Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет хімії та фармації
Кафедра прикладної хімії та хімічної освіти

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: : **«Синтез, будова, властивості змішанолігандних германій – лантанідних комплексів з 1-гідроксіетилідендифосфоновою кислотою»**

«Synthesis, structure, properties of mixed-ligand complexes of germanium - lanthanide with 1-hydroxyethylidenediphosphonic acid.»

Виконала: студентка денної форми навчання
спеціальності 102 Хімія
Ябанжи Тетяна Степанівна

Керівник: д.х.н., проф. Сейфулліна І.Й. _____
(підпис)
Рецензент: д. х. н., проф. Ішков Ю.В.

Рекомендовано до захисту:
протокол засідання кафедри
№ ___ від ___ грудня 2020 р.

Завідувач кафедри
_____ д.х.н., проф. Сейфулліна І.Й
(підпис)

Захищено на засіданні екзаменаційної комісії
протокол № ____від «____»_____ 2020 р.
Оцінка _____/_____/_____
(за національною шкалою, за шкалою ECTS,бал)

Голова екзаменаційної комісії
_____ д. х. н., проф. Марцинко О.Е.
(підпис)

Одеса – 2020

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі прикладної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І.І. Мечникова і присвячена розробці методів синтезу, визначенню будови та властивостей змішанолігандних германій – лантанідних комплексів з 1 – гідроксіетиліден-дифосфоновою кислотою та 2, 2′– біпіридином.

Мета роботи: визначення шляхів отримання, встановлення складу , структури та властивостей різнометально - змішанолігандних комплексів германію і рідкоземельних металів (Pr, Nd, Dy, Ho, Tm, Lu) з 1-гідроксиетилідендифосфо-новою кислотою та 2, 2′– біпіридином. Розроблена загальна стратегія синтезу (Ln – Ge) гідроксиетилідендифосфонатів (етидронатів) з 2, 2′– біпіридином. В якості лантанідних йонів обрано представники з різним числом f – електронів. Вперше одержано шість однотипних координаційних сполук складу: $[Ln(H_2O)_4(bipy)_2]_2[Ge(\mu\text{-}hedp)(\mu\text{-}OH)]_6 \cdot nH_2O$,

Ln=Pr(I); Nd(II);Dy(III);Ho(IV); Tm(V);Lu(VI);
n_{H_2O}=22(I); n_{H_2O}=22(II), n_{H_2O}=21(III), n_{H_2O}=20(IV), n_{H_2O}=20(V), n_{H_2O} = 19(VI).

Їх охарактеризовано з використанням різних методів дослідження: елементний аналіз, мас-спектрометрія, електропровідність, термогравіметрія, ІЧ – спектроскопія. Доведено, що I–VI є кристалогідратами, відносяться до гетерометальних змішанолігандних сполук з комплексними катіонами та аніонами. Їх формування відбувається завдяки електростатичній взаємодії $[Ln(H_2O)_4(bipy)_2]^{3+}$ з гексаядерним $[Ge(\mu\text{-}hedp)(\mu\text{-}OH)]_6^{6-}$. Їх терморозклад включає дегідратацію, деакватацію, окисну термодеструкцію та утворення кінцевих продуктів суміші Ln_2O_3 та GeP_2O_7. Одержані сполуки представляють інтерес для подальшого дослідження, в якості нових люмінісцентних зондів.

Ключові слова: германій, лантаніди, етидронова кислота, 2, 2′ – біпіридин, координаційні сполуки. Дипломна робота викладена на 51 сторінці, містить 4 таблиці, 18 рисунків. Використано 89 літературних джерел.

ЗМІСТ

Стор

ВСТУП…… 4

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ…… 6

1.1 Склад, будова біфосфонових кислот, фармакологічні властивості, здатність до утворення біокомплексів…….. 6

1.2 Фармакологічні дослідження потенційних лікарських засобів на основі гетерометальних гідроксиетилідендифосфонатогерманатів.. 14

1.3 Властивості 2, 2′ – біпіридину як бідентантного хелатуючого ліганду в координаційних сполуках рідкоземельних металів…… 19

РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……... 25

2.1 Вихідні речовини та їх характеристика…… 26

2.2 Методика проведення експерименту…… 26

2.2.1 Методика синтезу координаційних сполук…….. 26

2.2.2. Фізико-хімічні методи дослідження……. 26

2.3 Результати та їх обговорення……. 27

2.3.1. Склад, будова лантанідгерманієвих координаційних сполук з гідроксиетилідендифосфоновою кислотою та 2, 2′ – біпіридином…….. 27

2.3.2. Дослідження ІЧ – спектрів комплексів I – VI……. 29

2.3.3. Термічна стійкість комплексів I – VI……... 34

2.3.4 Аналіз одержаних результатів……. 37

ВИСНОВКИ……... 42

ЛІТЕРАТУРА…… 43

ВСТУП

Неспроможність традиційної фармацевтичної хімії ксенобіотиків (чужерідних до організму сполук, зокрема багатьох ліків) повністю задовільнити потреби суспільства в ефективних нетоксичних фармакологічних препаратах обумовлює необхідність розробки нових сполук біокординаційної природи, подібних до існуючих у живому організмі. В цьому плані особливу увагу привертають гетерометальні змішанолігандні біокомплекси, які сконструйовані хімічною взаємодією двох різних за природою іонів металів і лігандів. Такі сполуки мають переваги, характеризуються подвійним комбінованим механізмом дії. Їх використання дозволяє знизити одноразові та курсові лікувальні дози, зменшити прояв побічних ефектів, а також загальну медикаментозну токсичність, тобто досягнути більшої ефективності терапії.

Розробка біокомплексів розглянутого типу базується перш за все на відборі металів – синергістів і відповідних лігандів, комплементарних до них. Традиційні сфери застосування біфосфонових кислот охоплюють медицину, фармацевтичну промисловість. Серед них, як полінуклеативний ліганд особливе місце займає етидронова кислота (H_4hedp), яка завдяки специфічній стереохімії та взаємному впливу фосфонових фрагментів володіє унікальними комплексоутворюючими властивостями. При цьому вона є помірно токсичною і використовується в якості лікарських засобів. На її основі науковцями кафедри прикладної хімії і хімічної освіти одержано значний ряд гідроксиетиліденди фосфонатогерманатів з унікальним за структурою гексаядерним аніоном. Багато з них проявляють кардіотропну, гепатопротекторну дію [1, 2]. З метою поширення спектру фармакологічної дії в склад одержаних комплексів було введено крім іншого металу (Ca^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+}, Ba^{2+}, Ln^{3+}) гетероциклічні аміни 1, 10 – фенантролін або 2, 2′– біпіридин. Доведено, що останні сприяють структуроутворенню [3] комплексів катіон-аніонного типу.

Подальші дослідження в цьому напрямку, а саме дизайн і синтез (Ln – Ge) сполук з двома металоцентрами і двома лігандами: політопною H_4hedp і бідентантного 2, 2′– біпіридину відкривають перспективи створення нових люмінісцентних зондів, в яких біпіридин буде виконувати роль антени, а гідроксиетилідендифосфонатогерманатний аніон – варіювання енергії станів переноса заряду ліганд → метал**.**

Сформульовано гіпотезу, що сукупність «ессенціального» германію(IV), біологічно активних H_4hedp, 2, 2′– біпіридину і лантанідів з унікальними спектральними характеристиками нададуть вперше одержаним на їх основі комплексам, властивості, необхідні не тільки лікарським засобам, а і діагностичним, зокрема у флуоресцентному аналізі пухлин при захворюваннях раком різної етіології.

Дана дипломна робота магістра спланована як перший етап такого дослідження. ЇЇ мета: розробити методику синтезу германій – лантанідних комплексів з H_4hedp і 2, 2′– біпіридином, встановити їх склад та охарактеризувати сучасними фізико – хімічними методами.

Її виконання передбачало рішення наступних задач:

- Знайти синтетичні умови, виділити в твердому стані, визначити склад комплексів Ln – Ge етидронатів (Pr, Nd, Dy, Ho, Tm, Lu).

- Встановити форму, спосіб координації лігандів в координаційних вузлах германію(IV) та лантанідів

- Виявити особливості формування та тип молекулярних структур одержаних Ge – Ln змішанолігандних (H_4hedp і 2, 2′– біпіридин) комплексів.

Висновки

1. Вперше синтезовано ряд змішанолігандних германійлантанідних етидронатів з 2,2′ – біпіридином.
2. За даними елементного аналізу, електропровідності, мас-спектрометрії, ІЧ – спектроскопії, термогравіметрії отримано їх характеристики.
3. Встановлено, що синтезовані координаційні сполуки подібні за складом та будовою, властивостями незалежно від обраного лантанідного іону: $[Ln(H_2O)_4(bipy)_2]_2[Ge(\mu\text{-}hedp)(\mu\text{-}OH)]_6 \cdot n H_2O$
4. Показано, що на відміну від раніше структурно охарактеризованих полімерних (Ln – Ge) гідроксиетилідендифосфонатів, в присутності 2,2′ – біпіридину утворюються гетерометальні змішанолігандні комплекси катіон – аніонного типу.
5. Встановлено, що в комплексах I – VI відбувається формування гексаядерного комплекного аніону подібного до існуючого в відповідних споріднених полімерних германій – лантанідних координаційних сполуках.
6. Доведено, що I – VI утворюються за рахунок електростатичної взаємодії лантанідних комплексних катіонів $[Ln(H_2O)_4(bipy)_2]^{3+}$ з гексаядерним аніоном $[Ge(\mu\text{-}hedp)(\mu\text{-}OH)]_6^{6-}$

ЛІТЕРАТУРА

1. Сейфуллина И.И., Марцинко Е.Э. Гомо- и гетерометаллические комплексонаты германия (IV). Одесса: Фенікс, 2011. 168 с.

2. Seifullina I.I., Marttsinko E.E., Afanasenko E.V.// Visn. Odes. Nac. Univ., Him. 2015. Vol.20, No 4. P.6

3. Сейфуллина И.И., Марцинко Е.Э., Чебаненко Е.А. и др. Синтез и структура разнометально – разнолигандных комплексов германия (IV) и кобальта (II) или меди (II) с 1 – гидроксиэтилидендифосфоновой кислотой и 1, 10 – фенантролином. Одесса: Коорд. химия, 2018. с. 189 – 195.

4. Bisphosphonates: the first 40 years. Russell RG. 2011.V.49. No.1. P. 2–19.

5. Bisphosphonates: an update on mechanisms of action and how these relate to clinical efficacy Russell RG, Dunford JE //Ann N Y Acad Sci. 2007. V.1117. P.209 – 257

6. Povoroznyuk VV. Bisphosphonates: the role of ibandronic acid in the treatment of postmenopausal osteoporosis // Zdorov`ja Ukrai'ny. 2007. No 5. P. 57 – 58. (in Russian).

7. Golovach IYu. Evolution of bisphosphonates: climbing to the summit. Mystectvo likuvannja. 2009. V. 9 – 10. P.68 – 74.

8. Russell R. G., Xia Z., Dunford J. E. et al. Bisphosphonates: an update on mechanisms of action and how these relate to clinical efficacy // Ann N Y Acad Sci. 2009. V.18. P.200 – 275.

9. Papapoulos S. E. Bisphosphonate actions: physical chemistry revisited // Bone. 2006. V. 38. P. 613 – 616

10. Wells G. A., Cranney A., Peterson J. et al. Alendronate for the primary and secondary prevention of osteoporotic fractures in postmenopausal women // Cochrane Database Syst Rev. 2008. V. 23. No1. P.11 – 55.

11. Harris S.T., Blumentals W. A., Miller P. D. et al. Ibandronate and the risk of non-vertebral and clinical fractures in women with postmenopausal osteoporosis: results of a meta-analysis of phase III studies // Curr Med Res Opin. 2008. V. 24. No1. c.237 – 245.

12. Miller PD, Brown JP, Siris ES A comparative trial of risedronate versus etidronate in the treatment of patients with Paget's disease of bone. Hoseyni MS, Axel-genus DW // Am J Med. 1999; V.106: P. 513 – 520.

13. Hosking DJ, Eusebio RA, Chines AA. et al. Paget's disease of bone: reduction of disease activity with oral risedronate // Bone.1998; V. 22: P. 51 – 55.

14. Roux C, Ravaud P, Cohen-Solal M, et al. Biologic, histologic and densitometric effects of oral risedronate on bone in patients with multiple myeloma //Bone. 1994; V. 15: P.41-49.

15. Cohen-Solal ME, Roux C, Valentin-Opran A, Histomorphometric effect of six month treatment with oral risedronate in patients with multiple myeloma. Dougados M, Amor B //Bone.1993; V.14: P. 505 – 509.

16. Mortensen L, Charles P, Bekker PJ, Risedronate increases bone mass in an early postmenopausal population: two years of treatment plus one year of follow-up. DiGennaro J, Johnston C. //Clin Endocrinol Metab. 1998; V. 83: P.396 – 402

17. Cassidy J. T., Petty R. E., Laxer R. M., Lindsley C. B. Textbook of Pediatric Rheumatology. 5 th ed.// Philadelphia: W. B. Saunders, 2005.

18. Алексеева Е. И. Ревматические болезни и их влияние на качество жизни детей и их семей // Качество жизни. Медицина. 2008. No 1. с.14 – 17.

19. Fleurence R. L., Iglesias C. P., Johnson J. M. The cost effecti veness of bisphosphonates for the prevention and treatment of osteoporosis: a structured review of the lite, 2008.

20. Compston J. Clinical and therapeutic aspects of osteoporosis // Eur J Radiol. 2009. V. 71. No3. P.388–391.

21. Geusens P. Osteoporosis:clinical features//Minerva Med. 2008. V. 99. No2. P. 167 – 175.

22. Brufsky A. M. Cancer treatment-induced bone loss: pathophysiology and clinical perspectives // Oncologist. 2008. V.13. No2. P.187 – 195.

23. Di Munno O., Delle Sedie A. Effects of glucocorticoid treatment on focal and systemic bone loss in rheumatoid arthritis // J Endocrinol Invest. 2008. V. 31. No7. P. 43 – 47.

24. Wells G. A., Cranney A., Peterson J. et al. Alendronate for the primary and secondary prevention of osteoporotic fractures in postmenopausal women // Cochrane Database Syst Rev. 2008. V. 23. No1. P. 11 – 55.

25. Harris S.T., Blumentals W. A., Miller P. D. et al. Ibandronate and the risk of non-vertebral and clinical fractures in women with postmenopausal osteoporosis: results of a meta-analysis of phase III studies // Curr Med Res Opin. 2008. V. 24. No1. P. 237 – 245.

26. Russell R. G., Xia Z., Dunford J. E. et al. Bisphosphonates: an update on mechanisms of action and how these relate to clinical efficacy // Ann N Y Acad Sci. 2007. V. 17. c.209–257.

27. Rudge S., Hailwood S., Horne A. et al. Effects of once-weekly oral alendronate on bone in children on glucocorticoid treatment // Rheumatology (Oxford). 2005. V. 44. No6. P.813 – 818.

28. Bianchi M. L., Cimaz R., Bardare M. et al. Efficacy and safety of alendronate for the treatment of osteoporosis in diffuse connective tissue diseases in children: a prospective multicenter study // Arthritis Rheum. 2000. V. 43. No9. P.1960 – 1966.

29. Cimaz R., Gattorno M., Sormani M.P. et al. Changes in markers of bone turnover and inflammatory variables during alendronate therapy in pediatric patients with rheumatic diseases. J Rheumatol 2002. V.29. P.1786 – 1792.

30. Алексеева Е. И., Лисицин А. О., Базарова Т. М. и др. Эффективность и безопасность терапии алендроновой кислотой при остеопорозе у детей, страдающих юношеским артритом с системным началом // Педиатрическая фармакология. 2009. No 1. с.101.

31. Shaw N. J., Boivin C. M., Crabtree N. J. et al. Intravenous pamidronate in juvenile osteoporosis // Arch Dis Child. 2000. V. 83. No 2. c. 143–145.

32. Noguera A., Ros J. B., Pavia C. E. et al. Bisphosphonates, a new treatment for glucocorticoid-induced osteoporosis in children // J Pediatr Endocrinol Metab. 2003. V. 16. No 4. P.529 – 536.

33. Steelman J., Zeitler P. Treatment of symptomatic pediatric osteoporosis with cyclic single-day intravenous pamidronate infusions // J Pediatr. 2003. V. 142. P. 417 – 423.

34. Lindsay R. Estrogen deficiency. In: Riggs BL, Melton LJ, eds. Osteoporosis: Etiology, Diagnosis, and Management. 2nd ed. Philadelphia, Pa: Lippincott-Raven Publishers; 1995: P. 133 – 160.

35. Lufkin EG, Wahner HW, O'Fallon WM, et al. Treatment of postmenopausal osteoporosis with transdermal estrogen // Ann Intern Med . 1992; V. 117: P. 1 – 9.

36. Cauley JA, Seeley DG, Ensrud K, Ettinger B, Black D, Cummings SR, for the Study of Osteoporotic Fractures Research Group. Estrogen replacement therapy and fractures in older women // Ann Intern Med. 1995; V. 122: P. 9 – 16.

37. T.A. Matkovskaya, K.I. Popov, E.A. Yuryeva, Bisphosphonates. Properties, Structure and Application in Medicine // Khimiya, (Moscow), 2001.

38. S. Zhang, G. Gangal, H. Uludag, ‘‘Magic bullets” for bone diseases: progress in rational design of bone-seeking medicinal agents // Chem. Soc. Rev. 2007. V.36. P. 507 – 531.

39. A.S. Zhabina, Role of bisphosphonates in prevention and treatment of bone metastases, Pract. Oncol. 2011.V.12. P.124 – 131.

40. J.R. Green, Bisphosphonates: preclinical review//Oncologist. 2004. V. 9. P. 3 – 13

41. H.H. Van Acker, S. Anguille, Y. Willemen, , Bisphosphonates for cancer treatment: mechanisms of action and lessons from clinical trials, E.L. Smits, V.F. Van Tendeloo // Pharmacol.Ther. 2016. V. 158. P. 24 – 40.

42. A.S. Abu-Surrah, M. Kettunen, et al. Platinum group antitumor chemistry: design and development of new anticancer drugs complementary to cisplatin // Curr. Med. Chem. 2006. V.13. P. 1337 – 1357.

43. T.C. Johnstone, G.Y. Park, S.J. Lippard, et al. Understanding and improving platinum anticancer drugs – Phenanthriplatin // Anticancer Res. 2014. P. 471–476.

44. M.S. Robillard, J. Reedijk, Steven J. Brown Platinum-Based Anticancer Drugs Based in part on the article Platinum-Based Anticancer Drugs, Christine S. Chow & Stephen J.// Encycl. Inorg. Chem.(UK), 2006.

45. N. Margiotta, R. Ostuni, V. Gandin, C. Marzano, S. Piccinonna, G. Natile, Synthesis, characterization and cytotoxicity of dinuclear platinumbisphosphonate complexes to be used as prodrugs in the local treatment of bone tumours // Dalton Trans. 2009. V.10. P.904.

46. N. Margiotta, F. Capitelli, R. Ostuni, G. Natile, et al. A new dinuclear platinum complex with a nitrogen-containing geminal bisphosphonate as potential anticancer compound specifically targeted to bone tissues // J. Inorg. Biochem. 2008. V. 102. P. 2078 – 2086.

47. M. Iafisco, N. Margiotta, et al. Silica xerogels and hydroxyapatite nanocrystals for the local delivery of platinum – bisphosphonate complexes in the treatment of bone tumors: a mini-review // J. Inorg. Biochem. 2012. P. 237 – 247.

48. A.K. Molodkin, N.Y. Esina, M.V. Tachaev, M.N. Kurasova, Mixed-ligand palladium (II) complexes with amino acids, cytosine, and adenine // Russ. J. Inorg. Chem. 2007. V. 52. P. 1567 – 1569.

49. I.A. Efimenko, N.A. Dobrynina, O.N. Shishilov, Reactions of the biologically active palladium complexes $(H_2A)_2[PdCl_4]$ with glutamic acid as a model of their transformations in blood plasma, N.A. Ivanova, O.S. Erofeeva // Russ. J. Coord. Chem. 2012. V.38. P. 233 – 239.

50. A.R. Kapdi, I.J.S. Fairlamb, Anti-cancer palladium complexes: a focus on PdX 2 L 2, palladacycles and related complexes // Chem. Soc. Rev. 2014. V. 43 P. 4751 – 4777.

51. Goodman S. Organic Germanium - Powerful Healer // J. Comp. Med. 1987. No 4. P. 34 – 52

52. Лукевиц Э.Я., Гар Т.К., Игнатович Л.М., Миронов В.Ф. Биологическая активность соединений германия (Рига) 1990. с. 191

53. Сейфулліна І.Й., Немитих О.Д., Лук'янчук В.Д., Ткаченко С.В. Фармакологічні ефекти германісорганічних сполук// Одеський медичний журнал. 2003. No 6. V. 80. с. 110 – 114.

54. Propagermanium for treating myeloma bone disease and other bone disorders: A. Allison, Belmont, CA (US). 2003. No 10. V. 410. P. 51

55. Кудрин А.В., Скальный А.В., Жавороонков А.А., Скальная М.Г., Громова О.А // Иммунофармакология микроэлементов. 2000. с. 517

56. Архипова О.Г., Юрьева Э.А., Дятлова Н.М. Перспективы применения комплексонов медицине//ЖВХО им.Д.И.Менделеева.1984.No 3. P. 316 –320.

57. Кресюн В.Й., Годован В.В., Сейфуллина И.И. Германий как основа новых лекарственных средств // Праці V Національного з'їзду фармацевтів України, Досягнення сучасної фармації та перспективи її розвитку у новому тисячолітті.(Харків) 1999. с.425.

58. Lanthanide Metal−Organic Frameworks: Searching for Efficient Solvent-Free Catalysts Richard F. D'Vries, Marta Iglesias, Natalia Snejko, Enrique Gutierrez-Puebla, and M. Angeles Monge // Inorg. Chem. 2012. No 51. P. 11349 − 11355

59. Толкачева Е.О., Сергиенко З.А., Илюхин А.Б., Мешков С.В.// Журн. Не орган. Химии.1997. Т.42. No 5. с.752

60. Synthesis, crystal structures and theoretical study of mixed ligand complexes of lanthanides acetylacetonates with o-phenanthroline and 2,2' – dipyridyl: The unexpected inverted electrostatic trend in stability Andrey Yu. Rogachev, Andrey V. Mironov, Sergey I. Troyanov, Natalia P. Kuzmina, Alexander V. Nemukhin (2005)

61. Q.Z. He, X.F. Yang, X.P. Qian, X.B. Yu, Z.M. Wang, J. Chin. RE. // Spec. Issue. 2002. P. 1 – 5.

62. N.P. Kuzmina, N.V. Chugarov, A.P. Pisarevsky, L.I. Martynenko, Russ. J. // Coord. Chem.1997. V. 23. P. 450

63. A series of binuclear lanthanide (III) complexes: Crystallography, antimicrobial activity and thermochemistry properties studies Ying-Ying Zhang, Ning Ren, Su-Ling Xu, Jian-Jun Zhang, Da-Hai Zhang (2006)

64. D. Schollmeyer, O. V. Shishkin, T. Ruhl, M. O. Vysotsky // Cryst.Eng.Comm. 2008, V. 10. P. 715-723.

65. J. Feng, H.J. Zhang, S.Y. Song, J. // Lumin. 2008. V.128. P. 1957 – 1964.

66. Smola S., Rusakova N., Martsinko E., Seifullina I., Korovin Yu. Spectroscopic properties of the Ln – Ge complex with diethylenetriaminepentaacetic acid // Chem. J, (Moldova) 2007. V.2. No 1. P. 83 – 87.

67. B.V. Bukvetskii, A.G. Mirochnik, A.S. Shishov. Triboluminescence and crystal structure of centrosymmetric complex $Tb(AcAc)_3Phen$ // Journal of Luminescence. 2018. V. 195. P. 44 – 48

68. Amr A. Essawy, Manal A. Afifi, H. Moustafa, S.M. El-Medani, Spectrochim Acta A. 2014. V. 131. P. 388 – 397

69. W.H. Watson, R.J. Williams, N.R. Stemple // J. Inorg.Chem.1972. V. 34. P. 501.

70. Zhu, M.-M., Ren, N., & Zhang, J.-J. Lanthanide complexes with 3 – methoxybenzoic acid and 5,5′ – dimethyl – 2,2′ – bipyridine: Crystal structures, luminescence and magnetic property // Inorganica Chimic 2018. V. 480. P. 140 – 148

71. Zhao, Q.-Q., Zhu, M.-M., Ren, N., & Zhang, J.-J. A series of novel lanthanide complexes with 2-bromine-5-methoxybenzoic acid and 2,2′ – bipyridine: Syntheses, crystal structures, and luminescent properties. 2017. V. 1149. P. 171 – 182.

72. X. Y. Hou, X. Wang, L. J. Gao, F. Fu, J. J. Wang, J. Cao, Z // Anorg. Allg. Chem. 2014. V. 640. P. 2072 – 2077.

73. Q. Q. Zhao, X. H. Wu, N. Ren, J. J. Zhang, J. Therm. Anal. Calorim. 2017.

74. R. Safarbali, M. R. Yaftian, A. Zamani, J. Rare. Earth. 2016. V. 34. P. 91 – 98.

75. V. R. Panse, A. N. Yerpude, S. J. Dhoble, N. S. Kokode, R. Choithrani, J. Mater. Sci-Mater. El. 2017. V. 28. P. 16880 – 16887.

76. R. A. Pawar, A. K. Nikumbh, D. S. Bhange, N. J. Karale, D. V. Nighot, M. B. Khanvilkar, B. Mater. Sci. 2017. V. 40. P. 1335 – 1345.

77. R. Feng, F. L. Jiang, M. Y. Wu, L. Chen, C. F. Yan, M. C. Hong // Cryst. Growth Des. 2010. V. 10. P. 2306 – 2313.

78. C. H. Zhan, F. Wang, Y. Kang, J. Zhang//Inorg.Chem.2012. V. 51. P. 523 – 530.

79. X. Zhao, X. Y. Yu, T. L. Chen, Y. H. Luo, J. J. Yang, H. Zhang // Inorg. Chem. Commun. 2012. V. 20. P. 247 – 251.

80. L. X. You, S. J. Wang, G. Xiong, F. Ding, K. W. Meert, D. Poelman, P. F. Smet, B. Y. Ren, Y. W. Tian, Y. G. Sun // Dalton Trans. 2014. V. 43. P. 17385 – 17394.

81. S. Biswas, R. Saha, I.M. Steele, G. Mostafa // Inorg. Chem. Acta. 2011. V. 368. P. 216 – 222.

82. J. J. Zhang, M. Zhang, T. W. Bai, X. F. Ni, Z. Q. Shen, J. Organomet // Chem. 2017. V. 843. P. 1 – 6.

83. L. M. Ruan, X. H. Gao, J. L. Zhao, C. Xu, D. Liang. J. // Mol. Struct. 2017. V. 1149. P. 265 – 272.

84. Сейфуллина И.И. Е.Э. Марцинко. Координационные соединения германия (IV) с анионами лимонной, винной и ксиларовой кислот (Одесса) 2015. 148 с.

85. Geary W.J. The use of conductivity measurements in organic solvents for the characterisation of coordination compounds / W.J. Geary // Coord. Chem. Rev. 1971. No. 7. P. 81 – 122.

86. Кукушкин Ю.Н. Химия координационних соединений // Высшая школа (Москва) 1985.

87. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул л. Беллами: [пер. с англ. В.М. Акимова и др.]. Москва. 1963. 590 с.

88. Дрова Н. М. Комплексоны и комплексонаты металлов / Н. М. Дятлова,В. Я. Темкина, К. И. Попов // Химия (Москва) 1988. 544 с

89. Сейфуллина И.И., Марцинко Е.Э., Сергиенко З.А., Илюхин А.Б., Синтез, кристаллическая и молекулярная структура трех гетерометаллических полимерных соединений $\{Ln_2[LnGe_6(\mu\text{-}Oedph)_6(\mu\text{-}O)_3(\mu\text{-}OH)_3(H_2O)4]\cdot xH_2O\}_n$; //Кристаллография. 2015. V. 60. No 2, с. 227 – 232

Публікації за темою дипломної роботи

1. Ябанжи Т. С., Чебаненко О. А. Гідроксиетилідендифосфонатогерманати з 1,10-фенантроліном та лантанідами // ІІІ Міжнародна (XIII Українська) наукова конференція студентів та аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення» (ХПС – 2020) – Вінниця (Україна) – 2020 – с.64 http://jhps.donnu.edu.ua/article/download/8246/8246