

The phenomenon of filling pulsations self-oscillations in tumbling mill working chamber is considered. The effect of rotational speed on the amplitude of oscillation is found. The influence self-oscillations processes for performance and energy efficiency of grinding is estimated.

Keywords: tumbling mill, intrachamber filling, self-oscillations, self-excitation, rotational speed, vibration amplitude, grind material, damping effect, the efficiency of grinding.

УДК 546.650 : 541.123.3

О.Г. ДРЮЧКО, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,

Д.О. СТОРОЖЕНКО, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,

Н.В. БУНЯКІНА, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,

І.О. ІВАНИЦЬКА, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава

ХІМІЧНА ВЗАЄМОДІЯ І ФАЗОУТВОРЕННЯ У НІТРАТНИХ ВОДНО-СОЛЬОВИХ СИСТЕМАХ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ЛІТІЮ

Із застосуванням комплексу фізико-хімічних методів авторами вивчено природу й закономірності хімічної взаємодії структурних компонентів, гетерогенних рівноваг (25 – 100 °С) у потрійних водно-сольових системах нітратів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) і літію. Виявлена низка особливостей і закономірностей у їх сукупній поведінці.

Ключові слова: рідкісноземельні елементи; літій; нітрати; комплексоутворення; водно-сольові системи; властивості.

Вступ. Підвищена увага до складних оксидів зі структурою дефектного перовскіта ((La,Li)TiO₃, (La_(2/3-x)Li_{3x}V_(4/3-2x))M₂O₆ (V – вакансія; M – Nb, Ta)) [1 – 5] і на основі граната Li₅La₃M₂O₁₂ (M – Nb, Ta) [6, 7] зумовлена особливістю А-дефіцитної кристалічної решітки: наявністю у базових структурах достатньої кількості вакансій, що забезпечують вільну міграцію носіїв заряду – іонів літію, і каналів провідності, по яких здійснюється іонне транспортування. Ці особливості структур відкривають широкі можливості модифікування властивостей складних оксидів, оснований на катіонних заміщеннях і формуванні вакансій у катіонній чи аніонній підрешітках, з метою досягнення високої іонної провідності й швидкого іонного транспортування.

Дослідженнями також встановлено, що частковими гетеровалентними заміщеннями у підрешітці рідкісноземельних елементів можна впливати на фонний спектр [1].

© О.Г. Дрючко, Д.О. Стороженко, Н.В. Бунякіна, І.О. Іваницька, 2014

Це дозволяє в межах однієї структури і близького хімічного складу змінювати властивості матеріалів від іонних провідників до ультрависокочастотних (НВЧ) діелектриків і сегнетоелектриків-напівпровідників [8].

Реалізація вказаного підходу дозволяє створення літій-провідних матеріалів з високою провідністю при кімнатній температурі ($\sigma \sim 10^{-3}$ См/см), використання подібних систем як твердих електролітних мембран, електродів у перезаряджаючих літійових акумуляторах й електрохромних пристроях, в електрохімічних сенсорах [5], а також розроблення на їх основі матеріалів [8], що характеризуються відносно високими значеннями діелектричної проникності, електричної добротності, термостабільності електрофізичних властивостей у НВЧ діапазоні, для елементів і приладових структур сучасних систем телекомунікації. Літій-провідні складні оксиди мають складну структуру, а синтез таких нанокристалічних матеріалів є складною науково-технологічною проблемою.

Нині для запобігання літійових втрат і відтворення монофазних зразків з регульованою упорядкованістю катіонів і вакансій у кристалографічних позиціях структур перовскітів розробляють низькотемпературні методи «м'якої хімії» з використанням рідких багатоконпонентних нітратних систем [9, 10]. Механізм формування наночастинок у таких умовах із фізико-хімічної точки зору достатньо складний і може включати процеси, що протікають паралельно – гідратації (сольватації), асоціації, комплексоутворення, утворення й трансформування гетерофаз, закономірності перебігу яких мало вивчені.

Наявні відомості щодо стану і можливих напрямів удосконалення технологій створення оксидних РЗЕ-вмісних функціональних матеріалів, способів активації процесів; існуючі вимоги до їх стабільності й відтворюваності властивостей ініціювали проведення нашого дослідження.

Метою цієї роботи є фундаментальні дослідження кооперативних процесів, які протікають при одержанні оксидних РЗЕ-вмісних функціональних матеріалів на підготовчих стадіях з використанням нітратів елементів різної електронної структури, та знаходження можливих прийомів впливу на рідкофазні і твердофазні системи, оснований на термічній активації реагентів, з метою відтворення їх структурно-чутливих характеристик.

Постановка завдання. Для оцінки можливості керування вказаними процесами й одержання матеріалів із заданими властивостями із застосуванням комплексу фізико-хімічних методів потрібно:

- а) вивчити хімічну взаємодію, фазові рівноваги у модельних водно-

сольових системах $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} - \text{Y}, \text{La} - \text{Lu}$) в інтервалі $25 - 100^\circ\text{C}$;

б) побудувати політермічні діаграми розчинності систем. Визначити концентраційні й температурні межі кристалізації вихідних речовин і виявлених комплексних сполук;

в) з'ясувати оптимальні умови росту і провести синтез координаційних нітратів рідкісноземельних елементів і літію, вивчити їх властивості та підтвердити індивідуальність;

г) установити закономірності залежності числа, складу, властивостей координаційних нітратів, що утворюються у досліджуваних системах, від природи іону Ln^{3+} -комплексоутворювача, умов утворення.

Експериментальна частина. Для з'ясування характеру хімічної поведінки структурних компонентів і фазових рівноваг у досліджуваних водно-сольових системах – прекурсорах багатокомпонентних РЗЕ-вмісних функціональних матеріалів ізотермічно, в температурному діапазоні існування розчинів у повних концентраційних співвідношеннях використано метод розчинності і методика, описана в попередній нашій публікації [11].

Хімічний аналіз рідких і твердих фаз проводили на вміст іонів Ln^{3+} й азоту. Кількість лантанної визначали трилонометрично за наявності ксилеолового оранжевого в ацетатному буферному розчині, азот – методом відгонки і по сухому залишку. Уміст солі літію розраховували за різницею, виходячи із загального вмісту нітратів. Отримані результати для окремих складових аналізу перераховували на склад солей і потім наносили на діаграми розчинності.

Ідентифікацію подвійних солей, виявлених у системах, проводили за методом Скрейнемакерса, хімічним та кристалооптичним методами аналізу. Синтезовані сполуки досліджували також пікнометричним, мікрофотографічним, термографічним, ІЧ спектроскопічним, рентгенофазовим і рентгеноструктурним методами.

Результати та їх обговорення. Одержані експериментальні дані з вивчення систем узагальнені, зведені в таблиці 1а, 1б та використовуються для графічної інтерпретації результатів дослідження (див. рисунок політермі розчинності $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} - \text{La} - \text{Nd}$)).

В інтервалі $25 - 100^\circ\text{C}$ між структурними компонентами виявлені обмінні взаємодії з утворенням нових аніонних координаційних сполук лантанної. Вивчено їх кількість (чотири), склад, можливі види сполук, концент-

раційні межі кристалізації фаз, що співіснують у конкретних системах, характер їх розчинності, побудовані фазові діаграми розчинності. Концентраційним межам насичених розчинів, із яких виділяються координаційні нітрати Ln, відповідають склади нонваріантних точок відповідних ізотерм розчинності. Усі вони синтезовані у монокристалічному вигляді. Підтверджено їх індивідуальність та проведено системне вивчення низки їх властивостей.

Таблиця 1а – Умови утворення літєвих подвійних нітратів лантаноїдів церієвої підгрупи у системах $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ (Ln – La – Sm) при 25 – 100 °С

t, °С	Системи			Склад точок на фазовій діаграмі, мас. %				
	Точки ізотерм			La	Ce	Pr	Nd	Sm
25	A ₁	Розчинність LiNO_3 , мас. %	47,66					
	B ₁ ^I	Фігуративна (евтонічна) точка	LiNO_3	31,92	31,09	35,84	35,45	31,94
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	31,86	32,03	26,65	28,07	30,07
	B ₁ ^{II}	Фігуративна точка	LiNO_3	19,54	20,49	24,13	28,28	
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	47,96	47,08	41,69	37,63	
C ₁	Розчинність $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, мас. %		58,92	59,05	59,01	58,89	59,22	
50	A ₂	Розчинність LiNO_3 , мас. %	63,80					
	B ₂	Евтонічна точка	LiNO_3	23,29	22,87	21,93	21,48	24,90
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	53,61	53,89	54,28	54,35	46,96
	C ₂	Розчинність $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, мас. %		65,79	66,62	66,64	66,16	65,59
100	A ₃	Розчинність LiNO_3 , мас. %	67,28					
	D ₁	Перехідна (евтонічна) точка	LiNO_3	27,11	26,84	24,09	24,03	17,56
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	53,35	54,35	54,66	54,68	67,31
	Сполука F ₁	Співвідношення компонентів *		3 : 2 : 3	3 : 2 : 3	3 : 2 : 3	3 : 2 : 3	
		Характер розчинності		конгр.	конгр.	конгр.	конгр.	
	G	Евтонічна точка	LiNO_3	9,92	9,76	8,73	9,68	
$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$			71,03	71,45	72,20	72,51		

* Перша цифра вказує кількість молекул нітрату літію, друга – кількість молекул нітрату рідкісноземельного елемента, третя – кількість молекул води.

У досліджених водно-сольових системах нітратів літію і рідкісноземельних елементів церієвої підгрупи виявлені поля кристалізації: – вихідних нітратів:

- літію (кристалогідрату $\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ до $t \sim 30$ °С, безводного LiNO_3

при $t > 30 \text{ }^\circ\text{C}$)

2) лантаноїдів La – Sm (гексагідрату $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при $t < 68 \text{ }^\circ\text{C}$, при вищих температурах – кристалогідратні форми вказаних лантаноїдів не стійкі і перебувають у рідкому стані);

3) виявленого вперше координаційного нітрату $\text{Li}_3[\text{Ln}(\text{NO}_3)_9] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Ln – La – Nd, конгурентно розчинного у воді), що виділяється із розчинів при $t > 65 \text{ }^\circ\text{C}$. (Вірогідно, що область існування такої ж сполуки у самарієвій системі в ізотермічному перерізі $100 \text{ }^\circ\text{C}$ дуже вузька).

Таблиця 1б – Дані з вивчення фазових рівноваг у системах $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ (Ln – Y, Gd – Lu) при 25, 50, $100 \text{ }^\circ\text{C}$

t, °C	Системи		Склад точок на фазовій діаграмі, мас. %									
	Точки ізотерм		Y	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
25	A ₁	Розчинність LiNO_3 , мас. %	47,7									
	B ₁	Евтонічна точка	LiNO_3	31,4	32,7	31,8	31,9	31,3	31,4	25,9	19,2	18,8
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	30,6	30,5	32,5	33,5	34,4	34,5	41,4	51,6	53,2
C ₁	Розчинність $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$ і його гідратність у твердій фазі, мас. %	59,2 6	59,5 5	60,2 5	62,4 5	65,2 5	66,1 5	68,2 5	70,1 4	71,7 4		
50	A ₂	Розчинність LiNO_3 , мас. %	63,8									
	B ₂	Евтонічна точка	LiNO_3	31,2	38,1	33,6	34,5	33,8	32,3	21,6	22,4	22,6
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	40,7	37,3	38,4	39,5	43,3	45,2	53,7	56,5	56,9
C ₂	Розчинність $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$ і його гідратність у твердій фазі, мас. %	63,9 6	65,7 5	66,4 5	67,7 5	69,0 5	70,4 5	73,0 5	75,2 4	76,3 4		
100	A ₃	Розчинність LiNO_3 , мас. %	67,3									
	B ₃	Евтонічна точка	LiNO_3	16,8	15,9	16,2	16,3	16,2	16,5	16,2	15,3	15,0
			$\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$	64,5	67,9	68,3	68,9	68,5	67,0	67,5	68,9	69,0
C ₃	Розчинність $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3$ і його гідратність у твердій фазі, мас. %				74,8 4	75,9 4	75,3 4	76,1 4	81,3 4	81,6 3		

Для РЗЕ ітрієвої підгрупи характерне існування полів кристалізації тільки вихідних речовин з різною гідратною стійкістю; системи Y, Gd – Lu являються евтонічного типу.

Розрив $B_1^I - B_1^{II}$ у середній частині ізотерм розчинності ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) потрійних систем La – Sm демонструє знаходження об'єктів дослідження у даній

області концентраційних співвідношень компонентів у рідкому стані за рахунок виділення сумішшю гідратованих нітратів літію й лантаноїду кристалізаційної води у кількості, достатній для розчинення «твердого залишку».

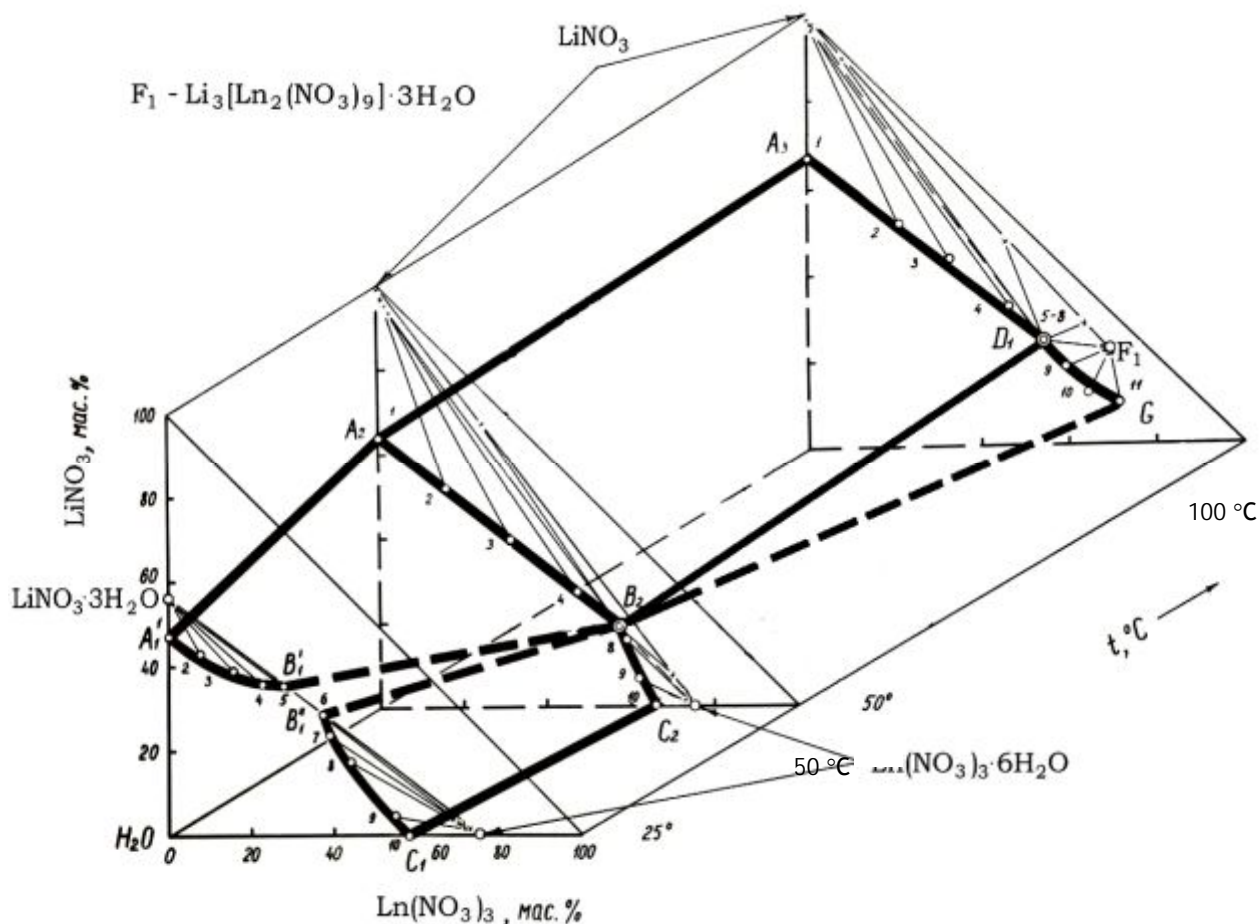


Рис. 1 – Політерма розчинності системи $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} - \text{La} - \text{Nd}$)

Висновки.

У водно-сольових системах $\text{LiNO}_3 - \text{Ln}(\text{NO}_3)_3 - \text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} - \text{Y}, \text{La} - \text{Lu}$) у температурному інтервалі існування розчинів ($25 - 100^\circ\text{C}$) встановлені складні процеси взаємодії між їх структурними компонентами у напрямку утворення аніонних комплексів Ln^{3+} .

Механізм комплексоутворення можна пояснити з позицій конкуруючих заміщень молекул води у найближчому оточенні Ln^{3+} на NO_3^- -групи та впливу на ці процеси природи центрального атома Ln^{3+} -комплексоутворювача, розпорядкуючої дії на структуру розчинів наявних однозарядних катіонів Li^+ , концентрації та характеру теплового руху структурних елементів.

У системах виявлено відмінності у комплексоутворюючій здатності елементів церієвої та ітрієвої підгруп, а також серед РЗЕ всередині першої

підгрупи; значний вплив теплового фактору на вказані процеси, існування енергетичного бар'єру та необхідність певної енергії активації для здійснення таких перетворень, їх стадійність, існування низки проміжних фаз; з'ясовано, що з нагріванням лабільність заміщень вода – NO_3^- -аніон в оточенні Ln^{3+} збільшується, стійкість нових координаційних форм й утворюваних ними нових фаз зростає.

Список літератури: 1. Белоус А.Г. Некоторые тенденции развития функциональных материалов на основе сложных оксидных систем / А.Г. Белоус // Укр. хим. журн. – 2009. – Т. 75, № 7. – С. 3 – 14. 2. Zhang Q. A facile method for the synthesis of the $\text{Li}_{0,3}\text{La}_{0,57}\text{TiO}_3$ solid state electrolyte / [Q. Zhang, N. Schmidt, J. Lan et al.] // Chem. Com. – 2014. – Vol. 50. – P. 5593 – 5596. 3. Гавриленко О.М. Літій-провідні матеріали на основі ніобатів і танталатів лантану: синтез, структура, властивості / О.М. Гавриленко // Укр. хим. журн. – 2004. – Т. 70, № 9. – С. 31 – 34. 4. Гавриленко О.М. Кристалохімічні особливості та властивості Li^+ , $\{\text{Na}^+, \text{K}^+\}$ -заміщених ніобатів лантану і структурою дефектного перовскіту / О.М. Гавриленко, О.В. Пашкова, А.Г. Білоус // Укр. хим. журн. – 2005. – Т. 71, № 8. – С. 73 – 77. 5. Фортальнова Е.А. Литийпроводящие оксиды: синтез, структура, электропроводящие свойства / [Е.А. Фортальнова, О.Н. Гавриленко, А.Г. Белоус и др.] // Рос. хим. журн. – 2008. – Т. LII, № 5. – С. 43 – 51. 6. Chu W-F. Ionics – a key technology for our energy and environmental needs on the rise / W-F. Chu, V. Thangadural, W. Weppner // Ionics. – 2006. – № 12. – P. 1 – 6. 7. Ramzy A. Tailor-Made Development of Fast Li Ion Conducting Garnet-Like Solid Electrolytes / A. Ramzy, V. Thangadural // A. Chem. Soc. – 2010. – Vol. 2, №. 2. – P. 385 – 390. 8. Белоус А.Г. Сложные оксиды металлов для сверхвысокочастотных и высокопроницаемых диэлектриков / А.Г. Белоус // Укр. хим. журн. – 2008. – Т. 74, № 1. – С. 3 – 21. 9. Jena H. Studies on the ionic transport and structural investigations of $\text{La}_{0,5}\text{Li}_{0,5}\text{TiO}_3$ perovskite synthesized by wet chemical methods and the effect of Ce, Zr substitution at Ti site / H. Jena, K.V. Govindan Kutty // J. Mater. Sci. – 2005. – Vol. 40. – P. 4737 – 4748. 10. Дрючко О.Г. Фізико-хімічні аспекти використання РЗЕ-вмісних нітратних систем при синтезі конструкційної і функціональної кераміки / [О.Г. Дрючко, Д.О. Стороженко, Н.В. Бунякіна та ін.] // Зб. наукових праць ВАТ «УкрНДІВ ім. А.С. Бережного». – 2010. – № 110. – С. 58 – 63. 11. Стороженко Д.О. Вплив радіуса катіона лужного металу, природи аніона і температурного фактору на утворення подвійних солей у $\text{MA} - \text{GdA} - \text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} - \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+$; $\text{A} - \text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-, \text{Cl}^-$) / [Д.О. Стороженко, О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна та ін.] // Вісник НТУ „ХПІ”. – 2012. – № 59. – С. 121 – 126.

Referens: 1. Belous A.G. Nekotorye tendencii razvitija funkcional'nyh materialov na osnove slozhnykh oksidnykh sistem / A.G. Belous // Ukr. him. zhurn. – 2009. – Т. 75, № 7. – С. 3 – 14. 2. Zhang Q. A facile method for the synthesis of the $\text{Li}_{0,3}\text{La}_{0,57}\text{TiO}_3$ solid state electrolyte / [Q. Zhang, N. Schmidt, J. Lan et al.] // Chem. Com. – 2014. – Vol. 50. – P. 5593 – 5596. 3. Havrylenko O.M. Litiy-providni materialy na osnovi niobativ i tantalativ lantanu: syntez, struktura, vlastyvoli / O.M. Havrylenko // Ukr. khym. zhurn. – 2004. – Т. 70, № 9. – С. 31 – 34. 4. Havrylenko O.M. Krystalokhimichni osoblyvosti ta vlastyvoli Li^+ , $\{\text{Na}^+, \text{K}^+\}$ -zamishchenykh niobativ lantanu i strukturoyu defektnoho perovskitu / O.M. Havrylenko, O.V. Pashkova, A.H. Bilous // Ukr. khym. zhurn. – 2005. – Т. 71, № 8. – С. 73 – 77. 5. Fortal'nova E.A. Litiyprovodjashhie oksidy: sintez, struktura, jelektroprovodjashhie svojstva / [E.A. Fortal'nova, O.N. Gavrilenko, A.G. Belous i dr.] // Ros. him. zhurn. – 2008. – Т. LII, № 5. – С. 43 – 51. 6. Chu W-F. Ionics – a key technology for our energy and environmental needs on the rise / W-F. Chu, V. Than-

gadural, W. Weppner // Ionics. – 2006. – №. 12. – P. 1 – 6. **7. Ramzy A.** Tailor-Made Development of Fast Li Ion Conducting Garnet-Like Solid Electrolytes / A. Ramzy, V. Thangadural // A. Chem. Soc. – 2010. – Vol. 2, №. 2. – P. 385 – 390. **8. Belous A.G.** Slozhnye oksidy metallov dlja sverhvysochastotnyh i vysokopronicaemyh dijelektrikov / A.G. Belous // Ukr. him. zhurn. – 2008. – T. 74, № 1. – S. 3 – 21. **9. Jena H.** Studies on the ionic transport and structural investigations of $\text{La}_{0.5}\text{Li}_{0.5}\text{TiO}_3$ perovskite synthesized by wet chemical methods and the effect of Ce, Zr substitution at Ti site / H. Jena, K.V. Govindan Kutty // J. Mater. Sci. – 2005. – Vol. 40. – P. 4737 – 4748. **10. Dryuchko O.H.** Fizyko-khimichni aspekty vykorystannya RZE–vmisnykh nitratnykh system pry syntezi konstruktsiynoyi i funktsional'noyi keramiky / [O.H. Dryuchko, D.O. Storozhenko, N.V. Bunyakina ta in.] // Zb. naukovykh prats' VAT «UkrNDIV im. A.S. Berezhnoho». – 2010. – № 110. – S. 58 – 63. **11. Storozhenko D.O.** Vplyv radiusa kationa luzhnoho metalu, pryrody aniona i temperaturnoho faktoru na utvorennia podvinykh soley u MA – GdA – H_2O (M – Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ ; A – SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) / [D.O. Storozhenko, O.H. Dryuchko, N.V. Bunyakina ta in.] // Visnyk NTU „KhPI”. – 2012. – № 59. – S. 121 – 126.

Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 10.06.14

УДК 546.650 : 541.123.3

Хімічна взаємодія і фазоутворення у нітратних водно-солевих системах рідкісноземельних елементів і літію // О.Г. ДРЮЧКО, Д.О. СТОРОЖЕНКО, Н.В. БУНЯКІНА, І.О. ІВАНИЦЬКА // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 29 – 36. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-0821.

С применением комплекса физико-химических методов авторами изучены природа и закономерности химического взаимодействия структурных компонентов, гетерогенные равновесия (25 – 100 °С) в тройных водно-солевых системах нитратов редкоземельных элементов (РЗЭ) и лития. Выявленный ряд особенностей и закономерностей в их совместном поведении.

Ключевые слова: редкоземельные элементы; литий; нитраты; комплексобразование; водно-солевые системы; свойства.

UDC 546.650 : 541.123.3

Chemical interactions and phase formation in nitrating water-salt systems, rare earth elements and lithium / O.G. DRYUCHKO, D.O. STOROZHENKO, N.V. BUNYAKINA, I.O. IVANYTSKA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 29 – 36. – Bibliogr.: 11 names. – ISSN 2079-0821.

Using the complex of physical-chemical methods authors studied the nature and regularities of chemical interaction of the structural components and heterogeneous equilibrium (25 – 100 °C) in ternary water-salt systems of rare-earth elements (REE) and lithium nitrates. A number of peculiarities and regularities of their combined interaction have been found.

Key words: rare earth element; lithium; nitrates; chelating; water-salt systems; properties.