

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: **«Координаційні сполуки малеїнатів 3d-металів з  
гідразидами саліцилової та ізонікотинової кислоти»**

«Coordination compounds of 3d metal maleinates with salicylhy-drazide and  
isonicotinhydrazide»

Виконав: студент денної форми навчання  
спеціальності 102 Хімія

**Глуган Дмитро Васильович**

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

Рецензент к.х.н., доц. Менчук В.В.

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
№ \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Т.Л. Ракитська  
(підпис)

Захищено на засіданні ЕК №  
протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 р.  
Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова екзаменаційної комісії  
\_\_\_\_\_ О.М. Чеботарьов  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

дипломої роботи студента 6 курсу хімічного факультету Глуган Д.В.  
«Координаційні сполуки малеїнатів 3d-металів з гідразидами саліцилової та  
ізонікотинової кислоти»

В дипломній роботі вперше досліджено взаємодію малеїнатів та фумаратів Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) з гідразидами саліцилової та ізонікотинової кислоти. Вперше виділено 10 координаційних сполук, склад яких підтверджено хімічним аналізом. Характер координації метал – гідразид і тип зв'язування малеїнат – аніонів та фумарат – аніонів у комплексних сполуках вивчено методом ІЧ спектроскопії. Методом спектроскопії дифузного відбиття визначені координаційні поліедри.

Робота представлена на стор. Друкованого тексту і містить таблиць 5, 10 рисунків, список літератури 59 посилання.

Дана робота виконана в рамках без розрахункової 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 Ізонікотингідразид як ліганд                      | 11    |
| 1.3 Саліцилгідразид як ліганд                         | 13    |
| 1.4 Малейнат – іон в координаційних сполуках          | 15    |
| 1.5 Обґрунтування мети дослідження                    | 18    |
| Розділ 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА                     | 20    |
| 2.1 Характеристика вихідних речовин                   | 20    |
| 2.2 Методика дослідження                              | 21    |
| 2.2.1 Методики аналізу комплексів                     | 21    |
| 2.2.2 Фізико-хімічні методи дослідження               | 22    |
| 2.3 Результати та їх обговорення                      | 23    |
| ВИСНОВКИ  | 39    |
| ЛІТЕРАТУРА  | 40    |

## Вступ

Хімія координаційних сполук є одним з розділів неорганічної хімії, який останніми роками особливо успішно розвивається. Однією з характерних рис сучасної хімії взагалі є всезростаюче 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 їхніх властивостями – з іншого. Серед координаційних сполук велику і важливу групу представляють комплекси з азотвмісними потенційно полідентатними лігандами, зокрема, із азотвмісними гетероциклами. 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 3d-металів з азотвмісними гетероциклами можуть бути біологія і медицина. Це пов'язано з тим, що поведінка іонів металів в організмі перш за все зумовлена 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 3d-металів і органічних лігандів дуже велике значення грає аніон солі 3d-метала, узятій для синтезу комплексу. Так, залежно від аніона солі може бути добутий або катіонний, або нейтральний комплекс 3d-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.

Метою даної роботи був синтез і дослідження будови і властивостей координаційних сполук, що містять в своєму складі ізонікотингідрозид та саліцилгідрозид і маленат- та фумарат аніони.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі завдання:

1. Синтезувати фумарати та маленати  $\text{Co(II)}$ ,  $\text{Ni(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$  і  $\text{Zn(II)}$ .
2. Виділити і вивчити продукти їх взаємодії маленатів та фумаратів з саліцилгідрозидом.
3. Виділити і вивчити продукти їх взаємодії маленатів та фумаратів з ізонікотингідрозидом.

## ВИСНОВКИ

1. За розробленими методиками вперше синтезовано 8 координаційних сполук Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) з гідрозидом ізонікотинової кислоти та 2 координаційні сполуки Zn(II) з гідрозидом саліцилової кислоти.

2. За результатами елементного аналізу встановлено, що для малеїнату та фумарату Cu(II), а також для малеїнату Co(II) реалізуються комплекси складу  $M : L = 1 : 1$ ; для малеїнатів Zn(II) з ізонікотингідрозидом та саліцилгідрозидом, а також для малеїнату Ni(II) з ізонікотингідрозидом – 1:2; а для фумаратів Co(II), Ni(II), Zn(II) з ізонікотингідрозидом та фумарату Zn(II) з саліцилгідрозидом – 1:3.

3. Методом ІЧ спектроскопії встановлено, що в усіх синтезованих сполуках ізонікотингідрозид і саліцилгідрозид біидентатні з координацією через кисень та азот гідрозидної групи, а карбоксилат-аніон знаходиться у зовнішній сфері.

4. За даними СДВ припущено октаедричну будову комплексів Co(II), псевдотетраедричну будову комплексів Cu(II) та тетраедричну будову комплексів Ni(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. Sanke Gowda H. and Janardhan R. Metal complexes of isonicotinic acid hydrazide / / J. Chem. Scien. – 1982. – Vol. 91, №4. – P. 339-341.
6. Bychkova T. I., Shtyrlin V. G., Sadykova E. R., Zakharov A. V. Complexation of Ni(II) with Benzoic, p-Methoxybenzoic, and Isonicotinic Acids Hydrazides in Aqueous Acetonitrile // J. Gen. Chem. – 2001. – Vol. 71, №9. – P. 1362-1367.
7. Afanas'eva G. V., Bychkova T. I., Shtyrlin V. G., Shakirova A. R., Garipov R. R. Zyavkina Yu. I., Zakharov A. V. Complexation and ligand exchange in aqueous of Cu(II) and Ni(II) with hydrazides of some aromatic acids // J. Gen. Chem. – 2000. – Vol. 76, №3. – P. 365–374
8. Singh R., Ramlingeswara Rao L. V. K. N. Distortion of the coordination polyhedron in mononuclear copper(II) complexes. Optical absorption and electron spin resonance studies on some five-coordinate copper(II) complexes // Polyh. – 1984. – Vol. 3, №2. – P. 137-142.
9. Narang K. Ku., Pandey J. P., Singh V. P. Synthesis, characterization and physicochemical studies of some Copper(II) tetrathiocyanato dithallate(I) complexes with hydrazides and hydrazones // Polyh. – 1994. – Vol.13, №4. – P. 529-538.
10. Singh P. P., Khan S. A. Synthesis and structural studies of some tetrathiocyanate complexes with substituted pyridines as lewis bases // Inorg. Chim. Act. – 1975. –Vol. 14. – P. 143-149.
11. Singh R. Synthesis, electronic, photoacoustic and electron spin resonance investigations on some tetrathiocyanate binuclear mixed-metal complexes // Mol. Spectroscopy. – 1982. – Vol. 38, №9. – P. 1017-1023.
12. Bardak F., Atac Ah., Kurt M. Infrared and Raman study of some isonicotinic acid metal(II) halide and tetracyanonickelate complexes // Mol. and Biomol. Spectr. – 2009. – Vol. 71, №5. – P. 1896-1900.
13. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965. С. 67

14. Srivastava A., Antony A., Ramakrishnan Th. Molecular mechanism for the specific inhibition of reverse transcriptase of rous sarcoma virus by the copper complexes of isonicotinic acid hydrazide // *Biochem. Pharm.* – 1978. – Vol. 27, №4. – P. 579-584.
15. Ramakrishnan A. T., Mikelens P., Jackson J. and Levinson W. Effect of isonicotinic acid hydrazide-copper complex on Rous sarcoma virus and its genome RNA // *Bioinorg. Chem.* – 1978. – Vol. 9, №1. – P. 23-24.
16. Abou Sekkina M. M., Abou El-Azm M. G. Thermochemical analyses of solid isonicotinic hydrazide transition metal complexes // *Thermochim. Act.* – 1984. – Vol. 79, №1. – P. 47-53.
17. Харитонов Ю. Я. Исследование тиоцианатных комплексов металлов с ацетилгидразином и гидразидами оксибензойных кислот / Ю.Я. Харитонов, Р.И. Мачхошвили, Н.Б. Генералова, Р.Н. Щелоков // *Ж. неорган. химии.* – 1975. – Т. 20, № 4. – С. 965-971.
18. Харитонов Ю.Я. Изучение комплексных соединений металлов с гидразидом салициловой кислоты / Ю.Я Харитонов., Р.И. Мачхошвили, Н.Б. Генералова // *Журн. неорган. химии.* – 1974. – Т.19, №6. – С.1564-1569.
19. Буев П.Н. Комплексообразование переходных металлов с гидразидами ароматических кислот в водных растворах / Буев П.Н., Печурова Н.И. // *Ж. неорган. химии.* 1981. – Т. 26, вып. 1. – С. 133-136.
20. M. J. McGinn, B. R. Wheeler, A. K. Galwey. Thermal Decomposition of Nickel Maleate. *Trans. Faraday Soc.* 1971. V. 67. P. 1480-1488. doi.org/10.1039/tf9716701480
21. P. S. Bassi, B. S. Randhawa, C. M. Khajuria, Sandeep Kaur JComparative study of the thermal analyses of some transition metal(II) maleates and fumarates *Journal of Thermal Analysis* 1987 volume 32 issue 2 pages 569 to 577 doi.org/10.1007/bf01912710
22. J.R. ALLAN, G.M. BAILLIE and J.G. BONNER THERMAL STUDIES ON MALEIC ACID COMPOUNDS OF MaNGANESE(II), COBALT(II), NICKEL(II), COPPER(II) AND ZINC(II). *Thermochimica Acta*, 143 (1989) 283-288.
23. Cun-Gen Zhang,(1)\* Yong-Jun Leng,(1) Zi-Feng Ma,(1) and De-Yue Yan(1) Crystal structure of [Co(bipy)(maleato) (H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub> ]\_H<sub>2</sub>O (bipy \_ 2,2\_-bipyridine) *Journal of Chemical Crystallography*, Vol. 29, No. 10, 1999 P. 1081-1084

24. Rama K. Barman, Rajesh Chakrabarty, Birinchi K. Das. Structure and properties of tetraaquabis(hydrogenmaleato)iron(II) Polyhedron 21 (2002) 1189\_/1195
25. Yue-Qing Zheng,(1)  $\alpha$  Jian-Li Lin,(1) Zu-Ping Kong,(1) and Bao-Ya Chen. Self-assemblies of Ni(II) with phenanthroline and maleate anions: [Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>(phen)L] · H<sub>2</sub>O (1) and [Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>(phen)L] · 2H<sub>2</sub>O (2)
26. with H<sub>2</sub>L = maleic acid. Journal of Chemical Crystallography, Vol. 32, No. 10, October 2002 P. 399-408.
27. Sheng-Li Li,<sup>a</sup> Anwar Usman,<sup>b</sup> Ibrahim A. Razak,<sup>b</sup> Hoong-Kun Fun,<sup>b\*</sup> Jie-Ying Wu,<sup>c</sup> Yu-Peng Tian,<sup>d</sup> Min-Hua Jiange and Zu-Yao Chena. Trans-Diaquabis(thiosemicarbazido-k<sup>2</sup>N,S)nickel(II) dimaleate dehydrate. Acta Crystallographica Section C Crystal Structure Communications Acta Cryst. (2003). C59, m181±m183 DOI: 10.1107/S0108270103006425
28. Partha Sarathi Mukherjee,<sup>†</sup> Sanjit Konar,<sup>†</sup> Ennio Zangrando,<sup>‡</sup> Talal Mallah,<sup>§</sup> Joan Ribas,<sup>\*,|</sup> and Nirmalendu Ray Chaudhuri<sup>\*,†</sup> Structural Analyses and Magnetic Properties of 3D Coordination Polymeric Networks of Nickel(II) Maleate and Manganese(II) Adipate with the Flexible 1,2-Bis(4-pyridyl)ethane Ligand Inorganic Chemistry, Vol. 42, No. 8, 2003 2695-2703
29. Yu-Hong Xue,<sup>a</sup> Duan-Jun Xua<sup>\*</sup> and Jian-Ming Gu Helical catenapoly[[tris(1H-benzimidazole-kN<sup>3</sup>)cobalt(II)]- μ-maleato-k<sup>3</sup>O,O':O''] Acta Crystallographica Section C Crystal Structure Communications Acta Cryst. (2003). C59, m387±m389 DOI: 10.1107/S01082701030177854
30. Yue-Qing Zheng & Zu-Ping Kong (2003) Synthesis and Crystal Structure of [Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>][Ni(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>(C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)]·4H<sub>2</sub>O, Journal of Coordination Chemistry, 56:11, 967-973, DOI: 10.1080/00958970310001353602,
31. Debajyoti Ghoshal,<sup>a</sup> Golam Mostafa,<sup>b</sup> Tapas Kumar Maji,<sup>a</sup> Ennio Zangrando,<sup>c</sup> Tian-Huey Lu,<sup>b</sup> Joan Ribas,<sup>\*,d</sup> and Nirmalendu Ray Chaudhuri Synthesis, crystal structure and magnetic behavior of three polynuclear complexes: [Co(py<sub>2</sub>o)<sub>2</sub>(dca)<sub>2</sub>]<sub>n</sub>, [Co<sub>3</sub>(ac)<sub>4</sub>(bpe)<sub>3</sub>(dca)<sub>2</sub>]<sub>n</sub> and [{Co(male)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>}(H<sub>2</sub>O)]<sub>n</sub> [py<sub>2</sub>o, pyridine-N-oxide; dca, dicyanamide; ac, acetate; bpe, 1,2-bis-(4-pyridyl)ethane and male, maleate]. New J. Chem. 2004. V. 28. P. 1204-1213.
32. Sheng-Li Li,<sup>a</sup> Jie-Ying Wu,<sup>a</sup> Yu-Peng Tian,<sup>a</sup> Hoong-Kun Fun<sup>b\*</sup> and Suchada Chantraprommac<sup>\*</sup> Bis(thiosemicarbazide)zinc(II) bis(maleate) dihydrate Acta Crystallographica Section E Structure Reports Acta Cryst. (2005). E61, m2701–m2703 doi:10.1107/S160053680503835326 Ping Liu a, Yao-Yu Wang a,<sup>\*</sup>, Dong-Sheng Li a, Hai-Rui Ma a, Qi-Zhen Shi a, Gene-Hsiang Lee b, Shie-Ming Peng Molecular double chains and 3-D supramolecular frameworks with open channels assembled from 1D copper(II) maleate coordination polymers with chelating aromatic amine ligands by noncovalent interactions Inorganica Chimica Acta 358 (2005) 3807–3814

33. Jin-Mei Yang a, Zhao-Hui Zhou a,\* , Hui Zhang a, Hui-Lin Wan a, Shi-Jie Lu Temperature effect on the conversions of phthalato and maleato manganese(II) complexes with diamine ligands. *Inorganica Chimica Acta* 358 (2005) 1841–1849.
34. Mingtian Li,a Xucheng Fub and Chenggang Wang Triaqua(2,2'-bipyridine)maleatonickel(II) monohydrate *Acta Crystallographica Section E Structure Reports Acta Cryst.* (2006). E62, m865–m866 doi:10.1107/S1600536806010269
35. Anna Pavlová, Juraj Černák and Klaus Harms Bis(2,2'-bipyridine-k<sup>2</sup>N,N')(maleato-k<sup>2</sup>O<sup>1</sup>,O<sup>1'</sup>)nickel(II) 7.34-hydrate *Acta Crystallographica Section E Structure Reports Acta Cryst.* (2008). E64, m1536–m1537 doi:10.1107/S1600536808036672
36. Gregory A. Farnum a, David P. Martin a, Laura K. Sposato b, Ronald M. Supkowski b, Robert L. LaDuca Zinc maleate and fumarate coordination polymers containing hydrogen-bonding capable organodiamines featuring ligand dependent in situ cis–trans isomerization *Inorganica Chimica Acta* 363 (2010) 250–256 \_ .doi:10.1016/j.ica.2009.08.005
37. V. Mahalakshmi, A. Lincy, J. Thomas, K.V. Saban\* Growth, structure and optical properties of an efficient NLO crystal-aqua maleatocopper(II) *Optik* 125 (2014) 191– 195 .doi.org/10.1016/j.ijleo.2013.06.081
38. L. I. Yudanovaa, V. A. Logvinenkoa, N. F. Yudanov, N. A. Rudinab, A. V. Ishchenko, P. P. Semyannikova, L. A. Sheludyakovaa, N. I. Alferovaa, A. I. Romanenkoa, and O. B. Anikeevaa Preparation of Metal–Polymer Composites through the Thermolysis of Fe(II), Co(II), and Ni(II) Maleates , *Inorganic Materials*, 2013, Vol. 49, No. 10, pp. 1055–1060. © Pleiades Publishing, Ltd., 2013. Original Russian Text © L.I. Yudanov, V.A. Logvinenko, N.F. Yudanov, N.A. Rudina, A.V. Ishchenko, P.P. Semyannikov, L.A. Sheludyakova, N.I. Alferova, A.I. Romanenko, O.B. Anikeeva, 2013, published in *Neorganicheskie Materialy*, 2013, Vol. 49, No. 10, pp. 1138–1143. DOI: 10.1134/S0020168513100142
39. Senthilkumar Chandrana, R.Jaganb, Rajesh Paulraja,\* , P. Ramasamy, Spectral, mechanical, thermal, optical and solid state parameters, of metal-organic bis(hydrogenmaleate)-Co(II) tetrahydrate crystal *Journal of Solid State Chemistry* DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssc.2015.06.035>
40. Michael T. Ruggiero and Timothy M. Korter\* The crucial role of water in shaping low-barrier hydrogen bonds *Phys.Chem.Chem.Phys.*, 2016, 18, 5521-5528. DOI: 10.1039/c5cp07760e
41. S. Karuna, A.R. Balu, S. Muthu, D. Shyamala, Z. Delci, G.R Ramkumaar Structural, optical, thermal and NLO behavior of zinc hydrogen maleate dehydrate single crystal *Materials Science-Poland* 2018 volume 35 issue 4 on pages 773 to 784 [doi.org/10.1515/msp-2017-0095](http://doi.org/10.1515/msp-2017-0095)
42. S. Karuna, A. R. Balu, D. Shyamala, Z. Delci Growth, vibrational, optical, dielectric, thermal and third order NLO single crystal of

- manganese(II) hydrogen maleate tetrahydrate Journal Article published 5 May 2017 in Materials Research Innovations on pages 1 to 5 <https://doi.org/10.1080/14328917.2017.1324378>
43. Nadia Morales-Morales, Mariana Rodríguez-Olivas, Antonio Téllez-López, Diego Martínez-Otero, Raúl A. Morales-Luckie, Víctor Sánchez-Mendieta Syntheses and Crystal Structures of Mn(II), Ni(II) and Cu(II) Coordination Compounds Assembled by Maleato and Dimethyl-2,2-bipyridines Journal of Chemical Crystallography Journal Article published 11 Sep 2018 in Journal of Chemical Crystallography
44. 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.10.1021/ic50095a028>.
45. Гогоршивили П.В., Каркаршвили М.В., Каландаришвили Д.З. Бензоилгидразиновые комплексные соединения галогенидов переходных металлов // Журн. неорган. химии. - 1969. - Т. 14, № 6. - С. 1516-1520.
46. Sanke Gowda H., Janardhan R. // J. Chem. Sci. 1982. Vol. 91. N 4. P. 339. DOI: 10.1007/BF02842646.
47. Narang K.K., Pandey J.P., Singh V.P. // Polyhedron. 1994. Vol. 13. N 4. P. 529. DOI: [10.1016/S02775387\(00\)84728-2](https://doi.org/10.1016/S02775387(00)84728-2).
48. Гельмбольдт В.О., Давыдов В.Н., Короева Л.В., Ганин Э.В. // ЖНХ. 2002. Т. 47. Вып. 7. С. 1094; Gel'mbol'dt V.O., Davydov V.N., Koroeva L.V., Ganin E.V. // Russ. J. Inorg. Chem. 2002. Vol. 47. N 7. P. 987.
49. I. A. Krol', V. M. Agre, V. S. Pangani / Crystal structure of o-hydroxybenzoic acid hydrazide // Journal of Structural Chemistry. March–April, 1988, Volume 29, Issue 2, pp 336-337
50. NIST (National Institute of Standards and Technology) Standard Reference Data Program Collection (C), 2009.
51. 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.

52. 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.
53. 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.
54. 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.
55. 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.
56. Ruggiero M.T., Korter T.M. The crucial role of water in shaping low-barrier hydrogen bonds
57. 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.
58. Кукушкин Ю. Н. Химия координационных соединений / Ю. Н. Кукушкин. - М. : Высш. шк., 1985. - 455 с.
59. 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.

