

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 3, Number 429 (2018), 73 – 78

Zh.I. Sagintaeva<sup>1</sup>, B.K. Kasenov<sup>1</sup>, Sh.B. Kasenova<sup>1</sup>,  
M.O. Turtubaeva<sup>2</sup>, E.E. Kuanyshbekov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan [kasenov1946@mail.ru](mailto:kasenov1946@mail.ru)

<sup>2</sup> – S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan

## SYNTHESIS AND X-RAY OF NEW NANOSIZED (NANOCLUSTER) NICKELITE-CUPRATE-MANGANITES OF LANTHANUM AND ALKALINE METALS

**Abstract.** The main tendency in the development of microelectronics is miniaturization and increase in the speed of various devices. For storage devices, such as dynamic and static RAM, based on capacitive components (capacitors), this means that as the size of the capacitor decreases, its capacitance must remain the same [1].

The cuprates of REE are actively studied primarily as objects of high-temperature superconductivity (HTSC) compounds, cathode materials and catalysts. Lanthanum nickelites are promising materials as fuel cell cathodes.

The problems of synthesis and X-ray analysis of new nano-sized nickelite-cuprate-manganites of the composition  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  where ( $\text{Me}^{\text{I}}\text{-Li, Na, K}$ ) are considered for the first time in this paper.

The nickelite-cuprate-manganites of the composition  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  ( $\text{Me} - \text{Li, Na, K}$ ) are synthesized by solid-phase interaction in the range 800-1200 ° C from the oxides of lanthanum (III), nickel (II), copper (II), manganese (III) and lithium, sodium and potassium carbonates. Their nanoscale (nanoclusters) particles were obtained by grinding them on a vibratory mill "MM301" from Retsch (Germany). On the electron microscope "JSPM-5400" Scanning Probe Microscope "JEOL" (Japan) their sizes are determined. By X-ray diffraction analysis of compounds on the DRON-2.0 diffractometer and the indication of their X-ray diffraction patterns, analytical methods were used to determine the types of syngony and the parameters of the grids of the synthesized new phases:  $\text{LaLi}_2\text{NiCuMnO}_6$  (cub.) –  $a=13,83\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2644,16\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{el.cell}=661,04\pm 0,02 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{X-ray}}=4,03 \text{ g/cm}^3$ ;  $\text{LaNa}_2\text{NiCuMnO}_6$  (cub.) –  $a=14,19\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2859,42\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{el.cell}=714,86\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{X-ray}}=3,38 \text{ g/cm}^3$ ;  $\text{LaK}_2\text{NiCuMnO}_6$  (cub) –  $a=15,17\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=3492,0\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{el.cell}=873,0\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{X-ray}}=3,70 \text{ g/cm}^3$ .

**Key words:** nickelite, cuprate, manganite, lanthanum, alkaline metals.

УДК 546.05+548.3+54-31+546.742:562:713: 654:31

Ж.И. Сагинтаева<sup>1</sup>, Б.К. Касенов<sup>1</sup>, Ш.Б. Касенова<sup>1</sup>,  
М.О. Туртубаева<sup>2</sup>, Е.Е. Куанышбеков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан;

<sup>2</sup> Павлодарский гос. университет им. С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан

## СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОГРАФИЯ НОВЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ (НАНОКЛАСТЕРНЫХ) НИКЕЛИТО-КУПРАТО-МАНГАНИТОВ ЛАНТАНА И ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** Основной тенденцией в развитии микроэлектроники является миниатюризация и увеличение быстродействия различных устройств. Для запоминающих устройств, вроде динамической и статической оперативной памяти, основанных на емкостных компонентах (конденсаторах), это означает, что при уменьшении размеров конденсатора величина его емкости должна оставаться прежней [1].

Купраты РЗЭ активно исследуются прежде всего как объекты высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) соединений, катодные материалы и катализаторы.

Никелиты лантана являются перспективными материалами в качестве катодов топливных ячеек.

В данной работе впервые рассматриваются вопросы синтеза и рентгенографического анализа новых наноразмерных никелито-купрато-манганитов состава  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  где  $\text{Me}^{\text{I}} - \text{Li, Na, K}$ .

Твердофазным взаимодействием в интервале 800-1200°C из оксидов лантана (III), никеля (II), меди (II), марганца (III) и карбонатов лития, натрия и калия синтезированы никелито-купрато-манганиты состава  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  ( $\text{Me} - \text{Li, Na, K}$ ). Путем измельчения на вибрационной мельнице марки «ММ301» компании Retsch (Германия) получены их наноразмерные (нанокластерные) частицы. На электронном микроскопе «JSPM-5400» Scanning Probe Microscope «JEOL» (Япония) определены их размеры. Проведением рентгенофазового анализа соединений на дифрактометре ДРОН-2,0 и индицированием их рентгенограмм аналитическим методом определены типы сингонии и параметры решеток синтезированных новых фаз:  $\text{LaLi}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=13,83\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2644,16\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{э.л.ч.}}=661,04\pm 0,02 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=4,03 \text{ г/см}^3$ ;  $\text{LaNa}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=14,19\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2859,42\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{э.л.ч.}}=714,86\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=3,38 \text{ г/см}^3$ ;  $\text{LaK}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=15,17\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=3492,0\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{э.л.ч.}}=873,0\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=3,70 \text{ г/см}^3$ .

**Ключевые слова:** никелит, купрат, манганит, лантан, щелочные металлы.

Сложные оксиды переходных 3d- и 4f-элементов со структурой перовскита или близкие к ней, как манганиты, никелиты, никелаты и купраты редкоземельных элементов, легированные оксидами щелочных и щелочноземельных металлов, благодаря наличию прекрасных физико-химических свойств, как большие величины электропроводности, диэлектрической проницаемости, полупроводниковый характер проводимости, магнитные и сверхпроводящие свойства [1-16].

В лаборатории термохимических процессов Химико-металлургического института им. Ж. Абишева проводятся систематические исследования по синтезу и изучению кристаллохимических, термодинамических и электрофизических свойств манганитов, хромитов и ферритов, допированных оксидами щелочных и щелочноземельных металлов. По результатам исследований опубликованы многочисленные статьи в рецензируемых журналах с ненулевым импакт-факторами, получены ряд охранных документов и основные результаты обобщены в следующих работах [17, 18].

Для неорганического материаловедения, химии и технологии полифункциональных соединений имеет, на наш взгляд, определенное значение получение никелитов, купратов и манганитов в одном комплексе, как никелито-купрато-манганитов.

Для решения этого вопроса в данной работе приведены результаты синтеза и рентгенографического анализа новых наноразмерных никелито-купрато-манганитов состава  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  где  $\text{Me}^{\text{I}} - \text{Li, Na, K}$ .

Для синтеза указанных соединений использовались оксид лантана (III), марки «ос.ч.», оксиды никеля (III), меди (II), марганца (III), карбонаты лития, натрия, калия квалификации «ч.д.а.», стехиометрические количества их в перерасчете на формульные единицы получаемых никелито-купрато-манганитов тщательно перемешивались и перетирались. Для получения устойчивых при низкой температуре модификаций проводили отжиг смесей при 400°C в течение 10 часов.

Наноразмерные (нанокластерные) частицы синтезированных никелито-купрато-манганитов получали измельчением поликристаллических образцов на вибрационной мельнице «ММ301» компании Retsch (Германия). Размеры нанокластеров определены с использованием электронного микроскопа «JSPM-5400» Scanning Probe Microscope «JEOL» (Япония). Получены наночастицы, нанокластеры размерами от 50 до 150 нм. Ниже на рисунке приведены электронно-микроскопические снимки соединений.

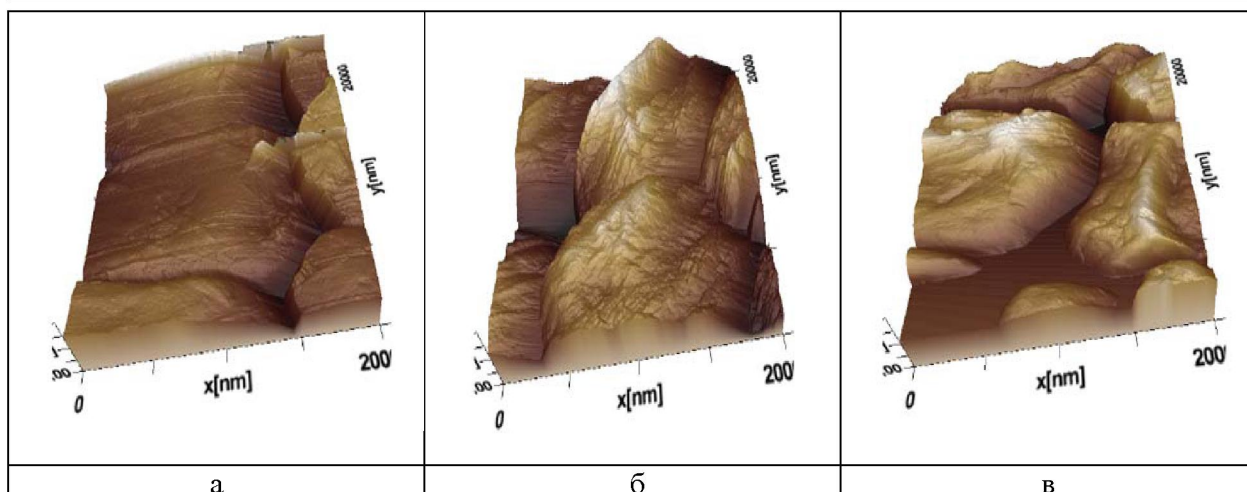


Рисунок - Электронная микроскопия  $\text{LaLi}_2\text{NiCuMnO}_6$  (а),  $\text{LaNa}_2\text{NiCuMnO}_6$  (б),  $\text{LaK}_2\text{NiCuMnO}_6$  (в)

Рентгенографическое исследование наноразмерных образцов проводили на установке ДРОН-2,0. Интенсивность дифракционных максимумов оценивали по 100 балльной шкале. Индексирование рентгенограмм новых наноразмерных соединений проводили аналитическим методом [19].

В таблице приведены результаты индексирования полученных новых фаз.

Таблица – Индексирование рентгенограмм никелито-купрато-манганитов

1/ $\theta$	d, Å	$10^4/d^2_{\text{эксп.}}$	hkl	$10^4/d^2_{\text{расч.}}$
1	2	3	4	5
$\text{LaLi}_2\text{NiCuMnO}_6$				
20	4,777	438,2	400	438,0
28	3,862	670,5	500	684,7
100	2,721	1351	700	1342
14	2,522	1572	722	1561
11	2,431	1692	651	1628
11	2,321	1856	820	1862
21	2,235	2002	830	1999
20	2,211	2046	751	2054
19	2,071	2332	920	2328
33	1,932	2679	853	2684
20	1,911	2738	10.0.0	2739
10	1,720	3380	11.1.1	3369
27	1,580	4006	11.5.0	3999
25	1,565	4083	10.7.0	4081
11	1,465	4659	13.1.0	4656
7	1,422	4945	10.9.0	4957
9	1,371	5320	13.5.0	5313
10	1,220	6719	15.4.2	6710
8	1,210	6830	10.10.7	6819
$\text{LaNa}_2\text{NiCuMnO}_6$				
21	3,862	670,5	510	670,0
5	3,599	772,0	521	773,7
6	3,458	836,3	440	825,2
5	3,061	1067	621	1057
100	2,735	1337	640	1341
10	2,520	1575	650	1573
14	2,4310	1692	811	1702
11	2,324	1851	660	1857
7	2,201	2064	840	2063

1	2	3	4	5
10	2,102	2263	664	2269
47	1,9300	2685	862	2682
4	1,8550	2906	870	2914
8	1,736	3318	881	3327
9	1,718	3388	11.3.1	3378
36	1,582	3996	975	3997
LaK <sub>2</sub> NiCuMnO <sub>6</sub>				
14	3,865	669,4	520	669,0
100	2,742	1330	730	1339
15	2,526	1567	644	1570
12	2,420	1708	750	1708
13	2,329	1844	840	1847
18	2,240	1993	655	1985
15	2,094	2281	755	2285
35	1,935	2671	10.4.0	2678
4	1,858	2897	10.5.1	2908
5	1,730	3341	12.1.0	3347
28	1,582	3996	12.5.2	3993
9	1,479	4572	13.5.2	4570
4	1,263	6269	16.4.0	6279
10	1,224	6675	17.0.0	6671
4	1.210	6830	16.6.2	6832

Удовлетворительно согласие опытных и расчетных значений  $10^4/d^2$  подтверждает корректность результатов индцирования (таблица). На основании индцирования рентгенограмм новых наноразмерных (нанокластерных) фаз установлено, что они кристаллизуются в кубической сингонии со следующими параметрами решетки: LaLi<sub>2</sub>NiCuMnO<sub>6</sub> –  $a=13,83\pm 0,02$  Å,  $V^o=2644,16\pm 0,06$  Å<sup>3</sup>,  $Z=4$ ,  $V^o_{эл.яч.}=661,04\pm 0,02$  Å<sup>3</sup>,  $\rho_{рент.}=4,03$  г/см<sup>3</sup>; LaNa<sub>2</sub>NiCuMnO<sub>6</sub> –  $a=14,19\pm 0,02$  Å,  $V^o=2859,42\pm 0,06$  Å<sup>3</sup>,  $Z=4$ ,  $V^o_{эл.яч.}=714,86\pm 0,01$  Å<sup>3</sup>,  $\rho_{рент.}=3,38$  г/см<sup>3</sup>; LaK<sub>2</sub>NiCuMnO<sub>6</sub> –  $a=15,17\pm 0,02$  Å,  $V^o=3492,0\pm 0,06$  Å<sup>3</sup>,  $Z=4$ ,  $V^o_{эл.яч.}=873,0\pm 0,01$  Å<sup>3</sup>,  $\rho_{рент.}=3,70$  г/см<sup>3</sup>. Согласно [20, 21] можно предполагать, что ионы La<sup>3+</sup> и Me<sup>+</sup> (Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) находятся в центрах элементарных ячеек и имеют координационные числа (к.ч.) по кислороду, равные 12, а в узлах элементарных ячеек находятся ионы Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> и Mn<sup>3+</sup>, к.ч. которых по кислороду равные 6.

Наблюдается закономерность, которая заключается в том, что с увеличением ионных радиусов в ряду Li→Na→K также возрастают значения параметров решетки ( $a$ ,  $V^o$ ,  $V^o_{эл.яч.}$ ).

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что впервые методом керамической технологии синтезированы никелито-купрато-манганиты LaMe<sub>2</sub><sup>I</sup>NiCuMnO<sub>6</sub> (Me<sup>I</sup> – Li, Na, K), получены, их наноразмерные (нанокластерные) частицы, определены также их параметры решеток.

*Работа выполнена согласно договора, заключенного между КН МОН РК и Химико-металлургическим институтам им. Ж. Абишева по гранту (ИРН: AP05131333).*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ерин Ю (2009) Химия и Химики [Himija i himiki] 1: 16-22. <http://chemistryandchemists.narod.ru>.
- [2] Матвеев ЕА (2008) Физические свойства твердых растворов La<sub>2-x</sub>Ca<sub>x</sub>NiO<sub>4+δ</sub>: автореф. дисс....канд. физ.- мат. наук [avtoref. diss....kand. fiz.- mat. nauk avtoref. diss....kand. fiz.- mat. nauk] [avtoref. diss....kand. fiz.- mat. nauk. avtoref. diss....kand. fiz.- mat. Nauk] Москва. 119.
- [3] Мелкозерова МА, Заболоцкая ЕВ, Келлерман ДГ, Семенова АС, Медведев ЕЮ, Базуев ГВ. (2011) Физика твердого тела [Fizika tverdogo tela] 53, 2: 302-307.
- [4] Третьяков ЮД, Брылев ОА (2000) Журнал РХО им. Д.И. Менделеева [Zhurnal Rossijskoe Himicheskoe Obshhestvo im. D.I. Mendeleeva] 45, 4: 10-16.
- [5] Norpoth J, Su D, Inada H, Sievers S, Zhu Y, Jooss Ch (2012) Interfacial reconstruction and superconductivity in cuprate-manganite multilayers of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> and Pr<sub>0,68</sub>Ca<sub>0,32</sub>MnO<sub>3</sub>, New Journal of Physics 14/ 093009: 1-15. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/14/9/093009>.
- [6] John Y, Wei T. (2002) Spin-Injection Quasiparticle Nonequilibrium in Cuprate/Manganite Heterostructures, *Journal of Superconductivity*, 15, 1: 67–70 <https://doi.org/10.1023/A:1014079211158>.

[7] Федорченко В.П., Лашкарев Г.В., Зырин А.В., Матвеев Е.А., Малкин Е.И. (2006) Электрические и магнитные свойства никелита лантана легированного кальцием  $\text{La}_{2-x}\text{Ca}_x\text{NiO}_4$  при  $x = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$  [Elektricheskie i magnitnye svojstva nikelita lantana legirovannogo kal'ciem  $\text{La}_{2-x}\text{Ca}_x\text{NiO}_4$  pri  $x = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$ ] III Международная конференция по физике кристаллов «Кристаллофизика XXI века», Москва. С.120.

[8] Miao-Miao Deng, Bang-Kun Zou, Yu Shao, Zhong-Feng Tang, Chun-Hua Chen (2017) Comparative study of the electrochemical properties of  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  doped by bivalent ions ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$ ), *Journal of Solid State Electrochemistry*, 21, 6: 1733-1742. <https://doi.org/10.1007/s10008-017-3545-z>.

[9] Sen Chen, Enshan Han, Han Xu, Lingzhi Zhu, Bin Liu, Guangquan Zhang. Min Lu (2017)  $\text{P}_2$ -type  $\text{Na}_{0.67}\text{Ni}_{0.33-x}\text{Cu}_x\text{Mn}_{0.67}\text{O}_2$  as new high-voltage cathode materials for sodium-ion batteries, *International Journal Ionics*, 23, 11: 3057-3066. <https://doi.org/10.1007/s11581-017-2122-x>.

[10] Yang-huan Zhang, Ya-qin Li, Hong-wei Shang, Ze-Ming Yuan, Tai Yang, Shi-hai Guo. (2017) Structures and hydrogen storage performances of rare earth-Mg-Ni-Mn-based  $\text{AB}_2$ -type alloys applied to Ni-MH battery, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 21, 4: 1015–1025. <https://doi.org/10.1007/s10008-016-3455-5>.

[11] Archana Singh, Ajendra Singh, Satyendra Singh, Poonam Tandon, R. R. Yadav. (2016) Synthesis, Characterization and Gas Sensing Capability of  $\text{Ni}_x\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$  ( $0.0 \leq x \leq 0.8$ ) Nanostructures Prepared via Sol-Gel Method, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 26, 6: 1392–1403. <https://doi.org/10.1007/s10904-016-0428-1>.

[12] Zi-Zhen Lin, Cong-Liang Huang, Wen-Kai Zhen, Yan-Hui Feng, Xin-Xin Zhang and Ge Wang. (2017) Experimental Study on Thermal Conductivity and Hardness of Cu and Ni Nanoparticle Packed Bed for Thermoelectric Application, *Nanoscale Research Letters*, 12:189. <https://doi.org/10.1186/s11671-017-1969-0>.

[13] Пашенко АВ, Пашенко ВП, Прокопенко ВК, Сильчева АГ, Ревенко ЮФ, Шмяков АА, Кисель НГ, Комаров ВП, Сычева ВЯ, Горбань СВ, Погребняк ВГ. (2012) Физика твердого тела [Fizika tverdogo tela] 54, 4: 720-729.

[14] Демина АН (2006) Фазовая индивидуальность, структура, термические и электрические свойства легированных манганитов лантана  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{1-y}\text{M}_y\text{O}_{3\pm d}$  ( $M = \text{Ti, Fe, Ni}$ ): автореф. дисс....канд. хим. наук [avtoref. diss....kand. him. Nauk] Екатеринбург. 26.

[15] Гараева МЯ, Черных ИА, Крылова ТС, Шайнуров РИ, Красноперов ЕП, Занавескин МЛ (2014) Письма в ЖТФ [Pis'ma v ZhTF] 40, 20: 47-53.

[16] Ali Tarjomannejad, Aligholi Niaei, María José Illán Gómez, Ali Farzi, D ariush Salari, Vicente Albaladejo-Fuentes. (2017)  $\text{NO}+\text{CO}$  reaction over  $\text{LaCu}_{0.7}\text{B}_{0.3}\text{O}_3$  ( $B = \text{Mn, Fe, Co}$ ) and  $\text{La}_{0.8}\text{A}_{0.2}\text{Cu}_{0.7}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_3$  ( $A = \text{Rb, Sr, Cs, Ba}$ ) perovskite-type catalysts, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 129, 2: 671–680. <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6264-x>.

[17] Касенов БК, Касенова ШБ, Сагинтаева ЖИ, Ермагамбет БТ, Бектурганов НС, Оскембеков ИМ (2017) Двойные и тройные манганиты, ферриты и хромиты щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. «Научный мир», Москва. ISBN 978-5-91522-448-2.

[18] Bekturganova AZh, Kasenova ShB, Sagintayeva ZhI, Kasenov BK, Rustembekov KT, Stoyev M. (2017) Calorimetric study of the heat capacity of nickelitic manganites  $\text{LaM}_2\text{NiMnO}_3$  ( $M = \text{Li, Na, K}$ ) in the temperature range 298.15-673 K, *High Temperature*, 55, 3: 465-468. <https://doi.org/10.1134/S0018151X17030026>

[19] Ковба ЛМ, Трунов ВК (1969) Рентгенофазовый анализ. Изд-во МГУ, М. К 20502-147/077(02)-76 141-75.

[20] Вест А (1988) Химия твердого тела. Мир, М. ISBN 50-03-000056-9.

[21] Касенов БК, Оралова АТ, Мустафин ЕС, Жумадилов ЕК (1998) Журнал неорган. химии [Zhurnal neorgan. Himii] 43, 2: 196-197.

**Ж.И. Сағынтаева<sup>1</sup>, Б.Қ. Қасенов<sup>1</sup>, Ш.Б. Қасенова<sup>1</sup>,  
М.О. Түртүбаева<sup>2</sup>, Е.Е. Қуанышбеков<sup>1</sup>**

1 - Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды қ.  
2 – С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

### **ЖАҢА НАНОӨЛШЕМДІ (НАНОКЛАСТЕРЛІК) НИКЕЛИТ-КУПРАТ-МАНГАНИТТЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ РЕНТГЕНОГРАФИЯСЫ**

**Аннотация.** Микроэлектрониканың дамуындағы негізгі тенденция болып түрлі құрылғылардың тезәсеретуін ұлғайту мен оларды миниатюризациялау болып табылады.

Динамикалық және статикалық оперативтік жадылар сияқты сыйымдылық компоненттерге (конденсаторларға) негізделген жадыда сақтау құрылғыларда бұл деген конденсатордың өлшемі кішірейтілген кезде оның сыйымдылық шамасы бұрынғыдай қалу керек [1].

СЖЭ купраттары бәрінен бұрын жоғарытемпературалы асқынөткізгішті (ЖТАӨ) үлгілер, катодты материалдар және катализаторлар ретінде белсенді зерттелуде.

Лантан никелиттері жану ұяшықтарында катод ретінде келелі материалдар болып табылады.

Берілген жұмыста алғаш рет  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  мұндағы  $\text{Me}^{\text{I}} - \text{Li, Na, K}$  құрамды жаңа наноөлшемді никелит-купрат-манганиттердің синтезі және рентгенографиялық талдау сұрақтары қарастырылған.

Лантан (III), никель (II), мыс (II), марганец (III) тотықтары және литий, натрий және калий карбонаттарының қатты фазалы әрекеттесуі арқылы 800-1200°C аралықта  $\text{LaMe}_2^{\text{I}}\text{NiCuMnO}_6$  ( $\text{Me} - \text{Li, Na, K}$ ) құрамды никелит-купрат-манганиттері синтезделініп алынды.

Retsch (Германия) компаниясының «ММ301» маркалы вибрациялық диірменінде үгіту жолымен олардың наноөлшемді (нанокластерлік) бөлшектері алынды.

«JSPM-5400» Scanning Probe Microscope «JEOL» (Япония) электрондық микроскопында олардың өлшемдері анықталды.

ДРОН-2,0 дифрактометрінде қосылыстарға рентгенофазалық талдау жүргізілді және олардың рентгенограммаларын аналитикалық әдіспен индицирлеу барысында синтезделініп алынған жаңа фазалардың сингония типі мен тор көрсеткіштері анықталды:  $\text{LaLi}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=13,83\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2644,16\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{эл.ұя.}}=661,04\pm 0,02 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=4,03 \text{ г/см}^3$ ;  $\text{LaNa}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=14,19\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=2859,42\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{эл.ұя.}}=714,86\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=3,38 \text{ г/см}^3$ ;  $\text{LaK}_2\text{NiCuMnO}_6$  (куб.) –  $a=15,17\pm 0,02 \text{ \AA}$ ,  $V^\circ=3492,0\pm 0,06 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=4$ ,  $V^\circ_{\text{эл.ұя.}}=873,0\pm 0,01 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=3,70 \text{ г/см}^3$ .

**Тірек сөздер:** никелит, купрат, манганит, лантан, сілітілі металдар.

#### Сведения об авторах:

Касенов Булат Кунурович – д.х.н., профессор, заведующий лабораторией термохимических процессов Химико-металлургического института им. Ж.Абишева, E-mail: [kasenov1946@mail.ru](mailto:kasenov1946@mail.ru), телефон (рабочий) 7212433516.

Касенова Шуга Булатовна – д.х.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории термохимических процессов Химико-металлургического института им. Ж.Абишева, E-mail: [kasenovashuga@mail.ru](mailto:kasenovashuga@mail.ru), телефон (рабочий) 7212433516.

Сагинтаева Женисгуль Имангалиевна – к.х.н., ассоц. профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории термохимических процессов, Химико-металлургического института им. Ж.Абишева, E-mail: [kai\\_sagintaeva@mail.ru](mailto:kai_sagintaeva@mail.ru), телефон (рабочий) 7212433516.

Куанышбеков Ерболат Ермакович – магистр технических наук, ведущий инженер лаборатории термохимических процессов Химико-металлургического института им. Ж.Абишева, E-mail: [mr.ero1986@mail.ru](mailto:mr.ero1986@mail.ru), телефон (рабочий) 7212433516.

Туртубаева Меруерт Оразгалиевна – PhD химических наук, преподаватель Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, E-mail: [azat-2000@bk.ru](mailto:azat-2000@bk.ru).