

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ГЕКСАБРОМОПЛАТИНАТА ЦИКЛОПРОПИЛТРИФЕНИЛФОСФОНИЯ

А.Р. Зыкова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием гексабромоплатината калия с бромидом циклопропилтрифенилфосфония в ацетонитриле с последующей перекристаллизацией из диметилсульфоксида впервые синтезирован комплекс платины $[\text{Ph}_3\text{PC}_3\text{H}_5]_2[\text{PtBr}_6]$ (**1**), который представляет собой красные кристаллы с температурой плавления 235 °С. Соединение **1** охарактеризовано методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. По данным рентгеноструктурного анализа, кристаллографические параметры элементарной ячейки соединения **1**: ромбическая сингония, группа симметрии $\text{Pna}2_1$; $M = 1281,22$ г/моль; $a = 14,653(6)$, $b = 18,874(8)$, $c = 15,921(8)$ Å, $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 90,00^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$, $V = 4403(3)$ Å³, $\rho_{\text{выч}} = 1,933$ г/см³, $Z = 8$, размер кристалла 0,32×0,24×0,16 мм; интервалы индексов отражений $-25 \leq h \leq 25$, $-17 \leq k \leq 19$, $-21 \leq l \leq 20$; измерено всего 66507 отражений, 10802 независимых отражений, $\mu = 8,733$ мм⁻¹; окончательные значения факторов расходимости: R_1 0,0344 и wR_2 0,0755 (по всем рефлексам), R_1 0,0484 и wR_2 0,0807 (по рефлексам $F^2 > 2\sigma(F^2)$), остаточная электронная плотность 1,28/–2,05 е/Å³. В катионах атомы фосфора имеют искаженную тетраэдрическую координацию (СРС 88,6(3)°–122,4(3)°, длины связей Р–С 1,541(5)–2,273(7) Å). Атом платины координирован шестью атомами брома в анионе (*транс*-углы BrPtBr близки к 180°, *цис*-углы составляют BrPtBr 89,17(4)°–108,(3)°, длины связей Pt–Br составляют 2,1618(9)–2,9732(14) Å). Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC № 1969775, <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Ключевые слова: бромид циклопропилтрифенилфосфония, гексабромоплатинат калия, ацетонитрил, рентгеноструктурный анализ.

Введение

К настоящему времени описано большое число координационных соединений платины, которые применяются в качестве катализаторов химических реакций [1, 2], в медицине в качестве противоопухолевых препаратов [3, 4], в реакциях лигандного обмена [5, 6], в аналитической химии и в химической технологии [7].

Доступность получения и полифункциональность ионных комплексов платины делает их крайне привлекательными для реализации синтетического потенциала.

Комплексы с гексахлороплатинат-анионом довольно подробно исследованы в работах [8–11, 12–17]. Описано небольшое количество ионных комплексов бромосодержащих бромидоплатинатов [18, 19] и комплексов с гексабромоплатинатными анионами [1, 20, 21]. При их взаимодействии с диметилметилфосксидом возможно замещение атома брома на молекулу диалкилсульфоксида и образование стабильных комплексов с анионами $[\text{PtBr}_5(\text{dms})]$ и $[\text{PtCl}_5(\text{dms})]$ [22, 23].

Поэтому особый интерес представляет синтез ионных соединений платины с гексабромоплатинатными анионами.

Экспериментальная часть

Синтез $[\text{Ph}_3\text{PC}_3\text{H}_5]_2[\text{PtBr}_6]$ (1**).** Раствор 0,038 г (0,1 ммоль) бромида циклопропилтрифенилфосфония в 7 мл ацетонитрила приливали к раствору 0,05 г (0,05 ммоль) гексабромоплатината калия в 5 мл ацетонитрила. К полученной смеси добавляли 2 мл диметилсульфоксида. Раствор концентрировали, образовавшиеся красные кристаллы фильтровали и сушили. Выход комплекса **1** 0,071 г (56 %), красные кристаллы, т. пл. 235 °С (с разл.).

ИК-спектр (ν , см^{-1}): 3055, 3039, 1587, 1480, 1435, 1419, 1342, 1296, 1198, 1113, 1065, 11041, 996, 892, 868, 790, 729, 716, 689, 660, 529.

Найдено, %: С 39,26; Н 3,21. $\text{C}_{42}\text{H}_{40}\text{PBr}_6\text{Pt}$. Вычислено, %: С 39,41; Н 3,13.

ИК-спектры соединения **1** записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблечках KBr в области 4000–400 см^{-1} .

Рентгеноструктурный анализ (РСА) проводили на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker (Mo $K\alpha$ -излучение, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены с помощью программ SMART и SAINT-Plus [24]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены с помощью программы SHELXL/PC [25]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Положение атомов водорода уточняли по модели наездника ($U_{\text{изо}}(\text{H}) = 1,2U_{\text{экр}}(\text{C})$).

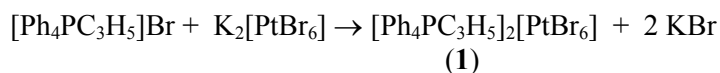
Кристаллы соединения **1** красные, орторомбические, $\text{C}_{42}\text{H}_{40}\text{PBr}_6\text{Pt}$, $M = 1281,22 \text{ г/моль}$; $a = 14,653(6)$, $b = 18,874(8)$, $c = 15,921(8) \text{ \AA}$, $\alpha = 90,00^\circ$, $\beta = 90,00^\circ$, $\gamma = 90,00^\circ$, $V = 4403(3) \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{выч}} = 1,933 \text{ г/см}^3$, $Z = 8$, пространственная группа $\text{Pna}2_1$. Измерено всего 66507 отражений, 10802 независимых отражений, $\mu = 8,733 \text{ мм}^{-1}$. Окончательные значения факторов расходимости: $R_1 0,0344$ и $wR_2 0,0755$ (по всем рефлексам), $R_1 0,0484$ и $wR_2 0,0807$ (по рефлексам $F^2 > 2\sigma(F^2)$). Структура депонирована в Кембриджской базе кристаллоструктурных данных (CCDC 1969775, <http://www.ccdc.cam.ac.uk>). Геометрические характеристики приведены в таблице.

Длины связей (d) и валентные углы (ω) в структуре соединения **1**

Связь, d , Å		Угол, ω , град.	
1			
Pt(1)–Br(1)	2,584(13)	Br(3)Pt(1)Br(2)	89,76(4)
Pt(1)–Br(2)	2,5670(12)	Br(3)Pt(1)Br(4)	178,85(4)
Pt(1)–Br(5)	2,9732(14)	Br(6)Pt(1)Br(5)	179,61(3)
Pt(1)–Br(6)	2,9618(14)	Br(2)Pt(1)Br(1)	179,17(3)
P(1)–C(7)	1,541(5)	Br(2)Pt(1)Br(6)	102,13(4)
P(1)–C(21)	1,750(7)	Br(4)Pt(1)Br(1)	91,46(14)
P(1)–C(1)	1,851(7)	C(7)P(1)C(21)	101,8(4)
P(2)–C(37)	1,569(6)	C(21)P(1)C(11)	107,3(3)
P(2)–C(41)	1,811(6)	C(21)P(1)C(1)	114,7(3)
P(2)–C(31)	1,754(7)	C(37)P(2)C(31)	103,9(4)
P(2)–C(51)	2,269(7)	C(41)P(2)C(31)	115,8(3)

Обсуждение результатов

В продолжение исследования синтеза ионных комплексов платины получен неизвестный ранее гексабромоплатинатный ионный комплекс с циклопропилтрифенилфосфониевым катионом. Комплекс синтезировали из гексабромоплатината калия и бромида циклопропилтрифенилфосфония в ацетонитриле (мольное соотношение исходных реагентов 1:2). Дальнейшая перекристаллизация из диметилсульфоксида не привела к замещению атома галогена на молекулу димексида:



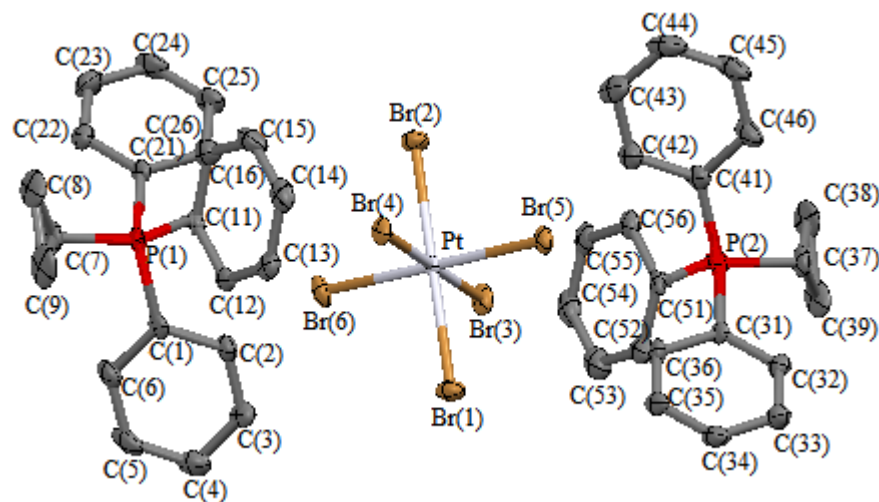
По данным РСА, в кристалле **1** присутствуют по два типа тетраэдрических кристаллографически независимых катиона. Атомы фосфора в катионах соединения **1** имеют искаженную тетраэдрическую конфигурацию (СРС 101,8(4)°–115,8(3)°). Расстояния Р–С изменяются в интервалах 1,541(5)–2,263(7) Å (см. рисунок).

В ионном комплексе атом Pt(IV) координирован шестью атомами брома. В centrosимметричных октаэдрических анионах $[\text{PtBr}_6]^{2-}$ транс-углы BrPtBr 178,85(4)°–179,61(3)° приближают-

ся к 180° , а *цис*-углы BrPtBr $89,17(4)^\circ$ – $91,46(4)^\circ$, что указывает на искажение октаэдрического расположения атомов. Длины связей Pt–Br составляют $2,1618(9)$ – $2,9732(14)$ Å.

В кристалле комплекса катионы и анионы связаны слабыми водородными связями. Цепочки из анионов не связаны друг с другом и чередуются с катионами. [расстояния C(2)–H...Br(6) $2,79$ Å, C(26)–H...Br(6) $2,95$ Å, C(36)–H...Br(5) $2,83$ Å].

В ИК-спектре соединения **1** наблюдаются интенсивные полосы поглощения, характеризующие валентные колебания фенильных групп (2986 cm^{-1} , 1480 и 1435 cm^{-1}) [26].



Строение комплекса **1**

Выводы

Таким образом, продуктом реакции бромида гексабромоплатината калия с бромидом циклопропилтрифенилфосфония в молярном соотношении 1:2 в ацетонитриле является ионный комплекс – гексабромоплатинат циклопропилтрифенилфосфония. Координационный полиэдр атома платины искажен, дополнительные внутримолекулярные взаимодействия реализованы с атомами брома и водорода.

Благодарности

Выражаю благодарность проф. В.В. Шарутину за проведенные рентгеноструктурные исследования.

Литература

1. Hu, J. Novel Pt(II) Mono- and Biscarbene Complexes: Synthesis, Structural Characterization and Application in Hydrosilylation Catalysis / J.J. Hu, F. Li, A. Hor // *J. Organomet. Chem.* – 2009. – V. 28, № 4. – P. 1212–1220. DOI: 10.1021/om800978j.
2. Palladium and Platinum Catalyzed Hydroselenation of Alkynes: SeH vs Se–Se Addition to C–C Bond / V.P. Ananikov, D.A. Malyshev, I.P. Beletskaya et al. // *J. Organomet. Chem.* – 2003. – V. 679, № 2. – P. 162–172.
3. Influence of Amine Ligands on the Aquation and Cytotoxicity Oftrans-diamineplatinum(II) Anticancer Complexes / L. Cubo, A. Quiroga, J. Zhang et al. // *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* – 2009. – № 18. – P. 3457–3466. DOI: 10.1039/b819301k.
4. Johnstone, T.C. The Next Generation of Platinum Drugs: Targeted Pt(II) Agents, Nanoparticle Delivery, and Pt(IV) Prodrugs / T.C. Johnstone, K. Suntharalingam, S.J. Lippard // *Chem. Rev.* – 2016. – V. 116. – P. 3436–3486. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00597.
5. Кукушкин, Ю.Н. Новые дезоксигенирующие реагенты для диметилсульфоксидных комплексов платины / Ю.Н. Кукушкин, З.А. Хроменкова // *Журн. общей химии.* – 1996. – Т. 66, № 10. – С. 1752–1759.
6. Спевак, В.Н. Синтез и исследование комплексных соединений платины с органическими сульфоксидами: автореф. дис. ... канд. хим. наук / В.Н. Спевак. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 25 с.

7. Глинка, Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка; под ред. А.И. Ермакова. – М.: Интеграл-Пресс, 2003. – С. 39.
8. Amani, V. Bis(2,6-dimethylpyridinium) Hexachloridoplatinate(IV) / V. Amani, R. Rahimi, H.R. Khavasi // *Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online.* – 2008. – V. 64, № 9. – P. 1143–1144. DOI: 10.1107/S1600536808025257/hk2508sup0.html.
9. Hydrolytic Metal-Mediated Coupling of Dialkylcyanamides at a Pt(IV) Center Giving a New Family of Diimino Ligands / N.A. Bokach, T.B. Pakhomova, V.Yu. Kukushkin et al. // *Inorg. Chem.* – 2003. – V. 42, № 23. – P. 7560–7568. DOI: 10.1021/ic034800x.
10. Tetrachloroplatinate(II) and Hexachloroplatinate(IV) Salts of N,N,N',N'-tetramethylethylenediammonium: Significant Differences in the Conformation of the Cation, as Shown by Infrared and X-Ray Diffraction Data / C. Bisi-Castellani, A.M.M. Lanfredi, A. Tiripicchio et al. // *Inorg. Chim. Acta.* – 1984. – V. 90, № 3. – P. 155–159. DOI: 10.1016/S0020-1693(00)80739-2.
11. Hexachloroplatinate(IV) de Propanediammonium-1,3 / P. Toffoli, H. Venumiere, P. Khodadad et al. // *Acta Crystallogr., Sect. C: Cryst. Struct. Commun.* – 1985. – V. 41, № 11. – P. 1589–1591. DOI: 10.1107/S0108270185008666.
12. Yousefi, M. 1,10-Diazonia-18-crown-6 Hexachloridoplatinate (IV) Dehydrate / M. Yousefi, S. Teimouri, V. Amani // *Metal-organic compounds.* – 2007. – V. 63, № 10. – P. 2460–2461. DOI: 10.1107/S1600536807042341/hk2322Isup2.hkl.
13. Bis(2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline) Hexachloridoplatinate(IV) / M. Yousefi, R. Ahmadi, S. Teimouri et al. // *Metal-organic compounds.* – 2007. – V. 43, № 16. – P. 3114–3115. DOI: 10.1107/S1600536807059594/hk2386Isup2.hkl.
14. Protonated Nucleobase Ligands: Synthesis, Structure and Characterization of 9-methyladeninium Hexachloroplatinate and Pentachloro(9methyladeninium) Platinum(IV) / A. Gaballa, H. Schmidt, G. Hempel et al. // *J. Inorg. Biochem.* – 2004. – № 98. – P. 439–446. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2003.12.005.
15. Ueyama, K. X-ray Crystal Structure and Properties of Tris(tetrathiafulvalenium) Hexachloroplatinate / K. Ueyama, G. Matsubayash, T. Tanaka // *Inorg. Chim. Acta.* – 2005. – V. 97, № 112. – P. 135–137.
16. Structure and Phase Transition in Bis(pyrrolidinium) Hexachlorometallates, $(C_4H_8NH_2)_2MCl_6$ (M = Sn, Te and Pt), Studied by X-ray diffraction, ^{35}Cl NQR and DSC / H. Ishida, Y. Furukawa, S. Sato et al. // *J. Mol. Struct.* – 2007. – V. 524, № 72. – P. 95–103. DOI: 10.1016/S0022-2860(99)00456-1.
17. Синтез и строение гексахлороплатинатных комплексов / А.Р. Ткачёва, В.В. Шарутин, О.К. Шарутина и др. // *ЖОХ.* – 2019. – Т. 89, № 9. – С. 1816–1821. DOI: 10.1134/S1070363219090147.
18. Ionic-Liquid-Based Synthesis of the Bromine-Rich Bromidoplatinates $[NBu_3Me]_2[Pt_2Br_{10}](Br_2)_2$ and $[NBu_3Me]_2[Pt_2Br_{10}](Br_2)_3$ / A. Eich, R. Köppe, P. W. Roesky et al. // *Z. Anorg. Allg. Chem.* – 2018. – V. 644. – P. 275–279. DOI: 10.1002/zaac.201700409.
19. Polymeric Anionic Networks Using Dibromine as a Crosslinker; the Preparation and Crystal Structure of $[(C_4H_9)_4N]_2[Pt_2Br_{10}](Br_2)_7$ and $[(C_4H_9)_4N]_2[PtBr_4Cl_2](Br_2)_6$ / M. Berkei, J.F. Bickley, B.T. Heaton et al. // *J. Chem. Commun.* – 2002. – P. 2180–2181. DOI: 10.1039/b205712n.
20. Kim, N.H. Crystal Structure of bis(1,10-phenanthroline) Hexabromoplatinate(IV), $[C_{12}H_9N_2]_2[PtBr_6]$ / N.H. Kim, K. Ha // *Z. Kristallogr. NCS* – 2010. – V. 225. – P. 37–38. DOI: 10.1524/ncrs.2010.0014.
21. Rosokha, S. Anion- π Interaction in Metal-Organic Networks Formed by Metal Halides and Tetracyanopyrazine / S. Rosokha, A. Kumar // *J. Mol. Struct.* – 2017. – V. 1138. – P. 129–135. DOI: 10.1016/j.molstruc.2017.03.009 0022-2860.
22. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов платины $[Bu_4P][PtBr_6]$ and $[Bu_4P][PtBr_5(DMSO-S)]$ / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // *Журнал общей химии.* – 2016. – Т. 86, № 9. – С. 1536–1531.
23. Синтез и строение комплексов платины с хлоридами органилтрифенилфосфония и ДМСО / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин, А.Р. Ткачёва // *Журнал общей химии.* – 2018. – Т. 88, № 7. – С. 1165–1170.
24. Bruker. SMART. Bruker Molecular Analysis Research Tool, Versions 5.625 Bruker AXS, Madison, Wisconsin, USA, 2000.

25. Bruker. SAINTPlus Data Reduction and Correction Program, Versions 6.02a, Bruker AXS, Madison, Wisconsin, USA, 2000.

26. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул: пер. с англ. / Л. Беллами. – М., 1963. – 590 с.

Зыкова Алёна Романовна – аспирант, кафедра теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: alyonatkachyova@gmail.com

Поступила в редакцию 12 ноября 2019 г.

DOI: 10.14529/chem200105

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF CYCLOPROPYLTRIPHENYLPHOSPHONIUM HEXABROMOPLATINATE

A.R. Zykova, alyonatkachyova@gmail.com
South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Using the interaction of potassium hexabromoplatinate with cyclopropyltriphenylphosphonium bromide in acetonitrile after crystallization from dimethyl sulfoxide, the $[\text{Ph}_3\text{PC}_3\text{H}_5]_2[\text{PtBr}_6]$ complex (**1**) has been obtained for the first time (red crystals, m.p. 235 °C). The compound **1** has been characterized by IR-spectroscopy and X-ray analysis. According to the data of X-ray analysis the unit cell crystallographic parameters of compound **1** are: orthorhombic syngony, the symmetry group $\text{Pna}2_1$; M 1281.22; cell parameters: $a = 14.653(6)$, $b = 18.874(8)$, $c = 15.921(8)$ Å; $\alpha = 90.00$ degrees, $\beta = 90.00$ degrees, $\gamma = 90.00$ degrees; $V = 4403(3)$ Å³; $\rho_{\text{calc.}} = 1.933$ g/cm³, $Z = 8$, the crystal size is 0.32×0.24×0.16 mm; intervals of reflection indexes $-25 \leq h \leq 25$, $-17 \leq k \leq 19$, $-21 \leq l \leq 20$; total reflections 66507; independent disclosures 10802; $\mu = 8.733$ mm⁻¹; $R_1 = 0.0344$; $wR_2 = 0.0755$ (all date), $R_1 = 0.0484$; $wR_2 = 0.0807$ ($F^2 > 2\sigma(F^2)$); residual electron density 1,28/–2,05 e/Å³. In cations, the phosphorus atoms have a distorted tetrahedral coordination (the CPC angles equal 88.6(3)°–122.4(3)°, the P–C bond lengths are 1.541(5)–2.273(7) Å). The platinum atoms are coordinated by six bromine atoms in the anion (the BrPtBr *trans*-angles are close to 180°, the BrPtBr *cis*-angles have the values 89.17(4)–108.(3)°, the Pt–Br bond lengths are 2.1618(9)–2.9732(14) Å). Complete tables of coordinates of atoms, bond lengths and valence angles are deposited at the Cambridge Structural Data (№ 1969775; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

Keywords: cyclopropyltriphenylphosphonium bromide, potassium hexabromoplatinate, acetonitrile, X-ray diffraction analysis.

References

1. Hu J.J., Li F., Hor A. Novel Pt(II) Mono- and Biscarbene Complexes: Synthesis, Structural Characterization and Application in Hydrosilylation Catalysis. *J. Organomet. Chem.*, 2009, vol. 28, no. 4, pp. 1212–1220. DOI: 10.1021/om800978j.
2. Ananikov V.P., Malyshev D.A., Beletskaya I.P., Aleksandrov G.G. Palladium and Platinum Catalyzed Hydroselenation of Alkynes: SeH vs Se–Se Addition to C–C Bond. *J. Organomet. Chem.*, 2003, vol. 679, no. 2, pp. 162–172.
3. Cubo L., Quiroga A., Zhang J., Thomas D.S., Carnero A., Navarro-Ranninger C. Influence of Amine Ligands on the Aquation and Cytotoxicity Of *trans*-diamineplatinum(II) Anticancer Complexes *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* 2009, no. 18, pp. 3457–3466. DOI: 10.1039/b819301k.

4. Johnstone T.C., Suntharalingam K., Lippard S.J. The Next Generation of Platinum Drugs: Targeted Pt(II) Agents, Nanoparticle Delivery, and Pt(IV) Prodrugs. *Chem. Rev.*, 2016, vol. 116, pp. 3436–3486. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00597.
5. Kukushkin Yu.N., Hromenkova Z.A. New Deoxygenating Reagents for Dimethylsulfoxide Complexes of Platinum. *Russ. J. Gen. Chem.*, 1996, vol. 66, no. 10, pp. 1752–1759.
6. Spevak V.N. *Sintez i issledovaniye kompleksnykh soyedineniy platiny s organicheskimi sul'foksidami*. Avtoref. cand. diss. [Synthesis and Study of Complex Compounds of Platinum with Organic Sulfoxides. Abstract of cand. diss.]. Moscow. MSU Publ., 1971, 25 p.
7. Glinka N.L. *Obshchaya khimiya : Uchebnoe posobie dlya vyzov* [General Chemistry: Study Letter for Universities]. Moscow, Integral-Press, 2003, pp. 39. (in Russ.)
8. Amani V., Rahimi R., Khavasi H.R. *Bis(2,6-dimethylpyridinium)hexachloridoplatinate(IV)*. *Acta Crystallogr. Sect. E: Struct. Rep. Online*, 2008, vol. 64, no. 9, pp. 1143–1144. DOI: 10.1107/S1600536808025257/hk2508sup0.html.
9. Bokach N.A., Pakhomova T.B., Kukushkin V.Yu., Haukka M., Pombeiro A.J.L. Hydrolytic Metal-Mediated Coupling of Dialkylcyanamides at a Pt(IV) Center Giving a New Family of Diimino Ligands. *Inorg. Chem.*, 2003, vol. 42, no. 23, pp. 7560–7568. DOI: I: 10.1021/ic034800x.
10. Bisi-Castellani C., Lanfredi A.M.M., Tiripicchio A., Maresca L., Natile G. Tetrachloroplatinate(II) and Hexachloroplatinate(IV) Salts of N,N,N',N'-tetramethylethylenediammonium: Significant Differences in the Conformation of the Cation, as Shown by Infrared and X-Ray Diffraction Data. *Inorg. Chim. Acta.*, 1984, vol. 90, no. 3, pp. 155–159. DOI: 10.1016/S0020-1693(00)80739-2.
11. Toffoli H., Venumiere H., Khodadad P., Rodier N., Julien R. Hexachloroplatinate(IV) de Propanediammonium-1,3. *Acta Crystallogr., Sect. C: Cryst. Struct. Commun.*, 1985, vol. 41, no. 11, pp. 1589–1591. DOI: 10.1107/S0108270185008666.
12. Yousefi M., Teimouri S., Amani V. 1,10-Diazonia-18-crown-6 Hexachloridoplatinate (IV) Dehydrate. *Metal-organic compounds*, 2007, vol. 63, no. 10, pp. 2460–2461. DOI: 10.1107/S1600536807042341/hk2322Isup2.hkl.
13. Yousefi M., Ahmadi R., Teimouri S., Amani V. *Bis(2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline) Hexachloridoplatinate(IV)* *Metal-organic compounds.*, 2007, vol. 43, no. 16, pp. 3114–3115. DOI: 10.1107/S1600536807059594/hk2386Isup2.hkl.
14. Gaballa A., Schmidt H., Hempel G., Reichert D. Protonated Nucleobase Ligands: Synthesis, Structure and Characterization of 9-methyladeninium Hexachloroplatinate and Pentachloro(9methyladeninium) Platinum(IV). *J. Inorg. Biochem.*, 2004, no. 98, pp. 439–446. DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2003.12.005.
15. Ueyama K., Matsubayash G., Tanaka T. X-ray Crystal Structure and Properties of Tris(tetra-thiafulvalenium)hexachloroplatinate. *Inorg. Chim. Acta.*, 2005, vol. 97, no. 112, pp. 135–137.
16. Ishida H., Furukawa Y., Sato S., Kashino S. Structure and Phase Transition in *Bis*(pyrrolidinium)hexachlorometallates, (C₄H₈NH₂)₂MCl₆ (M = Sn, Te and Pt), Studied by X-ray Diffraction, ³⁵Cl NQR and DSC. *J. Mol. Struct.*, 2007, vol. 524, no. 72, pp. 95–103. DOI: 10.1016/S0022-2860(99)00456-1.
17. Tkacheva A.R., Sharutin V.V., Sharutina O.K., Andreev P.V. Synthesis and Structure of Hexachloroplatinate Complexes. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2019, vol. 89, no. 9, pp. 1816–1821. DOI: 10.1134/S1070363219090147.
18. Eich A., Köppe R., Roesky P.W., Feldmann C. Ionic-Liquid-Based Synthesis of the Bromine-Rich Bromidoplatinates [NBu₃Me]₂[Pt₂Br₁₀](Br₂)₂ and [NBu₃Me]₂[Pt₂Br₁₀](Br₂)₃. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 2018, vol. 644, pp. 275–279. DOI: 10.1002/zaac.201700409.
19. Berkei M., Bickley J.F., Heaton B.T., Steiner A. Polymeric Anionic Networks Using Dibromine as a Crosslinker; the Preparation and Crystal Structure of [(C₄H₉)₄N]₂[Pt₂Br₁₀](Br₂)₇ and [(C₄H₉)₄N]₂[PtBr₄Cl₂](Br₂)₆. *J. Chem. Commun.*, 2002, pp. 2180–2181. DOI: 10.1039/b205712n.
20. Kim N.H., Ha K. Crystal Structure of bis(1,10-phenanthroline) Hexabromoplatinate(IV), [C₁₂H₉N₂]₂[PtBr₆]. *Z. Kristallogr. NCS*, 2010, vol. 225, pp. 37–38. DOI 10.1524/ncrs.2010.0014.
21. Rosokha S., Kumar A. Anion-π Interaction in Metal-Organic Networks Formed by Metal Halides and Tetracyanopyrazine. *J. of Mol. Struct.*, 2017, vol. 1138, pp. 129–135. DOI: 10.1016/j.molstruc.2017.03.009 0022-2860.

22. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Platinum Complexes [Bu₄P][PtBr₆] and [Bu₄P][PtBr₅(DMSO-S)]. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2016, vol. 86, no. 9, pp. 2100–2104. DOI: 10.1134/S1070363216090206.

23. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Tkacheva A.R. Synthesis and Structure of Platinum Complexes with Organyltriphenylphosphonium Chlorides and DMSO. *Russ. J. of Gen. Chem.*, 2018, vol. 88, no. 7, pp. 1456–1461. DOI: 10.1134/S1070363218070174.

24. Bruker. SMART. Bruker Molecular Analysis Research Tool, Versions 5.625, Bruker AXS, Madison, Wisconsin, USA, 2000.

25. Bruker. SAINTPlus Data Reduction and Correction Program, Versions 6.02a, Bruker AXS, Madison, Wisconsin, USA, 2000

26. Bellamy L. *Infrakrasnyye spektry slozhnykh molekul* [The Infrared Spectra of Complex Molecules]. Moscow, Foreign Literature Publ., 1963, pp. 590 (in Russ.)

Received 12 November 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Зыкова, А.Р. Синтез и строение гексабромоплатината циклопропилтрифенилфосфония / А.Р. Зыкова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 42–48. DOI: 10.14529/chem200105

FOR CITATION

Zykova A.R. Synthesis and Structure of Cyclopropyltriphenylphosphonium Hexabromoplatinate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2020, vol. 12, no. 1, pp. 42–48. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem200105
