

УДК 54-386/546.212.267.5.732.742/547-327

СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАЗНОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОБАЛЬТА(II) И НИКЕЛЯ(II) С N,N-ДИЭТИЛПИРИДИН-3-КАРБОКСАМИДОМ¹

© 2020 г. Т. Г. Черкасова^{a, *}, Н. В. Первухина^{b, c}, Н. В. Куратьева^{b, c}, Е. В. Черкасова^a, И. В. Исакова^a, Ю. А. Мизинкина^a, Э. С. Татарина^a

^a Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
ул. Весенняя, 28, Кемерово, 650000 Россия

^b Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН,
пр-т Академика Лаврентьева, 3, Новосибирск, 630092 Россия

^c Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090 Россия

*e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Поступила в редакцию 23.12.2019 г.

После доработки 10.03.2020 г.

Принята к публикации 27.03.2020 г.

Синтезированы и изучены методами химического и рентгеноструктурного анализа, а также ИК-спектроскопии новые комплексные соединения $[M(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$, где $M^{2+} = Co^{2+}$ (I), Ni^{2+} (II); $NKA = C_{10}H_{14}N_2O$ (N,N-диэтилпиридин-3-карбоксамид, диэтиламин никотиновой кислоты, никетамид). РСА монокристаллов комплексов показал, что соединения кристаллизуются в триклинной сингонии, пр. гр. $P\bar{1}$. Несмотря на схожее молекулярное строение, ориентация молекул в кристаллической ячейке двух соединений различная. Координационный полиэдр атома металла – искаженный октаэдр, построенный из атомов O двух координированных молекул воды, двух атомов N пиридиновых колец двух молекул NKA и двух атомов N роданидных групп. При упаковке молекул возникают дополнительные стекинг-взаимодействия, в структурах комплексов формируется разветвленная сеть водородных связей между координированными молекулами воды и карбонильными группами NKA.

Ключевые слова: N,O-содержащие лиганды, тиоцианатные комплексы металлов

DOI: 10.31857/S0044457X20080024

ВВЕДЕНИЕ

Производные никотиновой кислоты, к которым относится никетамид (N,N-диэтилпиридин-3-карбоксамид, диэтиламин никотиновой кислоты), используются в качестве N,O-содержащих лигандов в координационных соединениях 3d-металлов. Опубликованные работы посвящены синтезу, спектроскопическому и структурному исследованию, изучению магнитных характеристик аддуктов органических комплексов меди(II) с NKA [1–7]. Получены и методом РСА охарактеризованы мооядерные разнолигандные комплексы кобальта(II) [8–14] и никеля(II) [15–19], цинка [20], полимерные тиоцианатные комплексы железа(II) [21] и кадмия [22] с NKA. Тиоциа-

нат-ион являясь амбидентатным, позволяет получать соединения с разнообразной структурой. Так, в соединении $[Fe(NCS)_2(NKA)_2]_n$ тиоцианатные группы не принимают участия в образовании цепочечной структуры, образующейся за счет молекул NKA, в то время как в комплексе кадмия ионы металла связаны бидентатно-мостиковыми тиоцианатными группами. Данная работа является продолжением исследований тиоцианатных комплексов металлов с нейтральными органическими лигандами – никотиновой кислотой и ее производными.

Цель настоящей работы – синтез, ИК-спектроскопическое исследование и изучение структурных характеристик новых комплексных соединений $[M(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$, где $M^{2+} = Co^{2+}$ (I), Ni^{2+} (II); $NKA = C_{10}H_{14}N_2O$ (N,N-диэтилпири-

¹ Дополнительная информация для этой статьи доступна по doi 10.31857/S0044457X20080024 для авторизованных пользователей.

Таблица 1. Результаты химического анализа комплексов I, II, %

Элемент	[Co(NKA) ₂ (NCS) ₂ (H ₂ O) ₂]		[Ni(NKA) ₂ (NCS) ₂ (H ₂ O) ₂]	
	найдено	вычислено	найдено	вычислено
M	10.33	10.38	10.31	10.35
C	46.50	46.55	46.53	46.57
H	5.64	5.68	5.65	5.69
N	14.78	14.81	14.76	14.81
O	11.24	11.28	11.25	11.28
S	11.26	11.30	11.27	11.30

дин-3-карбоксамид, диэтиламин, никотиновой кислоты, никетамид) методом РСА.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез соединений. В качестве исходных веществ использовали $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.), $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.), KNCS (х. ч.) и 30%-ный водный раствор NKA (ч. д. а.).

Этанольные растворы 5 мл $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.595 г, 2.5 ммоль) и $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0.594 г, 2.5 ммоль) смешивали с этанольным раствором 5 мл KNCS (0.486 г, 5.0 ммоль), отфильтровывали осадок KCl и к каждому фильтрату добавляли по 3.0 мл водного раствора NKA (0.95 г, 5.4 ммоль). Из полученных растворов в течение 1 ч при комнатной температуре выпадал осадок, который промывали этанолом и сушили в эксикаторе над CaCl_2 . Выход 54% (I), 53% (II). Схема получения комплексов представлена на рис. S1.

Химический анализ на содержание ионов Co^{2+} и Ni^{2+} выполняли гравиметрическим методом в виде сульфатов, полученных после прокаливания при 500°C обработанных 9 н серной кислотой комплексов [23]. Элементный C, H, N, O, S-анализ проводили на приборе ThermoFlash 2000. Полученные результаты представлены в табл. 1.

ИК-спектры соединений I и II регистрировали на ИК-Фурье-спектрометре Cary 630 FTIR фирмы Agilent в интервале 4000–400 cm^{-1} в матрице KBr . Основные частоты полос поглощения соединений (ν , cm^{-1}): I – 3359 (ср.), 3158 (сл.), 2979 (сл.), 2103 (оч. с.), 2979 (ср.), 2940 (сл.), 2879 (сл.), 1662 (сл.), 1600 (оч. с.), 1517 (сл.), 1455 (ср.), 1383 (сл.), 1299 (ср.), 1226 (сл.), 1120 (ср.), 886 (сл.), 735 (сл.), 707 (оч. с.); II – 3381 (ср.), 3174 (ср.), 2979 (сл.), 2108 (оч. с.), 2979 (ср.), 2940 (сл.), 2879 (сл.), 1667 (сл.), 1600 (оч. с.), 1517 (сл.), 1461 (ср.), 1383 (сл.), 1299 (ср.), 1226 (сл.), 1121 (сл.), 885 (сл.), 740 (сл.), 706 (оч. с.). ИК-спектры представлены на рис. S2, S3.

РСА. Рентгеноструктурный эксперимент для соединений I и II выполнен на дифрактометре

Bruker APEX DUO с 4К CCD-детектором с использованием ϕ - и ω -сканирования при 150(2) К. Поправки на поглощение введены с помощью программы SADABS [24]. Структуры расшифрованы прямым методом и уточнены полноматричным МНК по F^2 в анизотропном приближении для неводородных атомов с использованием комплекса программ SHELXTL [25]. Атомы водорода органических лигандов локализованы из карт разностной электронной плотности и уточнены в приближении жесткого тела. Атомы водорода молекул воды уточнены свободно в изотропном приближении с ограничением длины связи O–H 0.96 Å. Кристаллографические данные и детали дифракционного эксперимента приведены в табл. 2, основные длины связей и величины валентных углов для I и II – в табл. 3. Структурные данные для I и II депонированы в КБСД (CCDC № 1973635, 1973636) и могут быть свободно получены по запросу на сайте www.ccdc.cam.ac.uk/data_request/cif.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные вещества представляют собой устойчивые на воздухе мелкокристаллические порошки. Соединение I имеет голубую окраску, комплекс II зеленого цвета. Вещества разлагаются в концентрированных растворах серной и азотной кислот, не растворяются в ацетоне, толуоле, *n*-углеводородах, плохо растворимы в воде.

Отнесение полос поглощения в ИК-спектрах веществ выполнено в соответствии с работами [26, 27] и сопоставлено со снятым спектром NKA (рис. S4). По концепции “жестких–мягких кислот и оснований” (ЖМКО), ионы Co^{2+} относятся к “мягким” кислотам Льюиса, а ионы Ni^{2+} являются кислотой, занимающей промежуточное положение между “мягкими” и “жесткими” кислотами Льюиса. Для таких акцепторов электронных пар характерно как “мягкое” S-связывание, так и “жесткое” N-связывание с тиоцианатной группой [28, 29]. Значения $\nu(\text{CN})$, $\nu(\text{CS})$ и $\delta(\text{NCS})$ характеризуют тип координации NCS -группы. Не-

Таблица 2. Кристаллографические данные и условия дифракционного эксперимента комплексов I, II

Стехиометрическая формула	$C_{22}H_{32}CoN_6O_4S_2$	$C_{22}H_{32}Ni_6NiO_4S_2$
<i>M</i> , г/моль	567.58	567.37
Температура, К	150(2)	150(2)
Сингония	Триклинная	
Пр. гр., <i>Z</i>	$P\bar{1}$, 1	
<i>a</i> , Å	7.5648(3)	8.0227(5)
<i>b</i> , Å	8.1521(3)	8.1571(5)
<i>c</i> , Å	11.8920(5)	11.2085(6)
α , град	73.407(1)	70.712(2)
β , град	82.850(1)	83.146(2)
γ , град	74.005(1)	76.357(2)
<i>V</i> , Å ³	674.78(5)	672.11(7)
$\rho_{\text{выч}}$, г/см ³	1.397	1.402
μ , мм ⁻¹	0.829	0.916
<i>F</i> (000)	297	298
Размер кристалла, мм	0.27 × 0.22 × 0.10	0.14 × 0.12 × 0.08
Диапазон сбора данных по θ , град	1.789–28.487	1.93–28.42
Диапазон <i>h</i> , <i>k</i> , <i>l</i>	–10 ≤ <i>h</i> ≤ 9 –10 ≤ <i>k</i> ≤ 10 –15 ≤ <i>l</i> ≤ 15	–10 ≤ <i>h</i> ≤ 10 –10 ≤ <i>k</i> ≤ 9 –14 ≤ <i>l</i> ≤ 14
Число измеренных <i>I</i> _{<i>hkl</i>}	6112	6192
Число <i>I</i> _{<i>hkl</i>} > 2 σ_1	3357 (<i>R</i> _{int} = 0.0185)	3305 (<i>R</i> _{int} = 0.0202)
Число параметров	170	170
<i>GOOF</i> для <i>F</i> _{<i>hkl</i>} ²	1.072	1.058
<i>R</i> (<i>I</i> _{<i>hkl</i>} > 2 σ_1)	<i>R</i> ₁ = 0.0232, <i>wR</i> ₂ = 0.0638	<i>R</i> ₁ = 0.0275, <i>wR</i> ₂ = 0.0683
<i>R</i> (все отражения)	<i>R</i> ₁ = 0.0245, <i>wR</i> ₂ = 0.0646	<i>R</i> ₁ = 0.0326, <i>wR</i> ₂ = 0.0703
Остаточная электронная плотность (min/max), е/Å ³	–0.337/0.436	–0.364/0.455

Таблица 3. Основные межатомные расстояния и углы в комплексах I и II

Комплекс I		Комплекс II	
связь	<i>d</i> , Å	связь	<i>d</i> , Å
Co(1)–N(1)	2.0974(10)	Ni(1)–N(1)	2.0544(12)
Co(1)–N(2)	2.1698(9)	Ni(1)–N(2)	2.1147(11)
Co(1)–O(1w)	2.0721(8)	Ni(1)–O(1w)	2.0757(10)
Угол	ϕ , град	Угол	ϕ , град
O(1w)Co(1)N(1)	88.02(4)	O(1w)Ni(1) N(1)	89.56(4)
O(1w)Co(1)N(2)	92.80(3)	O(1w)Ni(1)N(2)	94.07(4)
N(1)Co(1)N(2)	89.15(4)	N(1)Ni(1)N(2)	89.63(5)
O(1w)Co(1)O(1w)#1	180	O(1w)Ni(1)O(1w)#1	180
N(1)Co(1)N(1)#1	180	N(1) Ni(1)N(1)#1	180
N(2)Co(1)N(2) #1	180	N(2)Ni(1)N(2)#1	180

Операторы симметрии, используемые для генерации эквивалентных атомов: #1) 1 – *x*, 1 – *y*, 1 – *z*.

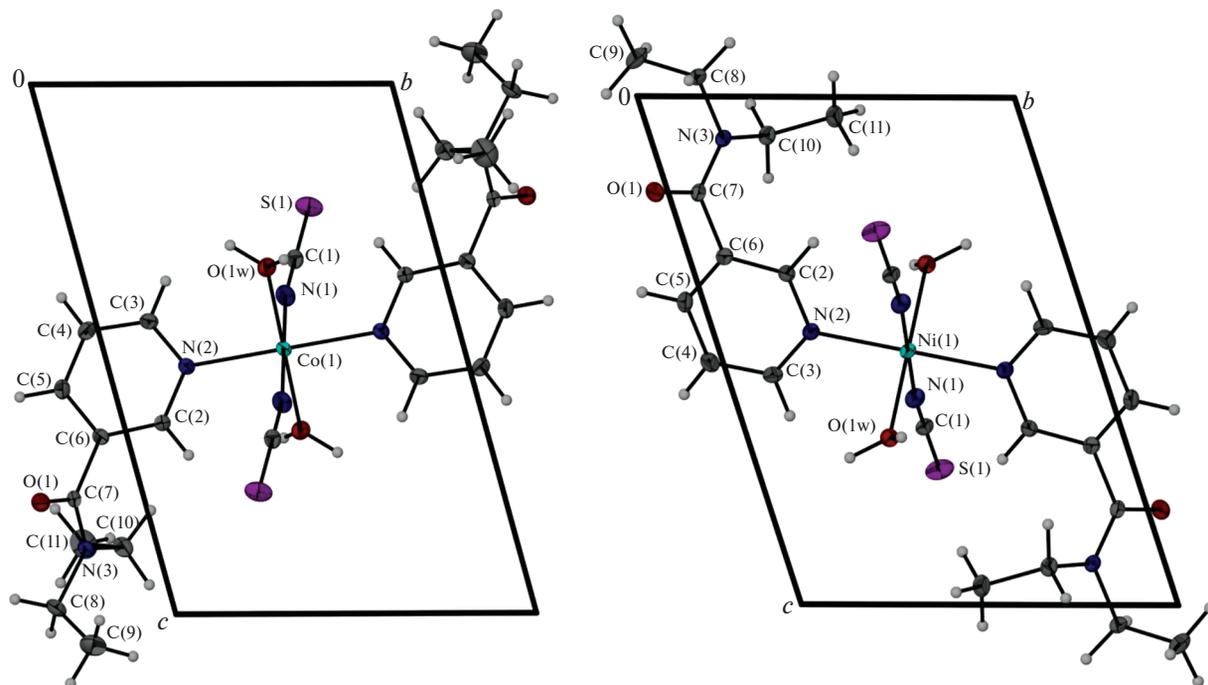


Рис. 1. Строение молекул комплексов I и II, показанное внутри кристаллической ячейки в проекции вдоль направления *a*.

значительное смещение полосы валентных колебаний группы CN (от 2100 см^{-1} до 2103 и 2108 см^{-1} для комплексов I и II соответственно) не свидетельствует однозначно о наличии тиоцианатных мостиков. Полосы $\nu(\text{CS})$ при 735 (I) и 740 см^{-1} (II) являются малоинтенсивными и не могут быть определяющими для вывода об S- или N-координации. Полосы валентных колебаний $\nu(\text{NH})$ регистрируются для комплекса I при 3359 и 3158 см^{-1} , для комплекса II при 3381 и 3174 см^{-1} , что практически соответствует значениям для никетамида в работе [27] и в ИК-спектре, полученном нами для NKA. Очень интенсивная полоса $\nu(\text{CO})_{\text{NKA}}$ при 1600 см^{-1} в комплексах I, II не претерпевает никаких изменений. Полученные данные характеризуют неучастие группы CO в координации. Смещение в ИК-спектрах комплексов $\nu_{\text{кольца}}$ в интервале $1600\text{--}1030\text{ см}^{-1}$ по сравнению со спектром “свободного” NKA свидетельствует, согласно данным [30–33], о координации ионов металлов с органическими амидами через атом азота пиридинового кольца.

Таким образом, как и во всех известных координационных соединениях металлов, связь NKA с комплексообразователями осуществляется через атом азота пиридинового кольца, а Co^{2+} и Ni^{2+} связаны с группами NCS через атомы азота.

Монокристаллы комплексов I и II выделены при изотермической кристаллизации из этанольных растворов веществ.

Структуры соединений I и II молекулярные. Катион металла имеет искаженное октаэдрическое координационное окружение, состоящее из двух атомов O двух координированных молекул воды и четырех атомов N двух роданид-ионов и двух молекул NKA (табл. 3). Строение centrosymmetricной молекулы комплексов приведено на рис. 1. Атомы металла занимают систему центров инверсии. При упаковке молекул возникают дополнительные стейкинг-взаимодействия между пиридинскими кольцами NKA соседних молекул с расстоянием между центрами гетероциклов $3.679(1)$ (I) и $3.825(1)\text{ \AA}$ (II) (рис. 2). Кроме того, в структурах комплексов формируется разветвленная сеть водородных связей между координированными молекулами воды и карбонильными группами NKA ($d(\text{D}\dots\text{A}) = 2.668(1)$ (I) и $2.672(1)\text{ \AA}$ (II)) и атомами S роданид-ионов ($d(\text{D}\dots\text{A}) = 3.213(1)$ (I) и $3.226(1)\text{ \AA}$ (II)). Структуры отличаются ориентацией молекулярного фрагмента внутри ячейки и разворотом терминальных этильных радикалов NKA внутри молекулярного фрагмента, поэтому их нельзя назвать изоструктурными несмотря на схожее строение молекул (рис. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые синтезированы комплексные соединения состава $[\text{M}(\text{NKA})_2(\text{NCS})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$, где $\text{M}^{2+} = \text{Co}^{2+}$ (I), Ni^{2+} (II); NKA = $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}$ (N,N-

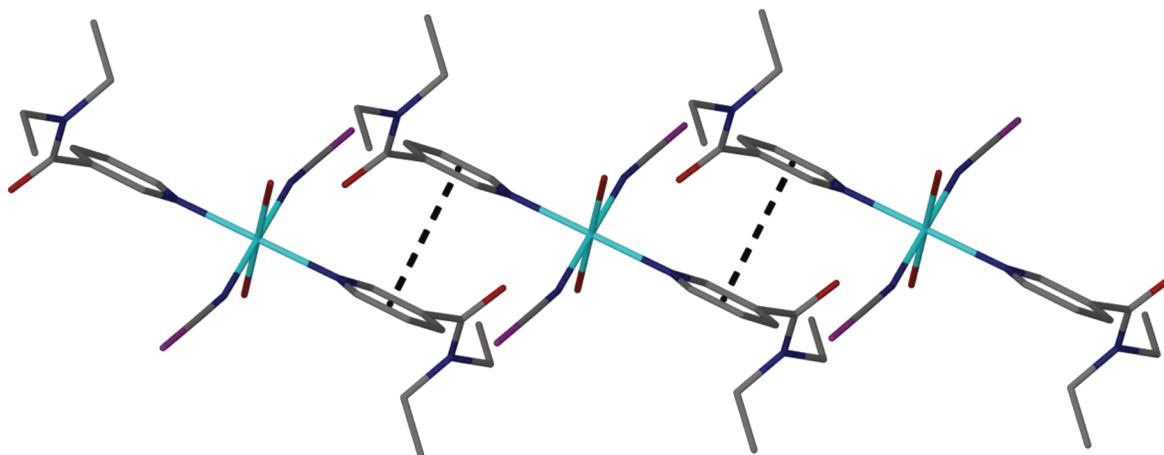


Рис. 2. Стекинговые взаимодействия между пиридинными кольцами НКА соседних молекул в I.

диэтилпиридин-3-карбоксамид), установлены их состав и строение. В известных ранее [22, 34] и изученных нами координационных соединениях, содержащих нейтральный органический и тиоцианатный лиганды, в частности в биметаллических комплексах $[\text{NiHg}(\text{DMCO})_2(\text{SCN})_4]_n$ [35] и $[\text{MnHg}(\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O})_2(\text{SCN})_4]$ [36], роданидные группы являются бидентатно мостиковыми. Co^{2+} и Ni^{2+} связаны с группой NCS^- через атомы азота в биметаллических соединениях, Cd^{2+} и Mn^{2+} в однометаллических веществах связаны как с азотом, так и с серой тиоцианатных групп. Во всех известных соединениях связь НКА с комплексообразователями осуществляется через азот пиридинового кольца. Ранее сделанные выводы подтверждаются и на примере соединений I и II. Отмечена неизоструктурность комплексов Co^{2+} и Ni^{2+} с одинаковым стехиометрическим составом и схожим строением молекул.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Рис. S1. Схема получения комплексов I, II.

Рис. S2. ИК-спектр комплекса I.

Рис. S3. ИК-спектр комплекса II.

Рис. S4. ИК-спектр НКА.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kumar S., Sharma R.P., Venugopalan P. et al. // Inorg. Chim. Acta. 2018. V. 469. P. 288. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2017.09.032>
2. Petricek S., Kozljevcar B. // Termochim. Acta. 2002. V. 386. P. 59.
3. Moncol J., Mudra M., Lonneck P. et al. // Inorg. Chim. Acta. 2007. V. 360. P. 3213. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2007.01.027>
4. Puchonova M., Mazur M., Ruzickova Z. et al. // J. Mol. Struct. 2019. V. 1181. P. 373. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.12.066>
5. Szabo-Planka T., Moncol J., Toth E. et al. // Polyhedron. 2011. V. 30. P. 2421. <https://doi.org/10.1016/j.poly.06.030>
6. Husarikova L., Repicka Z., Valigura D. et al. // J. Mol. Struct. 2013. V. 1049. P. 41. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.06.029>
7. Kavalirova J., Korabik M., Stachova P. et al. // Polyhedron. 2008. V. 27. P. 1333. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2007.12.030>
8. Sahin O., Buyukgungor O., Kose D.A. et al. // Anal. Sci. X-Ray Struct. Anal. Online. 2008. V. 24. P. 253. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2011.02.047>
9. Sertcelik M., Tercan B., Sahin E. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m389. <https://doi.org/10.1107/S1600536809030980>
10. Necefoglu H., Cimen E., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2010. V. 66. P. m556. <https://doi.org/10.1107/S1600536810013954>
11. Askin G.S., Necefoglu H., Ozkaya S. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Cryst. Commun. 2016. V. 72. P. 498. <https://doi.org/10.1107/S2056989016004059>
12. Hokelek T., Saka G., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2010. V. 66. P. m1132. <https://doi.org/10.1107/S1600536810032630>
13. Hokelek T., Necefoglu H. // Acta Crystallogr., Sect. C: Cryst. Struct. Commun. 1997. V. 53. P. 187. <https://doi.org/10.1107/S0108270196013170>
14. Necefoglu N., Maraci A., Ozbek F.E. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2011. V. 67. P. m619. <https://doi.org/10.1107/S1600536811014188>

15. Hokelek T., Suzen Y., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m1015. <https://doi.org/10.1107/S1600536809030098>
16. Sercelek M., Tercan B., Sahin E. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m326. <https://doi.org/10.1107/S1600536809006345>
17. Hokelek T., Dal H., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m1051. <https://doi.org/10.1107/S1600536809008265>
18. Hokelek T., Dal H., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m545. <https://doi.org/10.1107/S1600536809014226>
19. Hokelek H., Yilmaz F., Tercan B. et al. // Acta Crystallogr., Sect. E: Struct. Rep. Online. 2009. V. 65. P. m766. <https://doi.org/10.1107/S1600536809021795>
20. Bigoli F., Braibanti A., Pellinghelli M.A. et al. // Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem. V. 29. P. 2344.
21. Ondrejovicova I., Galkova S., Mrozinski J. et al. // Inorg. Chim. Acta. 2008. V. 361. P. 2483. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2008.01.009>
22. Bigoli F., Braibanti A., Pellinghelli M.A. et al. // Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem. 1972. V. 28. P. 962.
23. Шарло Г. Методы аналитической химии. М.: Химия, 1965. 976 с.
24. Bruker AXS Inc. (2000-2012). APEX2 (Version 2012.2-0), SAINT (Version 8.18c), and SADABS (Version 2008/1). Bruker Advanced X-ray Solutions, Madison, Wisconsin, USA.
25. Sheldrick G.M. // Acta Crystallogr. 2015. V. 71. P. 3.
26. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 438 с.
27. Садиков Г.Г., Анцышкина А.С., Кокишарова Т.В. и др. // Кристаллография. 2007. Т. 52. № 5. С. 847. <https://doi.org/10.1134/S1063774507050112>
28. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991. 536 с.
29. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений. М.: Юрайт, 2014. 657 с.
30. Baig R.B.N., Vaddula B.R., Nadagoida M.N. et al. // J. Royal Soc. Chem. 2015. V. 17. P. 1243.
31. Li C., Cui F., Zhang H. et al. // Spectrochim. Acta, Part A: Mol. and Biomol. Spectr. 2015. V. 134. P. 367. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.06.080>
32. Arici M., Yesilel O.Z., Acar E., Dede N. // Polyhedron. 2017. V. 127. P. 293. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2017.02.013>
33. Dziejewska-Kulaczkoska A., Mazur L., Ferenc W. // J. Therm. Anal. Calorim. 2009. V. 96. № 1. P. 255.
34. Begoli F., Braibanti A., Pellinghelli M.A. et al. // Acta Crystallogr., Sect. B: Struct. Crystallogr. Cryst. Chem. 1973. V. 29. P. 39. <https://doi.org/10.1107/S0567740873001949>
35. Черкасова Т.Г., Золотухина Н.А. // Журн. неорган. химии. 2002. Т. 47. № 3. С. 433.
36. Черкасова Т.Г., Первухина Н.В., Куратьева Н.В. и др. // Журн. неорган. химии. 2019. Т. 64. № 4. С. 365. <https://doi.org/10.1134/S0036023619040077>