

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 5, Number 419 (2016), 74 – 78

**Zh.I. Sagintaeva<sup>1</sup>, Sh.B. Kasenova<sup>1</sup>, M.A. Issabayeva<sup>2</sup>,  
B.K. Kasenov<sup>1</sup>, E.E. Kuanyshbekov<sup>3</sup>**

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

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

<sup>3</sup> E.A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan

**HEAT CAPACITY AND THERMODYNAMIC FUNCTIONS  
FERRO-CHROME-MANGANITE NdNaFeCrMn<sub>6,5</sub>**

**Abstract.** In the article the results of calorimetric investigations of the specific heat and the calculation of the thermodynamic functions of ferro-chrome-manganite.

The method of dynamic calorimetry on the device the IT-400 in the range 298.15-673 K The temperature dependence of the heat capacity of ferro-chrome-manganite NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub>. As a result of calorimetric study of the heat capacity in the range 298,15-673 To the compound on the curve  $C_p^0 \sim f(T)$  detected X-shaped II-kind phase transitions at temperatures of 373 K and 473 K, given that derive equations of the temperature dependence of the heat capacity. The temperature dependences of the thermodynamic functions  $S^0(T)$ ,  $H^0(T)-H^0(298,15)$  and  $\Phi^{xx}(T)$  of the test ferro-chrome-manganite.

**Keywords:** Ferro-chromium-manganite, heat, temperature, thermodynamics, dependence

УДК 536.36+544.31+546.65:33:72:76:711/717

**Ж.И. Сагинтаева, Ш.Б. Касенова, М.А. Исабаева,  
Б.К. Касенов, Е.Е. Куанышбеков**

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

<sup>2</sup> Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова;

<sup>3</sup> Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

**ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ  
ФЕРРО-ХРОМО-МАНГАНИТА NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub>**

**Аннотация.** В статье результаты calorиметрических исследований теплоемкости и расчет термодинамических функций ферро-хромо-манганита.

Методом динамической calorиметрии на приборе ИТ-С-400 в интервале 298.15-673 К исследованы температурные зависимости теплоемкости ферро-хромо-манганита NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub>. В результате calorиметрического изучения теплоемкости в интервале 298,15-673 К у соединения на кривой зависимости  $C_p^0 \sim f(T)$  обнаружены λ-образные фазовые переходы II-рода при температурах 373 К и 473 К, с учетом которых выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости. Рассчитаны температурные зависимости термодинамических функций  $S^0(T)$ ,  $H^0(T)-H^0(298,15)$  и  $\Phi^{xx}(T)$  исследуемого ферро-хромо-манганита.

**Ключевые слова:** ферро-хромо-манганит, теплоемкость, температура, термодинамика, зависимость.

Изучению физико-химических свойств сложных металлооксидов на основе переходных металлов в настоящее время уделяется большое внимание [1–8]. Интерес к данным объектам обусловлен с их высокой электропроводностью, особыми магнитными свойствами и заметной каталитической активностью.

Если до настоящего времени отдельно исследовались манганиты, хромиты и ферриты РЗЭ, то определенное значение имеет получение и исследование физико-химических свойств соединений, являющихся одновременным сочетанием манганитов, хромитов и ферритов РЗЭ, легированных легкими металлами [9-13].

В связи с вышеизложенным целью данной работы является экспериментальное исследование теплоемкости нового ферро-хромо-манганита  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$  и вычисление температурных зависимостей их термодинамических функций.

Данный ферро-хромо-манганит был синтезирован нами ранее методом керамической технологии из оксидов Nd, Fe(III), Cr(III), Mn(III) и карбоната натрия, который кристаллизуется в кубической сингонии со следующими параметрами решетки:  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$  –  $a=20,066\pm 0,024 \text{ \AA}$ ,  $Z=8$ ,  $V^{\circ}=8079,46\pm 0,07 \text{ \AA}^3$ ,  $V^{\circ}_{\text{эл.яч.}}=1009,93\pm 0,02 \text{ \AA}^3$ ,  $\rho_{\text{рент.}}=5,11$ ,  $\rho_{\text{пикн.}}=5,13\pm 0,01 \text{ г/см}^3$  [14-16].

Измерение удельной теплоемкости  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$  проводили на калориметре ИТ-С-400 в интервале температур 298,15-673 К, а затем из них рассчитаны молярные теплоемкости. Продолжительность измерений во всем температурном интервале с обработкой экспериментальных данных составляла не более 2,5 часов. Предел допускаемой погрешности  $\pm 10\%$  [17, 18].

Перед проведением экспериментов проводилась градуировка прибора, которая заключалась в экспериментальном определении тепловой проводимости тепломера  $K_T$ . Для этого проводились пять параллельных экспериментов с медным образцом и столько же с пустой ампулой. Работа прибора проверена определением стандартной теплоемкости  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , значение которой [76,0 Дж/(моль К)] удовлетворительно согласуется с его рекомендованной величиной [79,0 Дж/(моль К)] [19]. При каждой температуре (через 25 К) проводились по пять параллельных опытов, результаты которых усреднялись и обрабатывались методами математической статистики [18, 20] (табл.1.).

Для усредненных значений удельных теплоемкостей рассчитаны их среднеквадратичные отношения ( $\bar{\delta}$ ), а для молярных теплоемкостей – случайные составляющие погрешности.

Таблица 1 – Экспериментальные значения теплоемкостей ферро-хромо-манганита  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$

$$[C_p \pm \bar{\delta}, \text{ Дж/г}; C_p^{\circ} \pm \Delta, \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}]$$

T, К	$C_p \pm \bar{\delta}$	$C_p^{\circ} \pm \Delta$	T, К	$C_p \pm \bar{\delta}$	$C_p^{\circ} \pm \Delta$
298.15	$0,6146 \pm 0,0152$	$267 \pm 14$	498	$0,9560 \pm 0,0143$	$415 \pm 22$
323	$0,7976 \pm 0,0213$	$346 \pm 18$	523	$1,0006 \pm 0,0160$	$434 \pm 23$
348	$0,9372 \pm 0,0290$	$407 \pm 22$	548	$1,0365 \pm 0,0258$	$450 \pm 24$
373	$1,1240 \pm 0,0145$	$488 \pm 26$	573	$1,0465 \pm 0,0162$	$454 \pm 24$
398	$1,0698 \pm 0,0286$	$464 \pm 25$	598	$1,0701 \pm 0,0296$	$464 \pm 25$
423	$0,9400 \pm 0,0119$	$408 \pm 22$	623	$1,1190 \pm 0,0161$	$486 \pm 26$
448	$0,9676 \pm 0,0156$	$420 \pm 22$	648	$1,1686 \pm 0,0136$	$507 \pm 27$
473	$1,0135 \pm 0,0177$	$440 \pm 23$	673	$1,2079 \pm 0,0158$	$524 \pm 28$

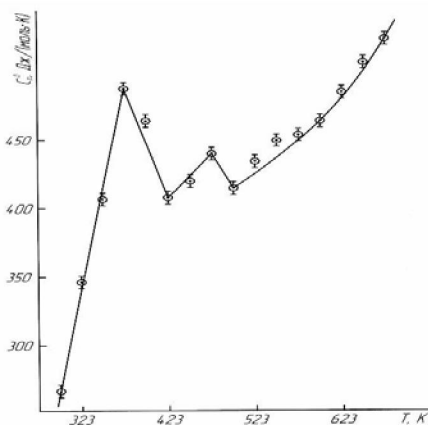


Рисунок – Температурная зависимость теплоемкости  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$

Из данных таблицы 1 и рисунка видно, что NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub> при 373 К и 473 К претерпевает λ-образные фазовые переходы II-рода, которые могут быть связаны с эффектами Шоттки, точками Кюри, Нееля, изменениями диэлектрической проницаемости, электропроводности и другими особенностями.

Из-за технических возможностей калориметра ИТ - С- 400, которые не позволяют вычислить стандартную энтропию исследуемого соединения непосредственно из опытных данных по теплоемкостям, ее оценили с использованием системы ионных энтропийных инкрементов.

Расчет S°(298,15) ферро-хромо-манганита согласно [21] проводили с учетом аддитивности ряда термодинамических характеристик по следующей схеме аналогично [22]:

$$S^{\circ}(298,15)\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5} = S^{\text{i}}(298,15)\text{Nd}^{3+} + S^{\text{i}}(298,15)\text{Na}^{+} + S^{\text{i}}(298,15)\text{Fe}^{3+} + S^{\text{i}}(298,15)\text{Cr}^{3+} + S^{\text{i}}(298,15)\text{Mn}^{3+} + 6,5S^{\text{i}}(298,15)\text{O}^{2-}, \quad (1)$$

где S<sup>i</sup> – энтропийные инкременты ионов. Для расчета S°(298,15) ферро-хромо-манганита были использованы значения S<sup>i</sup>(298,15) следующих ионов: Na<sup>+</sup>=34,6; Nd<sup>3+</sup>=48,2; Fe<sup>3+</sup>=27,0; Cr<sup>3+</sup>=25,8; Mn<sup>3+</sup>=34,7; и O<sup>2-</sup>=11,7 Дж/(моль·К) [21]. Относительная погрешность расчета ионных энтропийных инкрементов согласно [21] ~ 3,0%.

С учетом температур фазовых переходов из экспериментальных данных, приведенных в таблице 1, выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости ферро-хромо-манганита:

$$C_{p}^0 \text{ (I)} = -(611,76 \pm 32,61) + (2947,96 \pm 157,12)10^{-3}T, \quad (298-373 \text{ K}) \quad (2)$$

$$C_{p}^0 \text{ (II)} = (1083,43 \pm 57,74) - (1596,78 \pm 85,10)10^{-3}T, \quad (373-423 \text{ K}) \quad (3)$$

$$C_{p}^0 \text{ (III)} = (138,28 \pm 7,37) + (637,61 \pm 33,98)10^{-3}T, \quad (423-473 \text{ K}) \quad (4)$$

$$C_{p}^0 \text{ (IV)} = (515,14 \pm 27,46) - (201,30 \pm 10,72)10^{-3}T, \quad (473-498 \text{ K}) \quad (5)$$

$$C_{p}^0 \text{ (V)} = -(513,99 \pm 27,39) + (1322,93 \pm 70,51)10^{-3}T + (669,86 \pm 35,70)10^5T^{-2}, \quad (523-673 \text{ K}) \quad (6)$$

Далее на основании опытных данных по теплоемкостям и расчетного значения стандартной энтропии шагом через 25 К вычислены температурные зависимости C<sub>p</sub><sup>0</sup>(T) и термодинамических функций S°(T), H°(T)-H°(298,15) и Φ<sup>xx</sup>(T), которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Термодинамические функции ферро-хромо-манганита в интервале 298,15-675 К

T, К	C <sub>p</sub> <sup>0</sup> (T) ± Δ, Дж/(моль·К)	S°(T) ± Δ, Дж/(моль·К)	H°(T)-H°(298,15) ± Δ, Дж/моль	Φ <sup>xx</sup> (T) ± Δ, Дж/(моль·К)
298,15	267±14	246±7	-	246±7
300	272±14	248±21	540±30	246±20
325	346±18	272±23	8280±440	247±20
350	420±22	301±25	17860±950	250±21
375	493±26	332±28	29280±1560	254±21
400	445±24	363±30	40890±2180	261±22
425	405±21	389±32	51510±2740	267±22
450	425±23	413±34	61940±3300	275±23
475	419±22	436±36	72770±3880	283±23
500	414±22	457±38	83200±4430	291±24
525	423±22	477±40	93680±4990	299±25
550	435±23	497±41	104400±5560	307±25
575	449±24	517±43	115450±6150	316±26
600	466±25	536±45	126890±6760	325±27
625	484±26	556±46	138760±7400	334±28
650	504±27	575±48	151120±8050	343±28
675	526±28	595±49	164000±8740	352±29

Таким образом, впервые в интервале 298,15-673 К исследована теплоемкость ферро-хромоманганита  $\text{NdNaFeCrMnO}_{6,5}$ , выявлены  $\lambda$ -образные эффекты, относящийся к фазовому переходу П-рода. Выведены уравнения температурной зависимости теплоемкости и вычислены термодинамические функции  $S^0(T)$ ,  $H^0(T)-H^0(298,15)$ ,  $\Phi^{\text{ex}}(T)$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Третьяков Ю.Д., Брылев О.А. Новые поколения неорганических функциональных материалов // Журнал Российского хим. общества им. Д.И. Менделеева. – 2000. – Т. 45, № 4. – С. 10-16.
- [2] Балакирев В.М., Бархатов В.П., Голиков Ю.М., Майзель О.Г. Манганиты: равновесие и нестабильные состояния. – Екатеринбург, 2000. – 398 с.
- [3] Летюк Л.М., Журавлёв Г.И. Химия и технология ферритов. – Л., 1983. – 256 с.
- [4] Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М. Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов. – М.: Металлургия, 1979. – 473 с.
- [5] Гильдерман В.К., Земцова В.И., Пальгуйев С.Ф. Электропроводность и термо – э.д.с. ортохромитов редкоземельных элементов подгруппы церия // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1987. – Т. 23, № 6. – С.1001-1004.
- [6] Супоницкий Ю.Л. Термическая химия оксосоединений РЗЭ и элементов VI-группы: автореферат дисс. докт. хим. наук. – Москва, 2001. – 40 с.
- [7] [http://perst.isssph.kiae.ru/inform/perst/4\\_23/index.htm](http://perst.isssph.kiae.ru/inform/perst/4_23/index.htm)
- [8] Пальгуйев С.Ф., Гильдерман В.К., Земцов В.И. Высокотемпературные оксидные электронные проводники для электрохимических устройств. – М.: Наука, 1990. – 198 с.
- [9] 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.
- [10] Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Мустафин Е.С., Ермагамбет Б.Т., Касенова Ш.Б., Давренбеков С.Ж., Сагинтаева Ж.И., Абилядаева 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.
- [11] 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: «TENGRILtd», 2013. – 172 с.
- [12] Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Абилядаева А.Ж. Синтез и рентгенографическое исследование манганито-ферритов  $\text{LaM}^{\text{II}}_{1-x}\text{MnFeO}_6$  ( $\text{M}^{\text{II}}=\text{Mg, Ca, Sr, Ba}$ ) // Журнал неорган. химии. – 2014. – Т. 59, № 4. – С. 531-533.
- [13] Касенов Б.К., Мустафин Е.С., Сагинтаева Ж.И., Исабаева М.А., Давренбеков С.Ж., Касенова Ш.Б., Абилядаева А.Ж. Рентгенографические характеристики новых хромито-манганитов  $\text{LaMe}_3^{\text{I}}\text{CrMnO}_6$  и  $\text{LaMe}_3^{\text{II}}\text{CrMnO}_{7,5}$  ( $\text{M}^{\text{I}} = \text{Li, Na, Me}^{\text{II}} = \text{Mg, Ca}$ ) // Журнал неорган. химии. – 2013. – Т. 58, № 2. – С. 243-245.
- [14] Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Сейсенова А.А., Куанышбеков Е.Е. Новые наноразмерные ферро-хромоманганиты  $\text{NdMe}^{\text{I}}\text{FeCrMnO}_{6,5}$  ( $\text{Me}^{\text{I}} = \text{Li, Na, K}$ ) и их рентгенографическое исследование // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2015. – № 5 (413). – С. 57-62.
- [15] Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 232 с.
- [16] Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкостей и твердых тел. – М.: Стандартгиз, 1959. – 191с.
- [17] Платунов Е.С., Буравой С.Е., Курепин В.В. и др. Теплофизические измерения и приборы – Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
- [18] Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТ-С-400. Актюбинск. Актюбинский завод «Эталон», 1986. – 48с.
- [19] Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher J.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and ( $10^5$  Paskals) Pressure and at Higher Temperatures. – Washington, 1978. – 456 p.
- [20] Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка экспериментальных данных. – М.: Изд-во МГУ, 1970. –221 с.
- [21] Кумок В.Н. Проблема согласования методов оценки термодинамических характеристик // В сб.: Прямые и обратные задачи химической термодинамики. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 108-123.
- [22] Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Касенов Б.К., Ермаганбетов К.Т., Куанышбеков Е.Е., Сейсенова А.А., Смагулова Д.И. Калориметрия и термодинамические свойства наноструктурированного купрато-манганита лантана и стронция  $\text{LaSr}_2\text{CuMnO}_6$  //Изв. НАН РК. Серия химии и технологии. – 2013. – № 6. – С. 3-6.

#### REFERENCES

- [1] Tret'jakov Ju.D., Brylev O.A. *Zhurnal Ross. khim. obshchestva im. D.I. Mendeleeva*. – **2000**, 45, 4, 10-16 (In Russ.).
- [2] Balakirev V.M., Barhatov V.P., Golikov Ju. M., Maizel' O.G. Manganites: balance and unstable states. *Ekaterinburg*, **2000**, 398p. (In Russ.).
- [3] Letjuk L.M., Zhuravl'ov G.I. Chemistry and technology of ferrites. *L.*, **1983**, 256p. (In Russ.).
- [4] Levin B.E., Tret'jakov Ju.D., Letjuk L.M. Physical and chemical bases of reception, properties and applications of ferrites. *M.: Metallurgija*, **1979**, 473p. (In Russ.).
- [5] Gil'derman V.K., Zemcova V.I., Pal'guyev S.F. *Izv. AN SSSR. Neorgan. materialy*. – **1987**, 23, 6, 1001-1004 (In Russ.).

- [6] Suponickij Ju.L. Termicheskaja himija oksosodinenij RZJe i jelementov VI-gruppy: avtoreferat diss. dokt. him. nauk. Moskva, **2001**, 40 (In Russ.).
- [7] [http://perst.lissph.kiae.ru/inform/perst/4\\_23/index.htm](http://perst.lissph.kiae.ru/inform/perst/4_23/index.htm)
- [8] Pal'guev S.F., Gil'derman V.K., Zemtsov V. I. Oxide electronic conductors for electrochemical arrangement in high temperature *M.: Nauka*, **1990**, 198 (In Russ.).
- [9] Kasenov B.K., Bekturganov N.S., Ermagambet B.T. i dr. Double and triple manganites alkaline, alkaline earth and rare earth metals. *Karaganda: «Tengri»*, **2012**, 317 (In Russ.).
- [10] Kassenov B.K., Bekturganov 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.).
- [11] Kassenov B.K., Bekturganov N.S., Mustafin E.S. i dr. Double and triple chromite alkaline, alkaline earth and rare earth metals. *Karaganda: «TENGR Ltd»*, **2013**, 172 (In Russ.).
- [12] Kassenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Abil'daeva A.Zh. *Zhurnal neorgan. himii*. **2014**, 59, 4, 531-533 (In Russ.).
- [13] Kassenov B.K., Mustafin E.S., Sagintaeva Zh.I., Isabaeva M.A., Davrenbekov S.Zh., Kasenova Sh.B., Abil'daeva A.Zh. *Zhurnal neorgan. himii*. **2013**, 58, 2, 243-245 (In Russ.).
- [14] Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Sejsenova A.A., Kuanyshbekov E.E. *Izvestija NAN RK. Serija himii i tehnologii*, **2015**, 5 (413), 57-62 (In Russ.).
- [15] Kovba L.M., Trunov V.K. X-ray analysis. *M.: Izd-vo MGU*, **1969**, 232 (In Russ.).
- [16] Kivilis S.S. Technique measuring the density of liquids and solids. *M.: Standartgiz*, **1959**, 191 (In Russ.).
- [17] Platonov E. S., Buravoi S. E., Kurepin V. V., Petrov G. S. in Thermophysical Measurements and Devices. *L.; Mashinostroyeniye*, **1986**, 256. (In Russ.).
- [18] Technical Description and Operating Instructions for IT-S-400. *Aktyub. Zavod "Etalon", Aktjubinsk*, **1986**. (In Russ.).
- [19] Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher J.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15 and (10<sup>5</sup> Paskals) Pressure and at Higher Temperatures. – *Washington*, **1978**, 456 (in Eng.).
- [20] Spiridonov V. P. and Lopatkin A. A. Mathematical processing of Physicochemical data. *M.: Izd-va MGU*, **1970**, 221 (in Russ.).
- [21] Kumok V. N. In direct and inverse problems of chemical thermodynamics. – The collection of articles. *Nauka, Sib. Otd., Novosibirsk*, **1987**, 108-123 (In Russ.).
- [22] Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Kasenov B.K., Ermaganbetov K.T., Kuanyshbekov E.E., Sejsenova A.A., Smagulova D.I. *Izv. NAN RK. Serija himii i tehnologii*, **2013**, 6, 3-6 (In Russ.).

**Ж.И. Сағынтаева<sup>1</sup>, Ш.Б. Қасенова<sup>1</sup>, М.А. Исабаева<sup>2</sup>, Б.Қ. Қасенов<sup>1</sup>, Е.Е. Қуанышбеков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> - Ж. Әбішев атындағы Химия-металлургия институты, Қарағанды қ.

<sup>2</sup> – С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

<sup>3</sup> - Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды қ.

### **NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub> ФЕРРО-ХРОМО-МАНГАНИТТІҢ ЖЫЛУ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫ МЕН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ФУНКЦИЯЛАРЫ**

**Аннотация.** Мақалада ферро-хром-манганиттерді калориметрлік тұрғыдан зерттеу мен олардың термодинамикалық функцияларын есептеу нәтижелері келтірілген.

Динамикалық калориметрия әдісімен ИТ-С-400 құралында 298,15-673 К аралықта NdNaFeCrMnO<sub>6,5</sub> ферро-хром-манганиттің жылу сыйымдылығының температураға тәуелділігі зерттелінді.

Жылу сыйымдылықтың 298,15-673 К аралықтағы калориметрлік зерттеу нәтижелерінде қосылыстың  $C_p^0 \sim f(T)$  тәуелділік қисығында 373 және 473 К температураларда  $\lambda$ -тәріздес екінші текті фазалық ауысулар байқалып, оларды ескере отырып, жылу сыйымдылықтардың температураға тәуелділік тендеулері қорытылып шығарылды.

Зерттеліп отырған ферро-хром-манганиттің термодинамикалық функцияларының  $S^0(T)$ ,  $H^0(T)$ - $H^0(298,15)$  және  $\Phi^{xx}(T)$  температураға тәуелделіктері есептелді.

**Түйін сөздер:** ферро-хром-манганит, жылу сыйымдылығы, температура, термодинамика, тәуелділік.

*Работа выполнена в рамках проекта «Разработка технологии получения наноразмерных ферро-хромоманганитов щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов, обладающих перспективными электрофизическими свойствами», входящего в НТП «Научно-технологическое обеспечение рационального использования минерально-сырьевых ресурсов и техногенных отходов черной и цветной металлургии с получением востребованной отечественной промышленностью продукции» финансируемого согласно договора № 94 от 21 апреля 2016г. между Комитета науки МОН РК и филиала РГП «НЦ КИМС РК» «химико-металлургический институт им. Ж. Абишева».*