

LaF<sub>3</sub> (де М — Li, Na) [1] з отриманими експериментальними даними дає підстави вважати, що на всьому концентраційному проміжку суміші LiF—LaF<sub>3</sub>, на відміну від системи NaF—LaF<sub>3</sub>, комплексоутворення між LiF та LaF<sub>3</sub> не спостерігається. Отримані результати співпадають з встановленими раніше закономірностями поведінки LaF<sub>3</sub> в розплаві фторидів цезію та літію [12].

Таким чином, в ході виконаних експериментальних досліджень поведінки трифториду лантану в розплаві фторидів натрію та літію встановлено, що в дослідженому концентраційному інтервалі фториду РЗЕ основними сполуками є NaLaF<sub>4</sub> та LiF.

**РЕЗЮМЕ.** Методами дифференціально-термічного (ДТА) і рентгенофазового (РФА) аналізу досліджено поведінку LaF<sub>3</sub> в расплавленной суміші NaF—LiF. Показано, що закономірності фазових превращень, которые являются характерными для бинарных систем MF—LaF<sub>3</sub> (где М — Na, Li), сохраняются и в тройной системе NaF—LiF—LaF<sub>3</sub>. В исследуемых разрезах установлено присутствие фазы состава NaLaF<sub>4</sub>. Фторид лития не образует соединений с трифторидом лантана.

**SUMMARY.** The behaviour LaF<sub>3</sub> in melted mixture NaF—LiF have been investigated by methods of differential thermal analysis (DTA) and X-ray phase analyses. It is shown, that to law of phase changes, which are characteristic for binary mixtures MF—LaF<sub>3</sub> (where М — Na, Li), are conserved and in threefold system NaF—LiF—

LaF<sub>3</sub>. In researched sections presence of a phase of composition NaLaF<sub>4</sub> is established. Lithium fluoride does not form connections with lanthanum trifluoride.

1. Федоров П.П. // Журн. неорган. химии. -1999. -**44**, № 11. -С. 1792—1818.
2. Bowman C.D. // Proc. of the III Intern. Conf. of Accelerator-Driven Transmutation Technologies. - Praha, June 7–11, 1999.
3. Иванова И.А., Морозов А.М., Петрова М.А. и др. // Изв. АН СССР. Сер. Неорган. материалы. -1975. -**11**, № 12. -С. 2175—2179.
4. Иванова И.А., Петрова М.А., Подколзина И.Г. // Журн. неорган. химии. -1975. -**20**, № 9. -С. 2292, 2293.
5. Бухалова Г.А., Бабаева Э.П., Хлиян Т.М. // Там же. -1965. -**10**, № 9. -С. 2127—2131.
6. Бергман А.Г., Дергунов Е.П. // Докл. АН СССР. -1941. -**31**. -С. 752, 753.
7. Коршунов Б.Г., Сазонов В.В., Дробот Д.В. Диаграммы плавкости галогенидных систем переходных элементов / Под ред. Б.Г. Коршунова. -М.: Металлургия, 1977.
8. Roy E. Thoma // J. Inorg. Nucl. Chem. -1972. -**34**, № 9. -Р. 2747—2760.
9. Справочник по плавкости систем из безводных неорганических солей / Под ред. Н.К. Воскресенской. -М.: Ленинград: Изд-во АН СССР, 1961.
10. Савчук Р.М., Нагорний П.Г., Компаніченко Н.М., Омельчук А.О. // Укр. хим. журн. -2003. -**69**, № 10. -С. 69—73.
11. Powder Diffraction File Completed by the Joint Committee on Powder Diffraction Standards. // Amer. Soc. for Testing Materials (ASTM). -Philadelphia, 1989.
12. Бухалова Г.А., Бабаева Э.П. // Журн. неорган. химии. -1965. **10**, № 8. -С. 1883—1885.

Інститут загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського НАН України, Київ

Надійшла 22.01.2006

УДК 541.49:546.289

**І.Й. Сейфулліна, О.Е. Марцинко, О.Г. Песарогло, Т.Г. Вербецька**

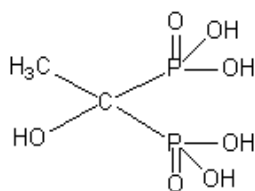
## **РІЗНОМЕТАЛЬНІ ОКСІЕТИЛДЕНДИФОСФОНАТИ ДЕЯКИХ *d*- ТА *s*-МЕТАЛІВ**

Вперше шляхом постадійного синтезу з використанням в якості вихідних реагентів триамонійної солі оксіетилдендифосфонової кислоти (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>HOedph та ацетатів металів одержано гомометалічні, а потім на їх основі — гетерометалічні комплекси складу [M<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>-μ-{Ni(NH<sub>4</sub>Oedph)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>}]·2H<sub>2</sub>O (M = Mg (I), Ca (II), Zn (III)), M<sub>2</sub>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[Zn(Oedph)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]·2H<sub>2</sub>O (M = Mg (IV), Ca (V)). Сполуки охарактеризовано сукупністю фізико-хімічних методів дослідження (елементний та рентгенофазовий аналізи, вимірювання магнітної сприйнятливості, термогравиметрія, ІЧ-спектроскопія та спектроскопія дифузного відбиття). Запропоновано схеми їх будови.

Координаційні сполуки на основі оксіетилдендифосфонової кислоти (H<sub>4</sub>Oedph) (схема) ви-

кликають інтерес з точки зору їх застосування в медицині, сільському господарстві, мікробіології.

© І.Й. Сейфулліна, О.Е. Марцинко, О.Г. Песарогло, Т.Г. Вербецька, 2007



Будова гомометалічних оксіетилідендифосфонатів вивчена достатньо повно — визначена структура (мономерна, димерна та полімерно-ланцюгова) біля двох десятків сполук даного класу [1, 2].

Встановлено, що зазначений комплексон є потенційно п'ятидентатним, але через специфічну просторову будову проявляє себе по відношенню до одного катіону металу як тридентатний ліганд. Наявність вакантних донорних центрів вказує на його здатність утворювати поліядерні комплекси, зокрема гетерометалічні. Однак ці дані стосуються лише оксіетилідендифосфонатів бору [3] та германію [4, 5] з деякими *s*- і *d*-металами.

Перспективними для використання в сільському господарстві в якості мікродобрих можна вважати гетерометалічні оксіетилідендифосфонати з мікроелементами (Zn, Ni, Mg, Ca), які містять і нітроген. Тому це дослідження присвячено синтезу та вивченню різнометальних комплексів — продуктів взаємодії триамонійної солі оксіетилідендифосфонової кислоти з солями вказаних металів.

В якості вихідних речовин використовували  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph} \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.),  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (ч.),  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (ч.),  $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (ч.).

Різнometальні комплекси одержували в дві стадії. На першій було синтезовано одноріднометальні комплекси, а на другій — їх взаємодією з сіллю другого металу — різнometальні. Для розробки оптимальної методики синтезу було перевірено декілька способів, в яких на першій стадії отримували одноріднометальний комплекс з одним комплексоутворювачем, а в других — з іншим. Було встановлено, що незалежно від варіанту синтезу утворюються різнometальні комплекси однакового складу. Найбільший вихід (80—100 %) кінцевих продуктів було отримано за нижченаведеними методиками.

Перша стадія: до розчину триамонійної солі оксіетилідендифосфонової кислоти (0.005 моль (1.3975 г)  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph}$  в 70 мл води) додавали 0.0025 моль (0.6225 г) ацетату нікелю (II) (для синтезу комплексів I—III) або 0.0025 моль (0.5475 г) цинку (II) (комплекси IV, V). Розчини нагрівали при 80—90 °C протягом 40 хв.

Друга стадія: до розчину оксіетилідендифосфонату нікелю додавали наважки, що містили ацетат магнію (I), кальцію (II) або цинку (III), а

до оксіетилідендифосфонату цинку — ацетати магнію (IV), кальцію (V). Суміші перемішували до повного розчинення реагентів та нагрівали при температурі 70—80 °C на протязі 20 хв (кінцевий об'єм розчинів 30 мл).

Через 3—4 год після охолодження розчинів випадали світло-зелені осаді комплексів I та II, а зелений (III) — після додавання до водного розчину 60 мл етилового спирту. Осади, що утворилися, фільтрували на фільтрах Шотта, промивали етанолом та ефіром, сушили до постійної маси при кімнатній температурі. Для одержання в твердому стані комплексів IV та V їх розчини виливали на чашку Петрі та витримували на протязі 2 діб при кімнатній температурі. Кінцеві продукти представляли собою прозоре "скло".

Зразки для дослідження фізико-хімічними методами отримано подрібненням осадів, які було витримано в ексікаторі над хлоридом кальцію при кімнатній температурі до постійної маси. Вміст цинку, нікелю, магнію, кальцію і фосфору визначено методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою на приборі фірми Perkin Elmer Optima 2000 DV. Вміст нітрогену визначали за К'ельдалем [6].

Рентгенофазовий аналіз було проведено на дифрактометрі ДРОН-0,5 на мідному антикатоді з нікелевим фільтром. Магнітну сприйнятливості виміряно за методом Гуї [7]. В якості стандарту для калібрування використано  $\text{HgCo}(\text{NCS})_4$ . Термогравіметричні криві (ДТА, ДТГ, ТГ) було записано на дериватографі Q-1500Д в атмосфері повітря. Нагрівання зразків (масою ~150 мг) проведено зі швидкістю 5 град/хв в інтервалі температур 20—500 °C. Еталон — прожарений оксид алюмінію.

Спектри дифузного відбиття (5000—27000  $\text{cm}^{-1}$ ) записано на спектрофотометрі UV VIS NIR Lambda 9 фірми Perkin Elmer, в якості стандарту використано  $\text{MgO}$ . ІЧ-спектри поглинання (400—4000  $\text{cm}^{-1}$ ) зразків вихідної комплексної оксіетилідендифосфонатогерманієвої кислоти та різнometальних комплексів, пресованих з KBr, були записані на спектрометрі Specord IR-75.

За даними рентгенофазового аналізу продукти синтезу I—V, на відміну від вихідних кристалічних  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph}$  та ацетатів металів, є рентгеноаморфними, що свідчить про їх індивідуальність і чистоту. В результаті хімічного аналізу було встановлено, що мольне співвідношення елементів в молекулах I—V  $\text{M}^1:\text{P}:\text{N}:\text{M} = 1:4:2:2$  ( $\text{M}^1 = \text{Ni}$ ,  $\text{M} = \text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Zn}$ ;  $\text{M}^1 = \text{Zn}$ ,  $\text{M} = \text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ). Відповідно останньому сумарно процес у розчині

Т а б л и ц я 1

Склад та значення ефективного магнітного моменту комплексів I—V

Сполука	Брутто-формула комплексів	Знайдено розраховано, %						$\mu_{\text{эф}}$ , мБ	
		Ni	Zn	Mg	Ca	N	P		H <sub>2</sub> O
I	C <sub>4</sub> H <sub>16</sub> O <sub>14</sub> N <sub>2</sub> P <sub>4</sub> NiMg <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	8.25		6.50		4.00	17.80	21.00	2.89
		8.54		6.95		4.05	17.95	20.84	
II	C <sub>4</sub> H <sub>16</sub> O <sub>14</sub> N <sub>2</sub> P <sub>4</sub> NiCa <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	8.15			11.0	3.62	17.00	20.00	3.00
		8.16			11.07	3.87	17.15	19.92	
III	C <sub>4</sub> H <sub>16</sub> O <sub>14</sub> N <sub>2</sub> P <sub>4</sub> NiZn <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	7.50	16.52			3.59	16.00	18.60	2.91
		7.63	16.82			3.62	16.04	18.63	
IV	C <sub>4</sub> H <sub>16</sub> O <sub>14</sub> N <sub>2</sub> P <sub>4</sub> ZnMg <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O		10.21	7.45		4.40	19.82	11.50	
			10.4	7.68		4.48	19.84	11.52	
V	C <sub>4</sub> H <sub>16</sub> O <sub>14</sub> N <sub>2</sub> P <sub>4</sub> ZnCa <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O		9.85		12.35	4.18	18.75	11.00	
			9.89		12.18	4.26	18.87	10.96	

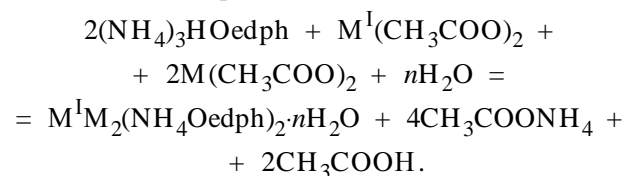
Т а б л и ц я 2

Характер термічного розкладу комплексів I—V

	$\Delta t$ (ДТА), °C	$t_{\text{max}}$ (ДТА), °C*	Характер процесу	Втрата маси, %	
				Знайдено	Розраховано
[Mg <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> -μ-{Ni(NH <sub>4</sub> Oedph) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> }]·2H <sub>2</sub> O (I)	75–90	80 (–)	–2H <sub>2</sub> O	5.20	5.20
	90–207	160 (–)	–6H <sub>2</sub> O –2NH <sub>3</sub>	20.30	20.55
[Ca <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> -μ-{Ni(NH <sub>4</sub> Oedph) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> }]·2H <sub>2</sub> O (II)	260–330	281 (+)	–2H <sub>2</sub> O	5.50	5.20
	70–90	85 (–)	–2H <sub>2</sub> O	5.00	4.98
[Zn <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> -μ-{Ni(NH <sub>4</sub> Oedph) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> }]·2H <sub>2</sub> O (III)	91–192	155 (–)	–6H <sub>2</sub> O –2NH <sub>3</sub>	20.50	19.64
	265–330	291 (+)	–2H <sub>2</sub> O	5.00	4.98
Mg <sub>2</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Zn(Oedph) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]·2H <sub>2</sub> O (IV)	72–93	80 (–)	–2H <sub>2</sub> O	4.50	4.66
	93–196	121 (–)	–6H <sub>2</sub> O –2NH <sub>3</sub>	18.50	18.37
Ca <sub>2</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Zn(Oedph) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]·2H <sub>2</sub> O (V)	262–350	295 (+)	–2H <sub>2</sub> O	4.54	4.66
	60–115	80 (–)	–2H <sub>2</sub> O	5.75	5.76
	115–205	150 (–)	–2H <sub>2</sub> O –2NH <sub>3</sub>	11.25	11.20
	50–115	80 (–)	–2H <sub>2</sub> O	5.50	5.48
	115–200	150 (–)	–2H <sub>2</sub> O –2NH <sub>3</sub>	10.70	10.65

\* (–) — Ендотермічний, (+) — екзотермічний процес.

можна описати рівнянням:



Комплекси I—V містять воду. Гідратний

вміст розраховано за результатами обробки термогравіметричних кривих (табл. 1).

Отримані величини магнітних моментів  $\mu_{\text{эф}}$  комплексів I—III (табл. 1) вказують на реалізацію для нікелю в них октаедричних поліедрів [8]. Це підтверджує і аналіз спектрів дифузного відбиття I—III, в яких спостерігаються по дві смуги (см<sup>-1</sup>): I — 12900 та 23810, II — 13010 та 23820, III —

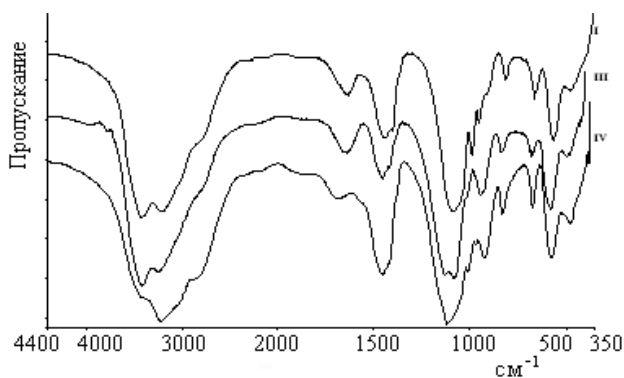
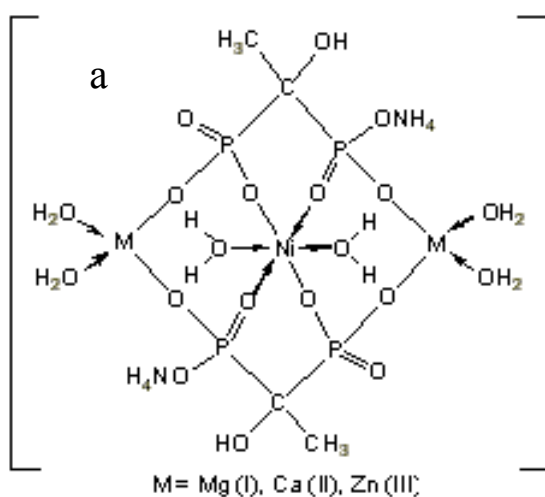
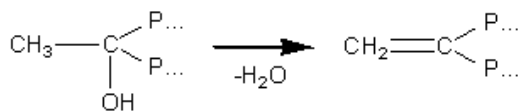


Рис. 1. ІЧ-спектри комплексів I, III та IV.

12470 та 23810, що відповідають переходам  ${}^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{1g}(F)$  та  ${}^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{2g}(P)$  [9].

Термічний розклад I—III (табл. 2) починається з низькотемпературного ендотермічного ефекту, при якому відокремлюється кристалізаційна вода. Потім в широкому інтервалі температур (90—200 °C) відбувається видалення молекул координованої води та аміаку. Великий температурний інтервал останнього процесу пояснюється особливим способом упаковки молекул води за рахунок утворення сильних внутрішньо- і міжмолекулярних водневих зв'язків, що є характерним для різних комплексонатів металів [10]. Особливістю термічного розкладу сполук I—III є екзотермічний процес [11]:



в інтервалі температур 260—350 °C, в результаті якого відбувається видалення двох молекул води (по одній від кожного ліганду), що узгоджується з втратою маси.

Високотемпературні екзоєфекти без втрати маси, що спостерігаються на термограмах I—III після 350 °C, свідчать про протікання енергетично вигідного процесу — розриву зв'язків ліганду з комплексоутворювачами та перебудові молекул. Подальший розпад органічної частини молекул комплексонатів супроводжується горінням.

На відміну від I—III терморозпад сполук IV, V (табл. 2) в інтервалі температур 50—200 °C відбувається ступінчасто — спочатку видаляється кристалізаційна вода, а потім — молекули координованої води та аміаку (по дві). При нагріванні зразків цих комплексів до 200 °C відбувається їх вспучення, тому подальший запис термограм стає неможливим.

В результаті аналізу ІЧ-спектрів комплексів була отримана інформація про спосіб координації ліганду і будову молекул синтезованих сполук. У відповідності з літературними даними ІЧ-спектр кристалічної  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph}$  характеризується наявністю таких найважливіших смуг поглинання:  $\nu(\text{P}=\text{O})$  — 1205,  $\nu_{as}(\text{PO}_2)$  — 1070,  $\nu_s(\text{PO}_2)$  — 1150,  $\nu(\text{NH}_4^+)$  — 1425,  $\nu(\text{NH})$  — 3200;  $\nu(\text{OH})$  — 3540,  $\nu_{as}(\text{PO}_3)$  — 1100 і  $\nu_s(\text{PO}_3)$  — 980  $\text{cm}^{-1}$  [12]. Такий набір свідчить про присутність в аніоні солі двох типів депротонованих фосфонових груп  $\text{PO}_3\text{H}^-$  та  $\text{PO}_3^-$ . На підставі встановленого складу сполук I—V можна зробити висновок, що їх молекули містять тільки повністю депротоновані фосфонові групи. Так, в ІЧ-спектрах всіх комплексів (на рис. 1

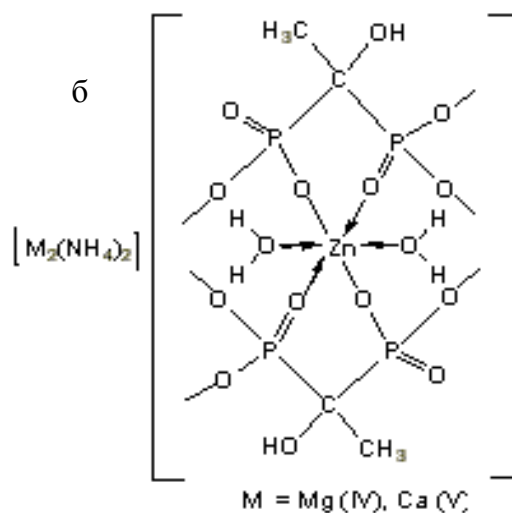


Рис. 2. Схеми будови комплексів I—III (a) та IV—V (б).

для прикладу наведені спектри комплексів I, III, IV) присутні тільки смуги поглинання  $\nu_{as}(\text{PO}_3^-)$  — 1118–1110  $\text{cm}^{-1}$  та  $\nu_s(\text{PO}_3^-)$  — 1050–993  $\text{cm}^{-1}$ .

Таким чином, в комплексах I—V реалізуються однакові зв'язки Ni (Zn) з атомами оксигенів фосфонових груп ліганду, що підтверджується і появою в їх спектрах смуг валентних коливань зв'язків метал—O<sub>фосф</sub> (в області 560—480  $\text{cm}^{-1}$ ).

Про наявність у молекулах всіх комплексів координованої та кристалізаційної води свідчать смуги в ІЧ-спектрах валентних  $\nu(\text{H}_2\text{O})$  в області 3400  $\text{cm}^{-1}$  та деформаційних коливань  $\delta(\text{HOH}) = 1647—1637 \text{ cm}^{-1}$  [13]. В спектрах комплексів I—V присутні також смуги  $\nu(\text{NH}_4^+)$  і  $\nu(\text{NH})$ .

На основі сукупності даних хімічного аналізу, термогравіметрії, ІЧ-спектроскопії, магнетохімії, спектроскопії дифузного відбиття встановлено, що в комплексах I—III доповнення координаційного числа нікелю до 6 відбувається за рахунок двох молекул води. Склад та ступінчастий характер терморозпаду сполук I—III свідчить про те, що дані комплекси є тримерними, в них аніон оксietiлідендифосфонатонікелату — місток, який зв'язує два гідратованих йони іншого металу (рис. 2, а). Схема будови комплексів надана без урахування водневих зв'язків.

Схожість ІЧ-спектрів сполук I—V дозволяє зробити висновок, що в IV, V реалізується подібний до I—III комплексний аніон цинку. Однак висока розчинність сполук IV, V, гідратний склад, а також термічна поведінка, відмінні від I—III, вказують на їх різну структуру. По всій вірогідності, комплекси IV, V можна розглядати як солі відповідних металів (рис. 2, б).

Запропоновані схеми добре узгоджуються з літературними даними щодо будови одноріднометальних комплексів нікелю та цинку з  $\text{H}_4\text{Oedph}$  [1, 2].

**РЕЗЮМЕ.** Впервые путем постадийного синтеза с использованием в качестве исходных реагентов триаммонийной соли оксietiлідендифосфоновой кислоты  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph}$  и ацетатов металлов получены гомометаллические, а потом на их основе — гетерометаллические комплексы состава  $[\text{M}_2(\text{H}_2\text{O})_4-\mu-\{\text{Ni}(\text{NH}_4\text{Oedph})_2(\text{H}_2\text{O})_2\}]$ .

$2\text{H}_2\text{O}$  (M = Mg (I), Ca (II), Zn (III)),  $\text{M}_2(\text{NH}_4)_2[\text{Zn}(\text{Oedph})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (M = Mg (IV), Ca (V)). Соединения охарактеризованы совокупностью физико-химических методов исследования (элементный и рентгенофазный анализы, измерения магнитной восприимчивости, термогравиметрия, ИК-спектроскопия и спектроскопия диффузного отражения). Предложены схемы их строения.

**SUMMARY.** In this work for the first time by the step synthesis method using as initial reagents oxyethylidenediphosphonic acid triammonium salt  $(\text{NH}_4)_3\text{HOedph}$  and metal acetates the homometallic and then on their base the heterometallic complexes of the composition  $[\text{M}_2(\text{H}_2\text{O})_4-\{\text{Ni}(\text{NH}_4\text{Oedph})_2(\text{H}_2\text{O})_2\}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (M = Mg (I), Ca (II), Zn (III)),  $\text{M}_2(\text{NH}_4)_2[\text{Zn}(\text{Oedph})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (M = Mg (IV), Ca (V)) have been obtained. The compounds have been characterized by physico-chemical methods of investigation (element and X-ray phase analysis, magnetic susceptibility measurements, thermogravimetry, IR and diffuse reflection spectroscopy). Their structure schemes have been proposed.

1. Сергиенко В.С. // Журн. неорган. химии. -2000. -**45**, № 11. -С. 1816—1822.
2. Сергиенко В.С. // Кристаллография. -2001. -**46**, № 2. -С. 236—246.
3. Костромин Н.А., Крятова О.П., Малетин Ю.А. // Укр. хим. журн. -2000. -**66**, № 12. -С. 67—75.
4. Сейфуллина И.И., Марцинко Е.Э., Александров Г.Г., Сергиенко В.С. // Журн. неорган. химии. -2004. -**49**, № 6. -С. 928—937.
5. Марцинко Е.Э., Сейфуллина И.И., Сергиенко В.С., Чураков А.В. // Там же. -2005. -**50**, № 6. -С. 572—575.
6. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. -М.: Химия, 1975.
7. Кармин В.А. Магнетохимия. -М.: Мир, 1989.
8. Нейдинг Л. Магнетохимия комплексных соединений переходных металлов. -М.: Мир, 1970.
9. Ливер Э. Электронная спектроскопия неорганических соединений. -М.: Мир, 1987.
10. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. -М.: Химия, 1988.
11. Афонин Е.Г., Печурова Н.И. // Журн. общ. химии. -1987. -**57**, № 3. -С. 538—544.
12. Бихман Б.И., Уринович Е.М., Киреева А.Ю. и др. // Журн. неорган. химии. -1976. -**21**, № 7. -С. 1867—1870.
13. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. -М.: Мир, 1991.