

NEWS

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

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 422 (2017), 125 – 130

UDC 542.91+621.386.8+546.654:31:47:711/.717

**B.K. Kasenov¹, Sh.b. Kasenova¹, Zh.I. Sagintaeva¹,
M.O. Turtubaeva², E.E. Kuanyshbekov¹, M.A. Isabaeva²**¹ J. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda;² S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar
kasenov1946@mail.ru**NEW ZINCATE-MANGANITES NdMe^{II}₂ZnMnO₆ (Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)
AND THEIR X-RAY AND IR- SPECTROSCOPY STUDIES**

Annotation. Reacting the solid phase oxides neodymium, zinc, manganese (III), Cr(III), Mn(III) and carbonate Li, Na, K in the range of 800-1200 °C obtained new phase – zincate-manganites NdMe^{II}₂ZnMnO₆ (Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba). By the method of X-ray revealed that they crystallize in the cubic system with the following lattice parameters: NdMg₂ZnMnO₆ – $a=13,927\pm 0,035$ Å, $Z=4$, $V^0=2701,36\pm 0,11$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=675,34\pm 0,03$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=4,20$, $\rho_{\text{пикн}}=4,19\pm 0,01$ г/см³; NdCa₂ZnMnO₆ – $a=13,910\pm 0,030$ Å, $Z=4$, $V^0=2691,45\pm 0,10$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=672,86\pm 0,03$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=4,04$, $\rho_{\text{пикн}}=4,01\pm 0,08$ г/см³; NdSr₂ZnMnO₆ – $a=14,651\pm 0,03$ Å, $Z=4$, $V^0=3144,86\pm 0,09$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=786,22\pm 0,02$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=3,79$, $\rho_{\text{пикн}}=3,83\pm 0,05$ г/см³; NdBa₂ZnMnO₆ – $a=14,593\pm 0,024$ Å, $Z=4$, $V^0=3107,79\pm 0,07$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=776,95\pm 0,02$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=5,04$, $\rho_{\text{пикн}}=5,09\pm 0,12$ г/см³.

Keywords: neodymium, alkali-earth metals, zincate-manganite, synthesis, x-ray, spectroscopy.

УДК 542.91+621.386.8+546.654:31:47:711/.717

**Б.К. Касенов¹, Ш.Б. Касенова¹, Ж.И. Сагинтаева¹,
М.О. Туртубаева², Е.Е. Куанышбеков¹, М.А. Исабаева²**¹ Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, г. Караганда;² Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар**НОВЫЕ ЦИНКАТО-МАНГАНИТЫ NdMe^{II}₂ZnMnO₆
(Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba) И ИХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ
И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

Аннотация. Из оксидов неодима, цинка, марганца (III) и карбонатов щелочноземельных металлов по керамической технологии при 800-1200 °C синтезированы цинкато-манганиты состава NdMe^{II}₂ZnMnO₆ (Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba). Методом рентгенографии (дифрактометр ДРОН-2,0; аналитический метод индирования рентгенограмм) установлено, что все синтезированные цинкато-манганиты кристаллизуются в кубической сингонии (пространственная группа *Pm3m*) со следующими параметрами решетки: NdMg₂ZnMnO₆ – $a=13,927\pm 0,035$ Å, $Z=4$, $V^0=2701,36\pm 0,11$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=675,34\pm 0,03$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=4,20$, $\rho_{\text{пикн}}=4,19\pm 0,01$ г/см³; NdCa₂ZnMnO₆ – $a=13,910\pm 0,030$ Å, $Z=4$, $V^0=2691,45\pm 0,10$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=672,86\pm 0,03$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=4,04$, $\rho_{\text{пикн}}=4,01\pm 0,08$ г/см³; NdSr₂ZnMnO₆ – $a=14,651\pm 0,03$ Å, $Z=4$, $V^0=3144,86\pm 0,09$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=786,22\pm 0,02$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=3,79$, $\rho_{\text{пикн}}=3,83\pm 0,05$ г/см³; NdBa₂ZnMnO₆ – $a=14,593\pm 0,024$ Å, $Z=4$, $V^0=3107,79\pm 0,07$ Å³, $V^0_{\text{эл.яч.}}=776,95\pm 0,02$ Å³, $\rho_{\text{рентг}}=5,04$, $\rho_{\text{пикн}}=5,09\pm 0,12$ г/см³. Методом ИК-спектроскопии (прибор “Avatar-360” фирмы “Thermo Nicolet” (США) исследованы деформационные и валентные колебания связей и групп, входящих в состав соединений).

Ключевые слова: неодим, щелочноземельные металлы, цинкато-манганит, синтез, рентгенография, спектроскопия.

Соединения на основе оксидов переходных элементов ($3d$ -, $4f$ -) с добавками оксидов легких (щелочных, щелочноземельных) металлов привлекают внимание исследователей как фазы, обладающие гигантскими значениями магнитосопротивления, диэлектрической проницаемости, сверхпроводниковыми, полупроводниковыми и другими свойствами [1-4]. В лаборатории термохимических процессов Химико-металлургического института им. Ж. Абишева (г. Караганда) в течение ряда лет проводятся систематические и целенаправленные исследования по синтезу и изучению физико-химических свойств манганитов, хромитов и ферритов щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов и аналогов, результаты которых обобщены в монографиях [5-9], а также имеются ряд охранных документов по их способу получения [10-16].

С учетом вышеизложенного в данной работе приводятся результаты синтеза, рентгенографического и ИК-спектроскопического исследования цинкато-манганитов состава $NdMe^{II}_2ZnMnO_6$ где Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba. Синтез указанных цинкато-манганитов проведен по керамической технологии. Исходными реагентами для синтеза служили Nd_2O_3 квалификации «ос.ч.», карбонаты щелочноземельных металлов, оксиды цинка и марганца (III) квалификации «ч.д.а.». Твердофазное взаимодействие указанных веществ проводили в интервале 800°C - 1200°C в печи «SNOL» в течение 20 часов. При этом через каждые 100°C смеси охлаждались, перемешивались и перетерались. Низкотемпературный отжиг проводили при 400°C в течение 10 часов.

Рентгенографический анализ образовавшихся фаз проводили на установке ДРОН-2,0. Условия съемки: $\text{CuK}\alpha$ – излучение, Ni – фильтр, $U=30\text{кВ}$, $J=10\text{мА}$, скорость вращения счетчика 2 об/мин, диапазон шкалы 1000 имп/с, $\tau=5\text{с}$, $2\theta=10-90^\circ$. Интенсивность дифракционных максимумов оценивали по 100 балльной шкале. Индексирование рентгенограмм полученных соединений проводили аналитическим методом [17]. Пикнометрическая плотность определена с использованием в качестве индифферентной жидкости толуола по методике [18].

ИК-спектроскопическое исследование цинкато-манганитов проводили на спектрофотометре «AVATAR-360».

Ниже в таблице приведены результаты индексирования полученных цинкато-манганитов.

Данные рентгенофазового анализа показывают, что изучаемые цинкато-манганиты, кристаллизующиеся в кубической сингонии имеют, по-видимому, пространственную группу перовскита $Pm\bar{3}m$. По аналогии с [19-21] можно предположить, что ионы La^{2+} и M^{2+} находятся в центрах элементарных ячеек и имеют координационные числа (к.ч.) по кислороду, равные 12, а в узлах элементарных ячеек находятся ионы Zn^{2+} и Mn^{3+} , к.ч. которых по кислороду равны 6.

Таблица – Индексирование рентгенограмм цинкато-манганитов $NdM^{II}_2ZnMnO_6$ (M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)

J/J_0	$d, \text{Å}$	$10^4/d^2_{\text{эксп}}$	hkl	$10^4/d^2_{\text{выч}}$
1	2	3	4	5
$NdMg_2ZnMnO_6$				
18	3,8620	670,5	320	670,5
50	3,4200	855,0	322; 410	876,8
35	3,2830	927,8	330; 411	928,4
35	3,0610	1067	421	1083
56	2,8060	1270	430; 500	1289
100	2,7220	1350	431; 510	1341
41	2,5870	1494	432; 520	1496
94	2,4750	1632	440	1651
29	2,3700	1780	531	1805
29	2,1180	2229	533	2218
26	2,0020	2495	444; 622	2476
35	1,9410	2654	640	2682
47	1,9150	2727	641; 720	2734
35	1,722	3372	652; 810	3353
50	1,626	3782	661; 830	3765
32	1,584	3986	832	3971
32	1,475	4596	850; 922	4590
29	1,378	5266	772; 10.1.1.	5261
35	1,364	5375	862; 10.2.0	5364
26	1,352	5471	950	5467

<i>Продолжение таблицы</i>				
1	2	3	4	5
$\text{NdCa}_2\text{ZnMnO}_6$				
8	3,8620	670,5	320	671,5
10	3,0880	1049	420	1032
17	2,8200	1257	422	1238
100	2,722	1257	422	1238
10	2,604	1475	432; 520	1496
8	2,4100	1722	441; 522	1702
10	2,0140	2465	444; 622	2475
16	1,9880	2530	632; 700	2527
28	1,9220	2707	641; 720	2734
10	1,6980	3468	733	3456
12	1,6300	3764	661; 830	3765
7	1,532	4261	753; 911	4281
12	1,478	4578	850; 922	4590
16	1,3800	5251	772; 10.1.1.	5261
19	1,358	5423	12.2.1.	5416
10	1,3410	5561	10.2.2.	5570
11	1,216	6763	955; 11.3.1.	6757
10	1,207	6864	964	6860
$\text{NdSr}_2\text{ZnMnO}_6$				
8	3,661	746,1	400	746,1
12	3,115	1031	332	1026
100	2,818	1259	333; 511	1259
69	2,711	1361	432; 520	1352
5	2,604	1475	440	1492
12	2,481	1625	531	1632
26	2,079	2314	543; 550	2332
34	2,045	2391	551; 711	2378
41	1,916	2724	730	2705
4	1,697	3472	555; 751	3497
11	1,6300	3764	663; 841	3777
36	1,582	3996	761; 921	4010
6	1,554	4141	850; 922	4150
4	1,475	4596	755; 933	4617
21	1,407	5051	10.2.2.	5036
4	1,378	5266	870; 10.3.2.	5269
15	1,3500	5487	10.3.3.	5503
6	1,232	6588	980; 11.4.2.	6575
7	1,219	6730	884; 12.0.0.	6715
$\text{NdBa}_2\text{ZnMnO}_6$				
41	3,263	939,2	420	939,2
100	2,920	1173	430; 500	1174
50	2,827	1251	333; 511	1268
8	2,532	1560	441; 522	1550
22	2,3900	1751	610	1238
10	2,218	2033	533	2019
33	2,168	2128	630; 542	2113
13	2,027	2434	640	2442
12	1,948	2635	642	2630
22	1,677	3556	662	3569
12	1,615	3834	833; 910	3851
20	1,452	4743	942; 10.1.0.	4743
6	1,413	5009	951	5025
6	1,375	5289	870; 10.3.2.	5307
10	1,325	5696	962; 11.0.0.	5682
6	1,271	6190	882; 10.4.4.	6199
8	1,238	6525	973; 11.3.3.	6527
9	1,199	6956	12.2.0.	6950

При расшифровке ИК-спектров цинкато-манганитов руководствовались монографией [22] и данными работы [23].

$\text{NdMg}_2\text{ZnMnO}_6$. Полосы поглощения при 413,0; 440,0 и 500,0 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям $\delta(\text{Nd-O})$, $\delta(\text{Mg-O})$, $\delta(\text{Zn-O})$, $\delta(\text{Mn-O})$; 620,31 см^{-1} – к колебанию $\nu_1(\text{MnO}_6)$; 958,38; 998,47 и 1096,03 см^{-1} – к гармоническим частотам групп $W_e(\text{Zn-O})$ и $W_e(\text{Mn-O})$; 1281,62; 1400,0 см^{-1} к изменениям симметрии группы MnO_3 .

$\text{NdCa}_2\text{ZnMnO}_6$. Полосы поглощения при 450,08; 412,62, 424,53; 434,96; 448,28 и 457,32 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям $\delta(\text{Nd-O})$, $\delta(\text{Ca-O})$, $\delta(\text{Zn-O})$ и $\delta(\text{Mn-O})$; 586,87 см^{-1} – к колебанию $\nu_1(\text{MnO}_6)$; 900,0 и 1000 см^{-1} – к гармоническим частотам групп $W_e(\text{Zn-O})$ и $W_e(\text{Mn-O})$; 1366,35 и 1446,38 см^{-1} – к изменениям симметрии групп MnO_3 .

$\text{NdSr}_2\text{ZnMnO}_6$. Полосы поглощения при 405,94; 417,44; 441,95 и 456,70 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям $\delta(\text{Nd-O})$, $\delta(\text{Sr-O})$, $\delta(\text{Zn-O})$ и $\delta(\text{Mn-O})$; 558,13 см^{-1} – к колебанию $\nu_1(\text{MnO}_6)$; 839,80 и 870,0 см^{-1} – к гармоническим частотам групп (Zn-O) и $W_e(\text{Mn-O})$; 1366,35 и 1446,38 см^{-1} к изменениям симметрии группы MnO_3 .

$\text{NdBa}_2\text{ZnMnO}_6$. Полосы поглощения при 400,0; 430,0; 437,41 и 527,49 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям $\delta(\text{Nd-O})$, $\delta(\text{Ba-O})$, $\delta(\text{Zn-O})$, $\delta(\text{Mn-O})$; 578,27 см^{-1} – к колебанию $\nu_1(\text{MnO}_6)$; 1426,21 см^{-1} – к изменению симметрии группы MnO_3 .

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования 2126/ГФ4 «Физико-химические основы получения ряда новых полифункциональных соединений из оксидов s-, d- f-элементов», финансируемого согласно договора ГФ № 93 от 20 апреля 2016 г. между Комитетом науки МОН РК и филиала РГП «НЦ КПМС РК» «Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Портной К.И., Тимофеев Н.И. Кислородные соединения редкоземельных элементов. – М.: Металлургия, 1986. – 480 с.
- [2] Смит Я. Вейн Х. Ферриты. М.: Изд-во иностр. Литературы, 1962. – 504 с.
- [3] Третьяков Ю.Д., Брылёв О.А. Новые поколения неорганических функциональных материалов // Журнал РХО им. Д.И. Менделеева. 2000. Т.45. №4. С. 10-16.
- [4] Ерин Ю. Найдено вещество с гигантским значением диэлектрической проницаемости // Химия и химики. – 2000. – Т.45, №4. – С.10-16.
- [5] 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.
- [6] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Мустафин Е.С., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ш.Б., Давренбеков С.Ж., Сагинтаева Ж.И., Абильдаева 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.
- [7] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Мустафин Е.С., Касенова Ш.Б., Ермагамбет Б.Т., Давренбеков С.Ж., Сагинтаева Ж.И., Жумадилов Е.К. Двойные и тройные хромиты щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов. – Караганда: «TENGRITd», 2013. – 172.
- [8] Ермаганбетов К.Т., Чиркова Л.В., Касенов Б.К. Магнитные свойства и явления переноса в манганитах. – Караганда: Изд-во КарГУ им. Е.А. Букетова, 2016. – 137 с.
- [9] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Ермагамбет Б.Т. Манганиты, хромиты и ферриты редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов. – Караганда: Типография ТОО «Litera», 2016. – 616 с.
- [10] Инновационный патент РК №28710 от 19.06.2014 г. Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И. и др. «Способ получения наноразмерных частиц двойных хромитов редкоземельных и щелочноземельных металлов».
- [11] Инновационный патент РК №29247 от 20.11.2014 г. Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Толымбеков М.Ж., Ермагамбет Б.Т. и др. «Способ получения наноструктурированных частиц манганито-ферритов редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов с общими формулами $\text{LnM}^{\text{I}}\text{MnFeO}_5$ и $\text{LnM}^{\text{I}}\text{MnFeO}_{5,5}$ где Ln – редкоземельный, M(I) – щелочной, M(II) – щелочноземельный металл».
- [12] Заключение о выдаче Инновационного патента РК (№заявки 2013/1355.1 от 04.05.2014 г.). «Способ получения наноразмерных частиц купрато-манганитов щелочноземельных редкоземельных металлов состава $\text{LnM}_2^{\text{II}}\text{CuMnO}_6$ (Ln – La, Nd; M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)» (Б.К. Касенов, Н.С. Бектурганов, М.Ж. Толымбеков и др.).
- [13] Предпатент РК №20897. Касенов Б.К., Мустафин Е.С., Адекенов С.М. и др. «Способ получения манганитов редкоземельных металлов с общей формулой $\text{LnMe}_3^{\text{I}}\text{Me}_3^{\text{II}}\text{Mn}_4\text{O}_{12}$ (Ln – РЗЭ, M^I – щелочной, M^{II} – щелочноземельный металл)».

- [14] Инновационный патент РК №30231. Касенов Б.К., Адеkenов С.М., Бектурганов Н.С., Ермагамбет Б.Т. и др. «Способ получения хромито-манганитов редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов».
- [15] Заключение о выдаче Патента на полезную модель от 29.09.2016 г. №2832 выдано РГП на ПХВ Национальным институтом Интеллектуальной собственности МЮ РК на «Способ получения наноразмерных частиц ферро-хромо-манганитов редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов составов $\text{LnM}^{\text{I}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$, $\text{LnM}_{0,5}^{\text{II}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Li, Na, K; M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)» (Б.К. Касенов, Н.С. Бектурганов, Б.Т. Ермагамбет и др.).
- [16] Заключение о выдаче Патента на полезную модель от 12.10.2016 г. №30012 выдано РГП на ПХВ Национальным институтом Интеллектуальной собственности МЮ РК на «Способ получения двойных цинкато-манганитов редкоземельных, щелочных и щелочноземельных металлов составов $\text{LnM}_2^{\text{I}}\text{ZnMnO}_5$, $\text{LnM}_2^{\text{II}}\text{ZnMnO}_6$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Li, Na, K; M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)» (Б.К. Касенов, Н.С. Бектурганов, Б.Т. Ермагамбет и др.).
- [17] Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – Изд-во МГУ, 1969. – 232 с.
- [18] Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкостей и твердых тел. – М.: Стандартгиз, 1959. – 191 с.
- [19] Вест А. Химия твердого тела. Ч. 1. М.: Мир, 1988. – 588 с.
- [20] Мустафин Е.С., Оралова А.Т., Касенов Б.К. Рентгенографическое и термодинамическое исследование $\text{DySrMn}_2\text{O}_{5,5}$ // Неорган. материалы. – 1995. – Т.31, №7. – С. 991-992.
- [21] Касенов Б.К., Оралова А.Т., Мустафин Е.С., Жумадилов Е.К. Рентгенографическое и исследование $\text{LnSrMn}_2\text{O}_{5,5}$ (Ln – Ho, Er, Lu) // Журнал неорган. химии. – 1998. – Т.43, №2. – С. 196-197.
- [22] Касенов Б.К., Оралова А.Т., Мустафин Е.С., Жумадилов Е.К. Рентгенографическое и исследование $\text{LnSrMn}_2\text{O}_{5,5}$ (Ln – Ho, Er, Lu) // Журнал неорган. химии. – 1998. – Т.43, №9. – С. 1420-1422.
- [23] Накомото И.К. ИК-спектры и КР спектры неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991 – 536 с.
- [24] Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И. и др. Новые наноразмерные ферро-хромо-манганиты $\text{NdMe}^{\text{I}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Li, Na, K) и их рентгенографическое исследование // Изв. НАН РК. Серия химии и технологии. – 2015. - №5(143). – С.57-62.

REFERENCES

- [1] Portnoj K.I., Timofeev N.I. Oxides compounds of rare earth elements. – *M.: Metallurgija*. – 1986. 480 (in Russ).
- [2] Smit Ja. Vejn H. Ferrity. M.: *Izd-vo inostr. Literatury*, 1962. 504(in Russ).
- [3] Tret'jakov Ju.D., Bryljov O.A. // *Zhurnal RHO im. D.I. Mendeleeva*. 2000. 45. 4. 10-16 (in Russ).
- [4] Erin Ju. // *Himija i himiki*. – 2000. 45, 4. 10-16 (in Russ).
- [5] Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Ermagambet B.T. i dr. Double and triple manganites of alkali, alkaline earth and rare earth metals. *Karaganda: «Tengri»*, 2012. 317 (in Russ).
- [6] Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Mustafin E.S., Ermagambet B.T., Kasenova Sh.B., Davrenbekov S.Zh., Sagintaeva Zh.I., Abil'daeva A.Zh., Edil'baeva S.T., Sergazina S.M., Tolokonnikov E.G., Zhumadilov E.K. Radiography, thermodynamics and electrophysics of double irons of alkali, alkaline earth and rare earth metals. *Karaganda: «Tengri»*, 2012. 112 (in Russ).
- [7] Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Mustafin E.S., Kasenova Sh.B., Ermagambet B.T., Davrenbekov S.Zh., Sagintaeva Zh.I., Zhumadilov E.K. Double and triple chromates of alkali, alkaline earth and rare earth metals. – *Karaganda: «TENGRITd»*, 2013. 172 (in Russ).
- [8] Ermaganbetov K.T., Chirkova L.V., Kasenov B.K. Magnetic properties and transport phenomena in manganites. – *Karaganda: Izd-vo KarGu im. E.A. Buketova*, 2016. 137 (in Russ).
- [9] Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Ermagambet B.T. Manganites, ferrites and chromites of rare earth, alkali and alkaline earth metals. – *Karaganda: Tipografija TOO «Litera»*, 2016. 616 (in Russ).
- [10] Innovacionnyj patent RK №28710 ot 19.06.2014 g. Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Ermagambet B.T., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I. i dr. «Sposob poluchenija nanorazmernih chastic dvojnih hromitov redkozemel'nyh i shhelochnozemel'nyh metallov» (In Russ.).
- [11] Innovacionnyj patent RK №29247 ot 20.11.2014 g. Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Tolymbekov M.Zh., Ermagambet B.T. i dr. «Sposob poluchenija nanostrukturirovannyh chastic manganito-ferritov redkozemel'nyh, shhelochnyh i shhelochnozemel'nyh metallov s obshhimi formulami $\text{LnM}^{\text{I}}\text{MnFeO}_5$ i $\text{LnM}^{\text{II}}\text{MnFeO}_{5,5}$ gde Ln – redkozemel'nyj, M^{I} – shhelochnoj, M^{II} – shhelochnozemel'nyj metall» (In Russ.).
- [12] Zakljuchenie o vydache Innovacionnogo paienta RK (№zajavki 2013/1355.1 ot 04.05.2014 g.). «Sposob poluchenija nanorazmernih chastic kuprato-mn'anganitov shhelochnozemel'nyh redkozemel'nyh metallov sostava $\text{LnM}_2^{\text{I}}\text{CuMnO}_6$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Mg, Ca, Sr, Ba)» (Б.К. Касенов, Н.С. Бектурганов, М.З. Толymbekov i dr.) (In Russ.).
- [13] Predpatent RK №20897. Kasenov B.K., Mustafin E.S., Adekenov S.M. i dr. «Sposob poluchenija manganitov redkozemel'nyh metallov s obshhej formuloj $\text{LnMe}_3^{\text{I}}\text{Me}_3^{\text{II}}\text{Mn}_4\text{O}_{12}$ (Ln – RZE, M^{I} – shhelochnoj, M^{II} – shhelochnozemel'nyj metall)» (In Russ.).
- [14] Innovacionnyj patent RK №30231. Kasenov B.K., Adekenov S.M., Bekturganov N.S., Ermagambet B.T. i dr. «Sposob poluchenija hromito-manganitov redkozemel'nyh, shhelochnyh i shhelochnozemel'nyh metallov» (In Russ.).
- [15] Zakljuchenie o vydache Patenta na poleznuju model' ot 29.09.2016 g. №2832 vydano RGP na PHV Nacional'nyim institutom Intellektual'noj sobstvennosti MJu RK na «Sposob poluchenija nanorazmernih chastic ferro-hromo-manganitov redkozemel'nyh, shhelochnyh i shhelochnozemel'nyh metallov sostavov $\text{LnM}^{\text{I}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$, $\text{LnM}_{0,5}^{\text{II}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Li, Na, K; M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)». (Б.К. Касенов, Н.С. Бектурганов, Б.Т. Ермагамбет i dr.) (In Russ.).
- [16] Zakljuchenie o vydache Patenta na poleznuju model' ot 12.10.2016 g. №30012 vydano RGP na PHV Nacional'nyim institutom Intellektual'noj sobstvennosti MJu RK na «Sposob poluchenija dvojnih cinkato-manganitov redkozemel'nyh,

shhelochnyh i shhelochnozemel'nyh metallov sostavov $\text{LnM}_2^{\text{I}}\text{ZnMnO}_5$, $\text{LnM}_2^{\text{II}}\text{ZnMnO}_6$ (Ln – La, Nd; M^{I} – Li, Na, K; M^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba)» (B.K. Kasenov, N.S. Bekturganov, B.T. Ermagambet i dr.) (In Russ.).

- [17] Kovba L.M., Trunov V.K. X-ray analysis. – *Izd-vo MGU*, 1969. 232 (In Russ.).
[18] Kivilis S.S. The density measurement's technique of liquids and solids. – *M.: Standartgiz*, 1959. 191 (In Russ.).
[19] Vest A. Solid state chemistry. Ch. 1. *M.: Mir*, 1988. 588 (In Russ.).
[20] Mustafin E.S., Oralova A.T., Kasenov B.K. // *Neorgan. materialy*. 1995, 31, 7. 991-992 (In Russ.).
[21] Kasenov B.K., Oralova A.T., Mustafin E.S., Zhumadilov E.K. // *Zhurnal neorgan. himii*. 1998. 43, 2. 196-197 (In Russ.).
[22] Kasenov B.K., Oralova A.T., Mustafin E.S., Zhumadilov E.K. // *Zhurnal neorgan. himii*. 1998. 43, 9. 1420-1422 (In Russ.).
[23] Nakamoto I.K. IR spectra and Raman spectra of inorganic and coordination Compounds. – *M.: Mir*, 1991. 536 (In Russ.).
[24] Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaevam Zh.I. i dr. // *Izv. NAN RK. Seriya himii i tehnologii*. 2015. 5(143). 57-62 (In Russ.).

**Б.Қ. Қасенов¹, Ш.Б. Қасенова¹, Ж.И. Сағынтаева¹,
М.О. Туртубаева¹, Е.Е. Қуанышбеков², М.А. Исабаева²**

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

² С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

ЖАҢА $\text{NdMe}^{\text{II}}_2\text{ZnMnO}_6$ (Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba) ЦИНКАТ-МАНГАНИТТЕР, ОЛАРДЫ РЕНТГЕНОГРАФИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ЗЕРТТЕУ

Неодим, цинк, марганец (III) тотықтары мен сілтілік-жер металдары карбонаттарынан керамикалық әдіс бойынша 800-1200°C аралығында $\text{NdMe}^{\text{II}}_2\text{ZnMnO}_6$ (Me^{II} – Mg, Ca, Sr, Ba) құрамды цинкат-манганиттер синтезделінді. Рентгенографиялық әдіс (ДРОН-2,0 дифрактометрі, рентгенограммаларды индицирлеудің аналитикалық әдісі) барлық синтезделген цинкат-манганиттер кубты сингонияда (*Pm3m* кеңістіктік тобы, перовскиттер) кристалданатыны анықталды: $\text{NdMg}_2\text{ZnMnO}_6 - a = 13,927 \pm 0,035 \text{ \AA}$, $Z = 4$, $V^0 = 2701,36 \pm 0,11 \text{ \AA}^3$, $V^0_{\text{эл.яч.}} = 675,34 \pm 0,03 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 4,20$, $\rho_{\text{пикн.}} = 4,19 \pm 0,01 \text{ г/см}^3$; $\text{NdCa}_2\text{ZnMnO}_6 - a = 13,910 \pm 0,030 \text{ \AA}$, $Z = 4$, $V^0 = 2691,45 \pm 0,10 \text{ \AA}^3$, $V^0_{\text{эл.яч.}} = 672,86 \pm 0,03 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 4,04$, $\rho_{\text{пикн.}} = 4,01 \pm 0,08 \text{ г/см}^3$; $\text{NdSr}_2\text{ZnMnO}_6 - a = 14,651 \pm 0,03 \text{ \AA}$, $Z = 4$, $V^0 = 3144,86 \pm 0,09 \text{ \AA}^3$, $V^0_{\text{эл.яч.}} = 786,22 \pm 0,02 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 3,79$, $\rho_{\text{пикн.}} = 3,83 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$; $\text{NdBa}_2\text{ZnMnO}_6 - a = 14,593 \pm 0,024 \text{ \AA}$, $Z = 4$, $V^0 = 3107,79 \pm 0,07 \text{ \AA}^3$, $V^0_{\text{эл.яч.}} = 776,95 \pm 0,02 \text{ \AA}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,04$, $\rho_{\text{пикн.}} = 5,09 \pm 0,12 \text{ г/см}^3$.

ИК-спектроскопия әдісімен (“Thermo Nicolet” АҚШ фирмасының “Avatar-360” құрылғысы) қосылыстардың құрамына кіретін топтар мен байланыстардың деморфациялық және валенттік тербеулері зерттелді.

Кілт сөздер: неодим, сілтілік-жер металдары, цинкат-манганит, синтез, рентгенография, спектроскопия.