

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ЗОЛОТА: [Ph₄P][Au(CN)₂] и [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O

В.В. Шарутин, М.А. Попкова, Н.М. Тарасова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием хлоридов тетрафенилфосфония и тетра(*para*-толил)стибония с дицианоауратом калия синтезированы и структурно охарактеризованы комплексы золота [Ph₄P][Au(CN)₂] (**1**) и [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O (**2**) соответственно. По данным РСА, кристалл **1** состоит из центросимметричных тетраэдрических катионов тетрафенилфосфония (СРС 104,8(4)°–111,8(4)°, Р–С 1,768(9), 1,793(9) Å) и центросимметричных линейных дицианоауратных анионов (CAuС 179,7(10)°, Au–С 1,981(13) Å). Кристалл **2** содержит четыре типа кристаллографически независимых тетраэдрических катионов тетра-*para*-толилстибония (CSbС 102,2(16)°–120,2(15)°, Sb–С 2,03(4)–2,28(5) Å) и четыре типа кристаллографически независимых практически линейных дицианоауратных анионов (CAuС 177(2)°–178,3(19)°, Au–С 1,94(7)–2,00(6) Å).

Ключевые слова: синтез, дицианоаураты тетрафенилфосфония, тетра-*para*-толилстибония, строение, рентгеноструктурный анализ.

Введение

Дицианоауратные комплексы с давних времен находят широкое применение в различных областях человеческой деятельности за счет своей высокой стабильности. Так, K[Au(CN)₂] использовался для получения искусственного рубинового стекла [1]. Дицианоаураты также применяются в качестве прекурсоров для получения магнитно и оптически активных материалов [2], являются действующими метаболитами некоторых лекарственных препаратов на основе Au(I) [3]. Кроме того, было показано, что анионы [Au(CN)₂][–] могут образовывать олигомеры, обладающие люминесцентными свойствами [4–9].

К 2018 году из 431 известных дицианоауратных комплексов известно лишь два комплекса с тетраариламмонийными катионами, однако информации о синтезе и особенностях строения дицианоауратных комплексов с тетраарилфосфониевым и тетраарилстибониевым катионами нет [10].

В настоящей работе описаны синтезы комплексов золота [Ph₄P][Au(CN)₂] (**1**) и [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O (**2**) и приведены результаты исследования их строения методом рентгеноструктурного анализа (РСА).

Экспериментальная часть

Синтез [Ph₄P]⁺[Au(CN)₂][–] (1**).** К раствору 150 мг (0,5 ммоль) дицианоаурата калия в 7 мл воды прибавляли при перемешивании водный раствор 195 мг хлорида тетрафенилфосфония. Образовавшийся бесцветный осадок фильтровали, промывали водой (2 по 10 мл), сушили и перекристаллизовывали из ацетонитрила. Получили 245 мг (80 %) комплекса **1** с т. пл. 238 °С. ИК спектр, (ν, см^{–1}): 3057, 2697, 2581, 2209, 2139, 1971, 1902, 1821, 1587, 1483, 1435, 1389, 1341, 1314, 1184, 1159, 1111, 1071, 1026, 997, 926, 847, 762, 754, 723, 691, 615, 529, 455, 424. Найдено, %: С 53,06; Н 3,40. С₂₆Н₂₀Н₂РАu. Вычислено, %: С 52,98; Н 3,49.

По аналогичной методике синтезирован комплекс [p-Tol₄Sb]⁺[Au(CN)₂][–] (**2**) (83 %), т. пл. 152 °С. ИК спектр, (ν, см^{–1}): 3545, 3489, 3019, 2951, 2918, 2859, 2147, 1910, 1636, 1589, 1559, 1541, 1491, 1437, 1395, 1314, 1211, 1188, 1121, 1071, 1034, 1013, 839, 795, 696, 584, 482, 418,55. Найдено, %: С 50,38; Н 3,72. С₃₀Н₂₈Н₂SBu. Вычислено, %: С 50,59; Н 3,69.

ИК-спектр комплексов **1**, **2** записывали на ИК-Фурье спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетке KBr в области 4000–400 см^{–1}.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) кристаллов **1**, **2** проведен на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 QUEST фирмы Bruker (Mo K_α-излучение, λ = 0,71073 Å, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки,

Химия элементоорганических соединений

а также учет поглощения проведены с помощью программ *SMART* и *SAINT-Plus* [11]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены с помощью программ *SHELXL/PC* [12]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Положение атомов водорода уточняли по модели наездника ($U_{\text{изо}}(\text{H}) = 1,2U_{\text{экр}}(\text{C})$). Кристаллографические данные и результаты уточнения структур приведены в табл. 1, геометрические характеристики координационного полиэдра атомов фосфора и сурьмы – в табл. 2.

Таблица 1

Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур соединений 1,2

Параметры	Значения	
	1	2
Сингония	Моноклинная	Триклинная
Пространственная группа	P2/n	$P\bar{1}$
a , Å	10,093(12)	9,918(10)
b , Å	7,633(8)	20,75(3)
c , Å	14,511(19)	28,57(3)
α , град.	90,00	90,49(8)
β , град.	90,90(6)	90,02(4)
γ , град.	90,00	90,52(6)
V , Å ³	1118(2)	5878(13)
Z	2	2
ρ (вычисл.), г/см ³	1,748	1,671
μ , мм ⁻¹	6,667	5,924
$F(000)$	568,0	2832,0
Размер кристалла, мм	1,05 × 0,84 × 0,42	0,35 × 0,1 × 0,1
Область сбора данных по 2 θ , град.	6,04–70,56	4,78–40,5
Интервалы индексов отражений	$-16 \leq h \leq 16$, $-12 \leq k \leq 12$, $-23 \leq l \leq 23$	$-9 \leq h \leq 9$, $-19 \leq k \leq 19$, $-27 \leq l \leq 27$
Измерено отражений	27325	37424
Независимых отражений	4929	10888
R_{int}	0,0811	0,0720
Переменных уточнения	138	1254
$GOOF$	1,037	1,234
R -фактор по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,1059$, $wR_2 = 0,2788$	$R_1 = 0,0999$, $wR_2 = 0,2252$
R -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,1777$, $wR_2 = 0,3256$	$R_1 = 0,1339$, $wR_2 = 0,2403$
Остаточная электронная плотность (min/max), e/Å ³	1,60/–2,68	1,75/–2,37

Таблица 2

Основные длины связей (d) и валентные углы (ω) в структурах соединений 1, 2

Связь	d , Å	Угол	ω , град.
1			
Au(1)–C(7)	1,981(13)	C(7 ¹)Au(1)C(7)	179,7(10)
Au(1)–C(7 ¹)	1,981(13)	C(11 ²)P(1)C(11)	105,5(6)
P(1)–C(11)	1,768(9)	C(11)P(1)C(1 ²)	111,8(4)
P(1)–C(11 ²)	1,768(9)	C(11)P(1)C(1)	111,6(4)
P(1)–C(1)	1,793(9)	C(11 ²)P(1)C(1 ²)	111,6(4)
P(1)–C(2 ²)	1,793(9)	C(11 ²)P(1)C(1)	111,8(4)
C(7)–N(1)	0,99(3)	C(1)P(1)C(1 ²)	104,8(6)
Преобразования симметрии: ¹) 3/2–x, +y, 3/2–z; ²) 3/2–x, +y, 1/2–z			

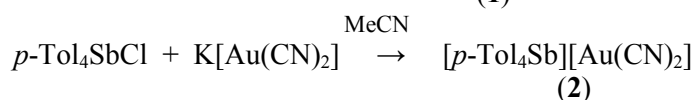
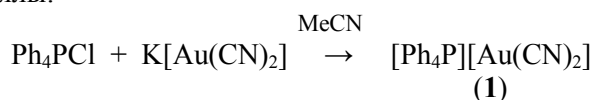
Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω, град.
2			
Au(1)–C(161)	1,92(6)	C(161)Au(1)C(162)	177(2)
Au(1)–C(162)	1,92(5)	C(163)Au(2)C(164)	178(2)
Au(2)–C(163)	1,94(8)	C(165)Au(3)C(166)	178,3(19)
Au(2)–C(164)	2,00(5)	C(167)Au(4)C(168)	177(2)
Au(3)–C(165)	2,00(6)	C(31)Sb(1)C(21)	102,9(15)
Au(3)–C(166)	1,96(5)	C(31)Sb(1)C(1)	104,0(16)
Au(4)–C(167)	1,97(5)	C(11)Sb(1)C(21)	112,1(15)

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1813767 и № 1813768, deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk).

Обсуждение результатов

В продолжение исследования синтеза комплексов золота [13–23] мы получили два неизвестных ранее ионных дицианоауратных комплекса с тетрафенилфосфониевым и тетра-*para*-толилстибониевым катионами.

Комплексы **1** и **2** синтезировали из дицианоаурата калия и хлоридов тетрафенилфосфония и тетра-*para*-толилстибония (соответственно) в ацетонитриле. Установлено, что при медленном испарении растворителя из раствора кристаллизуются устойчивые на воздухе бесцветные кристаллы:



По данным РСА, кристалл **1** состоит из centrosymmetric tetrahedral cations of tetraphenylphosphonium (CPC 104,8(4)°–111,8(4)°, P–C 1,768(9), 1,793(9) Å) и centrosymmetric linear dicyanoaurate anions (CAuC 179,7(10)°, Au–C 1,981(13) Å) (рис. 1).

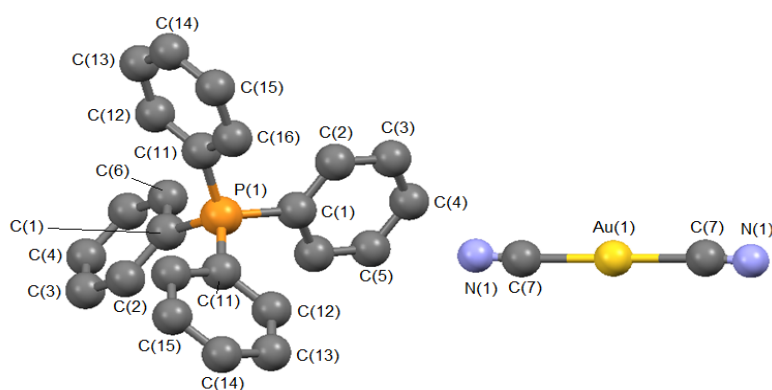


Рис. 1. Строение комплекса **1** (атомы водорода не показаны)

Кристалл **2** содержит четыре типа кристаллографически независимых тетраэдрических катионов тетра-*para*-толилстибония (CSbC 102,2(16)°–120,2(15)°, Sb–C 2,03(4)–2,28(5) Å) и четыре типа кристаллографически независимых практически линейных дицианоауратных анионов (CAuC 177(2)°–178,3(19)°, Au–C 1,94(7)–2,00(6) Å) (рис. 2).

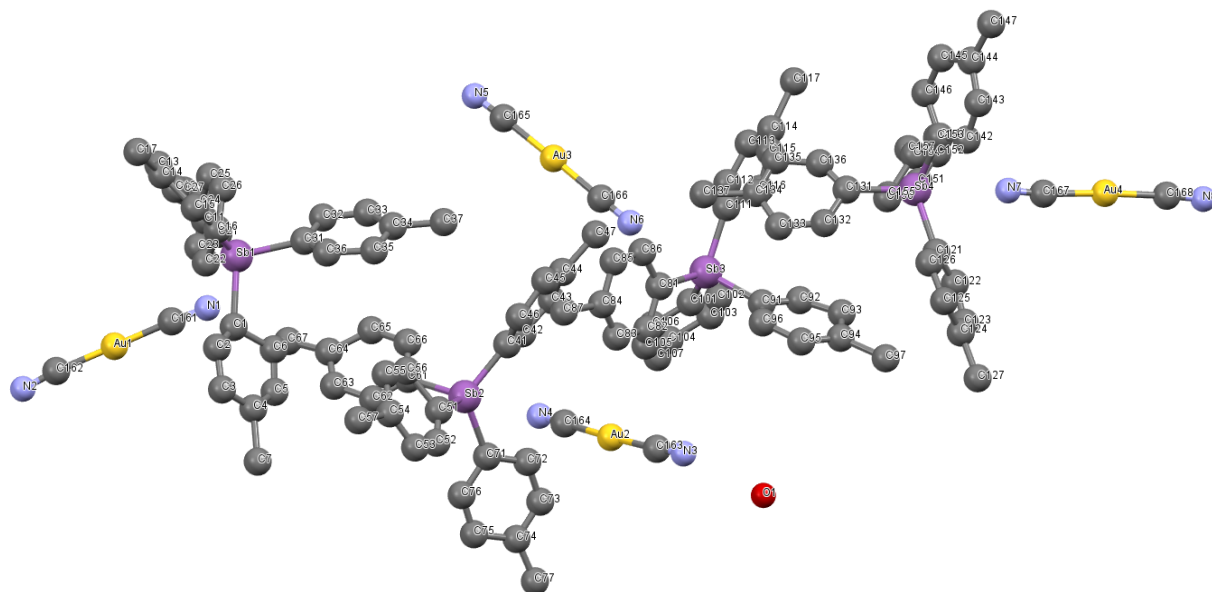


Рис. 2. Строение комплекса 2 (атомы водорода не показаны)

Выводы

Таким образом, взаимодействием хлоридов тетрафенилфосфония и тетра(*пара*-толил)стибония с дицианоaurатом калия синтезированы и структурно охарактеризованы комплексы золота $[\text{Ph}_4\text{P}][\text{Au}(\text{CN})_2]$ и $[(4\text{-MeC}_6\text{H}_4)_4\text{Sb}][\text{Au}(\text{CN})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ соответственно.

Литература

1. Before striking gold in gold-ruby glass / F.E. Wagner, L. Haslbeck, S. Stievano et. al. // *Nature*. – 2000. – V. 407. – P. 691–692. DOI: 10.1038/35037661.
2. Leznoff, D.B. Coordination polymers with cyanoaurate building blocks: potential new industrial applications for gold / D.B. Leznoff, J. Lefebvre // *Gold Bulletin*. – 2005. – V. 38, I. 2. – P. 47–54. DOI: 10.1007/BF03215233.
3. Shaw, III, C.F. Gold-based therapeutic agents / C.F. Shaw III // *Chem. Rev.* – 1999. – V. 99. – P. 2589–2600. DOI: /10.1021/cr980431o.
4. Rawashdeh-Omary, M.A. Oligomerization of $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ and $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ ions in solution via ground-state aurophilic and argentophilic bonding / M.A. Rawashdeh-Omary, M.A. Omary, H.H. Patterson // *J. Am. Chem. Soc.* – 2000. – V. 122. – P. 10371–10380. DOI: 10.1021/ja001545w.
5. Luminescence thermochromism in dicyanoargentate (I) ions doped in alkali halide crystals / M.A. Rawashdeh-Omary, M.A. Omary, G.E. Shankle et. al. // *J. Phys. Chem. B*. – 2000. – V. 104. – P. 6143–6151. DOI: 10.1021/jp000563x.
6. Assefaa, Z. Hydrothermal syntheses, structural, Raman, and luminescence studies of $\text{Cm}[\text{M}(\text{CN})_2]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Pr}[\text{M}(\text{CN})_2]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (M = Ag, Au) 2. Hetero-bimetallic coordination polymers consisting of trans-plutonium and transition metal elements / Z. Assefaa, R.G. Haireb, R.E. Sykorac // *Journal of Solid State Chemistry*. – 2008. – V. 181. – P. 382–391. DOI: 10.1016/j.jssc.2007.11.036.
7. Tunable photoluminescence of closed-shell heterobimetallic Au–Ag dicyanide layered systems / J.C.F. Colis, Ch.Larochelle, E.J. Fernáandez et. al. // *J. Phys. Chem. B*. – 2005. – V. 109. – P. 4317–4323. DOI: 10.1021/jp045868g.
8. Hydrothermal synthesis, structural, Raman, and luminescence studies of $\text{Am}[\text{M}(\text{CN})_2]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Nd}[\text{M}(\text{CN})_2]_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (M=Ag, Au): Bimetallic coordination polymers containing both trans-plutonium and transition metal elements / Z. Assefaa, K. Kalachnikova, R.G. Hairec et. al. // *Journal of Solid State Chemistry*. – 2007. – V. 180. – P. 3121–3129. DOI: 10.1016/j.jssc.2007.08.032.
9. Roberts, R.J. Color-tunable and white-light luminescence in lanthanide–dicyanoaurate coordination polymers / R.J. Roberts, D. Le, D.B. Leznoff // *Inorg. Chem.* – 2017. – V. 56, I. 14. – P. 7948–7959. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.7b00735.

10. Cambridge Crystallographic Data Center. 2017 (deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).
11. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
12. Bruker (1998). SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures From Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
13. Синтез и кристаллические структуры гексахлороплатината, тетрахлоороаурата и гексахлоро-станната тетрафенилсурьмы (V) [Ph₄Sb]⁺₂[PtCl₆]²⁻, [Ph₄Sb]⁺[AuCl₄]⁻, [Ph₄Sb]⁺₂[SnCl₆]²⁻ / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.А. Фастовец и др. // Коорд. химия. – 2008. – Т. 34, № 5. – С. 373–379.
14. Синтез и строение смешаннолигандных комплексных соединений сурьмы [Et₂NH₂]₄⁺[SbCl₂Hal₄]³⁻[Cl]⁻ (Hal = I, Br) и золота [Ph₃PMe]₂⁺[AuCl₂Br₂]⁻[AuHal₂]⁻ (Hal = Cl, Br) / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.А. Фастовец и др. // Бутлеровские сообщения. – 2007. – Т. 11, №2. – С. 43–48.
15. Синтез и строение комплексов золота и меди: [Ph₃PhCH₂P]⁺[AuCl₄]⁻, [NH(C₂H₄OH)₃]⁺[AuCl₄]⁻ · H₂O и [Ph₃EtP]⁺₂[Cu₂Cl₆]²⁻ / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина и др. // Журн. неорг. химии. – 2010. – Т. 55, № 9. – С. 1499–1505.
16. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов палладия, платины и золота: [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[PdCl₃DMSO]⁻₂, [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[PtCl₆]²⁻ · 4DMSO, [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[AuCl₄]⁻₂ и [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[AuCl₂]⁻₂ / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2011. – № 33. – С. 37–46.
17. Синтез и кристаллическая структура тетрахлоороаурата бутилтрифенилфосфония [Ph₃BuP][AuCl₄] / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина, Л.Н. Винокурова // Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т. 27, № 16. – С. 68–71.
18. Шарутин, В.В. Синтез и кристаллическая структура тетрабромоеаурата бутилтрифенилфосфония [Ph₃BuP][AuBr₄] / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 33, № 2. – С. 52–54.
19. Шарутин, В.В. Синтез и кристаллическая структура тетрахлоороаурата ацетонилтрифенилфосфония [Ph₃PCH₂C(O)CH₃][AuCl₄] / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 38, № 5. – С. 151–154.
20. Шарутин, В.В. Синтез и кристаллическая структура тетрабромоеаурата тетрабутилфосфония [Bu₄P][AuBr₄] / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 38, № 5. – С. 155–157.
21. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов золота [Ph₃PCH₂CH=CHCH₂PPh₃]²⁺[AuCl₄]⁻₂ и [Ph₃PCH₂CH₂COOH]⁺[AuCl₄]⁻ / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // Журн. неорг. химии. – 2015. – Т. 60, № 8. – С. 1040–1044.
22. Sharutin, V.V. Synthesis and structure of gold complexes [*p*-Tol₄Sb][*p*-TolAuCl₃] and [*p*-Tol₄Sb][AuCl₄] / V.V. Sharutin, O.K. Sharutina, V.S. Senchurin // Вестник ЮУрГУ Серия «Химия». – 2015. – Т. 7, № 4. – С. 98–103. DOI: 10.14529/chem150413.
23. Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов золота [Ph₃P(CH₂C₆H₄F-4)]⁺[AuCl₄]⁻ и [Ph₃PCH₂CH=CHMe]⁺[AuCl₄]⁻ / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, В.С. Сенчурин // Журн. общ. химии. – 2016. – Т. 86, № 10. – С. 1709–1713.

Шарутин Владимир Викторович – доктор химических наук, профессор, старший научный сотрудник УНИД, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: sharutinvv@susu.ru.

Попкова Марина Аркадьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и химической технологии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: popkovama@susu.ru.

Тарасова Наталья Михайловна – кандидат химических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: tarasovanm@susu.ru.

Поступила в редакцию 6 декабря 2017 г.

**SYNTHESIS AND STRUCTURE OF GOLD COMPLEXES:
[Ph₄P][Au(CN)₂] AND [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O**

V.V. Sharutin, sharutinvv@susu.ru
M.A. Popkova, popkovama@susu.ru
T.N. Tarasova, tarasovanm@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Reacting tetraphenylphosphonium and tetra(*p*-tolyl)stibonium chlorides with potassium dicyanoaurate are synthesized and structurally characterized gold complexes [Ph₄P][Au(CN)₂] (**1**) and [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O (**2**) respectively. According to X-ray data, the crystal **1** consist of centrosymmetric tetrahedral tetraphenylphosphonium cations (CPC 104.8(4)°–111.8(4)°, P–C 1.768(9), 1.793(9) and centrosymmetric linear dicyanoaurate anions (CAuC 179.7(10)°, Au–C 1.981(13) Å). Crystal **2** contains four types crystallographically independent tetrahedral tetra(*p*-tolyl)stibonium cations (CSbC 102.2(16)°–120.2(15)°, Sb–C 2.03(4)–2.28(5) Å) and four types nearly linear crystallographically independent dicyanoaurate anions (CAuC 177(2)°–178.3(19)°, Au–C 1.94(7)–2.00(6) Å).

Keywords: synthesis, tetraphenylphosphonium and tetra(*p*-tolyl)stibonium dicyanoaurates, structure, X-ray diffraction analysis.

References

1. Wagner F.E., Haslbeck S., Stievano L., Calogero S., Pankhurst Q.A., Martinek K.P. Before Striking Gold in Gold-Ruby Glass. *Nature*, 2000, vol. 407, pp 691–692. DOI: 10.1038/35037661.
2. Leznoff D.B., Lefebvre J. Coordination Polymers with Cyanoaurate Building Blocks: Potential New Industrial Applications for Gold. *Gold Bulletin*, 2005, vol. 38, no. 2, pp. 47–54. DOI: 10.1007/BF03215233.
3. C. Frank Shaw III. Gold-Based Therapeutic Agents. *Chem. Rev.*, 1999, vol. 99, pp. 2589–2600. DOI: /10.1021/cr980431o.
4. Rawashdeh-Omary M.A., Omary M.A., Patterson H.H. Oligomerization of Au(CN)₂ - and Ag(CN)₂ - Ions in Solution via Ground-State Auophilic and Argentophilic Bonding. *J. Am. Chem. Soc.*, 2000, vol. 122, pp. 10371–10380. DOI: 10.1021/ja001545w.
5. Rawashdeh-Omary M.A., Omary M.A., Shankle G.E., Patterson H.H. Luminescence Thermochromism in Dicyanoargentate(I) Ions Doped in Alkali Halide Crystals. *J. Phys. Chem. B*, 2000, vol. 104, pp. 6143–6151. DOI: 10.1021/jp000563x.
6. Assefaa Z., Haireb R.G., Sykorac R.E. Hydrothermal Syntheses, Structural, Raman, and Luminescence Studies of Cm[M(CN)₂]₃ · 3H₂O and Pr[M(CN)₂]₃ · 3H₂O (M = Ag, Au) 2. Hetero-Bimetallic Coordination Polymers Consisting of Trans-Plutonium and Transition Metal Elements. *Journal of Solid State Chemistry*, 2008, vol. 181, pp. 382–391. DOI: 10.1016/j.jssc.2007.11.036.
7. Colis J.C.F., Larochelle Ch., Fernández E.J., López-de-Luzuriaga J.M., Monge M., Laguna, Carl Tripp A., Patterson H. Tunable Photoluminescence of Closed-Shell Heterobimetallic Au-Ag Dicyanide Layered Systems. *J. Phys. Chem. B.*, 2005, vol. 109, pp. 4317–4323. DOI: 10.1021/jp045868g.
8. Assefaa Z., Kalachnikova K., Hairec R.G., Sykora R.E. Hydrothermal Synthesis, Structural, Raman, and Luminescence Studies of Am[M(CN)₂]₃ · 3H₂O and Nd[M(CN)₂]₃ · 3H₂O (M=Ag, Au): Bimetallic Coordination Polymers Containing Both Trans-Plutonium and Transition Metal Elements. *Journal of Solid State Chemistry*, 2007, vol. 180, pp. 3121–3129. DOI: 10.1016/j.jssc.2007.08.032.
9. Roberts R.J., Le D., Leznoff D.B. Color-Tunable and White-Light Luminescence in Lanthanide–Dicyanoaurate Coordination Polymers. *Inorg. Chem.*, 2017, vol. 56, no. 14, pp. 7948–7959. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.7b00735.
10. Cambridge Crystallographic Data Center. 2017 (deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk).

11. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
12. Bruker (1998). SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures From Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
13. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Fastovets O.A., Pakusina A.P., Sharutina O.K. [Tetraphenylantimony (V) Hexachloroplatinate, Tetrachloroaurate, and Hexachlorostannate [Ph₄Sb]²⁺[PtCl₆]²⁻, [Ph₄Sb]⁺[AuCl₄]⁻, and [Ph₄Sb]²⁺[SnCl₆]²⁻: Synthesis and crystal structures]. *Russ. J. Coord. chem.*, 2008, vol. 34, no 5, pp. 367–373. DOI: 10.1134/S1070328408050096.
14. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Fastovets O.A., Pakusina A.P., Sharutina O.K. [Synthesis and Structure of Mixedligand Complex Antimony Compounds [Et₂NH₂]⁴⁺[SbCl₂Hal₄]³⁻[Cl]¹⁻ (Hal = I, Br) and Gold [Ph₃PMe]₂⁺[AuCl₂Br₂]¹⁻[AuHal₂]¹⁻ (Hal = Cl, Br)]. *Butlerov communications*, 2007, vol. 11, no. 2, pp. 43–48. (in Russ.)
15. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Fastovets O.A., Pakusina A.P. [Synthesis and Structure of Gold and Copper Complexes: [Ph₃PhCH₂P]⁺[AuCl₄]⁻, [NH(C₂H₄OH)₃]⁺[AuCl₄]⁻ · H₂O and [Ph₃EtP]⁺₂[Cu₂Cl₆]²⁻]. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2010, vol. 55, no. 9, pp. 1415–1420. DOI: /10.1134/S0036023610090135.
16. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. [Synthesis and Structure of Palladium, Platinum and Gold Complexes: [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[PdCl₃DMSO]⁻₂, [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[PtCl₆]²⁻ · 4DMSO, [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[AuCl₄]⁻₂ and [Ph₃PCH₂CH₂PPh₃]²⁺[AuCl₂]⁻₂]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*, 2011, no. 33, pp. 37–46. (in Russ.)
17. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K., Vinokurova L.N. [Synthesis and Crystalline Structure of Butyltriphenylphosphonium Tetrachloroaurate [Ph₃BuP][AuCl₄]]. *Butlerov communications*, 2011, vol. 27, no. 16, pp. 68–71. (in Russ.)
18. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. [Synthesis and Crystalline Structure of Butyltriphenylphosphonium Tetrabromoaurate [Ph₃BuP][AuBr₄]]. *Butlerov communications*, 2013, vol. 33, no. 2, pp. 52–54. (in Russ.)
19. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. [Synthesis and Structure of Acetoniltriphenylphosphonium Tetrachloroaurate [Ph₃PCH₂C(O)CH₃][AuCl₄]]. *Butlerov communications*, 2014, vol. 38, no. 5, pp. 151–154. (in Russ.)
20. Sharutin V.V., Senchurin V.S. [Synthesis and Crystalline Structure of Tetrabromoaurate Tetra-butylphosphonium [Bu₄P][AuBr₄]]. *Butlerov communications*, 2014, vol. 38, no. 5, pp. 155–157. (in Russ.)
21. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. [Gold Complexes [Ph₃PCH₂CH=CHCH₂PPh₃]²⁺[AuCl₄]⁻₂ and [Ph₃PCH₂CH₂COOH]⁺[AuCl₄]⁻: Synthesis and Structure]. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2015, vol. 60, no. 8, pp. 942–946. DOI: 10.1134/S0036023615080173.
22. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. Synthesis and Structure of Gold Complexes [*p*-Tol₄Sb][*p*-TolAuCl₃] and [*p*-Tol₄Sb][AuCl₄]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2015, vol. 7, no. 4, pp. 98–103. DOI: 10.14529/chem150413.
23. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S. [Synthesis and Structure of Gold Complexes [Ph₃P(4-FC₆H₄CH₂)]⁺[AuCl₄]⁻ and [Ph₃PCH₂CH=CHMe]⁺[AuCl₄]⁻]. *Russian Journal of General Chemistry*, 2016, vol. 86, no 10, pp. 2356–2360. DOI: /10.1134/S1070363216100182.

Received 6 December 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Шарутин, В.В. Синтез и строение комплексов золота: [Ph₄P][Au(CN)₂] и [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O / В.В. Шарутин, М.А. Попкова, Н.М. Тарасова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 55–61. DOI: 10.14529/chem180107

FOR CITATION

Sharutin V.V., Popkova M.A., Tarasova T.N. Synthesis and Structure of Gold Complexes: [[Ph₄P][Au(CN)₂] and [(4-MeC₆H₄)₄Sb][Au(CN)₂] · H₂O. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2018, vol. 10, no. 1, pp. 55–61. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180107