

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Факультет хімії та фармації  
Кафедра неорганічної хімії та хімічної екології

## Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: «Синтез та характеристика координаційних сполук  
малеїнатів та фумаратів 3d-металів з гідразидами бензойної та  
фенілоцтової кислот»

«Synthesis and characteristic of coordination compounds of 3d-metal maleinates  
and fumarates with benzohydrazide and phenylacetic hydrazide»

Виконав: студент денної форми навчання  
спеціальності 102 Хімія

**Стріляєв Сергій Сергійович**

Керівник д.х.н., доц. Кокшарова Т.В. \_\_\_\_\_

Рецензент к.х.н., доц. Шматкова Н.В.

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
№ 4 від 19.12. 2019 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Т.Л. Ракитська  
(підпис)

Захищено на засіданні ЕК №  
протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2019 р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова екзаменаційної комісії

\_\_\_\_\_ О.М. Чеботарьов  
(підпис)

**Одеса – 2019**

## РЕФЕРАТ

дипломної роботи студента 6 курсу хімічного факультету  
Стріляєва С.С. *«Синтез та характеристика координаційних сполук  
малеїнатів та фумаратів 3d-металів з гідразидами бензойної та  
фенілоцтової кислот»*

В дипломній роботі вперше досліджено взаємодію малеїнатів і фумаратів Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) з гідразидами бензойної та фенілоцтової кислот. Вперше виділено 11 координаційних сполук, склад яких підтверджено хімічним аналізом. Характер координації метал – гідразид і тип зв'язування малеїнат-аніонів у комплексних сполуках вивчено методом ІЧ спектроскопії. Методом спектроскопії дифузного відбиття визначені координаційні поліедри.

Робота представлена на 52 стор. друкованого тексту і містить 5 таблиць, 9 рисунків, список літератури 62 посилання.

Дана робота виконана в рамках безрозрахункової бюджетної теми № 148 **«Синтез та будова координаційних сполук карбоксилатів 3d-металів з гідразидами карбонових та тіокарбамінових кислот»** № держреєстрації – 0116U003631. Науковий керівник д.х.н., доцент Кокшарова Т. В.

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	4
Розділ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1 Характеристика 3d-металів як комплексоутворювачів	6
1.2 Характеристика бензгідразида як ліганда	12
1.3 Обґрунтування мети дослідження	24
Розділ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	26
2.1 Характеристика вихідних речовин	26
2.2 Методика дослідження	27
2.2.1 Методики аналізу комплексів	27
2.2.2 Фізико-хімічні методи дослідження	28
2.2.3.Методики синтезу малеїнатів 3d-металів	29
2.3 Результати та їх обговорення	30
Методики синтезу комплексів	30
ВИСНОВКИ	43
ЛІТЕРАТУРА	44

## ВСТУП

Хімія координаційних сполук є одним з розділів неорганічної хімії, який останніми роками особливо успішно розвивається. Однією з характерних рис сучасної хімії взагалі є все зростаюче використання координаційних сполук (комплексів металів) у процесах, що формально відносяться до інших галузей цієї науки (наприклад, каталітичних - металокомплексний каталіз, органічних - темплатні процеси тощо). Таке використання комплексів неможливе без встановлення взаємозв'язку між електронною і геометричною будовою координаційних сполук з одного боку, та їх властивостями - з іншого. Серед координаційних сполук велику і важливу групу представляють комплекси з азотвмісними потенційно полідентатними лігандами. Вони характеризуються великою різноманітністю властивостей, досить високою міцністю зв'язку метала-комплексоутворювача з донорними атомами азоту.

Цікавими сферами застосування теоретичних і експериментальних даних про будову і властивості комплексів  $Zn$ -металів з азотвмісними лігандами можуть бути біологія і медицина. Це пов'язано з тим, що поведінка іонів металів в організмі перш за все обумовлена здатністю катіона металу брати участь у процесах комплексоутворення з багатьма природними лігандними системами, серед яких більшість містить донорні атоми азоту.

У процесах комплексоутворення за участю  $Zn$ -металів і органічних лігандів дуже велике значення відіграє аніон солі  $Zn$ -метала, узятій для синтезу комплексу. Так, залежно від аніона солі може бути добутий або катіонний, або нейтральний комплекс  $Zn$ -металу з органічним лігандом. Крім того, від здатності аніону бути ацидолігандом залежить і число координованих металом органічних лігандів, а також їх дентатність. Раніше було показано, що каталітична активність координаційних сполук також залежить від природи і будови координаційного вузла, а отже, і від аніона

узятій солі. Разом з тим у літературі впливу аніонів на комплексоутворення практично не приділяється уваги.

Бензгідрозид та фенілацетгідрозид містять карбонільну групу і аміногрупи, будучи потенційно полідентатними лігандами. Представляє інтерес вивчення їхніх змішанолігандних комплексів з іншими лігандами, які також є потенційно бідентатними і також містять аналогічні групи. Метою даної роботи був синтез і дослідження будови і властивостей координаційних сполук, що містять в своєму складі бензгідрозид, фенілацетгідрозид і малеїнат-аніони.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі завдання:

1. Синтезувати малеїнати  $\text{Co(II)}$ ,  $\text{Ni(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$  і  $\text{Zn(II)}$ .
2. Виділити і вивчити продукти їх взаємодії з бензгідрозидом.
3. Виділити і вивчити продукти взаємодії малеїн атів з фенілацетгідрозидом.

## ВИСНОВКИ

1. За розробленими методиками вперше синтезовано 11 координаційних сполук з бензгідразидом та фенілацетгідразидом складу  $ML_3R$ , де:

$R = \text{Maleinate, Fumarate}$   $M = \text{Co, Ni, Zn}$ ;  $L = \text{BG, FG}$ .

2. За результатами елементного аналізу встановлено що в усіх отриманих комплексах співвідношення метал : ліганд реалізується 1:3 незалежно від природи металу чи ліганда. Будову трьох сполук описано методом РСА.

3. Методом ІЧ спектроскопії встановлено, що в усіх синтезованих сполуках бензгідразид і фенілацетгідразид біидентатний з координацією через кисень та азот гідразидної групи, а карбоксилат-аніон знаходиться у зовнішній сфері.

4. За даними СДВ припущено октаедричну будову комплексів нікелю(II), кобальту(II).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. Т. 3. — М.: Мир, 1969. - 591с.
2. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. — М.: Химия, 1993. - 592 с..
3. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия. - М.: Высшая школа, 1994. - 608 с.
4. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. — М.: В. школа, 1998. – 743 с.
5. Болдашевский А.В., Нухулы А., Фазылов С.Д., Мулдахметов З.М. Изучение реакции синтеза гидразидов бензойной кислоты при микроволновой активации // Изв. НАН Респ. Казахстан. Сер. хим. - 2010. - Т. 6 (384). - С. 11-13.
6. Dodoff N., Grancharov K., Gugova R., Spassovska N. Platinum (II) Complexes of Benzoic- and 3-Methoxybenzoic Acid Hydrazides. Synthesis, Characterization, and Cytotoxic Effect // J. Inorg. Biochem. - 1994. - Vol .54, N 3.- P. 221-233.
7. Odunola O.A., Adeoye J.O., Woods J.A.O. Synthesis and structural features of Copper(II) complexes of ;benzoic acid and methyl t substituted benzoic acid hydrazides and X-ray structure of  $Cu[C_6H_5CO_2NHNH_2]_2(N_3)_2$  // Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry.- - 2002. - Vol. 32, N4.- P. 801-817.
8. Arjunan V., Rani T., Mythili C.V., Mohan S. Synthesis, FTIR, FT-Raman, UV—visible, ab initio and DFT: studies on benzohydrazide // Spectrochim. Acta. Part A. - 2011. - Vol. 79, N 3. - P. 486-496.
9. Sallomi I.J., Al-Daher A.M. Benzoyl- and Salicyloylhydrazine complexes of mercury(II) chloride. J. Inorg. Nucl. Chem. 1979. Vol. 41, N 11. P. 1608-1609.
10. Iskander M.F., Zayan S.E., Khalifa M.A., El-Sayed L. Coordination compounds of hydrazine derivatives with transition metals. VI. The reaction of aroylhydrazines with nickel(II), cobalt(II) and copper(II) salts // J. Inorg. Nucl. Chem. - 1974. - Vol. 36, N 3. - P. 551-556.

11. Patel R.N., Singh A., Shukla K.K., Patel D.K., Sondhiya VP. Synthesis, characterization and biological activity studies of octahedral nickel(II) complexes // *Transition Met. Chem.* - 2011. - Vol. 36, N 2. - P. 179-187.
12. Issa R.M., El-Shazly M.F., Iskander M.F. Coordination Compounds of Hydrazine Derivatives with Transition Metals. I. Metal Chelates with Benzhydrazide and Salicylhydrazide // *J. anorg. allg. Chemie.* – 1967.- Vol. 354, N 1-2. - P. 90-97.
13. Narang K.K., Singh M.K. Synthesis, Characterization, IR Spectra and Other Studies of Some Mercury (II) Chloride, Nitrate and Thiocyanate Complexes of Organic Acid Hydrazides and Hydrazones // *Synth, and React, in Inorg. and Metal-Org. Chem.* - 1987- Vol. 17, N 1.- P. 57-78.
14. Nagano K., Kihoshita H., Tamura Z. Metal Complexes of Isonicotinoylhydrazine and Related Compounds. III. Consecutive Formation Constants for Various Metal Ions by the pH Titration Method // *Chem. Pharm. Bull.* - 1963. - Vol. 11, N 8. - P. 999-1013. <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.11.999>.
15. Nagano K., Kinoshita H., Hirakawa A. Metal Complexes of Isonicotinoylhydrazine and Related Compounds. IV. Composition Formulae and Infrared Absorption Spectra of Metal Complex Crystals Isonicotinoylhydrazine and Related Compounds // *Chem. Pharm. Bull.* - 1964. - Vol. 12, No 10. - P. 1198-1206. <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.12.1198>.
16. Гогоришвили П.В., Харитонов Ю.Я., Каркарашвили М.В., Мачхошвили Р.И. Комплексные соединения металлов с бензоилгидразином. *Журн. неорган. химии.* - 1969. - Т. 14, № 10. - С. 2891-2893.
17. Zidan A.S.A. Synthesis and Investigation of Mixed-Ligand Transition Metal Complexes of Alkyl Dithiocarbonate and Benzoylhydrazine or Benzoylhydrazone Derivatives // *Synth, and React. Inorg. and Metal-org. Chem.* - 2004 - Vol. 34, N. 4. - P. 743-762. <http://dx.doi.10.1081/SIM-120035954>.
18. Chatt J, Dilworth J.R., Leigh G.J, Gupta V.D. Some Benzoylazo-complexes of Rhenium Halides with Tertiary Phosphines, and Related Compounds // *J. Chem. Soc. (A)* - 1971. - P. 2631-2639. <http://dx.doi.10.1039/J19710002631>.

19. Aggarwal J.S., Darbari N.L., Jnanendra N.R. GCLIV. Phthalazines. Part I. // *J. Chem. Soc.* - 1929. -P. 194T-1945. <http://dx.doi.org/10.1039/JR9290001941>.
20. Singh V.P. Synthesis, electronic and ESR spectral studies on copper(II) nitrate complexes with some acylhydrazines and hydrazone // *Spectrochim. Acta Part A.* - 2008; -Vol. 71, N 1. - P.
21. Thiam E.I., Barry A.H., Navaza A., Retailleau P., Mohamed Gaye M., Sail A.S. Bis(benzohydrazide)bis(nitrato-KO)copper(II) // *Acta Cryst. Sec. E. Structure Reports Online.* -2009. -Vol. 65, N 8. - P. m1014.
22. Patel R.N., Singh A. Shukla K.K., Patel D.K., Sondhiya. V.P. Synthesis, characterization, and superoxide dismutase activity of copper(II) complexes with bidentate ligands // *J. Coord. Chem.* - 2010. - Vol. 63, N. 19. - P. 3483- 3497.
23. Baker R.J., Nuburg S.C., Szymanski J.T. The Crystal and Molecular Structure of Bis(N-benzoylhydrazine)copper(II) Pentachlorotricuprate(I), a New Complex Containing Copper in Mixed Oxidation States // *Inorg. Chem.* - 1971. - Vol. 10, N.1. - P. 138-146. <http://dx.doi.org/10.1021/ic50095a028>.
24. Гогоршивили П.В., Каркарашвили М.В., Каландаришвили Д.З. Бензоилгидразиновые комплексные соединения галогенидов переходных металлов // *Журн. неорган. химии.* - 1969. - Т. 14, № 6. - С. 1516-1520.
25. Dutta A.A., Chaudhuri N.R. Acid hydrazides as ligands - III. Metal Complexes of Acetylhydrazide and Benzoylhydrazide // *J. Inorg. Nucl. Chem.* - 1971. - Vol. 33, N 1. - P. 189-201.
26. Роман Л.Ю., Чундак С.Ю. Синтез, структура та біологічна активність координаційних сполук Zn(II) та Cd(II) з гідразидом бензенової кислоти. *Наук. вісник Ужгород, ун-ту (Сер. Хімія).* - 2014. - № 1 (31). - С. 31-39.
27. Alcock J.F., Baker R.J, Diamantis A.A. The N-acylhydrazine grouping as a ligand. I. Coordination compounds of keto-and enol- N-acylhydrazines with cobalt(II), nickel(II), and copper(II) // *Aust. J. Chem.* - 1972. - Vol. 25, N 2. - P. 289-302. <http://dx.doi.org/10.1071/ch9720289>.
28. Narang K.K., Singh V.P., Singh S.K., Mishra G.D. Synthesis, Characterization, X-Ray Diffraction Studies and Antifungal Activity of Cobalt(II) Complexes with Some

aroylhydrazine® Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1996. - Vol. 26, N 2. - P. 191-209. <http://dx.doi.10.1080/00945719608004258>.

29. Миминошвили Э.Б.. Гидразидокомплексы металлов // Журн. структ. химии. 2009. - Т. 50. – С. 174-181.

30. Odunola O.A., Adeoye I.O., Woods J.A.O., CeleBe A.C: Synthesis and Characterization of Ni(II) Complexes of Benzoic Acid and Methyl Substituted Benzoic Acid Hydrazides and X-Ray Structure of  $[Ni(C_6H_5CONHNH_2)_3Cl_2 \cdot 3CH_3OH]$  // Synth, and React. Inorg and Metal-Org. Chem. - 2003. - Vol. 33, N 2 - P. -205-221.

31. Анцышкіна А. Г.; Кокшарова Т.В., Сергиенко В.С., Мандзий Т.В., Садиков Г.Г Синтез, ИК-спектроскопическое исследование и кристаллическая структура трис(бензгидразид)никель(II) дихлорид дигидрата  $[Ni(L)_3]Cl_2 \cdot 2H_2O$  // Журн. неорган. химии; - 2016. - Т. 61, № 1. - С. 36- 40. <http://dx.doi.10.1134/S0036023616010046>.

32. Martinez J, Martinez A., Cuenca M. L., Doadrio López A. Synthesis, Thermal and Spectral Study of Oxovanadium(IV) Complexes with Benzoic Acid Hydrazine and p-Hydroxybenzoic Acid Hydrazide // Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1988. - Vol. 18, N 9. - P. 881-901. <http://dx.doi.10.1080/00945718808060829>.

34. El-Hendawy A.M. Complexes of ruthenium(II) and (III) derived from O,N-donor ligands, and their efficiency as catalytic oxidants for alcohols // Polyhedron. - 1991. - Vol. 10, N 18. - P. 2137-2144. [http://dx.doi.org/10.1016/S0277-5387\(00\)86133-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0277-5387(00)86133-1).

35. Харитонов Ю.Я., Мачхошвили Р.И Комплексные соединения платины(II) с бензоилгидразином // Журн. неорган. химии 1971. - т. 16, № 7. - С. 1139- 1140. <http://dx.doi.org/10.1002/chin.197127139>.

36. Narang K.K., Singh M'. - "Complexes of Zn(II), Cu(II), Ni(II) and Co(II) Tetrathiocyanato Mercurates(II) with Hydrazides and Their Biological Activity // Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1985. - Vol. 15, N 6. - P. 821-837. <http://dx.doi.10.1080/00945718508060598>.

37. Narang K.K., Pandey J.P., Singh K.P., Rai P.K. Synthesis, Characterization, IR and Electronic Spectra, Magnetic Moments and Biological Activity of Trinuclear

Nickel(II) Tetrathiocyanato Bis Argentate(I) Complexes with Hydrazides and Hydrazones // Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1990. - Vol. 20, N 10. - P. 1301-1316.

<http://dx.doi.org/10.1080/00945719008048635>.

38. Narang K.K., Pandey J.P. Synthesis, Characterization, Solid State Conductance and Thermal Studies of Trinuclear Cobalt(II) Tetrathiocyanatodiargentate(I) Complexes with Hydrazides and Hydrazones // Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1992. - Vol. 22, N 1. - P. 65-81.

<http://dx.doi.10.1080/15533179208020640>.

39. Narang K.K., Pandey J.P. Synthesis, Characterization, Solid State Conductance and Thermal Studies of Some Bivalent Transition Metal Tetrathiocyanato Biscuprate(I) Complexes with Hydrazides and Hydrazones // Synth, and React. Inorg. and Metal-Org. Chem. - 1994. - Vol. 24, N 4. - P. 589-611. <http://dx.doi.10.1080/00945719408000136>.

40. Анцышкина А.С., Кокшарова Т.В., Садиков Г.Г., Сергиенко В.С., Мандзий Т.В. Синтез, кристаллическая и молекулярная структура гидрата малонатобензгидразиддиаквакобальта(II) // Журн. неорганической химии. — 2016. - Т. 61, № 4. - С. 455-462. <http://dx.doi.10.1134/S0036023616040045>.

41. Анцышкина А.С., Кокшарова Т.В., Сергиенко В.С., Мандзий Т.В., Садиков Г.Г. Синтез, кристаллическая и молекулярная структура координационного соединения  $[Co(L)_3](OH)C_1H_3S \cdot nH_2O$ , где L - бензгидразид,  $H_3Ssal$  — 5-сульфосалициловая кислота // Журн. неорганической химии. - 2014. - Т. 59, № 12. - С. 1665-1670. <http://dx.doi.10.1134/S0036023614120031>

42. Tabakova S., Dodoff N. Effect of Platinum(II) Complexes of Benzoic and 3-Methoxybenzoic Acid Hydrazides on *Saccharomyces cerevisiae* // Z. Naturforsch. - 1995. - Vol. 50c. - P. 732-734.

43. Qurrat Ul Ain, Uzma A., Rifat A. J. et al. / Spectrochim. Acta. Part A. 2013. V. 115. P. 683.

44. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. — М.: Химия, 1970. — 255 с,

45. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. - М.: Химия, 1975. - 224 с.
46. Jensen 52. *Jensen J. Buur* // Acta Chem. Scand. 1956. Vol. 10. N 4. P. 667. DOI: [org/10.3891/acta.chem.scand.10-0667](https://doi.org/10.3891/acta.chem.scand.10-0667).
47. Гордон А., Форд Р. Спутник химика. М.: Мир, 1976. 541 с.
48. Кокшарова Т.В., Мандзий Т.В., Стоянова И.В. и др. / Ж. общ. химии. 2016. Т. 86. № 10. С. 1714. Koksharova T. V. } Mandzii T. V., Stoyanova I. V. et alM Russian Journal of General Chemistry. 2015. V. 86. №. P. 2361.
49. Кокшарова Т.В., Садиков Г.Г., Анцышкина А.С. и др. Щ Жури, неорган. химии. 2006. Т. 51. № 6. С. 966. Koksharova T. V, Sadikov G. G., Antsyshkina A. S. et al. /Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2006. V. 51. № 6. P. 895.
50. Анцышкина А.С., Кокшарова Т.В., Садиков Г.Г. и др. Г Жури, неорган. химии. 2006. Т. 51. № 6. С. 972. Antsyshkina A. S., Koksharova T. V., Sadikov G. G. et al. / Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2006. V. 51. № 6. P. 901.
51. Анцышкина А.С., Садиков Г.Г., Кокшарова Т.В. и ф.Е Жури, неорган. химии. 2006. Т. 51\^№ 10. С. 1671. Antsyshkina A. S., Sadikov G. G., Koksharova T. V. et al. / Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2006. V. 51. №10. P.1571.
52. *Ul Ain Q., Ashiq U., Ara Jamal R., Saleem M., Mahrooof-Tahir M.* // Arab. J. Chem. 2017. Vol. 1. N 4. P. 488. DOI: [org/10.1016/j.arabjc.2015.02.024](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.02.024)],
53. Кокшарова Т.В., Сергиенко В.С., Суражская М.Д., Мандзий Т.В., Михайлов Ю.Н. Синтез, кристаллическая и молекулярная структура комплекса тетрааква бис(бензоато) трис(фенилацетгидразид) никеля(II),  $[\text{Ni}(\text{HL}^1)_3](\text{L}^2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Ж. неорган. химии. 2017, т. 62, № 12, с. 1576-1584.
54. Chandran S., Jagan R., Paulraj R., Ramasamy P. Spectral, mechanical, thermal, optical and solid state parameters of metal-organic bis(hydrogenmaleate)-Co(II) tetrahydrate crystal. Journal of Solid State Chemistry, Volume 230, October 2015, Pages 135-142.
55. Farnum G.A., Martin D. P., Sposato L. K., Supkovski R.M., LaDuca R.L. Zinc maleate and fumarate coordination polymers containing hydrogen-bonding capable

organodiimines featuring ligand dependent in situ cis-trans isomerization. *Inorganica Chimica Acta* V.363. 2010, Pages 250-256.

56. Liu P., Wang Y.Y., Li D.Sh., Ma H.R, Shi Q.Zh., Lee G.-H., Peng Sh.-M., Molecular double chains and 3-D supramolecular frameworks with open channels assembled from copper (II) maleate coordination polymers with chelating aromatic amine ligands by noncovalent interactions. *Inorganica Chimica Acta* V.358. 2005, Pages 3807-3814.

56. Mahalakshmi V., Lincy A., Thomas J., Saban K.V. Growth, structure and optical properties of an efficient NLO crystal-aqua maleatocopper(II) *Optik* V. 125, 2014, Pages 191-195.

57. Rao S.N., Reddy Y.P. Spectroscopic investigation on copper doped magnesium hydrogen maleate hexahydrate *Solid State Communications*, V. 78, No. 12, 1991, Pages 1025-1027.

58. Ruggiero M.T., Korter T.M. The crucial role of water in shaping low-barrier hydrogen bonds

59. Yang J.-M., Zhou Zh.-H., Zhang H., Wan H.-L., Lu Sh.-J. Temperature effect on the conversions of phthalate and maleato manganese(II) complexes with diamine ligands *Chimica Acta* V.358. 2005, Pages 1841-1849.

60. Кукушкин Ю. Н. Химия координационных соединений / Ю. Н. Кукушкин. - М. : Высш. шк., 1985. - 455 с.

61. S. L. Ma, L. Z. Zhang . Synthesis and Characterization of Three Novel Ferromagnetic Copper(II) Binuclear Complexes Bridged by Phthalato // *Polish J. Chem.* – 2002. - Vol. 76, No. 11. - P. 1537-1543.

62. Ливер Э. Электронная спектроскопия неорганических соединений. Т. 2. М.: Мир, 1987. С.93.