

# ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕНТАФЕНИЛСУРЬМЫ С ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

© 2020 г. Ю. О. Губанова\*, В. В. Шарутин, О. К. Шарутина, К. Ю. Петрова

*Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет,  
пр. Ленина 76, Челябинск, 454080 Россия  
\*e-mail: ulchik\_7757@mail.ru*

Поступило в Редакцию 21 апреля 2020 г.

После доработки 21 апреля 2020 г.

Принято к печати 30 апреля 2020 г.

В реакциях с пентафенилсурьмой пиридин-2,6- и 2,5-дикарбоновые кислоты проявляют себя как бифункциональные соединения, образуя пиридин-2,6- и 2,5-дикарбоксилат бис(тетрафенилсурьмы) соответственно. При взаимодействии пентафенилсурьмы с 2-[(6-гидрокси-5-нитрозо-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил)сульфанил]уксусной кислотой с участием карбоксильной группы и гидроксильной группы в пиримидиновом кольце образуется 2-{[5-нитрозо-4(3*H*)-оксо-6-(тетрафенилстибоксо)пиримидин-2-ил]-сульфанил}ацетат тетрафенилсурьмы. Особенности строения синтезированных соединений установлены методом рентгеноструктурного анализа.

**Ключевые слова:** пентафенилсурьма, дефенилирование, пиридиндикарбоновые кислоты, 2-[(6-гидрокси-5-нитрозо-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил)сульфанил]уксусная кислота, молекулярная структура

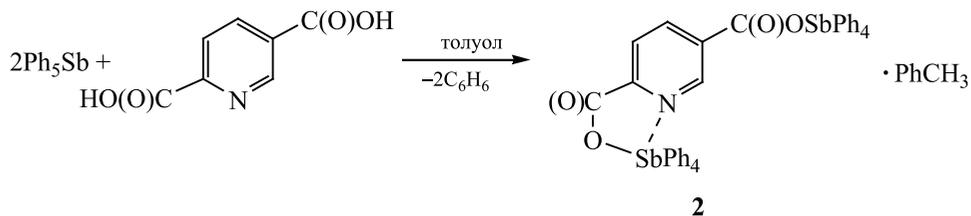
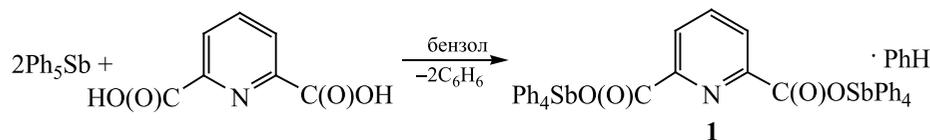
**DOI:** 10.31857/S0044460X20090127

Производные пиридина и пиримидина проявляют биологическую активность, в частности, многократно доказана их противоопухолевая активность на различных клеточных линиях [1–8]. Арилпроизводные сурьмы(V) также обладают противораковыми свойствами, проведено большое количество исследований на клетках человека и животных, установлена взаимосвязь между структурой арильного радикала и свойствами соединений [9–12]. Получение комплексов сурьмы(V) с гетероциклическими лигандами расширяет спектр практически значимых свойств производных сурьмы. В гетероциклических производных сурьмы возможна дополнительная координация гетероатома на сурьму [13, 14] (в некоторых случаях с образованием пятичленных металлоциклов [15–18]). Описаны производные сурьмы(V) с полифункциональными гетероциклическими лигандами, в частности комплексы с бихинолиновым [19] и пиримидиновым лигандами [20].

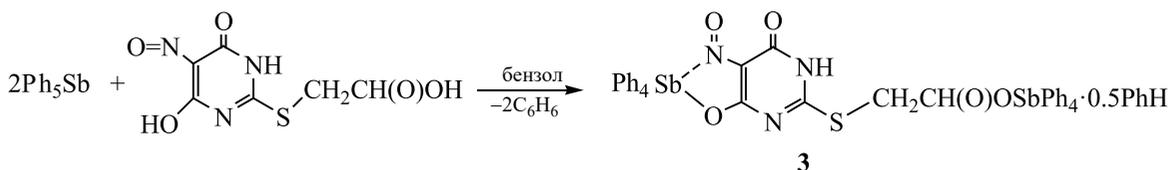
Мы провели реакции пентафенилсурьмы с пиридин-2,6(2,5)-дикарбоновой и 2-[(6-гидрокси-5-нитрозо-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил)сульфанил]уксусной кислотами и установили особенности строения выделенных соединений.

Взаимодействие пентафенилсурьмы с пиридин-2,6- и 2,5-дикарбоновыми кислотами в ароматических растворителях протекает с замещением атомов водорода в двух карбоксильных группах на фрагменты Ph<sub>4</sub>Sb с образованием биядерных соединений – пиридин-2,6(2,5)-дикарбоксилатов бис(тетрафенилсурьмы), выделенных в форме сольватов с бензолом, 1:1 (**1**), и толуолом, 1:2 (**2**) (схема 1). Молекулы карбоксилатов бис(тетрафенилсурьмы) различаются координацией атомов сурьмы. В молекуле пиридин-2,5-дикарбоксилата бис(тетрафенилсурьмы) **2** наблюдается увеличение координационного числа одного из атомов сурьмы до 6 за счет возникновения координационной связи Sb–N.

## Схема 1.



## Схема 2.



2-[[6-Гидрокси-5-нитрозо-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил]сульфанил]уксусная кислота реагирует с пентафенилсурьмой как бифункциональный лиганд, поскольку в реакции принимают участие карбоксильная группа и гидроксил пиридинового кольца. Атом сурьмы, связанный с гидроксильной группой, гексакоординирован за счет взаимодействия с атомом азота нитрозогруппы. Продукт реакции – 2-[(5-нитрозо-4(3*H*)-оксо-6-(тетрафенилстибоксо)пиримидин-2-ил)сульфанил]ацетат тетрафенилсурьмы **3** (солюват с бензолом, 1:0.5) (схема 2).

Участие одной из гидроксильных групп, наряду с карбоксильной, мы наблюдали в реакции 2,4-ди-

гидроксibenзойной кислоты с пентафенилсурьмой [21].

В ИК спектрах соединений **1–3** наблюдается смещение полосы поглощения карбонильной группы (1631, 1664 и 1624  $\text{cm}^{-1}$  соответственно) в область низкочастотных колебаний по сравнению со справочными данными для карбоновых кислот (1700–1680  $\text{cm}^{-1}$  [22]) и значениями в спектрах исходных кислот (1701, 1714 и 1726  $\text{cm}^{-1}$  соответственно).

По данным РСА, мостиковые карбоксилатные лиганды в молекулах **1–3** связывают два фрагмента  $\text{Ph}_4\text{Sb}$  (в ячейке кристалла **2** присутствует два типа кристаллографически независимых молекул **A** и **B**, но, поскольку их геометрические параметры мало отличаются друг от друга, нами обсуждается молекула **A**). В комплексе **1** оба атома сурьмы  $\text{Sb}^1$  и  $\text{Sb}^2$  имеют искаженную тригонально-бипирамидальную координацию (рис. 1). Особенность молекул **2** и **3** – структурная неэквивалентность атомов сурьмы, один из которых имеет пента- [ $\text{Sb}^1$  (**2A**),  $\text{Sb}^2$  (**3**)], а другой – гексакоординацию [ $\text{Sb}^2$  (**2A**),  $\text{Sb}^1$  (**3**)] (рис. 2, 3). Валентные углы при пентакоординированных атомах сурьмы в молекулах соединений **1**, **2A** и **3**:  $\text{OSbC}^a$  178.34(6) и 176.77(6) (**1**), 174.67(16) (**2A**) и 177.6(3)° (**3**),  $\text{C}^e\text{SbC}^e$  110.96(8)–125.48(8)° [сумма углов 355.68(8)°], 103.40(8)–145.77(7)° [353.00(7)°] (**1**), 108.3(2)–134.7(2)°

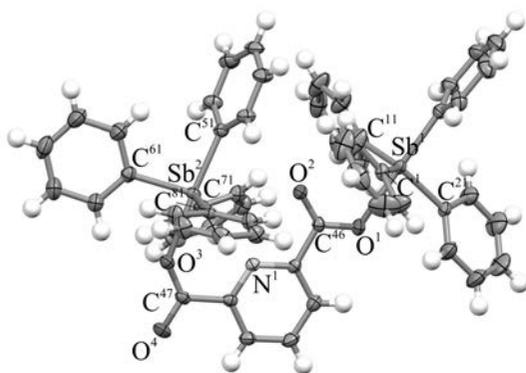


Рис. 1. Общий вид молекулы соединения **1** в кристалле (солюватный растворитель не показан).

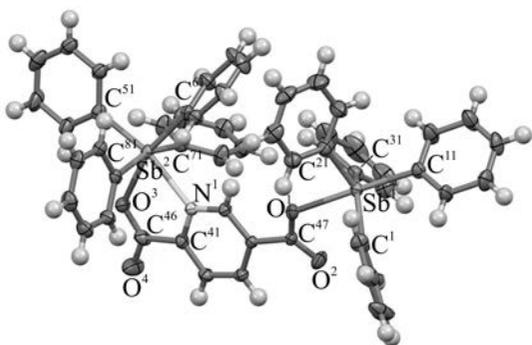


Рис. 2. Общий вид молекулы А соединения 2 в кристалле (сольватный растворитель не показан).

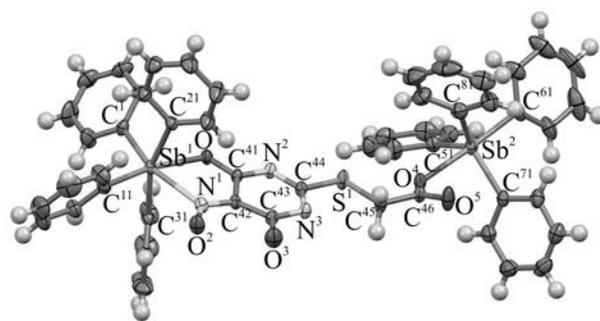


Рис. 3. Общий вид молекулы соединения 3 в кристалле (сольватный растворитель не показан).

[356.1(2)°] (**2A**), 117.0(3)–119.4(3)° [355.2(3)°] (**3**) (см. таблицу). Выход центральных атомов из экваториальных плоскостей в сторону аксиальных атомов углерода: 0.254 и 0.303 (**1**), 0.240 (**2A**), 0.271 (**3**) Å. Аксиальные связи Sb–C<sup>a</sup> [2.178(2) и 2.164(2) (**1**), 2.170(5) (**2A**), 2.165(7) (**3**) Å] длиннее экваториальных связей Sb–C<sup>e</sup> [2.108(2)–2.1125(19) и 2.1400(19)–2.146(2) Å (**1**), 2.122(7)–2.129(5) Å (**2, a**) и 2.107(7)–2.120(7) Å (**3**)]. Связи Sb–O [2.3098(18) и 2.3100(18) (**1**), 2.330(3) (**2, a**) и 2.313(4) (**3**) Å]

превышают сумму ковалентных радиусов (2.05 Å [23]). Наблюдаемые расстояния Sb–O в молекулах соединений **1–3** больше, чем в молекулах пирдин-3-карбоксилата тетрафенилсурьмы {2.268(1) Å [24]} и 2-[(6-амино-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил)-сульфанил]ацетата тетрафенилсурьмы {2.253(2) Å [20]}.

В комплексе **1** типичное для карбоксилатных лигандов дополнительное внутримолекулярное взаимодействие Sb⋯O=C слабо проявляется толь-

#### Основные длины связей и валентные углы в структурах 1–3

Связь	<i>d</i> , Å	Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω, град	Угол	ω, град
<b>1</b>							
Sb <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	2.3098(18)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>81</sup>	2.1431(19)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	125.48(8)	C <sup>81</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>51</sup>	98.97(7)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>11</sup>	2.111(2)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>71</sup>	2.1400(19)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	95.44(8)	C <sup>81</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	103.40(8)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>1</sup>	2.1125(19)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>61</sup>	2.146(2)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	97.01(8)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>51</sup>	97.60(7)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>21</sup>	2.108(2)	C <sup>46</sup> –O <sup>1</sup>	1.292(2)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	110.96(8)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>81</sup>	145.77(7)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>31</sup>	2.178(2)	C <sup>46</sup> –O <sup>2</sup>	1.229(2)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>1</sup>	119.24(8)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	103.83(8)
Sb <sup>2</sup> –O <sup>3</sup>	2.3100(18)			C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	98.38(8)	C <sup>51</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	97.56(8)
Sb <sup>2</sup> –C <sup>51</sup>	2.164(2)			C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	178.34(6)		
				C <sup>51</sup> Sb <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	176.77(6)		
<b>2</b>							
Sb <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	2.330(3)	Sb <sup>2</sup> –N <sup>1</sup>	2.412(4)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	94.86(18)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>31</sup>	134.7(2)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>1</sup>	2.126(5)	Sb <sup>2</sup> –O <sup>3</sup>	2.207(3)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	108.3(2)	C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	113.1(2)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>11</sup>	2.170(5)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>51</sup>	2.152(5)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	174.67(16)	C <sup>81</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>71</sup>	163.59(18)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>21</sup>	2.129(5)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>61</sup>	2.161(5)	C <sup>21</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	101.20(19)	C <sup>51</sup> Sb <sup>2</sup> N <sup>1</sup>	165.79(17)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>31</sup>	2.122(7)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>81</sup>	2.174(5)	C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>11</sup>	94.6(2)	C <sup>61</sup> Sb <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	162.07(15)
		Sb <sup>2</sup> –C <sup>71</sup>	2.200(5)				
<b>3</b>							
Sb <sup>1</sup> –O <sup>1</sup>	2.249(4)	Sb <sup>2</sup> –O <sup>41</sup>	2.313(4)	C <sup>1</sup> Sb <sup>1</sup> N <sup>1</sup>	159.2(2)	C <sup>81</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	96.6(3)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>21</sup>	2.172(6)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>51</sup>	2.120(7)	C <sup>11</sup> Sb <sup>1</sup> O <sup>1</sup>	167.6(2)	C <sup>51</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	98.0(3)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>1</sup>	2.145(6)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>71</sup>	2.107(7)	C <sup>31</sup> Sb <sup>1</sup> C <sup>21</sup>	162.0(2)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>51</sup>	117.0(3)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>11</sup>	2.149(7)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>61</sup>	2.165(7)	C <sup>61</sup> Sb <sup>2</sup> O <sup>4</sup>	177.6(3)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>61</sup>	97.5(3)
Sb <sup>1</sup> –C <sup>31</sup>	2.164(6)	Sb <sup>2</sup> –C <sup>81</sup>	2.113(8)	C <sup>81</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>51</sup>	118.8(3)	C <sup>71</sup> Sb <sup>2</sup> C <sup>81</sup>	119.4(3)
Sb <sup>1</sup> –N <sup>1</sup>	2.400(5)						

ко с одним из атомов сурьмы [расстояние  $Sb^1 \cdots O^2$  3.270(4) Å (**1**)]. Атом  $Sb^2$  имеет внутримолекулярный контакт с атомом азота пиридинового кольца [расстояние  $Sb^2 \cdots N = 2.961(3)$  Å]. Такое различие координации атомов сурьмы обеспечивается конформацией карбоксильных групп, которые развернуты относительно гетероцикла на 180°. Карбонильный атом кислорода  $O^2$  заслоняет атом азота от атома  $Sb^1$ , в то время как атом  $Sb^2$  не экранирован. Карбоксильные группы сохраняют «антиположение» относительно друг друга, которое характерно для молекулярной структуры исходной пиридин-2,6-дикарбоновой кислоты [25].

Контакты  $Sb^1 \cdots O^2$  в молекуле **2A**, и  $Sb^2 \cdots O^5$  в комплексе **3** составляют 3.212(2) и 3.413(5) Å соответственно. Координация атомов  $Sb^2$  (**2A**) и  $Sb^1$  (**3**) – искаженная октаэдрическая с окружением  $C_4ON$ . Повышение координационного числа обусловлено образованием дополнительного взаимодействия  $Sb^2 \cdots N^1$  и  $Sb^1 \cdots N^1$ , где N – атом азота пиридинового цикла и нитрозо-группы в молекулах **2A** и **3** соответственно, которое приводит к образованию пятичленного металлоцикла. В октаэдре *транс*-углы  $CSbC$ ,  $CSbN$  и  $CSbO$  равны 163.59(18), 165.79(17) и 162.07(15)° (**2A**), 162.0(2), 159.2(2) и 167.6(2)° (**3**) (см. таблицу). Суммы углов в плоскости [ONCC] близки к 360°, атомы сурьмы отклоняются от средней плоскости на 0.024 (**2, a**) и 0.012 (**3**) Å. Длины связей  $Sb-C$  лежат в диапазонах 2.152(5)–2.200(5) (**2A**), 2.145(6)–2.164(6) (**3**) Å. В молекуле **2A** связи  $Sb^2-C$  [среднее значение 2.171(5) Å] длиннее, чем связи  $Sb^1-C$  [2.136(5) Å]. Длина связи  $Sb^2-O^3$  [2.207(3) Å] в молекуле **2A** существенно короче связи  $Sb^1-O^1$  в этой же молекуле. В комплексе **3** расстояние  $Sb^1-O^1$  [2.249(4) Å] больше, чем аналогичные расстояния в арилоксипроизводных тетрафенилсурьмы (2.205 и 2.143 Å [26, 27]).

Длины связей  $Sb-N$  [2.412(4) (**2A**) и 2.400(5) Å (**3**)] незначительно отличаются от аналогичных координационных связей в известных соединениях {2.480(1) и 2.425(3) Å [15, 16]} и превышают сумму ковалентных радиусов азота и сурьмы (2.10 Å [23]). Длина связи  $N=O$  [1.246(7) Å] в нитрозогруппе больше справочного значения (1.22 Å [28]). Увеличение прочности связей  $Sb-N$  в молекуле **2A** по сравнению с молекулой **1**, вероятно, объясняется усилением донорной способности атома азота пиридинового кольца с карбоксильной группой в положении 3.

Металлоциклы имеют практически плоское строение: отклонения атомов от средней плоскости [ $SbOCCN$ ]: 0.033–0.064 (**2A**) и 0.007–0.021 Å (**3**). Пиримидиновый цикл в соединении **3** также плоский: атомы углерода и азота отклоняются от средней плоскости на 0.033–0.167 Å, атом серы – на 0.082 Å.

Сольватные молекулы бензола в комплексах **1**, **3** и толуола в комплексе **2** не принимают участия в образовании межмолекулярных связей.

Таким образом, взаимодействие пентафенилсурьмы с пиридин-2,6- и -2,5-дикарбоновыми кислотами приводит к образованию соответствующих карбоксилатов бис(тетрафенилсурьмы), молекулы которых различаются координацией атомов сурьмы. В молекуле пиридин-2,5-дикарбоксилата бис(тетрафенилсурьмы) наблюдается увеличение координационного числа одного из атомов сурьмы до 6 за счет возникновения координационной связи  $Sb-N$ . В реакции пентафенилсурьмы с 2-[(6-гидрокси-5-нитрозо-4(3*H*)-оксопиримидин-2-ил)-сульфанил]уксусной кислотой участвует карбоксильная группа и гидроксильная группа пиримидинового кольца. Атом сурьмы, связанный с гидроксильной группой, гексакоординирован за счет взаимодействия с атомом азота нитрозогруппы.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ИК спектры записывали на ИК Фурье-спектрометре Shimadzu IR Affinity-1S в таблетках KBr.

Рентгеноструктурный анализ выполнен на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 QUEST Bruker ( $MoK_{\alpha}$ -излучение,  $\lambda = 0.71073$  Å, графитовый монохроматор). Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены с помощью программы SMART SAINT-Plus [29], определение и уточнение структуры кристаллов – с помощью программ SHELX/PC [30] и OLEX2 [31]. Структура расшифрована прямым методом и уточнена методом наименьших квадратов вначале в изотропном, затем в анизотропном приближении для неводородных атомов. Атомы водорода помещены в геометрически рассчитанные положения и включены в уточнение по модели *наездника*.

Кристаллы соединения **1** бесцветные, призматические, триклинные,  $C_{61}H_{49}NO_4Sb_2$ ,  $M$  1103.51 г/моль;  $a = 12.467(7)$ ,  $b = 13.857(5)$ ,  $c =$

16.650(5) Å,  $\alpha = 82.277(12)$ ,  $\beta = 82.272(14)$ ,  $\gamma = 63.667(17)^\circ$ ,  $V = 2545.4(18)$  Å<sup>3</sup>,  $d_{\text{выч}} = 1.440$  г/см<sup>3</sup>,  $Z = 2$ , пространственная группа  $P\bar{1}$ . Измерено всего 171786 отражений, 23422 независимых отражений,  $\mu = 1.110$  мм<sup>-1</sup>. Окончательные значения факторов расходимости:  $R_1 = 0.1009$  и  $wR_2 = 0.0811$  (по всем рефлексам),  $R_1 = 0.0431$  и  $wR_2 = 0.0692$  [по рефлексам  $F^2 > 2\sigma(F^2)$ ].

Кристаллы соединения **2** бесцветные, призматические, триклинные,  $C_{117}H_{94}N_2O_8Sb_4$ ,  $M$  2142.94 г/моль;  $a = 10.404(5)$ ,  $b = 35.039(12)$ ,  $c = 27.162(8)$  Å,  $\beta = 100.87(2)^\circ$ ,  $V = 9724(6)$  Å<sup>3</sup>,  $d_{\text{выч}} = 1.464$  г/см<sup>3</sup>,  $Z = 4$ , пространственная группа  $C_c$ . Измерено всего 93805 отражений, 21320 независимых отражений,  $\mu = 1.159$  мм<sup>-1</sup>. Окончательные значения факторов расходимости:  $R_1 = 0.0704$  и  $wR_2 = 0.0698$  (по всем рефлексам),  $R_1 = 0.0395$  и  $wR_2 = 0.0631$  [по рефлексам  $F^2 > 2\sigma(F^2)$ ].

Кристаллы соединения **3** красные, призматические, триклинные,  $C_{57}H_{45}N_3O_5SSb$ ,  $M$  1127.52 г/моль;  $a = 9.838(8)$ ,  $b = 15.276(10)$ ,  $c = 20.234(16)$  Å,  $\alpha = 104.17(4)$ ,  $\beta = 100.70(4)$ ,  $\gamma = 96.49(3)^\circ$ ,  $V = 2857(4)$  Å<sup>3</sup>,  $d_{\text{выч}} = 1.311$  г/см<sup>3</sup>,  $Z = 2$ , пространственная группа  $P\bar{1}$ . Измерено всего 71307 отражений, 12628 независимых отражений,  $\mu = 1.028$  мм<sup>-1</sup>. Окончательные значения факторов расходимости:  $R_1 = 0.0912$  и  $wR_2 = 0.2039$  (по всем рефлексам),  $R_1 = 0.0570$  и  $wR_2 = 0.1790$  [по рефлексам  $F^2 > 2\sigma(F^2)$ ].

Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных [CCDC 1901676 (1), 1903748 (2), 1919940 (3)].

**Пиридин-2,6-дикарбоксилат бис(тетрафенилсурьмы) (1)**. Смесь 0.25 г (0.49 ммоль) пентафенилсурьмы и 0.044 г (0.25 ммоль) пиридин-2,6-дикарбоновой кислоты в 5 мл бензола помещали в стеклянную ампулу и запаивали. Смесь нагревали 1 ч на водяной бане, охлаждали до комнатной температуры. Ампулу вскрывали, раствор концентрировали. Выход 0.43 г (80%), бесцветные кристаллы (сольват с бензолом, 1:1), т. пл. 170°C (разл). ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3055, 1631, 1571, 1479, 1435, 1357, 1331, 1263, 1178, 1064, 997, 907, 854, 816, 733, 688, 652, 579, 455. Найдено, %: С 66.31; Н 4.49.  $C_{61}H_{49}NO_4Sb_2$ . Вычислено, %: С 66.33; Н 4.44.

Соединения **2** и **3** получали аналогично.

**Пиридин-2,5-дикарбоксилат бис(тетрафенилсурьмы) (2)**. Выход 78% (сольват с толуолом, 2:1), бесцветные кристаллы, т. пл. 188°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3047, 2924, 2853, 1664, 1627, 1570, 1479, 1348, 1322, 1278, 1186, 1161, 1136, 1066, 1039, 995, 823, 763, 732, 696, 513, 470, 457. Найдено, %: С 65.48; Н 4.44.  $C_{117}H_{94}N_2O_8Sb_4$ . Вычислено, %: С 65.51; Н 4.39.

**2-[(5-Нитрозо-4(3H)-оксо-6-(тетрафенилстибоксо)пиримидин-2-ил)сульфанил]ацетат тетрафенилсурьмы (3)**. Выход 66% (сольват с бензолом, 1:0.5), красные кристаллы, т. пл. 141°C. ИК спектр,  $\nu$ , см<sup>-1</sup>: 3293, 3150, 3051, 2357, 2330, 1624, 1548, 1479, 1431, 1346, 1312, 1280, 1246, 1207, 1134, 1060, 997, 968, 799, 732, 690, 455. Найдено, %: С 60.62; Н 4.03.  $C_{57}H_{45}N_3O_5SSb$ . Вычислено, %: С 60.66; Н 3.99.

#### ФОНДОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-33-90061).

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Marinescu M.* // Int. J. Pharm. and Bio Sci. 2017. Vol. 8. N. 2. P. 338. doi 10.22376/ijpbs.2017.8.2.p338-355
2. *Cai Z.W., Wei D., Schroeder G.M., Cornelius L.A.M., Kim K., Chen X.T., Schmidt R.J., Williams D.K., Tokarski J.S., An Y., Sack J.S., Manne V., Kamath A., Zhang Y., Marathe P., Hunt J.T., Lombardo L.J., Fagnoli J., Borzilleri R.M.* // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2008. Vol. 18. N 11. P. 3224. doi10.1016/j.bmcl.2008.04.047
3. *Hranjec M., Sovic I., Ratkaj I., Pavlovic G., Ilic N., Valjalo L., Pavelic K., Kraljevic Pavelic S., Karminski-Zamola G.* // Eur. J. Med. Chem. 2013. Vol. 59. P. 111. doi 10.1016/j.ejmech.2012.11.009
4. *Amedio I.C., Jr., Lee G.T., Prasad K., Repic O.* // Synth. Commun. 1995. Vol. 25. P. 2599. doi 10.1080/00397919508011806
5. *Hu Y.-G., Zheng A.-H., Li G.-J., Dong M.-Z., Ye F., Sun F., Liu Z.-Y., Li W.* // J. Heterocycl. Compd. 2014. Vol. 51. N S1. P. E84. doi 10.1002/jhet.1823
6. *Shyyka O., Pokhodylo N., Finiuk N., Matiychuk V., Stoika R., Obushak M.* // Sci. Pharm. 2018. Vol. 86. N 3. P. 28. doi 10.3390/scipharm86030028

7. *Becan L., Wagner E.* // *Med. Chem. Res.* 2013. Vol. 22. P. 2376 doi 10.1007/s00044-012-0231-7
8. *Shawali A.S., Sherif S.M., Darwish M.A.A., Elmerzabani M.M.* // *Arch. Pharm. Res.* 2010. Vol. 33. P. 55. doi 10.1007/s12272-010-2224-8
9. *Polychronis N.M., Banti C.N., Raptopoulou C.P., Psycharis V., Kourkouvelis N., Hadjikakou S.K.* // *Inorg. Chim. Acta.* 2019. Vol. 489. N 1. P. 39. doi 10.1016/j.ica.2019.02.004
10. *Gkaniatsou E.I., Banti C.N., Kourkouvelis N., Skoulika S., Manoli M., Tasiopoulos A.J., Hadjikakou S.K.* // *J. Inorg. Biochem.* 2015. Vol. 150. P. 108. doi 10.1016/j.jinorgbio.2015.04.014
11. *Jiang J., Yin H., Wang F., Han Z., Wang F., Cheng S., Hong M.* // *Dalton Trans.* 2013. Vol. 42. P. 8563. doi 10.1039/c3dt50221j
12. *Islam A., Rodrigues B.L., Marzano I.M., Perreira-Maia E.C., Dittz D., Lopes M.T.P., Ishfaq M., Frezard F., Demicheli C.* // *Eur. J. Med. Chem.* 2016. Vol. 109. P. 254. doi 10.1016/j.ejmech.2016.01.003
13. *Ma C., Zhang Q., Sun J., Zhang R.* // *J. Organomet. Chem.* 2006. Vol. 691. N 11. P. 2567. doi 10.1016/j.jorganchem.2006.01.049
14. *Quan L., Yin H.-D., Cui J.-C., Hong M., Wang D.-Q.* // *J. Organomet. Chem.* 2009. Vol. 694. N 23. P. 3708. doi 10.1016/j.jorganchem.2009.07.040
15. *Cherkasov V.K., Abakumov G.A., Grunova E.V., Poddel'sky A.I., Fukin G.K., Varanov E.V., Kurskii Yu.A., Abakumova L.G.* // *Chem. Eur. J.* 2006. N 12. P. 3916. doi 10.1002/chem.200501534
16. *Abakumov G.A., Poddel'sky A.I., Grunova E.V., Cherkasov V.K., Fukin G.K., Kurskii Yu.A., Abakumova L.G.* // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005. Vol. 44. N 18. P. 2767. doi 10.1002/anie.200462503
17. *Poddel'sky A.I., Somov N.V., Kurskii Yu.A., Cherkasov V.K., Abakumov G.A.* // *J. Organomet. Chem.* 2008. Vol. 693. N 21–22. P. 3451. doi 10.1016/j.jorganchem.2008.08.002
18. *Wang G.-C., Lu Y.-N., Yu L., Song H.-B., Li J.-S.* // *Acta Crystallogr. (E).* 2005. Vol. 61. N 4. P. m649. doi 10.1107/S1600536805006446
19. *Губанова Ю.О.* // *Вестн. ЮУрГУ. Сер. Хим.* 2020. Т. 12. № 1. С. 84. doi 10.14529/chem200110
20. *Губанова Ю.О., Шарутина О.К., Кым Д.Г., Петрова К.Ю.* // *Вестн. ЮУрГУ. Сер. Хим.* 2019. Т. 11. № 4. С. 49. doi 10.14529/chem190406
21. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Губанова Ю.О.* // *Вестн. ЮУрГУ. Сер. Хим.* 2017. Т. 9. № 4. С. 56. doi 10.14529/chem170409
22. *Тарасевич, Б.Н.* ИК-спектры основных классов органических соединений: справочные материалы. М.: МГУ, 2012. 55 с.
23. *Cordero B., Gómez V., Platero-Prats A.E., Revés M., Echeverría J., Cremades E., Barragána F., Alvarez S.* // *Dalton Trans.* 2008. Vol. 21. P. 2832. doi 10.1039/B801115J
24. *Шарутин В.В., Пакусина А.П., Платонова Т.П., Шарутина О.К., Герасименко А.В., Попов Д.Ю., Пушилин М.А.* // *ЖОХ.* 2004. Т. 74. Вып. 2. С. 234; *Sharutin V.V., Pakusina A.P., Platonova T.P., Sharutina O.K., Gerasimenko A.V., Popov D.Yu., Pushilin M.A.* // *Russ. J. Gen. Chem.* 2004. Vol. 74. N 2. P. 207. doi 10.1023/B:RUGC.0000025501.29625.ff
25. *Tellez V.C., Gaytan B.S., Bernez S., Vergara E.G.* // *Acta Crystallogr.* 2002. Vol. 58. P. o228. doi 10.1107/S0108270102002172
26. *Шарутин В.В., Пакусина А.П., Шарутина О.К., Субачева О.В., Буквецкий Б.В., Попов Д.Ю., Герасименко А.В.* // *Коорд. хим.* 2002. Т. 28. № 11. С. 812; *Sharutin V.V., Pakusina A.P., Sharutina O.K., Subacheva O.V., Bukvetskii B.V., Popov D.Yu., Gerasimenko A.V.* // *Russ. J. Coord. Chem.* 2002. Vol. 28. P. 761. doi 10.1023/A:1021198513120
27. *Шарутин В.В., Шарутина О.К., Осипов П.Е., Платонова Т.П., Пакусина А.П., Фукин Г.К., Захаров Л.Н.* // *Коорд. хим.* 2001. Т. 27. № 7. С. 518; *Sharutin V.V., Sharutina O.K., Osipov P.E., Platonova T.P., Pakusina A.P., Fukin G.K., Zakharov L.N.* // *Russ. J. Coord. Chem.* 2001. Vol. 27. P. 483. doi 10.1023/A:1011337615742
28. *Химия нитро- и нитрозогрупп / Под ред. Г. Фойера* М.: Мир, 1972. Т. 1. 369 с.
29. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
30. 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.
31. *Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H.* // *J. Appl. Cryst.* 2009. Vol. 42. P. 33. doi 10.1107/S0021889808042726

# Some Features of Reactions of Pentaphenylantimony with Polyfunctional Heterocyclic Carboxylic Acids

Yu. O. Gubanova\*, V. V. Sharutin, O. K. Sharutina, and K. Yu. Petrova

*National Research South Ural State University, Chelyabinsk, 454080 Russia*

*\*e-mail: ulchik\_7757@mail.ru*

Received April 21, 2020; revised April 21, 2020; accepted April 30, 2020

In reactions with pentaphenylantimony, pyridine-2,6- and 2,5-dicarboxylic acids act as bifunctional compounds, forming bis(tetraphenylantimony)pyridine-2,6- and 2,5-dicarboxylate, respectively. When pentaphenylantimony reacts with 2-[(6-hydroxy-5-nitroso-4(3*H*)-oxopyrimidin-2-yl)sulfanyl]acetic acid with the participation of carboxyl and hydroxyl groups in the pyrimidine ring, 2-{[5-nitroso-4(3*H*)-oxo-6-(tetraphenylstiboxy)pyrimidin-2-yl]sulfanyl}tetraphenylantimony acetate. The structural features of the synthesized compounds were established by X-ray diffraction analysis.

**Keywords:** pentaphenylantimony, dephenylation, pyridinedicarboxylic acids, 2-[(6-hydroxy-5-nitroso-4(3*H*)-oxopyrimidin-2-yl)sulfanyl] acetic acid, molecular structure