

## ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-2-13-18

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

### КОМПЛЕКСЫ СОЛЕЙ Me(II) С НИКОТИНАМИДОМ И КОРДИАМИНОМ

### COMPLEXES OF SALTS ME(II) WITH NICOTINAMIDE AND KORDIAMIN

**Баранцев Денис Александрович**<sup>1</sup>

аспирант, e-mail: kemche@yandex.ru

Denis A. Barantsev, post-graduate student

**Санникова Виктория Андреевна**<sup>1</sup>

аспирант, e-mail: taskaeva.victoriya@mail.ru

Viktoriya A. Sannikova, post-graduate student

**Гиниятуллина Юлия Радиковна**<sup>1</sup>

к. х. н., старший преподаватель, e-mail: giniyatullinayur@kuzstu.ru

Yuliya R. Giniyatullina, C. Sc. In Chemistry, senior lecturer

**Мизинкина Юлия Александровна**<sup>1</sup>

аспирант, e-mail: mizinkina@mail.ru

Yuliya A. Mizinkina, post-graduate student

**Исакова Ирина Валериевна**<sup>1</sup>

канд. хим. наук, доцент, e-mail: ivi.htnv@kuzstu.ru

V. Isakova Irina, C. Sc. (Chemistry), Associate professor

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, 650000 г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация:** Широкое применение комплексных соединений в качестве лекарственных препаратов является одним из перспективных направлений в развитии координационной химии. В данной работе была поставлена цель определить условия синтеза новых комплексных соединений некоторых *d*-металлов с полифункциональными биологически активными веществами, имеющими группы, содержащие донорные атомы азота и кислорода, за счет которых происходит образование связи с металлом комплексообразователем. В ходе анализа различных литературных источников, в которых описывается способность к комплексообразованию органических лигандов, в качестве исходных веществ для синтеза были выбраны никотинамид и кордиамин, а также некоторые анионы. Опытным путем установлена последовательность смешивания растворов исходных компонентов определенной концентрации, из полученных смесей растворов в ходе длительной кристаллизации при комнатной температуре получены кристаллические соединения. Методами химического анализа установлена брутто формула соединений, что позволило определить количество молекул лиганда, вошедших в состав, и наличие молекул воды для некоторых соединений. Сопоставление данных ИК-спектроскопического метода анализа исходных веществ и полученных соединений, а также литературных источников подтверждает участие в образовании соединений органических лигандов, молекул воды и некоторых функциональных групп, входящих в состав аниона, а для некоторых случаев и способ координации.

**Ключевые слова:** разнолигандные комплексы, координационные соединения *d*-металлов, никотинамид, кордиамин, тиоцианат-анион, тетра(тиоцианато)ртути(II)-анион, гексафторосиликат-анион, ИК спектроскопический анализ.

**Abstract:** The widespread use of complex compounds as drugs is one of the promising directions in the development of coordination chemistry. In this paper, the aim was to determine the conditions for the synthesis of new

complex compounds of some d-metals with multifunctional biologically active substances that have groups containing donor nitrogen and oxygen atoms, due to which a bond with the metal complexing is formed. In the course of the analysis of various literature sources, which describe the ability of organic ligands to form complexes, nicotinamide and cordiamine, as well as some anions were chosen as the starting substances for the synthesis. By experiments the sequence was established for mixing the solutions of initial components at a certain concentration; the resulting mixture of solutions was used to obtain crystalline compounds after a long period of crystallization at room temperature. The gross formula of the compounds was established by methods of chemical analysis, which made it possible to determine the number of the ligand molecules included in the composition and availability of water molecules for certain compounds. Comparison of data of IR spectroscopic method of analysis of initial substances and obtained compounds, as well as reference sources confirms participation in the formation of organic ligand compounds of water molecules and some functional groups that make up the anion, and in some cases, a method of coordination.

**Key words:** mixed ligand complexes, coordination compounds of d-metals, nicotinamide, cordiamine, thiocyanate-anion, tetra(thiocyanato)mercurate(II)-anion, hexafluorosilicate-anion, IR spectroscopic analysis.

### Актуальность работы

Гетероциклические азотсодержащие соединения, являющиеся компонентами некоторых витаминов и лекарственных средств, важны для жизнедеятельности живых систем [1,2]. В частности, никотинамид (НА) и кордиамин (СА) участвуют в метаболических процессах человеческого организма [3-5], являются компонентами ряда ферментов и исходными компонентами в синтезе комплексов металлов для создания лекарственных препаратов [6, 7], также НА используют в качестве гидротропного агента в фармацевтической химии [8]. В работах [9-16] сообщается об антибактериальной и противогрибковой активности некоторых комплексов переходных металлов на основе никотинамида. В [17] представлены синтез и характеристика комплексов Au(III) с НА, в [18-20] смешанолигандных соединений Co(II), в [21] биметаллических комплексов Ni(II) и Cu(II), в [22] токсичных металлов Cd(II), Hg(II), Pb(II). Также известны соединения кобальта(II) и меди(II) с комплексным тетра(тиоцианато)меркурат(II)-анионом, описанные как двойные комплексные соли [23]. Координационные соединения металлов - биоэлементов с НА представляют интерес не только как потенциальные биоактивные вещества, но и как комплексы с амбидентатными лигандами. Отметим, что НА имеет три потенциальных донорных атома: азот пиридинового кольца, азот аминогруппы и кислород карбонильной группы. Предпочтительно никотинамид координируется через азот пиридинового кольца [6]. В работах [24-28] описаны структуры координационных полимеров, в работе [29] – структура комплекса, в котором НА выступает в роли мостикового лиганда, координируясь через азот пиридинового кольца и кислород амидной группы.

### Методы исследования

В качестве исходных веществ использовали  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoCO}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{ZnCO}_3$ ,  $\text{CdO}$ ,  $\text{KNCS}$ , НА марок «хч», раствор  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$  с  $\omega=45\%$  («чда») и

кордиамин с  $\omega=25\%$ .

Синтез соединений I-III проводили смешением отдельно водных растворов  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и НА, с последующим добавлением водного раствора комплексной соли  $\text{Na}_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$ , полученной в соответствии с [30 с. 1156], в мольных соотношениях 1:2:1. В результате выпадали кристаллические осадки, которые промывали холодной водой, отфильтровывали и высушивали на воздухе. Выход составил 65% для I, 60% для II, 63% для III.

Синтез соединений IV-VII, IX проводили смешением отдельно водных растворов  $\text{CoSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CdSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и НА в мольном соотношении 1:2, полученные по методике [31, с. 371-372]. Смеси растворов оставляли для медленной кристаллизации при комнатной температуре. Образовавшиеся через несколько дней кристаллы отделяли от маточного раствора фильтрованием и сушили в эксикаторе над  $\text{CaCl}_2$ . Выход составил 70% для IV, 75% для V, 67% для VI, 90% для VII.

При разработке условий синтеза IV-VII установили, что добавление НА в раствор гексафторокремниевой кислоты с  $\omega=9\%$  при перемешивании привело через несколько дней к образованию бесцветных кристаллов соединения VIII, которые отделяли от маточного раствора фильтрованием и сушили в эксикаторе над  $\text{CaCl}_2$ . Выход 52 %.

Синтез соединений X, XI проводили смешением водных растворов солей  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{KNCS}$  марок «хч» с последующим добавлением СА в мольном соотношении 1:2. Раствор оставляли для кристаллизации на 24 часа. Образовавшиеся кристаллы отфильтровывали и высушивали на воздухе.

### Химический анализ и ИК-спектроскопия

Гравиметрически определили: кобальт в I, IV, X и никель в II, V, XI в виде сульфата [32, с. 673, 736]; ртуть в I, II в виде металла [33, с. 251]; гексафторосиликат-ион в IV-IX в виде  $\text{BaSiF}_6$  [31 с.

374]; цинк в VII в виде 8-оксихинолината [34 с. 54]. В соединении III содержание ртути и меди найдено тиацетамидным методом [35 с. 143-144]. Содержание меди в соединении VII определено фотоколориметрическим методом [32, с. 715]. Элементный C,H,N,O,S-анализ – на приборе ThermoFlash 2000. ИК-спектры комплексов I–XI снимали на ИК-Фурье-спектрометре Cary 630 FTIR фирмы Agilent в интервале 4000–400 см<sup>-1</sup> в матрице KBr.

Для I: найдено, %: Co 7.94, H 1.80, C 28.17, N 14.40, O 4.30, S 17.50, Hg 26.80; вычислено, %: Co 8.01, H 1.63, C 26.10, N 15.20, O 4.34, S 17.40, Hg 27.25. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3342 (сл), 3180 (сл), 2131 (оч.с), 1662 (оч.с), 1606 (с), 1578 (ср), 1427 (ср), 1399 (ср), 1204 (сл), 1120 (оч.сл), 1053 (сл), 836 (сл), 797 (сл), 752 (ср), 702 (оч.с).

Для II: найдено, %: Ni 7.85, H 1.70, C 26.83, N 14.20, O 4.60, S 16.90, Hg 26.97; вычислено, %: Ni 7.97, H 1.63, C 26.11, N 15.22, O 4.35, S 17.42, Hg 27.26. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3353 (сл), 3187 (сл), 2147 (оч.с), 1667 (оч.с), 1606 (с), 1580 (ср), 1427 (ср), 1399 (ср), 1210 (ср), 1120 (сл), 1059 (сл), 836 (оч.сл), 797 (сл), 707 (оч.с).

Для III: найдено, %: Cu 8.19, H 1.70, C 26.15, N 14.20, O 4.50, S 16.90, Hg 26.67; вычислено, %: Cu 8.57, H 1.63, C 25.92, N 15.12, O 4.32, S 17.28, Hg 27.08. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3297 (сл), 3152 (сл), 2119 (оч.с), 1701 (ср), 1679 (оч.с), 1617 (с), 1584 (ср), 1433 (ср), 1394 (с), 1210 (ср), 1120 (ср), 1065 (сл), 1003 (сл), 780 (ср), 696 (оч.с).

Для IV: найдено, %: Co 11.30, H 4.10, C 26.10, N 10.20, SiF<sub>6</sub> 25.60; вычислено, %: Co 10.60, H 4.30, C 26.10, N 10.10, SiF<sub>6</sub> 25.70. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3621(сл.), 3409(ср.), 3258(ср.), 1667(ср.), 1623(ср.), 1567(ср.), 1439(ср.), 1215(сл.), 1065(сл.) 744(с.), 707(с.).

Для V: найдено, %: Ni 11.20, H 4.50, C 26.40, N 10.70, SiF<sub>6</sub> 25.60; вычислено, %: Ni 10.60, H 4.30, C 26.10, N 10.10, SiF<sub>6</sub> 25.70. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3621(сл.), 3409(ср.), 3264(ср.), 1673(ср.), 1623(ср.), 1567(ср.), 1439(ср.), 1221(сл.), 1070(сл.), 743(с.), 707(с.).

Для VI: найдено, %: Zn 12.30, H 4.40, C 25.10, N 9.90, SiF<sub>6</sub> 25.30; вычислено, %: Zn 11.90, H 4.30, C 25.80, N 10.00, SiF<sub>6</sub> 25.40. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3621(сл.), 3403(ср.), 3319(ср.), 1673(ср.), 1623(ср.), 1567(ср.), 1439(ср.), 1221(сл.), 1065(сл.) 746(с.), 707(с.).

Для VII: найдено, %: Cu 11.90, H 4.10, C 27.10, N 10.60, SiF<sub>6</sub> 27.10; вычислено, %: Cu 12.20, H 3.80, C 27.60, N 10.70, SiF<sub>6</sub> 27.20. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3532(сл.), 3493(сл.), 3370(ср.), 1684(ср.), 1634(ср.), 1606(ср.), 1450(сл.), 1411(ср.), 1210(сл.), 1070(сл.), 753(с.), 685(с.).

Для VIII: найдено, %: H 3.60, C 36.50, N 14.30, SiF<sub>6</sub> 36.50; вычислено, %: H 3.60, C 37.10, N 14.40, SiF<sub>6</sub> 36.60. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3392(ср.), 1679(ср.), 1623(ср.), 1561(ср.), 1427(ср.), 1204(ср.), 696(с.).

Для IX: найдено, %: H 3.40, C 25.50, N 9.50;

вычислено, %: H 3.60, C 25.70, N 9.99. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3420(сл.), 3370(сл.), 1673(ср.), 1578(сл.), 1433 (сл.), 1411 (сл.), 1210 (сл.), 1120 (сл.), 1059 (сл.), 847 (сл.), 724 (с.), 696 (оч.с.).

Для X найдено, %: Co 9.20, H 5.50, C 46.70, N 14.70, S 11.20; вычислено, %: Co 10.40, H 5.70, C 46.60, N 14.80, S 11.30. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3381 (сл), 3174 (сл), 2979 (сл), 2108 (оч.с), 1667 (сл), 1600 (оч.с), 1517 (сл), 1455 (ср), 1383 (сл), 1299 (ср), 1226 (сл), 1120 (ср), 886 (сл), 741 (сл), 707 (оч.с).

Для XI найдено, %: Ni 9.30, H 5.40, C 47.00, N 15.10, S 11.00; вычислено, %: Ni 10.40, H 5.70, C 46.60, N 14.80, S 11.30. ИК спектр (v, см<sup>-1</sup>): 3359 (сл), 3158 (сл), 2979 (сл), 2103 (оч.с), 1662 (сл), 1600 (оч.с), 1517 (сл), 1461 (ср), 1383 (сл), 1299 (ср), 1226 (сл), 1120 (ср), 886 (сл), 735 (сл), 707 (оч.с).

### Результаты и их обсуждение

Полученные вещества представляют собой устойчивые на воздухе мелкокристаллические порошки. Соединение I красного цвета, II, VII, XI синего цвета, III зеленого, IV, V розового и голубого цвета соответственно, VI, VIII, IX белого цвета, XI оранжевого. Вещества I–IX разлагаются в концентрированных растворах серной и азотной кислот, растворяются в ДМСО, ДМФА, не растворяются в ацетоне, диэтиловом эфире, толуоле, спиртах (этиловом, изопропиловом). Растворимость в воде при 25,0±0,5°С составляет для соединений: I – 2,46·10<sup>-3</sup> моль/дм<sup>3</sup>; II – 1,70·10<sup>-3</sup> моль/дм<sup>3</sup>, III – 0,73·10<sup>-3</sup> моль/дм<sup>3</sup>, IV – 0,08 моль/дм<sup>3</sup>; V – 0,03 моль/дм<sup>3</sup>, VI – 0,15 моль/дм<sup>3</sup>, VII – 0,02 моль/дм<sup>3</sup>, VIII – 0,22 моль/дм<sup>3</sup>.

На основании концепции “жестких–мягких кислот и оснований”, согласно которой ионы Cd<sup>2+</sup> и Hg<sup>2+</sup> относятся к “мягким” кислотам Льюиса, ионы Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> и Ni<sup>2+</sup> занимают промежуточное положение, а ион Si<sup>4+</sup> является «жестким» акцептором электронных пар [36–38], можно предположить образование соединений I–III с тиоцианатными мостиками, а для IV–VII, X и XI возможно образование как молекулярных, ионных, так и полимерных соединений.

Отнесение полос поглощения на ИК-спектрах для соединений I–XI выполнено в соответствии с [39–47]. Для соединений с тиоцианатными мостиками значения частот валентных колебаний много выше 2100 см<sup>-1</sup>, что и наблюдается в ИК-спектрах комплексов I, II, III: 2131, 2147, 2119 см<sup>-1</sup> соответственно. В комплексах с концевыми группами NCS<sup>-</sup> ν(CN) ≈ 2050–2100 см<sup>-1</sup>, что наблюдается в комплексах X–XI: 2103 и 2108 см<sup>-1</sup> соответственно. Частоты ниже 797 см<sup>-1</sup> характеризуют связи амбидентатных роданидных групп с металлами-комплексобразователями через атомы серы и азота. Молекулы воды в составе комплексов IV–VII, IX характеризуются наличием полос валентных колебаний ν(OH) в интервале 3621 – 3409 см<sup>-1</sup>. Полосы валентных колебаний первичных амидов ν(NH) регистрируются для NA при 3359 и 3152 см<sup>-1</sup>, для

соединений: при 3342 и 3180  $\text{см}^{-1}$  (I), 3353 и 3187  $\text{см}^{-1}$  (II), 3297 и 3152  $\text{см}^{-1}$  (III), 3258  $\text{см}^{-1}$  (IV), 3264  $\text{см}^{-1}$  (V), 3319  $\text{см}^{-1}$  (VI), 3370 и 3180  $\text{см}^{-1}$  (VII), 3392 и 3219  $\text{см}^{-1}$  (VIII), 3370 и 3190  $\text{см}^{-1}$  (IX), то есть наблюдается некоторое смещение полос поглощения в низкочастотную область для соединений IV, V, VI, в высокочастотную – для веществ VII-IX. Частота  $\nu(\text{CO})_{\text{NA}}=1679 \text{ см}^{-1}$  незначительно смещается до 1662, 1667, 1670, 1667, 1673, 1673, 1684, 1679, 1673  $\text{см}^{-1}$  в соединениях I-IX соответственно. Полоса поглощения  $\nu(\text{N}=\text{C}=\text{O})_{\text{CA}} 1600 \text{ см}^{-1}$  в X и XI не изменилась, что подтверждает отсутствие координации лиганда через карбонильную группу.

### Результаты

Получены и охарактеризованы новые

разнолигандные координационные соединения d-металлов, определен химический состав соединений. Также установлено наличие молекул воды в комплексах IV-VII, IX-XI. Кроме того, получен гексафторосиликат никотинамидия  $(\text{HNA})_2\text{SiF}_6$  (VIII), в котором атом азота пиридинового кольца  $\text{HNA}^+$  протонирован.

### Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам КузГТУ за ценные консультации и помощь в проведении ИК спектроскопических исследований: д.х.н. Черкасовой Т.Г., к.х.н. Татариновой Э.С., к.х.н. Черкасовой Е.В.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kose D.A., Necefogly H. // Therm. Anal. Calorm. 2008. V.93. № 2. P.509.
2. Кокшарова Т.В., Грищенко И.С., Курандо С.В., Мандзий Т.В. // Вісник ОНУ. 2009. Т.14. № 12. С.91.
3. [Sayin E.](#), [G. S.](#), [Yesilel O.Z.](#) et al. // J. Mol. Struct. 2015. V. 1096. P. 84. doi.org/10.1016/j.molstruc.2015.04.046
4. Puchonova M., Repicka Z., Moncol J. et al. // J. Mol. Struct. 2015. V. 1092. P. 1. doi.org/10.1016/j.molstruc.2015.02.086
5. Dilip C.S., Thangaraj V., A. Paul Raj A.P. // Arab. J. Chem. 2016. V. 9. P. 731. doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.07.016
6. Vaskova Z., Kitanovski N., Jaglicic Z. et al. // Polyhedron. 2014. V. 81. P. 555. doi.org/10.1016/j.poly.2014.07.017
7. Puchonova M., Mazúr M., Ruzickova Z., Valigura D., Moncol J. // J. Mol. Struct. V. 1181. 2019. P 373. doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.12.066
8. Dziewulska-Kulaczkoska A., Mazur L., Ferenc W. // J. Therm. Anal. Calorim. 2009. V. 96, № 1. P. 255.
9. Al-Saif F.A., Refat M.S. // J. Mol. Struct. 2012. V. 1021. P. 40. doi.org/10.1016/j.molstruc.2012.04.057.
10. Smith N.A., Zhang P., Salassa L. et al // Inorg. Chim. Acta. 2017. V. 454. P. 240. doi.org/10.1016/j.ica.2016.06.014
11. [Ozbek F.E.](#), [Sertcelik M.](#), [Yukse M.](#) et al // J. Mol. Struct. 2017. V. 1150. P. 112. doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.08.074
12. Askin G.S., Necefogly H., Tonbul A.M. et al. // Acta Cryst. Section E. 2015. V. 71. P. 479. doi:10.1107/S2056989015006490
13. Bozkurt N., Dilek N., Delibas N.C. et al. // Acta Cryst. Section E. 2013. V. 69. P. 389. doi:10.1107/S1600536813015948
14. [Sharnin V.A.](#), [Dushina S.V.](#), [Grazhdan K.V.](#) et al. // J. Chem. Therm. 2015. V. 82. P. 116. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2014.11.004>
15. Altun O., Suozer M. // J. Mol. Struct. 2017. V. 1149. P. 307. doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.07.069
16. Tella A.C., Owulude S.O., Ajibade P.A. et al. // J. Mol. Struct. 2016. V. 1125. P. 570. doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.07.016
17. Altun Q., Suozer M. // Jotcsa. 2017. № 4. P. 1. doi 10.18596/jotcsa.315233
18. Askin G.S., Necefogly H., Ozkaya S. et al. // Acta Crystallogr. 2016. V. 72E. P. 888. doi 10.1107/S2056989016008689
19. Xue J., Hua X., Yang L. et al. // J. Mol. Struct. 2014. V. 1059. P. 108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.11.001>
20. Cakir S., Bulut I., Naumov P. et al. // J. Mol. Struct. 2001. V. 560. P. 1. doi S0022-2860(00)00719-5
21. Gor K., Kurkuoglu G.S., Yesilel O.Z., Buyukgungor O. // J. Mol. Struct. 2014. V. 1060. P. 166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.12.024>
22. Sarker S., Ehsan M.Q. // J. Bangladesh. Acad. Sci. 2017. V. 41. № 1. P. 37.
23. Craciunescu D., Ben-Bassar A.H.I. // Bull. Soc. Chim. Belg. 1972. V. 81. № 3–4. P. 307.
24. Baig R.B.N., Vaddula B.r., Nadagouda M.N., Varma R.S. // J. Royal Soc. Chem. 2015. V.17. P. 1243
25. Li C., Cui F., Zhang H. et al // Spectrochim. Acta Part A: Mol. and Biomol. Spectr. 2015. V. 134. P. 367.



doi.org/10.1016/j.saa.2014.06.080

26. Chisca D., Croitor L., Petunov O. et al. // CrystEngComm. 2018. V.20. P. 432. DOI: 10.1039/c7ce01988b
27. Arici M., Yesilel O.Z., Acar E., Dede N. // Polyhedron. 2017. V. 127. P. 293. doi.org/10.1016/j.poly.2017.02.013
28. Gor K., Kurkuogly G.S., Yesilel O.Z., Buyukgungor O. // J. Mol. Struct. 2014. V. 1060. P. 166. doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.12.024
29. Xue J., Hua X., Li W. et al. // J. Mol. Struct. 2014. V. 1059. – P.108. doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.11.001
30. Брауэр Г. // Руководство по неорганическому синтезу. 1985. Т. 4. – 447 с.
31. Рысс И. Г. Химия фтора и его неорганических соединений. – М.: Госхимиздат, 1956. – 718 с.
32. Шарло Г. Методы аналитической химии. – М.: Химия, 1965. – 976 с.
33. Практическое руководство по неорганическому анализу / В.Ф. Гиллебранд, Г.Э. Лендель, Г. А. Брайт, Д. И. Гофман. – М.: Химия, 1966. – 1112 с.
34. Живописцев В. П., Селезнева Е. А. Аналитическая химия цинка. – М.: Наука, 1975. 200 с.
35. Крешков А. П. Бессероводородные методы качественного полумикроанализа / А. П. Крешков, К. Н. Мочалов, Ю. Я. Михайленко, А. Н. Яровенко, С. Л. Рогатинская. М.: Высш. шк., 1979.
36. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1985. – 455 с.
37. Pearson R.G. // J. Chem. Educ. 1985. V. 45. – P. 581.
38. Гарновский А.Д., Садименко А.П., Осипов О.А., Цинцадзе Г.В. Жестко-мягкие взаимодействия в координационной химии. Ростов н/Д: Изд-во Ростовск. ун-та, 1986. 272 с.
39. Химия псевдогалогенидов / Под ред. Голуба А.М., Келера Х., Скопенко В.В. Киев: Вища шк., 1971. 360 с.
40. Surendra Dilip C., Thangaraj V., Paul Raj A. // Arabian J. Chem. 2016. V. 9. P. S731-S742. doi 10.1016/j.arabjc. 2011. 07. 016.
41. Jain S.C., Rivest R. // Can. J. Chem. 1969. V. 47. P. 2209.
42. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир, 1982. 328 с.
43. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991. 536 с.
44. Садиков Г.Г., Анцышкина А.С., Кокшарова Т.В. и др. // Кристаллография. 2007. Т.52. № 5. С.847. (Sadikov G.G., Antsyskina A.S., Koksharova et al. // Cryst. Reports. 2007.V.52. № 5. P.819. DOI 10.1134/S1063774507050112)
45. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.:Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 438 с.
46. Bigoli F., Braibanti A., Pellinghelli M. A. // Acta Cryst. 1973. V. 29. P. 2344-2348
47. Ondrejčovičová I., Galková S., Mroziňskib J., Klak J., Lisb T., Olejnik Z. New polymeric thiocyanatoiron(II) complex with N,N'-diethylnicotinamide – Synthesis, structure, magnetic and spectral properties // Inorg. Chim. Acta. 2008. V. 361. P. 2483-2490.

## REFERENCES

1. Kose D.A., Necefogly H. // Therm. Anal. Calorm. 2008. V.93. № 2. P.509.
2. Koksharova T.V., Gritsenko I.S., Kurando S.V., Mandzii T.V. // Visknik ONU. 2009.T.14. No. 12. P.91.
3. Sayın E., G. S., Yesilel O.Z. et al. // J. Mol. Struct. 2015. V. 1096. P. 84. doi.org/10.1016/j.molstruc.2015.04.046
4. Puchonova M., Repicka Z., Moncol J. et al. // J. Mol. Struct. 2015. V. 1092. P. 1. doi.org/10.1016/j.molstruc.2015.02.086
5. Dilip C.S., Thangaraj V., A. Paul Raj A.P. // Arab. J. Chem. 2016. V. 9. P. 731. doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.07.016
6. Puchonova M., Mazúr M., Ruzickova Z., Valigura D., Moncol J. // J. Mol. Struc. V. 1181. 2019. P 373. doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.12.066
7. Vaskova Z., Kitanovski N., Jaglicic Z. et al. // Polyhedron. 2014. V. 81. P. 555. doi.org/10.1016/j.poly.2014.07.017
8. Dziewulska-Kulaczkoska A., Mazur L., Ferenc W. // J. Therm. Anal. Calorim. 2009. V. 96. № 1. P. 255.
9. Al-Saif F.A., Refat M.S. // J. Mol. Struct. 2012. V. 1021. P. 40. doi.org/10.1016/j.molstruc.2012.04.057.
10. Smith N.A., Zhang P., Salassa L. et al // Inorg. Chim. Acta. 2017. V. 454. P. 240. doi.org/10.1016/j.ica.2016.06.014
11. Ozbek F.E., Sertcelik M., Yuksek M. et al // J. Mol. Struct. 2017. V. 1150. P. 112. doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.08.074

12. Askin G.S., Necefoglu H., Tonbul A.M. et al. // *Acta Cryst. Section E*. 2015. V. 71. P. 479. doi:10.1107/S2056989015006490
13. Bozkurt N., Dilek N., Delibas N.C. et al. // *Acta Cryst. Section E*. 2013. V. 69. P. 389. doi:10.1107/S1600536813015948
14. Sharnin V.A., Dushina S.V., Grazhdan K.V. et al. // *J. Chem. Therm.* 2015. V. 82. P. 116. <https://doi.org/10.1016/j.jct.2014.11.004>
15. Altun O., Suozer M. // *J. Mol. Struct.* 2017. V. 1149. P. 307. doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.07.069
16. Tella A.C., Owulude S.O., Ajibade P.A. et al. // *J. Mol. Struct.* 2016. V. 1125. P. 570. doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.07.016
17. Altun Q., Suozer M. // *Jotcsa*. 2017. № 4. P. 1. doi 10.18596/jotcsa.315233
18. Askin G.S., Necefoglu H., Ozkaya S. et al. // *Acta Crystallogr.* 2016. V. 72E. P. 888. doi 10.1107/S2056989016008689
19. Xue J., Hua X., Yang L. et al. // *J. Mol. Struct.* 2014. V. 1059. P. 108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.11.001>
20. Cakir S., Bulut I., Naumov P. et al. // *J. Mol. Struct.* 2001. V. 560. P. 1. doi S0022-2860(00)00719-5
21. Gor K., Kurkcuoglu G.S., Yesilel O.Z., Buyukgungor O. // *J. Mol. Struct.* 2014. V. 1060. P. 166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.12.024>
22. Sarker S., Ehsan M.Q. // *J. Bangladesh. Acad. Sci.* 2017. V. 41. № 1. P. 37.
23. Craciunescu D., Ben-Bassar A.H.I. // *Bull. Soc. Chim. Belg.* 1972. V. 81. № 3–4. P. 307.
24. Baig R.B.N., Vaddula B.r., Nadagouda M.N., Varma R.S. // *J. Royal Soc. Chem.* 2015. V.17. P. 1243.
25. Li C., Cui F., Zhang H. et al // *Spectrochim. Acta Part A: Mol. and Biomol. Spectr.* 2015. V. 134. P. 367. doi.org/10.1016/j.saa.2014.06.080
26. Chisca D., Croitor L., Petunov O. et al. // *CrystEngComm*. 2018. V.20. P.432. DOI: 10.1039/c7ce01988b
27. Arici M., Yesilel O.Z., Acar E., Dede N. // *Polyhedron*. 2017. V. 127. P.293. doi.org/10.1016/j.poly.2017.02.013
28. Gor K., Kurkcuogly G.S., Yesilel O.Z., Buyukgungor O. // *J. Mol. Struct.* 2014. V. 1060. P. 166. doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.12.024
29. Xue J., Hua X., Li W. et al. // *J. Mol. Struct.* 2014. V. 1059. P.108. doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.11.001
30. Brower G. // *Guide to inorganic synthesis*. 1985. Vol. 4. 447 P. 31.
31. Ryss I. G. *Chemistry of fluorine and its inorganic compounds*. – M.: Goskhimizdat, 1956. – P. 718.
32. Charlo G. *Methods of analytical chemistry*. – M.: Chemistry, 1965. – P. 976.
33. *Practical guide to inorganic analysis* / V. F. Gillebrand, G. E. Landel, G. A. bright, D. I. Hoffman. – Moscow: Chemistry, 1966. P. 1112.
34. Painters V.P., Selezneva E.A. *Analytical chemistry of zinc*. – M.: Science, 1975. P. 200.
35. Kreshkov A.P. *Besserozorodnye methods for qualitative semi-microanalysis* / A.P. Kreshkov, K.N. Mochalov, Yu. Ya. Mikhaylenko, A.N. Yarovenko, S.L. Rogatinskaya. M.: Higher. sch., 1979.
36. Kukushkin Y. N. *Chemistry of coordination compounds*. M.: Higher. sch., 1985. P. 455.
37. Pearson R.G. // *J. Chem. Educ.* 1985. V. 45. P. 581.
38. Garnovsky A.D., Sadimenko A.P., Osipov O.A., Tsintsadze G.V. *Hard-soft interactions in coordination chemistry*. Rostov n / D: Publishing House Rostov. Un-ta, 1986. P. 272.
39. *Chemistry of pseudohalogenides* / Ed. Goluba A.M., Köhler H., Skopenko V.V. Kiev: Vishcha shk., 1971. P. 360.
40. Surendra Dilip C., Thangaraj V., Paul Raj A. // *Arabian J. Chem.* 2016. V. 9. P. S731-S742. doi 10.1016/j.arabjc. 2011. 07. 016.
41. Jain S.C., Rivest R. // *Can. J. Chem.* 1969. V. 47. P. 2209.
42. Smith A. *Applied IR Spectroscopy*. M.: Mir, 1982. P. 328.
43. Nakamoto K. *IR spectra and Raman spectra of inorganic and coordination compounds*. M.: Mir. 1991. P. 536.
44. Sadikov G.G., Antsyshkina A.S., Koksharova T.V. et al // *Crystallography*. 2007. V. 52. № 5. S.847. (Sadikov G.G., Antsyshkina A.S., Koksharova et al. // *Cryst. Reports*. 2007.V.52. No. 5. P.819. DOI 10.1134 / S1063774507050112).
45. Prech E., Buhlmann F., Affolter K. *Determination of the structure of organic compounds. Spectral data tables*. M.: World; BINOMIAL. Laboratory of Knowledge, 2006. P. 438.
46. Bigoli F., Braibanti A., Pellinghelli M. A. // *Acta Cryst.* 1973. V. 29. P. 2344-2348
47. Ondrejčovičová I., Galková S., Mroziński J., Klak J., Lisb T., Olejnik Z. *New polymeric thiocyanatoiron(II) complex with N,N'-diethylnicotinamide – Synthesis, structure, magnetic and spectral properties* // *Inorg. Chim. Acta*. 2008. V. 361. P. 2483-2490.