

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ ЗОЛОТА

$[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br}][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$, $[\text{Ph}_4\text{Sb}\cdot(\text{DMSO}\cdot\text{O})][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$ И $\text{Ph}_3\text{PC}(\text{H})(\text{COOMe})\text{Au}(\text{CN})_2\text{Cl}$

© 2022 г. Д. П. Шевченко*, В. В. Шарутин, О. К. Шарутина

Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет),
пр. Ленина 76, Челябинск, 454080 Россия
*e-mail: Shepher56@gmail.com

Поступило в Редакцию 6 января 2022 г.
После доработки 20 января 2022 г.
Принято к печати 23 января 2022 г.

Взаимодействие дибромдицианоаурата калия с бромидами (3-бромпропил)трифенилфосфония и тетрафенилстибония приводит к новым ионным комплексам золота $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br}][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$ и $[\text{Ph}_4\text{Sb}\cdot(\text{DMSO}\cdot\text{O})][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$. Из дихлордицианоаурата калия и (метоксикарбонил)трифенилфосфонийметанида в ацетонитриле получен новый илидный комплекс $\text{Ph}_3\text{PC}(\text{H})(\text{COOMe})\text{Au}(\text{CN})_2\text{Cl}$. Строение полученных соединений установлено методом РСА.

Ключевые слова: дигалогенодицианоаураты калия, соли органилтрифенилфосфония, соли тетрафенилстибония, илиды трифенилфосфония

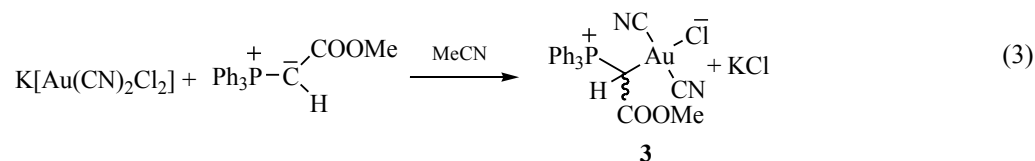
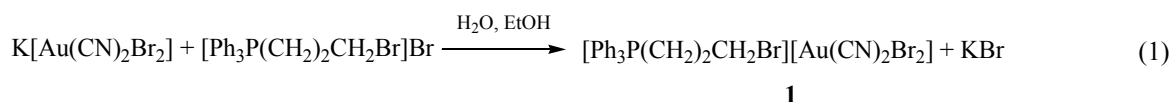
DOI: 10.31857/S0044460X22050158, **EDN:** CKRUPZ

Исследование металлоорганических соединений актуально как с теоретической, так и с практической точки зрения. Комплексы переходных металлов, в частности золота, с цианидными лигандами обладают такими свойствами как магнетизм [1–4], люминесценция [4–8], вапохромизм [9–11], двойное лучепреломление [12–15], отрицательный коэффициент термического расширения [16, 17] и противораковая активность [18]. Многообразие физико-химических свойств, а также возможность их регулирования путем структурной модификации (варьирование вспомогательных лигандов, противоионов и др.) позволяет использовать комплексы золота с цианидными лигандами в качестве магнитных и OLED-материалов, сенсоров летучих органических веществ или строительных блоков в супрамолекулярной архитектуре.

Нами продолжено изучение особенностей строения новых соединений золота(III) с цианид-

ными лигандами [19–23]. При взаимодействии водных растворов дибромдицианоаурата калия с бромидом (3-бромпропил)трифенилфосфония и тетрафенилстибония (1:1 мольн.) после перекристаллизации из этанола или из ДМСО были выделены оранжевые кристаллы комплексов $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br}][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$ (**1**) и $[\text{Ph}_4\text{Sb}\cdot(\text{DMSO}\cdot\text{O})][\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]$ (**2**) [реакции (1), (2)]. Реакция (3) дихлордицианоаурата калия и (метоксикарбонил)трифенилфосфонийметанида в ацетонитриле приводит к комплексу $\text{Ph}_3\text{PC}(\text{H})(\text{COOMe})\text{Au}(\text{CN})_2\text{Cl}$ (**3**), выделенному в виде неокрашенных кристаллов.

В ИК спектрах соединений **1–3** присутствуют характерные для связей $\text{C}\equiv\text{N}$ полосы малой интенсивности при 2167, 2201 (**1**), 2168 (**2**) и 2203 (**3**) cm^{-1} . В спектре комплекса **2**, наблюдается смещение полосы поглощения связи $\text{S}=\text{O}$ (995 cm^{-1}) в длинноволновую область по сравнению с несвязанным



ДМСО (1055 cm^{-1}), что типично для подобных комплексов с координацией растворителя к атому сурьмы через атом кислорода [24, 25].

По данным РСА, соединения **1** и **2** имеют ионное строение. В кристаллических ячейках комплексов присутствуют катионы $[\text{Ph}_3\text{P}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br}]^+$ (**1**) с мало искаженной тетраэдрической координацией атомов фосфора и катионы $[\text{Ph}_4\text{Sb} \cdot (\text{DMSO}-\text{O})]^+$ (**2**) с сильно искаженной тригонально-бипирамидальной координацией атома сурьмы, обусловленной взаимодействием с атомом сурьмы молекулы ДМСО, а также плоско-квадратные анионы $[\text{Au}(\text{CN})_2\text{Br}_2]^-$ (рис. 1, 2; табл. 1).

Углы СРС в катионе **1** варьируются в интервале $107.99(18)$ – $110.54(19)^\circ$; расстояния Р–С изменяют-

ся в пределах $1.791(4)$ – $1.812(4) \text{ \AA}$, а связь Р–С_{Алк} имеет максимальную длину.

В катионе комплекса **2** псевдоаксиальный угол OSbC составляет 178.6° ; псевдоэкваториальные углы CSbC находятся в интервале $110.04(17)$ – $121.77(18)^\circ$. Связи Sb–C_{экр} [$2.088(5)$ – $2.095(5) \text{ \AA}$] несколько короче расстояния Sb–C_{акс} [$2.127(5) \text{ \AA}$] и близки к сумме ковалентных радиусов атомов сурьмы и sp^2 -углерода (2.12 \AA [26]). Из-за искажения координационного полиэдра атом сурьмы выходит из псевдоэкваториальной плоскости [C₃] в сторону атома C²¹ на 0.42 \AA . Расстояние Sb⋯O=S [$2.576(4) \text{ \AA}$] превышает сумму ковалентных радиусов атомов сурьмы и кислорода (2.05 \AA [26]), но меньше суммы их ван-дер-ваальсовых радиусов (3.58 \AA [27]).

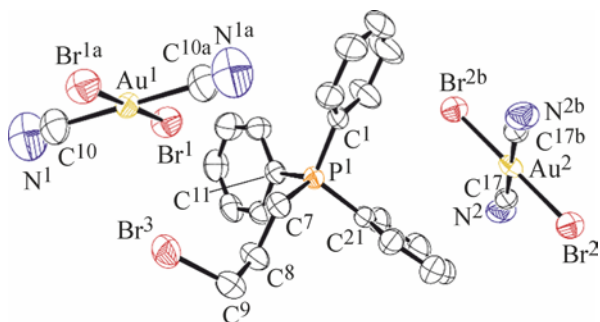


Рис. 1. Общий вид молекулы комплекса **1** в кристалле (атомы водорода не показаны).

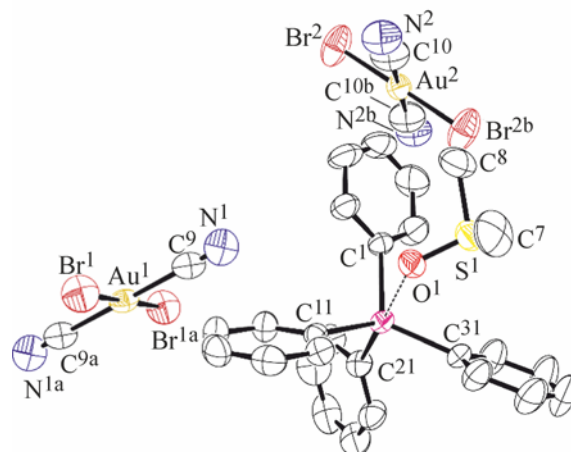


Рис. 2. Общий вид молекулы комплекса **2** в кристалле (атомы водорода не показаны).

Таблица 1. Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структуры комплексов 1–3

Параметр	1	2	3
<i>M</i>	793.08	917.10	618.79
Сингония	Триклинная	Триклинная	Триклинная
Пространственная группа	<i>P</i> -1	<i>P</i> -1	<i>P</i> -1
<i>a</i> , Å	9.768(6)	9.727(14)	9.858(14)
<i>b</i> , Å	9.995(6)	11.697(12)	9.91(2)
<i>c</i> , Å	15.193(9)	13.948(15)	13.39(2)
α, град	96.15(4)	73.49(3)	98.06(9)
β, град	106.52(2)	83.01(5)	100.70(5)
γ, град	112.22(2)	85.13(5)	112.34(6)
<i>V</i> , Å ³	1277.4(14)	1508(3)	1156(3)
<i>Z</i>	2	2	2
<i>d</i> _{выч} , г/см ³	2.062	2.020	1.777
μ, мм ⁻¹	10.526	8.496	6.566
<i>F</i> (000)	744.0	864.0	596.0
Размер кристалла, мм	0.38 × 0.3 × 0.26	0.49 × 0.31 × 0.16	0.61 × 0.48 × 0.22
2θ, град	5.764–56.998	6.126–56.994	6.264–56.994
Интервалы индексов отражений	–13 ≤ <i>h</i> ≤ 13, –13 ≤ <i>k</i> ≤ 13, –20 ≤ <i>l</i> ≤ 20	–13 ≤ <i>h</i> ≤ 13, –15 ≤ <i>k</i> ≤ 15, –18 ≤ <i>l</i> ≤ 18	–13 ≤ <i>h</i> ≤ 13, –13 ≤ <i>k</i> ≤ 13, –17 ≤ <i>l</i> ≤ 17
Число рефлексов:	70857	73739	26445
измеренных	6463	7620	5815
независимых с <i>I</i> > 2σ(<i>I</i>)	(0.0500)	(0.0567)	(0.0577)
Переменных уточнения	275	347	273
GOOF	1.018	1.030	1.070
<i>R</i> -Факторы по <i>F</i> ² > 2σ(<i>F</i> ²)	<i>R</i> ₁ 0.0276, <i>wR</i> ₂ 0.0652	<i>R</i> ₁ 0.0344, <i>wR</i> ₂ 0.0767	<i>R</i> ₁ 0.0415, <i>wR</i> ₂ 0.0968
<i>R</i> -Факторы по всем отражениям	<i>R</i> ₁ 0.0396, <i>wR</i> ₂ 0.0699	<i>R</i> ₁ 0.0494, <i>wR</i> ₂ 0.0830	<i>R</i> ₁ 0.0553, <i>wR</i> ₂ 0.1055
Остаточная электронная плотность (max/min), e/Å ³	1.07/–1.03	1.25/–1.38	2.36/–2.62

В centrosимметричных дибромдицианоауратных анионах комплексов **1** и **2** *транс*-углы SAuC и BrAuBr равны 180°; *цис*-углы SAuBr изменяются в пределах 87.65(17)–92.35(17)° (**1**) и 86.0(5)–94.0(5)° (**2**). Длины связей Au–C [2.107(7), 2.148(6) Å (**1**) и 1.992(4), 2.084(8) Å (**2**)] неравнозначны и отличаются как в меньшую, так и в большую сторону от суммы ковалентных радиусов атомов золота и *sp*-углерода (2.05 Å [26]). В свою очередь, связи Au–Br [2.4244(17), 2.4365(14) Å (**1**) и 2.415(2), 2.397(3) Å (**2**)] короче суммы ковалентных радиусов атомов золота и брома (2.56 Å [26]).

Строение комплекса **3** аналогично строению ранее полученного соединения Ph₃PC(H)(CN)AuCl₃ [18]. Координация атомов фосфора и золота тетраэдрическая и плоско-квадратная соответствен-

но; атомы хлора и третичного атома углерода находятся в *транс*-положении относительно атома золота (рис. 3).

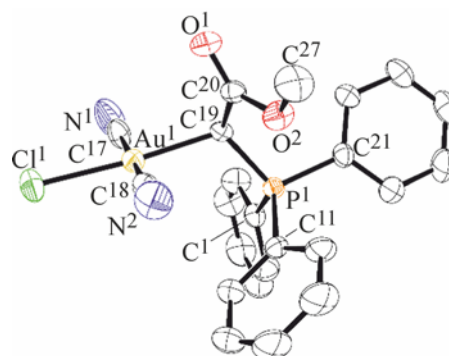


Рис. 3. Общий вид молекулы комплекса **3** в кристалле (атомы водорода не показаны).

Таблица 2. Избранные геометрические параметры структур 1–3

Связь	d , Å	Угол	ω , град
1			
Au ¹ –Br ¹	2.4365(14)	Br ¹ Au ¹ Br ^{1a}	180.0
Au ² –Br ²	2.4244(17)	Br ² Au ² Br ^{2a}	180.0
Au ¹ –C ⁹	2.107(7)	C ¹⁰ Au ¹ Br ^{1a}	92.35(17)
Au ² –C ¹⁷	2.148(6)	C ^{10a} Au ¹ Br ^{1a}	87.65(17)
P ¹ –C ¹	1.801(4)	C ¹⁷ Au ² Br ²	87.99(13)
P ¹ –C ⁷	1.812(4)	C ^{17b} Au ² Br ²	92.01(14)
P ¹ –C ¹¹	1.801(4)	C ¹ P ¹ C ¹¹	107.99(18)
P ¹ –C ²¹	1.791(4)	C ²¹ P ¹ C ¹	110.54(19)
Br ³ –C ⁹	1.945(5)	C ⁸ C ⁹ Br ³	113.9(4)
Преобразования симметрии: ^a $-x, 1-y, 2-z$; ^b $1-x, -y, 1-z$			
2			
Au ¹ –Br ¹	2.415(2)	Br ^{1a} Au ¹ Br ¹	179.999(18)
Au ² –Br ²	2.397(3)	Br ^{2b} Au ² Br ²	180.0
Au ¹ –C ⁹	2.034(7)	C ⁹ Au ¹ Br ¹	91.07(17)
Au ² –C ¹⁰	2.112(7)	C ^{9a} Au ¹ Br ¹	88.93(17)
Sb ¹ –C ¹¹	2.092(4)	C ¹⁰ Au ² Br ²	94.0(5)
Sb ¹ –C ³¹	2.088(5)	C ^{10b} Au ² Br ²	86.0(5)
Sb ¹ –C ²¹	2.127(5)	C ³¹ Sb ¹ C ²¹	100.4(2)
Sb ¹ –C ¹	2.095(5)	C ³¹ Sb ¹ C ¹¹	121.77(18)
Sb ¹ ...O ¹	2.576(4)	O ¹ Sb ¹ C ²¹	178.6(1)
S ¹ –O ¹	1.508(3)	O ¹ S ¹ C ⁸	106.9(3)
Преобразования симметрии: ^a $3-x, 1-y, 1-z$; ^b $3-x, 2-y, 2-z$			
3			
Au ¹ –Cl ¹	2.316(3)	C ¹⁹ Au ¹ Cl ¹	175.47(15)
Au ¹ –C ¹⁷	2.021(8)	C ¹⁸ Au ¹ C ¹⁷	177.2(3)
Au ¹ –C ¹⁸	2.019(7)	C ¹⁷ Au ¹ C ¹⁹	90.7(3)
Au ¹ –C ¹⁹	2.109(6)	C ¹⁷ Au ¹ Cl ¹	88.9(2)
P ¹ –C ¹	1.811(6)	C ¹⁸ Au ¹ C ¹⁹	90.2(2)
P ¹ –C ¹¹	1.793(6)	C ¹⁸ Au ¹ Cl ¹	90.0(2)
P ¹ –C ¹⁹	1.800(6)	P ¹ C ¹⁹ Au ¹	115.1(3)
P ¹ –C ²¹	1.797(6)	C ²⁰ C ¹⁹ Au ¹	104.5(4)
C ¹⁹ –C ²⁰	1.511(8)	C ²⁰ C ¹⁹ P ¹	117.1(4)
O ¹ –C ²⁰	1.204(7)	C ²¹ P ¹ C ¹	106.1(3)
C ¹¹ P ¹ C ¹⁹ 112.2(3)			

Углы СРС в комплексе **3** изменяются в интервале 106.1(3)–112.2(3)° и незначительно отличаются от аналогичных углов в (3-бромпропил)трифенилфосфониевом катионе комплекса **1**; углы PC¹⁹Au, C²⁰C¹⁹Au и C²⁰C¹⁹P – 115.1(3), 104.5(4) и 117.1(4)° соответственно. Длина связи P–C¹⁹ [1.800(6) Å] имеет промежуточное значение по сравнению с длинами связей P–C_{Ph} [1.793(6)–1.811(6) Å]. *транс*-Углы C¹⁸AuC¹⁷ и C¹⁹AuCl – 177.2(3) и 175.47(15)°

соответственно; *цис*-углы – 90.7(3), 90.2(2)° (C_{CN}AuC¹⁹) и 88.9(2), 90.0(2)° (C_{CN}AuCl). Расстояния Au–C_{CN} [2.021(8), 2.019(7) Å] практически не отличаются от аналогичных длин связей в комплексах **1** и **2**; расстояния Au–Cl [2.316(3) Å] и Au–C¹⁹ (2.109(6) Å) меньше сумм ковалентных радиусов атомов золота и хлора (2.38 Å), а также золота и sp³-углерода (2.12 Å) [26]). В известном комплексе Ph₃PC(H)(CN)AuCl₃ аналогичные длины связей

имеют близкие значения $\{\text{Au}-\text{Cl} \ 2.3095(13) \ \text{\AA}, \text{Au}-\text{C}(\text{H}) \ 2.083(4) \ \text{\AA} [18]\}$.

В кристаллах комплексов **1–3** не обнаружены взаимодействия $\text{Hg}\cdots\text{Hg}$ или $\text{Au}\cdots\text{Hg}$, наблюдаемые в некоторых ранее полученных дигалогенодицианоауратных комплексах [12, 17, 19, 28, 29]. Структурная организация молекул в кристаллах комплексов обусловлена лишь системой водородных связей $\text{C}-\text{H}\cdots\text{N}\equiv\text{C}$ [2.67 \AA (**1**), 2.54 \AA (**2**), 2.58–2.67 \AA (**3**)], $\text{C}-\text{H}\cdots\text{O}=\text{C}$ [2.35 \AA (**3**)] и $\text{C}-\text{H}\cdots\text{Hg}-\text{Au}$ [2.92 \AA (**1**), 2.86 \AA (**3**)]. В кристаллах комплексов **1** и **2** присутствуют дополнительные $\text{C}-\text{H}\cdots\pi$ -взаимодействия [30] с расстояниями от атомов водорода до плоскостей соответствующих бензольных колец 2.74 и 2.85 \AA соответственно.

Таким образом, при взаимодействии дибромдицианоаурата калия с бромидом (3-бромпропил)трифенилфосфония и тетрафенилстибония получены новые ионные цианогалогенидные комплексы золота – дибромдицианоаураты (3-бромпропил)трифенилфосфония и тетрафенил(О-диметилсульфоксид)стибония с мономерными катионами и анионами, а в реакции дибромдицианоаурата калия с (метоксикарбонил)трифенилфосфонийметанидом синтезирован новый цианогалогенидный комплекс с илидным лигандом – (метоксикарбонилметил)трифенилфосфонийдицианозолота хлорид.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры соединений **1–3** записывали на спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетках KBr в области 4000–400 cm^{-1} . Элементный анализ проводили на автоматическом анализаторе Carlo Erba CHNS-O EA 1108.

РСА кристаллов комплексов **1–3** проводили на дифрактометре Bruker D8 QUEST ($\text{MoK}\alpha$ -излучение, λ 0.71073 \AA , графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [31]. Все расчеты по определению и уточнению структур выполнены по программам SHELXL/PC [32] и OLEX2 [33]. Структуры определены прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для не водородных атомов. Полные таблицы коор-

динат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных [CCDC 2074516 (**1**), 2074514 (**2**), 2074513 (**3**)].

Для синтеза комплексов использовали коммерчески доступные органилтрифенилфосфониевые соли фирмы «Alfa Aesar» и растворители; бромид тетрафенилстибония, дигалогенодицианоаураты калия и (метоксикарбонил)трифенилфосфонийметанид получали по известным методикам [29, 34–36].

(3-Бромпропил)трифенилфосфония дибромдицианоаурат (1). К раствору 0.1 г (0.22 ммоль) дибромдицианоаурата калия в 10 мл воды прибавляли при перемешивании водный раствор 0.102 г (0.22 ммоль) бромида (3-бромпропил)трифенилфосфония. Образовавшийся светло-оранжевый осадок отфильтровывали, дважды промывали водой порциями по 5 мл, сушили и перекристаллизовывали из этанола. Выход 0.155 г (88%), оранжевые кристаллы, т. пл. 120°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3065, 2943, 2905, 2210, 2168, 1585, 1483, 1437, 1427, 1398, 1335, 1319, 1304, 1240, 1179, 1165, 1109, 1074, 1047, 997, 988, 930, 849, 779, 748, 733, 723, 708, 689, 561, 530, 507, 496, 449, 428. Найдено, %: С 34.75; Н 2.71. $\text{C}_{23}\text{H}_{21}\text{N}_2\text{PBr}_3\text{Au}$. Вычислено, %: С 34.83; Н 2.67.

Комплекс **2** синтезировали по аналогичной методике, перекристаллизовывали из ДМСО.

Тетрафенил(О-диметилсульфоксид)стибония дибромдицианоаурат (2). Выход 84%, оранжевые кристаллы, т. пл. 94°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3067, 3011, 2918, 2168, 1481, 1435, 1414, 1400, 1335, 1315, 1298, 1184, 1070, 1020, 995, 968, 939, 914, 739, 729, 714, 687, 662, 459, 444, 428. Найдено, %: С 36.56; Н 2.89. $\text{C}_{28}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{OSBr}_2\text{SbAu}$. Вычислено, %: С 36.67; Н 2.86.

(Метоксикарбонилметил)трифенилфосфонийдицианозолота хлорид (3). К раствору 0.1 г (0.28 ммоль) дихлордицианоаурата калия в 10 мл ацетонитрила прибавляли при перемешивании 0.094 г (0.28 ммоль) (метоксикарбонил)метанида трифенилфосфония и фильтровали. После испарения растворителя из фильтрата получали 0.135 г (78%) бесцветных кристаллов с т. пл. 128°C. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3059, 3024, 2930, 2866, 2257, 2156, 2143, 1587, 1483, 1439, 1395, 1339,

1317, 1250, 1186, 1113, 997, 843, 756, 743, 723, 689, 547, 500, 428. Найдено, %: С 44.53; Н 3.14. $C_{23}H_{19}N_2O_2PClAu$. Вычислено, %: С 44.64; Н 3.10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шевченко Дмитрий Павлович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-7593>

Шарутин Владимир Викторович, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2582-4893>

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Palacios M.A., Díaz-Ortega I.F., Nojiri H., Suturina E.A., Ozerov M., Krzystek J., Colacio E.* // *Inorg. Chem. Front.* 2020. Vol. 7. N 23. P. 4611. doi 10.1039/D0QI00996B
2. *Geisheimer A.R., Huang W., Pacradouni V., Sabok-Sayr S.A., Sonier J.E., Leznoff D.B.* // *Dalton Trans.* 2011. Vol. 40. N 29. P. 7505. doi 10.1039/C0DT01546F
3. *Lefebvre J., Callaghan F., Katz M.J., Sonier J.E., Leznoff D.B.* // *Chem. Eur. J.* 2006. Vol. 12. N 26. P. 6748. doi 10.1002/chem.200600303
4. *Kumar K., Stefańczyk O., Chorazy S., Nakabayashi K., Sieklucka B., Ohkoshi S.* // *Inorg. Chem.* 2019. Vol. 58. N 9. P. 5677. doi 10.1021/acs.inorgchem.8b03634
5. *Nicholas A.D., Bullard R.M., Pike R.D., Patterson H.H.* // *Eur. J. Inorg. Chem.* 2019. Vol. 2019. N 7. P. 956. doi 10.1002/ejic.201801407
6. *Belyaev A., Eskelinen T., Dau T.M., Ershova Y.Yu., Tunik S.P., Melnikov A.S., Hirva P., Koshevoy I.O.* // *Chem. Eur. J.* 2017. Vol. 24. N 6. P. 1404. doi 10.1002/chem.201704642
7. *Yamagishi A., Kawasaki T., Hiruma K., Sato H., Kitazawa T.* // *Dalton Trans.* 2016. Vol. 45. N 18. P. 7823. doi 10.1039/C6DT00537C
8. *Ovens J.S., Christensen P.R., Leznoff D.B.* // *Chem. Eur. J.* 2016. Vol. 22. N 24. P. 8234. doi 10.1002/chem.201505075
9. *Varju B.R., Ovens J.S., Leznoff D.B.* // *Chem. Commun.* 2017. Vol. 53. N 48. P. 6500. doi 10.1039/C7CC03428H
10. *Lefebvre J., Korčok J.L., Katz M.J., Leznoff D.B.* // *Sensors.* 2012. Vol. 12. N 3. P. 3669. doi 10.3390/s120303669
11. *Ovens J.S., Leznoff D.B.* // *Chem. Mater.* 2015. Vol. 27. N 5. P. 1465. doi 10.1021/cm502998w
12. *Ovens J.S., Geisheimer A.R., Bokov A.A., Ye Z.-G., Leznoff D.B.* // *Inorg. Chem.* 2010. Vol. 49. N 20. P. 9609. doi 10.1021/ic101357y
13. *Katz M.J., Leznoff D.B.* // *J. Am. Chem. Soc.* 2009. Vol. 131. N 51. P. 18435. doi 10.1021/ja907519c
14. *Thompson J.R., Goodman-Rendall K.A.S., Leznoff D.B.* // *Polyhedron.* 2016. Vol. 108. P. 93. doi 10.1016/j.poly.2015.12.026
15. *Thompson J.R., Katz M.J., Williams V.E., Leznoff D.B.* // *Inorg. Chem.* 2015. Vol. 54. N 13. P. 6462. doi 10.1021/acs.inorgchem.5b00749
16. *Ovens J.S., Leznoff D.B.* // *Inorg. Chem.* 2017. Vol. 56. N 13. P. 7332. doi 10.1021/acs.inorgchem.6b03153
17. *Ovens J.S., Leznoff D.B.* // *CrystEngComm.* 2018. Vol. 20. N 13. P. 1769. doi 10.1039/C7CE02167D
18. *Johnson A., Marzo I., Gimeno M.C.* // *Chem. Eur. J.* 2018. Vol. 24. N 45. P. 11693. doi 10.1002/chem.201801600
19. *Шевченко Д.П., Хабина А.Е., Шарутин В.В., Шарутина О.К., Сенчурина В.С., Ельцов О.С.* // *Изв. АН. Сер. хим.* 2021. № 10. С. 1946; *Shevchenko D.P., Khabina A.E., Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurina V.S., Eltsov O.S.* // *Russ. Chem. Bull.* 2021. Vol. 70. N 10. P. 1946. doi 10.1007/s11172-020-2975-4
20. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Ефремов А.Н., Ельцов О.С.* // *Коорд. химия.* 2020. Т. 46. № 9. С. 554. doi 10.31857/S0132344X20090030; *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Efremov A.N., Eltsov O.S.* // *Russ. J. Coord. Chem.* 2020. Vol. 46. N 9. P. 631. doi 10.1134/S1070328420090031
21. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Н.М., Ефремов А.Н., Ельцов О.С.* // *Изв. АН. Сер. хим.* 2020. № 10. С. 1892; *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Tarasova N.M., Efremov A.N., Eltsov O.S.* // *Russ. Chem. Bull.* 2020. Vol. 69. N 10. P. 1892. doi 10.1007/s11172-020-2975-4
22. *Шевченко Д.П., Хабина А.Е.* // *Вест. Южно-Уральск. гос. унив. Сер. хим.* 2021. Т. 13. Вып. 3. С. 22. doi 10.14529/chem210303
23. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Тарасова Н.М., Ефремов А.Н.* // *ЖНХ.* 2020. Т. 65. Вып. 2. С. 171. doi 10.31857/S0044457X20020154; *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Tarasova N.M., Efremov A.N.* // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2020. Vol. 65. N 2. P. 169. doi 10.1134/S0036023620020151
24. *Преч Э., Бюльманн Ф., Аффельтер К.* Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 438 с.
25. *Кукушкин Ю.Н.* Химия координационных соединений. М.: ВШ, 1985. С. 162.
26. *Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E., Revés M., Echeverría J., Cremades E., Barragán F., Aalva-*

- rez S. // Dalton Trans. 2008. N 21. P. 2832. doi 10.1039/B801115J
27. Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R., Cramer C.J., Truhlar D.G. // J. Phys. Chem. (A). 2009. Vol. 113. N 19. P. 5806. doi 10.1021/jp8111556
28. Ovens J.S., Truong K.N., Leznoff D.B. // Inorg. Chim. Acta. 2013. Vol. 403. P. 127. doi 10.1016/j.ica.2013.02.011
29. Ovens J.S., Truong K.N., Leznoff D.B. // Dalton Trans. 2012. Vol. 41. N 4. P. 1345. doi 10.1039/C1DT11741F
30. Nishio M. // Phys. Chem. Chem. Phys. 2011. N 13. P. 13873. doi 10.1039/C1CP20404A
31. SMART and SAINT-Plus. Version 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Madison (WI, USA): Bruker AXS Inc., 1998.
32. SHELXTL/PC. Version 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures from Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, USA, 1998.
33. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. // J. Appl. Cryst. 2009. Vol. 42. P. 339. doi 10.1107/S0021889808042726
34. Smith J.M., Jones L.H., Kressin I.K., Penneman R.A. // Inorg. Chem. 1965. Vol. 4. N 3. P. 369. doi 10.1021/ic50025a024
35. Кочешков К.А., Сколдинов А.П., Землянский Н.Н. Методы элементоорганической химии. Сурьма, Висмут. М.: Наука, 1976. С. 287.
36. Johnson A. Doctoral Thesis (Chem.). Zaragoza, 2018. 401 p.

Synthesis and Structure of Gold Complexes

[Ph₃P(CH₂)₂CH₂Br][Au(CN)₂Br₂], [Ph₄Sb·(DMSO-*O*)] [Au(CN)₂Br₂], and Ph₃PC(H)(COOMe)Au(CN)₂Cl

D. P. Shevchenko*, V. V. Sharutin, and O. K. Sharutina

National Research South Ural State University, Chelyabinsk, 454080 Russia

*e-mail: Shepher56@gmail.com

Received January 6, 2022; revised January 20, 2022; accepted January 23, 2022

By the interaction of potassium dibromodicyanoaurate with (3-bromopropyl)triphenylphosphonium and tetraphenylstibonium bromides novel ionic gold complexes [Ph₃P(CH₂)₂CH₂Br][Au(CN)₂Br₂] and [Ph₄Sb·(DMSO-*O*)] [Au(CN)₂Br₂] were obtained. A new ylide complex Ph₃PC(H)(COOMe)Au(CN)₂Cl was synthesized from potassium dichlorodicyanoaurate and triphenylphosphonium(methoxycarbonyl)methanide in acetonitrile. The structure of the obtained compounds was studied by X-ray diffraction analysis method.

Keywords: potassium dihalodicyanoaurates, organyltriphenylphosphonium salts, tetraphenylstibonium salts, triphenylphosphonium ylides