

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Факультет хімії та фармації

Кафедра загальної хімії та полімерів

Дипломна робота

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

на тему: **«Синтез, фізико-хімічна характеристика та структура поруватих координаційних полімерів на основі гетерометалічних Sn–M (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn) ксиларатів»**

«Synthesis, physicochemical characterization and structure of a porous coordination polymers based on heterometal Sn–M (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn) xylarate»

Виконала: студентка заочної форми навчання
спеціальності 102 Хімія

Петроченко Валерія Сергіївна

Керівник: д.х.н., проф. Марцинко О.Е. _____
(підпис)

Рецензент: к.х.н., доц. Кюсе Т.О.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ ____ від ____ грудня 2018 р.

Завідувач кафедри

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

Захищено на засіданні ДЕК № ____

протокол № ____ від _____ 2018 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ДЕК

_____ к.х.н., доц. Чеботарьов О.М.
(підпис)

Одеса – 2018

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на кафедрі загальної хімії та полімерів в рамках наукової тематики кафедри «Розвиток теорії і практики біокоординаційної супрамолекулярної хімії металокомплексів полідентатних лігандів як спосіб вирішення медико-біологічних проблем» (№ держреєстрації 0115U003206).

Мета роботи – визначити синтетичні умови виділення гетерометалічних Sn – M (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn)-ксиларатних комплексів з системи $\text{SnCl}_4 - \text{M}(\text{CH}_3\text{COO})_2 - \text{H}_5\text{Xylar} - \text{H}_2\text{O}$, визначити їхній склад та будову сучасними фізичними і хімічними методами.

В роботі розроблено оптимальні методики синтезу п'яти гетерометалічних Sn(IV) – M(II) (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn)-ксиларатних комплексів. Показано, що з купрумом утворюється поруватий координаційний полімер $[\text{Sn}_4\text{Cu}_{8.5}(\text{HXylar})_2(\text{Xylar})_4\text{O}_2(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_{12.5}] \cdot 17.2\text{H}_2\text{O}$, що має ідентичну структуру в монокристалі й масі. Методом рентген-дифрактометричного аналізу полікристалу доведена аналогічна будова комплексів з манганом, кобальтом, нікелем і цинком.

Можлива галузь застосування: поруваті матеріали для сорбції та зберігання газів.

Ключові слова: станум, ксиларова кислота, координаційні сполуки, рентгеноструктуриний аналіз, рентгенофазовий аналіз.

Дипломна робота викладена на 55 сторінках, містить 5 таблиць, 28 рисунків. Використано 58 літературних джерел.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	6
1.1. Ксиларова кислота та її координаційні сполуки d- та f-металами	6
1.2. Особливості структури різнометальних ксиларатогерманатів(IV)	10
1.3. Координаційні полімери та їхні властивості	11
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	
2.1. Вихідні речовини та їх характеристика.....	20
2.2. Методика проведення експерименту.....	21
2.2.1. <i>Методики синтезу координаційних сполук</i>	21
2.2.2. <i>Фізико-хімічні методи дослідження</i>	23
2.3. Результати та їх обговорення	29
2.3.1. <i>Склад, ІЧ-спектроскопічне та термогравіметричне дослідження гетерометалічних Sn–M (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn) ксиларатів</i>	29
2.3.2. <i>Кристалічна структура ксиларатостанату купруму(IV)</i>	34
2.3.3. <i>Рентген-дифрактометричне дослідження та уточнення кристалічної структури за методом Рітвельда</i>	39
ВИСНОВКИ	47
ЛІТЕРАТУРА	49

ВСТУП

Конструювання супрамолекулярних ансамблів в даний час є предметом значного інтересу і розглядається як перспективний підхід до створення матеріалів з новими фізико-хімічними властивостями. Для вирішення проблем розробки матеріалів нового покоління є актуальним створення супрамолекулярних функціональних систем на основі координаційних полімерів, що організовані певним чином і відповідають вимогам конкретної галузі використання [1-5].

Гідроксикарбонові кислоти, такі як яблучна, лимонна, винна та ксиларова, являють собою вдалі будівельні блоки для синтезу координаційних полімерів, що представляють інтерес для отримання гетерометалічних пористих матеріалів. При цьому різноманітність структурних фрагментів і властивості координаційних сполук залежать від довжини і природи містка між карбоксильними групами та кількості ОН-груп. Цей клас лігандів цікавий також тим, що відноситься до біологічно важливих речовин.

У порівнянні з іншими гідроксикарбоновими кислотами, комплекси з ксиларовою кислотою вивчені значно менше. Дослідження в даному напрямку було розпочато співробітниками кафедри загальної хімії та полімерів ОНУ імені І.І. Мечникова на прикладі координаційних сполук германію [6-10], широкий спектр біологічної дії яких доведено в останні роки [11, 12].

Так, синтезовано і структурно охарактеризовано комплекси $[M(H_2O)_6][Ge(\mu_3\text{-Xylar})_2\{M(H_2O)_2\}_2] \cdot nH_2O$ ($M = Co, n=4; Ni, n=2; Cu, n=4; Zn, n=2$), $[Mn(H_2O)_6][Ge(\mu_3\text{-Xylar})_2\{Mn(H_2O)_2\}_2] \cdot 4H_2O \cdot CH_3CN$. В триядерному комплексному аніону цих сполук центральний атом Ge пов'язаний з двома атомами d-металу двома містковими повністю депротонованими пентадентатними *тетра*(хелатно)- μ_3 -містковими лігандами ксиларової кислоти $Xylar^{5-}$, для Ge(IV) реалізується октаедричний поліедр.

На відміну від вищерозглянутих комплексів, ксиларатогерманати лужних металів (K, Na) побудовані з катіонів калію, димерних аніонів $[\text{Ge}_2(\mu\text{-Xylar})_2(\text{OH})_2]^{4-}$ і кристалізаційних молекул води. У центросиметричному біядерному комплексному аніоні два атоми германію пов'язані двома повністю депротонованими біс(хелатно)-містковими лігандами Xylar⁵⁻, координаційний поліедр атома Ge(IV) - перекручена тригональна біпіраміда.

Для продовження цих досліджень доцільно було з'ясувати, як вплине на молекулярну і кристалічну структуру координаційних сполук, що утворюються, заміна комплексоутворювача на електронний аналог германію - станум. Такий вибір був зроблений ще й тим, що специфіка взаємодії катіонів моно-, ди- і триметилстануму(IV) з карбоксилвмісними лігандами у водних розчинах широко обговорюється в сучасних публікаціях, такі сполуки виявляють антиканцерогенну активність по відношенню до пухлинних клітин [13-24].

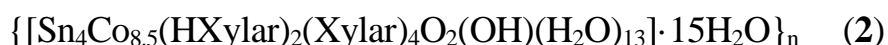
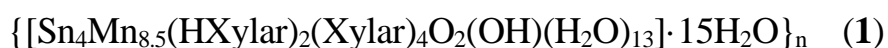
Мета роботи: визначити синтетичні умови виділення гетерометалічних Sn – M (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn)-ксиларатних комплексів з системи $\text{SnCl}_4 - \text{M}(\text{CH}_3\text{COO})_2 - \text{H}_5\text{Xylar} - \text{H}_2\text{O}$, визначити їхній склад та будову сучасними фізичними і хімічними методами.

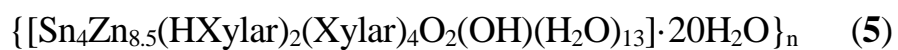
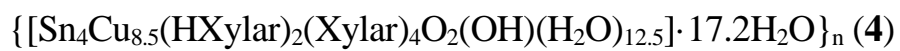
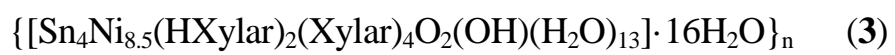
Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі *завдання*:

- розробити методики синтезу і виділити в твердому стані гетерометалічні ксиларатостаннати;
- визначити склад синтезованих комплексів, їхню термічну стійкість;
- встановити спосіб координації ліганду та будову координаційних сполук сукупністю методів ІЧ-спектроскопії, рентгеноструктурного аналізу кристалу та рентген-дифрактометричного дослідження порошку.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено оптимальні методики синтезу п'яти гетерометалічних Sn(IV) – M(II) (M = Mn, Co, Ni, Cu, Zn)-ксиларатних комплексів, встановлено їх склад.
2. Порівняльним аналізом ІЧ-спектрів нових комплексів і вихідної кислоти отримана інформація про будову координаційної сфери стануму та спосіб координації лігандів. Визначено термічну стійкість і гідратний склад синтезованих речовин.
3. Показано, що ксиларатний поруватий Sn-Cu координаційний полімер $\{[\text{Sn}_4\text{Cu}_{8.5}(\text{HXylar})_2(\text{Xylar})_4\text{O}_2(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_{12.5}] \cdot 17.2\text{H}_2\text{O}\}_n$ складається з центросиметричних гетерометалічних фрагментів $[\text{Sn}_4\text{Cu}_6(\text{HL})_2(\text{L})_4\text{O}_2(\text{H}_2\text{O})_6]$ (A), в які входять атоми купруму Cu1-3 і стануму Sn1,2. Містки $\text{Cu}_4(\text{OH})_{0.5}(\text{H}_2\text{O})_{2.5}$ об'єднують фрагменти A в ланцюги, а $\text{Cu}_5(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$ – у шари. Спільно атоми Cu4,5 формують каркас, в порожнинах якого знаходяться молекули кристалізаційної води.
4. Методом рентген-дифрактометричного аналізу полікристалу та уточнення кристалічної структури методом Рітвельда з використанням даних рентгеноструктурного аналізу підтверджено ідентичність будови ксиларатного Sn-Cu координаційного полімеру в монокристалі й масі.
5. Судячи з положення аморфних гало на дифрактограмах комплексів з манганом, кобальтом, нікелем і цинком та їх порівнянні з відбитками теоретичної дифрактограми комплексу з купруму, зроблено висновок що з вказаними 3d-металів утворюються сполуки аналогічної будови.
6. На підставі сукупності даних різних методів дослідження запропоновано наступні молекулярні формули синтезованих сполук:





ЛІТЕРАТУРА

1. Супрамолекулярная химия. Пер. с англ.: в 2 т. / Дж. В. Сид, Дж. Л. Этвуд. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
2. Координационная химия / Скопенко В.В., Цивадзе А.Ю., Савранский Л.И., Гарновский А.Д. – М.: Академкнига, 2007. – 487 с.
3. Bowman-James K. Alfred Werner revisited: the coordination chemistry of anions / K. Bowman-James // *Acc. Chem. Res.* – 2005. – V. 38, № 8. – P. 671-678.
4. Bowman-James K. Anion Coordination Chemistry / K. Bowman-James, A. Bianchi, E. García-España. – Eds. Wiley-Interscience, 2012. – 560 p.
5. Custelcean R. Anions in crystal engineering / R. Custelcean // *Chem. Soc. Rev.* – 2010. – V. 39, № 10. – P. 3675-3685.
6. Синтез, структура и перспективы применения новых координационных соединений германия (IV) с гидроксокарбоновыми кислотами / И.И. Сейфуллина, Е.Э. Марцинко, Л.Х. Миначева [и др.] // *Укр. хим. журнал.* – 2009. – Т. 75, № 1. – С. 3-9.
7. Сейфуллина И.И. Координационные соединения германия(IV) с анионами лимонной, винной и ксиларовой кислот / И.И. Сейфуллина, Е.Э. Марцинко // Одесса: «ОНУ», 2015. – 148 с.
8. Synthesis, Properties, and Molecular and Crystal Structure of Hexa-aquacopper(IV) Bis(diaquacuprato- μ_3 -trihydroxyglutarato)germanate(IV) Dihydrate $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6][\text{Ge}(\mu_3\text{-Thgl})_2\{\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2\}_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Martsinko E. E., Pesaroglo A. G., Minacheva L. Kh., Seifullina I. I. et al. // *Rus. J. Inorg. Chem.* – 2011. – V. 56, № 2. – P. 190-196.
9. Heteronuclear Alkali Metal bis(μ -Trihydroxyglutarato)dihydroxodigermanates(IV). The Crystal and Molecular Structure of $\text{K}_4[\text{Ge}_2(\mu\text{-Thgl})_2(\text{OH})_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ / Martsinko E. E., Minacheva L. Kh., Seifullina I. I. [et al.] // *Rus. J. Inorg. Chem.* – 2012. – V. 57, № 3. – P. 343-349.
10. Synthesis and Characterization of Cobalt(II) and Manganese(II) Xylaratogermanates: The Molecular and Crystal Structures of the $[\text{M}(\text{H}_2\text{O})_6][\text{Ge}(\mu_3\text{-L})_2\{\text{M}(\text{H}_2\text{O})_2\}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O} \cdot n\text{CH}_3\text{CN}$ Complexes (M = Co, n = 0; M

= Mn, n = 1) / Martsinko E. E., Minacheva L. Kh., Seifullina I. I. [et al.] // *Rus. J. Inorg. Chem.* – 2013. – V. 58, № 2. – P. 152-159.

11. Вплив нових ксиларатних комплексів германію (IV) на прояви синдрому стереотипної поведінки у щурів / Варбанець О.І., Годован В.В., Шандра О.О., Кащенко О.А., Сейфулліна І.Й., Марцинко О.Е. // *Одеський медичний журнал.* – 2012. – №4(132). – С. 15-18.

12. Seifullina, I.I.; Martsinko, E.E.; Afanasenko, E.V. Design and synthesis of new homo- and heterometal coordination compounds of germanium(IV) for preparation of low toxic drugs with a wide therapeutic action / I.I. Seifullina E.E. Martsinko E.V. Afanasenko // *Odessa National University Herald. Chemistry.* – 2015. - 20(4). - P. 6–17.

13. Ma Chun-Lin Chiral self-assembly of triorganotin complexes: Syntheses, characterization, crystal structures and antitumor activity of organotin(IV) complexes containing (R)-(+)-methylsuccinic acid, (S)-(+)-methylglutaric acid and L-(-)-malic acid ligands / C. L. Ma, S. L. Zhang, R. F. Zhang // *Polyhedron.* – 2012. – Vol. 31. – P. 478–485.

14. Syntheses and Characterization of 2D and 3D Organotin Polymer with Phenylsuccinic Acid and Trimethyltin Chloride Under Different Conditions / Rufen Zhang, Yun Ren, Qingfeng Wang [et al.] // *J. Inorgan. Organometal. Polym.* – 2010. – Vol. 20. – P. 399–404.

15. Ma C. Self-Assembly of Triorganotin Complexes: Syntheses, Characterization, and Crystal Structures of Dinuclear, 1D Polymeric Chain, and 2D Network Polymers Containing Chiral (+)-(1R,3S)-Camphoric Acid and meso-cis-4-Cyclohexene-1,2-dicarboxylic Acid Ligands / C. Ma, Q. Wang, R. Zhang // *European J. Inorgan. Chem.* – 2008. – №11. – P. 1926–1934.

16. A novel chiral 3D supramolecular framework based on organooxotin cluster / Shun-Li Li, Guang-Ju Ping, Jie Liu [et al.] // *Inorg. Chem. Commun.* – 2008. – Vol. 11. – P.220-228.

17. Zhang P. L. Gleevec (STI-571) inhibits lung cancer cell growth (A549) and potentiates the cisplatin effect in vitro / P. L. Zhang, W. Y. Gao, S. Turner // *Mol. Cancer*. – 2003. – Vol.2. – P. 40-48.
18. Pellerito L. Organotin(IV)ⁿ⁺ complexes formed with biologically active ligands: equilibrium and structural studies, and some biological aspects / L. Pellerito, L. Nagy // *Coordinat. Chem. Rev.* – 2002. – Vol. 224. – P. 111–150.
19. Dealkylation of Organotin Compounds by Biological Dithiols: Toward the Chemistry of Organotin Toxicity / B. Buck, A. Mascioni, L. Que [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 2003. – Vol. 125, № 44. – P. 9-15.
20. Saxena A. K. Organotin compounds and cancer chemotherapy / A. K. Saxena, L. Miller, F. Huber // *Appl. Organometal. Chem.* – 2003. – Vol. 17, № 10. – P. 781–787.
21. Gielen M. Organotin compounds: from kinetics to stereochemistry and antitumour activities / M. Gielen, M. Biesemans, R. Willem // *Appl. Organometal. Chem.* – 2005. – Vol. 19, № 4. – P. 440–450.
22. Gielen M. Tin-based antitumour drugs / M. Gielen // *Appl. Organometal. Polym.* – 2005. – Vol. 19. – P.440-447.
23. Aqueous solution chemistry of alkyltin(IV) compounds for speciation studies in biological fluids and natural waters / A. Gianguzza, O. Giuffre, D. Piazzese [et al.] // *Coordinat. Chem. Rev.* – 2012. – Vol. 256. – P. 222-239.
24. Equilibrium, Structural and Biological Activity Studies on [Organotin(IV)]ⁿ⁺ Complexes / L. Nagy, L. Pellerito, T. Fiore [et al.] // *Advances in Organometallic Chem.* – 2008. – Vol. 57. – P. 353-447.
25. Пожарицкий А. Ф. Исследование комплексных соединений германия с некоторыми оксикислотами: дис. ... канд. хим. наук : 02.00.01 / Пожарицкий Александр Филиппович. – Одесса, 1974. – 129 с.
26. Allen F.H. The Cambridge Structural Database: a quarter of a million crystal structures and rising / F.H. Allen // *Acta Crystallogr. B.* – 2002. – V. 58B, № 3. – P.380-388.

27. Федоров А.А. Основность и константы ионизации некоторых комплексных кислот Мо(VI) / А.А. Федоров // Журн. общей химии. – 1975. – Т. 45, № 5. – С. 1072-1075.
28. Федоров А.А. Поляриметрическое исследование равновесия комплексообразования неорганических ионов с оптически активными лигандами / А.А. Федоров // Журн. общей химии. – 1972. – Т. 42, № 11. – С. 2399-2402.
29. Давиденко Н. К. Устойчивость катионных комплексов редкоземельных элементов с винной и триоксиглутаровой кислотой / Н. К. Давиденко, В. Ф. Дербин // Журн. неорганической химии. – 1966. – Т. 11, № 1. – С. 99-103.
30. Чикрызова Е.Г. Смешанные комплексы Cu^{II} и Cr^{III} с триоксиглутаровой кислотой / Е.Г. Чикрызова, Э.Е. Топалы // Журн. неорганической химии. – 1971. – Т. 16, № 5. – С. 1341-1344.
31. Григорьева В.В. Комплексные соединения железа (III) с оксикислотами / В.В. Григорьева, С.М. Цимблер // Журн. неорганической химии. – 1968. – Т. 13, № 2. – С. 492-497.
32. Xiao-Ming Chen. Chapter 10 - Assembly Chemistry of Coordination Polymers // Modern Inorganic Synthetic Chemistry. – 2011. – P. 207-225. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444535993100101>
33. Tong M.-L., Chen X.-M. Chapter 8 - Synthesis of Coordination Compounds and Coordination Polymers // Modern Inorganic Synthetic Chemistry. – 2017. – P. 189-217. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444635914000082>
34. Synthesis and characterization of expected and unexpected topologies of homochiral porous metal(II) malate frameworks / M. P. Yutkin, M. S. Zavakhina, D. G. Samsonenko [et. al.] // Inorgan. Chim. Acta. – 2013. – Vol. 394. – P. 367-372.
35. Chiral and Achiral Malate Frameworks with Different Dimensionalities // A. Ghosh, C. N. R. Rao // Z. Anorg. Allg. Chem. – 2008. - Vol. 634. – P. 1115-1122.

36. Syntheses, spectroscopies and structures of zinc complexes with malate / R. H. Zhang, Q.-M. Hong, J.-M. Yang [et. al.] // *Inorg. Chim. Acta.*– 2009. - Vol. 362.– P. 2643-2649.
37. Leopis E. Metal complexes as ligands. New class of polynuclear dithiolate complexes / E. Leopis, J. Domeich, A. Cervilia // *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* – 1996. – №. 7. – P. 2149.
38. Fangfang Jian Synthesis and crystal structure of a novel tartrate copper (II) two-dimensional coordination polymer $\{[\text{Cu}_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)_2(\text{H}_2\text{O})_2]\cdot 4\text{H}_2\text{O}\}_\infty$. / J. Fangfang, Z. Pusu, W. Qingxiang // *J. Coordinat. Chem.* – 2005. – Vol.58, №13. – P. 1133-1138.
39. Кристаллическая и молекулярная структура пентагидрата бис(μ-тарtrato)ди(μ-гидроксо)дигерманата(IV) тетрааквабария $[\text{Ba}(\text{H}_2\text{O})_4][\text{Ge}_2(\mu\text{-Tart})_2(\mu\text{-OH})_2]5\text{H}_2\text{O}$ / Е. Э. Марцинко, А. Г. Песарогло, Л. Х. Миначева [и др.] // *Журн. неорган. химии.* – 2011. – Т. 56, № 1. – С. 29–34.
40. Координационный полимер – тригидрат триаквабарий-μ-бис(цитрато)германий. Синтез, свойства, молекулярная и кристаллическая структура $\{[\text{Ge}(\mu\text{-HCit})_2\text{Ba}(\text{H}_2\text{O})_3]\cdot 3\text{H}_2\text{O}\}_n$ / А. Г. Песарогло, Е. Э. Марцинко, Л. Х. Миначева [и др.] // *Журн. неорган. химии.* – 2010. – Т. 55, № 9. – С. 1449-1455.
41. Sheldrick G. M. SADABS, Program for Scaling and Correction of Area Detector Data / G. M. Sheldrick // University of Gottingen, Germany, 1997.
42. Sheldrick G. M. SHELXS-97. Program for the Solution of Crystal Structure / G. M. Sheldrick // University of Gottingen, Germany, 1997.
43. Sheldrick G. M. SHELXL-97. Program for the Refinement of Crystal Structures / G. M. Sheldrick // University of Gottingen, Germany, 1997.
44. SRM 640b: Silicon Powder 2θ/d-Spacing Standard for X-ray Diffraction // National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce: Gaithersburg, MD, 1987.

45. SRM 676: Alumina Internal Standard for Quantitative Analysis by X-ray Powder Diffraction // National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce: Gaithersburg, MD, 2005.
46. Stoe WinXPOW, version 3.03, Stoe & Cie GmbH, Darmstadt, 2010.
47. Kraus W., Nolze G. PowderCell for Windows (version 2.4). – Berlin: Federal Institute for Materials Research and Testing, March 2000.
48. Young R.A. (Ed.) The Rietveld Method // IUCr Monographs of Crystallography. N 5. International Union of Crystallography, Oxford University Press. – 1993. – 298 p.
49. Rodriguez-Carvajal J. Recent developments of the program FULLPROF, Commission on Powder Diffraction (IUCr) / J. Rodriguez-Carvajal // Newsletter. – 2001. – Vol. 26. P. 12-19.
50. Roisnel T., Rodriguez-Carvajal J. WinPLOTR: a Windows Tool for Powder Diffraction Patterns Analysis / T. Roisnel, J. Rodriguez-Carvajal // Mater. Sci. Forum. – 2001, – Vols. 378 – 381. – P. 118-123.
51. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами; [пер. с англ. В. М. Акимова и др.]. – Москва : ИЛ, 1963. – 590 с.
52. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений / К. Накамото; [пер. с англ. Л. В. Христенко]. – Москва : Мир, 1991. – 505 с.
53. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений / К. Наканиси; [пер. с англ. Н. Б. Куплетской]. – Москва : Мир, 1965. – 51 с.
54. Григорьев А. И. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / А. И. Григорьев. – Москва : Наука, 1977. – 85с.
55. Korsunsky V. I. Dimeric structure of the complex anion $[(\text{SnCit}r)_4\text{Pt}(\mu\text{-SnCit}r)_2\text{Pt}(\text{SnCit}r)_4]^{6-}$ ($\text{Cit}r^{3-} = \text{OOC-CH}_2\text{-C(OH)(COO)}^-\text{-CH}_2\text{-COO}^-$) with two bridging tin atoms obtained by the method of radial distribution functions of atoms in powder samples and in solution / V. I. Korsunsky, P. G. Antonov, T. P. Lutsko // Polyhedron. – 1992. – V. 11, № 11. – P. 1403-1409.

56. Feng S. Anodization, Precursor Route to Flowerlike Patterns Composed of Nanoporous Tin Oxide Nanostrips on Tin Substrate // S. Feng, Y. Tang, T. Xiao // *J. Phys. Chem.* – 2009. – V. 113. – P. 4809–4813.
57. Запольный А. Е. Исследование комплексообразования олова (IV) с d-винной кислотой методами мессбауэровской спектроскопии и поляриметрии / А. Е. Запольный, А. С. Храмов, А. Н. Глебов // *Коорд. химия.* – 1992. – Т. 18, №8. – С. 835-839.
58. Spek A. L. Structure validation in chemical crystallography / A. L. Spek // *Acta Cryst. D.* – 2009. – V. 65, № 2. – P. 148-155.