

- 1984р. Каченюк Д. С., Перепелиця О. П.  
**Оцінка ентальпій утворення сполук типу  $MR(EO_4)_2$ .**
- 1984г. Каганюк Д. С., Перепелиця А. П.  
**Оценка энтальпии образования соединений типа  $MR(EO_4)_2$ .**
- 1984y. Kaganiuk D. S., Perepelytsya A. P  
**Valuation enthalpy of formation compounds type  $MR(EO_4)_2$ .**

Розрахунковим методом визначені ентальпії утворення 300 сполук типу  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – р.з.е., E-Mo, W. Всі сполуки об'єднані в одну систему, де визначені поле існування різних структурних модифікацій.

Расчетным методом определены энтальпии образования 300 соединений типа  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – р.з.э., E-Mo, W. Все соединения объединены в одну систему, где определены поля существования разных структурных модификаций.

Enthalpy of formation 300 compounds type  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – r.e.e., E-Mo, W is determinated by calculating method. All compounds is united in one system, where fields of existence various structural modifications are determinated.

**Ключові слова:** ентадльпія, сполуки  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – р.з.е., E-Mo, W, система, структурні типи.

**Ключевые слова:** энтальпия, соединения  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – р.з.э., E-Mo, W, система, структурные типы.

**Keywords:** enthalpy, compounds,  $MR(EO_4)_2$ , M-Li, Na, K, Rb, Cs, Fr,  $NH_4$ , Cu, Ag, Tl, R – r.e.e., E-Mo, W, system, structural types.

## ОЦЕНКА ЭНТАЛЬПИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА $MR(EO_4)_2$

Важной характеристикой для твердых веществ является энтальпия их образования  $\Delta H_{\text{обр}}^0$ . Экспериментальное определение величин  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  нередко представляет довольно сложную задачу, а расчет их с помощью квантовохимических методов с достаточной степенью точности и надежности в настоящее время невозможен.

Сложность объектов для экспериментального и теоретического изучения позволяет применить в данной области подход [1], использующий эффективные заряды  $q_i$  на атомах в молекулах и ионах, которые вычисляют путем выравнивания потенциалов, задаваемых в виде зависимости

$$P_i = Aq_i^2 + Bq_i + C + M$$

где  $A$ ,  $B$  и  $C$  – подбираемые с учетом данных из [2 – 4] параметры атома  $i$  (табл. 1),  $M$  – поправка на кулоновский потенциал, создаваемый всеми зарядами системы в точке атома  $i$ . В [1] показано, что такой метод можно использовать для оценки на количественном уровне энергии кристаллических решеток (ЭКР), энтальпий образования веществ ( $\Delta H_{\text{обр}}^0$ ) и ионов ( $\Delta H_{\text{кт}}^0$  и  $\Delta H_{\text{ан}}^0$ ). Это относится к веществам типа  $\text{CsHF}_2$ ,  $\text{KBH}_4$  и т. п.

В соединениях типа  $\text{Ba}(\text{CrO}_2)_2$ ,  $\text{CoTO}_3$  и т. д. связь в меньшей степени ионная и потому становится очевидной необходимость учета переноса заряда между ионами и обусловленного этим дополнительного упрочнения кристаллической решетки. Как показали результаты расчетов для соединений рассматриваемого типа, при переходе от одного  $M$  к другому (в  $\text{MBX}_n$ ) разность между вычисленными и опытными значениями  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  (обозначим ее как  $\Delta$  ( $\Delta H_{\text{обр}}^0$ )) растет пропорционально увеличению  $\Delta H_{\text{M}^{2+}}^0$ . Учет поправки к ЭКР, связанной с этим фактором, проведен в настоящей работе с помощью соотношения

$$X = \Delta(\Delta H_{\text{обр}}^0) \times (R_{\text{МАН}}/R_{\text{ВАН}})^2$$

где  $R_{\text{МАН}}$  расстояние между ионами в решетке МАН и ВАН.

Для каждой из групп веществ с точностью, не выходящей за рамки разброса экспериментальных величин  $\Delta H_{\text{обр}}^0$ , имеет место прямая пропорциональная зависимость  $X$  от  $\Delta H_{\text{М}^{2+}}^0$ . В качестве примера в табл. 2 и 3 даны результаты расчета для молибдатов и вольфраматов некоторых металлов. При расчете ЭКР постоянная Маделунга взята равной 1,75.

В настоящей работе рассмотрен вопрос об оценке значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $\text{MR}(\text{E}0_4)_2\text{M}^+ = \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+, \text{Fr}^+, \text{NH}_4^+, \text{Ti}^+, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{R} - \text{p.з.э.}; \text{E} - \text{Mo}, \text{W}$ . Экспериментальные величины  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  для этих веществ нами в литературе не обнаружены.

Таблица 1

**Значения параметров А, и С для атомов исследуемых соединений**

| Атом | А     | В     | С     | Атом | А    | В     | С     |
|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| С    | 28,00 | 119,2 | 105,7 | Мо   | 5,60 | 71,39 | 58,97 |
| О    | 27,85 | 147,5 | 126,9 | W    | 3,70 | 93,00 | 63,50 |

Таблица 2

**Значения стандартных теплот образования  $\text{MMoO}_4$  (для  $\text{MoO}_4^{2-}$ :**

$$R_{\text{МоО}} = 1.76 \text{ \AA}, q_{\text{Мо}} = 4.409, \Delta H_{\text{МоО}_4^{2-}}^0 = -1155,0 \text{ кДж/моль}$$

| $\text{M}^{2+}$ | $R_{\text{ММо}}$ | ЭКР *  | $\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль |                          |
|-----------------|------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|
|                 |                  |        | теор.                                | эксп.                    |
| Be              | 3.18             | 2228,0 | -1311,0                              | -                        |
| Mg              | 3,63             | 2095,0 | -1387,0                              | -1409,0; -1429,0 [5]     |
| Ca              | 3,97             | 1973,0 | -1488,0                              | -1547,0 [5]              |
| Sr              | 4,13             | 1942,0 | -1545,0                              | -1558,0; -1545,0 [5]     |
| Ba              | 4,30             | 1893,0 | -1574,0                              | -1567,0; -1570,0 [5]     |
| Ra              | 4,46             | 1848,0 | -1595,0,                             | -1570,0 [5]              |
| Mn              | 3,74             | 2062,0 | -1214,0                              | -1192,0 [6]; -1216,0 [5] |
| Fe              | 3,70             | 2076,0 | -1084,0                              | -1063,0 [6]              |
| Co              | 3,65             | 2088,0 | -1042,0                              | -1033,0 [5]              |
| Ni              | 3,65             | 2088,0 | -995,6                               | -1057,0 [5]              |
| Cu              | 3,62             | 2102,0 | -932,8                               | -944,3; -912,4 [6]       |
| Zn              | 3,66             | 2065,0 | -1091,0                              | -1116,0 [6]; -1142,0 [5] |

\* Энергия кристаллической решетки

Таблица 3

**Значения стандартных теплот образования  $MWO_4$  (для  $WO_4^{2-}$ :**

**$R_{WO} = 1,80 \text{ Å}; q_W = 2,359; q_o = 2,359; \Delta H_{WO_4^{2-}}^0 = -1237,0 \text{ кДж/моль}$**

| $M^{2+}$ | $R_{MW}$ | ЭКР *  | $\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль |                          |
|----------|----------|--------|-------------------------------|--------------------------|
|          |          |        | теор.                         | эксп.                    |
| Be       | 3,18     | 2508,0 | -1486,0                       | -                        |
| Mg       | 3,63     | 2268,0 | -1512,0                       | -1460,0; -1513,0 [5]     |
| Ca       | 3,97     | 2130,0 | -1614,0                       | -                        |
| Sr       | 4,13     | 2065,0 | -1646,0                       | -1645,0; -1667,0 [5]     |
| Ba       | 4,30     | 2004,0 | -1585,0                       | -                        |
| Ra       | 4,46     | 1949,0 | -1707,0                       | -1694,0 [5]              |
| Mn       | 3,74     | 2222,0 | -1327,0                       | -1305,0; -1308,0 [5]     |
| Fe       | 3,70     | 2243,0 | -1204,0                       | -1179,0 [5]; -1186,0 [6] |
| Co       | 3,65     | 2258,0 | -1152,0                       | -1139,0 [6]              |
| Ni       | 3,65     | 2258,0 | -1108,0                       | -1128,0 [6]; -1149,0 [5] |
| Cu       | 3,62     | 2273,0 | -1043,0                       | -1035,0 [5]; -1026,0 [6] |
| Zn       | 3,66     | 2253,0 | -1198,0                       | -1229,0 [6]; -1239,0 [5] |

\* То же что в табл 1

В начале приведем результаты расчета для ряда модельных систем:

$CaMg(CO_3)_2$  ЭКР = 2592,0;  $\Delta H_{обр}^0 = -2328,0$  (-2316,0 [7], -2327,0 [8]);

$CaMg(SiO_3)_2$  2439,0; -3148,0 (-3196,0 [9], -3206,0 [8]);

$CaCo(SiO_3)_2$  2432,0; -2805,0 (-2792,0 [8]);

$CaNi(SiO_3)_2$  2432,0; -2760,0 (-2795,0 [8]);

$FeMg(SiO_3)_2$  2465,0; -2701,0 (-2755,0 [7]);

$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$  2522,0; -1043,0 (-1049,0 [10]);

$CaFe(SiO_3)_2$  2418,0; -2848,0 (-2852,0 [8]);

$CaFeSiO_4$  6331,0; -1901,0 (-1909,0 [8]);

$BaSrTiO_4$  5531,0; -2271,0 (-2262,0 [11]);

$LiAl(SiO_3)_2$  2643,0; -2961,0 (-3047,0, -3019,0 [10]);

$NaAl(SO_4)_2$  2672,0; -2309,0 (-2392,0 [7]);

$KAl(SO_4)_2$  2672,0; -2421,0 (-2647,0 [7]);

$NH_4Al(SO_4)_2$  2672,0; -2309,0 (-2357,0 [7]);

$NaCr(SO_4)_2$  2578,0; -2733,0 (-2755,0 [12]);

$KAl(SO_3)_2$  2611,0; -3024,0 (-3022,0 [7]);

$NaAl(SO_3)_2$  2626,0; -2977,0 (-3015,0 [7], -3040,0; -2977,0 [7]);

$KCr(SO_4)_2$  2672,0; -2335,0 (-2353,0 [7]) (все значения в кДж/моль).

Когда в состав соединений входят катионы разного заряда –  $M^+$  и  $M^{3+}$ , то смещение электронной плотности с аниона учитывали только на  $M^{3+}$ .

Далее приведенные в [13] значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  для ряда соединений типа  $\text{NH}_4\text{R}(\text{SeO}_4)_2$  использовали при оценке тех значений  $R_{\text{ME}}$ , при которых воспроизводятся величины  $\Delta H_{\text{обр}}^0$ : – 1986,0 (La), – 1979,0 (Ce), – 1982,0 (Pr), – 1972,0 (Nd), – 1959,0 (Gd) [13]. И, наконец, в табл. 4 данные получали с учетом того, что  $R_{\text{ME}}$  для Na на 0,02, для Li – на 0,04 Å меньше, чем для K, Rb, Cs и Fr.  $R_{\text{MMo}}$  на 0,10 Å взято большим, чем  $R_{\text{MSe}}$ . Величины  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  для соединений с  $\text{Ag}^+$  и особенно для  $\text{Cu}^+$  менее надежны, чем для остальных  $M^+$ , так как возможен небольшой вклад (~20 – 40 кДж/моль) в  $\Delta H_{\text{обр}}^0$ , обусловленный поляризационным смещением заряда на них с  $\text{EO}_4^{2-}$ .

На рис. 1, 2 показана зависимость значений  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  соединений типа  $\text{MR}(\text{EO}_4)_2$  от соотношения радиусов одновалентного и трехвалентного катионов. Для каждого  $M^+$  при построении графика взяты три значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $\text{MR}(\text{EO}_4)_2$  – для La (верхняя левая точка), Tb (средняя точка) и Lu (нижняя правая точка). В ряду р.з.э. значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  закономерно уменьшаются.

Зависимость  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  от  $R_{\text{M}^+}/R_{\text{M}^{3+}}$  выражается двумя типами кривых. Первая – очень пологая кривая, приближающаяся к прямой, для двойных вольфраматов и молибдатов всех щелочных металлов с одним и тем же р.з.э., а вторая – более круто изогнутая кривая для однотипных соединений с Cu Ag и Tl (также с одним и тем же р.з.э.). Значения соответствующих соединений Fr принадлежат одновременно как первой, так и второй кривым, т. е. лежат в точках их пересечения.

Соединения с Cu имеют наименьшие значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  по сравнению с другими (отметим, они отличаются наименьшей термической устойчивостью и разлагаются в твердой фазе), а с Fr – наибольшие значения  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  (рис. 1, 2).

На диаграммах (рис. 1, 2) обозначены поля существования различных по своей природе модификаций соединений  $\text{MR}(\text{EO}_4)_2$  (взяты низкотемпературные модификации из [14]). Наличие таких полей позволяет прогнозировать

вероятные структурные типы аналогичных соединений с близкими по свойствам элементами, если такие соединения еще не получены или имеют неизвестную структуру. Например, для низкотемпературных модификаций  $\text{FrR}(\text{MoO}_4)_2$  (эти соединения пока не получены) возможен структурный тип  $\text{CsPr}(\text{MoO}_4)_2$  для легких р.з.э. и появление нового структурного типа с тяжелыми р.з.э. Для низкотемпературных модификаций  $\text{NH}_4\text{R}(\text{MoO}_4)_2$  таким же образом предполагается структурный тип  $\alpha\text{-KY}(\text{MoO}_4)_2$ .

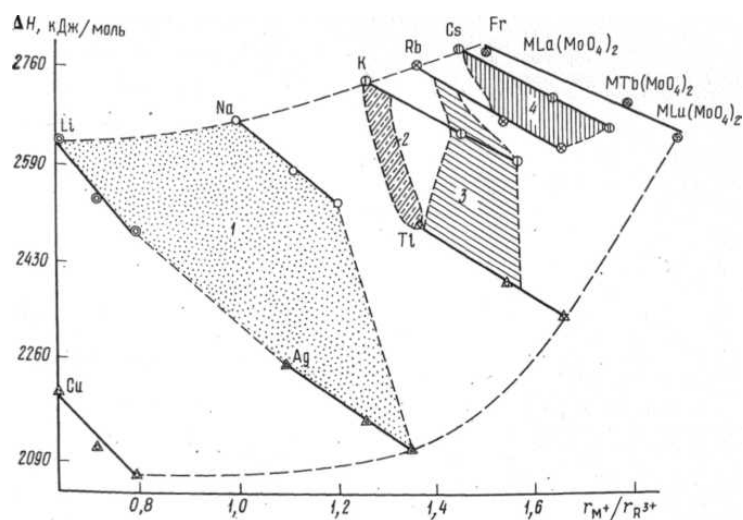


Рис.1. Зависимость  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  низкотемпературных модификаций (существующих при 25°C)  $\text{MR}(\text{MoO}_4)_2$  от соотношения радиусов  $r_{\text{M}^+}/r_{\text{R}^{3+}}$  (области структур типа  $\text{CaWO}_4$ ) (1),  $\alpha\text{-CaWO}_4$  (2),  $\alpha\text{-KY}(\text{MoO}_4)_2$  (3);  $\text{CsPr}(\text{MoO}_4)_2$  (4)

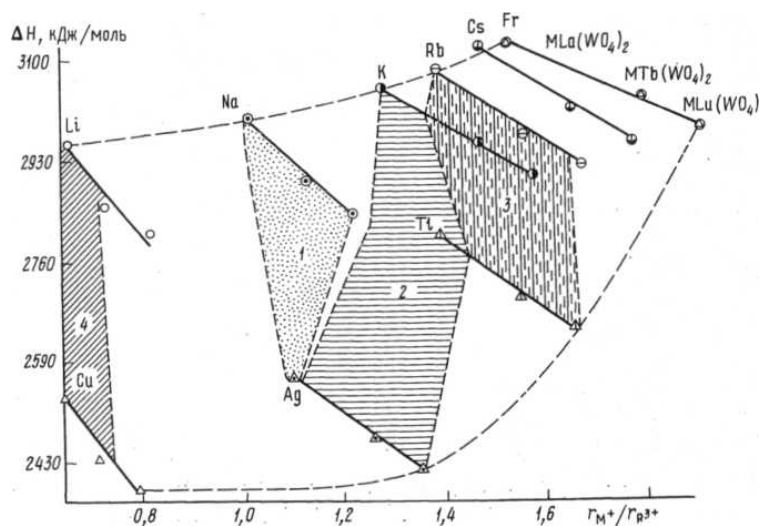


Рис. 2. Зависимость  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  низкотемпературных модификаций (существующих при 25°C) от соотношения радиусов  $r_{\text{M}^+}/r_{\text{R}^{3+}}$  (области структур типа  $\text{CaWO}_4$ ) (1);  $\alpha\text{-KNd}(\text{WO}_4)_2$  (2);  $\alpha\text{-KY}(\text{WO}_4)_2$  (3);  $\alpha\text{-LiPr}(\text{WO}_4)_2$  (4)

Таблица 4

Рассчитанные величины –  $\Delta H_{обр}^o$  для  $MLn(EO_4)_2$ 

| M                | – $\Delta H_{обр}^o$ , кДж/моль |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | E                               | La     | Ce     | Pr     | Nd     | Pm     | Sm     | Eu     | Gd     | Tb     | Dy     | Ho     | Er     | Tm     | Yb     | Lu     |
| NH <sub>4</sub>  | Mo                              | 2653,0 | 2640,0 | 2645,0 | 2645,0 | 2598,0 | 2598,0 | 2552,0 | 2622,0 | 2551,0 | 2568,0 | 2548,0 | 2497,0 | 2524,0 | 2463,0 | 2501,0 |
|                  | W                               | 2976,0 | 2964,0 | 2969,0 | 2959,0 | 2920,0 | 2920,0 | 2882,0 | 2946,0 | 2873,0 | 2882,0 | 2870,0 | 2818,0 | 2845,0 | 2781,0 | 2820,0 |
| Fr               | Mo                              | 2821,0 | 2808,0 | 2813,0 | 2804,0 | 2766,0 | 2766,0 | 2720,0 | 2790,0 | 2719,0 | 2734,0 | 2716,0 | 2665,0 | 2692,0 | 2631,0 | 2669,0 |
|                  | W                               | 3144,0 | 3132,0 | 3138,0 | 3128,0 | 3088,0 | 3088,0 | 3042,0 | 3114,0 | 3041,0 | 3057,0 | 3034,0 | 2986,0 | 3014,0 | 2949,0 | 2988,0 |
| Cs               | Mo                              | 2827,0 | 2814,0 | 2819,0 | 2809,0 | 2771,0 | 2771,0 | 2725,0 | 2796,0 | 2725,0 | 2740,0 | 2722,0 | 2671,0 | 2697,0 | 2637,0 | 2675,0 |
|                  | W                               | 3150,0 | 3137,0 | 3143,0 | 3133,0 | 3094,0 | 3094,0 | 3047,0 | 3120,0 | 3047,0 | 3062,0 | 3040,0 | 2992,0 | 3019,0 | 2954,0 | 2994,0 |
| Rb               | Mo                              | 2744,0 | 2773,0 | 2778,0 | 2769,0 | 2731,0 | 2731,0 | 2685,0 | 2755,0 | 2684,0 | 2699,0 | 2681,0 | 2630,0 | 2657,0 | 2596,0 | 2634,0 |
|                  | W                               | 3109,0 | 3097,0 | 3103,0 | 3093,0 | 3053,0 | 3053,0 | 3007,0 | 3079,0 | 3006,0 | 3021,0 | 3003,0 | 2951,0 | 2979,0 | 2914,0 | 2953,0 |
| K                | Mo                              | 2766,0 | 2753,0 | 2758,0 | 2749,0 | 2711,0 | 2711,0 | 2665,0 | 2735,0 | 2664,0 | 2679,0 | 2661,0 | 2610,0 | 2636,0 | 2576,0 | 2614,0 |
|                  | W                               | 3089,0 | 3083,0 | 3083,0 | 3072,0 | 3033,0 | 3033,0 | 2987,0 | 3059,0 | 2986,0 | 3001,0 | 2983,0 | 2931,0 | 2959,0 | 2894,0 | 2933,0 |
| Na               | Mo                              | 2691,0 | 2678,0 | 2683,0 | 2675,0 | 2637,0 | 2637,0 | 2590,0 | 2661,0 | 2590,0 | 2605,0 | 2588,0 | 2536,0 | 2564,0 | 2504,0 | 2541,0 |
|                  | W                               | 2965,0 | 3002,0 | 3008,0 | 2999,0 | 2954,0 | 2954,0 | 2913,0 | 2985,0 | 2913,0 | 2928,0 | 2910,0 | 2861,0 | 2885,0 | 2821,0 | 2860,0 |
| Li               | Mo                              | 2641,0 | 2629,0 | 2634,0 | 2622,0 | 2588,0 | 2588,0 | 2543,0 | 2613,0 | 2542,0 | 2557,0 | 2540,0 | 2489,0 | 2516,0 | 2457,0 | 2494,0 |
|                  | W                               | 2965,0 | 2953,0 | 2959,0 | 2950,0 | 2911,0 | 2911,0 | 2866,0 | 2938,0 | 2866,0 | 2881,0 | 2863,0 | 2810,0 | 2839,0 | 2775,0 | 2814,0 |
| Tl               | Mo                              | 2511,0 | 2498,0 | 2503,0 | 2493,0 | 2455,0 | 2455,0 | 2409,0 | 2437,0 | 2408,0 | 2423,0 | 2406,0 | 2356,0 | 2381,0 | 2321,0 | 2359,0 |
|                  | W                               | 2834,0 | 2821,0 | 2827,0 | 2817,0 | 2778,0 | 2778,0 | 2731,0 | 2803,0 | 2730,0 | 2746,0 | 2728,0 | 2676,0 | 2703,0 | 2639,0 | 2678,0 |
| Cu               | Mo                              | 2218,0 | 2205,0 | 2210,0 | 2202,0 | 2137,0 | 2137,0 | 2118,0 | 2189,0 | 2117,0 | 2132,0 | 2115,0 | 2063,0 | 2091,0 | 2031,0 | 2068,0 |
|                  | W                               | 2542,0 | 2529,0 | 2535,0 | 2526,0 | 2487,0 | 2487,0 | 2441,0 | 2513,0 | 2440,0 | 2455,0 | 2437,0 | 2389,0 | 2413,0 | 2349,0 | 2387,0 |
| Ag               | Mo                              | 2269,0 | 2254,0 | 2259,0 | 2250,0 | 2212,0 | 2212,0 | 2166,0 | 2236,0 | 2165,0 | 2180,0 | 2162,0 | 2111,0 | 2138,0 | 2077,0 | 2115,0 |
|                  | W                               | 2590,0 | 2578,0 | 2583,0 | 2573,0 | 2534,0 | 2534,0 | 2488,0 | 2560,0 | 2487,0 | 2502,0 | 2484,0 | 2432,0 | 2459,0 | 2395,0 | 2434,0 |
| Re <sub>ME</sub> |                                 | 3,93   | 3,91   | 3,87   | 3,85   | 3,855  | 3,855  | 3,82   | 3,83   | 3,83   | 3,81   | 3,805  | 3,835  | 3,795  | 3,78   | 3,78   |

## ВЫВОДЫ

Рассчитаны значения стандартных теплот образования низкотемпературных модификаций 300 соединений типа  $MR(E0_4)_2$  ( $M - Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, NH_4, Cu, Ag, Tl$ ;  $R - p.z.э.$ ;  $E - Mo, W$ ). Стандартная теплота образования является количественной характеристикой, на основе которой можно объединить низкотемпературные модификации различных двойных молибдатов и вольфрамов р.з.э. в единую систему и определить поля существования различных структурных модификаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каганюк Д. С. О расчете некоторых характеристик кристаллических веществ. – Ж. неорган. химии, 1987, т. 23 № 8, с. 2003.
2. Basch H., Viste A., Gray H. B. Valence orbital ionization potential from atomic spectral data. – Theor. chim. acta, 1965, v. 3, № 5 p. 458.
3. Basch H., Viste A., Gray H. B. Molecular orbital theory for octahedral and tetrahedral metal complexes. – J. Chem. Phys., 1966, v. 44, № 1. 10.
4. Барановский В. И., Никольский А. Б. Потенциалы ионизации валентных состояний элементов второго переходного периода. – Теор. и эксперим. химия, 1967, т. 3, № 4, с. 527.
5. Каранетьяну М. Х., Каранетьяну М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Химия, 1968.
6. Термические константы вещества. Т. 7/Под. ред. Глушко В. П. М.: ВИНТИ, 1974.
7. Рябин В. А., Остроумов М. А., Свит Т. Ф. Термодинамические свойства веществ. Химия, 1977.
8. Термические константы веществ. . 9/Под. ред. Глушко В. П. М.: ВИНТИ, 1980.
9. Топор Н. Д., Киселев И. А., Огородова Л. П. Термохимия минеральных фаз системы  $Ca-MgO-SiO_2$ . – Тез. докл. VIII Всесоюз. конф. по калориметрии и химической термодинамике. Иваново: ИХТИ, 1979, с. 19.
10. Наумова Г. Б., Рыженко Б. Н., Ходаковский И. Л. Справочник

термодинамических величин. М.: Атомиздат, 1971.

11. *Резницкий Л. А., Гузей А. С.* Термодинамические свойства титанатов, цирконатов и гафнатов щелочноземельных металлов. – Успехи химии, 1978, т. 47, № 2, с. 177.

12. *Коган Б. С. Долинина И. В.* О расчете термодинамических констант натрийхромового силиката  $\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$ . Рук. деп. ОНИИТЭХим, Черкассы, 1980, № 124 ХПД 80.

13. Термические константы веществ. . 8/Под. ред. Глушко В. П. М.: ВИНТИ, 1978.

14. *Клевцов В. П., Клевцова Р. Ф.* Полиморфизм двойных молибдатов и вольфраматов одно- и трехвалентных металлов состава  $\text{M}^+\text{R}^{+3}(\text{EO}_4)_2$ . – Ж. структурн. химии, 1977, т. № 3, с. 419.

Киевский технологический институт  
пищевой промышленности

Поступило в редакцию  
20.IX.1982

Надійшла \_\_\_\_\_2013р. Неорганические материалы 1984. Т. 20. № 4. с. 653-658

Каганюк Д. С., Перепелица А. П.