

---



---

**КООРДИНАЦИОННЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ**


---



---

УДК 546.87+547.53.024+548.312.5

**СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТЕТРАФЕНИЛВИСМУТА(V)  
Ph<sub>4</sub>BiCl, [Ph<sub>4</sub>Bi DMSO-O][PtBr<sub>3</sub> DMSO-S] И [Ph<sub>4</sub>Bi]<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>]**© 2020 г. В. В. Шарутин<sup>а</sup>, О. К. Шарутина<sup>а</sup>, В. С. Сенчурин<sup>а</sup>, \*<sup>а</sup>Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет),  
пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080 Россия

\*e-mail: senvl@rambler.ru

Поступила в редакцию 24.03.2020 г.

После доработки 03.06.2020 г.

Принята к публикации 05.06.2020 г.

Продуктом взаимодействия хлорида тетрафенилвисмута Ph<sub>4</sub>BiCl (I), синтезированного дефенилированием пентафенилвисмута соляной кислотой, с гексабромоплатинатом калия (2 : 1 мольн.) в воде после перекристаллизации из диметилсульфоксида является S-диметилсульфоксидотрибромоплатинат O-диметилсульфоксидотетрафенилвисмута [Ph<sub>4</sub>Bi DMSO-O][PtBr<sub>3</sub> DMSO-S] (II). Перекристаллизация из ацетонитрила комплекса, полученного из I и гексахлороплатината калия, дает гексахлороплатинат тетрафенилвисмута [Ph<sub>4</sub>Bi]<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>] (III). Структуры I–III исследованы методом РСА. Координационный полиэдр атомов висмута в I и II (в кристалле присутствуют два типа кристаллографически независимых ионов) – искаженная тригональная бипирамида с гетероатомами в аксиальных положениях, аксиальные углы CBiCl и CBiO составляют 175.8(1)° и 177.4(3)°, 177.3(4)° соответственно; расстояния Bi–Cl равны 2.912(2) Å (I), Bi–O – 2.78(1) и 2.76(1) Å (II); в экваториальной плоскости связи Bi–C и углы CBiC составляют соответственно 2.204(4)–2.224(4) Å и 113.42(16)°–123.35(15)° в I, 2.170(13)–2.181(12), 2.155(12)–2.187(13) Å и 110.9(4)°–123.8(4)°, 111.0(4)°–123.3(5)° в II. Катион III имеет конфигурацию искаженного тетраэдра, связи Bi–C изменяются в интервале 2.199(4)–2.231(4) Å, а углы CBiC – в интервале 102.6(2)°–126.5(2)°. Атомы платины в анионах II тетракоординированы, *транс*-углы BrPtBr и SPtBr варьируются в диапазоне 176.51(11)°–177.62(6)°; связи Pt–Br составляют 2.402(3)–2.424(3) Å, расстояния Pt–S равны 2.200(4) и 2.182(4) Å. В centrosимметричных октаэдрических анионах III *транс*-углы ClPtCl составляют 180°, *цис*-ClPtCl – 88.71(6)°–91.29(6)°; связи Pt–Cl – 2.329(2)–2.3350(18) Å.

**Ключевые слова:** хлорид тетрафенилвисмута, гексахлоро- и гексабромоплатинат калия, диметилсульфоксид, комплексные соединения платины, рентгеноструктурный анализ

DOI: 10.31857/S0044457X20110173

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что галогениды тетраорганиаммония, -фосфония и -стибония как источники катионов находят широкое применение в качестве реагентов для синтеза новых комплексных соединений. Однако использование с этой целью галогенидов тетраорганилвисмутония ограничено, поскольку они, как правило, лабильны. В литературе описаны производные висмута(V) общей формулы Ar<sub>4</sub>BiX, содержащие карбоксилатные [1], сульфонатные [1–4], ароксидные [5–7] и другие лиганды X [8–13]. Наиболее устойчивыми среди указанных соединений висмута являются ионные комплексы с катионом [Ar<sub>4</sub>Bi]<sup>+</sup> и анионами с низкой основностью, такие как аренсульфонаты [14, 15] и тетрафторобораты [16–19]. Имеются единичные примеры комплексов с катионом [Ph<sub>4</sub>Bi]<sup>+</sup> и металлсодержащими анионами

[Bi<sub>4</sub>I<sub>16</sub>]<sup>4-</sup> [20] и [Bi<sub>5</sub>I<sub>18</sub>]<sup>3-</sup> [21]. Между тем соединения сурьмы, способные генерировать тетраарилстибониевый катион, эффективно используются в синтезе комплексов золота, платины [22], осмия [23], иридия [24] и палладия [25].

В настоящей работе синтезированы и структурно исследованы новые комплексы платины S-диметилсульфоксидотрибромоплатинат O-диметилсульфоксидотетрафенилвисмута [Ph<sub>4</sub>Bi DMSO-O][PtBr<sub>3</sub> DMSO-S] и гексахлороплатинат тетрафенилвисмута [Ph<sub>4</sub>Bi]<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>], а также получен и структурно охарактеризован хлорид тетрафенилвисмута Ph<sub>4</sub>BiCl.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Растворители марки “х.ч.” и “ос.ч.”, а также соляную кислоту марки “х. ч.” (Вектон) использовали без дополнительной очистки. Пентафенил-

висмут синтезировали по методике [26], гексахлороплатинат и гексабромоплатинат калия – по методикам, описанным в [27].

**Ph<sub>4</sub>BiCl (I).** Навеску 3 г (5.05 ммоль) пентафенилвисмута растворяли в 20 мл ацетона и при перемешивании добавляли двукратный избыток (0.9 мл) 36%-ного раствора HCl. После удаления растворителя мелкокристаллический осадок растворяли в воде при комнатной температуре, отфильтровывали и испаряли растворитель при комнатной температуре. Выход неокрашенных кристаллов соединения I с  $t_{пл} = 84^\circ\text{C}$  составил 1.34 г (48%).

ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3059, 3042, 2986, 1562, 1470, 1433, 1325, 1302, 1184, 1157, 1055, 1045, 1011, 989, 727, 694, 683, 646, 444.

	C	H
Найдено, %:	52.02;	3.69.
Для C <sub>24</sub> H <sub>20</sub> ClBi		
вычислено, %:	52.14;	3.62.

**[Ph<sub>4</sub>Bi · DMSO-O][PtBr<sub>3</sub> · DMSO-S] (II).** Навеску 475 мг (0.86 ммоль) хлорида тетрафенилвисмута растворяли в 15 мл воды и при перемешивании добавляли раствор 324 мг (0.43 ммоль) гексабромоплатината калия в 10 мл воды. Выпавший осадок отфильтровывали, высушивали и растворяли в 4 мл ДМСО. Раствор концентрировали, получили 320 мг (67%) светло-коричневых кристаллов соединения II с  $t_{разл} = 155^\circ\text{C}$ .

ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3048, 2995, 2911, 1616, 1566, 1472, 1435, 1111, 1018, 991, 729, 685, 438.

	C	H
Найдено, %:	30.27;	2.96.
Для C <sub>28</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> S <sub>2</sub> Br <sub>3</sub> PtBi		
вычислено, %:	30.34;	2.89.

**[Ph<sub>4</sub>Bi]<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>] (III).** По аналогичной методике из хлорида тетрафенилвисмута и гексахлороплатината калия с последующей перекристаллизацией из ацетонитрила синтезировали гексахлороплатинат тетрафенилвисмута (III) (выход 64%). Получены кристаллы желтого цвета, которые после перекристаллизации из ацетонитрила имели  $t_{разл} = 107^\circ\text{C}$ .

ИК-спектр ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3065, 3046, 3026, 1560, 1472, 1437, 1329, 1188, 1161, 1055, 1009, 989, 729, 687, 648, 438.

	C	H
Найдено, %:	39.94;	2.82.
Для C <sub>48</sub> H <sub>40</sub> Cl <sub>6</sub> PtBi <sub>2</sub>		
вычислено, %:	39.97;	2.77.

**ИК-спектры** комплексов I–III регистрировали на ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблетках KBr в области 4000–400 см<sup>-1</sup>.

**РСА** монокристаллов I–III проводили на дифрактометре Bruker D8 Quest при 293 К. При расшифровке структур использовали программы SMART и SAINT-Plus [28], SHELXL/PC [29] и OLEX2 [30].

Кристаллы соединения I неокрашенные, C<sub>24</sub>H<sub>20</sub>ClBi ( $M = 552.83$ ); моноклинные, пр. гр.  $P2_1/n$  при 293.15 К,  $a = 10.648(7)$ ,  $b = 14.903(7)$ ,  $c = 13.484(6)$  Å,  $\alpha = 90.00^\circ$ ,  $\beta = 92.234(19)^\circ$ ,  $\gamma = 90.00^\circ$ ,  $V = 2138.1(19)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 1.717$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 8.375$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 1056.0$ . Измерено 82013 отражений, из них 7812 независимых ( $R_{\text{int}} = 0.0789$ ) и 5204 наблюдаемых отражения [ $I \geq 2\sigma(I)$ ], 235 параметров уточнения:  $R_1 = 0.0421$ ,  $wR_2 = 0.0704$ .

Кристаллы соединения II красно-коричневые, C<sub>28</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>Br<sub>3</sub>PtBi ( $M = 1108.46$ ); моноклинные, пр. гр.  $P2_1$  при 293.15 К,  $a = 10.229(15)$ ,  $b = 12.11(3)$ ,  $c = 25.73(4)$  Å,  $\alpha = 90.00^\circ$ ,  $\beta = 90.27(5)^\circ$ ,  $\gamma = 90.00^\circ$ ,  $V = 3187(9)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 2.310$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 13.816$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 2056.0$ . Измерено 20035 отражений, из них 7166 независимых ( $R_{\text{int}} = 0.0458$ ) и 6663 наблюдаемых отражения [ $I \geq 2\sigma(I)$ ], 675 параметров уточнения:  $R_1 = 0.0291$ ,  $wR_2 = 0.0610$ .

Кристаллы соединения III желтые, C<sub>48</sub>H<sub>40</sub>Cl<sub>6</sub>PtBi<sub>2</sub> ( $M = 1442.55$ ); триклинные, пр. гр.  $P\bar{1}$  при 293.15 К,  $a = 10.115(6)$ ,  $b = 10.240(8)$ ,  $c = 12.325(7)$  Å,  $\alpha = 100.71(3)^\circ$ ,  $\beta = 92.72(2)^\circ$ ,  $\gamma = 110.61(3)^\circ$ ,  $V = 1165.2(13)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 1$ ,  $\rho_{\text{выч}} = 2.056$  г/см<sup>3</sup>;  $\mu = 10.903$  мм<sup>-1</sup>,  $F(000) = 674.0$ . Измерено 74324 отражения, из них 8890 независимых ( $R_{\text{int}} = 0.0715$ ) и 5862 наблюдаемых отражения [ $I \geq 2\sigma(I)$ ], 259 параметров уточнения:  $R_1 = 0.0483$ ,  $wR_2 = 0.1005$ .

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов структур I–III депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1965533 (I), 1922961 (II), 1974383 (III); deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Производные пентафенилвисмута общей формулы Ph<sub>4</sub>BiX (X = Cl, Br, I, Ph<sub>4</sub>V, CN, NO<sub>2</sub>) впервые были получены Виттигом [26], однако хлорид тетрафенилвисмута (I), устойчивый только при низких температурах, не был структурно охарактеризован. Нам удалось дефенилировать пентафенилвисмута соляной кислотой в ацетоне с последующей перекристаллизацией из воды выделить I в виде неокрашенных кристаллов, пригодных для рентгеноструктурного анализа:

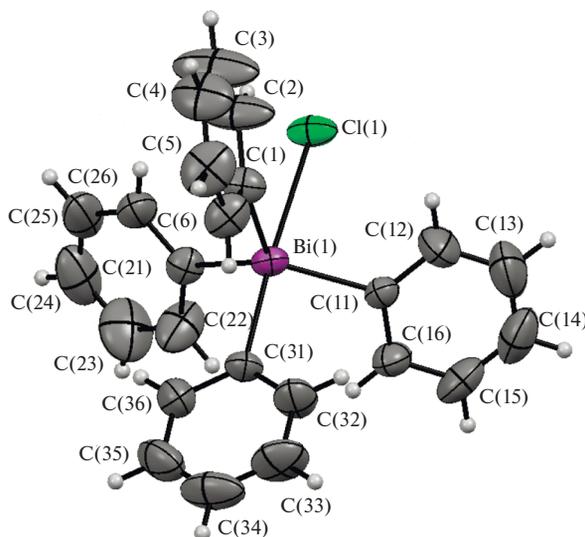
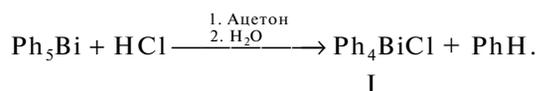


Рис. 1. Общий вид соединения  $\text{Ph}_4\text{BiCl}$  (I).



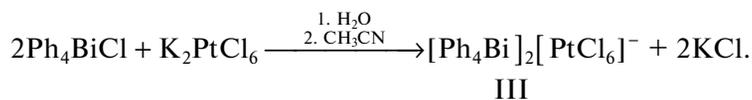
Комплекс II синтезирован нами из I и гексабромоплатината калия (2 : 1 мольн.). После смешения водных растворов реагентов наблюдали образование осадка, который отфильтровывали, сушили и

растворяли в диметилсульфоксиде. Как установлено в результате рентгеноструктурных исследований, перекристаллизация сопровождалась внедрением молекулы диметилсульфоксида в координационную сферу атома висмута, восстановлением  $\text{Pt}^{4+}$  до  $\text{Pt}^{2+}$ , а также лигандным обменом одного из бромид-ионов на молекулу ДМСО в анионе:



Отметим, что попытка получить из ацетонитрила кристаллы, пригодные для РСА, не привела к успеху.

Реакция I с гексахлороплатинатом калия в воде привела к образованию комплекса III, при последующей перекристаллизации которого из ацетонитрила не происходило изменения состава и структуры как катиона, так и аниона:



По данным РСА, атом висмута в I имеет искаженную тригонально-бипирамидальную координацию (рис. 1).

Сумма углов в экваториальной плоскости составляет  $355.25^\circ$ , аксиальный угол  $\text{C}(1)\text{Bi}(1)\text{O}(31)$  равен  $175.80(11)^\circ$ ; в экваториальных положениях находятся фенильные лиганды (углы  $\text{C}\text{BiC}$   $113.42(16)^\circ$ ,  $118.48(15)^\circ$  и  $123.35(15)^\circ$ ), в аксиальных располагаются четвертый фенильный заместитель и атом хлора. Атом висмута отклоняется на  $0.28 \text{ \AA}$  в направлении аксиально расположенного атома уг-

лерода, вследствие чего углы  $\text{C}\text{BiC}(1,11,21)_{\text{ЭКВ}} < 90^\circ$ :  $85.50(12)^\circ$ ,  $80.60(11)^\circ$  и  $82.20(12)^\circ$ , напротив, валентные углы  $\text{C}(31)_{\text{АКС}}\text{BiC}(1,11,21)_{\text{ЭКВ}}$  составляют  $98.00(16)^\circ$ ,  $95.50(15)^\circ$  и  $98.44(16)^\circ$ . Расстояния  $\text{Bi}-\text{C}_{\text{ЭКВ}}$  ( $2.204(4)$ ,  $2.212(4)$  и  $2.224(4) \text{ \AA}$ ) меньше, чем  $\text{Bi}-\text{C}_{\text{АКС}}$  ( $2.248(4) \text{ \AA}$ ). Длина связи  $\text{Bi}-\text{Cl}$  ( $2.9116(19) \text{ \AA}$ ) превышает сумму ковалентных радиусов атомов висмута и хлора ( $2.50 \text{ \AA}$ ) [31]. Аналогичное удлинение связи  $\text{Bi}-\text{Br}$  по сравнению с суммой ковалентных радиусов наблюдается в бромиде тетрафенилвисмута, где расстояние  $\text{Bi}-\text{Br}$

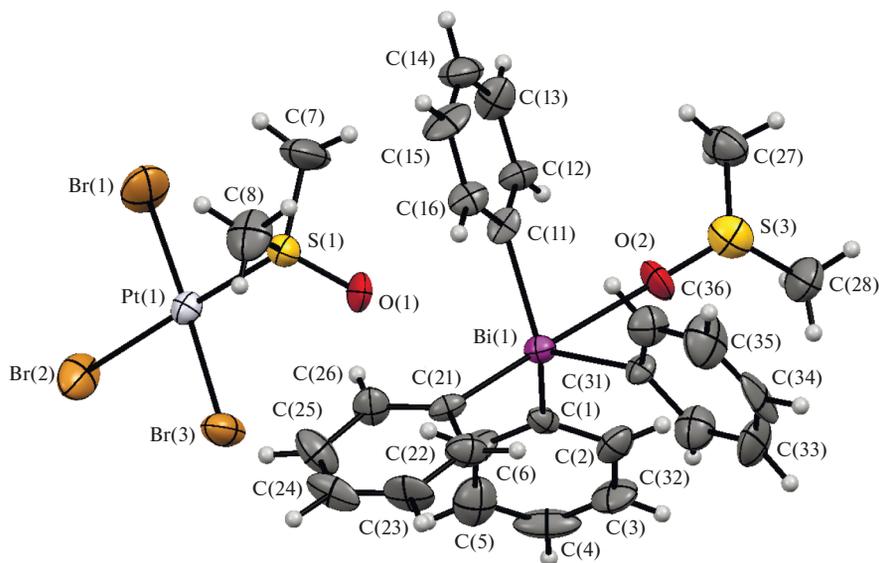


Рис. 2. Общий вид соединения [Ph<sub>4</sub>Bi DMSO-O][PtBr<sub>3</sub> DMSO-S] (II) (показана одна пара кристаллографически независимых типов катионов и анионов).

(3.1387 Å) значительно превышает сумму ковалентных радиусов атомов висмута и брома (2.68 Å) [32].

В кристалле комплекса II (рис. 2) присутствуют два типа кристаллографически независимых катионов и анионов. Координационный полиэдр атома висмута – тригональная бипирамида; молекула диметилсульфоксида координирована атомом кислорода на центральный атом.

Аксиальный угол C(21)Bi(1)O(3) равен 177.4(5)° (C(61)Bi(2)O(4) 177.3(5)°, далее в скобках приведены соответствующие значения для катиона Bi(2)). Суммы валентных углов CBiC в псевдоэкваториальных плоскостях составляют 348.0(4)° (347.9(5)°). Аксиальная связь C(21)–Bi(1) 2.189(13) Å (C(61)–Bi(2) 2.221(12) Å) длиннее экваториальных связей C(1,11,31)–Bi(1): 2.170(13),

2.181(12), 2.187(12) Å (C(41,51,71)–Bi(2) 2.155(12), 2.187(13), 2.187(11) Å). Расстояние Bi(1)⋯O(3), равно 2.78(1) Å (Bi(2)⋯O(4) 2.76(1) Å), существенно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов (3.59 Å) [33]. Координационное число атома платины в анионе равно 4, причем сульфоксидный лиганд координируется на атом платины посредством атома серы. Углы *цис*-SPtBr составляют 87.90(15)°, 94.26(15)° (88.02(15)°, 94.14(15)°, здесь и далее в скобках приведены соответствующие значения для аниона Pt(2)); *цис*-BrPtBr – 88.59(13)°, 89.22(13)° (88.61(13)°, 89.20(13)°); *транс*-BrPtBr и *транс*-SPtBr – 177.64(6)°, 176.51(11)° (177.62(6)°, 176.73(11)°); длины связей Pt–Br изменяются в интервале 2.402(3)–2.424(3) Å (2.411(3)–2.422(3) Å). Длины связей Pt–S равны 2.200(4) Å (2.182(4) (13) Å) и близки к аналогичным расстояниям (2.219 Å) в других структурно охарактеризованных комплексах с анионом [PtBr<sub>3</sub> DMSO-S]<sup>–</sup> [34, 35], но меньше суммы ковалентных радиусов элементов (2.41 Å) [29]. Следует отметить, что в аммониевых и фосфониевых комплексах с анионом [PtBr<sub>3</sub> DMSO-S]<sup>–</sup> связь Pt–S длиннее – 2.332(3)–2.3398(18) Å [36].

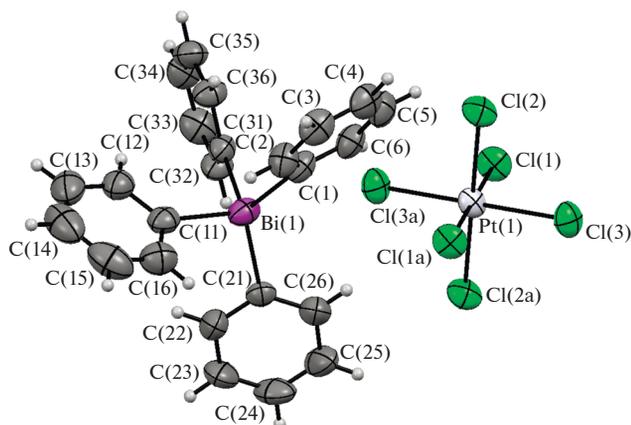


Рис. 3. Общий вид соединения [Ph<sub>4</sub>Bi]<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>] (III).

В комплексе III (рис. 3) углы CBiC в тетраэдрическом катионе изменяются в интервале 102.6(2)°–126.5(2)°; длины трех связей Bi–C(1,11,21) совпадают в пределах допустимой погрешности эксперимента (2.208(6), 2.202(7), 2.199(4) Å), четвертая связь Bi–C(31) длиннее – 2.231(4) Å.

Координация атома платины в centrosymmetric анионе III близка к идеальной октаэдрической, *транс*-углы ClPtCl составляют 180°, *цис*-углы ClPtCl попарно равны: 88.71(6)°, 89.15(8)°,

89.81(7)°, 90.19(7)°, 90.85(8)° и 91.29(6)°. Длины связей Pt—Cl(1,2,3) (2.3317(17), 2.3350(18) и 2.329(2) Å) меньше суммы ковалентных радиусов элементов (2.38 Å) [31].

Контактов между атомами висмута катионов и атомами хлора и кислорода анионов в структурах II, III не наблюдается.

Структурная организация в кристаллах I—III обусловлена водородными связями Bi—Cl $\cdots$ H—C (2.80–2.94 Å) (I), Pt—Br $\cdots$ H—C (2.85–3.05 Å), S=O $\cdots$ H—CAg (2.47–2.70 Å) (II) и Pt—Cl $\cdots$ H—C (2.77–2.95 Å) (III).

Таким образом, структурно охарактеризован хлорид тетрафенилвисмута, в кристалле которого удлинение координационной связи Bi—Cl составляет 16.4% по сравнению с суммой ковалентных радиусов атомов. По реакции обмена между хлоридом тетрафенилвисмута и гексабромоплатинатом или гексахлороплатинатом калия в воде впервые синтезированы комплексы платины с висмутсодержащими катионами. Перекристаллизация гексабромоплатината тетрафенилвисмута из диметилсульфоксида сопровождается восстановлением платины до Pt<sup>2+</sup> и внедрением молекулы диметилсульфоксида в координационную сферу металлов в катионе и анионе, при этом КЧ атома висмута увеличивается до 5, а КЧ платины уменьшается до 4. Перекристаллизация из ацетонитрила не приводит к структурным изменениям комплексов.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abramovitch R.A., Barton D.H.R., Finet J.-P. // *Tetrahedron*. 1988. V. 44. № 11. P. 3039. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)85938-X](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)85938-X)
2. Sharutin V.V., Egorova I.V., Ivanenko T.K. et al. // *Russ. J. Coord. Chem.* 2003. V. 29. № 5. P. 317. <https://doi.org/10.1023/A:1023619616897>
3. Sharutin V.V., Egorova I.V., Ivanenko T.K. et al. // *Russ. J. Coord. Chem.* 2003. V. 29. № 7. P. 468. <https://doi.org/10.1023/A:1024722812183>
4. Sharutin V.V., Egorova I.V., Pakusina A.P. et al. // *Russ. J. Coord. Chem.* 2007. V. 33. № 3. P. 168. <https://doi.org/10.1134/S1070328407030037>
5. Hoppe S., Whitmire K.H. // *Organometallics*. 1998. V. 17. № 7. P. 1347. <https://doi.org/10.1021/om970760r>
6. Sharutin V.V., Egorova I.V., Tsiplyukhina T.V. // *Russ. J. Gen. Chem.* 2004. V. 74. № 2. P. 310. <https://doi.org/10.1023/B:RUGC.0000025525.32960.4c>
7. Sharutin V.V., Egorova I.V., Sharutina O.K. et al. // *Russ. J. Coord. Chem.* 2008. V. 34. № 2. P. 85. <https://doi.org/10.1134/S1070328408020024>
8. Yamamoto Y., Ohdoi K., Chen X. et al. // *Organometallics*. 1993. V. 12. № 8. P. 3297. <https://doi.org/10.1021/om00032a060>
9. Suzuki H., Ikegami T., Azuma N. // *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*. 1997. P. 1609. <https://doi.org/10.1039/A700379J>
10. Chen X., Ohdoi K., Yamamoto Y., Akiba K. // *Organometallics*. 1993. V. 12. № 5. P. 1857. <https://doi.org/10.1021/om00029a047>
11. Matano Y., Begum S.A., Miyamatsu T., Suzuki H. // *Organometallics*. 1999. V. 18. № 26. P. 5668. <https://doi.org/10.1021/om990597v>
12. Ooi T., Goto R., Maruoka K. // *J. Am. Chem. Soc.* 2003. V. 125. № 35. P. 10494. <https://doi.org/10.1021/ja030150k>
13. Park G., Brock D.J., Pellois J.-P., Gabbai F.P. // *Chem.* 2019. V. 5. № 8. P. 2215. <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2019.06.013>
14. Barton D.H.R., Charpiot B., Dau E.T.H. et al. // *Helv. Chim. Acta*. 1984. V. 67. № 2. P. 586. <https://doi.org/10.1002/hlca.19840670227>
15. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Egorova I.V. et al. // *Russ. Chem. Bull.* 1999. V. 42. № 12. P. 2325. <https://doi.org/10.1007/BF02498282>
16. Matano Y., Suzuki T., Shinokura T., Imahori H. // *Tetrahedron Lett.* 2007. V. 48. № 16. P. 2885. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2007.02.085>
17. Matano Y., Suzuki T., Iwata T. et al. // *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 2008. V. 81. № 12. P. 1621. <https://doi.org/10.1246/bcsj.81.1621>
18. Hassan A., Breeze S.R., Courtenay S. et al. // *Organometallics*. 1996. V. 15. № 25. P. 5613. <https://doi.org/10.1021/om960641w>
19. Matano Y., Shinokura T., Yoshikawa O., Imahori H. // *Org. Lett.* 2008. V. 10. № 11. P. 2167. <https://doi.org/10.1021/ol8005453>
20. Sharutin V.V., Egorova I.V., Klepikov N.N. et al. // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2009. V. 54. № 11. P. 1768. <https://doi.org/10.1134/S0036023609110126>
21. Sharutin V.V., Egorova I.V., Klepikov N.N. et al. // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2009. V. 54. № 1. P. 52. <https://doi.org/10.1134/S0036023609010124>
22. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Fastovets O.A. et al. // *Russ. J. Coord. Chem.* 2008. V. 34. № 5. P. 367. <https://doi.org/10.1134/S1070328408050096>
23. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Pel'kov P.A. // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2016. V. 61. № 2. P. 183. <https://doi.org/10.1134/S0036023616020200>
24. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Senchurin V.S., Somov N.V. // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2016. V. 61. № 8. P. 969. <https://doi.org/10.1134/S0036023616080143>
25. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. // *Russ. J. Inorg. Chem.* 2013. V. 58. № 5. P. 969. <https://doi.org/10.1134/S0036023613050203>
26. Wittig G., Clauß K. // *Lieb. Ann.* 1952. V. 578. № 1. P. 136. <https://doi.org/10.1002/jlac.19525780116>
27. Синтез комплексных соединений металлов платиновой группы / Справочник / Отв. ред. Черняев И.И. М.: Мир, 1964. 340 с.

28. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
29. 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.
30. *Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J. et al.* // J. Appl. Crystallogr. 2009. V. 42. P. 339.  
<https://doi.org/10.1107/S0021889808042726>
31. *Cordero B., Gomez V., Platero-Prats A.E. et al.* // Dalton Trans. 2008. P. 2832.  
<https://doi.org/10.1039/B801115J>
32. *Senchurin V.S., Sharutin V.V., Sharutina O.K.* // Russ. J. Inorg. Chem. 2020. V. 65. № 3. P. 323.  
<https://doi.org/10.1134/S0036023620030122>
33. *Mantina M., Chamberlin A.C., Valero R. et al.* // J. Phys. Chem. A. 2009. V. 113. № 19. P. 5806.  
<https://doi.org/10.1021/jp8111556>
34. *Kwang Ha* // Z. Kristallogr.-New Cryst. Struct. 2014. V. 229. № 2. P. 161.  
<https://doi.org/10.1515/ncrs-2014-0090>
35. *Ndinguri M.W., Fronczek F.R., Marzilli P.A. et al.* // Inorg. Chim. Acta. 2010. V. 363. № 8. P. 1796.  
<https://doi.org/10.1016/j.ica.2010.02.027>
36. *Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al.* // Russ. J. Coord. Chem. 2011. V. 37. № 11. P. 854.  
<https://doi.org/10.1134/S1070328411000113>