 11-12. – P. 1411–1414. DOI: 10.1515/znb-2004-11-1207.
17. Day, R.O. Molecular Structure of the Methyl and Phenyl Derivatives of *Bis*(2,2'-biphenylene)phosphorene / R.O. Day, S. Husebye, R.R. Holmes // Inorg. Chem. – 1980. – V. 19, № 12. – P. 3616–3622. DOI: 10.1021/ic50214a011.
18. A Facile Access to $1\lambda^5$, $3\lambda^5$ -Benzodiphospholes / H.J. Bestmann, H.P. Oechsner, C. Egerer-Sieber et al. // Angew. Chem. Int. Ed. – 1995. – V. 34. – P. 2017–2020. DOI: 10.1002/anie.199520171.
19. Синтез и строение *бис*(фенилкарборанилкарбоксилата) трифенилвисмута / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. общ. химии. – 2010. – Т. 80, № 10. – С. 1630–1633.
20. Шарутин, В.В. Синтез и строение *бис*(1-адамантанкарбоксилата) трифенилвисмута / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина // Журн. неорган. химии. – 2011. – Т. 56, № 10. – С. 1644–1646.
21. Шарутин, В.В. Синтез и строение *бис*(пентахлорбензоата)трифенилвисмута / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина // Журн. неорган. химии. – 2014. – Т. 59, № 6. – С. 734–737. DOI: 10.7868/S0044457X14060208.
22. Синтез и строение дикарбоксилатов *трис*(5-бром-2-метоксифенил)висмута: $[(\text{C}_6\text{H}_3(\text{Br}-5)(\text{MeO}-2))_3\text{Bi}[\text{OC}(\text{O})\text{CHAl}_3]_2$ (Hal = F, Cl) / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.А. Ермакова и др. // Журн. неорган. химии. – 2017. – Т. 62, № 8. – С. 1049–1056. DOI: 10.7868/S0044457X17080050.
23. Синтез и кристаллические структуры гексахлороплатината, тетрахлороаурата и гексахлороостанната тетрафенилсурьмы (V) $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+[\text{PtCl}_6]^{2-}$, $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+[\text{AuCl}_4]^-$, $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+[\text{SnCl}_6]^{2-}$ / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.А. Фастовец и др. // Коорд. химия. – 2008. – Т. 34, № 5. – С. 373–379.
24. Синтез и строение комплексов золота и меди: $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{P}]^+[\text{AuCl}_4]^-$, $[\text{NH}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3]^+[\text{AuCl}_4]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$ и $[\text{Ph}_3\text{EtP}]^+[\text{Cu}_2\text{Cl}_6]^{2-}$ / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. неорган. химии. – 2010. – Т. 55, № 9. – С. 1499–1505.
25. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов золота $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{PPh}_3]^{2+}[\text{AuCl}_4]^-$ и $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}]^+[\text{AuCl}_4]^-$ / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // Журн. неорган. химии. – 2015. – Т. 60, № 8. – С. 1040–1044. DOI: 10.7868/S0044457X15080188.

26. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов золота $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{F}-4)]^+[\text{AuCl}_4]^-$ и $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}=\text{CHMe}]^+[\text{AuCl}_4]^-$ / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // Журн. общ. химии. – 2016. – Т. 86, № 10. – С. 1709–1713.

27. Schmidbaur, H. Hydrogendicarboxylat-Ionen als Wasserstoffbrückenverknüpfte Chelatsysteme in Organoantimonverbindungen / H. Schmidbaur, K.H. Mitschke // Angew. Chem. – 1971. – V. 83, № 4. – P. 149–150. DOI: 10.1002/ange.19710830414.

28. Синтез и строение аддуктов нитрата тетрафенилсурьмы с азотной кислотой и ацетата тетрафенилсурьмы с уксусной кислотой / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. неорг. химии. – 2008. – Т. 53, № 7. – С. 1194–1198.

29. Бацанов, С.С. Атомные радиусы элементов / С.С. Бацанов // Журн. неорганической химии. – 1991. – Т. 36, № 12. – С. 3015–3037.

Андреев Павел Валерьевич – кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики. Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. 603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, 23. E-mail: andreev@phys.unn.ru

Поступила в редакцию 16 мая 2019 г.

DOI: 10.14529/chem190307

ATOMIC STRUCTURE OF INCLUSION COMPLEX OF 3(*o*-TOLYL)BISMUTH BIS(CHLOROACETATE) WITH CHLOROACETIC ACID

P.V. Andreev, andreev@phys.unn.ru

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

An inclusion complex of tri(*o*-tolyl) bismuth bis(chloroacetate) with chloroacetic acid (*o*-Tol)₃Bi[OC(O)CH₂Cl]₂ HOС(O)CH₂Cl (**1**) was synthesized from tri(*o*-tolyl)bismuth bis(chloroacetate) and chloroacetic acid in benzene. The structure of adduct **1** was determined by X-ray structural analysis. X-ray analysis of the compound crystal was performed on a D8 Quest Bruker automatic four-circle diffractometer (MoK α radiation, $\lambda = 0.71073$ Å, graphite monochromator) at 292 K. 1, $P2_1/c$, $a = 10.8054(2)$, $b = 14.2764(3)$, $c = 12.9748(3)$ Å, $\beta = 102.677(2)^\circ$, $V = 1952.73(7)$ Å³, $Z = 4$, $0.209 \times 0.172 \times 0.116$ mm, 3.371 30.508°, intervals of reflection indices $-15 \leq h \leq 15$, $-20 \leq k \leq 20$, $-18 \leq l \leq 18$, measured reflections 38696, independent reflections 5964, refinement variables 299, GOOF 1.13, $R_1 = 0.0348$, $wR_2 = 0.076$, residual electron density $-0.523 / 0.777$ e / Å³, (calc.) 1.445 g/cm³. In the structure of crystal **1** the Bi atoms have a distorted trigonal bipyramidal coordination with the oxygen atoms in axial positions. The OBiO axial angle in **1** is 175.24 (11). The lengths of the BiO and BiC bonds are 2.258(3)–2.302(3) and 2.211(5), 2.228(5) Å. The chloroacetic acid molecule is linked by a coordination bond through the carboxyl hydrogen atom to the carbonyl oxygen atom of one of the two carboxyl groups of triaryl bismuth dicarboxylate. The intermolecular OHO distances (1.9 Å) are shorter than the sum of van der Waals radii O and H by 0.8 Å.

Keywords: inclusion complex, complex compound, bismuth, acetic acid, X-ray structural analysis.

References

1. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.
2. Sheldrick G.M. Crystal structure refinement with SHELX. *Acta Cryst.*, 2015, vol. C71, pp. 3–8. DOI: 10.1107/S2053229614024218.
3. 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.

4. 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.
5. Hübschle C.B., Sheldrick G.M., Dittrich B. ShelXle: A Qt Graphical User Interface for SHELXL. *J. Appl. Cryst.*, 2011, vol. 44, no. 6, pp. 1281–1284. DOI: 10.1107/S0021889811043202.
6. Groom C.R., Bruno I.J., Lightfoot M.P., Ward S.C. The Cambridge Structural Database. *Acta Crystallogr.*, 2016, vol. B72, no. 2, pp. 171–179. DOI: 10.1107/S2052520616003954.
7. Sharutina O.K., Sharutin V.V. *Molekulyarnyye Srukturny Organicheskikh Soyedineniy Sur'my (V)* [The Molecular Structure of Organic Compounds Antimony(V)]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012, 395 p.
8. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Y.O., Bregadze V.I., Glazun S.A. Interaction of Penta-phenylantimony with Carboranedicarboxylic Acid. *J. Organomet. Chem.*, 2015, vol. 798, pp. 41–45. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2015.09.002.
9. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Gubanova Y.O., Bregadze V.I., Glazun S.A., Andreev P.V. Synthesis and Structure of bis(tetraphenyl- λ^5 -stibanyl)-1,7-carborane-1,7-dicarboxylate. *Mendeleev Commun.*, 2018, vol. 28, pp. 621–622. DOI: 10.1016/j.mencom.2018/11/019.
10. Sharutin V.V., Bychkov V.T., Lebedev V.A. [Pentaphenylantimony Thermolysis in the Presence of Carbon Dioxide]. *Zhurnal obshchey khimii* [Russ. J. of Gen. Chem.], 1986, vol. 56, no. 2, pp. 325–328. (in Russ.)
11. Razuvaev G.A., Osanova N.A., Brilkina T.G., Zinovjeva T.I., Sharutin V.V. Alkyloxy- and Silyloxy-Derivatives of P(V) and Sb(V). *J. Organometal. Chem.*, 1975, vol. 99, no. 1, pp. 93–106. DOI: 10.1016/S0022-328X(00)8636.
12. Sharutin V.V., Senchurin V.C., Sharutina O.K., Boyarkina E.A. Tetraphenylphosphonium Carboxylates and Sulfonates. Synthesis and Structure. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2009, vol. 79, no. 1, pp. 78–87. DOI: 10.1134/S1070363209010125.
13. Andreev P.V., Somov N.V., Kalistratova O.S., Gushchin A.V., Chuprunov E.V. Bis(but-2-enoato- κ O)triphenylbismuth(V). *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 2013, vol. 69, № 6, m333. DOI: 10.1107/S1600536813013317.
14. Gusakovskaya A.A., Kalistratova O.S., Andreev P.V., Gushchin A.V., Somov N.V., Chuprunov E.V. Synthesis and Structures of Triphenylbismuth Bis[3-(2-Furyl)Acrylate] Ph₃Bi[O₂CCH=CH(C₄H₃O)]₂ and Triphenylbismuth Di-*meta*-nitrocinnamate Ph₃Bi(O₂CCH=CH-C₆H₄). *Crystallography Reports*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 186–190. DOI: 10.1134/S1063774518020062.
15. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Pakusina A.P., Belsky V.K. [Reaction of Pentaarylantimony with Triarylantimony Diacylates]. *Zhurnal obshchey khimii* [Russ. J. of Gen. Chem.], 1997, vol. 67, no. 9, pp. 1536–1541. (in Russ.)
16. Muller G., Bildmann U.J. Crystal and Molecular Structure of P(C₆H₅)₅·0.5 THF. *Z. Naturforsch. B. Chem. Sci.*, 2004, bd. 59, no. 11–12, pp. 1411–1414. DOI: 10.1515/znb-2004-11-1207.
17. Day R.O., Husebye S., Holmes R.R. Molecular Structure of the Methyl and Phenyl Derivatives of Bis(2,2'-biphenylene)phosphorene. *Inorg. Chem.*, 1980, vol. 19, no. 12, pp. 3616–3622. DOI: 10.1021/ic50214a011.
18. Bestmann H.J., Oechsner H.P., Egerer-Sieber C., Kisielowski L., Hampel F. A Facile Access to $1\lambda^5$, $3\lambda^5$ -Benzodiphospholes. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 1995, vol. 34, pp. 2017–2020. DOI: 10.1002/anie.199520171.
19. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Bregadze V.I., Zhigareva G.G. Synthesis and Structure of Triphenylbismuth Bis(phenylcarboranylcarboxylate). *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2010, vol. 80, no. 10, pp. 1941–1944. DOI: 10.1134/S1070363210100117.
20. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. Synthesis and Structure of Triphenylbismuth Bis(1-adamantanecarboxylate). *Russ. J. of Inorg. Chem.*, 2011, vol. 56, no. 10, pp. 1565–1567. DOI: 10.1134/S0036023611100202.
21. Sharutin V.V., Sharutina O.K. Synthesis and Structure of Triphenylbismuth Bis(pentachlorobenzoate). *Russ. J. Inorgan. Chem.*, 2014, vol. 59, no. 6, pp. 558–560. DOI: 10.1134/S0036023614060199.
22. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Ermakova V.A., Smagina Ya.R. Tris(5-bromo-2-methoxyphenyl)bismuth Dicarboxylates [(C₆H₃(Br-5)(MeO-2))₃Bi[OC(O)CHal₃]₂ (Hal = F, Cl): Synthe-

sis and Structure. *Russ. J. Inorgan. Chem.*, 2017, vol. 62, no. 8, pp. 1043–1047. DOI: 10.1134/S0036023617080174.

23. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Fastovets O.A., Pakusina A.P., Sharutina O.K. Tetraphenylantimony (V) Hexachloroplatinate, Tetrachloroaurate, and Hexachlorostannate $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^{2+} [\text{PtCl}_6]^{2-}$, $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^+ [\text{AuCl}_4]^-$, and $[\text{Ph}_4\text{Sb}]^{2+} [\text{SnCl}_6]^{2-}$: Synthesis and crystal structures. *Russian J. of Coord. chem.*, 2008, vol. 34, no. 5, pp. 367–373. DOI: 10.1134/S1070328408050096.

24. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Fastovets O.A., Pakusina A.P. Synthesis and Structure of Gold and Copper Complexes: $[\text{Ph}_3\text{PhCH}_2\text{P}]^+ [\text{AuCl}_4]^-$, $[\text{NH}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_3]^+ [\text{AuCl}_4]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$ and $[\text{Ph}_3\text{EtP}]_2^+ [\text{Cu}_2\text{Cl}_6]^{2-}$. *Russ. J. of Inorg. Chem.*, 2010, vol. 55, no. 9, pp. 1415–1420. DOI: /10.1134/S0036023610090135.

25. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Gold Complexes $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{PPh}_3]^{2+} [\text{AuCl}_4]^-_2$ and $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}]^+ [\text{AuCl}_4]^-$: Synthesis and Structure. *Russ. J. of Inorg. Chem.*, 2015, vol. 60, no. 8, pp. 942–946. DOI: 10.1134/S0036023615080173.

26. Sharutin, V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Gold Complexes $[\text{Ph}_3\text{P}(4\text{-FC}_6\text{H}_4\text{CH}_2)]^+ [\text{AuCl}_4]^-$ and $[\text{Ph}_3\text{PCH}_2\text{CH}=\text{CHMe}]^+ [\text{AuCl}_4]^-$. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2016, vol. 86, no. 10, pp. 2356–2360. DOI: /10.1134/S1070363216100182.

27. Schmidbaur H., Mitschke K.H. Hydrogendicarboxylat-Ionen als Wasserstoffbrückenverknüpfte Chelatsysteme in Organoantimonverbindungen. *Angew. Chem.*, 1971, vol. 83, no. 4, pp. 149–150. DOI: 10.1002/ange.19710830414.

28. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Panova L.P. Adducts of Tetraphenylstibium Nitrate with Nitric Acid and of Tetraphenylstibium Acetate with Acetic Acid: Syntheses and Structures. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2008, vol. 53, no. 7, pp. 1110–1114. DOI: 10.1134/S0036023608070206.

29. Batsanov S.S. [The Atomic Radii of the Elements]. *Zhurnal obshchey khimii* [Russ. J. of Gen. Chem.], 1991, vol. 36, no. 12, pp. 3015–3037. (in Russ.)

Received 16 May 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Андреев, П.В. Строение аддукта бис(хлорацетата) три(*o*-толил)висмута с хлоруксусной кислотой / П.В. Андреев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 59–65. DOI: 10.14529/chem190307

FOR CITATION

Andreev P.V. Atomic Structure of Inclusion Complex of 3(*o*-tolyl)bismuth Bis(Chloroacetate) with Chloroacetic Acid. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2019, vol. 11, no. 3, pp. 59–65. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem190307