

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 2, Number 306 (2016), 77 – 81

UDC 541.1.38

**DISSOLUTION OF NICKEL AT POLARIZATION BY ALTERNATING CURRENT IN
SULPHATE SOLUTION****A.B. Bayeshov¹, A.S. Kadirbayeva², A.K. Bayeshova³, M.U. Abilova⁴**^{1,2} «Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry of D.V. Sokolsky», Almaty, Kazakhstan^{3,4} Kazakh national university named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstanbayeshov@mail.ru, altinay_aidyn2789@mail.ru, azhar_b@bk.ru**Key words:** electrolysis, alternating current, nickel, electrode, polarization.

Abstract. In this work the regularities of dissolution of nickel at polarization by industrial alternating current with a frequency of 50 Hz of a pair of electrodes nickel-titanium in sulfuric acid solution are investigated. The features of the dissolution of nickel in sulfuric acid forming nickel sulfate (NiSO_4) are defined and the effect of the main electrochemical parameters (current density, electrolyte concentration) to the yield on current of nickel dissolution is considered. With increasing of the current density in the interval 10-300 g/m^2 on a titanium electrode the yield on current of nickel dissolution higher than 100%. At this moment the maximum value of speed of dissolution of nickel is equal to 150 $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$. Change of current density on the nickel electrode in the interval 50-300 A/m^2 the yield on current of formation of nickel sulfate is reduced from 160% for 60%.

УДК 541.1.38

**АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНҒАН НИКЕЛЬДІҢ КҮКІРТ
ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕ ЕРУ****А.Б. Баешов¹, А.С. Кадирбаева², А.Қ. Баешова³, М.У. Абилова⁴**^{3,4} Әл-Фараби атындағы Қазақ-Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан^{1,2} «Д.В.Сокольский атындағы органикалық катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы,
Қазақстанbayeshov@mail.ru, altinay_aidyn2789@mail.ru, azhar_b@bk.ru**Тірек сөздер:** электролиз, айнымалы ток, никель, электрод, поляризация.

Аңдағна. Бұл ғылыми еңбекте күкірт қышқылы ерітіндісінде никель-титан жұбы электродтарын жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезінде никельдің еру заңдылықтары зерттелінді. Никель электродтарының күкірт қышқылы ерітіндісінде никель (II) сульфатын (NiSO_4) түзе еру ерекшеліктері анықталып, оларға негізгі электрохимиялық параметрлердің (ток тығыздығы, ертінді концентрациясы) әсерлері қарастырылды. Титан электродындағы ток тығыздығын 10-300 кА/м^2 аралығында арттырғанда, никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымы 100 %-дан асатындығы көрсетілді. Осы кезде, никельдің еру жылдамдығының максималды мәні 150 $\text{г/м}^2 \cdot \text{сағ}$ құрайды. Никель электродының ток тығыздығының әсерін 50-300 А/м^2 интервалында өзгерткенде, никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымы 160%-дан 60 %-ға дейін төмендейтіндігі көрсетілді.

Никельдің - механикалық, электрлік және термоэлектрлік, магниттік қасиеттеріне байланысты және коррозияға төзімділігі өте жоғары болғандықтан құймалар (темір, хром, мыс) алуда кеңінен қолданылады. Ғарыш техникасының дамуына байланысты жоғары температураға төзімді хромникельді құймалар алуда және сілтілі аккумуляторлар жасауда да пайдаланылып келеді. Соңғы жылдары таза никель химиялық аппараттар жасауда және көптеген химиялық процестерде катализатор ретінде де қолданылып жүр [1-6]. Никельдің металл түріндегі қалдықтарын өңдеп, оның пайдалы қосылыстарын алу актуальды проблемалардың бірі.

Айнымалы токтың түрлі формаларын пайдалану, металдардың анодты еру процесінің

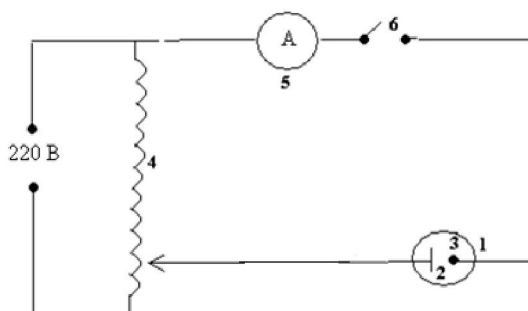
интенсивті жүруіне және электродтың пассивацияланбауына мүмкіндік береді [7-17]. Жиілігі 50 Гц айнымалы ток электролизі кезінде, электродта бағытталған реакциялар орын алып, электролиз нәтижесінде металл оксидтерінің түзілуі [18-20] жұмыстарда көрсетілген.

Ғылыми жұмыстың мақсаты – жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен никель-титан жұбы электродтарын поляризациялау кезінде күкірт қышқылы ерітіндісіндегі никельдің электрохимиялық еруін зерттеу.

Айнымалы токпен поляризациялау арқылы никель электродын күкірт қышқылы ерітіндісінде ерітуге арналған электролиз қондырғысының жалпы көрінісі 1-суретте келтірілген.

Тәжірибелер электрод кеңістігі бөлінбеген сыйымдылығы 100 мл-лік термостатты шыны электролизерде (1) жүргізілді. Электролит ретінде күкірт қышқылы ерітіндісі пайдаланылды. Электродтар ретінде титан сымының (3) шеткі беті (ауданы $3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$) және никельден (2) жасалған (өлшемі $11,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$) тік бұрышты пластинкасы қолданылды. Электролизердегі электродтардың арақашықтығы 2,5 см. Электролиз ұзақтығы - 0,5 сағ. Тізбектен өткен айнымалы ток зертханалық трансформаторлар (4) (ЛАТР) көмегімен басқарылып, ток күші айнымалы ток амперметрі (5) арқылы өлшенді. Ток бойынша шығымы айнымалы токтың анодты жартылай периодына есептелінді.

Зерттеу барысында никель электродының еруінің жылдамдығына және никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымына титан электродындағы ток тығыздығының ($10-300 \text{ кА/м}^2$), никель электродындағы ток тығыздығының ($50-300 \text{ А/м}^2$), күкірт қышқылы ерітіндісінің концентрациясының ($50-200 \text{ г/л}$) әсерлері зерттелінді.



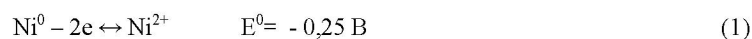
1 – электролизер, 2 – никель электроды, 3 - титан электроды, 4 - айнымалы ток көзі - ЛАТР, 5 – амперметр, 6 – кілт

1-сурет – Айнымалы токпен поляризацияланған никель электродын күкірт қышқылы ерітіндісінде электрохимиялық ерітуге арналған қондырғының принципальды схемасы

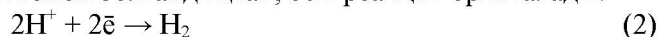
Жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі күкірт қышқылы ерітіндісінде никель электродының еруіне титан электродының ток тығыздығының әсері зерттелінді және никель электродының еру жылдамдығы есептелінді (2-сурет). Титан электродындағы ток тығыздығын $10-300 \text{ кА/м}^2$ аралығында жоғарылату барысында, никель электродының еруінің ток бойынша шығымы артады.

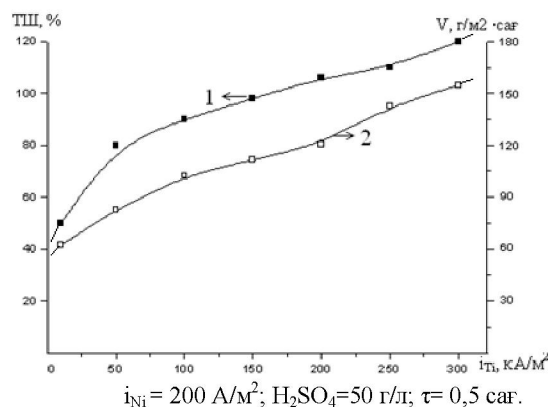
Бұл құбылысты ток тығыздығының өсуіне байланысты әртүрлі жартылай өткізгіштік қасиетке ие Ti_xO_y оксид пленкаларының түзілуімен түсіндіруге болады. Осы кезде, никельдің еру жылдамдығының максималды мәні $150 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сағ}$ құрайды, ал еруінің ток бойынша шығымы 120 %. Никельдің еруінің ток бойынша шығымының 100 %-дан асуы, бұл металдың теріс металл ретінде күкірт қышқылында еруімен түсіндіруге болады.

Зерттеу нәтижелері поляризацияланбаған никель электроды сұйытылған күкірт қышқылы ерітіндісінде ерімейтіндігін көрсетті, тек беттік әрекеттесу ғана жүзеге асады. Никель электродын айнымалы токпен поляризациялау барысында, айнымалы токтың анодтық жартылай периодында никель тотығады:



Ал, катодтық жартылай периодта никель электродының бетінде сутегі иондарының тотықсыздану аса кернеулігі төмен болғандықтан, осы реакция орын алады:





2-сурет – Никель-титан электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде никельдің еруінің ток бойынша шығымына (1) және никель электродының еру жылдамдығына (2) титан электродындағы ток тығыздығының әсері

ал, никель иондарының қайта тотықсыздануының үлесі күкірт қышқылы концентрациясы төмендеген сайын арта түседі:



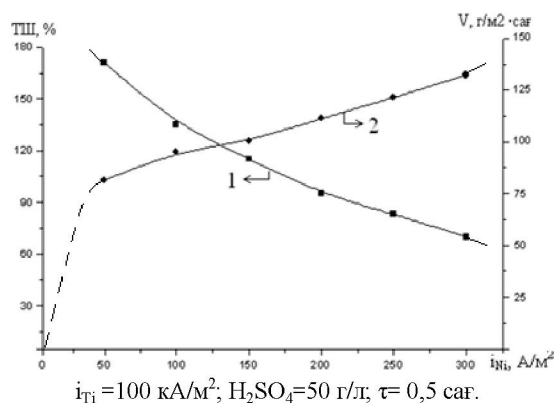
ал өте қышқылды ортада (3) реакцияның жылдамдығы үрт төмендейді.

Күкірт қышқылды ортада никель иондары сульфат- иондарымен әрекеттесіп никель сульфаты түзіледі:



Никель электроды еріп никель сульфатының түзілуі нәтижесінде электролизердегі электролит жасыл түске ие болады. Түзілген никель (II) сульфаты, металдардың бетін коррозиядан қорғаушы қаптама ретінде, металдар бетін никельдеу өндірісінде кеңінен қолданылады. Ал, өте жұқа никель қаптамалары тұрмыста және өндірісте жиі пайдаланыс тауып келеді.

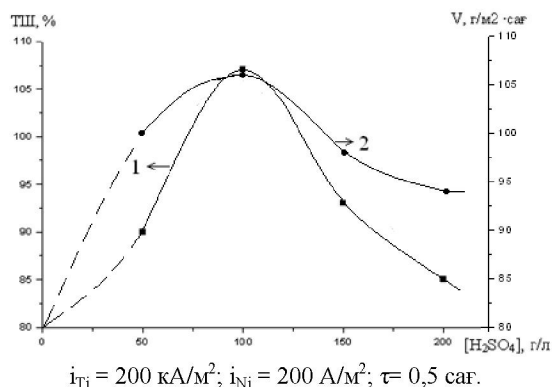
3-суретте көрсетілгендей, никель-титан электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде, никельдің еру жылдамдығына және никельдің еруінің ток бойынша шығымына, никель электродындағы ток тығыздығының әсері зерттелінді. Никель электродының ток тығыздығының әсерін 50-300 А/м² интервалында өзгерткенде, никель электродының еруінің ток бойынша шығымы 160%-дан 60%-ға дейін төмендейді. Ал, никель электродындағы ток тығыздығының артуымен, никельдің еру жылдамдығы 90 г/м²·сағ-тан 135 г/м²·сағ - қа дейін артады.



3-сурет – Никель-титан электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымына(1) және никель электродының еру жылдамдығына (2) никель электродындағы ток тығыздығының әсері

Никель-титан электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде никельдің еруінің ток бойынша шығымына күкірт қышқылы ерітіндісінің концентрациясының әсері 4-суретте көрсетілген. Алынған тәуелділіктен қышқыл концентрациясының артуымен, никель электродының еру жылдамдығының оның еруінің ток бойынша шығымының мәндері максимум арқылы өтетінін көруге болады. Қышқыл концентрациясы 100 г/л-ге арттырғанда, никельдің еру жылдамдығының

және никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымы максималды мәнге жетеді, ал одан ары қарай қышқыл концентрациясының артуымен ток бойынша шығым төмендейді.



4-сурет – Никель-титан электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымына (1) және никель электродының еру жылдамдығына (2) күкірт қышқылы ерітіндісінің концентрациясының әсері

Күкірт қышқылы ерітіндісінің концентрациясының артуымен, түзілген тұздың электрод бетіне қапталуы орын алып, активті электрод бетін тұзды пассивацияға ұшыратады. Бұл жағдай, электродтың еру жылдамдығы мен никель сульфатының түзілуінің ток бойынша шығымының төмендеуіне әкеледі.

Электролизден кейін электролитті буландырып алынған тұнбаға рентгенофазалық және химиялық анализ жасалынды. Анализ нәтижелері $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ қосылысының түзілетіндігін көрсетті.

Сонымен, электролиз нәтижелері, никель-титан электродтарын жұптастырып күкірт қышқылы ерітіндісінде жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезінде никельдің жоғары ток бойынша шығыммен никель сульфатын түзе ерітіндігі анықталды. Электролиздің оңтайлы параметрлері қалыптастырылды: титан электродының ток тығыздығы 300 кА/м^2 , никель электродындағы ток тығыздығы 50 А/м^2 , күкірт қышқылы ерітіндісінің концентрациясы 100 г/л . Айнымалы токты пайдалану арқылы тұрмыста және өндірісте кеңінен қолданылатын $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ қосылысы синтезделетіндігі анықталды.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ / под ред. Р.А. Лидина. – М.: Химия, 2000. - 480 с.
- [2] Береговский В. И. Никель и его значение для народного хозяйства. – Москва: Металлургия, 1964. - 405с.
- [3] Дрица М. Е. Свойства элементов / Справочник. под общей ред. зас. – Москва: Металлургия, 1985. - 600с.
- [4] Самсонова Г. В. Физико-химические свойства элементов. Академия наук Украинской ССР институт проблем материаловедения / Справочник. Под ред. чл. Корр. АН УССР. – Киев: 1965. - 806с.
- [5] Кубасов В.Л. Банников В.В. Электрохимическая технология неорганических веществ/ Учеб. для техникумов хим- технол. спец. – Москва: Химия, 1989. - 288с.
- [6] Абрикосов А.А. Основы теории металлов. Учеб. руководство. – М.: Наука, 1987. – 520 с.
- [7] Баешов А. Электрохимические процессы при поляризации нестационарными токами// Известия НАН РК. Серия химия и технологии. - 2011. - №2. – С.3-23.
- [8] Баешов А. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. Алма-Ата: Наука, 1990, 108 с.
- [9] Баешов А., Баешова А.К. Электрохимические способы получения неорганических веществ. - Lambert: Academic Publishing, 2012. - 72 с.
- [10] Бекенова Г.С., Баешов А.Б. Айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі никель электродтарының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеттері // Қ.А.Ясауи атындағы ХҚТУ хабаршысы. -2003. - №2. – 40-43 б.
- [11] Бекенова Г.С., Баешов А.Б., Қоңырбаев А.Е. Өндірістік жиіліктегі стационарлы емес токпен поляризацияланған никель электродының қышқыл ортадағы электрохимиялық еру процесін зерттеу // Қ.А. Ясауи атындағы ХҚТУ хабаршысы. – 2003. - №6. – 9-14 б.
- [12] Баешов А.Б., Бекенова Г.С., Баешова А.К., Қоңырбаев А.Е. Айнымалы асимметриялық токпен қышқыл ортада поляризацияланған никель электродының электрохимиялық қасиеттері // ҚР Ұлттық Ғылым Академиясының хабаршысы. – 2004. - №6. – 171-175 б.
- [13] Бекенова Г.С., Баешов А.Б., Қоңырбаев А.Е. Никельдің металл қалдықтарынан айнымалы токпен

поляризациялау арқылы оның неорганикалық қосылыстарын синтездеу // Изденіс. Жаратылыстану және техникалық ғылымдар сериясы. – 2004. - №1(2). – 18-21 б.

[14] Бекенова Г.С., Баешов А.Б. Азот қышқылы ерітіндісінде айнымалы токпен поляризацияланған никель электродының электрохимиялық қасиеттері // Изденіс. Жаратылыстану және техникалық ғылымдар сериясы. – 2005. - №1(2). – 18-21 б.

[15] Баешов А.Б., Бекенова Г.С., Баешова А.Қ. Нейтрал ортада никель электродының айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері // «Е. Бөкетовтің ғылыми мұрасы» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Петропавл, 2005. – 122-124 б.

[16] Баешов А.Б., Бекенова Г.С., Баешова А.Қ. Нейтрал ортада айнымалы ассиметриялық токпен поляризацияланған никель электродының электрохимиялық қасиеттері // «Шоқан тағылымы - 10» атты Халықаралық ғылыми конференциясы. – Көкшетау, 2005. – 216-222 б.

[17] Бекенова Г.С., Баешов А.Б. Никель электродының айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеті // «Электрохимия және катализ саласындағы инновациялық нанотехнологиялар» Халықаралық ғылыми конференциясының тезистері. – Алматы, 2006. – 54 б.

[18] A. B. Baeshov, A.S. Kadirbayeva, M. J. Jurinov. Dissolution of a copper electrode in sulfuric Acid at polarization by an industrial Alternating current. International Journal of Chemical Science. Int. J. Chem. Sci.: 12(3), 2014. – P. 1009-1014.

[19] Бекенова Г.С., Баешов А.Б., Орынбаева А. Никель электродының калий сульфаты ерітіндісінде айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері // Қ.А.Ясауи атындағы ХҚТУ хабаршысы. – 2004. - №2. – 40- 43.

[20] Бекенова Г.С., Баешов А.Б., Қоңырбаев А.Е. Никель электродының калий хлориді ерітіндісінде айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі электрохимиялық қасиеттері // Промышленность Казахстана. – 2004. - №3(24). - 34-35 б.

REFERENCES

[1] Lidin R.A., Molochko B.A., Andreeva L.L. Himicheskie svoistva neorganicheskikh veshestv. M.: Himiya, 2000. – 480 p. (in Russ.).

[2] Beregovskii V.I. Nikel i ego znachenie dlya narodnogo hozaystva. – M.: Metallurgiya, 1964. – 405 p. (in Russ.).

[3] Drica M.E. Svoistva elementov. – M.: Metallurgiya, 1985. – 600 p. (in Russ.).

[4] Samsonova G.B. Fiziko-himicheskie svoistva elementov. – Kiev, 1965. – 806 p. (in Russ.).

[5] Kubasov B.L., Bannikov B.B. Elektrohimiicheskaya tehnologiya neorganicheskikh veshestv. – M.: Himiya, 1989. – 288 p. (in Russ.).

[6] Abrikosov A.A. Osnovi teorii metallov. - M.: Nauka, 1987. – 520 p. (in Russ.).

[7] Bayeshov A. Izvestiya NAS RK. – 2011. - № 2. – P. 3-23.

[8] Bayeshov A. Elektrohimiicheskkiye metodi izvlecheniya medi, halkogenov, i sinteza ih soedinenii. Alma-Ata: Nauka, 1990, 1089 p. (in Russ.).

[9] Bayeshov A., Bayeshova A.K. Elektrohimiicheskkiye sposobi polucheniya neorganicheskikh veshestv. – Lambert: Academic Publishing, 2012. - 72 p. (in Russ.).

[10] Bekenova G.S., Bayeshov A. *HKTU habarshisi*, 2003. - №2. – 40-43 p. (in Kazakh).

[11] Bekenova G.S., Bayeshov A., Konurbayev A.E. *HKTU habarshisi*, 2003. - №6. – 9-14 p. (in Kazakh).

[12] Bayeshov A., Bekenova G.S., Bayeshova A.K. Konurbayev A.E. *Izvestiya NAS RK*, 2004. - №6. – 171-175 p. (in Kazakh).

[13] Bekenova G.S., Bayeshov A., Konurbayev A.E. *Izdenis*, 2004. - №1(2). – 18-21 p. (in Kazakh).

[14] Bekenova G.S., Bayeshov A. *Izdenis*, 2005. - №1(2). – 18-21 p. (in Kazakh).

[15] Bayeshov A., Bekenova G.S., Bayeshova A.K. E. *Buketov conference*, 2005. – 122-124 p. (in Kazakh).

[16] Bayeshov A., Bekenova G.S., Bayeshova A.K. *Shokan tagilimi conference*, 2006. – 54 p. (in Kazakh).

[17] Bekenova G.S., Bayeshov A. *Konference tezisi*, 2006. - 54 p. (in Kazakh).

[18] A. B. Baeshov, A.S. Kadirbayeva, M. J. Jurinov. *International Journal of Chemical Science. Int. J. Chem. Sci.:* 12(3), 2014. – P. 1009-1014. (in Eng).

[19] Bekenova G.S., Bayeshov A., Orinbayeva A. *HKTU habarshisi*, 2004. - №2. – 40-43 p. (in Kazakh).

[20] Bekenova G.S., Bayeshov A., Konurbayev A.E. *Promishlennost Kazakhstana*, 2004. - №3(24). - 34-35 p. (in Kazakh).

РАСТВОРЕНИЕ НИКЕЛЯ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В СЕРНОКИСЛОМ РАСТВОРЕ

А.Б.Баешов¹, А.С. Кадирбаева², А.К. Баешова³, М.У. Абилова⁴
bayeshov@mail.ru, altinay_aidyn2789@mail.ru, azhar_b@bk.ru, abilovs@mail.ru

Ключевые слова: электролиз, переменный ток, никель, электрод, поляризация.

Аннотация. В данной работе исследованы закономерности растворения никеля при поляризации промышленным переменным током с частотой 50 Гц пары электродов никель-титан в сернокислотном растворе. Определены особенности растворения никеля в серной кислоте образующего сульфата никеля (NiSO₄) и рассмотрено влияние основных электрохимических параметров (плотность тока, концентрация электролита) на выход по току растворения никеля. С повышением плотности тока в интервале 10-300 кА/м² на титановом электроде, выход по току растворения никеля выше 100%. В этот момент максимальное значение скорости растворения никеля составляет 150 г/м²·ч. Изменение плотности тока на никелевом электроде в интервале 50-300 А/м² выход по току образование сульфата никеля снижается с 160% на 60%.

Поступила 12.03.2016 г.