

# 1D-ПОЛИМЕРНЫЕ ИОДОАНТИМОНАТЫ(III) С КАТИОНАМИ 1-МЕТИЛПИРИДИНИЯ И 3-БРОМ-1-МЕТИЛПИРИДИНИЯ: СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА

© 2025 г. И. А. Шенцева<sup>1</sup>, А. Н. Усольцев<sup>1</sup>, Н. А. Коробейников<sup>1, 2, \*</sup>, С. А. Адонин<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup>Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Иркутский институт химии им. А. Е. Фаворского СО РАН, Иркутск, Россия

\* e-mail: korobeynikov@niic.nsc.ru

Поступила в редакцию 15.05.2024 г.

После доработки 05.06.2024 г.

Принята к публикации 05.06.2024 г.

Взаимодействием  $\text{SbI}_3$  с иодидами катионов семейства пиридиния в смеси ацетонитрила и ацетона получены два полимерных иодоантимонатных комплекса —  $(1\text{-MePy})[\text{SbI}_4]$  (I) и  $(3\text{-Br-1-MePy})[\text{SbI}_4]$  (II). Особенности кристаллической структуры были установлены методом рентгеноструктурного анализа). Методом термогравиметрического анализа для соединений I, II оценена их термическая стабильность. Исходя из спектров диффузного отражения были получены значения оптической ширины запрещенной зоны.

**Ключевые слова:** рентгеноструктурный анализ, комплексные соединения, галогенидные комплексы, нековалентные взаимодействия, сурьма

DOI: 10.31857/S0132344X25010023, EDN: MHOIKJ

Изучение галогенидных комплексов висмута(III) [1–6], сурьмы(III) [7–9] и других *p*-элементов [10–14] является одним из интересных направлений как для координационной химии, так и для материаловедения. Это связано с попытками создания фотокаталитических систем [15–19], светоизлучающих устройств [20–22] и фотодетекторов [23, 24]. Особый интерес представляют работы в области так называемых перовскитных солнечных элементов, получивших развитие в последнее десятилетие [25, 26]. Большая часть работ в данном направлении основана на использовании соединений свинца(II), но его токсичность и сравнительно низкая фотостабильность получаемых комплексов (особенно в виде пленок) являются факторами, ограничивающими дальнейшее развитие этой области. Это стимулирует изучение возможности использования в фотовольтаических устройствах галогенометаллатов других *p*-элементов [27–30].

Помимо прикладных аспектов, галогенидные соединения представляют существенный интерес с точки зрения фундаментальной химии ввиду необычайного разнообразия структур комплексных анионов как дискретного, так и полимерного строения [8, 32, 33]. Важнейшим фактором, влияющим на состав, строение и, как следствие, свойства галогенидных комплексов металлов, является

природа катиона. Тем не менее общие закономерности “структура–свойство”, позволяющие создавать ГМ с заданными свойствами, до сих пор неизвестны. Единственным методом изучения остается изучение соединений со структурно родственными катионами. В этом отношении для синтеза подходят производные пиридина и других азотсодержащих гетероциклических соединений, коммерчески доступные и легко поддающиеся модификации. Отдельно стоит отметить наличие галогензамещенных катионов, способных вступать в нековалентное взаимодействие с анионными комплексами металлов — галогенную связь (ГС) [34–38]. Влияние данного фактора активно изучается, в том числе относительно его применения в фотовольтаических системах [39, 40].

Согласно данным Кембриджской структурной базы данных, число структурно охарактеризованных изученных иодидных комплексов сурьмы значительно меньше, нежели иодовисмутатов (III). В рамках исследования закономерностей формирования новых галогенидных комплексов *p*-элементов нами были получены два комплекса сурьмы(III) —  $(1\text{-MePy})[\text{SbI}_4]$  (I) и  $(3\text{-Br-1-MePy})[\text{SbI}_4]$  (II). Особенности кристаллической структуры и нековалентных контактов в ней были изучены методом рентгеноструктурного анализа (РСА). Термическая стабильность изучена методом

термогравиметрического анализа (ТГА). Из спектров диффузного отражения проведена оценка запрещенной зоны.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Получение соединений I и II проводили на воздухе. Иодидные соли 1-метилпиридиния и 3-бром-1-метилпиридиния были получали взаимодействием соответствующих органических оснований (пиридин — АО “БЕКТОН”, 99%; 3-бромпиридин — SigmaAldrich, 99%) с иодистым метилом (Chemical Line, “ч.”) в ацетонитриле (АО “БЕКТОН”, “ч.д.а.”) при нагревании 70°C в течение 24 ч. Иодид сурьмы(III) получали взаимодействием металлической сурьмы и кристаллического иода в кипящем толуоле.

**Синтез (1-MePy){[SbI<sub>4</sub>]} (I).** 50 мг SbI<sub>3</sub> (0.10 ммоль) и 24 мг (0.10 ммоль) 1-метилпиридиния иодистого растворяли в 7 мл смеси растворителей ацетонитрил—ацетон (1 : 1) при нагревании 70°C в течение 1 ч. После растворения смесь медленно охлаждали до комнатной температуры и выдерживали в течение суток. После частичного упаривания растворителя были получены оранжевые кристаллы. Выход 55%.

**Синтез (3-Br-1-MePy){[SbI<sub>4</sub>]} II.** 50 мг SbI<sub>3</sub> (0.10 ммоль) и 30 мг (0.10 ммоль) 3-бром-1-метилпиридиния иодистого растворяли в 15 мл смеси растворителей ацетонитрил—ацетон (1 : 1) при нагревании 70°C в течение 1 ч. После растворения смесь медленно охлаждали до комнатной температуры и выдерживали в течение суток. После частичного упаривания растворителя были получены оранжевые кристаллы. Выход 50%.

Найдено, %: С 9.72; Н 1.30; N 1.89.

Для C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>NI<sub>4</sub>Sb (I)

вычислено, %: С 9.96; Н 1.11; N 1.94.

Найдено, %: С 8.79; Н 1.10; N 1.79.

Для C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>NBrI<sub>4</sub>Sb (II)

вычислено, %: С 8.98; Н 0.88; N 1.75.

**РСА** монокристаллов I и II был проведен при 150 К на дифрактометре Bruker D8 Venture с детектором CMOS PHOTON III (графитовый монохроматор, MoK<sub>α</sub>-излучение, λ = 0.71073 Å, φ- и ω-сканирование). Интегрирование, учет поглощения, определение параметров элементарной ячейки проведены с использованием пакета программ CrysAlisPro. Структуры соединений I и II расшифрованы с использованием программы SHELXT [41] и уточнены полноматричным методом наименьших квадратов в анизотропном для неводородных атомов приближении по алгоритму SHELXL 2017\1 [42] в программе Olex2 [43]. Позиции атомов водорода органических фрагментов рассчитаны геометрически и уточнены по модели “наездника”. Кристаллографические данные и детали экспериментов приведены в табл. 1.

Кристаллографические параметры комплексов I и II депонированы в Кембриджской базе структурных данных (CCDC № 2346399 и 2346400 соответственно; <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>).

**Рентгенофазовый анализ (РФА).** Данные порошкового рентгенофазового анализа были получены на дифрактометре Bruker D8 Advance (CuK<sub>α</sub>-излучение, LYNXEYE XE-T линейный детектор, диапазон 2θ 4°–50°, 0.03° 2θ шаг, время накопления 0.5 с/шаг). Образцы для исследования готовили следующим образом: поликристаллический образец истирали в агатовой ступке в присутствии гептана, полученную суспензию наносили на полированную сторону стандартной кварцевой кюветы. После высыхания гептана образец представлял собой тонкий ровный слой. Все пики на дифрактограммах соединений I и II были проиндексированы по данным рентгеноструктурного анализа, образцы однофазные.

ТГА проводили на приборе TG 209 F1 Iris (Германия). Измерения проводили в потоке гелия в интервале температур 25°–450°C при потоке газа 60 мл/мин, скорости нагрева 10 град/мин в открытых алюминиевых тиглях.

**Оптические свойства.** Измерения спектров для порошков I и II проводились с использованием системы, состоящей из спектрометра “Колибри-2” (ВМК “Оптоэлектроника”, Россия), зонда отражения/обратного рассеяния QR-400-7 (Ocean Optics, США), дейтерий-вольфрамовой лампы AvaLight-DHS (Avantes, Нидерланды).

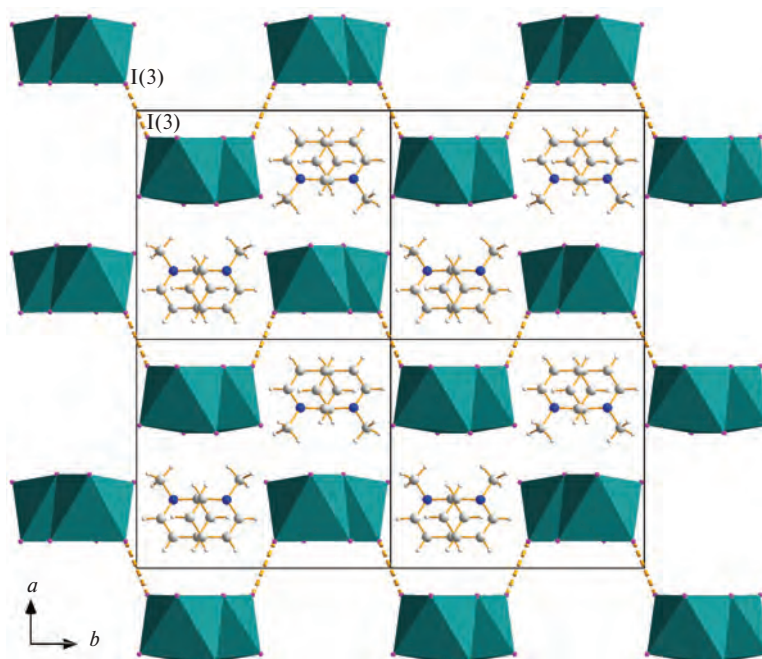
### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Соединения I и II получены с использованием общего для галогенометаллатов подхода. В независимой части структуры содержатся один катион и один мономерный фрагмент {SbI<sub>4</sub>}. Данные фрагменты через общие мостиковые иодидные лиганды μ<sub>2</sub>-типа связываются в одномерные зигзагообразные полимерные цепи. В химии иодидных комплексов сурьмы(III) данный структурный тип представлен в литературе несколькими примерами [27, 28, 44]. В структуре соединения I полимерные цепи располагаются вдоль кристаллографической оси c. Расстояния Sb—I<sub>терм</sub> составляют 2.8064(4), 2.8371(4) Å, Sb—I<sub>μ2</sub> — 3.1172(4)–3.3915(4) Å. Главной особенностью I является наличие коротких контактов I...I на расстоянии 3.7461(4) Å (рис. 1), что заметно меньше суммы ван-дер-ваальсовых радиусов для атомов иода (3.96 Å [45]). При анализе КСБД было выявлено ряд соединений сурьмы с более короткими контактами между атомами иода [46–49] с наименьшим из них в соединении (HPy<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>I<sub>9</sub> · 2H<sub>2</sub>O (3.646 Å при 100 К, 3.530 Å при 230 К) [50].

Наличие атомов галогена в катионе соединения II ведет к заметно большему разнообразию нековалентных контактов. Помимо вза-

Таблица 1. Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структур I и II

Параметр	I	II
Брутто-формула	$I_4Sb \cdot C_6H_8N$	$I_4Sb \cdot C_6H_7BrN$
$M$	723.48	802.39
Сингония, пр. группа	Моноклинная, $P2_1/c$	Триклинная, $P\bar{1}$
$a, \text{\AA}$	13.2179(9)	7.8193 (5)
$b, \text{\AA}$	14.0855(10)	9.4759(6)
$c, \text{\AA}$	7.8400(5)	10.9448(6)
$\alpha, \beta, \gamma$ , град	90, 105.768(2), 90	74.005(2), 85.411(2), 83.868(2)
$V, \text{\AA}^3$	1404.73(17)	774.01(8)
$Z$	4	2
$\rho_{\text{выч.}}, \text{г см}^{-3}$	3.421	3.443
$\mu, \text{мм}^{-1}$	10.72	12.31
$F(000)$	1256	696
Размер кристалла, мм	$0.19 \times 0.1 \times 0.09$	$0.12 \times 0.08 \times 0.05$
Диапазон индексов $hkl$	$-18 \leq h \leq 17,$ $-18 \leq k \leq 19, -10 \leq l \leq 10$	$-11 \leq h \leq 11,$ $-13 \leq k \leq 13, -15 \leq l \leq 15$
Область сбора данных по $\theta$ , град	$2.892-29.596$	$1.938-30.539$
$(\sin \theta/\lambda)_{\text{max}}, \text{\AA}^{-1}$	0.695	0.715
Измерено отражений	17093	15132
Независимых отражений	3846	4719
Отражений с $I > 2\sigma(I)$	3736	4277
$R_{\text{int}}$	0.032	0.035
Число уточняемых параметров/число ограничений	110/0	119/0
$R$ -фактор (все данные)	$R_1 = 0.0221, wR_2 = 0.0470$	$R_1 = 0.0271, wR_2 = 0.0487$
$R$ -фактор ( $I > 2\sigma(I)$ )	$R_1 = 0.0211, wR_2 = 0.0467$	$R_1 = 0.0238, wR_2 = 0.0473$
GOOF по $F^2$	1.287	1.058
Остаточная электронная плотность (max/min), $e/\text{\AA}^3$	0.77/ - 0.71	1.41/ - 1.92

Рис. 1. Кристаллическая упаковка соединения I вдоль кристаллографической оси  $c$ .

имодействий между атомами иода ( $I(4) \cdots I(4)$ , 3.8167(4) Å) контакты  $Br \cdots I$  связывают один из терминальных атомов иода и катион на расстоянии 3.7271(6) Å (см. рис. 2; сумма ван-дер-ваальсовых радиусов Br и I составляет 3.81 Å [45]). Анализ геометрии нековалентных взаимодействий в соединениях позволяет отнести контакты между атомами иода к ГС первого типа [51], относящейся к эффектам кристаллической упаковки. Например, в комплексе I соответствующий угол равен  $136.860(8)^\circ$  ( $Sb(1)-I(3) \cdots I(3)$ ).

Контакт  $Br \cdots I$  в соединении II может рассматриваться как ГС типа II – соответствующие углы равны  $160.375(104)^\circ$  ( $C(3)-Br(1) \cdots I(5)$ ) и  $117.71(1)^\circ$  ( $Sb(1)-I(5) \cdots Br(1)$ ). Расстояния  $Sb-I_{терм}$  в II равны 2.8300(3)–2.8333(3) Å,  $Sb-I_{\mu 2}$  – 2.9886(3)–3.3065(3) Å.

Стэкинг-взаимодействия между катионами в полученных структурах формируют параллельные цепи вдоль осей  $c$  и  $a$  соответственно (рис. 3). Расстояния  $C \cdots C$  в соеди-

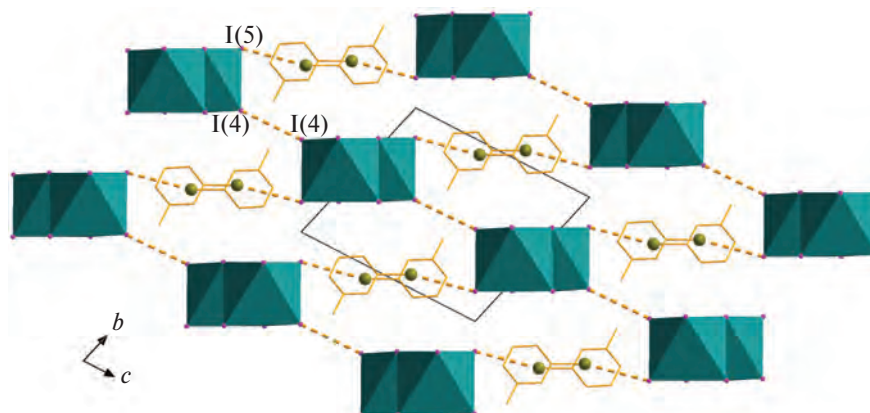


Рис. 2. Контакты  $Br \cdots I$  и  $I \cdots I$  (пунктир) в кристаллической структуре II. Атомы водорода не показаны.

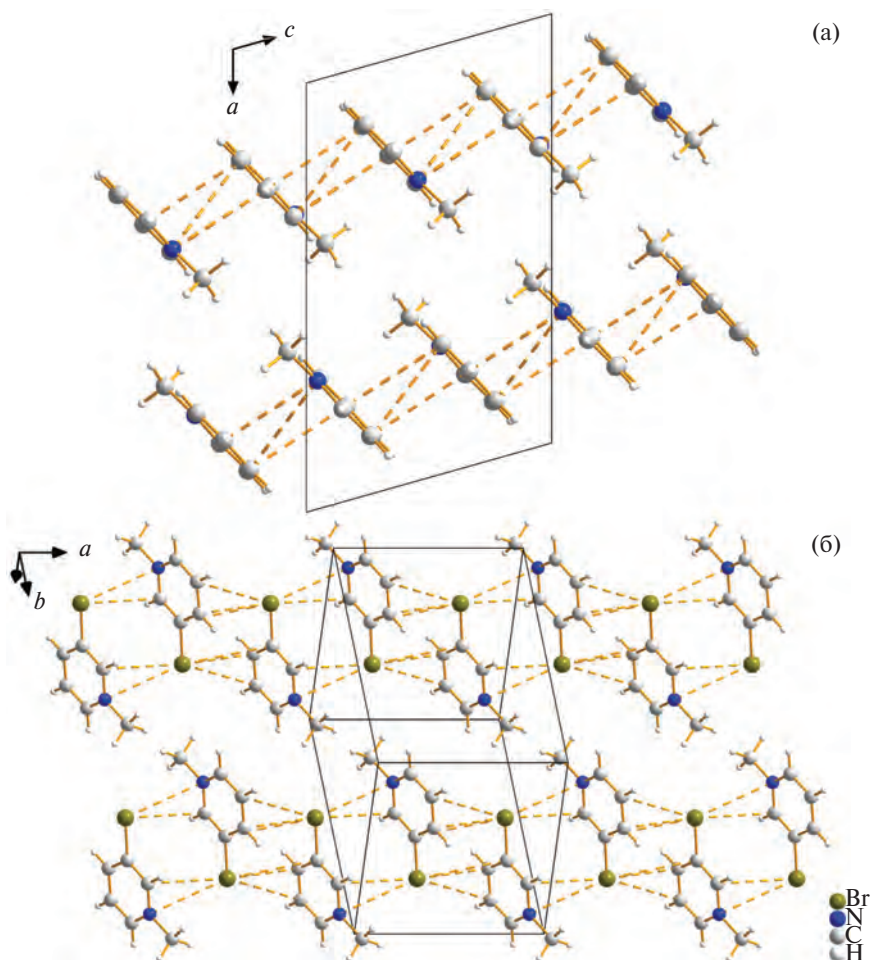


Рис. 3. Стэкинг-взаимодействия в структурах соединений I (а) и II (б).

нении I составляют 3.5284(61)–3.5894(61) Å, C...N – 3.5304(54)–3.7820(54) Å. В II не удастся обнаружить столь же коротких контактов C...C и C...N, однако есть контакты с участием атома Br (C...Br 3.4384(32)–3.8883(37) Å, N...Br 3.5703(24) Å).

На рис. 4 приведено сравнение экспериментальных дифрактограмм с расчетными. Соединения были получены в чистом виде. Термическая

стабильность, важный параметр для любых прикладных применений, была оценена методом ТГА. Разложение комплексов I и II начинается при температуре ~200°C, происходит в одну стадию без заметных ступеней и полностью заканчивается при температурах около 350 и 300°C (рис. 5).

Спектр диффузного отражения и определение ширины запрещенной зоны (ШЗЗ) (рис. 6) по методике работы Bhattacharyya et al. [52] дает значе-

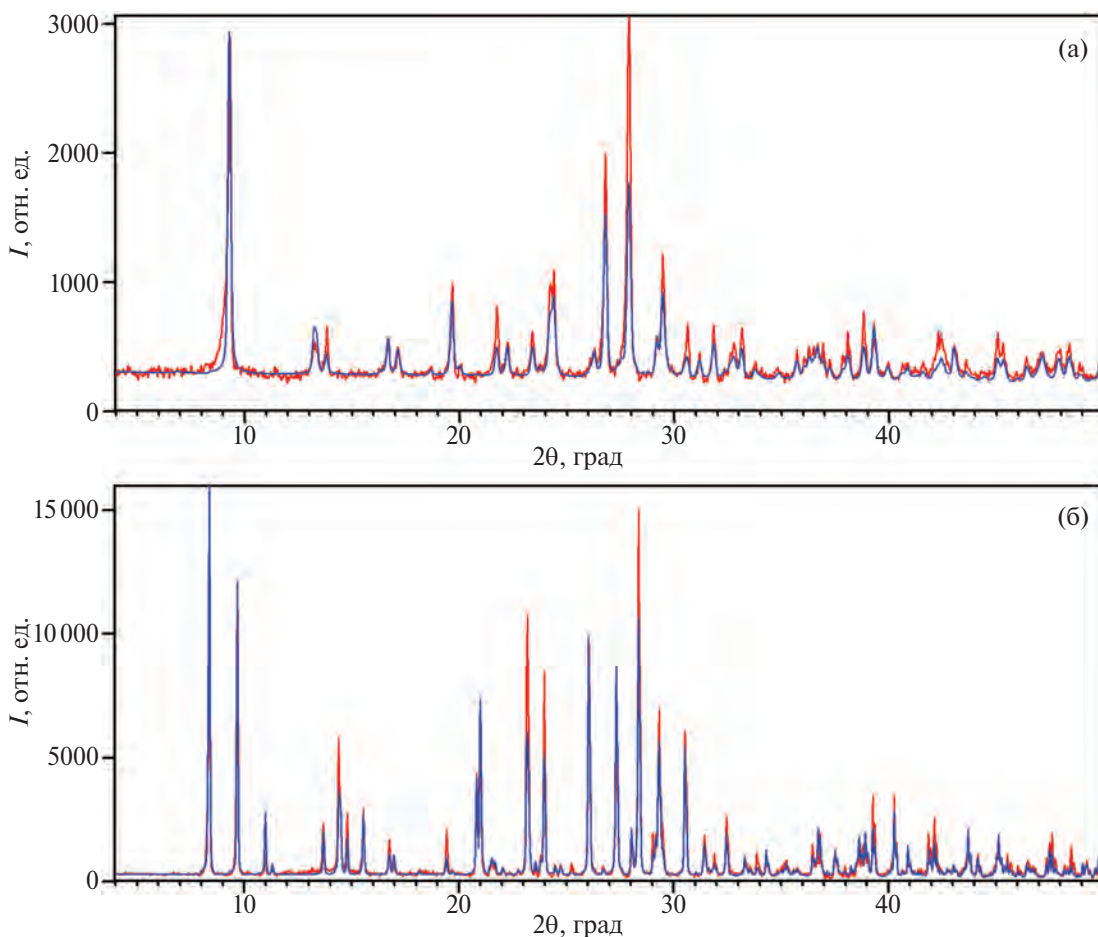


Рис. 4. Порошковые дифрактограммы соединений I (а) и II (б); расчетная (синяя) и экспериментальная (красная).

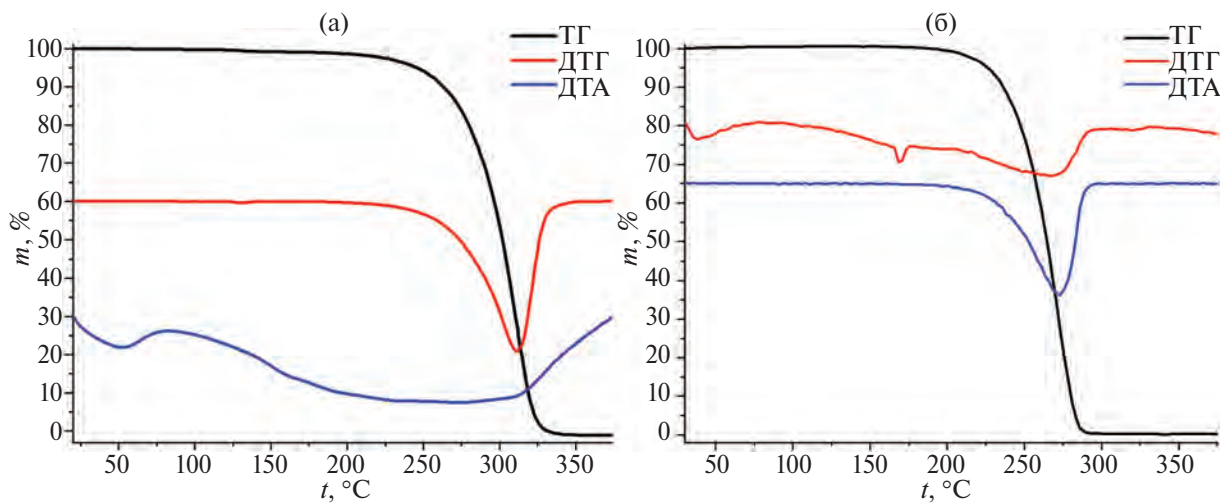


Рис. 5. Кривые ТГ, ДТГ и ДТА для соединений I (а) и II (б).

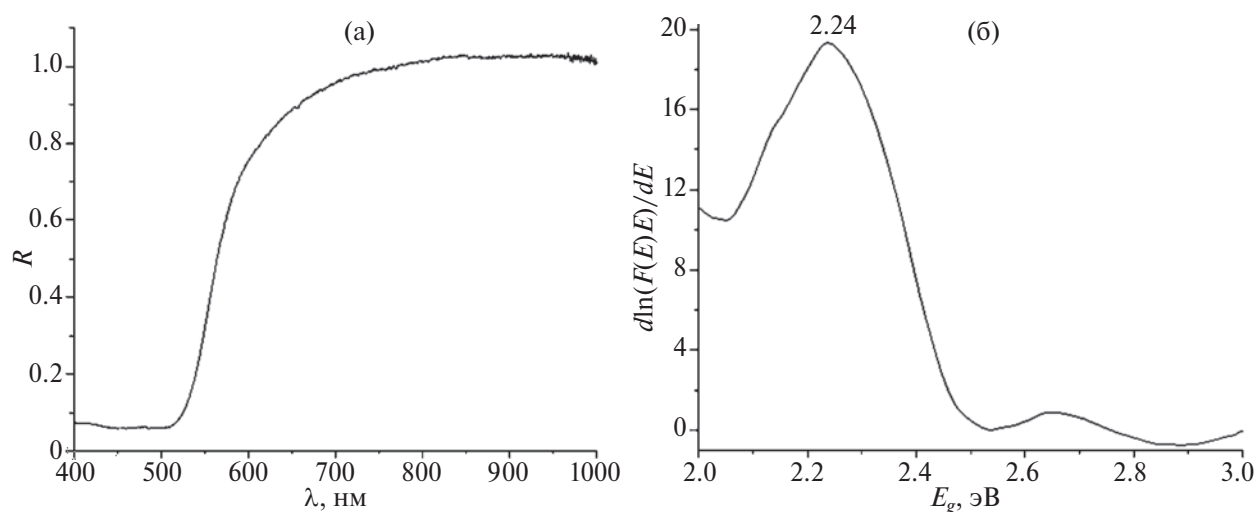


Рис. 6. Спектры диффузного отражения (слева) соединений и расчет ширины запрещенной зоны (справа) для соединения I.

ния 2.24 и 2.15 эВ для I и II соответственно, что согласуется с литературными данными; значения ШЗЗ для иодидных комплексов Sb(III) могут изменяться в широких пределах: от рекордно низких 1.55 эВ [44] до почти 2.5 эВ [53].

В результате проведенных исследований были синтезированы и структурно охарактеризованы два новых соединения сурьмы(III) с катионами — производными пиридина. В кристаллической структуре соединения II можно отметить наличие нековалентных взаимодействий между атомами галогенов катиона и анионной части. Оба комплекса демонстрируют достаточно высокую термическую стабильность.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят Т.С. Сухих за предоставление данных, измеренных в рентгенодифракционном ЦКП ИНХ СО РАН. Авторы благодарят И.В. Королькова за проведение экспериментов по порошковой дифракции. Авторы благодарят Министерство науки и высшего образования РФ (структурная характеристика образцов, номер госзадания 121031700313-8).

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-73-10054).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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>
2. Buikin P.A., Rudenko A.Y., Ilyukhin A.B. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2020. V. 46. № 2. P. 111. <https://doi.org/10.1134/S1070328420020049>
3. Buikin P.A., Rudenko A.Y., Baranchikov A.E. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2018. V. 44. № 6. P. 373. <https://doi.org/10.1134/S1070328418060015>
4. Chen Y., Yang Z., Guo C.X. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2010. № 33. P. 5326. <https://doi.org/10.1002/ejic.201000755>
5. Möbs J., Gerhard M., Heine J. // Dalton Trans. 2020. V. 49. № 41. P. 14397. <https://doi.org/10.1039/d0dt03427d>
6. Hrizi C., Trigui A., Abid Y. et al. // J. Solid State Chem. 2011. V. 184. № 12. P. 3336. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2011.10.004>
7. Sharutin V.V., Pakusina A.P., Sharutina O.K. et al. // Russ. J. Coord. Chem. 2004. V. 30. № 8. P. 541. <https://doi.org/10.1023/B:RUO.0000037432.61330.07>
8. Möbs J., Stuhmann G., Weigend F. et al. // Chem. Eur. J. 2022. <https://doi.org/10.1002/chem.202202931>
9. Zhao J.-Q., Shi H.-S., Zeng L.-R. et al. // Chem. Eng. J. 2022. V. 431. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.134336>
10. Feng L.-J., Zhao Y.-Y., Song R.-Y. et al. // Inorg. Chem. Commun. 2022. V. 136. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.109146>
11. Fateev S.A., Petrov A.A., Khrustalev V.N. et al. // Chem. Mater. 2018. V. 30. № 15. P. 5237. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.8b01906>
12. Petrov A.A., Marchenko E.I., Fateev S.A. et al. // Mendelev Commun. 2022. V. 32. № 3. P. 311. <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2022.05.006>
13. Fateev S.A., Stepanov N.M., Petrov A.A. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. № 7. P. 992. <https://doi.org/10.1134/S0036023622070075>
14. Fateev S.A., Khrustalev V.N., Simonova A.V. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. № 7. P. 997. <https://doi.org/10.1134/S0036023622070087>

15. Zhang Q., Wu Y., Fu H. et al. // J. Colloid Interface Sci. 2024. V. 664. № March. P. 809.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2024.03.057>
16. Huang Y., Yu J., Wu Z. et al. // RSC Adv. 2024. V. 14. № 7. P. 4946.  
<https://doi.org/10.1039/d3ra07998h>
17. Chen Z., Hu Y., Wang J. et al. // Chem. Mater. 2020. V. 32. № 4. P. 1517.  
<https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.9b04582>
18. Dai Y., Poidevin C., Ochoa-Hernández C. et al. // Angew. Chem. Int. Ed. 2020. V. 59. № 14. P. 5788.  
<https://doi.org/10.1002/anie.201915034>
19. Wu L.Y., Mu Y.F., Guo X.X. et al. // Angew. Chem. Int. Ed. 2019. V. 58. № 28. P. 9491.  
<https://doi.org/10.1002/anie.201904537>
20. Lin K., Xing J., Quan L.N. et al. // Nature. 2018. V. 562. № 7726. P. 245.  
<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0575-3>
21. Igbari F., Wang Z.K., Liao L.S. // Adv. Energy Mater. 2019. V. 9. № 12. P. 1.  
<https://doi.org/10.1002/aenm.201803150>
22. Stranks S.D., Snaith H.J. // Nat. Nanotechnol. 2015. V. 10. № 5. P. 391.  
<https://doi.org/10.1038/nnano.2015.90>
23. Li X., Shi J., Chen J. et al. // Materials (Basel). 2023. V. 16. № 12.  
<https://doi.org/10.3390/ma16124490>
24. Lei Y., Wang S., Xing J. et al. // Inorg. Chem. 2020. V. 59. № 7. P. 4349.  
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b03277>
25. Kojima A., Teshima K., Shirai Y. et al. // J. Am. Chem. Soc. 2009. V. 131. № 17. P. 6050.  
<https://doi.org/10.1021/ja809598r>
26. Green M.A., Dunlop E.D., Hohl-Ebinger J. et al. // Prog. Photovoltaics Res. Appl. 2022. V. 30. № 7. P. 687.  
<https://doi.org/10.1002/pip.3595>
27. Hu Y.Q., Hui H.Y., Lin W.Q. et al. // Inorg. Chem. 2019. V. 58. № 24. P. 16346.  
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b01439>
28. Dennington A.J., Weller M.T. // Dalton Trans. 2018. V. 47. № 10. P. 3469.  
<https://doi.org/10.1039/c7dt04280a>
29. Mastryukov M.V., Son A.G., Tekshina E.V. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2022. V. 67. № 10. P. 1652.  
<https://doi.org/10.1134/S0036023622100540>
30. Liu H., Zhang Z., Zuo W. et al. // Adv. Energy Mater. 2023. V. 13. № 3.  
<https://doi.org/10.1002/aenm.202202209>
31. Pai N., Chatti M., Fürer S.O. et al. // Adv. Energy Mater. 2022. V. 12. № 32. P. 2201482.  
<https://doi.org/10.1002/aenm.202201482>
32. Adonin S.A., Sokolov M.N., Fedin V.P. // Coord. Chem. Rev. 2016. V. 312. P. 1.  
<https://doi.org/10.1016/J.CCR.2015.10.010>
33. Wu L.-M., Wu X.-T., Chen L. // Coord. Chem. Rev. 2009. V. 253. № 23–24. P. 2787.  
<https://doi.org/10.1016/J.CCR.2009.08.003>
34. Desiraju G.R., Shing Ho P., Kloo L. et al. // Pure Appl. Chem. 2013. V. 85. № 8. P. 1711.  
<https://doi.org/10.1351/PAC-REC-12-05-10>
35. Suslonov V.V., Soldatova N.S., Ivanov D.M. et al. // Cryst. Growth Des. 2021. V. 21. № 9. P. 5360.  
<https://doi.org/10.1021/acs.cgd.1c00654>
36. Eliseeva A.A., Ivanov D.M., Rozhkov A.V. et al. // JACS Au. 2021. V. 1. № 3. P. 354.  
<https://doi.org/10.1021/jacsau.1c00012>
37. Bokach N.A., Suslonov V.V., Eliseeva A.A. et al. // CrystEngComm. 2020. V. 22. № 24. P. 4180.  
<https://doi.org/10.1039/c6ra90077a>
38. Soldatova N.S., Postnikov P.S., Suslonov V.V. et al. // Org. Chem. Front. 2020. V. 7. № 16. P. 2230.  
<https://doi.org/10.1039/d0qo00678e>
39. Kubasov A.S., Avdeeva V.V. // 2024. № Ii. P. 12.
40. Ball M.L., Milić J.V., Loo Y.L. // Chem. Mater. 2022. V. 34. № 6. P. 2495.  
<https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.1c03117>
41. Sheldrick G.M. // Acta Crystallogr. A. 2015. V. 71. № 1. P. 3.  
<https://doi.org/10.1107/S2053273314026370>
42. Sheldrick G.M. // Acta Crystallogr. C. 2015. V. 71. № 1. P. 3.  
<https://doi.org/10.1107/S2053229614024218>
43. Dolomanov O.V.O. V., Bourhis L.J.L.J., Gildea R.J.R.J. et al. // J. Appl. Crystallogr. 2009. V. 42. № 2. P. 339.  
<https://doi.org/10.1107/S0021889808042726>
44. Oswald I.W.H., Mozur E.M., Moseley I.P. et al. // Inorg. Chem. 2019. V. 58. № 9. P. 5818.  
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b00170>
45. 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>
46. Pohl S., Lotz R., Saak W. et al. // Angew. Chem. Int. Ed. English. 1989. V. 28. № 3. P. 344.  
<https://doi.org/10.1002/anie.198903441>
47. Janczak J., Perpétuo G.J. // Acta Crystallogr. C. 2006. V. 62. № 7. P. M323.  
<https://doi.org/10.1107/S010827010601910X>
48. Li Y., Xu Z., Liu X. et al. // Inorg. Chem. 2019. V. 58. № 9. P. 6544.  
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b00718>
49. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Sharutina O.K. et al. // Russ. J. Inorg. Chem. 2011. V. 56. № 10. P. 1561.  
<https://doi.org/10.1134/S0036023611100196>
50. Möbs J., Stuhmann G., Wippermann S. et al. // ChemPlusChem. 2023. V. 88. № 6. P. E202200403.
51. Cavallo G., Metrangolo P., Milani R. et al. // Chem. Rev. 2016. V. 116. № 4. P. 2478.  
<https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00484>
52. Bhattacharyya D., Chaudhuri S., Pal A. // Vacuum. 1992. V. 43. № 4. P. 313.  
[https://doi.org/10.1016/0042-207X\(92\)90163-Q](https://doi.org/10.1016/0042-207X(92)90163-Q)

53. Mousdis G.A., Ganotopoulos N.M., Barkaoui H. et al. // Eur. J. Inorg. Chem. 2017. V. 2017. № 28. P. 3401.  
<https://doi.org/10.1002/ejic.201700277>

## 1D Polymeric Iodoantimonates(III) with 1-Methylpyridinium and 3-Bromo-1-methylpyridinium Cations: Structures and Properties

I. A. Shentseva<sup>a</sup>, A. N. Usol'tsev<sup>a</sup>, N. A. Korobeinikov<sup>a, b, \*</sup>, and S. A. Adonin<sup>a, c</sup>

<sup>a</sup>*Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

<sup>b</sup>*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

<sup>c</sup>*Favorskii Institute of Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia*

\**e-mail: korobeynikov@niic.nsc.ru*

The reactions of  $\text{SbI}_3$  with iodides of cations of the pyridinium family in a mixture of acetonitrile and acetone afford two polymeric iodoantimonate complexes: (1-MePy)[ $\text{SbI}_4$ ] (I) and (3-Br-1-MePy)[ $\text{SbI}_4$ ] (II). Specific features of the crystal structures are determined by X-ray diffraction (XRD). The thermal stability of compounds I and II is evaluated by thermogravimetry. The optical forbidden bandgaps are estimated from the diffuse reflectance spectra.

**Keywords:** XRD, complexes, halide complexes, noncovalent interactions, antimony