

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-1-76-84

УДК 54-386:[546. 16.28.47.48.49.562.732.742.] 547-327

КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ С НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТОЙ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫМИ

COORDINATION COMPOUNDS OF METALS WITH NICOTINIC ACID AND ITS DERIVATIVES

Черкасова Татьяна Григорьевна,
доктор. хим. наук, профессор, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru
Tatiana G Cherkasova, Dr. Sc. in Chemistry, professor
Черкасова Елизавета Викторовна,
канд. хим. наук, доцент, e-mail: chev.htnv@kuzstu.ru
Elizaveta V. Cherkasova, C. Sc. in Chemistry, Associate Professor,
Исакова Ирина Валериевна,
канд. хим. наук, доцент, e-mail:ivi.htnv.@kuzstu.ru
Irina V. Isakova, C. Sc. in Chemistry, Associate Professor,
Татарина Эльза Семеновна,
канд. хим. наук, доцент, e-mail:tatarinovaes@kuzstu.ru
Elsa S. Tatarinova, C. Sc. in Chemistry, Associate Professor,
Санникова Виктория Андреевна,
аспирант, e-mail: taskaeva.viktoriya@mail.ru
Victoria A.Sannikova, postgraduate, e-mail: taskaeva.viktoriya@mail.ru
Мизинкина Юлия Александровна,
аспирант, e-mail mizinkina@mail.ru
Yulia A. Mizinkina, postgraduate, e-mail: mizinkina@mail.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennya, Kemerovo, 650000, Russian
Federation

Аннотация:

Двойные комплексные соединения находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Целью настоящего исследования, представленного в статье, была разработка условий и осуществление синтезов в водных растворах двойных комплексных солей лантаноидов(III) с никотиновой кислотой и инертным комплексным анионом $[Cr(NCS)_6]^{3-}$; гексафторосиликатов $Co(II)$, $Ni(II)$, $Cu(II)$, $Zn(II)$ с никотинамидом; в спиртовых растворах – комплексов $Co(II)$, $Ni(II)$ с никетамидом и изучение строения и термического поведения полученных соединений методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа (РСА). Методом ИК-спектроскопии определялись способы координации лигандов, поскольку в каждом имеется по несколько донорных центров. Методом рентгеноструктурного анализа монокристаллов, полученных медленным изотермическим испарением растворов синтезированных веществ на воздухе, изучены кристаллические структуры комплексов. По результатам исследования определено строение комплексных соединений, в структурах формируется сеть водородных связей. Также в статье излагаются данные о термическом поведении комплексов при нагревании на воздухе и в инертной атмосфере. Обнаружены обратимые и необратимые термочувствительные свойства комплексов.

Ключевые слова: двойные комплексные соединения, металлы, никотиновая кислота, никотинамид, никетамид, ИК-спектр, монокристалл.

Abstract:

Dual complex compounds are widely used in various branches of the national economy. The purpose of the present study presented in the article was to develop conditions and carry out syntheses in aqueous solutions of double complex salts of lanthanides (III) with nicotine acid and an inert complex anion $[\text{Cr}(\text{NCS})_6]^{3-}$; Hexafluorosilicates of Co (II), Ni (II), Cu (II), Zn (II) with nicotine amide; In alcohol solutions - complexes of Co (II), Ni (II) with nicetamide and study of structure and thermal behavior of obtained compounds by methods of IR spectroscopy and X-ray structural analysis (PCA). Methods of coordination of ligands were determined by IR spectroscopy, since each has several donor centers. By X-ray structural analysis of single crystals obtained by slow isothermal evaporation of solutions of synthesized substances in air, crystal structures of complexes were studied. According to the results of the study, the structure of complex compounds is determined, a network of hydrogen bonds is formed in the structures. The article also provides data on the thermal behavior of complexes when heated in air and in an inert atmosphere. Reversible and irreversible heat-sensitive properties of the complexes have been found.

Key words: complex compounds, metals, nicotinic acid, nicotinamide, nicetamide, IR spectrum, monocrystal.

Комплексные соединения нашли широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве и медицине [1]. Новые координационные соединения, в том числе двойные комплексные соединения (ДКС), представляют интерес в качестве прекурсоров для создания новых функциональных материалов, применяемых в современных развивающихся технологиях: от биологии до нанотехнологии [2-4]. Свойства комплексообразователями, так и лигандами, входящими в состав веществ. Переходные металлы и лантаноиды известны как активные комплексообразующие элементы и их комплексы с такими биологически активными органическими лигандами, как никотиновая кислота и ее производные, являются потенциально биологически активными веществами. Так, ион хрома(III) в системах с биологически активными органическими кислотами играет важную роль в метаболизме сахара и такие препараты применяют при лечении сахарного диабета [5].

Никотиновая кислота (НК) и ее производные никотинамид (НА) и никетамид (НКА), относящиеся к гетероциклическим азотсодержащим соединениям, входят в состав медицинских препаратов, необходимых для живых систем [6].

Никотиновая кислота (3-пиридинкарбоновая кислота, ниацин, витамин PP) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ – лекарственное средство, участвующее в обмене углеводов и липидов в живых клетках и образовании ферментов, то есть это вещество, связанное с окислительно-восстановительными процессами в живых организмах [7].

Никотинамид (3-пиридинкарбоксамид, амид никотиновой кислоты, ниацинамид) $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}$ – витаминное средство, по строению близок к никотиновой кислоте, является важным компонентом кодегидрогеназы и участвует в окислительно-восстановительных процессах в клетках, таких как метаболизм жиров, протеинов, аминокислот, обладает противопеллагрическим

действием [8].

Никетамид (N,N-диэтилпиридин-3-карбоксамид, диэтиламид никотиновой кислоты) $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}$ в медицине используется в виде водного раствора с $\omega=30\%$, называемого кордиамином, в качестве стимулятора центральной нервной системы при острых и хронических расстройствах кровообращения [9].

Следует отметить, что установлена высокая биологическая активность разнолигандных комплексных соединений по сравнению с однолигандными [10].

Цель настоящего исследования заключалась в разработке условий и осуществлении синтезов в водных растворах ДКС лантаноидов(III) с НК и инертным комплексным анионом $[\text{Cr}(\text{NCS})_6]^{3-}$, гексафторосиликатов Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) с НА, в спиртовых растворах – комплексов Co(II), Ni(II) с НКА и изучении строения и термического поведения полученных соединений методами ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа (РСА).

Для получения ДКС использованы прямые синтезы из исходных компонентов в водных растворах, которые становятся возможными вследствие применения объемных инертных анионов $[\text{Cr}(\text{NCS})_6]^{3-}$ и $[\text{SiF}_6]^{2-}$. Для проведения процессов важное значение имеет соблюдение кислотности среды во избежание образования соединений с протонированными органическими лигандами в катионах при значениях $\text{pH} \leq 3$ [11]. Комплексы с никетамидом получены из этанольных растворов исходных неорганических солей при добавлении 30%-ного водного раствора органического лиганда. Для всех веществ по разработанным методикам выполнен химический анализ. Содержание металлов в соединениях установлено либо гравиметрическими методами [12,13], либо фотоколориметрическим методом [14, 15]. Элементный С, Н, N-анализ проведен на приборе ThermoFlash 2000. В соответствии с полученными результатами координационные соединения имеют состав

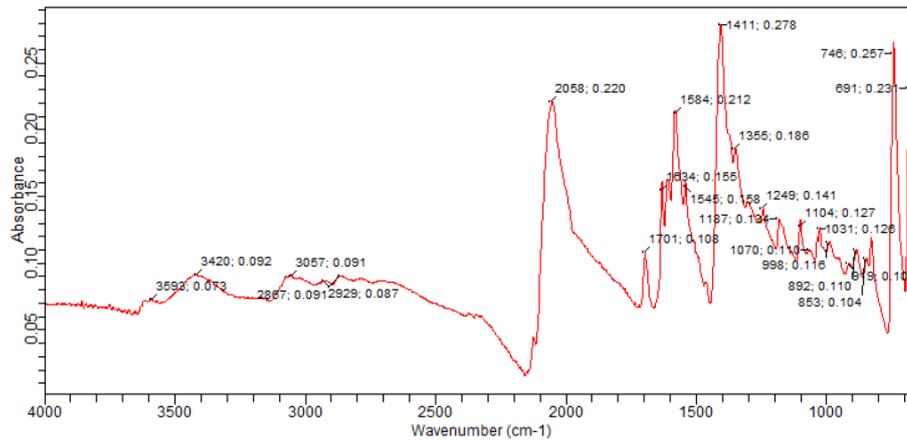


Рис. 1. ИК-спектр $[Dy(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 1,5H_2O$
 Fig. 1. IR spectrum $[Dy(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 1,5H_2O$

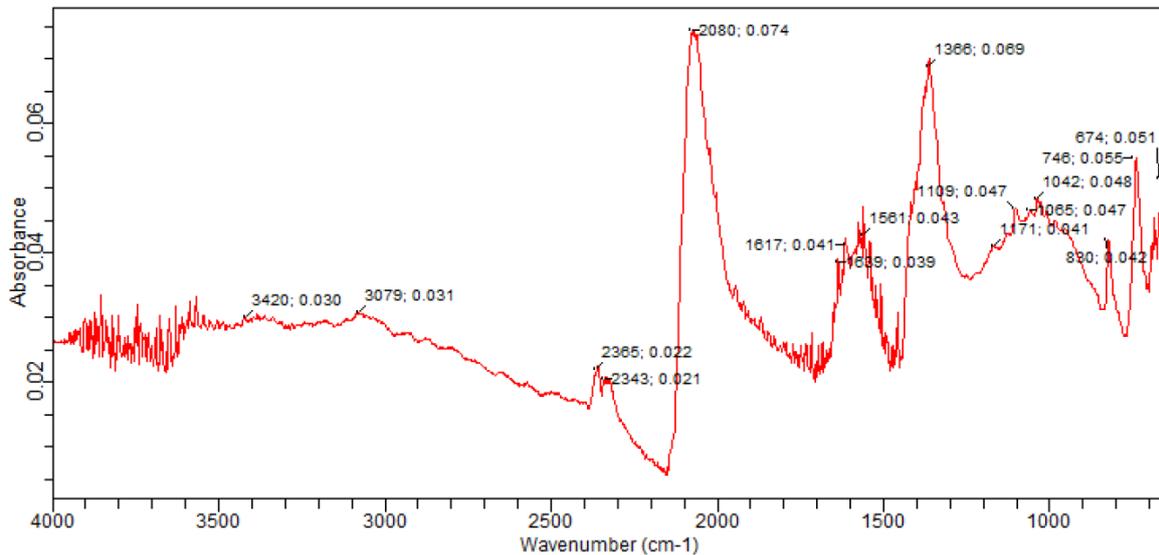


Рис. 2. ИК-спектр $[Yb(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 2H_2O$
 Fig. 2. IR spectrum $[Yb(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 2H_2O$

$[Ln(C_5H_5NCOO)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 1.0-2,0H_2O$;
 $[M(C_6H_6N_2O)_2(H_2O)_4]SiF_6 \cdot 2H_2O$, где $M^{2+} = Co, Ni, Zn$;
 $[Cu(C_6H_6N_2O)_2(SiF_6)(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$;
 $(C_6H_7N_2O)_2SiF_6$; $[M(C_{10}H_{14}N_2O)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$, $M = Co^{2+}, Ni^{2+}$.

Все соединения являются устойчивыми при стандартных условиях на воздухе окрашенными мелкокристаллическими веществами. ДКС лантаноидов с НК бледно-сиреневого цвета, гексафторосиликаты переходных металлов имеют следующую окраску: комплекс кобальта(II) розовый, никеля(II) голубой, меди(II) синий, цинка(II), цинка(II) бесцветный.

Для определения способов координации лигандов, каждый из которых имеет по несколько донорных центров, использован метод ИК-спектроскопии [16,17]. ИК-спектры соединений зарегистрированы на ИК-Фурье-спектрометрах Инфралюм-ФТ 801 и Cary 630 FTIR фирмы Agilent в интервале частот $4000-500 \text{ см}^{-1}$, образцы для

съемки запрессовывали в матрицы бромиды калия.

На ИК-спектрах комплексов лантаноидов с НК (рис. 1, 2) наличие полос поглощения в области частот $3600-2900$ и 1400 см^{-1} характеризует содержание координированных и сольватированных молекул воды в веществах. Сильное смещение полос валентных колебаний карбонильных групп до 1580 см^{-1} определяет О-донорный лиганд. Вместе с этим при синтезах координационных соединений в растворе НК происходит образование сопряженной системы вследствие прототропной таутомерии- переноса протона карбоксильной группы к атому азота. В результате имино-амминной таутомерии НК образуется пиридиий-3-карбоксилат-ион [18,19], и НК дополнительно координируется с ионами лантаноидов через атом карбоксильного кислорода, при этом становясь бидентатным лигандом, что проявляется на ИК-спектрах группой полос в области $1630-1200 \text{ см}^{-1}$. Судя по

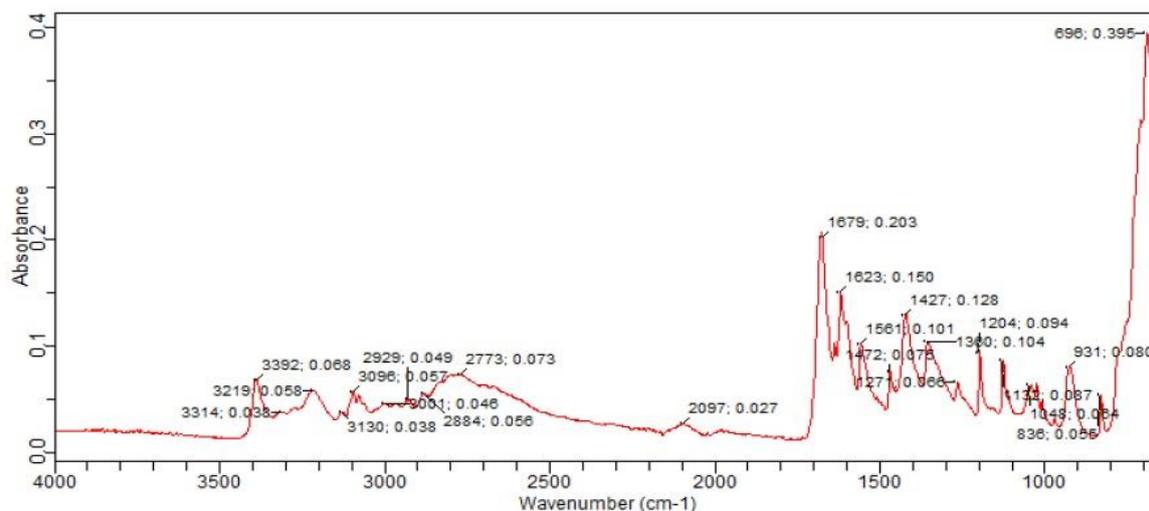


Рис. 3 ИК-спектр $(\text{HNA})_2\text{SiF}_6$
 Fig. 3. IR spectrum $(\text{HNA})_2\text{SiF}_6$

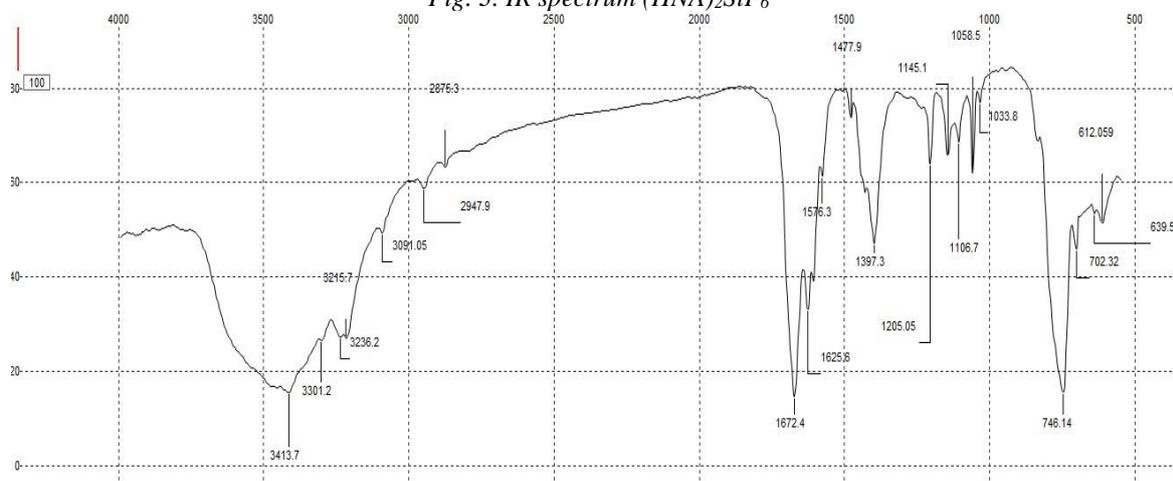


Рис. 4. ИК-спектр $[\text{Zn}(\text{NA})_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 Fig. 4. IR spectrum $[\text{Zn}(\text{NA})_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

положению полос валентных колебаний групп CN, CS (порядка 2080 и 750 cm^{-1}) и деформационных колебаний NCS порядка 510 cm^{-1} , имеет место N-связывание роданидной группы с «жестким», согласно концепции ЖМКО, ионом хрома(III) [20].

При синтезе гесафторосиликатов комплексов переходных металлов с NA обнаружено, что при добавлении органического соединения в раствор $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ($\omega=9-10\%$) образуется бесцветное мелкокристаллическое вещество состава $(\text{HNA})_2\text{SiF}_6$, ИК-спектр которого приведен на рис. 3. Следует отметить, что ранее был получен подобный комплекс – гесафторосиликат 4-гидрокси-метилпиридиния $(\text{HL})_2\text{SiF}_6$ [21].

ИК-спектры гесафторосиликатов комплексов цинка(II) и меди(II) с NA представлены на рис. 4, 5 соответственно. Наличие молекул воды в веществах характеризуется наличием полос валентных колебаний в интервале частот 3620-3400 cm^{-1} . Октаэдрический ион SiF_6^{2-} в соединениях кобальта(II), никеля(II) и цинка(II), представлен полосой валентных колебаний 746-

743 cm^{-1} , но в комплексе меди(II) эта полоса смещается до 753 cm^{-1} , что может свидетельствовать о разной структурной роли этого аниона в веществах.

Как и в большинстве известных соединений [22-24], координация NA с переходными металлами-комплексобразователями происходит через атом азота пиридинового кольца. Такой вероятный вывод можно сделать по смещению полос валентных колебаний кольца (1600-1030 cm^{-1}) в область более высоких частот и по отсутствию смещения других характеристических полос поглощения NA: $\gamma(\text{CO})=1673-1666$, $\gamma(\text{NH})=3260-3220$, $\delta(\text{NH}_2)=1634-1623$ cm^{-1} , что говорит о неучастии амидной и карбонильной групп в координации.

Координация NKA в соединениях (рис. 6) также осуществляется через азот пиридинового цикла, так как $\gamma(\text{CO})=1600$, $\gamma(\text{NH})=3260-3220$, $\delta(\text{NH}_2)=1620-1617$ cm^{-1} практически не смещаются в соединениях по сравнению с аналогичными полосами поглощения N,N-диэтилпиридин-3-

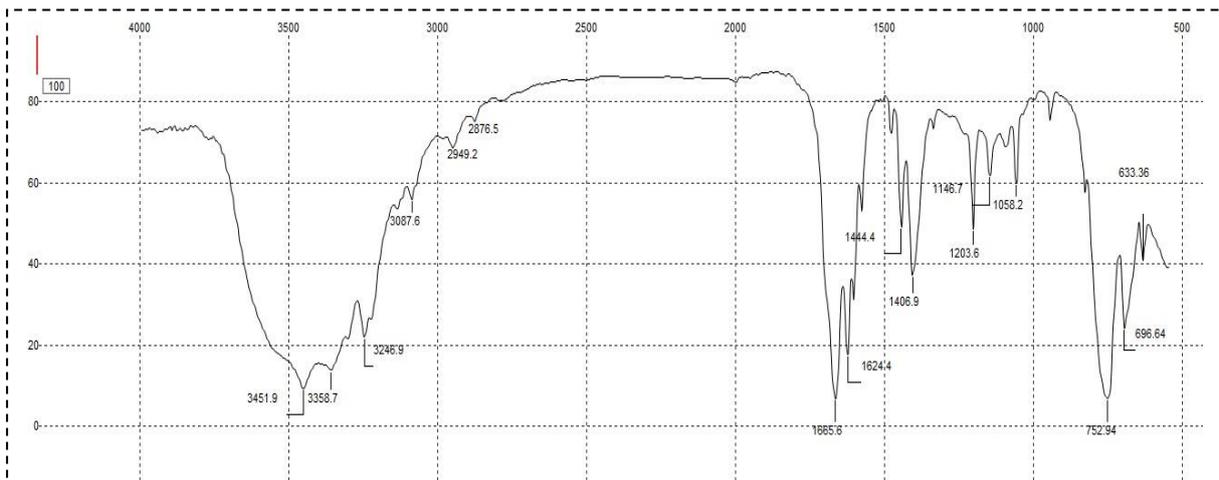


Рис. 5. ИК-спектр $[Cu(NA)_2(SiF_6)(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$
 Fig. 5. IR spectrum $[Cu(NA)_2(SiF_6)(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$

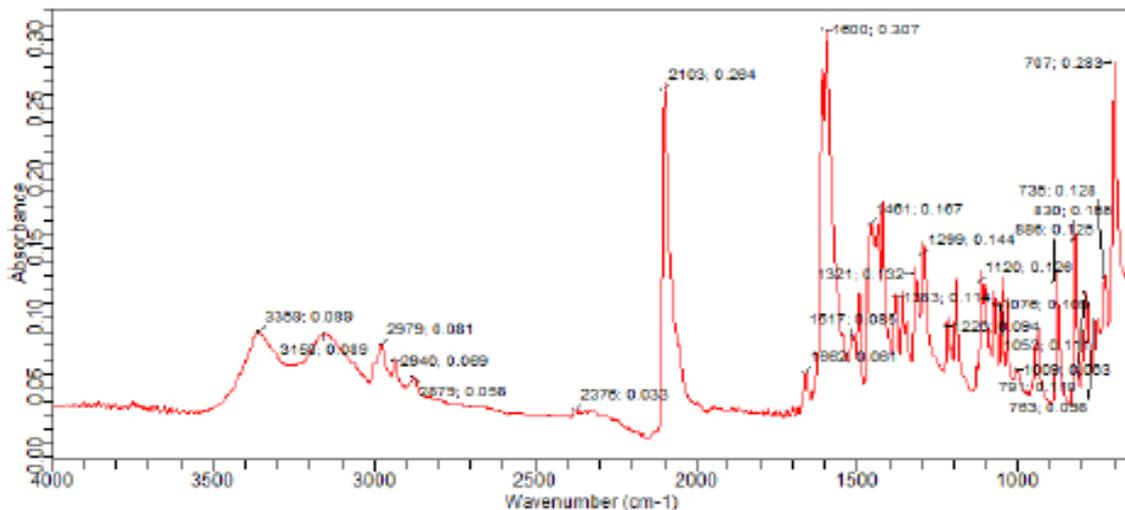


Рис. 6. ИК-спектр $[Co(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$
 Fig. 6. IR spectrum $[Co(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$

карбоксамид. Положение полос валентных колебаний роданидных групп ($\nu(NCS)=2103, 2105 \text{ см}^{-1}$) и низкая интенсивность полос $\nu(CS)=735, 740 \text{ см}^{-1}$ не дают возможности однозначно судить о типе связывания.

Строение веществ установлено методом РСА монокристаллов, полученных медленным изотермическим испарением растворов полученных веществ на воздухе. РСА выполнен на дифрактометре Bruker APEX DUO с 4K CCD-детектором с использованием φ - и ω -сканирования при $150(2) \text{ К}$. Кристаллические структуры комплексов с НК (рис. 7) и НА (рис. 8) представлены в [25-28]. Обе группы соединений – ионного островного типа, за исключением молекулярного комплекса $[Cu(NA)_2(SiF_6)(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$. Определены пространственные группы, параметры элементарных ячеек, их объемы и плотности веществ. Подтверждена N-координация роданидной группы и определено полимерное

цепочечное строение катиона вследствие бидентатно-мостиковой функции органического лиганда в комплексах с НК. В соединениях с НА подтверждено N-связывание пиридинового кольца органического лиганда, в упаковке комплексов Co, Ni, Zn чередуются катионные $[M(NA)_2(H_2O)_4]^{2+}$ и анионные SiF_6^{2-} слои. Комплекс $[Cu(NA)_2(SiF_6)(H_2O)_2] \cdot 2H_2O$ имеет полимерное цепочечное строение.

Соединения с NKA (рис. 9) имеют молекулярные структуры, роданидные группы и органические молекулы связаны с комплексообразователями через атомы азота.

В структурах всех групп комплексов формируется разветвленная сеть водородных связей с участием различных фрагментов молекул веществ.

Изучено термическое поведение комплексов при нагревании на воздухе и в инертной атмосфере, составы газовых и твердых фаз при термолитическом разложении соединений. Обнаружены обратимые

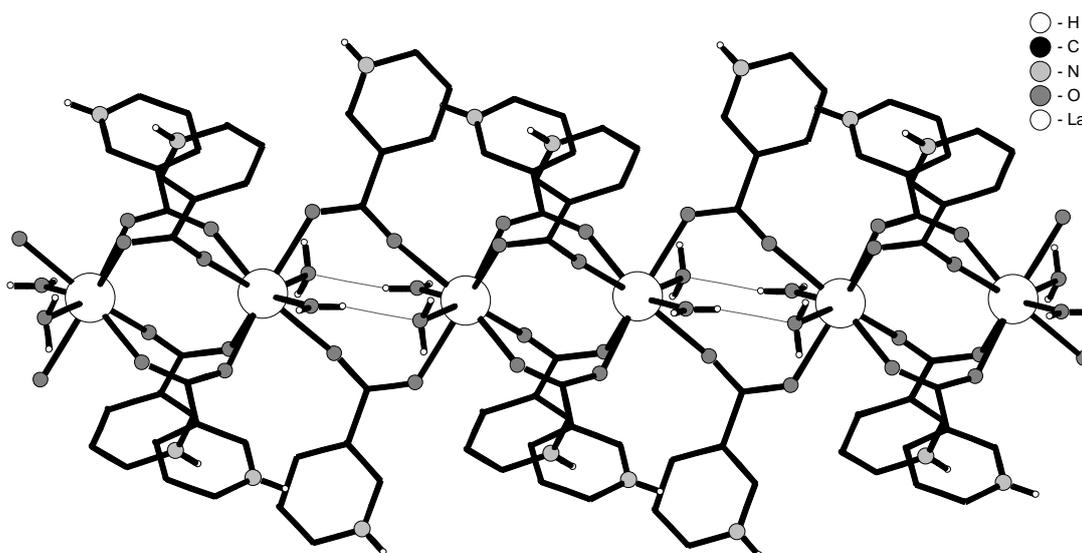


Рис. 7. Полимерная цепь в $[La(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 2H_2O$
 Fig. 7. Polymeric chain in $[La(NK)_3(H_2O)_2][Cr(NCS)_6] \cdot 2H_2O$

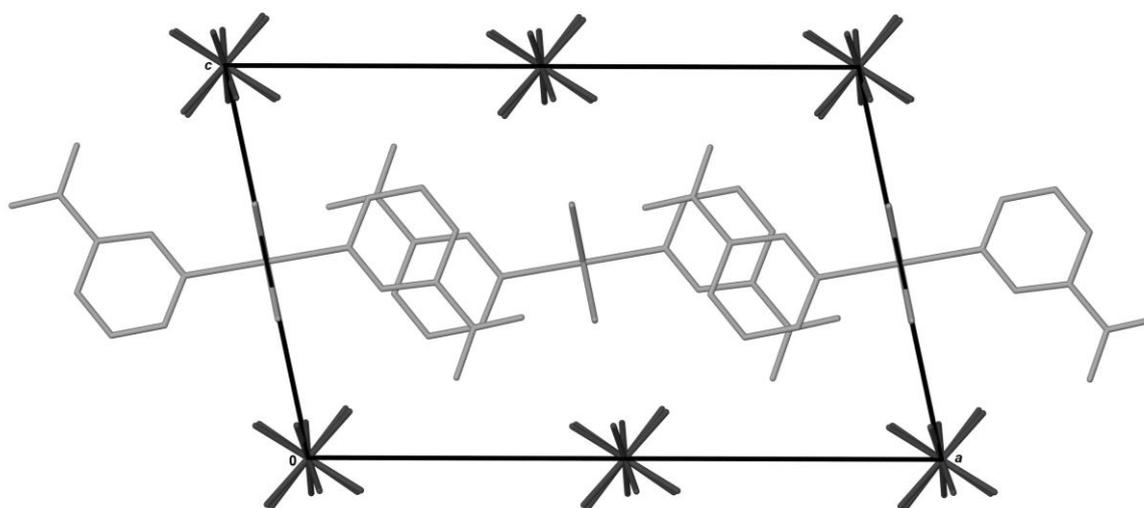


Рис. 8. Упаковка катионных и анионных слоев в $[M(NA)_2(H_2O)_4]SiF_6 \cdot 2H_2O$, $M^{2+} = Co, Ni, Zn$
 Fig. 8. Package of cation and anion layers in $[M(NA)_2(H_2O)_4]SiF_6 \cdot 2H_2O$, $M^{2+} = Co, Ni, Zn$

термочувствительные свойства комплексов с НК и необратимые – с НА и НКА. Имея сравнительно низкую температуру разложения, комплексы перспективны как предшественники для создания методом термолиза наноразмерных оксидных систем. Вещества содержат парамагнитные ионы и представляют интерес как молекулярные

магнетики, обладающие новыми свойствами за счет синергизма.

Авторы выражают глубокую благодарность за интерес, проявленный к работе и помощь в проведении рентгеноструктурных исследований к.х.н. Первухиной Н.В., к.х.н. Куратьевой Н.В.

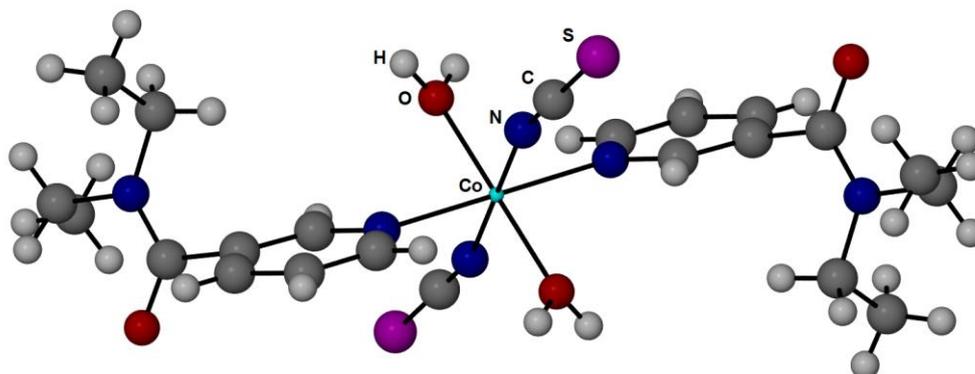


Рис. 9. Структура молекулы комплекса $[Co(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$

Fig. 9. Structure of complex $[Co(NKA)_2(NCS)_2(H_2O)_2]$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хентов В.Я., Семченко В.В., Шачнева Е.Ю. Процессы комплексообразования природного и техногенного происхождения.-Москва: РУСАЙНС, 2020.-266 с.
2. Гарновский А.Д. Прогресс в координационной химии. Стандартная и нестандартная координационная химия.- Режим доступа: <http://www.ipoc.rsu.ru/ppage/progress.htm>
3. Скопенко В.В., Цивадзе А.Ю., Савранский Л.И., Гарновский А.Д. Координационная химия.- Москва: ИКЦ «Академкнига», 2007.-487 с.
4. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений. Ч.1.-Москва: Юрайт, 2019.-439 с.
5. Скорик Н.А., Алимова Р.Р. Соединения хрома с некоторыми органическими лигандами// Журнал неорганической химии. 2020. Т.65. № 1.-С.16.
6. Кокшарова Т.В., Гриценко И.С., Курандо С.В., Мандзий Т.В. Координационные соединения 3d-металлов с никотинамидом// Вісник ОНУ. 2009. Т.14. №12.- С.91.
7. Ниацин.- Режим доступа: http://www.vidal.ru/drugs/nicotinic_acid_5447
8. Ниацинамид.-Режим доступа:http://www.vidal.ru/drugs/_niacinamide_3475
9. Никетамид. – Режим доступа: http://www.vidal.ru/drugs/cordiamin_5435
10. Манорик П.А. Разнолигандные биокоординационные соединения металлов в химии, биологии, медицине.-Киев: Наукова думка, 1991.-272 с.
11. Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Исакова И.В. и др. Физико-химические исследования строения анионных двойных комплексных солей // Известия вузов. Физика. 2014. Т.57. №7/2.- С.212.
12. Шарло Г. Методы аналитической химии. - Москва: Химия, 1965.-976 с.
13. Кристиан Г. Аналитическая химия. Т.1.- Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.-623 с.
14. Калинин И.П., Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа.- Москва: YOYO Media, 2013.-432 с.
15. Федоровский Н.Н., Якубович Л.М., Марахова А.И. Фотометрические методы анализа.- Москва: Флинта, 2017.-73 с.
16. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений.-Москва: Мир, 1991.-536 с.
17. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффельтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.-438 с.
18. Денисов В.Я., Мурышкин Д.Л., Чуйкова Т.В. Органическая химия. –Москва: Высш. школа, 2009.-544 с.

19. Боровлев И.В. Органическая химия: термины и реакции. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.-359 с.
20. Химия псевдогалогенидов /Под ред. Голуба А.М., Келера Х., Скопенко В.В.-Киев: Вища школа, 1981.-360 с.
21. Гембольдт В.О., Шишкин И.О., Фонарь М.С., Кравцов В.Х. Синтез, кристаллическая структура и некоторые свойства гексафторосиликата 4-гидрокси-метилпиридиния // Журнал структурной химии. 2019. Т.60. № 7.-С. 1197.
22. Kose D.A., Necefogly H. Synthesis and characterization of *bis*(nicotinamide)-*m*-hydroxybenzoate complexes of Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) // J. Thermal Analysis and Calorimetry. 2008. V.93. № 2. -P.509.
23. Cakir S., Bicer E., Icbudac H., Naumov P. et al. Synthesis and Spectroscopic Studies of the Nicotinamide Adducts of Cobalt(II), Nickel(II) and Zinc(II) Chlorides // Polish J. Chem. 2001. V.75.-P.371.
24. Садиков Г.Г., Анцышкина А.С., Кокшарова Т.В. и др. Синтез и кристаллическая структура комплекса [кобальт₂(никотинамид)₄(C₄H₉COO)₄(H₂O)] // Кристаллография. 2007. Т.52. № 5.-С.847.
25. Черкасова Е.В., Пересыпкина Е.В., Вировец А.В., Черкасова Т.Г. Синтез, кристаллическая структура и особенности строения гекса(изотиоцианато)хроматов(III) комплексов лантана(III) и неодима(III) с никотиновой кислотой // Журнал неорганической химии. 2013. Т.58. № 9. С.1165.
26. Черкасова Е.В., Первухина Н.В., Куратьева Н.В. и др. Синтез и кристаллические структуры гекса(изотиоцианато)хроматов(III) комплексов некоторых лантаноидов(III) иттриевой группы и европия с никотиновой кислотой // Журнал неорганической химии. 2018. Т.63. № 5. С.596.
27. Черкасова Е.В., Первухина Н.В., Куратьева Н.В., Черкасова Т.Г. Двойные комплексные соли [Ln(C₆H₅NO₂)₃(H₂O)₂][Cr(NCS)₆]· 2H₂O (Ln=Lu, Ce, Y): синтез и кристаллическая структура // Журнал неорганической химии. 2019. Т.64. № 3. С.266.
28. Черкасова Т.Г., Первухина Н.В., Куратьева Н.В. и др. Комплексообразование гексафторосиликатов Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) с никотинамидом в водном растворе // Журнал неорганической химии. 2019. Т.64. № 9. С.938.

REFERENCES

1. Khentov V.Ya., Semchenko V.V., Shachneva E.Yu. Protsessy kompleksoobrazovaniya prirodnogo i tekhnogennoogo proiskhozhdeniya [Processes of complex formation of natural and man-made origin*]. Moscow, RUSAINS Publ, 2020, 266 p. (rus)
2. Garnovskii A.D. Progress v koordinatsionnoi khimii. Standartnaya i ne-standartnaya koordinatsionnaya khimiya [Progress in coordination chemistry. Standard and non-standard coordination chemistry*]. Access mode: <http://www.ipoc.rsu.ru/ppage/progress.htm> [12.04.2020] (rus)
3. Skopenko V.V., Tsivadze A.Yu., Savranskii L.I., Garnovskii A.D. Koordinatsionnaya khimiya [Coordination Chemistry*]. Moscow, AkademknigA Publ, 2007, 487 p. (rus)
4. Kiselev Yu.M. Khimiya koordinatsionnykh soedinenii [Chemistry of Coordination Compounds *]. Moscow, Yurait Publ, 2019, 439 p. (rus)
5. Skorik N.A., Alimova R.R. Soedineniya khroma s nekotorymi organicheskimi ligandami [Chromium(III) Compounds with Some Organic Ligands], Zhurnal neorganicheskoi khimii [Russian Journal of Inorganic Chemistry], 2020, vol.65, no. 1, p.16. DOI: 10.31857/S0044457X2001016X
6. Koksharova T.V., Gritsenko I.S., Kurando S.V., Mandzii T.V. Koordinatsionnye soedineniya 3d-metallov s nikotinamidom [Coordination compounds of 3d-metals with nicotinamide*], Visnik ONU [Odesa I. I. Mechnikov national university], 2009, vol.14, no. 13, p.91.
7. Niatsin [Niacinum*] Access mode: http://www.vidal.ru/drugs/nicotinic_acid_5447 [12.04.2020] (rus)
8. Niatsinamid [Niacinamidum*] Access mode: http://www.vidal.ru/drugs/_niacinamide_3475 [12.04.2020] (rus)
9. Niketamid [Nikethamidum*] Access mode: http://www.vidal.ru/drugs/cordiamin_5435 [12.04.2020] (rus)
10. Manorik P.A. Raznoligandnye biokoordinatsionnye soedineniya metallov v khimii, biologii, meditsine [Different ligand biocoordinate metal compounds in chemistry, biology, medicine*]. Kiev, Naukova dumka Publ, 1991, 272 p. (rus)
11. Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Isakova I.V. i dr. Fiziko-khimicheskie issledovaniya stroeniya anionnykh dvoynykh kompleksnykh solei [Physical and chemical studies of the structure of anionic double complex salts*], Izvestiya vuzov. Fizika [Russian Physics Journal], 2014, vol.57, no. 7/2, p.212.

12. Sharlo G. *Metody analiticheskoi khimii* [Methods of analytical chemistry*]. Moscow, Khimiya Publ, 1965, 976 p. (rus)
13. Kristian G. *Analiticheskaya khimiya* [Analytical chemistry*]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znanii Publ, 2009, 623 p. (rus)
14. Kalinkin I.P., Bulatov M.I. *Prakticheskoe rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* [Practical Guide to Photometric Analysis Techniques*]. Moscow, YOYO Media Publ, 2013, 432 p. (rus)
15. Fedorovskii N.N., Yakubovich L.M., Marakhova A.I. *Fotometricheskie metody analiza* [Photometric methods of the analysis*]. Moscow, Flinta Publ, 2017, 73 p. (rus)
16. Nakamoto K. *IK-spektry i spektry KR neorganicheskikh i koordinatsionnykh soedinenii* [IR and CD spectra of inorganic and coordination compounds*]. Moscow, Mir Publ, 1991, 536 p. (rus)
17. Prech Eh., Byul'mann F., Affol'ter K. *Oprednlenie stroeniya organicheskikh soedinenii. Tablitsy spektral'nykh dannykh* [Determination of the structure of organic compounds. Tables of spectral data*]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znanii Publ, 2006, 438 p. (rus)
18. Denisov V.Ya., Muryshkin D.L., Chuikova T.V. *Organicheskaya khimiya* [Organic chemistry *]. Moscow, Vyssh. Shkola Publ, 2009, 544 p. (rus)
19. Borovlev I.V. *Organicheskaya khimiya: terminy i reaktsii* [Organic Chemistry: Terms and Reactions *]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znanii Publ, 2010, 359 p. (rus)
20. *Khimiya psevdogalogenidov* Pod red. Goluba A.M., Kelera Kh., Skopenko V.V [Chemistry of pseudo-halogenids *]. Kiev, Vishcha shkola Publ, 1981, 360 p. (rus)
21. Gembol'dt V.O., Shishkin I.O., Fonar' M.S., Kravtsov V.Kh. *Sintez, kristallicheskaya struktura i nekotorye svoystva geksافتorosilikata 4-gidroksimetilpiridiniya* [Synthesis, Crysta Structure, and Some Propertie of 4-Hydroxymethylpyridinium Hexafluorosilicate], *Zhurnal strukturnoi khimii* [Journal of Structural Chemistry], 2019, vol.60, no. 7, p.1197.
22. Kose D.A., Necefogly H. *Synthesis and characterization of bis(nicotinamide)m-hydroxybenzoate complexes of Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II)*//J. Thermal Analysis and Calorimetry. 2008. V.93. № 2. –P.509.
23. Cakir S., Bicer E., Icbudac H., Naumov P. et al. *Synthesis and Spectroscopic Studies of the Nicotinamide Adducts of Cobalt(II), Nickel(II) and Zinc(II) Chlorides*// Polish J. Chem. 2001. V.75.-P.371.
24. Sadikov G.G., Antsyshkina A.S., Koksharova T.V. i dr. *Sintez i kristallicheskaya struktura kompleksa [kobal't2(nikotinamid)4(C4H9COO)4(H2O)]* [Synthesis and crystal structure jf the [Co2(Nicotinamide)4(C4H9COO)4(H2O)] complex], *Kristallografiya* [Crystallography Reports], 2007, vol.52, no. 5, p.847. (rus)
25. Cherkasova E.V., Peresyphkina E.V., Virovets A.V., Cherkasova T.G. *Sintez, kristallicheskaya struktura i osobennosti stroeniya geksa(izotiotsianato)khromatov(III) kompleksov lantana(III) i neodima(III) s nikotinovoi kislotoi* [Synthesis, crystal structure and structural features of hexa(isothiocyanate)chromates(III) of lanthanum and neodymium complexes with nicotinic acid], *Zhurnal neorganicheskoi khimii* [Russian Journal of Inorganic Chemistry], 2013, vol.58, no. 9, p.1165. (rus)
26. Cherkasova E.V., Pervukhina N.V., Kurat'eva N.V. i dr. *Sintez i kristallicheskie struktury geksa(izotiotsianato)khromatov(III) kompleksov nekotorykh lantanoidov(III) ittrievoi gruppy i evropiya s nikotinovoi kislotoi* [Hexa(isothiocyanate)chromates(III) of Some Yttrium Group Lanthanide(III) and Europium Complexes with Nicotinic acid: Synthesis, Crystal Structure], *Zhurnal neorganicheskoi khimii* [Russian Journal of Inorganic Chemistry], 2018, vol.63, no. 5, p.596. (rus)
27. Cherkasova E.V., Pervukhina N.V., Kurat'eva N.V., Cherkasova T.G. *Dvoinye kompleksnye soli [Ln(C6H5NO2)3(H2O)2][Cr(NCS)6]·2H2O (Ln=Lu, Ce, Y): sintez i kristallicheskaya struktura* [Double Complex Salts [Ln(C6H5NO2)3(H2O)2][Cr(NCS)6]·2H2O (Ln = Lu,Ce,Y): Synthesis, Crystal Structure], *Zhurnal neorganicheskoi khimii* [Russian Journal of Inorganic Chemistry], 2019, vol.64, no. 3, p.266. (rus)
28. Cherkasova T.G., Pervukhina N.V., Kurat'eva N.V. i dr. *Kompleksoobrazovanie geksافتorosilikatov Co(II), Ni(II), Cu(II) i Zn(II) s nikotinamidom v vodnom rastvore* [Complexation of Cobalt(II), Nickel(II), Copper(II), and Zinc(II) Hexafluorosilicates with Nicotinamide in Aqueous Solution], *Zhurnal neorganicheskoi khimii* [Russian Journal of Inorganic Chemistry], 2019, vol.64, no. 9, p.938. (rus)

Поступило в редакцию 28.04.2020

Received 28 April 2020