

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

4 (72)

ОКТЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2020 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2020

А. Б. БАЕШОВ, Б. Э. МЫРЗАБЕКОВ, У. А. АБДУВАЛИЕВА

«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан Республикасы

СЕЛЕНИТ-ИОНДАРЫ БАР ТҮЗ ҚЫШҚЫЛДЫ МЫС (II) ЕРІТІНДІСІНДЕ МЫС ЭЛЕКТРОДТАРЫН ӨНДІРІСТІК АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕ СЕЛЕН ҰНТАҚТАРЫНЫҢ ТҮЗІЛУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

Аннотация. Мақалада төрт валентті селен иондарының тұз қышқылды мыс (II) ерітіндісінде мыс электродтарын өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі селен ұнтақтарының түзілу заңдылықтары алғаш рет зерттелінді. Зерттеу жұмыстары барысында екі мыс электродын өндірістік айнымалы токпен поляризациялаған кезде селен ұнтақтарының түзілетіндігі алғаш рет көрсетілді. Ұнтақтардың электродтар бетінде де және электролит кеңістігінде де түзілетіндігі анықталды. Электролиз кезінде тұз қышқылы ерітіндісінде мыс пластинкаларының бетінде қара түсті – мыс селениді және қызыл түсті аморфты селен ұнтақтары, ал электролит кеңістігінде таза қызыл түсті аморфты селен ұнтақтарының түзілетіндігі анықталды. Айнымалы токпен поляризацияланған мыс электродының анод жартылай периодында бір валентті мыс иондары түзілетіндігі, ал катод жартылай периодында мыс (II) иондары мыс (I) иондарына дейін тотықсызданып және бұл иондардың ерітінді кеңістігінде селен (IV) иондарын химиялық жолмен тотықсыздандыру нәтижесінде селен ұнтақтарының жоғарғы ток бойынша шығыммен түзілетіндігін көрсетеді. Сонымен қатар мақалада түзілген ұнтақтардың микроскопиялық және рентгенофазалық зерттеу нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: селен, айнымалы ток, ұнтақ, мыс электроды, тұз қышқылы, электрохимия, электролиз.

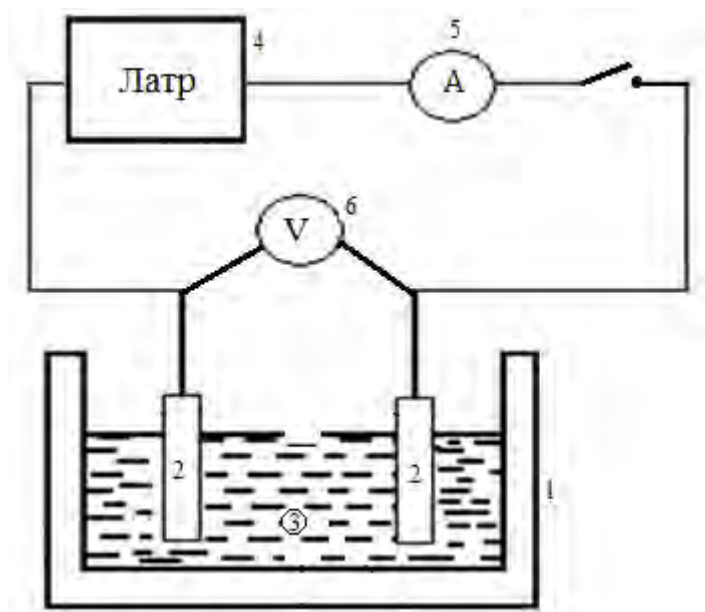
Халкогендердің өкілі болып табылатын селен – технологиялық және биологиялық маңызды элементтердің бірі. Селен элементімен жартылай-өткізгіш технологиясы, целлюлозды-қағаз, минералды тыңайтқыштар және түсті металлургия өндірістері тығыз байланысты. Бұл элементтің биологиялық маңыздылығы оның адам организміндегі күшті табиғи антиоксидант қызметін атқаратындығы және де, метаболизм процесіне қатысып организмнің иммунологиялық жүйесін күшейтіп оны қолдайтындығы. Дегенмен, селен - адам организмі үшін қауіпті. Оның организмге қауіпсіз тәуліктік қажеттілігі 50–220 мкг. Осыған орай селеннің жетіспеушілігі ғана емес, әртүрлі өндіріс орындарынан шығатын селен қосылыстарының қалдықтарының қрошаған ортаға тасталуы, адам өмірі үшін қауіпті аурулардың тууына алып келеді. Сондықтан қазіргі таңда құрамында селені бар қалдықтарды әртүрлі әдістермен залалсыздандырып, олардан селеннің пайдалы қосылыстарын алу жұмыстары жан-жақты жүргізілуде.

Қазіргі заман техникасының сұранысына ие болып жүрген бұл элементке және оның қосылыстарына қойылатын негізгі талап – олардың өте таза

болуы. Аталған элементтің қолданылу кеңістігі ұлғайған сайын оның химиялық, физико-химиялық және электрохимиялық қасиеттерін зерттеу қажеттілігі және олардың таза немесе тазалығы өте жоғары қосылыстарын алу технологиясын жасау мәселелері туындап отыр [1, 2].

Осыған орай біздің жұмысымызда дисперстілігі өте жоғары селен ұнтақтарын алуға мүмкіндік беретін электрохимиялық зерттеулер жүргізілді.

Біздің тәжірибелеріміз электрод кеңістіктері бөлінбеген электролизерде жүргізілді. Электролит ретінде екі валентті мыс иондары бар тұз қышқылы және төрт валентті селен иондарының ерітіндісі, ал электродтар ретінде екі мыс пластинасы қолданылды. Электролиз нәтижесінде түзілген ұнтақ массасы анықталып, селен ұнтағының түзілуінің ток бойынша шығым есептелінді. Электронды микроскопиялық – (СЭМ) JSM-5300LV типті сканирлеуші электронды микроскопы) қолдану арқылы электролиз нәтижесінде алынған ұнтақтардың өлшемдері, формасы анықталды. Электролиз нәтижесінде алынған селен ұнтақтарының және фазалық құрамы мен құрылымын 2,0 БСВ 24 – Си рентгендік түтікшесі бар ДРОН-3 (жалпы мақсатқа арналған рентгендік дифрактометр) қондырғысында рентгенфазалық талдау әдісі арқылы зерттелінді. Электролиз жүргізген қондырғының принципиальды схемалары 1-суретте келтірілген.



1-сурет – Мыс электродтарын айнымалы токпен поляризациялау арқылы селен ұнтақтарын алуға арналған қондырғының схемасы:

- 1 – электролизер; 2 – екі мыс электроды; 3 – электролит Se(IV) , $\text{CuCl}_2 + \text{HCl}$; 4 – латр;
5 – айнымалы ток амперметрі; 6 – вольтметр

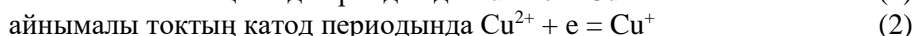
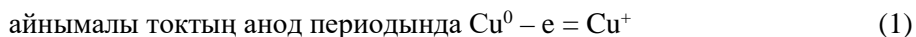
Тұз қышқылы ерітіндісінде селен (IV) және мыс (II) иондарының қатысында екі мыс электродын өндірістік айнымалы токпен поляризациялағанда селен ұнтақтарының катод бетінде және электролит кеңістігінде де түзілетіндігі алғаш рет анықталды. Зерттеу кезінде, түзілген ұнтақтарды бөліп алып, бірнеше қайтара дистилденген сумен шайып, кептіріп әрқайсысының ток бойынша шығымы анықталып отырды.

Селен (IV) иондарының тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы токпен поляризациялау кезінде селен ұнтақтарын түзе тотықсыздануына негізгі электролиз параметрлерінің (ток тығыздығы, электролит концентрациясы, ерітінді температурасы, мыс (II) иондарының концентрациясы) әсерлері зерттелінді.

Белгілі электрохимиялық әдістермен металл ұнтақтарын алу әдістерінің негізгі кемшілігі – металл иондарының электрохимиялық тотықсыздануы кезінде электродтағы ток тығыздығы шекті ток тығыздығынан жоғары болуына байланысты, электрод бетінде қосымша процесс – сутегі газы бөлінеді. Осының салдарынан металл ұнтақтарының түзілуінің ток бойынша шығымы (ТШ) әрдайым 80–90% төмен болады [3].

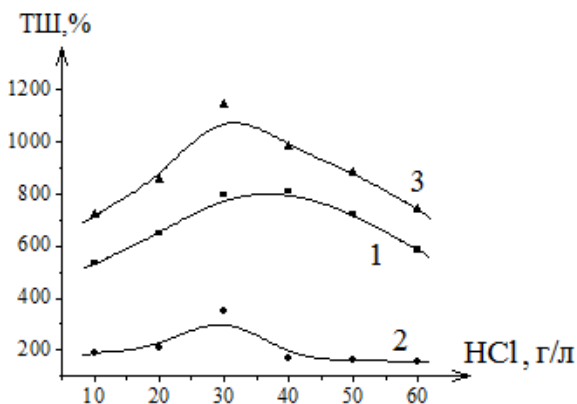
Біздің ұсынып отырған жұмысымызда селен (IV) иондарының тұз қышқылы ерітіндісінде айнымалы ток әсерімен металл ұнтағын түзе тотықсыздануы екі валентті мыс иондарының қатысында жан-жақты қарастырылды. Әдебиеттерде [4-7] Cu (II)-Cu (I) жүйесі көмегімен бірқатар аниондарды, метал иондарын элементті күйіне дейін тотықсыздандыру процестерін интенсификациялауға болатындығы және осы аталған процестерде мыс (II) иондарының катализатор қызметін атқарып жоғары ТШ қол жеткізуге болатындығы айтылған.

Селен (IV) иондарының өз ұнтақтарын түзе тотықсыздануының ТШ-на тұз қышқылының концентрациясының әсері қарастырылды. Қышқыл концентрациясының жоғарлауымен селен ұнтақтарының түзілуінің ТШ-ның мәні электродтар бетінде де электролизер кеңістігінде де максимум арқылы өтетіндігі және жалпы ток бойынша шығым шамамен 1200% жететіндігі анықталды (2-сурет). Мұндай жоғары ток бойынша шығыммен селен ұнтақтарының түзілуін былай түсіндіруге болады. Тұз қышқылды мыс (II) ерітіндіде мыс электродтарын айнымалы токпен поляризациялағанда оның анод және катод жартылай периодында төмендегі реакциялар бойынша бір валентті мыс иондары түзіледі:

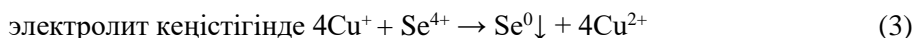


яғни, айнымалы токтың анод периодында екі мыс электродында (1) реакция бойынша бір валентті мыс иондары түзе еруімен қатар, ерітіндідегі екі валентті мыс иондарының айнымалы токтың катод периодында (2) реакция негізінде бір валентті мыс иондары түзе тотықсыздануы жүріп жатады. Осы (1) және (2) реакция нәтижесінде пайда болған мыс (I) – иондары тұз қышқылды ортада тұрақтылығы жоғары және өте активті тотықсыздандырғыш

2-сурет –
Селен ұнтақтарының
түзілуінің ток бойынша
шығымына тұз қышқылы
концентрациясының әсері:
1 – катод бетінде;
2 – электролизер кеңістігінде;
3 – түзілген селен ұнтағының
жалпы ТШ;
 $i = 25 \text{ A/m}^2$, $\tau = 0,5 \text{ сағ.}$,
 $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Se(IV)} = 10 \text{ г/л}$,
 $\text{Cu(II)} = 10 \text{ г/л}$



қасиетке ие, нәтижесінде бұл иондар электродтар бетінде және электролит кеңістігінде селен (IV) иондарымен әрекеттесіп элементті селенге дейін тотықсыздандырып, қайтадан жаңа мыс (II) - иондары түзіледі:



Түзілген Cu(II) - иондары қайтадан айнымалы токтың катод периодында регенерацияланады, яғни катодта қайтадан бір валентті күйге дейін тотықсызданады. Нәтижесінде, бұл цикл тұрақты түрде қайталанып отырады. Электродтарда түзілген бір валентті мыс иондары тек электродтар бетінде ғана емес электролит көлемінде де (3) реакция негізінде қызыл түсті аморфты селен ұнтақтарының түзілуіне мүмкіншілік тудырады. 3-суретте қызыл түсті ұнтақ құрылымының Рентгенофазалық талдауы келтірілген. Ұнтақтар түзілу барысында $\text{Cu(II)}-\text{Cu(I)}$ - жүйесі электрон тасымалдағыш катализатор қызметін атқарып, электролит кеңістігінде түзілген селен ұнтақтарының максималды ток бойынша шығыммен түзілуіне мүмкіндік жасайды.

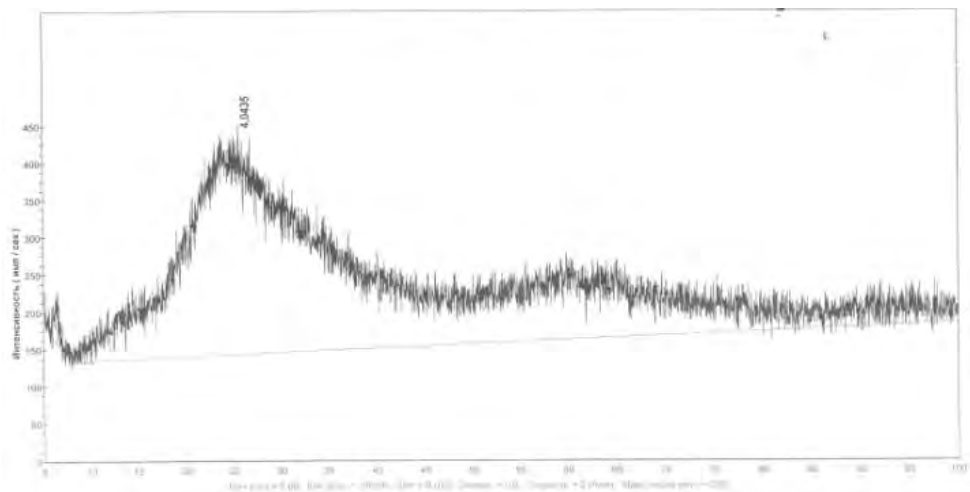
Айта кету керек, тұз қышқылы ерітіндісінде мыс электродының анодты ионизациялануы және екі валентті мыс (II) иондарының катодты тотықсыздануы сатылы түрде жүреді. Ал төменгі ток тығыздықтарында электродтарда түзілген негізгі өнім – бір валентті мыс иондары болып табылады.

Ары қарай тұз қышқылының концентрациясының жоғарылауымен ұнтақтардың түзілуінің ТШ-ы біртіндеп төмендейді. Бұл құбылысты, [8-10] авторлардың еңбектерінде көрсетілген тұз қышқылының жоғары концентрацияларында бір валентті мыс хлоридтерінің күрделі комплексті қосылыстары түзілетіндігімен және бұл кешенді қосылыстардың мыс (I) иондарының тотықсыздандырығыш қабілетінің төмендеуімен түсіндіруге болады.

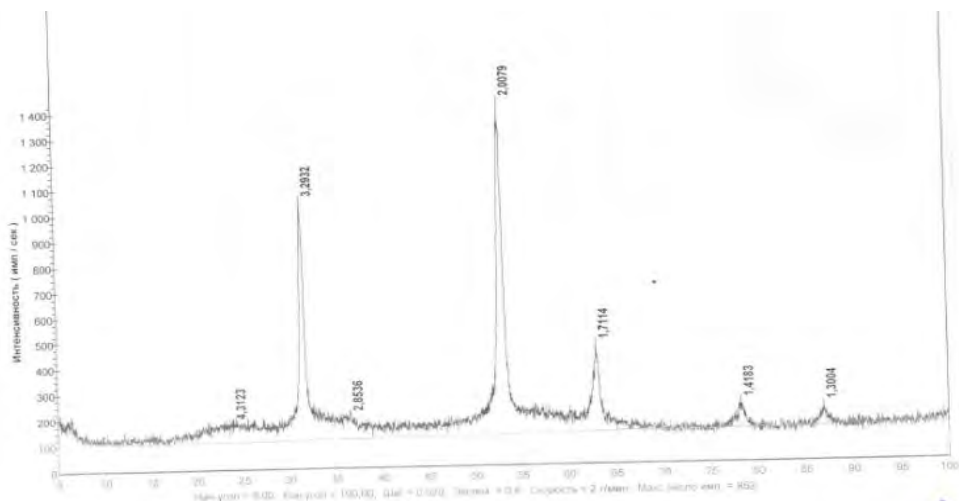
Осы жоғарыда айтылған реакциялардың әсерінен ерітінді көлемінде түзіліп жатқан қызыл түсті ұнтақтармен қатар екі мыс электродтарының бетінде селен (IV) иондарының тотықсыздануы жүріп, мыс электродтарының бетінде қара түсті мыс селенидінің ұнтақтарының түзілуі орын алады және ол төменгі (4) реакция нәтижесінде орын алады:



Бұл құбылысты жаңадан түзілген активті селен ұнтақтарының мыс электродымен әсерлесуімен түсіндіруге болады. Түзіліп жатқан мыс селенидің ұнтақтарын сүзіп, жуып массасы өлшенді және Рентгенофазалық әдіс арқылы құрылымы анықталды (4-сурет). Электролиз нәтижесінде алынған аморфты селен және мыс селениді ұнтақтарының рентгендік анализі нәтижелерін талдай келе, олардың рентгеннограммасындағы барлық рефлексстер сәйкесінше аморфты селен және мыс селениді қосылыстарына сай келетіндігі анықталды (3- және 4-суреттер).



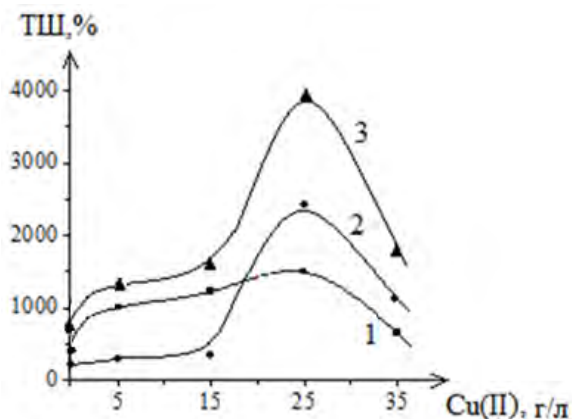
3-сурет – Электролиз нәтижесінде электролит көлемінде түзілген қызыл түсті аморфты селен ұнтағының рентгенограммасы



4-сурет – Электролиз кезінде мыс электродтарының бетінде түзілген қара түсті мыс селениді ұнтағының рентгенограммасы

Металл халькогенидтері дәлірек айтқанда мыс селениді жоғары температураларда (1000° жоғары) термиялық немесе селен буларының 400°C температурада қатты металмен әрекеттестіру негізінде алатын және т.б. әдістері белгілі [11]. Ал біздің жұмысымызда қарапайым жағдайда жаңадан түзілген активті селен ұнтақтары, бөлме температурасында мыс электродымен әрекеттесіп мыс селенидінің түзілетіндігін көрсетеді.

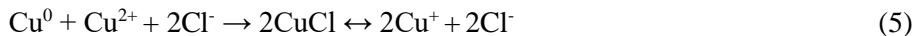
Селен (IV) иондарының айнымалы валентті Cu (II)-Cu (I) электрокаталитикалық жүйесі қатысында тотықсыздануына мыс (II) иондарының концентрациясының әсері 0-35 г/л аралығында зерттелінді. Мыс (II) иондарының концентрациясының жоғарылауымен ұнтақтардың түзілуінің ТШ-ы жоғарылап, жалпы ТШ шамамен 4000% дейін жететіндігі 5-суретте көрсетілген.



5-сурет – Мыс электродтарын айнымалы токпен поляризациялау кезінде селен ұнтақтарының түзілуінің ток бойынша шығымына ерітіндідегі мыс (II) иондарының концентрациясының әсері:

1 – катод бетінде; 2 – электролизер кеңістігінде; 3 – түзілген селен ұнтағының түзілуінің жалпы ТШ; $i = 12,5 \text{ A/m}^2$, $\tau = 0,5 \text{ сағ.}$, $t = 25^{\circ}\text{C}$, $\text{Se(IV)} = 10 \text{ г/л}$, $\text{HCl} = 30 \text{ г/л}$

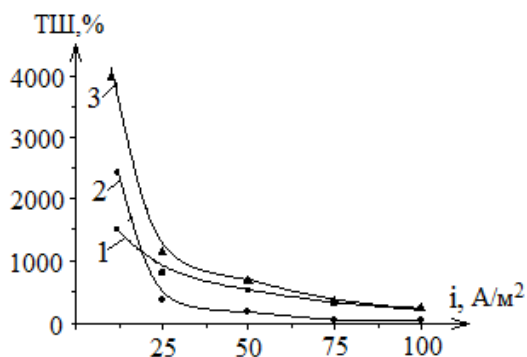
Селен ұнтақтарының ток бойынша шығымының өте жоғары мәндерге ие болуын, мыс (II) иондарының химиялық диспропорция реакциясы нәтижесінде ерітінді көлемінде өте көп мөлшерде мыс (I) иондарының түзілуімен түсіндіруге болады:



Химиялық (5) реакция нәтижесінде түзілген бір валентті мыс иондары, селен ұнтақтарының түзілуі жалпы ұнтақтардың түзілуінің ток бойынша шығымының өте үлкен мәндерге ие болуына жағдай туғызады.

Осы (5) реакция нәтижесінде ерітінді кеңістігінде тотықсыздандырғыш мыс (I) иондарының концентрациясы артып, селен ұнтақтарының түзілуінің ТШ жоғарлатады. Айта кету керек, мыс (II) иондарының қатысынсыз электролиз жүргізгенімізде ТШ ең төменгі мәндерге ие.

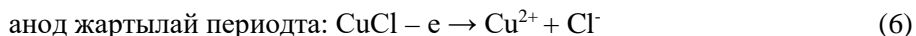
Селен (IV) иондарының Cu (II)-Cu (I) электрокаталитикалық жүйесі қатысында тотықсыздануына ток тығыздығының әсері 12,5–100 А/м² аралығында зерттелінді. Өндірістік айнымалы ток тығыздығының жоғарылауымен ТШ төмендейтіндігі (6-сурет 1,2,3-кисықтар) анықталды. Белгілі әдеби деректерде тұрақты ток әсерімен электролизді жүргізгенде, ток тығыздығының жоғарылауы Тафель теңдеуі негізінде анодтағы электрод потенциалы оң бағытқа қарай, ал катодта теріс бағытқа қарай ығысуы болатындығы айтылған [12]. Яғни, анодтағы электрод потенциалы оң бағытқа ығысуы салдарынан ерітінді кеңістігіндегі Cu (I) иондарының ары қарай мыс (II) иондарына дейін тотығу реакциясының жүруіне мүмкіншілік тудырып, тотықсыздандырғыштардың мөлшерін азайтады (6-реакция).



6-сурет – Айнымалы токпен поляризацияланған мыс электродындағы селен ұнтақтарының түзілуінің ток бойынша шығымына ток тығыздығының әсері:

1 – катод бетінде; 2 – электролизер кеңістігінде; 3 – түзілген селен ұнтағының жалпы ТШ; Cu(II) = 25 г/л, $\tau = 0,5$ с.ғ., $t = 25$ °C, Se(IV) = 10 г/л, HCl = 30 г/л

Осы (6) реакцияның жүруі, ерітіндіде Cu (I) иондарының үлесінің азаюына алып келеді, осының салдарынан ұнтақтардың түзілуінің ТШ төмендеуі орын алады:



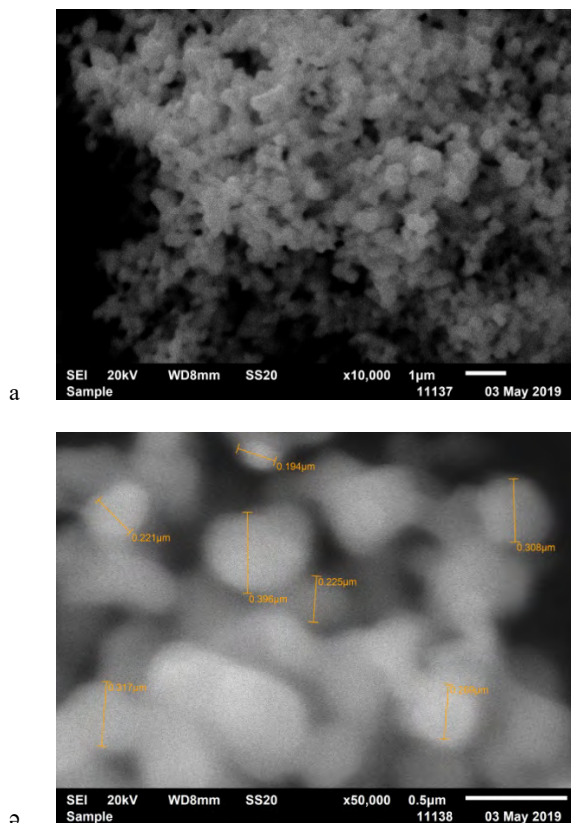
ал катод жартылай периодта мыс (II) иондары элементті күйге дейін бірден тотықсызданады:



Біздің жағдайымызда, осы көрсетілген реакциялар орын алады, олар селен ұнтақтардың түзілуіне әсерін тигізеді.

Жүргізілген зерттеулер соңында түзілген селен және мыс селениді ұнтақтарына сканерлеуші электрондық микроскоп және элементті анализ көмегімен талдау-зерттеу жұмыстары жүргізіліп, ұнтақ өлшемдері және құрамы анықталды. Сканерлеуші электрондық микроскоп көмегімен селен ұнтағын 50 000 есеге дейін үлкейтіп түсірілген кескінінде ұнтақ өлшемдері шамамен 0,200–0,275 мкм аралығында болатындығын (7ә-сурет) көрсетті. Электролиз

кезінде электролит көлемінде алынған қызыл түсті селен ұнтағының элементті анализінің мәліметтерін қарастырғанымызда ерітінді кеңістігінде тазалығы 93% жуық аморфты селен ұнтақтары түзілетіндігі 1-кестеде көрсетілген. Зерттеу нәтижелері электролит көлемінде де аздап болса да мыс селенидінің түзілетіндігін көрсетеді.

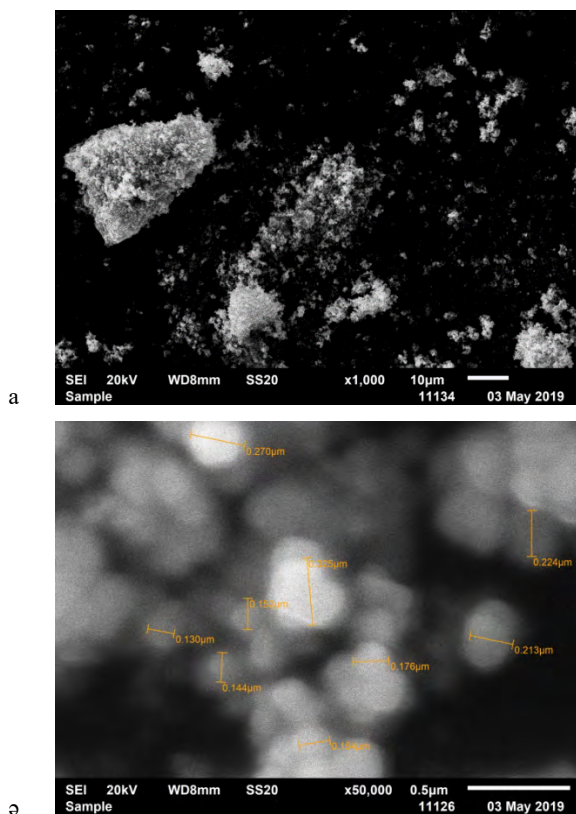


7-сурет – Электролиз кезінде электролит көлемінде түзілген қызыл түсті селен ұнтағының микросуреті: а – (x10 000), б – (x50 000) үлкейтілген, $i_k = 50 \text{ A/m}^2$, Cu (II) иондарының қатысында ерітінді кеңістігінде түзілген ұнтақтар

1-кесте – Электролиз кезінде электролит көлемінде түзілген қызыл түсті селен ұнтағының элементтік анализі

| Спектрлер | O | Cl | Cu | Se | Барлығы, % |
|------------|------|------|------|-------|------------|
| 1 - Спектр | 0,96 | 1,75 | 3,58 | 93,71 | 100,00 |
| 2 - Спектр | 0,98 | 2,31 | 4,41 | 92,30 | 100,00 |
| 3 - Спектр | 1,07 | 2,32 | 4,05 | 92,57 | 100,00 |
| Орташа | 1,00 | 2,13 | 4,01 | 92,86 | 100,00 |

Электролиз кезінде электрод бетінде түзілген мыс селениді ұнтағының микросуреті 8-суретте келтірілген (а, ә кескіні). Суреттерден ұнтақтардың көлемдері шамалас біргелкі екендігін байқауға болады. Тек кейбір жерлерінде ұсақ бөлшектердің топтасып, үлкен көлем бергендері байқалады. Алынған мыс селениді ұнтағының өлшемін 50 000 есеге үлкейткенде (8-сурет ә кескіні) бөлшектер размері шамамен 0,150–190 мкм аралығында. Электро-



8-сурет – Электролиз кезінде мыс электродтары бетінде түзілген мыс селениді ұнтағының микросуреті: а – (x1000), ә – (x50 000) үлкейтілген, $i_k = 12,5 \text{ A/m}^2$, Cu (II) иондарының қатысында электрод бетінде түзілген ұнтақтар

2-кесте – Электролиз кезінде электродтар бетінде түзілген қара түсті мыс селениді ұнтағының элементтік анализі

| Спектрлер | O | Cl | Cu | Se | Барлығы, % |
|------------|------|------|-------|-------|------------|
| 1 - Спектр | 1,36 | 4,56 | 24,81 | 69,28 | 100,00 |
| 2 - Спектр | 1,44 | 5,12 | 26,50 | 66,94 | 100,00 |
| 3 - Спектр | 1,78 | 4,60 | 24,64 | 68,97 | 100,00 |
| Орташа | 1,53 | 4,76 | 25,32 | 68,40 | 100,00 |

лиз кезінде электродтар бетінде түзілген қара түсті мыс селениді ұнтағының элементті анализінің мәліметтері – орта есеппен 68,40% селен және 25,32% мыс түзілетіндігін көрсетеді (1-кестеде).

Сонымен, жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

- Алғаш рет өндірістік жиіліктегі айнымалы токпен поляризацияланған екі мыс электродының тұз қышқылды мыс (II) иондарының ерітіндісінде – селен және мыс селениді ұнтақтарының түзілетіндігі алғаш рет көрсетілді. Өндірістік айнымалы токты қолдану кезінде, мыс электродтарының бір валентті мыс иондарын түзе ерітіндігі және бұл иондар тотықсыздандырғыш активтілік көрсетіп, нәтижесінде селен және мыс селениді ұнтақтарын өте жоғары ток бойынша шығыммен алуға болатындығы алғаш рет көрсетілді.

- Селен (IV) иондарын тұз қышқылды ортада айнымалы валентті мыс (II) – мыс (I) иондарының жүйесі қатысында ұнтақтар түзе тотықсызданатындығы көрсетілді. Электролиз нәтижесінде – селен және мыс селениді ұнтақтарының түзілетіндігі және олардың өлшемі 150-250 мкм тең болатыны анықталды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Ivanov N.S., Bayeshov A.B., Myrzabekov B.E. Electrochemical behavior of selenium as part of composite electrode in sulfuric acid medium // Сборник трудов 4 международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии». – Алматы, 2014. – С. 209-213.

[2] Bayeshov A.B., Ivanov N.S., Myrzabekov B.E. Electrochemical behavior of selenium as part of composite electrode in sulfuric acid medium // Journal of Advances in Chemistry. – India, 2014. – Vol. 7, N 3. – P. 1378-1384.

[3] Кудрявцев Н.Т., Михайлов И.И., Новиков А.А. Получение высокодисперсного медного порошка // Порошковая металлургия. – 1963/ – № 3. – С. 18-24.

[4] Башов А., Кожиков Б.К., Букетов Е.А. Электрокаталитическое восстановление селена (VI) в соляной кислоте // Докл. АН СССР. – 1984. – Т. 278, № 3. – С. 646-648.

[5] Башов А., Бейбитова А.Д. Электрохимическое восстановление селенит- и селенат-ионов в солянокислом растворе // Физико-химического основы переработки минерального сырья Казахстана. – Алма-Ата, 1986. – С. 271-276.

[6] Башов А. Электрохимическое поведение «трудновосстанавливаемых» XO_4^{n-} -ионов халькогенов в кислых растворах // Тез. докл. Всесоюз. координац. совещ. по проблеме химич. обогащения. – Караганда, 1986. – С. 74.

[7] А.с. 1114071 СССР. Способ получения элементарного селена / Башов А., Кожиков Б.Е., Башова А.К., Букетов Е.А. (не подлежит опубликованию в открытой печати).

[8] Астахова Р.К., Красиков Б.С. К вопросу об электрохимическом поведении меди в солянокислых растворах // Журн. прикл. хим. – 1971. – Т. 44, № 2. – С. 363-371.

[9] Костромин А.И., Бадакшанов Р.М. применение медного электрода в гальваностатической кулонометрии // Журн. анал. хим. – 1974. – Т. 29, № 9. – С. 1782-1787.

[10] Черная С.С., Мацевский Б.П., Фиошин Е.В. Потенциометрическое исследование комплексообразования ионов меди (I) и (II) в хлоридных водных растворах // Изв. АН ЛатССР. – 1983. – № 3. – С. 336-339.

[11] Чижигов Д.М., Счастливый В.М. Селен и Селениды. – М., 1964. – 320 с.

[12] Башов А. Электрохимические методы извлечения меди, халькогенов и синтеза их соединений. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 108 с.

REFERENCES

- [1] Ivanov N.S., Bayeshov A.B., Myrzabekov B.E. Electrochemical behavior of selenium as part of composite electrode in sulfuric acid medium // Sbornik trudov 4 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy innovacionnogo razvitiya neftegazovoj industrii». Almaty, 2014. P. 209-213.
- [2] Bayeshov A.B., Ivanov N.S., Myrzabekov B.E. Electrochemical behavior of selenium as part of composite electrode in sulfuric acid medium // Journal of Advances in Chemistry. India, 2014. Vol. 7, N 3. P. 1378-1384.
- [3] Kudryavcev N.T., Mihajlov I.I., Novikov A.A. Poluchenie vysokodispersnogo mednogo poroshka // Poroshkovaya metallurgiya. 1963. N 3. P. 18-24.
- [4] Baeshov A., Kozhakov B.K., Buketov E.A. Elektrokataliticheskoe vosstanovlenie svena (VI) v solyanoy kislote // Dokl. AN SSSR. 1984. Vol. 278, N 3. P. 646-648.
- [5] Baeshov A., Bejbitova A.D. Elektrohimiicheskoe vosstanovlenie selenit- i selenat-ionov v solyanokislom rastvore // Fiziko-himicheskogo osnovy pererabotki mineral'nogo syr'ya Kazahstana. Alma-Ata, 1986. P. 271-276.
- [6] Baeshov A. Elektrohimiicheskoe povedenie «trudnovosstanavlivaemyh» HO₄n--ionov hal'kogenov v kislyh rastvorah // Tez. dokl. Vsesoyuzn. koordinac. soveshch. po probleme himich. obogashcheniya. Karaganda, 1986. P. 74.
- [7] A.s. 1114071 SSSR. Sposob polucheniya elementarnogo svena / Baeshov A., Kozhakov B.E., Baeshova A.K., Buketov E.A. (ne podlezhit opublikovaniyu v otkrytoj pechati).
- [8] Astahova R.K., Krasikov B.S. K voprosu ob elektrohimiicheskome povedenii medi v solyanokislyh rastvorah // Zhurn. prikl. him. 1971. Vol. 44, N 2. P. 363-371.
- [9] Kostromin A.I., Badakshanov R.M. primeneniye mednogo elektroda v gal'vanostatiicheskoy kulonometrii // Zhurn. anal. him. 1974. Vol. 29, N 9. P. 1782-1787.
- [10] Chernaya S.S., Maceevskij B.P., Fioshin E.V. Potenciometriicheskoe issledovaniye kompleksobrazovaniye ionov medi (I) i (II) v hlorldnyh vodnyh rastvorah // Izv. AN LatSSR. 1983. N 3. P. 336-339.
- [11] Chizhikov D.M., Schastlivyj V.M. Selen i Selenidy. M., 1964. 320 p.
- [12] Baeshov A. Elektrohimiicheskije metody izvlecheniya medi, hal'kogenov i sinteza ih soedinenij. Alma-Ata: Nauka, 1990. 108 p.

Резюме

А.Б. Баешов, Б.Э. Мырзабеков, У.А. Абдувалиева

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОШКОВ СЕЛЕНА
ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ МЕДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫМ
ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В СОЛЯНОКИСЛОМ РАСТВОРЕ МЕДИ (II),
СОДЕРЖАЩЕМ СЕЛЕНИТ-ИОНЫ

Впервые исследованы закономерности формирования порошков селена при поляризации промышленным переменным током медных электродов в солянокислом растворе меди (II), содержащем селен (IV) – ионы. Впервые показано, что при поляризации промышленным переменным током медных электродов образуются порошки селена. Показано, что порошки образуются как на поверхности электродов, так и в пространстве электролита. Установлено, что при проведении электролиза в соляной кислоте на поверхности медных пластинок образуются селенид меди черного цвета и аморфный селен красного цвета, в объеме электролита же образуются только аморфные порошки селена красного цвета. При поляризации медных электродов

переменным током в анодном полупериоде образуются ионы меди (I), а в катодном полупериоде ионы меди (II) восстанавливаются до ионов меди (I) и они в объеме раствора химическим путем восстанавливают ионы селена (IV), в результате этого образуются порошки селена с высоким выходом по току. В статье также приведены результаты микроскопического и рентгенофазового анализов полученных порошков.

Ключевые слова: селен, переменный ток, порошок, медный электрод, соляная кислота, электрохимия, электролиз.

Summary

A. B. Baeshov, B. E. Myrzabekov, U. A. Abduvalieva

REGULARITIES OF THE FORMATION OF SELENIUM POWDERS WHEN POLARIZING COPPER ELECTRODES BY AN INDUSTRIAL ALTERNATING CURRENT VARIABLE IN SELENIUM IONS CONTAINED HYDROCHLORIC COPPER (II) SOLUTION

The laws of the formation of selenium powders investigated for the first time by the polarization of industrial alternating current of copper electrodes in selenium (IV) - ions contained copper (II) hydrochloric acid solution. It is shown for the first time that selenium powders are formed on the copper electrodes which polarized by industrial alternating current. It was shown that powders are formed both on the surface of the electrodes and in the space of the electrolyte. It was established that during electrolysis in hydrochloric acid, black colored copper selenide and red colored amorphous selenium are formed on the surface of copper plates, while only red amorphous selenium powders are formed in the electrolyte volume. During polarization of copper electrodes by alternating current, copper (I) ions are formed in the anode half-period, and copper (II) ions are reduced to copper (I) in the cathode half-period and they reduced selenium (IV) ions in the solution volume by the chemical way, as a result of which obtained high current efficiency selenium powders. Also in this article presents the results of microscopic and x-ray phase analyzes of the obtained powders

Keywords: selenium, alternating current, powder, copper electrode, hydrochloric acid, electrochemistry, electrolysis.