

NEWS**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

ISSN 2224-5286

Volume 1, Number 415 (2016), 73 – 78

**SYNTHESIS AND X-RAY STUDY OF NANOSIZED PARTICLES
OF FERROCHROME-MANGANATES
 $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba)**

B. K. Kassenov¹, N. S. Bekturganov², J. B. Kassenova¹,
J. I. Sagintayeva¹, A. A. Seysenova¹, E. E. Kuanyshbekov³

¹J. Abishev Chemical and Metallurgical Institute, Kazakhstan, Karaganda,

²National Scientific and Technological Holding "Parasat" JSC, Kazakhstan, Astana,

³Karaganda State University named after E. A. Buketov, Kazakhstan, Karaganda.

E-mail: kasenov1946@mail.ru

Keywords: iron, chrome, manganite, synthesis, x-ray.

Abstract. New ferro-chromium manganite $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba) was synthesized by ceramic technology with the oxides of lanthanum (III), iron (III), chromium (III), manganese (III) and carbonates of magnesium, calcium, strontium and barium. They were Grinding in a vibratory mill of company «Retsch» (Germany) brand "MM301", which received their to nano-sized particles. Size of crushed particles was adjusted with an electron microscope JS-5400 Scanning Probe Microscope "JEOL". Mode feedback AC-AFM, the measurement mode "Topography", the type of cantilever NSC35 / AIBS, 7.5 nm company «Mikromasch» (Japan). The method of X-ray was revealed that the synthesized nanoscale particles of ferro-chrome-manganite of lanthanum and alkaline earth metals was crystallized into the cubic system: $\text{LaMg}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ - $a = 20,160 \pm 0,034 \text{ \AA}$, $V^o = 8193,54 \pm 0,10 \text{ \AA}^3$, $Z = 8$, $V^o_{\text{un.cell.}} = 1024,19 \pm 0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{x-ray}} = 5,15$, $\rho_{\text{picn.}} = 5,12 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$; $\text{LaCa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ - $a = 20,143 \pm 0,036 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o = 8172,83 \pm 0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{un.cell.}} = 1021,60 \pm 0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{x-ray}} = 5,16$, $\rho_{\text{picn.}} = 5,18 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$; $\text{LaSr}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ - $a = 20,103 \pm 0,025 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o = 8124,24 \pm 0,08 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{un.cell.}} = 1015,53 \pm 0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{x-ray}} = 5,38$, $\rho_{\text{picn.}} = 5,37 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$; $\text{LaBa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ - $a = 20,335 \pm 0,038 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o = 8408,77 \pm 0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{un.cell.}} = 1051,10 \pm 0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{x-ray}} = 5,60$, $\rho_{\text{picn.}} = 5,66 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$.

УДК 546.654:442:72:76:711/.717:47

**СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ФЕРРО-ХРОМО-МАНГАНИТОВ
 $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba)**

Б. К. Касенов¹, Н. С. Бектурганов², Ш. Б. Касенова¹,
Ж. И. Сагинтаева¹, А. А. Сейсенова¹, Е. Е. Куанышбеков³

¹Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Казахстан, Караганда,

²АО «Национальный научно-технологический холдинг «Парасат», Казахстан, Астана,

³Карагандинский государственный университет им. Е. А. Букетова, Казахстан, Караганда

Ключевые слова: железо, хром, мanganит, синтез, рентгенография.

Аннотация. Из оксидов лантана (III), железа (III), хрома (III), марганца (III) и карбонатов магния, кальция, стронция и бария методом керамической технологии синтезированы новые ферро-хромо-мanganиты состава $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba). Измельчением их на вибрационной мельнице компании «Retsch» (Германия) марки «MM301» получены их наноразмерные частицы. Размеры измельченных частиц

устанавливали на электронном микроскопе JSPM-5400 Scanning Probe Microscope “JEOL”. Режим обратной связи AC-AFM, режим измерения «Топография», тип кантелевера NSC35/AIBS, 7,5 нм фирмы «Mikromasch» (Япония). Методом рентгенографии установлено, что синтезированные наноразмерные частицы феррохромо-магнаниотов щелочноземельных металлов и лантана кристаллизуются в кубической сингонии: $\text{LaMg}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,160\pm0,034\text{\AA}$, $V^o=8193,54\pm0,10\text{\AA}^3$, $Z=8$, $V^o_{\text{эл.яч.}}=1024,19\pm0,01\text{\AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}}=5,15$, $\rho_{\text{пикн.}}=5,12\pm0,06 \text{ г/см}^3$; $\text{LaCa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,143\pm0,036 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o=8172,83\pm0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1021,60\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,16$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,18\pm0,02 \text{ г/см}^3$; $\text{LaSr}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,103\pm0,025 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o = 8124,24\pm0,08 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1015,53\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,38$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,37\pm0,02 \text{ г/см}^3$; $\text{LaBa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,335\pm0,038 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o=8408,77\pm0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1051,10\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,60$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,66\pm0,06 \text{ г/см}^3$.

Ферриты – современные магнитные материалы, которые благодаря низкой себестоимости и простоте получения завоевали прочные позиции в производстве компонентов для электронной техники [1-4].

Сложные оксидные соединения на основе хрома (III) характеризуются наибольшей устойчивостью. Одна из особенностей хромитов редкоземельных элементов (РЗЭ) при нормальных температурах – их значительная электропроводность. При введении добавок щелочноземельных элементов электропроводность увеличивается [5-8].

Манганиты обладают эффектом гигантского магнетосопротивления, полупроводниками, сегнетоэлектрическими, параметрическими, ферро- и антиферромагнитными и др. свойствами [9-11].

Определенный интерес вызывает сочетание манганитов, хромитов и ферритов в одном соединении в виде ферро-хромо-магнаниотов, и получение их наночастиц. Наноматериалы стали основным направлением развития перспективных технологий последнего десятилетия [12-14].

В связи с вышеизложенными, целью данной работы является синтез и рентгенографическое исследование наноразмерных ферро-хромо-магнаниотов состава $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba).

Твердофазный синтез соединений $\text{LaM}^{\text{II}}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (M^{II} - Mg, Ca, Sr, Ba) проведен по керамической технологии. Исходными реагентами для получения служили La_2O_3 (марки «ос.ч.»), Fe_2O_3 , Cr_2O_3 и Mn_2O_3 , карбонаты щелочноземельных металлов (квалификации «ч.д.а.»). Синтез соединений проводили в печи SNOL при $800\text{-}1200^\circ\text{C}$ в течение 20 часов. Низкотемпературный отжиг для получения устойчивых модификаций при низкой температуре проведен при 400°C в течение 10 ч.

Наноразмерные частицы синтезированных ферро-хромо-магнаниотов получали измельчением на вибрационной мельнице компании Retsch (Германия) марки «MM301».

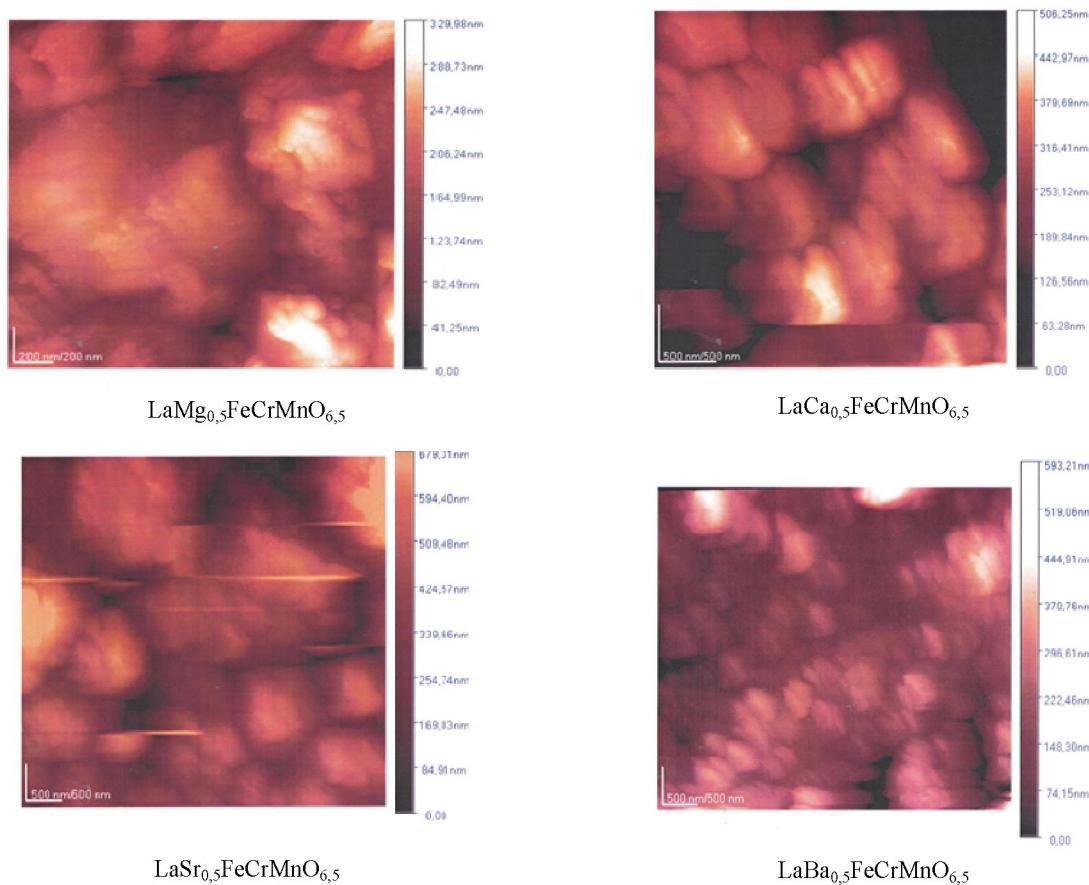
Размеры измельченных частиц устанавливали на электронном микроскопе JSPM-5400 Scanning Probe Microscope “JEOL”. Ниже на рисунке представлены электронно-микроскопические снимки соединений. Как видно из данных рисунков, в среднем имеются наночастицы (нанокластеры) размерами 30-60 нм.

Рентгенофазовый анализ наноразмерных частиц ферро-хромо-магнаниотов проводили на установке ДРОН-2,0. Интенсивность дифракционных максимумов оценивали по 100-балльной шкале. Пикнотрическая плотность определена с использованием в качестве индифферентной жидкости толуола по методике [15].

Индцирование рентгенограмм соединений проводили аналитическим методом [16]. Результаты индцирования приведены в таблице.

На основании индцирования установлено, что синтезированные наноразмерные ферро-хромо-магнаниты кристаллизуются в кубической сингонии с параметрами решетки: $\text{LaMg}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,160\pm0,034\text{\AA}$, $V^o=8193,54\pm0,10\text{\AA}^3$, $Z=8$, $V^o_{\text{эл.яч.}}=1024,19\pm0,01\text{\AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}}=5,15$, $\rho_{\text{пикн.}}=5,12\pm0,06 \text{ г/см}^3$; $\text{LaCa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,143\pm0,036 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o=8172,83\pm0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1021,60\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,16$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,18\pm0,02 \text{ г/см}^3$; $\text{LaSr}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,103\pm0,025 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o = 8124,24\pm0,08 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1015,53\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,38$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,37\pm0,02 \text{ г/см}^3$; $\text{LaBa}_{0,5}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ – $a=20,335\pm0,038 \text{ \AA}$, $Z = 8$, $V^o=8408,77\pm0,11 \text{ \AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}} = 1051,10\pm0,01 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,60$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,66\pm0,06 \text{ г/см}^3$.

Удовлетворительное согласие $10^4/d^2_{\text{эксп.}}$ и $10^4/d^2_{\text{расч.}}$, а также рентгеновских и пикнотрических плотностей в пределах погрешности эксперимента указывает на корректность результатов индцирования.



Электронные микротографии ферро-хромо-мanganитов
Индцирование рентгенограмм наноразмерных ферро-хромо-мanganитов состава
 $\text{LaM}^{\text{II}}_{0.5}\text{FeCrMnO}_{6.5}$ (M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)

J/J ₀	$10^4/d^2_{\text{эксп}}$	hkl	$10^4/d^2_{\text{выч}}$
1	2	3	4
$\text{LaMg}_{0.5}\text{FeCrMnO}_{6.5}$			
21	665,3	333	665
8	1134	631	1133
100	1330	721	1331
27	1560	800	1577
21	1986	900	1996
9	2253	931	2242
31	2649	10.2.2	2661
9	3314	10.5.3	3302
10	3825	11.5.3	3819
29	3976	990	3992
12	4522	12.6.2	4534
12	6642	13.10.0	6628

Окончание таблицы

1	2	3	4
$\text{LaCa}_{0.5}\text{FeCrMnO}_{6.5}$			
10	665,3	333	665
8	1126	631	1133
100	1343	721	1331
16	1538	651	1528
17	2000	900	1996
8	2215	931	2218
29	2665	10.2.1	2661
8	3341	10.6.0	3351
6	3773	10.7.2	3770
26	4001	990	3992
6	4468	10.9.0	4460
10	5328	10.10.4	5322
10	6631	13.10.0	6628
$\text{LaSr}_{0.5}\text{FeCrMnO}_{6.5}$			
15	668,4	333	668
100	1337	721	1337
9	1472	553	1461
19	2000	900	2005
30	2663	10.2.2	2673
6	3629	11.5.1	3639
27	4001	990	4010
4	4628	13.3.3	4629
5	5982	11.11.0	5990
12	6653	13.10.0	6659
$\text{LaBa}_{0.5}\text{FeCrMnO}_{6.5}$			
17	653,4	333	653
5	812,1	530	823
100	1310	721	1307
10	1533	800	1549
21	1961	900	1960
8	2215	931	2202
31	2622	10.2.2	2614
7	3295	10.6.0	3291
29	3946	991	3945
10	5228	10.10.4	5227
11	6578	16.4.0	6582

Анализ параметров решеток показывает, что в ряду соединений от Mg к Ba наблюдается вторичная периодичность: значения параметров «*a*» и «*V*_{эл.яч.}» от Mg падает к Ca и Sr и повышаются к Ba.

По аналогии [17-20] можно предположить, что синтезированные наноразмерные ферро-хромоманганины относятся к пространственной группе перовскита *Pm3m*.

Таким образом, впервые синтезированы ферро-хромоманганины состава LaM^{II}_{0,5}FeCrMnO_{6,5} (M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba), получены наноразмерные частицы, определены типы их сингонии и параметры решеток.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Смит Я., Вейн Х. Ферриты. – М.: Изд-во иностр. литературы, 1962. – 504 с.
- [2] Лепок Л.М., Журавлев Г.И. Химия и технология ферритов. Учеб. Пособие для вузов. – Л.: «Химия», 1970. – 256 с.
- [3] Третьяков Ю.Д., Брылев О.А. Новые поколения неорганических функциональных материалов // Журнал РХО им. Д.И. Менделеева. – 2000. – Т. 45, № 4. – С. 10-16.
- [4] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Мустафин Е.С., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ш.Б., Давренбеков С.Ж., Сагинтаева Ж.И., Абыльдаева А.Ж., Едильбаева С.Т., Сергазина С.М., Толоконников Е.Г., Жумадилов Е.К. Рентгенография, термодинамика и электрофизика двойных ферритов щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. – Караганда: «Тенгри», 2012. – 112 с.
- [5] Набока М.Н., Палатник Л.С., Шевченко В.Я. Структура и свойства тонких пленок на основе соединений редкоземельных металлов //Журн. Всесоюз. Хим. общества им. Д.И. Менделеева. – М.: Химия, 1981. – Вып. 36, № 6. – С. 31-39.
- [6] Жузе В.П. Оптические свойства редкоземельных полупроводников //Журн. Всесоюз. Хим. общества им. Д.И. Менделеева. – М.: Химия, 1981. – Вып. 36, № 6. – С. 95-102.
- [7] Супоницкий Ю.Л. Термическая химия оксосоединений РЗЭ и элементов VI-группы: автореферат дисс. докт. хим. наук. – Москва, 2001. – 40 с.
- [8] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Мустафин Е.С., Касенова Ш.Б., Ермагамбет Б.Т., Сагинтаева Ж.И., Жумадилов Е.К. Двойные и тройные хромиты щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. – Караганда: «TENGRI Ltd», 2013. – 172 с.
- [9] Балакирев В.Ф., Бархатов В.П., Голиков Ю.М., Майзель О.Г. Манганиты: равновесные и нестабильные состояния. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 398 с.
- [10] Портной К.И., Тимофеева Н.И. Кислородные соединения редкоземельных элементов. – М.: Металлургия, 1986. – 480 с.
- [11] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Ермагамбет Б.Т. и др. Двойные и тройные манганиты щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. – Караганда: «Тенгри», 2012. – 317 с.
- [12] Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы //Учебное пособие для студентов вузов. – М.: ИЦ «Академия», 2005. – 192 с.
- [13] Гусев А.И. Наноматериалы,nanoструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с.
- [14] Струк А.В., Кравченко В.И., Ловщенко Ф.Г., Пантелеенко Ф.И., Рогачев А.В. и др. Нанокомпозиционные полимерные материалы и технологии. В кн.: Новые ресурсосберегающие технологии и композиционные материалы. – М.: Энергатомиздат; Гомель: БелГУТ, 2004. – 519 с.
- [15] Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкостей и твердых тел. – М.: Стандартгиз, 1959. – 191с.
- [16] Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 232с.
- [17] Вест А. Химия твердого тела. Ч.1. – М.: Мир, 1988. – 588с.
- [18] Касенов Б.К., Мустафин Е.С., Меркульева С.Н. и др. Синтез и рентгенографические исследования манганитов La₂M^{II}₃Mn₄O₁₂ (M^{II}=Mg, Ca, Sr, Ba) //Журнал неорган. химии. – 2007. – Т.52, №10. – С.1616-1617.
- [19] Касенов Б.К., Давренбеков С.Ж., Мустафин Е.С. и др. Синтез и рентгенографическое исследование соединений LaMe^IMg(CrO₃)₂ (Me^I=Li, Na, K) //Журнал неорган. химии. – 2008. – Т.53, №11. – С.1812-1813.
- [20] Касенов Б.К., Мустафин Е.С., Акубаева М.А. и др. Рентгенографическое исследование двойных ферритов ErMeFe₂O_{5,5} (Me – Ca, Sr, Ba) //Журнал неорган. химии. – 2010. – Т.55, №3. – С.459-461.

REFERENCES

- [1] Smit Ja., Vejn H. Ferrite. M.: Izd-vo inostr. literatury, 1962, 504 (In Russ.).
- [2] Letjuk L.M., Zhuravljov G.I. Chemistry and technology of ferrites. Ucheb. Posobie dlja vuzov. L.: «Himija», 1970, 256 (In Russ.).
- [3] Tret'jakov Iu.D., Bryliv O.A. Journal RHO n/a D.I. Mendeleeva. **2000**, 45, 4, 10-16 (In Russ.).
- [4] Kasenov B.K., Bekturghanov N.S., Mustafin E.S. i dr. Radiography, thermodynamics and electrophysics double iron alkaline, alkaline earth and rare earth metals. Karaganda: «Tengri», 2012, 112 (In Russ.).
- [5] Naboka M.N., Palatnik L.S., Shevchenko V.Ja. Zhurn. Vsesojuz. Him. obshhestva im. D.I. Mendeleeva. M.: Himija, 1981, 36, 6, 31-39 (In Russ.).
- [6] Zhuze V.P. Zhurn. Vsesojuz. Him. obshhestva im. D.I. Mendeleeva. M.: Himija, 1981, 36, 6, 95-102 (In Russ.).

- [7] Suponickij Ju.L. Thermal chemistry oxo compounds and rare earth elements VI-groups: abstract diss. Doctor. chemical Sciences. Moscow, **2001**, 40 (In Russ.).
- [8] Kassenov B.K., Bekturgenov N.S., Mustafin E.S. i dr. Double and triple chromite alkaline, alkaline earth and rare earth metals. Karaganda: « TENGRI Ltd », **2013**, 172 (In Russ.).
- [9] Balakirev V.F., Barhatov V.P., Golikov Yu. M., Meisel O.G. Manganites: equilibrium and unstable states. Yekaterinburg: UB RAS, **2000**, 398 (In Russ.).
- [10] Portnoj K.I., Timofeeva N.I. Oxygen compounds of rare earth elements. M.: Metallurgy, **1986**, 480 (In Russ.).
- [11] Kasenov B.K., Bekturgenov N.S., Ermagambet B.T. i dr. Double and triple manganites alkaline, alkaline earth and rare earth metals. Karaganda: «Tengri», **2012**, 317 (In Russ.).
- [12] Andrievskij R.A., Ragulja A.V. Nanostructured materials. Uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. M.: IC «Akademija», **2005**, 192 (In Russ.).
- [13] Gusev A.I. Nanomaterials, nanostructures, nanotechnology. M.: Fizmatlit, **2005**, 416 (In Russ.).
- [14] Struk A.V., Kravchenko V.I., Lovshenko F.G., Panteleenko F.I., Rogachev A.V. i dr. Composite polymeric materials and technology. In the book: The new resource-saving technologies and composite materials. M.: Jenergatomizdat; Gomel': BelGUT, **2004**, 519 (In Russ.).
- [15] Kivilis S.S. Technique measuring the density of liquids and solids. M.: Standartgiz, **1959**, 191 (In Russ.).
- [16] Kovba L.M., Trunov V.K. X-ray analysis. M.: Izd-vo MGU, **1969**, 232 (In Russ.).
- [17] Vest A. Solid State Chemistry. M.: Mir, **1988**, 1, 588 (In Russ.).
- [18] Kasenov B.K., Mustafin E.S., Merkul'eva S.N. i dr. Zhurnal neorgan. himii. **2007**, 52, 10, 1616-1617 (In Russ.).
- [19] Kasenov B.K., Davrenbekov S.Zh., Mustafin E.S. i dr. Zhurnal neorgan. himii. **2008**, 53, 11, 1812-1813 (In Russ.).
- [20] Kasenov B.K., Mustafin E.S., Akubaeva M.A. i dr. Zhurnal neorgan. himii. **2010**, 55, 3, 459-461 (In Russ.).

**LaM^{II}_{0,5}FeCrMnO_{6,5} (M^{II}- Mg, Ca, Sr, Ba) НАНОӨЛШЕМДІ ФЕРРО-ХРОМ-МАНГАНИТТЕРІНІң
СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ РЕНТГЕНОГРАФИЯЛЫҚ ТҮРФЫДАН ЗЕРТТЕУ**

**Б. Қ. Қасенов¹, Н. С. Бектұрганов², Ш. Б. Қасенова¹,
Ж. И. Сағынтаева¹, А. А. Сейсенова¹, Е. Е. Қуанышбеков³**

¹Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қазақстан, Қарағанды,

²«Ұлттық ғылыми-технологиялық холдинг «Парасат» АҚ, Қазақстан, Астана,

³Е. А. Бекетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қазақстан, Қарағанды

Тірек сөздер: темір, хром, мanganit, синтез, рентгенография.

Аннотация. Лантан (III), темір (III), хром (III), марганец (III) тотықтары мен магний, кальций стронций және барий карбонаттарынан керамикалық технология әдісімен жаңа LaM^{II}_{0,5}FeCrMnO_{6,5} (M^{II}- Mg, Ca, Sr, Ba) құрамды ферро-хром-манганиттері синтезделініп алынды.

«MM301» маркалы «Retsch» (Германия) компаниясының вибрациялық диірменінде үгіту арқылы олардың наноөлшемдері алынды.

Үгітілген бөлшектер өлшемдері «Mikromasch» (Япония) фирмасының JSPM-5400 Scanning Probe Microscope “JEOL” электрондық микроскопында зерттелді. Кері байланыс режимі AC-AFM, өлшеу режимі «Топография», кантелевер типі NSC35/AIBS, 7,5 nm.

Рентгенографиялық әдіспен синтезделініп алған наноөлшемді лантан және сілтілі-жер ферро-хром-манганиттерінің кубтық сингонияда кристалданатыны анықталып, келесідей тор көрсеткіштері алынды: LaMg_{0,5}FeCrMnO_{6,5} – a=20,160±0,034 Å, V⁰=8193,54±0,10 Å³, Z=8, V⁰_{эл.яч.}=1024,19±0,01 Å³, ρ_{рент.}=5,15, ρ_{пикн.}=5,12±0,06 г/см³; LaCa_{0,5}FeCrMnO_{6,5} – a=20,143±0,036 Å, Z = 8, V⁰=8172,83±0,11 Å³, V⁰_{эл.яч.} = 1021,60±0,01 Å³, ρ_{рент} = 5,16, ρ_{пикн.}=5,18±0,02 г/см³; LaSr_{0,5}FeCrMnO_{6,5} – a=20,103±0,025 Å, Z = 8, V⁰=8124,24±0,08 Å³, V⁰_{эл.яч.} = 1015,53±0,01 Å³, ρ_{рент} = 5,38, ρ_{пикн.}=5,37±0,02 г/см³; LaBa_{0,5}FeCrMnO_{6,5} – a=20,335±0,038 Å, Z = 8, V⁰=8408,77±0,11 Å³, V⁰_{эл.яч.} = = 1051,10±0,01 Å³, ρ_{рент} = 5,60, ρ_{пикн.}=5,66±0,06 г/см³.

Поступила 03.12.2015г.