

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 4, Number 362 (2016), 26 – 31

DISSOLUTION OF THE ZINC ELECTRODE  
IN HYDROCHLORIC ACID AT POLARIZATION  
ALTERNATING CURRENT

S. S. Bitursyn<sup>1</sup>, A. B. Baeshov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Research University K. I. Satpaeva, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named D. V. Sokolskogo, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bitursyn\_saule@mail.ru, bayeshov@mail.ru

**Keywords:** AC, no steady-state current, zinc and zinc compounds, polarization.

**Abstract.** The process of electrochemical dissolution of the zinc electrode in a solution of hydrochloric acid at a polarization alternating current with a frequency of 50 Hz. The influence of various factors on the electrochemical dissolution of zinc to form its chloride. It was established that in the range of 50–2000 A/m<sup>2</sup> magnitude of the apparent current efficiency is further lowered 9492.3 to 288%. Increasing the current density at the electrodes also affects the rate of dissolution of zinc, for example,  $i = 70 \text{ A} / \text{m}^2$  zinc dissolution rate was  $\sim 3803.25 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hour}$ , while  $i = 2000 \text{ A/m}^2 \sim 6900 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hour}$ , that is with increasing current density at the zinc electrode of the zinc dissolution rate increases. It is found that with increasing concentration of hydrochloric acid and BT zinc dissolution rate of zinc dissolution increased in the range of 0.5–2.5 M% from 1298.61 to 9492.3% and the zinc dissolution rate from 476.5 g/m<sup>2</sup>·hour to 3417.25 g/m<sup>2</sup>·h. It also shows that when the duration 0.25 hours electrolysis current yield is 4819% at 0.5 h the current efficiency – .. 9000%, and with increasing duration of electrolysis VT decreases.

УДК 541.13

АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНГАН  
МЫРЫШ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ТҮЗ ҚЫШҚЫЛЫ  
ЕРІТІНДІСІНДЕ ЕРУІ

C. С. Битурсын<sup>1</sup>, А. Б. Баешов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>К. И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Д. В. Сокольский атындағы жаңармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Казахстан

**Түйін сөздер:** айнымалы ток, стационарлы емес ток, мырыш, мырыш қосылысы, поляризация.

**Аннотация.** Тұз қышқылы ерітіндісінде мырыш электродының жиілігі 50Гц өндірістік айнымалы ток қатысындағы еру заңдылықтары зерттелді. Мырыш электродтарының тұз қышқылы ерітіндісінде мырыш хлоридін түзе электрохимиялық еру ерекшеліктері анықталып, оларға әртүрлі факторлардың әсері қарастырылды. Мырыш электродын айнымалы токпен поляризациялағанда оның еруінің ток бойынша шығымы ток тығыздығын 50 A/m<sup>2</sup>-дан 2000 A/m<sup>2</sup>-қа арттырында, мырыш (II) иондары түзілуінің ТШ мәні 9492,3%-дан 288%-ға төмендейтіндігі көрсетілді. Электродтағы ток тығыздығын арттыру мырыш электродының еру жылдамдығына да әсерін тигізеді: мысалы,  $i = 70 \text{ A/m}^2$  болғанда, металдың еру жылдамдығы  $\sim 3803,25 \text{ г/m}^2 \cdot \text{сағ}$ , ал  $i = 2000 \text{ A/m}^2$  кезінде  $\sim 6900 \text{ г/m}^2 \cdot \text{сағ}$ . ерітіндігі байқалды. Мырыш (II) иондарының түзілуінің ток бойынша шығымым және металдың еру жылдамдығы тұз қышқылы концентрациясы өскен сайын өсетіні анықталды. Ток тығыздығы 50 A/m<sup>2</sup>, HCl = 0,5 M болғанда, ток бойынша шығым 1298,61%, ал еру жылдамдығы 467,5 г/m<sup>2</sup>·сағ болса, 2,5 М кезінде ТШ – 9492,3 %, ал  $v = 3417,25 \text{ г/m}^2 \cdot \text{сағ}$  күрады. Электролиз ұзактығы  $\tau = 0,25$  сағат болғанда ТШ мәні 4819% болса,  $\tau = 0,5$  сағат болған кезінде 9000%-дан жоғары, ал электролиз уақытын одан да жоғары көтергенімізде ТШ төмендейтіні байқалады.

Мырыш қосылыстары – өнеркәсіптің, техника және медицинаның әртүрлі салаларында кеңінен қолданылатын, бұрыннан жақсы белгілі қосылыстардың бірі [1]. Ол халық шаруашылығында, және медицинада қолданылады. Мырыш техникада қажетті орнын алатын (қола, латунь, т.б.) құймалардың құрамына кіреді.

Мырыш оксиді медицинада тырыстыратын мазь, паста және стоматологиялық мақсатта – дәрілік препарат, жағатын майлар құрамына кіреді [2, 3]. Одан басқа, ZnO ауруханалардың қабыргаларына жағатын фотокатализаторлық бояу ретінде де қолданылып жүр. Ол УК-сәулемен шағылысу кезінде жағымсыз иісті заттарды ыдыратып, антибактериалды әсер көрсетеді [4]. Сол сияқты, мырыш оксиді фотокатализатор ретінде суда болатын әртүрлі ластаушы заттарды ыдырату үшін де қолданылады [5-7]. Сондықтан мырыш қосылыстарын тиімді жолдармен синdezдеу казіргі таңда өзекті мәселе.

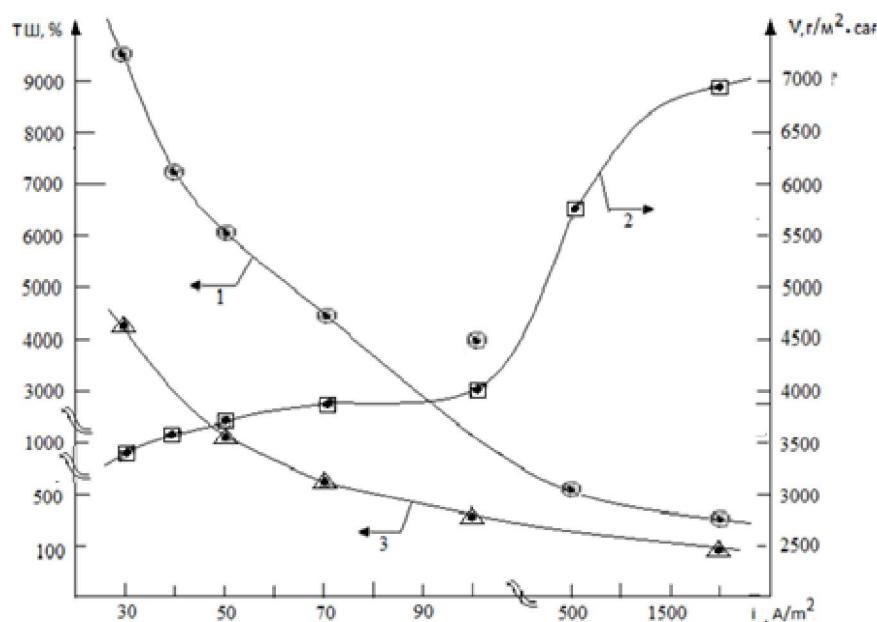
Професор А. Баешовтың ғылыми жетекшілігімен жиілігі 50Гц айнымалы токпен поляризациялау кезінде көптеген металдардың электрохимиялық қасиеттері зерттеліп, нәтижесінде стационарлы емес токтармен поляризациялай отырып металдардың көптеген неорганикалық қосылыстарын синтездеуге болатындығы көрсетілген [8-14].

Бұған дейінгі жүргізілген [15, 16] ғылыми зерттеу жұмыстарында мырыштың күкірт қышқылы және сірке қышқылы ерітіндісіндегі еруі зандастырылған. Бұл зерттеу нәтижесінде мырыш қосылыстарын алудың жаңа тиімді әдістері ұсынылды.

Мырыш электродының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиетіне арналған зерттеулер, электрод кеңістіктері бөлінбеген электрохимиялық шыны ұяшықта жүргізілді, электролиз уақытының ұзақтығы – 0,5 сағат. Электрод ретінде екі мырыш пластинкасы қолданылды. Мырыштың еріген мөлшері электрод салмағының өзгеруімен анықталды. Металдың еру қарқынын бағалау, айнымалы токтың анодтық жартылай периодына есептелінген ток бойынша шығым (ТШ) және еру жылдамдығы арқылы іске асырылды.

Тұз қышқылды ортада мырыш электродының еруінің ток бойынша шығымына – мырыш электродтарындағы ток тығыздықтарының, электролит концентрациясының, ерітінді температурасының, айнымалы ток жиілігінің және электролиз ұзақтығының әсерлері карастырылды.

Тәжірибе барысында екі мырыш электродын тұз қышқылы ерітіндісінде тұрақты және айнымалы токпен поляризациялағанда, металдың еруінің ток бойынша шығымына электродтардағы ток тығыздығының әсері зерттелді (1-сурет).



1-сурет – Мырыш (II) иондарының тұзілуінің ток бойынша шығымына (1), металдың еру жылдамдығына (2) және анодтық поляризацияланған мырыш электродының ток бойынша шығымына (3) электродтардағы ток тығыздығының әсері:  $[HCl] = 2,5M$ ;  $\tau = 0,5$  сағ.;  $t = 25^\circ C$

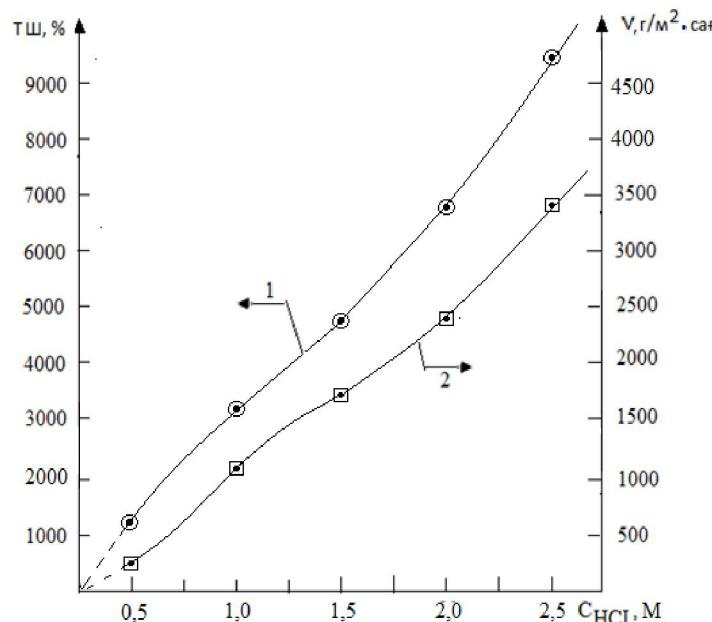
Айнымалы токпен анод жартылай периодында, мырыш электроды мына реакция бойынша тотығады:



Салыстыру максатында, мырыш электродын анодты тұрақты токпен поляризациялағанда оның еруінің ток бойынша шығымы ток тығыздығы  $30 \text{ A/m}^2$ -дан  $2000 \text{ A/m}^2$ -қа арттырғанда сәйкесінше –  $4182,6 - 215\%$  құраса, ал аталған токтың тығыздығында айнымалы токпен поляризациялағанда мырыш (II) иондары түзілуінің ТШ мәні  $9592,3\%$  –дан  $288\%-ға$  төмендегені байқалады. Электродтағы токтың тығыздығының арттыру мырыш электродының еру жылдамдығына да әсерін тигізеді: мысалы  $i = 70 \text{ A/m}^2$  болғанда, металдың еру жылдамдығы  $\sim 3803,25 \text{ g/m}^2 \cdot \text{сағ}$ , ал  $i = 2000 \text{ A/m}^2$  кезінде  $\sim 6900 \text{ g/m}^2 \cdot \text{сағ}$  еритіндігін байқады. Токтың тығыздығын одан әрі жоғарылатқанда электродтар арасындағы кернеудің жоғарылайтыны байқалады. ТШ мәнінің төмендеуін, токтың тығыздығының артуымен, электродтың пассивтелуімен және қосымша реакциялардың үлесінің артуымен түсіндіруге болады [17-20].

Арнайы жүргізілген зерттеулер, поляризация жоқ кезінде мырыш электродтарының  $2,5 \text{ M HCl}$  ерітіндісінде химиялық еруі –  $2991,5 \text{ g/m}^2 \cdot \text{сағ}$  мәнін құрайтындығы анықталды.

Зерттеу жүмысында айнымалы токпен поляризацияланған мырыштың еруіне, электролит концентрациясының әсері зерттелді. Тұз қышқылы концентрациясын  $0,5-2,5 \text{ M}$  дейін жоғарылатқанда, 2-суреттен көрініп түрғандай, мырыш (II) иондарының түзілуінің ТШ және еру жылдамдығы қарқынды өседі. Мұны, сутегі иондарының активтілігінің жоғарылауымен түсіндіруге болады.



2-сурет – Мырыш (II) иондарының түзілуінің ток бойынша шығымына (1) және металдың еру жылдамдығына (2) тұз қышқылы концентрациясының әсері:  $i = 50 \text{ A/m}^2$ ;  $t = 0,5 \text{ сағ.}$ ;  $t = 25^\circ\text{C}$

Тәжірибе көрсеткіштері бойынша, айнымалы токпен поляризациялау кезінде мырыш электродтарының еруінің мен ток бойынша шығымының  $100\%$ -дан жоғары болуын, оның теріс металл ретінде сутегі иондарымен әрекеттесіп, химиялық еруімен түсіндіруге болады.



Жоғары токтың тығыздығында электродтарда сутегі газының интенсивті бөлінуі байқалады. Катодты жартылай периодындағы бұл процесс сутегі иондарының тотықсыздану арқылы іске асады [17-20]:



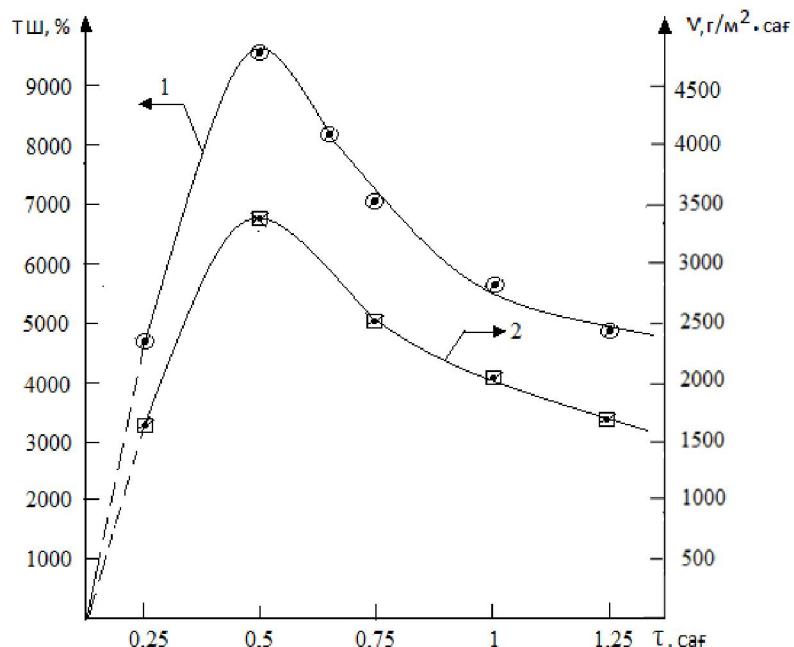
Кейбір жағдайларда сутегі газының катодта бөлінуі, гидроксоний-ионарының түрінде разрядталу арқылы да іске асырылуы мүмкін:



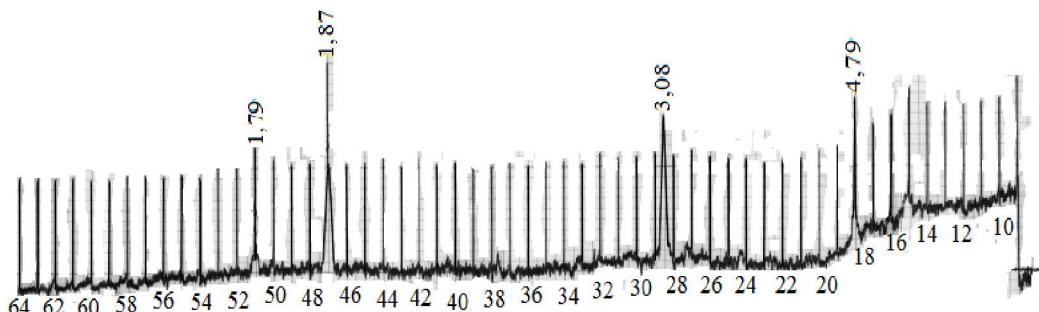
Мырыш электродын тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы токпен поляризациялаған кездегі еруін былай түсіндіруге болады. Мырыш электроды, айнымалы токтың анодтық жартылай периодта (1) реакция негізінде металл иондарын түзе ериді. Металл стандартты потенциал мәні теріс болғандықтан және мырыш иондарының катодта бөліну аса кернеулігі жоғары болғандықтан, түзілген мырыш иондарының айнымалы токтың катод жартылай периодында қайта тотықсыздануы іске аса қоймайды. Нәтижесінде катодта сутегі иондарының разрядталуы ғана жүреді. Электролиз нәтижесінде мырыш электродтарының бағытталған еруі байқалады.

Сонымен қатар тәжірибеде 2,5M тұз қышқылы ерітіндісінде, мырыш электродындағы токтығыздығын 30  $\text{kA}/\text{m}^2$  болғандағы электролиз ұзақтығының әсері қарастырылды. Электролиз уақытын 0,25 сағаттан 1,25 сағатқа дейін арттырығанда ток бойынша шығым 0,5 сағатқа дейін жоғарылады, одан әрі төмендегені байқалады (3-сурет), бұл құбылыс қосымша жүретін реакциялар жылдамдығының артуына байланысты.

3-сурет – Мырыш (II) иондарының ток бойынша түзілүш шығымына (1) және еру жылдамдығына (2) электролит температурасының әсері:  
 $i = 50 \text{ A}/\text{m}^2$ ,  $[\text{HCl}] = 2,5 \text{ M}$



Электрохимиялық жолмен алынған мырыш қосылыстарының химиялық құрамына рентгенографиялық зерттеулер жүргізілді. 4-суретте мырыш (II) хлоридінің рентгенограммасы келтірілген, бұл суреттегі жазықтықтардың арасындағы аралық қашықтық ( $d/n$ ) мәндері ASTM картотекасының мәндеріне сәйкес келеді: 1,79, 1,87, 3,08, 5,79. Электролиз нәтижесінде мырыш хлориды қосылысы түзілестіндігі көрсетілген.



4-сурет – Электрохимиялық жолмен алынған мырыш хлоридінің рентгенограммасы.

Зерттеу нәтижелері негізінде мырыш электродтарын айнымалы токпен поляризациялау арқылы мырыштың негізгі қосылыстарының бірі болып табылатын мырыш хлоридін алуға болатындығын көз жеткізуге болады.

### ӘДЕБІЕТ

- [1] Brown E.H. Zinc oxide: Properties and applications. – N.Y.: Pergamon press, 1976. – 112 p.
- [2] Pat. 82305 CPP, MKI A 61 K 35/64, A 61 K 33/30. Produs medicamentos de uz stomatologic si procedeu de preparare a acestuia / C. Polinieniu, S. Calauz, A. Rotar, M. Rotar, S. Toader, I. Ban, C. Nistor, H. Popescu (CPP); Institutul de Medicina si Farmacie. Cluj-Napoca (CPP). Опубл. 30.07.83.
- [3] Заявка 2316068 Великобритания, МПК<sup>6</sup>, С 01 G 9/02. Zinc oxide dispersions. Опубл. 18.02.98.
- [4] Photocatalyst coating of zinc oxide // Techno Japan. – 1995. – 28, № 2. – P. 106.
- [5] Villasenor I., Reyes P., Pecchi G. Photodegradation of pentachlorophenol of ZnO // J. of Chemical Technology and Biotechnology. – 1998. – 72, № 2. – P. 105-110.
- [6] Schubnell M., Kamber I., Beaud P. Photochemistry at high temperature- potential of ZnO as a high temperature catalyst // Applied Physics A. – 1997. – 64, № 1. – P. 109-113.
- [7] Заявка 1138632 ЕПВ, МПК<sup>7</sup> С 01 B 13/24, С 01 G 23/07. Dotiertes Titandioxide / S.-U. Geissen, I. Hemme, H. Mangold, A. Moiseev (ЕПВ); Degussa AG (ЕПВ). Опубл. 04.10.01.
- [8] Баешов А.Б. Электрохимические процессы при поляризации нестационарными токами // Известия НАН РК. – 2011. – № 2. – С. 3-23.
- [9] Стендер В.В. Прикладная электрохимия. – Харьков, 1961. – 541 с.
- [10] Прикладная электрохимия / Под ред. проф. А. П. Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.
- [11] Баешов А.Б. Электрохимические процессы при поляризации нестационарными токами // Известия НАН РК. – 2011. – № 2. – С. 3-23.
- [12] Баешов А.Б. Электрохимический синтез неорганических соединений // Нац. Доклад НАН РК за 2011 год. – Астана–Алматы, 2011. – Т. 8. – С. 5-64.
- [13] Баешов А. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 108 с.
- [14] Баешов А., Баешова А.К. Электрохимические способы получения неорганических веществ. – Lambert: Academic Publishing, 2012. – 72 с.
- [15] Баешов А.Б., Битурсын С.С. Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының сірке қышқылы ерітіндісінде еруі «Тау-металургия салаларының даму болашағы мен мәселелері: теория және практика» «Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өндіреү жөніндегі үлттық орталығы» РМК-ның 20-жылдығы мен Ж. Әбіпев атындағы Химия-металлургия институтының 55-жылдығына арналған Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары. – Қарағанды, 2013. – 77-80 бб.
- [16] Битурсын С.С., Баешов С.С., Сарбаева Г.Т. Стационарлы емес токпен поляризацияланған мырыш электродының құқырт қышқылы ерітіндісінде еруі // Қазақстан Республикасының Үлттық Ғылым академиясының хабаршысы. «Химия және технология сериясы». – 2014. – № 1 (403). – 76-81 бб.
- [17] Коробочкин В.В., Ханова Е.А. Разрушение никеля и кадмия при электролизе переменным током в щелочном электролите // Известия Томского политехнического университета. – 2003. – Т. 306, № 1. – С. 36-41.
- [18] Шульгин, Л.П. Перепряжение электродных реакций в растворах при прохождении симметричного переменного тока // Журн. физич. химии. – 1979. – № 3. – С. 2048-2051.
- [19] Никифорова Е.Ю., Килимник А.Б. Закономерности электрохимического поведения металлов при наложении переменного тока // Вестник ТГТУ. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 604-614.
- [20] Шульгин, Л.П. Электрохимические процессы на переменном токе. – Л. : Наука, 1974. – 74 с.

### REFERENCES

- [1] Brown E.N. Zinc oxide: Properties and applications. N.Y.: Pergamon press, 1976. 112 p.
- [2] Pat. 82305 CPP, MKI A 61 K 35/64, A 61 K 33/30. Produs medicamentos de uz stomatologic si procedeu de preparare a acestuia / C. Polinieniu, S. Calauz, A. Rotar, M. Rotar, S. Toader, I. Ban, C. Nistor, H. Popescu (CPP); Institutul de Medicina si Farmacie. Cluj-Napoca (CPP). Publ. 07.30.83.
- [3] Application 2316068 Great Britain, MPK6, C 01 G 9/02. Zinc oxide dispersions. Publ. 02.18.98.
- [4] Photocatalyst coating of zinc oxide // Techno Japan. 1995. 28, N 2. P. 106.
- [5] Villasenor I., Reyes P., Pecchi G. Photodegradation of pentachlorophenol of ZnO // J. of Chemical Technology and Biotechnology. 1998. 72, N 2. P. 105-110.
- [6] Schubnell M., Kamber I., Beaud P. Photochemistry at high temperature- potential of ZnO as a high temperature catalyst // Applied Physics A. 1997. 64, N 1. P. 109-113.
- [7] Application EPO 1138632, C 01 MPK7 In 13/24, C 01 G 23/07. Dotiertes Titandioxide / S.-U. Geissen, I. Hemme, H. Mangold, A. Moiseev (EPO); Degussa AG (EPO). Publ. 04.10.01.
- [8] Baeshov A.B. Electrochemical processes in non-stationary polarization currents. Proceedings of National Academy of Sciences of Kazakhstan. 2011. N 2. P. 3-23.
- [9] Stender V.V. Applied Electrochemistry. Kharkov, 1961. 541 p.
- [10] Applied Electrochemistry / Ed. Prof. A. P. Tomilova. M.: Chemistry, 1984. 520 p.

- [11] Baeshov A.B. Electrochemical processes in non-stationary polarization currents. Proceedings of National Academy of Sciences of Kazakhstan. 2011. N 2. P. 3-23.
- [12] Baeshov A.B. Electrochemical synthesis of inorganic compound. Nat. Report of the National Academy of Sciences of Kazakhstan. For 2011. Astana-Almaty, 2011. Vol. 8. P. 5-64.
- [13] Baeshov A.B. Electrochemical methods of extracting copper, chalcogen compounds and synthesis. Alma-Ata: Science, 1990. 108 p.
- [14] Baeshov A.B., Baeshova A.K. Electrochemical methods of preparation of inorganic substances. Lambert: Academic Publishing, 2012. 72 p.
- [15] Baeshov A.B., Bitursyn S.S. Aynimaly tokpen polyarizatsiyalangan myrysh elektrodynyn sirke kyshqily eritindisinde erui "Tau-metallurgiya salalaryn lady bolashagy changed Maseleleri theory zhane practice" "Kazakhstan Respublikasyny mineraldyk shikizatty keshendi kayta endeu zhənindegi Ultyk ortalgy" RMK-20 nyn zhvldyry changed Zh. Əbishev atyndagy Chemistry-Metallurgy institutynyn 55 zhyldygyna arnalgan Halyқaralyk gylymi-təzhiribeli konferentsiyanyň Materialdary. Karagandy, 2013. P. 77-80.
- [16] Bitursyn S.S., Baeshov A.B., Sarbayeva G.T., Statsionarly emes tokpen polyarizatsiyalangan myrysh elektrodynyn kykirt kyshkyly eritindisinde erui. Kazakhstan Respublikasyny Ultyk Gylym akademiyasyny habarshysy. "Chemistry zhane seriyasy technology". 2014. N 1 (403). P. 76-81.
- [17] Korobochkin V.V. Khanova E.A. Destruction of nickel and cadmium in the electrolysis of an alternating current in an alkaline electrolyte // Bulletin of the Tomsk polytechnic university. 2003. Vol. 306, N 1. P. 36-41.
- [18] Shulgin L.P. Perepryazhenie electrode reactions in solution during the passage of the symmetrical AC // Journal. Fiz. chemistry. 1979. N 3. P. 2048-2051.
- [19] Nikiforov E.J., Klimnik A.B. Laws of the electrochemical behavior of metals when applying AC // Herald TSTU. 2009. Vol. 15, N 3. P. 604-614.
- [20] Shulgin L.P. Electrochemical processes using alternating current. AL: Nauka, 1974. P. 74.

## РАСТВОРЕНИЕ ЦИНКОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

**С. С. Битурсын<sup>1</sup>, А. Б. Баевов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** переменный ток, не стационарный ток, цинк, соединения цинка, поляризация.

**Аннотация.** Исследован процесс электрохимического растворения цинкового электрода в растворе соляной кислоты при поляризации переменным током с частотой 50 Гц. Изучено влияние разных факторов на электрохимическое растворение цинка с образованием его хлорида. Установлено, что в интервале 50–2000 А/м<sup>2</sup> величина кажущего выхода по току составляет 9492,3% далее снижается до 288%. Повышение плотности тока на электродах также влияет на скорость растворения цинка, например, при  $i = 70 \text{ A/m}^2$  скорость растворения цинка составила ~3803,25 г/м<sup>2</sup>·ч, а при  $i = 2000 \text{ A/m}^2 \sim 6900 \text{ g/m}^2\cdot\text{ч}$ , т.е. с увеличением плотности тока на цинковом электроде скорость растворения цинка растет. Установлено, что с увеличением концентрации соляной кислоты ВТ растворения цинка и скорость растворения цинка повышаются в интервале 0,5–2,5 М от 1298,61 до 9492,3%, а скорость растворения цинка от 476,5 до 3417,25 г/м<sup>2</sup>·ч. Также показано, что при продолжительности электролиза 0,25 ч выход по току составляет 4819%, при 0,5 ч выход по току – 9000%, а с увеличением продолжительности электролиза ВТ понижается.

Поступила 21.06.2016 г.