

УДК 536:54.143:541.135

ГАБ Ангелина Ивановна<sup>(1)</sup>, доцент, кандидат химических наук  
 МАЛЫШЕВ Виктор Владимирович<sup>(1,2)</sup>, профессор, доктор технических наук  
 РЫЖЕНКО Оксана Александровна<sup>(1)</sup>, магистрант  
 НЕСТЕРЕНКО Татьяна Николаевна<sup>(3)</sup>, доцент, кандидат технических наук  
 КРУГЛЯК Ирина Васильевна<sup>(3)</sup>, доцент, кандидат технических наук  
 КАРПЕНКО Анна Владимировна<sup>(3)</sup>, ассистент

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛОВ VI-A ГРУППЫ, ИХ ОКСИДОВ И КАРБИДОВ С ВОЛЬФРАМАТНО-КАРБОНАТНЫМИ РАСПЛАВАМИ

<sup>(1)</sup> *Университет «Украина», г. Киев*

<sup>(2)</sup> *Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского НАНУ, г. Киев*

<sup>(3)</sup> *Запорожская государственная инженерная академия*

Выполнены термодинамические расчеты возможных реакций взаимодействия металлов VI-A группы, их оксидов и карбидов с вольфраматно-карбонатными расплавами. Рассмотрена термодинамика равновесных (обратимых) систем с электродами из металлов VI-A группы и их карбидов.

Ключевые слова: металлы VI-A группы, оксиды, карбиды, вольфраматно-карбонатные расплавы, взаимодействие, термодинамическая оценка

*Введение.* Для теории и практики электроосаждения металлов и неметаллов из расплавов, а также синтеза соединений на их основе, важными вопросами являются:

– способность электродов и катодных продуктов не корродировать в расплавах, из которых осуществляется их электроосаждение;

– существование равновесных электродных потенциалов электрода или катодного продукта.

Именно эти обстоятельства определяют возможность осаждения металлов и неметаллов на той или иной подложке, выбор конструктивных материалов, возможность осаждения сплавов и электрохимического синтеза соединений, разграничение областей различных продуктов электролиза. Большое значение имеют они для изучения перенапряжения кристаллизации и управления структурой осадков [1-3]. В зависимости от условий электролиза (состава расплавов, температуры, катодной плотности тока) вольфраматно-молибдатно-карбонатных систем катодными продуктами могут быть молибден, вольфрам, их сплавы, оксиды и карбиды [4-6].

*Целью работы* являлась термодинамическая оценка возможности взаимодействия металлов VI-A группы, их оксидов и карбидов с вольфраматно-карбонатными расплавами.

*Методика эксперимента.* Вероятность протекания возможных реакций взаимодействия между металлами VI-A группы, их оксидами, карбидами и компонентами вольфраматно-карбонатных расплавов была оценена в широком

интервале температур на основании расчетов изменения стандартной энергии Гиббса ( $\Delta G_T$ ). Для ее вычисления были использованы литературные значения термодинамических величин рассматриваемых соединений [7-12].

В качестве электролита для платино-кислородного электрода сравнения в вольфраматных расплавах выбрали расплав  $Na_2WO_4$ -0,2 мол. %  $WO_3$ . Избыток акцептора кислородных ионов в нем способствует постоянству потенциала кислородного электрода. Методика измерения равновесных потенциалов платино-кислородных электродов подробно описана в работах [1-3, 13].

*Результаты и их обсуждение.*

1. *Термодинамическая оценка возможности взаимодействия металлов VI-A группы, их оксидов и карбидов с компонентами вольфраматно-карбонатных расплавов.* В литературе имеются работы [5, 14-16], посвященные химическому поведению металлов указанной группы, а также их оксидов и карбидов с вольфраматно-молибдатными расплавами. Одни авторы указывают на значительную коррозию этих соединений в указанных расплавах, другие – на существование равновесий между ними и расплавами определенного состава. В настоящее время нет единого мнения о составе таких расплавов, а также температурных интервалах существования равновесий. Поэтому определенное значение может иметь термодинамический расчет энергии Гиббса возможных реакций металлов VI-A группы, их оксидов и карбидов с вольфраматным (молибдатным) расплавом. Для расчетов были выбраны хром, молибден, вольфрам, оксиды молибдена и вольфрама (IV), карбиды молибдена и во-

льфрама, так как указанные вещества являются продуктами электролиза вольфраматно-молибдатно-карбонатных систем [4-6] и на электродах, изготовленных из них предполагаются многоэлектронные равновесия.

Расчеты (табл. 1) показали, что металлы VI-A группы с большой вероятностью могут взаимодействовать с вольфраматно-молибдатно-карбонатными расплавами (в табл. 1 приведены реакции, наиболее вероятные с термодинамической точки зрения). При этом предпочтительной формой существования ионов хрома, молибдена и вольфрама в расплаве будут их димерные комплексы. Металлы VI-A группы и их оксиды с димерными формами, по-видимому, не будут взаимодействовать ( $\Delta G > 0$ ). Карбиды молибдена и вольфрама с большой вероятностью могут взаимодействовать с карбонатными расплавами, а со значительно меньшей – с дивольфраматно-диомолибдатно-карбонатными расплавами.

2. Термодинамика расплавленных электрохимических систем с электродами из металлов VI-A группы и их карбидов. При протекании в системе обратимого процесса в изотермических условиях при постоянном давлении изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ), энтальпии ( $\Delta H$ ) и энтропии ( $\Delta S$ ) связаны соотношением

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot dS \quad (1)$$

Из термодинамики известно, что

$$\Delta S = \left( \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_p, \quad (2)$$

тогда справедливо уравнение Гиббса-Гельмгольца:

$$\Delta G = \Delta H + T \cdot \left( \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_p. \quad (3)$$

Убыль энергии Гиббса электрохимической системы равна максимальной работе  $\Delta A$ , которую может совершить система, которая равна произведению напряжения системы на количество прошедшего электричества, то есть  $zFE$ :

$$-\Delta G = \Delta A = zFE \quad (4)$$

Электрическая работа, совершаемая системой, может быть больше, меньше или равна изменению энтальпии в зависимости от знака температурного коэффициента напряжения.

В качестве примеров в работе [17] рассмотрены следующие электрохимические системы с водными электролитами:

1.  $Zn|ZnCl_{2(вод.)}, AgCl_{(ТВ)}|Ag$ .
2.  $Pb|(CH_3COO)_2 Pb_{(вод.)}|| (CH_3COO)_2 Cu_{(вод.)}|Cu$ .
3.  $Hg|HgO, KOH||KCl, Hg_2Cl_2|Hg$ .

Значения энтальпии для химических реакций в системах 1 и 2, полученных по результатам электрохимических и термодинамических из-

мерений, хорошо согласуются друг с другом, что является одним из критериев обратимости приведенных систем.

В качестве примеров для электрохимических систем с расплавленными электролитами рассматривали обратимые системы с электродами, выполненными из металлов VI-A группы и их карбидов (табл. 2).

Обратимость электрохимических реакций на соответствующих металлических и карбидных электродах  $Me(MeO_2)|Na_2WO_4-MeO_3(Me-Mo, W)$ ;  $Me(MeO_2)|Na_3AlF_6-Na_2MeO_4(MeO_3)(Me-Mo, W)$ ,  $Me|NaCl-Mo_2C|Na_2WO_4-MoO_3-Li_2CO_3$ ;  $Cr_2O_3|NaCl-Na_3AlF_6-K_2CrO_4$ ,  $WC|Na_2WO_4-WO_3-CO_2$  не вызывает сомнений [3-6,13-16]. Применяемые в качестве электродов сравнения кислородные электроды  $Pt(O_2)|Na_2WO_4-0,2WO_3$  [1-4], а также  $Pt(O_2)|NaCl-Na_3AlF_6-0,1Na_2MeO_4(Me-Cr, -Mo, W)$  [23,24] в расплавленных средах, в отличие от водных растворов, являются обратимыми электродами. Потенциал таких электродов определяется парциальным давлением кислорода и активностью кислородсодержащих ионов. Для измерений под избыточным давлением диоксида углерода впервые применяли обратимый вольфрамный электрод сравнения  $W|Na_2WO_4-0,2WO_3$  [2-4], потенциал которого не зависит от давления, а определяется активностью ионов вольфрама. Диффузионный потенциал на границе двух расплавленных фаз для этих электродов сравнения в случае использования  $\beta-Al_2O_3$  диафрагм ничтожно мал и не влияет на значения напряжений систем.

Условия измерений (состав расплавов, материалы электродов, температура) и экспериментальные данные (значения ЭДС исследуемых расплавленных систем и их температурные коэффициенты) взяты из полученных нами данных [3], а значения  $\Delta H_{термод.}$  – из термодинамических справочников [7-12] и наших измерений [3,13].

Системы (1), (3), (6)-(10) обладают отрицательным температурным коэффициентом, и реакции в них протекают с уменьшением энтальпии (экзотермические реакции). Электрическая работа, которую могут совершить такие системы, меньше, чем  $\Delta H$ . Расчеты позволяют определить значения изменения энтальпии систем, очень близкие к значениям, определенным из термодинамических измерений. В системе (1) 88,5 % выделяемой теплоты расходуется на совершение электрической работы, а 11,5 % – рассеивается или нагревает систему.

**Таблица 1** – Температурная зависимость стандартной свободной энергии  $\Delta G^0_T$  реакций взаимодействия металлов VI-А группы, их оксидов и карбидов с компонентами вольфраматно-молибдатно-карбонатных расплавов

№ п/п	Реакция	$\Delta G^0_T$ , кДж				
		298 К	900 К	1000 К	1100 К	1200 К
1	$Cr + 1,5O_2 + 2Na_2WO_4 \Rightarrow Na_2CrO_4 + Na_2W_2O_7$	-592,27	-465,96	-435,66	-406,85	-375,87
2	$2Cr + 3O_2 + 2Na_2WO_4 \Rightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-1156,53	-873,23	-814,11	-755,30	-705,00
3	$Mo + 1,5O_2 + 2Na_2WO_4 \Rightarrow Na_2MoO_4 + Na_2W_2O_7$	-712,49	-571,40	-541,42	-513,81	-490,34
4	$2Mo + 3O_2 + 2Na_2WO_4 \Rightarrow Na_2Mo_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-1416,16	-1130,55	-1071,51	-1012,90	-962,94
5	$W + 1,5O_2 + 2Na_2WO_4 \Rightarrow Na_2W_2O_7$	-787,35	-642,63	-612,74	-583,38	-562,14
6	$MoO_2 + 2Na_2WO_4 + 0,5O_2 \Rightarrow Na_2MoO_4 + Na_2W_2O_7$	-179,38	-145,33	-132,45	-121,75	-115,00
7	$2MoO_2 + 2Na_2WO_4 + O_2 \Rightarrow Na_2Mo_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-349,95	-278,42	-253,57	-228,78	-212,27
8	$2WO_2 + 2Na_2WO_4 + O_2 \Rightarrow 2Na_2W_2O_7$	-506,92	-435,57	-410,64	-398,45	-378,21
9	$2Mo + 3O_2 + 2Na_2CO_3 \Rightarrow Na_2Mo_2O_7 + CO_2$	-1404,99	-1201,20	-1166,23	-1130,07	-1095,40
10	$2Mo + 3O_2 + 2Li_2CO_3 \Rightarrow Li_2Mo_2O_7 + CO_2$	-1346,26	-1133,77	-1096,83	-1035,42	-1013,50
11	$2W + 3O_2 + Na_2CO_3 \Rightarrow Na_2W_2O_7 + CO_2$	-1563,53	-1355,93	-1320,19	-1208,73	-1256,74
12	$2W + 3O_2 + Li_2CO_3 \Rightarrow Li_2W_2O_7 + CO_2$	-11521,37	-1318,91	-1301,16	-1263,51	-1233,34
13	$Mo_2C + 4O_2 + Na_2CO_3 \Rightarrow Na_2Mo_2O_7 + 2CO_2$	-1573,47	-1356,45	-1318,31	-1279,68	-1240,80
14	$Mo_2C + 4O_2 + Li_2CO_3 \Rightarrow Li_2Mo_2O_7 + 2CO_2$	-1514,74	-1287,01	-1248,92	-1204,23	-1158,90
15	$2WC + 5O_2 + Na_2CO_3 \Rightarrow Na_2W_2O_7 + 3CO_2$	-2031,25	-1845,69	-1812,43	-1783,34	-1753,60
16	$2WC + 5O_2 + Li_2CO_3 \Rightarrow Li_2W_2O_7 + 3CO_2$	-2002,93	-1815,67	-1780,64	-1750,37	-1701,28
17	$Mo_2C + 4O_2 + 3Na_2CO_3 + Na_2Mo_2O_7 \Rightarrow 4Na_2MoO_4 + 4CO_2$	-274,94	-263,83	-265,77	-269,27	-268,35
18	$WC + 3O_2 + Na_2CO_3 + Na_2W_2O_7 \Rightarrow 3Na_2WO_4 + 2CO_2$	-294,92	-261,63	-259,93	-258,56	-254,03

Таблица 2 – Проверка уравнения Гиббса-Гельмгольца для равновесных (обратимых) систем с металлическими и карбидными электродами

№ п/п	Электрохимическая система	Химическая реакция	T, К	z	E, В	dE/dT, В/град	ΔG, кДж/моль	ZFT · dE/dT	ΔH, кДж/моль	
									электрохимические измерения	термодинамические вычисления
1	$Mo   Na_2WO_4-MoO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$Mo + 1,5O_2 \Rightarrow MoO_3$	1173	6	1,025	$-1,14 \cdot 10^{-4}$	-593,5	-77,4	-670,9	-675,8
2	$MoO_2   Na_2WO_4-MoO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$MoO_2 + 1,5O_2 \Rightarrow MoO_3$	1173	2	0,915	$3,75 \cdot 10^{-4}$	-176,6	84,9	-91,7	-99,9
3	$W   Na_2WO_4-WO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$W + 1,5O_2 \Rightarrow WO_3$	1173	6	1,195	$-1,82 \cdot 10^{-4}$	-691,9	-123,7	815,6	-825,1
4	$WO_2   Na_2WO_4-WO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$WO_2 + 0,5O_2 \Rightarrow WO_3$	1173	2	1,065	$1,25 \cdot 10^{-4}$	-205,5	28,3	-177,2	-188,5
5	$Cr_2O_3   Na_2WO_4-CrO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$Cr_2O_3 + 1,5O_2 \Rightarrow 2CrO_3$	1173	3	0,785	$5,90 \cdot 10^{-4}$	-227,3	201,1	-26,3	-27,9
6	$Cr_2O_3   NaCl-Na_3AlF_6-K_2CrO_4    NaCl-K_2CrO_4   O_2, Pt$	$Cr_2O_3 + 2K_2O + 1,5O_2 \Rightarrow 2K_2CrO_4$	1123	3	0,305	$-4,40 \cdot 10^{-4}$	-88,3	-142,2	-230,5	-223,2
7	$Mo   NaCl-Na_3AlF_6-Na_2MoO_4    NaCl-Na_2MoO_4   O_2, Pt$	$Mo + Na_2O + 1,5O_2 \Rightarrow Na_2MoO_4$	1123	6	0,490	$-1,20 \cdot 10^{-3}$	-283,7	-790,8	-1074,5	-1100,8
8	$W   NaCl-Na_3AlF_6-Na_2WO_4    NaCl-Na_2WO_4   O_2, Pt$	$W + Na_2O + 1,5O_2 \Rightarrow Na_2WO_4$	1123	6	0,530	$-1,10 \cdot 10^{-3}$	-309,8	-693,9	-1003,7	-1015,9
9	$Mo_2C   Na_2WO_4-MoO_3 Li_2CO_3    Na_2WO_4-0,2WO_3   O_2, Pt$	$Mo_2C + 4O_2 \Rightarrow 2MoO_3 + CO_2$	1173	16	1,020	$-0,75 \cdot 10^{-4}$	-1574,9	-136,6	-1711,5	-1696,8
10	$WC   Na_2WO_4-WO_3-CO_2   O_2, Pt$	$WO_3 + CO_2 \Rightarrow WC + 2,5O_2$	1173	10	0,690	$-3,90 \cdot 10^{-4}$	-665,9	-441,0	-1106,9	-1123,0
11	$WC   Na_2WO_4-WO_3-CO_2    Na_2WO_4-0,2WO_3$	$CO_2 \Rightarrow C + O_2$	1173	4	0,170	$7,10 \cdot 10^{-4}$	-65,6	-321,8	-387,4	-395,0
12	$Mo_2C   Na_2WO_4-MoO_3-Li_2CO_3    Na_2WO_4-0,05MoO_3   Mo$	$Li_2CO_3 \Rightarrow C + Li_2O + O_2$	1173	4	0,115	$1,20 \cdot 10^{-3}$	-44,4	-548,3	-592,7	-603,6

.В системах (3), (6)-(10) в электрическую работу превращается соответственно 84,8; 38,3; 26,4; 30,9; 92,0 и 60,2 % выделяющейся теплоты. Температурный коэффициент напряжений систем (2), (4), (5), (11) и (12) является положительным. В соответствии с этим в электрическую работу превращается не только вся теплота, выделяемая при протекании реакции, но и часть теплоты, поглощенной из окружающей среды. Значения энтальпии, определенные из электрохимических и термодинамических измерений, хорошо согласуются друг с другом. Их соответствие является одним из критериев обратимости исследуемых электрохимических систем.

*Выводы.*

1. На основании выполненных термодинамических расчетов оценена вероятность протекания возможных реакций взаимодействия между металлами VI-A группы, их оксидами, карбидами и компонентами вольфраматно-карбонатных расплавов.

2. Корреляцией электрохимических измерений и термодинамических расчетов доказана возможность существования равновесных (обратимых) систем с электродами из металлов VI-A группы и их карбидов. Эти системы являются перспективными для осуществления процессов высокотемпературного электрохимического синтеза в условиях, близких к равновесным, и осаждения гальванических покрытий.

### Библиографический список

1. **Hamman, C. H.** Electrochemistry [Text] / C. H. Hamman. – Wiley-VCH, 1998. – 423 p.
2. **Glastone, S.** An Introduction to Electrochemistry [Text] / S. Glastone. – Kindle Book, 2006. – 525 p.
3. **Malyshev, V.** Initial stages of nucleation of molybdenum and tungsten carbide phases in tungstate-molybdate-carbonate melts [Text] / V. Malyshev, A. Gab, M. Gaune-Escard // J. Applied Electrochemistry. – 2008. – Vol. 38. – Pp. 315-320.
4. **Малишев, В. В.** Високотемпературна електрохімія та електроосадження металів IV-VIA груп і їх сполук в йонних розплавах [Текст] / В. В. Малишев. – Київ : Університет «Україна», 2004. – 326 с.
5. **Malyshev, V. V.** Management of composition cathodic products in the electrolysis of molybdenum-, tungsten- and carbon-bearing halogenide-oxide and oxide melts [Text] / V. V. Malyshev, V. V. Soloviev, L. A. Chernenko, V. N. Rozhko // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Materials Science and Engineering Technology). – 2015. – Vol. 45, No. 11. – Pp. 67-72.
6. **Malyshev, V.** Formation of cathode products of electrolysis of tungstate-molybdate melts [Text] / V. Malyshev // Materials Science. – 2012. – Vol. 48, No. 2. – Pp. 208-212.
7. **Термические константы веществ** [Текст] / Под ред. В. П. Глушко. – М. : ВИНТИ, 1965-1982. – Вып. 1-16. – 6554 с.
8. **Наумов, Г. В.** Справочник термодинамических величин [Текст] / Г. В. Наумов, В. Н. Рыженко, И. Л. Ходаковский. – М. : Атомиздат, 1971. – 240 с.
9. **Barin, I.** Thermochemical Data of Pure Substances [Text] / I. Barin. – 2nd, VCH, Weinheim, 1992. – 1739 p.
10. **Yaws, C. L.** Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds [Text] / C. L. Yaws. – Knovel, 2003. – 992 p.
11. **Kubaschewski, O.** Metallurgical Thermochemistry [Text] / O. Kubaschewski, C. B. Alcock, S P. J. pincer. – Pergamon Press. Oxford, 1993. – 363 p.
12. **JANAF Thermochemical Tables.** Third Edition. J. Phys. Chem. – Ref. Data, Vol. 14, Suppl. 1, 1985. – 1856 p.
13. **Малышев, В. В.** Многоэлектронные равновесия и процессы электровосстановления оксианионов тугоплавких металлов VI-A группы и неметаллов в ионных расплавах [Текст] / В. В. Малышев, И. А. Новоселова, Х. Б. Кушхов, В. В. Соловьев // Украинский химический журнал. – 1994. – Вып. 60, № 7. – С. 37-47.
14. **Афоничкин, В. К.** Равновесные электродные потенциалы вольфрама в расплавах системы  $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{-WO}_3$  [Текст] / В. К. Афоничкин, В. Н. Леонтьев, В. Е. Комаров // Электрохимия. – 1993. – Вып. 29. – С. 341-347.
15. **Малышев, В. В.** Равновесные электродные потенциалы молибдена в расплавах системы  $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{-MoO}_3$ . [Текст] / В. В. Малышев, В. И. Шаповал, В. В. Соловьев // Украинский химический журнал. – 2000. – Вып. 66, № 3. – С. 13-17.
16. **Хватов, А. Ю.** Изучение состава вольфраматного расплава методом ЭДС [Текст] / А. Ю. Хватов, А. Н. Барабошкин, К. П. Тарасова // Электрохимия. – 1985. – Вып. 21. – С. 1657-1660.
17. **Ротинян, А. Л.** Теоретическая электрохимия [Текст] / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина. – Л. : Химия, 1981. – 424 с.

**ГАБ Ангеліна Іванівна**, кандидат хімічних наук, доцент кафедри сучасної інженерії та нанотехнологій, університет «Україна» (Київ, Україна). E-mail: lina\_gab@ukr.net

**МАЛИШЕВ Віктор Володимирович**, доктор технічних наук, професор, директор інженерно-технологічного інституту, університет «Україна» (Київ, Україна). E-mail: victor.malyshev.igic@gmail.com

**РИЖЕНКО Оксана Олександрівна**, магістрант, університет «Україна» (Київ, Україна). E-mail: pkuu@vmurol.com.ua

**НЕСТЕРЕНКО Тетяна Миколаївна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри металургії, Запорізька державна інженерна академія (Запоріжжя, Україна). E-mail: tan-nesterenko@ukr.net

**КРУГЛЯК Ірина Василівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри обробки металів тиском, Запорізька державна інженерна академія (Запоріжжя, Україна). E-mail: klrugly1987@gmail.com

**КАРПЕНКО Ганна Володимирівна**, асистент кафедри металургії, Запорізька державна інженерна академія (Запоріжжя, Україна). E-mail: abkarpenko\_77@meta.ua

## ТЕРМОДИНАМІЧНА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ МЕТАЛІВ VI-A ГРУПИ, ЇХ ОКСИДІВ І КАРБІДІВ З ВОЛЬФРАМАТНО-КАРБОНАТНИМИ РОЗПЛАВУМИ

На основі термодинамічних розрахунків реакцій взаємодії металів VI-A групи, їх оксидів і карбідів з компонентами вольфраматно-карбонатних розплавів оцінено ймовірність протікання можливих реакцій. Електрохімічним вимірюванням і термодинамічними розрахунками доведена можливість існування рівноважних (зворотних) розплавлених систем з електродами із металів VI-A групи та їх карбідів.

Ключові слова: метали VI-A групи, оксиди, карбіди, вольфраматно-карбонатні розплави, взаємодія, термодинамічна оцінка

**GAB Angelina**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Department of Modern Engineering and Nanotechnologies, University «Ukraine» (Kiev, Ukraine). E-mail: lina\_gab@ukr.net

**MALYSHEV Viktor**, Doctor of Technical Sciences, Director of Engineering-Technological Institute, University «Ukraine» (Kiev, Ukraine). E-mail: victor.malyshev.igic@gmail.com

**RUZHENKO Oksana**, undergraduate, University «Ukraine» (Kiev, Ukraine). E-mail: pkuu@vmurol.com.ua

**NESTERENKO Tatiana**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Metallurgy Department, Zaporizhaska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: tan-nesterenko@ukr.net

**KRUGLYAK Iryna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Treatment Metals by Pressure, Zaporizhaska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: klrugly1987@gmail.com

**KARPENKO Ann**, Asistent of Metallurgy Department, Zaporizhaska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: abkarpenko\_77@meta.ua

## THERMODYNAMIC ESTIMATION OF INTERACTION POSSIBILITY VI-A GROUPS METALS, THEIR OXIDES AND CARBIDES WITH TUNGSTATE-CARBONATE MELTS

On the base of the thermodynamic calculations reactions between metals of VI-A group, their oxides and carbides and tungstate-carbonate melts possible probability of these reactions was estimated. The possibility of equilibrium (reversible) systems with electrodes of metals of VI-A group and their carbides electrochemical measurements and thermodynamic calculations was proved.

Keywords: metals of VI-A group, oxides, carbides, tungstate-carbonate melts, interaction, thermodynamic estimation

Стаття надійшла до редакції 17.07.2017 р.  
Рецензент, проф. О.П. Крупа

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука  
<http://www.zgia.zp.ua>