

**ЗАМІЩЕННЯ  $Ba^{2+}/Ln^{3+}$  В СИСТЕМІ  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd)  $0 \leq x \leq 0,6$**

*Синтезовано серію зразків ВТНП кераміки складу  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd)  $0 \leq x \leq 0,6$ . Досліджено залежність параметрів, виду симетрії кристалічної ґратки систем та кисневої стехіометрії від ступеня заміщення  $x$ . Встановлено, що для твердих розчинів  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) лише сполуки зі ступенем заміщення  $x=0$  та  $x=0,05$  в інтервалі температур 77–300 К проявляють надпровідні властивості.*

*Ключові слова: високотемпературна надпровідність, рідкісноземельні елементи, золь-гель синтез*

**Вступ.** ВТНП сполуки складу  $YBa_2Cu_3O_{7\pm z}$  (Y123) з критичною температурою  $T_c \approx 92$  К у вигляді плівок вже знайшли своє практичне застосування при виготовленні сквідів, балотометрів, різноманітних НВЧ-приладів [2]. На основі 123 створена надпровідна піна, яка може стати основою для практично ідеальних обмежувачів небезпечних струмів у електроенергетиці [7]. Деякі тверді розчини типу  $Ln_{1-x}Ba_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$ , що є структурними аналогами Y123, можуть мати більші значення критичного струму, ніж  $YBa_2Cu_3O_{7\pm z}$ . Встановлено, що таке заміщення можливе для Ln, Nd, Sm, Eu, Pr та Gd. Проте детально вивчена лише системи  $Sm_{1+x}Ba_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  і  $Nd_{1+x}Ba_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  [3–5, 8–9]. В роботі [6] вивчено заміщення  $Ba^{2+}$  на  $Gd^{3+}$ , і показано, що область гомогенності складає  $0 \leq x \leq 0,25$ .

**Об'єкт та мета дослідження.** Метою даної роботи є синтез та вивчення структурних та електрофізичних властивостей систем  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd)  $0 \leq x \leq 0,6$ .

Серії зразків було синтезовано золь-гель методом [3]. Як вихідні речовини використовували оксиди РЗЕ, карбонат барію, які розчиняли в оцтовій кислоті та ацетат міді (II). Вихідні речовини змішували у необхідному співвідношенні та додавали цитрат амонію. Отриману суміш випарювали до утворення гелю, який розкладали при поступовому нагріванні до 800°C. Одержану кераміку перетирали і прожарювали на повітрі при 820–840°C протягом 72 годин, потім знову перетирали і пресували в таблетки діаметром 10 мм і товщиною 1–2 мм. Таблетки спікали протягом 4 годин при 900°C. В подальшому їх піддавали термічній обробці в атмосфері чистого кисню протягом 24 годин при температурі 450°C з наступним повільним охолодженням у потоці кисню.

Вміст кисню визначали методом йодометричного титрування [1].

Фазовий склад і параметри кристалічних ґраток визначали рентгенографічним методом на порошках (ДРОН-3М;  $Su_{K\alpha}$  випромінювання з Ni-фільтром). При розрахунку параметрів завжди використовували один набір рефлексів (7 для тетрагональної і 11 для орторомбічної).

Мікроструктуру одержаних сполук вивчали за допомогою скануючого електронного мікроскопа Hitachi S - 2400.

Резистивні вимірювання проводили в інтервалі температур 300–78 К стандартним чотирьохконтактним зондовим методом з використанням індій-галієвої евтектики.

**Результати та їхнє обговорення.** Результати досліджень показали, що межі гомогенності для системи Ln-La складає  $0 \leq x \leq 0,5$ , для Ln-Pr -  $0 \leq x \leq 0,45$ , для Ln-Nd -  $0 \leq x \leq 0,45$ , для Ln-Sm -  $0 \leq x \leq 0,4$ , для Ln-Eu -  $0 \leq x \leq 0,35$ , для Ln-Gd -  $0 \leq x \leq 0,3$ . Таким чином для твердих розчинів в системі  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) область гомогенності збільшується від  $Gd^{3+}$  до  $La^{3+}$ , що пояснюється збільшенням іонних радіусів катіонів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) в цьому ж напрямку.

Рентгенографічні дослідження показали, що в системі  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) зі

збільшенням ступеня заміщення  $x$  параметри  $a$  і  $c$  зменшуються (табл.). Як наслідок, відбувається і зменшення об'єму елементарної комірки  $V$ . Це пов'язано з меншими значеннями іонних радіусів  $La^{3+}$  ( $r=0,116$  нм),  $Pr^{3+}$  ( $r=0,1126$  нм),  $Nd^{3+}$  ( $r=0,1109$  нм),  $Sm^{3+}$  ( $r=0,1079$  нм),  $Eu^{3+}$  ( $r=0,1066$  нм),  $Gd^{3+}$  ( $r=0,1053$  нм) порівняно з іонним радіусом  $Ba^{2+}$  ( $r=0,142$  нм).

З наведених даних видно, що у всіх системах  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) збільшення ступеня заміщення  $x$  призводить до зменшення орторомбічної деформації кристалічної ґратки і стабілізації тетрагональної фази. Перехід від орторомбічної до тетрагональної структури зі збільшенням ступеня заміщення  $x$  пов'язаний з тим, що при гетеро валентному заміщенні  $x$  атомів барію на  $x$  атомів РЗЕ збільшується заряд в площині  $Ba^{2+}$ . Надлишковий кисень займає вакансії в позиції O(2) на осі  $a$  в площині Cu(1). Таким чином, при збільшенні ступеня заміщення  $x$  відбувається перерозподіл вакансій між O(1) і O(2), зняття орторомбічного викривлення ґратки і стабілізація тетрагональної фази при  $x \geq 0,05$ .

Для підтвердження даних рентгенофазового аналізу було визначено загальний вміст кисню ( $y$ ) та вміст мобільного кисню ( $z$ ) у зразках  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd). Як показано в табл. зростання загального вмісту кисню зі збільшенням ступеня заміщення  $x$  відбувається немонотонно. Визначення мобільного кисню показало, що спочатку додатковий кисень, наявність якого обумовлено заміщенням  $Ba^{2+}$  на катіон РЗЕ, практично еквівалентно заміщує мобільний кисень в позиції O(1) в площині Cu(1) при збільшенні ступеня заміщення в інтервалі  $0 \leq x \leq 0,05$ . При подальшому зростанні  $x$  до  $x \geq 0,3$  для Ln-La, Pr, Sm, Eu, Gd, і  $x \geq 0,4$  для Ln-Nd відбувається зміна структури кристалічної ґратки, що є наслідком заповнення вакансій в позиції O(2) на осі  $a$  в площині Cu(1) і перерозподілу кисневих вакансій між позиціями O(1) і O(2). При наступному збільшенні ступеня заміщення  $x$  вміст мобільного кисню зменшується, що є наслідком подальшого його витіснення вже з позиції O(2) додатковим киснем, що входить в ґратку при заміщенні барію на катіон РЗЕ.

Морфологію та розміри часточок, що можуть складатися з одного або кількох кристалітів було досліджено методом скануючої електронної мікроскопії. На рисунку показані частинки різної форми з середнім розміром зерен близько 0,4 мкм. Зі збільшення ступеня заміщення  $x$  одночасно з більш крупними зернами фази Gd123 з'являється велика кількість дрібних зерен, які можна ідентифікувати як домішкові фази.

Резистинні дослідження зразків сполук в системах  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) в інтервалі температур 77–300 К показали, що надпровідний перехід при температурі вище 77 К спостерігається лише для  $GdBa_2Cu_3O_{7\pm z}$ , температура переходу у надпровідний стан  $T_c=94$  К, і для  $GdLn_{0,05}Ba_{1,95}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) з  $T_c < 90$  К. Зразки зі ступенем заміщення понад 0.05 при температурах вище 77 К у надпровідний

стан не переходять. Зменшення провідності в твердих розчинах можна пояснити зменшенням концентрації носіїв заряду. В надпровідних сполуках типу Ln123 носіями електричного струму є дірки, а при гетеровалентному

заміщенні двохвалентного барію на тривалентний катіон рідкісноземельного елемента, останні постачають у кристалічну ґратку додаткові електрони, внаслідок чого зменшується концентрація носіїв заряду – дірок.

Таблиця

Параметри елементарної комірки кристалічної ґратки для сполук в системі  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd)

Склад	a±0,0001, нм	b±0,0001, нм	c±0,0003, нм	T <sub>c</sub> <sup>он</sup> , К	y	z
GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3875	0,3885	1,174	94	6,87	0,37
GdLa <sub>0,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3874	0,3883	1,174	88	6,86	0,34
GdLa <sub>0,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3873		1,173	–	6,89	0,34
GdLa <sub>0,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3870		1,172	–	6,99	0,39
GdLa <sub>0,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3869		1,170	–	7,07	0,42
GdLa <sub>0,4</sub> Ba <sub>1,6</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3869		1,168	–	7,09	0,39
GdLa <sub>0,5</sub> Ba <sub>1,5</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3864		1,166	–	7,12	0,37
GdPr <sub>0,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3873	0,3881	1,173	82	6,85	0,33
GdPr <sub>0,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3872		1,173	–	6,89	0,34
GdPr <sub>0,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3870		1,170	–	6,98	0,38
GdPr <sub>0,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3868		1,169	–	7,07	0,42
GdPr <sub>0,4</sub> Ba <sub>1,6</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3864		1,167	–	7,08	0,37
GdPr <sub>0,45</sub> Ba <sub>1,55</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3862		1,165	–	7,1	0,36
GdNd <sub>0,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3873	0,3881	1,170	86	6,84	0,32
GdNd <sub>0,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3871		1,168	–	6,87	0,32
GdNd <sub>0,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3868		1,166	–	6,97	0,37
GdNd <sub>0,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3868		1,165	–	6,99	0,34
GdNd <sub>0,4</sub> Ba <sub>1,6</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3865		1,161	–	7,06	0,37
GdNd <sub>0,45</sub> Ba <sub>1,55</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3864		1,160	–	7,09	0,31
GdSm <sub>0,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3871	0,3875	1,169	84	6,82	0,3
GdSm <sub>0,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3870		1,167	–	6,87	0,32
GdSm <sub>0,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3868		1,167	–	6,96	0,36
GdSm <sub>0,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3864		1,165	–	7,01	0,36
GdSm <sub>0,4</sub> Ba <sub>1,6</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3859		1,161	–	7,05	0,35
GdEu <sub>0,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3865	0,3871	1,166	84	6,81	0,29
GdEu <sub>0,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3865		1,166	–	6,86	0,31
GdEu <sub>0,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3863		1,163	–	6,95	0,35
GdEu <sub>0,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3861		1,163	–	7,04	0,39
GdEu <sub>0,35</sub> Ba <sub>1,65</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3860		1,162	–	7,04	0,34
Gd <sub>1,05</sub> Ba <sub>1,95</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3865	0,3871	1,164	83	6,81	0,29
Gd <sub>1,1</sub> Ba <sub>1,9</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3863		1,162	–	6,85	0,3
Gd <sub>1,2</sub> Ba <sub>1,8</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3862		1,160	–	6,95	0,35
Gd <sub>1,3</sub> Ba <sub>1,7</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>y</sub>	0,3860		1,158	–	7,03	0,38

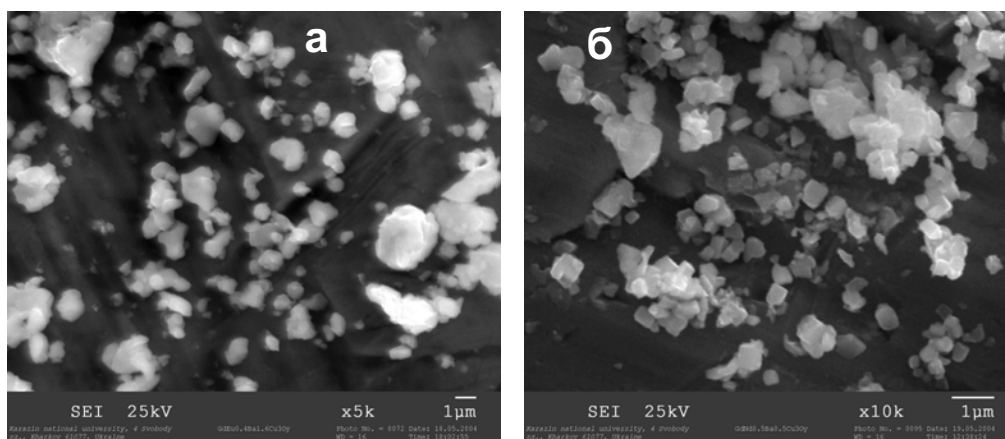


Рис. СЕМ-фотографії зразків  $GdNd_{0,1}Ba_{1,9}Cu_3O_y$  (а) та  $GdEu_{0,1}Ba_{1,9}Cu_3O_y$  (б)

Таким чином, в результаті експерименту виявлено залежність параметрів і виду симетрії кристалічної ґратки систем  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) від складу. Показано, що при заміщенні барію на лантановіди понад  $x>0,05$  відбувається перехід орторомбічної симетрії в тетрагональну. При дослідженні електропровідності зразків  $GdLn_xBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) встановлено, що лише сполуки  $GdBa_{2-x}Cu_3O_{7\pm z}$  і  $GdLn_{0,05}Ba_{1,95}Cu_3O_{7\pm z}$  (Ln- La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd) проявляють надпровідні властивості.

Список використаних джерел

- Захарчук Н.Ф. Определение кислорода в ВТСП материалах методом йодометрии. Новые возможности и перспективы метода / Захарчук Н.Ф., Федина Т.П., Борисова Н.С. // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. – 1991. – Т. 4, № 7. – С. 1391–1399.
- Третьяков Ю.Д. Химические принципы получения металлоксидных сверхпроводников / Третьяков Ю. Д., Гудилин Е. А. // Успехи химии. – 2000. – Т. 89., Вып. 1. – С.1–34.
- Oxygen stoichiometry and structural parameters of  $Sm_{1-x}Ba_{2-x}Cu_3O_y$  solid solutions versus composition and temperature / Drozd V.A., Baginsky I.L., Nedlko S.A., Mel'nikov V.S.// J. Alloys Compd. – 2004. – V. 384. – P. 44–50.
- Structural investigation of solid solution in  $Nd_{1-x}Ba_{2-x}Cu_3O_y$  / Giovanelli F., Ferretti M., Bardeau J.-F., Hervieu M., Monot-Laffez I. // Supercond. Sci. Technol. – 2004. – V. 17. – P. 8–15.

5. Role of oxygen on the flux pinning and vortex phase transitions in  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  / Pradhan A.K., Feng Y., Shibata S., Nakao K., Koshizuka N. // *Physica C*. – 2001. – V. 357–360. – P. 457–460.

6. Shimizu H. Electrical and magnetic properties of  $\text{Gd}(\text{Ba}_{2-x}\text{Gd}_x)\text{Cu}_3\text{O}_{6+\delta}$  / Shimizu H., Tomimatsu T., Motoya K. // *Physica C*. – 2000. – V. 341–348. – P. 621–622.

7. Sudhakar Reddy E. Superconducting foams / Sudhakar Reddy E., Schmitz G.J. // *Supercond. Sci. Technol.* – 2002. – V. 15. – P. L21–24.

8. Suematsu H. Peak effect in critical current density induced by oxygen non-stoichiometry in cation-stoichiometric  $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  superconductor / Suematsu H., Kawano M., Onda T. // *Physica C*. – 1999. – V. 324. – P. 161–171.

9. Tretyakov Yu.D. Fundamental chemical aspects of the synthesis of neodymium-barium cuprates / Tretyakov Yu.D., Goodilin E.A. // *Russ. J. Inorg. Chem.* – 2001. – V. 46, № 3. – P. S203–S234.

Надійшла до редколегії 31.05.13

Т. Войтенко, канд. хім. наук,  
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

### ЗАМЕЩЕНИЕ $\text{Ba}^{2+}$ / $\text{Ln}^{3+}$ В СИСТЕМЕ $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$ ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) $0 \leq x \leq 0,6$

*Синтезирована серия образцов ВТСП керамики состава  $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$  ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) ( $0 \leq x \leq 0,6$ ). Исследована зависимость параметров, вида симметрии кристаллической решетки систем и кислородной стехиометрии от степени замещения  $x$ . Показано, что для твердых растворов  $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$  ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) только соединения со степенью замещения  $x=0$  и  $x=0,05$  в интервале температур 77–300 К проявляют сверхпроводящие свойства.*

*Ключевые слова: высокотемпературная сверхпроводимость, редкоземельные элементы, золь-гель синтез.*

T. Voitenko, PhD,  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

### SUBSTITUTIONS $\text{Ba}^{2+}$ / $\text{Ln}^{3+}$ IN $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$ ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) $0 \leq x \leq 0,6$ SYSTEMS

*Ceramic HTSC samples of  $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$  ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) ( $0 \leq x \leq 0,6$ ) were synthesized. Dependence of parameters and kinds of lattice symmetry and oxygen stoichiometry from the displacement degree  $x$  was studied. It's adjusted that for solid solutions  $\text{GdLn}_x\text{Ba}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{7\pm z}$  ( $\text{Ln-La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd}$ ) just substances with  $x=0$  and  $x=0,05$  have superconductivity properties in temperature interval 77–300 K.*

*Key words: high temperature superconductors, rare-earth elements, sol-gel synthesis*

УДК 546.05'654'74

В. Куліченко, ст. викладач,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
С. Неділько, д-р хім. наук, О. Дзязько, канд. хім. наук, І. Фесич, канд. хім. наук,  
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ  
В. Чорновол, канд. тех. наук, Т. Вітовецька, канд. хім. наук,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ОДЕРЖАННЯ НІКЕЛАТІВ ЛАНТАНУ ЗА МЕТОДОМ СУМІСНОГО ОСАДЖЕННЯ КОМПОНЕНТІВ

*Визначено оптимальні умови одержання нікелатів лантану, які відносяться до фаз Руддлессдена-Поппера (ФРП)  $\text{La}_{n-1}\text{La}_2\text{Ni}_n\text{O}_{3n+1}$  з  $n=1$  ( $\text{La}_2\text{NiO}_{4,17}$ ) та  $n=2$  ( $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7,02}$ ), методом сумісного осадження компонентів з наступним прожарюванням шихти.  $\text{La}_2\text{NiO}_{4,17}$  кристалізується в тетрагональній сингонії (просторова група  $I4/mmm$ ;  $a=0,3843(2)$  нм,  $c=1,263(3)$  нм).  $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_{7,02}$  кристалізується в орторомбічній сингонії (просторова група  $Fm\bar{3}m$ ) з параметрами ґратки  $a=0,5445(3)$  нм,  $b=0,5389(2)$  нм,  $c=2,526(4)$  нм. Методом йодометричного титрування визначено кисневу нестехіометрію зразків одержаних нікелатів.*

*Ключові слова: сумісне осадження, фази Руддлессдена-Поппера (ФРП), нікелати лантану, киснева нестехіометрія.*

**Вступ.** Пошук нових оксидних матеріалів для сучасної техніки, які мають цінні фізико-хімічні характеристики є актуальною задачею сьогодення. Серед вищезгаданих матеріалів увагу дослідників привертають складні оксидні сполуки на основі нікелатів рідкісноземельних елементів (РЗЕ), завдяки можливості їх широкого практичного застосування та наявності цікавих електрофізичних, магнітних і каталітичних властивостей [1–9].

З літературних джерел відомо про одержання нікелатів лантану керамічним методом з суміші оксидів (або карбонатів) лантану і нікелю [10], за золь-гель технологією [11], піролізом сумішей нітратів [12].

Застосування низькотемпературних методів для синтезу нікелатів РЗЕ при одержанні матеріалів високої гомогенності, обумовлена меншим часом термічної обробки, а відповідно і низькими енергетичними затратами, екологічною чистотою процесу синтезу, більш суворим дотриманням стехіометрії між металами, що входять до складу сполуки, а також вищою якістю кераміки і монокристалів, що одержуються в порівнянні з традиційною керамічною технологією. До таких методів належить сумісне осадження компонентів з розчинів (СОК) з наступним відпадом одержаної шихти.

При синтезі складних оксидних матеріалів, одержаних за методом СОК, важливе значення має вивчення процесів розкладу сумісно осадженої шихти, вивчення механізму утворення оксидних сполук, глибоке розумін-

ня яких дає можливість цілеспрямовано впливати на фізико-хімічні властивості сполук, що одержуються [13].

Метою нашого дослідження було встановлення оптимальних умов співосадження компонентів з розчинів нітратів лантану й нікелю та вивчення особливостей процесів термолізу сумісно осадженої шихти.

**Методика експерименту.** Визначення оптимальних умов осадження йонів лантану та нікелю проводили наступним чином: до вихідних розчинів  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$  і  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  однакової концентрації (0,2 моль/л) з мольним співвідношенням  $\text{La}^{+3}:\text{Ni}^{+2}=2:1$  приливали розраховану кількість осаджувача – розчину  $\text{K}_2\text{CO}_3$  з концентрацією 0,5 моль/л – так, щоб співвідношення між концентраціями осаджувача і сумарною концентрацією металів  $n$  змінювалась в кожній серії від 0,5 до 12. Розчини в колбах доводили до мітки, витримували впродовж 3 діб, потім фільтрували, а в фільтраті визначали залишкові концентрації металів і рН.

Результати аналізів, отримані як середнє з трьох паралельних визначень, наведено на рис. 1.

Найкращі результати отримано при використанні як осаджувача розчину  $\text{K}_2\text{CO}_3$  при мольному співвідношенні суми осаджуваних йонів до осаджувача  $n=1,75$  і  $\text{pH}=10-11$ .

Необхідно зазначити, що при дії розчину  $\text{K}_2\text{CO}_3$  нікель осаджується повністю не одночасно з лантаном, а дещо пізніше. Для даних умов осадження, при  $\text{pH}=10-11$ , найбільш імовірно, осадження йонів лантану