

УДК 536:54.143:541.135

ГАБ Ангеліна Іванівна ⁽¹⁾, доцент, кандидат хімічних наук
 МАЛИШЕВ Віктор Володимирович ^(1,2), професор, доктор технічних наук.
 РИЖЕНКО Оксана Олександрівна ⁽¹⁾, магістрант
 БЕРЕЖНА Ольга Русланівна ⁽³⁾, доцент, кандидат технічних наук
 КРУГЛЯК Дмитро Олегович ⁽³⁾, доцент, кандидат технічних наук
 ДЗЯДОК Данило Юрійович ⁽³⁾, аспірант

ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНИХ ВЗАЄМОДІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПОЛУК У ВОЛЬФРАМАТНИХ РОЗПЛА- ВАХ

⁽¹⁾ Університет «Україна», м. Київ

⁽²⁾ Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАНУ, м. Київ

⁽³⁾ Запорізька державна інженерна академія

На підставі термодинамічних розрахунків можливих реакцій взаємодії вольфрамату натрію з кисневмісними сполуками бору, вуглецю, фосфору, сірки та металів VI-A групи оцінено ймовірність протікання таких реакцій. Методами потенціометрії та ІЧ-спектроскопії виконано експериментальну перевірку висловлених припущень.

Ключові слова: кислотно-основні взаємодії, розплави, електроосадження, метали, сполуки

Вступ. У електрохімії водних розчинів відомо про вплив кислотності розчинів, яку визначає концентрація водневих йонів, на електрохімічну кінетику [1,2]. Подібні хімічні рівноваги спостерігаються і в йонних розплавах: основа \Leftrightarrow кислота + Rn^- , де Rn^- – йони F^- , Cl^- , O^{2-} і подібні до них. При цьому кислотність кисневмісного йонного розплаву визначається концентрацією йонів O^{2-} або значенням її логарифмічного показника $pO = -\lg[O^{2-}]$. Вплив кислотно-лужних рівноваг на електрохімічну кінетику в галогенідно-оксидних розплавах вивчено Ю.К. Делімарським і В.І. Шаповалом [3,4]. Автори відмічали, що кислотно-лужні реакції за участі оксианіонів тугоплавких металів і неметалів супроводжуються утворенням кисневих йонів і відповідні електродні процеси відбуваються за схемою автоінгібірування. Повне катодне відновлення оксианіонів до металу або неметалу здійснюється у кислих електролітах за присутності акцепторів кисневих йонів.

Змінювання йонного складу оксидних розплавів на основі вольфраматів і молібдатів лужних і лужноземельних металів суттєво впливає, як на електродні процеси та рівноваги, так і на склад катодних продуктів [5-8]. Так, залежно від кислотності (основності) розплаву на катоді можуть виділятися елементарні вольфрам, молібден, їх сплави в усьому діапазоні складів, оксиди та сполуки з лужними або лужноземельними металами змінного складу типу бронзи. Тому, можливість управління кислотно-основними

властивостями таких розплавів представляє не лише теоретичний, але і практичний інтерес.

Для змінювання кислотно-основних властивостей вольфраматних розплавів було вибрано кисневмісні сполуки бору, вуглецю, фосфору та сірки, оксиди хрому, молібдену і вольфраму. З одного боку, такі сполуки є донорами або акцепторами кисневих йонів, і, змінюючи основність вольфраматних розплавів, полегшують або ускладнюють електровиділення вольфраму. З іншого боку, вони одночасно можуть бути використаними як технологічно зручні джерела другого компонента за синтезу боридів, карбідів і сульфідів металів VI-A групи для одержання сплавів та інтерметалідів.

Методика експерименту. Ймовірність протікання можливих реакцій взаємодії між металами VI-A групи, їх оксидами, карбідами, вольфраматами і кисневмісними сполуками бору, вуглецю, фосфору та сірки було оцінено в широкому інтервалі температури на підставі розрахунків змінювання стандартної енергії Гіббса (ΔG_T) з використанням літературних значень термодинамічних величин даних сполук, які взяті з базових термодинамічних довідників [9-13]. У разі відсутності відомостей про температурні залежності теплоємності застосовували метод розрахунку [14] та довідкові дані [15].

Як електроліт для платино-кисневого електроду порівняння у вольфраматних розплавах було вибрано розплав Na_2WO_4 -0,2 мол. % WO_3 . Методику вимірювання рівноважних потенціалів платино-кисневих електродів детально описано у роботах [2,16].

Таблиця 1 – Температурна залежність стандартної вільної енергії ΔG°_T реакцій взаємодій вольфрамату натрію з кисневміщуючими сполуками елементів IV-VI груп

Но- мери	Реакції	ΔG°_T , кДж				
		298 К	900 К	1000 К	1100 К	1200 К
1	$2Na_2WO_4 + B_2O_3 = 2NaBO_2 + Na_2W_2O_7$	-48,62	-75,86	-92,72	-102,80	-112,67
2	$2Na_2WO_4 + 2B_2O_3 = Na_2B_4O_7 + Na_2W_2O_7$	-33,39	-34,81	-41,71	-53,68	-56,53
3	$2Na_2WO_4 + Na_2B_4O_7 = 4NaBO_2 + Na_2W_2O_7$	-40,71	-43,97	-51,17	-54,98	-58,83
4	$2Na_2WO_4 + 4NaBO_2 = Na_2B_4O_7 + Na_2W_2O_7 + 2Na_2O$	-11,17	79,63	94,72	117,99	132,46
5	$4Na_2WO_4 + P_4O_{10} = 4NaPO_3 + 2Na_2W_2O_7$	-556,64	-413,46	-394,80	-375,76	-372,88
6	$8Na_2WO_4 + P_4O_{10} = 2Na_4P_2O_7 + 4Na_2W_2O_7$	-649,36	-527,43	-487,90	-427,56	-442,25
7	$12Na_2WO_4 + P_4O_{10} = 4Na_3PO_4 + 6Na_2W_2O_7$	-874,01	-769,35	-708,02	-647,35	-636,76
8	$2Na_2WO_4 + 2NaPO_3 = Na_4P_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-46,32	-56,94	-46,53	-36,32	-34,64
9	$2Na_2WO_4 + NaPO_3 = Na_3PO_4 + Na_2W_2O_7$	-16,56	-26,19	-15,52	-5,10	-3,18
10	$2Na_2WO_4 + Na_4P_2O_7 = 2Na_3PO_4 + Na_2W_2O_7$	-13,14	-4,56	-15,44	-26,07	-28,24
11	$2Na_2WO_4 + Na_3PO_4 = NaPO_3 + Na_2W_2O_7 + 2Na_2O$	567,48	510,57	522,75	528,98	529,36
12	$2Na_2WO_4 + 2Na_3PO_4 = Na_4P_2O_7 + Na_2W_2O_7 + 2Na_2O$	543,33	547,48	559,11	569,97	578,98
13	$2Na_2WO_4 + Na_2S_2O_7 = 2Na_2SO_4 + Na_2W_2O_7$	-26,27	-29,41	-30,58	-52,13	-55,81
14	$2Na_2WO_4 + 2Na_2SO_4 = Na_2S_2O_7 + Na_2W_2O_7 + 2Na_2O$	32,09	49,54	71,57	97,03	110,00
15	$2Na_2WO_4 + Na_2CO_3 = CO_2 + Na_2W_2O_7 + 2Na_2O$	513,59	516,72	528,15	538,52	547,56
16	$2Na_2WO_4 + Li_2CO_3 = CO_2 + Li_2W_2O_7 + 2Na_2O$	537,94	450,62	448,86	446,28	443,34
17	$2Na_2WO_4 + CO_2 = Na_2W_2O_7 + Na_2CO_3$	-11,17	70,62	94,68	117,95	131,21
18	$2CrO_3 + 2Na_2WO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-131,37	-409,81	-365,01	-320,62	-284,88
19	$CrO_3 + 2Na_2WO_4 = Na_2CrO_4 + Na_2W_2O_7$	-79,73	-234,25	-211,19	-109,51	-165,81
20	$Na_2WO_4 + MoO_3 = Na_2MoO_4 + Na_2W_2O_7$	-44,35	-53,51	-47,49	-43,60	-37,74
21	$2Na_2WO_4 + 2MoO_3 = Na_2Mo_2O_7 + Na_2W_2O_7$	-79,91	-94,77	-83,68	-70,12	-57,32

Для ідентифікації сполук у розплавах застосовували методи ІЧ-спектроскопії та рентгенофазового аналізу охолоджених зразків. ІЧ-спектри одержували на спектрофотометрі «SPECORD 75 IR», рентгенограми – на рентгенівському дифрактометрі «ДРОН-4.0». Під час застосування ІЧ-спектроскопії використовували методику, що викладено у роботі [17].

Результати та їх обговорення. Термодинамічна оцінка ймовірності взаємодій різних сполук з вольфраматними розплавами. У літературі є мало відомостей про хімічні взаємодії вольфраматних розплавів з різними кисневмісними сполуками. Нами було виконано термодинамічний розрахунок можливих реакцій взаємодії різних сполук з вольфраматом натрію. У табл. 1 наведено реакції, в основному, із значеннями $\Delta G_T < 0$.

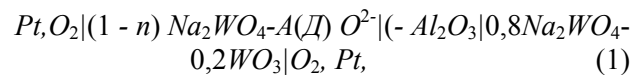
Видно, що з групи борвмісних кисневих сполук з вольфраматним розплавом ймовірно не повинен взаємодіяти метаборат натрію. За взаємодії вольфраматного розплаву з оксидом бору (III) реакція переважно буде протікати за напрямом (1). З групи фосфоровмісних кисневих сполук з вольфраматним розплавом не повинен взаємодіяти ортофосфат натрію. За взаємодії оксиду фосфору (V) з вольфраматним розплавом реакція ймовірно протікатиме за напрямом (7), метафосфату натрію – за напрямом (8). З групи сірковмісних кисневих сполук з вольфраматним розплавом ймовірно не повинен взаємодіяти сульфат натрію. Реакції взаємодії карбонатів літію та натрію, діоксиду вуглецю з вольфраматними розплавами мають $\Delta G_T \gg 0$. Оксиди хрому (VI), молібдену (VI), вольфраму (VI) взаємодіятимуть з цими розплавами з утворенням дімерних сполук.

Хоча виконані термодинамічні розрахунки лише припускають можливість протікання реакцій для вольфраматних розплавів, проте вони можуть бути дуже корисними під час пояснення моделі йонного складу розплаву. Згідно з розрахунками найбільш енергетично ймовірними у більшості випадків є реакції з утворенням дівольфраматних сполук.

Підтвердження можливості управління кислотно-основними властивостями вольфраматного розплаву за даними потенціометричного методу, рентгенофазового аналізу та ІЧ-спектроскопії охолоджених зразків. Для пояснення експериментальних залежностей поведінки вольфраматних розплавів за рівноважних і нерівноважних умов можна запропонувати наступну модель йонного складу цих розплавів. Розглядатимемо кисневмісні сполуки як зв'язані кисло-

ти-підстави. Припустимо, що в розплаві Na_2WO_4 , в основному, знаходяться існуючі в рівновазі між собою йони Na^+ , WO_4^{2-} , $W_2O_7^{2-}$, O^{2-} та їх можна розглядати як розплавлені полівольфраматні електроліти складу $2Na^+ + WnO_{2n+1}^{2-}$, де $n > 1$. За допомогою такого «квазіхімічного» підходу є можливим пояснення зміщень між йонних рівноваг у цих розплавах.

Під час додавання до вольфраматного розплаву наступних сполук можливим є протікання відповідних реакцій (див. табл. 1) : для B_2O_3 – реакцій (1) і (2), для $Na_2B_4O_7$ – (3), для P_2O_5 – (5)–(7), $NaPO_3$ – (8) і (9), $Na_4P_2O_7$ – (10), $Na_2S_2O_7$ – (13), CrO_3 – (18) і (19), для MoO_3 – (20) і (21), WO_3 – (22). Оскільки карбонат-йон є основою $[CO_3^{2-} \rightleftharpoons CO_2 + O^{2-}]$, карбонати натрію та літію, ймовірно, не взаємодіятимуть з вольфраматним розплавом. Для спостереження змінювання активності йонів кисню у вольфраматному розплаві можна використовувати осередки з кисневими електродами:



де $A(D) O^{2-}$ – акцептор (донор) кисневих йонів.

При цьому один з електродів є напівзануреним до розплаву незмінного складу з відомою активністю кисневих йонів. Дослідження виконували на повітрі за постійним парціальним тиском кисню над розплавом ($P = 21,3$ кПа). Величина дифузійного потенціалу між досліджуванним розплавом і розплавом електроду порівняння є малою та згідно до розрахунків не перевищує $3 \cdot 10^{-3}$ В (оскільки у процесі перенесення струму головну роль відіграють катйони лужного металу [18]. Враховуючи вищезазначене, потенціал кисневого електроду практично визначається відношенням активностей йонів кисню у досліджуваному розплаві та розплаві електроду порівняння. За невеликої концентрації акцепторів кисневих йонів вольфраматний розплав складається, в основному, з йонів Na^+ , WO_4^{2-} , $W_2O_7^{2-}$ і O^{2-} , а за високої концентрації акцептора необхідно враховувати наявність йонів $W_3O_{10}^{2-}$, $W_4O_{13}^{2-}$ та інших складніших угруповань [18,19].

Із залежностей рівноважного потенціалу кисневого електроду від концентрацій кисневмісних сполук (рис. 1) випливає, що його значення зміщується у позитивну область за введенням у вольфраматний розплав таких додавань як B_2O_3 , $Na_2B_4O_7$, P_2O_5 , $NaPO_3$, $Na_4P_2O_7$, $Na_2S_2O_7$ і в негативну – за додаванням $NaBO_2$, Na_3PO_4 , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , Li_2CO_3 . Таким чином, перша група сполук є акцепторами кисневих йонів, а друга – донорами. Подібний хід залежностей можна пояс-

нити, розглядаючи кисневмісні сполуки як зв'язані кислоти-підстави. У чисто вольфраматному розплаві існує рівновага $2WO_4^{2-} \rightleftharpoons W_2O_7^{2-} + O^{2-}$ із константою рівноваги K :

$$K = \frac{[WO_4^{2-}]^2}{[W_2O_7^{2-}][O^{2-}]} \quad (2)$$

Розглядали систему $Na_2WO_4-B_2O_3$ (табл. 1). Згідно вольт-амперометричним дослідженням [8], число грам-йонів $nW_2O_7^{2-}$ дорівнює числу доданих молей nB_2O_3 , оскільки величина струму хвилі електровідновлення є прямо пропорційною концентрації B_2O_3 . З рівняння йонного балансу за вольфрамом, використовуючи методику розрахунків [7], отримуємо кінцеві рівняння потенціалу кисневого електроду E від концентрації оксиду бору B_2O_3

$$\begin{aligned} E &= E^* + \frac{2.3R \cdot T}{2F} \cdot \lg \left(\frac{K \cdot nB_2O_3}{(1-2nB_2O_3)^2} \right) = \\ &= E^{**} + \frac{2.3R \cdot T}{2F} \cdot \lg \left(\frac{nB_2O_3}{(1-2nB_2O_3)^2} \right); \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= E^* + \frac{2.3R \cdot T}{2F} \cdot \lg \left(\frac{K \cdot 2nB_2O_3}{(1-4nB_2O_3)^2} \right) = \\ &= E^{**} + \frac{0.69R \cdot T}{2F} \cdot \lg \left(\frac{nB_2O_3}{(1-4nB_2O_3)^2} \right), \quad (4) \end{aligned}$$

де E^* – стандартний електродний потенціал, В; E^{**} – зведений електродний потенціал, В; F – постійна Фарадея, Кл/моль.

Згідно з рівняннями (3) і (4) передлогарифмічні коефіцієнти цих залежностей повинні складати за температури 1173 К відповідно 0,116 і 0,035 В. З експериментальних даних виходить, що в досліджуваному діапазоні концентрацій оксиду бору передлогарифмічний коефіцієнт залежності (3) складає 0,111-0,120 В, а хід залежності (4) має нелінійний характер (рис. 2). З цього можна зробити висновок про протікання в цій області концентрацій оксиду бору реакції (табл. 1), що підтверджує правильність вибраної йонної моделі розплаву.

Значення константи K визначали спільним вирішенням рівняння (3), взятого для двох значень потенціалу кисневого електроду у вольфраматі натрію та в розплаві Na_2WO_4 -1,0 мол. % B_2O_3 : $K = 10^{9,6}$, $n = 10^{-4,8}$, $E^*_{O_2/O_2} = -1,060$ В. Набуті значення співпадають з даними робіт [2,17].

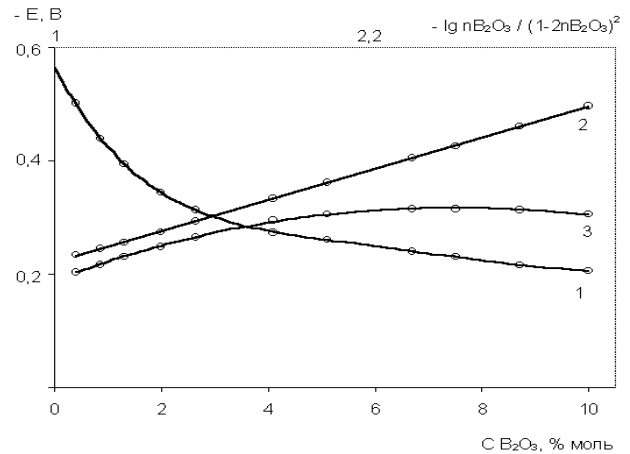


Рисунок 1 – Залежність потенціалів платино-кисневого електроду від концентрації B_2O_3 (1) та її аналіз у логарифмічних координатах за рівнянням (3) і (4) - криві 2 і 3

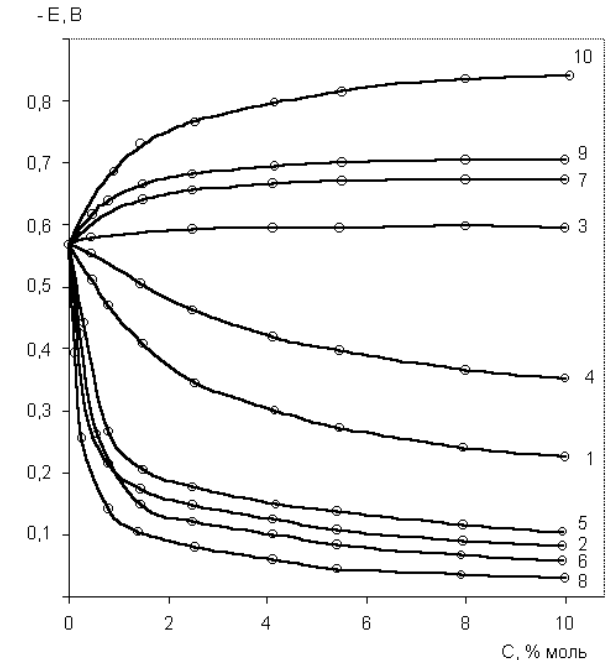


Рисунок 2 – Залежність рівноважних потенціалів платино-кисневого електроду від концентрації B_2O_3 (1), $Na_2B_4O_7$ (2), $NaBO_2$ (3), P_2O_5 (4), $NaPO_3$ (5), $Na_4P_2O_7$ (6), Na_3PO_4 (7), $Na_2S_2O_7$ (8), Na_2CO_3 (9), Li_2CO_3 (10) у розплаві вольфрамату натрію (1173 К)

Аналогічні експерименти та розрахунки для акцепторів кисневих йонів $Na_2B_4O_7$, P_2O_5 , $NaPO_3$, $Na_4P_2O_7$, $Na_2S_2O_7$ показують, що в досліджуваному діапазоні концентрацій є можливими реакції (4), (7), (8), (10), (табл. 1) з утворенням дівольфрамат йонів у розплаві. Під час додавання у розплав вольфрамату натрію оксидів CrO_3 , MoO_3 або WO_3 згідно реакцій (18), (21) і (22) також можливе утворення діхромат-, дімолібдат- і дівольфрамат-йонів, що ще раз підтверджує

правильність вибраної моделі йонного складу розплаву.

Для ідентифікації сполук туготопких металів у розплавах вольфрамату натрію, що містять різні донори й акцептори кисневих йонів, порівнювали ІЧ-спектри та рентгенограми охолоджених зразків із спектрами і рентгенограмами чистих речовин. Як останні використовували плави хімічних реактивів хроматів, молібдатів і вольфраматів. Плави діхроматів, дімолібдатів і дівольфраматів отримували спіканням хроматів, молібдатів і вольфраматів з відповідними оксидами металів (VI). У результаті підтверджено можливість утворення дімерних часточок під час

додавання до розплаву вольфрамату натрію акцепторів кисневих йонів.

Висновки

1. На підставі виконаних термодинамічних розрахунків оцінено ймовірність протікання можливих реакцій взаємодії між металами VI А групи, їх оксидами, карбідами, вольфраматом натрію та кисневмісними сполуками бору, вуглецю, фосфору та сірки.

2. Електрохімічними та структурними методами отримано експериментальне підтвердження можливості регулювання кислотно-основних властивостей вольфраматного розплаву цими сполуками.

Бібліографічний список

1. **Zoski, C. G.** Handbook of Electrochemistry [Текст] / C. G. Zoski – Elsevier, the Netherlands, 2007. – 892 p. – ISBN 978-0-444-51958-0.
2. **Glasstone, S.** An Introduction to Electrochemistry [Текст] / S. Glasstone. – Andesite Press, 2015. – 574 p. – ISBN 978-1-297-53344-0.
3. **Делимарский, Ю. К.** Химия ионных расплавов [Текст] / Ю. К. Делимарский. – Киев : Наукова думка, 1980. – 328 с.
4. **Шаповал, В. И.** Электрохимически-активные частицы и многоэлектронные электрохимические процессы в ионных расплавах [Текст] / В. И. Шаповал, В. А. Соловьев, В. В. Малышев // Успехи химии. – 2001. – Т. 70, № 2. – С. 182-199.
5. **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.
6. **Gupta, C. K.** Chemical Metallurgy: Principles and Practice [Text] / C. K. Gupta. – Gmbh and Co. KgaA, 2003. – 824 p.
7. **Malyshev, V. V.** Management of composition cathodic products in the electrolysis of molybdenum-, tungsten- and carbon-bearing halogenide-ohide 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.
8. **Onischenko, V. A.** Acidic-basic interactions sn tungstate melts based on tungsten electroplating out of them [Text] / V. A. Onischenko, V. V. Soloviev, L. A. Chernenko, V. V. Malyshev // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Materials Science and Engineering Technology). – 2015. – Vol. 45, No. 11. – Pp. 1030-1038.
9. **Термические константы веществ** [Текст] / Под ред. В. П. Глушко. – М. : ВИНТИ, 1965-1982. – Вып. 1-16. – 6554 с.
10. **Наумов, Г. В.** Справочник термодинамических величин [Текст] / Г. В. Наумов, В. Н. Рыженко, И. Л. Ходаковский. – М. : Атомиздат, 1971. – 240 с.
11. **Barin, I.** Thermochemical Data of Pure Substances [Text] / I. Barin. – 2nd, VCH, Weinheim, 1992. – 1739 p.
12. **Yaws, C. L.** Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds [Text] / C. L. Yaws. – Knovel, 2003. – 992 p.
13. **Kubaschewski, O.** Metallurgical Thermochemistry [Text] / O. Kubaschewski, C. B. Alcock, S P. J. Pencer. – Pergamon Press. Oxford, 1993. – 363 p.
14. **JANAF Thermochemical Tables.** Third Edition. J. Phys. Chem. [Text]. – Ref. Data, Vol. 14, Suppl. 1, 1985. – 1856 p.
15. **Novoselova, I. A.** Theoretical foundation of high-temperature electrochemical synthesis in ionic melts / I. A. Novoselova, V. V. Malyshev, V. I. Shapoval etc. // Theoretical Foundation of Chemical Engineering. – 1997. – Vol. 31, No. 3. – Pp. 253-262.
16. **Hamman, C. H.** Electrochemistry [Text] / C. H. Hamman. – Wiley-VCH, 1998. – 423 p.
17. **Narfimoto, K.** Infrared Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. [Text] / K. Narfimoto. – New-York-London: John Wiley & Sons Inc., 1963. – 261 p.
18. **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, № 3. – С. 341-347.

19. **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.

ГАБ Ангелина Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры современной инженерии и нанотехнологий инженерно-технологического института, университет «Украина» (Киев, Украина). E-mail: lina_gab@ukr.net

МАЛЫШЕВ Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор, директор инженерно-технологического института, университет «Украина» (Киев, Украина). E-mail: victor_malyshev@mail.ru

РЫЖЕНКО Оксана Александровна, магистрант, университет «Украина» (Киев, Украина). E-mail: pkuu@vmurol.com.ua

БЕРЕЖНАЯ Ольга Руслановна, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: berolgar@ukr.net

КРУГЛЯК Дмитрий Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры обработки металлов давлением, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: krugly1987@gmail.com

ДЗЯДОК Даниил Юрьевич, аспирант кафедры металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: admin@zgia.zp.ua

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОЛЬФРАМАТНЫХ РАСПЛАВАХ

На основе термодинамических расчетов возможных реакций взаимодействия вольфрамата натрия с кислородсодержащими соединениями бора, углерода, фосфора, серы и металлов VI-A группы оценена вероятность протекания этих реакций. Методами потенциометрии и ИК-спектроскопии выполнена экспериментальная проверка высказанных предположений.

Ключевые слова: кислотно-основные взаимодействия, расплавы, электроосаждение, металлы, соединения

GAB Angelina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Department of Modern Engineering and Nanotechnologies of Engineering-Technological Institute, 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.@gmail.com

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

BEREZHNA Ol'ga, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Metallurgy Department, Zaporozhe State Engineering Academy (Zaporozhe, Ukraine). E-mail: berolgar@ukr.net

KRUGLYAK Dmytro, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Treatment of Metal's by Pressure, Zaporizhaska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: krugly1987@gmail.com

DZYADOK Daniil, Graduate Student of Metallurgy Department, Zaporizhaska State Engineering Academy (Zaporizhzhya, Ukraine). E-mail: admin@zgia.zp.ua

PROGNOSTICATION AND PRACTICAL REALIZATION OF ACID-BASIC CO-OPERATIONS FOR THE ELECTRODEPOSITION OF METALS AND THEIR CONNECTIONS IN TUNGSTATE FUSIONS

On the base of thermodynamic calculations for possible reactions between sodium tungstate and oxygen-containing compounds of boron, carbon, phosphorus, sulfur and VI-A groups metals was estimated the probability of these reactions. Experimental test of expressed assumptions by potentiometry and IR-spectroscopy was carried out.

Key words: acid-base co-operations, melts, electrodeposition, metals, compounds

Стаття надійшла до редакції 08.09.2017 р.
Рецензент, проф. О.П. Крупа

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