

ӘОЖ 544.65  
МРНТИ 31.15.33  
DOI 10.37238/1680-0761.2023.89(1).24

<sup>1</sup>Мендіжан Д.Қ., <sup>2</sup>Усипбекова Е.Ж.

<sup>1</sup>М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

\*Корреспондент-авторы: diana.mendzhan00@mail.ru

E-mail: diana.mendzhan00@mail.ru, enlik.ussipbekova@gmail.com

## СИРЕК МЕТАЛДЫҢ СЕЛЕКТИВТІ ТҰНУЫ ҮШІН ТИІМДІ ЖАҒДАЙЛАРЫН АНЫҚТАУ

*Аңдатпа.* Жұмыста таллийдің тазалығын жоғарылату мақсатында электрохимиялық зерттеулер металдың сульфатты, нитратты, ацетатты фонды электролиттер қатысында жүргізілді. Зерттеу нәтижелері тұнған таллийдің (-0,85В) нитратты электролит ерітіндісінде еруінің жоғары болуын көрсетті. Өндірісте таллиймен бірге бөгде қоспа ретінде қорғасын мөлшері көп болатындықтан, ал сульфатты электролитті пайдалана отырып қорғасынды тұнбаға түсіру мақсатында сульфатты электролит те қосымша қолданылынды. Сонымен қатар, таллийдің катодты тұну және анодты еру процесіне таллий электролиттерінің концентрация, температура, рН, араластыру әсерлері қарастырылды. Таллийді таза күйінде алу үшін тиімді рН мәні (3,5 және 11), айналу жылдамдық мәні  $w=500$  айн/мин болып табылады. Зерттеу нәтижесінде таллийдің тазалығын жоғарылатудың тиімді параметрлері анықталынды. Таллийдің электрохимиялық қасиеті бойынша шыныкөміртек электродында сульфатты, нитратты, ацетатты электролиттерде алынған нәтижелер таллийдің тотықсыздану және тотығу процестері диффузиялық режимде өтетіні анықталынды.

*Кілт сөздер:* таллий; фонды электролиттер; катодты тұну; анодты еру; концентрация; рН.

### *Kipicne*

Заманауи өндіріс және техникада ерекше таза және тазалығы өте жоғары заттарды алу және қолдану маңызды рөл атқарады. Сирек металдарды өте таза күйінде алу – тазалаудың физикалық, сонымен қатар химиялық әдістерін қамтитын, кешенді технологиялық сызбаларды қолдануды талап ететін технологиясы қиын тапсырма болып табылады. Осыған байланысты таза металл алуға бағытталған сирек металл қатысында жүретін электрохимиялық реакцияларды физика-химиялық зерттеу өзекті болып табылады.

Медицина, техника мен өнеркәсіпте қажеттіліктің артуына байланысты металдар, соның ішінде таллийдің қатысуымен жүретін электрохимиялық процестер қызығушылық тудыруда [1, б.1410-1414]. Кенді шикізаттарда сирек металдар аз мөлшерде болатыны белгілі, өзіндік шикізаты аз болғандықтан оларды бөліп алу қиынға соғады. Сирек металдар, соның ішінде таллий бөгде қоспалармен бірге тұнатындықтан (тұну потенциалдары жақын болғандықтан), оны жеке бөліп алу маңызды жұмыстардың бірі болып табылады [2, б.48-52; 3, б.64-69].

Әдеби мәліметтерге жасалған шолу соңғы жылдары таллийдің электрохимиялық қасиеттеріне арналған жарияланымдардың мөлшерінің аз екендігін көрсетті, өйткені бұл оның және қосылыстарының улылығына қатысты болып отыр [3]. Сондықтан жұмыс барысында алынған мәліметтер физикалық химия, электрохимия салаларын дамыту үшін фундаментальды мәні болып қана қоймай, сонымен қатар таза металл алудың химиялық



технология саласында белгілі бір қолданбалы аспектіге ие болып табылады. Жұмыс тазалық дәрежесі жоғары металл алудың тиімді тәсілдерін өңдеуге бағытталған.

Н.А. Изгарышев [4, б.24], және қызметтестері қышқылды электролиттерде металл иондарының зарядталуын зерттеу кезінде полимерлі қосылыстар (БАЗ) қосқанда электродтың поляризациясының өзгеретінін байқап, мұны ерітінді көлемінде металдардың БАЗдармен координациялық қосылыс түзуімен түсіндірген. Бірвалентті таллий комплекстүзуге бейім еместігі белгілі, ал қаралаш таллийдің құрамындағы қоспа металдар, соның ішінде темір, кадмий, қорғасын, индий иондары донорлы-акцепторлы қасиетпен сипатталады. Сондықтан, таллийді селективті тұндыруды қамтамасыз ету үшін электролит құрамына БАЗ-дарды енгізу арқылы тазалығын жоғарылату жұмыстары жүргізілген.

Автор [5, б.104-110] жұмысында электролит құрамына әр түрлі полимерлі лигандалар (атап айтқанда ПЭГ) қосып, таллийдің тұнуына кедергі жасайтын металдарды бөлек тұндыру арқылы таллийдің тазалығын жоғарылату үшін зерттеулер жүргізілген. Әр түрлі рН мәндерінде құрамында бөгде қоспа- металл иондары бар модельді ерітіндіден таза таллий алуға бағытталған электрохимиялық зерттеулер жүргізілген.  $pH > 2$  мәнінде электролиз жүргізілгеннен соң шыныкөміртект катодында металдық таллий тұнуымен қатар, платиналы анодта таллий (III) оксиді түзілетіні анықталынған. ПЭГ қатысында екеншілік электролиз жүргізу нәтижесінде тұнған таллийдің тазалық дәрежесі 99,90% болатыны анықталынған.

Таллийді көміртекті талшықтан *in situ* төсемесінде түзілетін сынапты-көміртекті электродта анықтау жағдайы сынапты төсеменің моноқабатты қалыңдығында электрод металдың минимальды анықталатын концентрациясын сынаптың қалың төсемелі электродымен салыстырғанда төмендететінін көрсеткен ( $10^{-10}$  М-ге дейін). ТІ (Zn, Cd, Pb) электрототығу процесінің кинетикасын зерттеу бұл электродта жылдамдық константасы мен тасымалдау коэффициенті электродтың полиризациялану жылдамдығына тәуелді емес екенін көрсетті. Электродты процестің жылдамдық константасының және градуирленген графиктің иілуінің мәндері анықталатын металл радиусына сызықты тәуелдікте екені анықталған [6, б.1639-1643].

Автор [7, б.698-701], жұмысында *in situ* висмут-қабықшалы электрод алу үшін ерекше таза көмір ұнтағынан және эпоксидті шайырдан жасалған композиция қолданылған. Индикаторлы электрод беті әр анықтаудан кейін беттің жұқа қабатын кесіп алып тастаумен жаңартылып отырады. Алынған *in situ* Ві-қабықшалы электроды сезімталдығы, қайталанымдылығы және ТІ, Cd, Pb сигналдарын айыру қабілеті бойынша Нg-қабықшалы электродынан айырмашылығы жоқ. Таллийдің 0,01-1 мг/л концентрация аралығында градуирленген график түзу сызықты болып келеді.

Дициклогексил-18-краун-6-мен түрлендірілген көміртекті пасталы электродты қолдана отырып таллия (I)-ді вольтамперометрлік анықтаудың дифференциальды импульсті-анодты тазалау әдісі қарастырылған. Электролитті ұстау тиімділігі (тип және рН), жинақталу және тотықсыздану потенциалы, модификатор уақыты мен мөлшері дифференциальды импульсті анодты инверсионды вольтамперометрия әдісімен зерттелінген. Бұл әдіс таллийді төменгі деңгейде анықтау үшін қолданылған [8, б.723-734].

Валенттілігі нөлге тең темір негізіндегі Фентон технологиясын қолдана отырып, ағынды сулардан таллий мен органикалық қосылыстарды тотықтыру және жою жағдайы қарастырылған [9, б.89-97]. Инфрақызыл Фурье түрлендіруі (FTIR) және рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия (XPS) талдаулары тотығу, тұндыру және адсорбция ТІ жоюға ықпал ететінін көрсетеді.

[10, б.158-163] автор жұмысында алынған іргелі деректер карбонат, фосфат және жоғары молекулалы органикалық заттардың ТІ(I) миграциясына айтарлықтай әсер ететінін және ТІ(I) орын алатын жерлерде ағып кетуіне немесе байланысуына әкелуі мүмкін екенін көрсетті.



Сонымен әдеби мәліметтерді талдай отырып, көпкомпонентті жүйелерде таллийді рафинирлеу және анықтау әдістері катодты тұнбаның сапасын жақсарту, экономикалық тиімділікті арттыру және практикада қолдану мақсатында рафинирлеудің электрохимиялық жаңа әдістерін жасау және дамыту қажеттілігін көрсетеді.

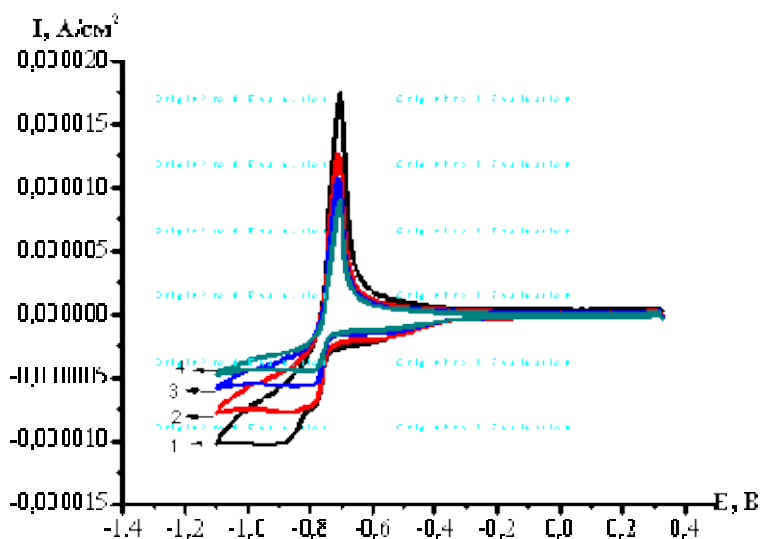
### Тәжірибелік бөлім

Қазіргі таңда экологиялық қауіпсіз технологияларды өңдеуге бағытталған зерттеулер, соның ішінде таллий және оның қосылыстарын алудың электрохимиялық әдістері өзекті болып табылады. Осыған байланысты жұмыста таллийдің әр түрлі электролиттерінде электрохимиялық қасиеттерін (катодтық тұну және анодтық еру) зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу жұмысында вольтамперометрия, атомдық – эмиссионды спектроскопия, потенциометрия секілді әдістер қолданылды. Жұмыс жасау барысында  $Tl_2SO_4$  тұзы (Sigma Aldrich) қолданылды. Фонды электролит ретінде  $NaNO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $CH_3COONa$  алынды. Барлық тұздар «ХТ» маркалы. Зерттеу жұмысында қолданылған таллий тұздарының концентрациясы  $10^{-3}$  –  $10^{-1}$  моль/л аралығында болса, ал фонды электролиттер үшін 0,5 моль/л мәніне тең. рН мәнін реттеу үшін концентрлі  $NaOH$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_4OH$  ерітіндісі қолданылды.

Жұмысшы электрод ретінде шыныкөміртекті электрод, көмекші электрод ретінде – платина пластинкасы, ал салыстырмалы электрод ретінде хлоркүміс электроды пайдаланылды. Шыныкөміртекті электродтың ауданы  $1\text{ см}^2$  тең. Электродтарды жұмысқа дайындау механикалық және химиялық тазалау әдістерімен жүргізілді.

### Нәтижелер мен талқылау

Таллийдің катодтық тұнуы мен анодтық еруінің заңдылықтарын анықтау үшін таллийдің сульфатты электролиттерінде шыныкөміртекті электродында потенциалдың әр түрлі айналу жылдамдығында поляризациялық қисықтар алынды. Суретте көріп тұрғанымыздай электролитте поляризациялық қисықтың катодты облысында  $-0,85\text{В}$  потенциалында таллийдің тотықсыздану процесіне ( $Tl^+ + 1e^- \rightarrow Tl^0$ ) сәйкес келетін толқын байқалады, ал одан ары сутектің бөлінуі жүреді. Анодты облыста  $-0,7\text{В}$  потенциалға тең келетін анодтық шың байқалады, ол шың тұнған таллийдің еруіне ( $Tl^0 \rightarrow Tl^+ + 1e^-$ ) сәйкес келеді. Сонымен қатар айналу жылдамдығы өскен сайын таллийдің тұну және еру процестері тоқ мәндері өседі.

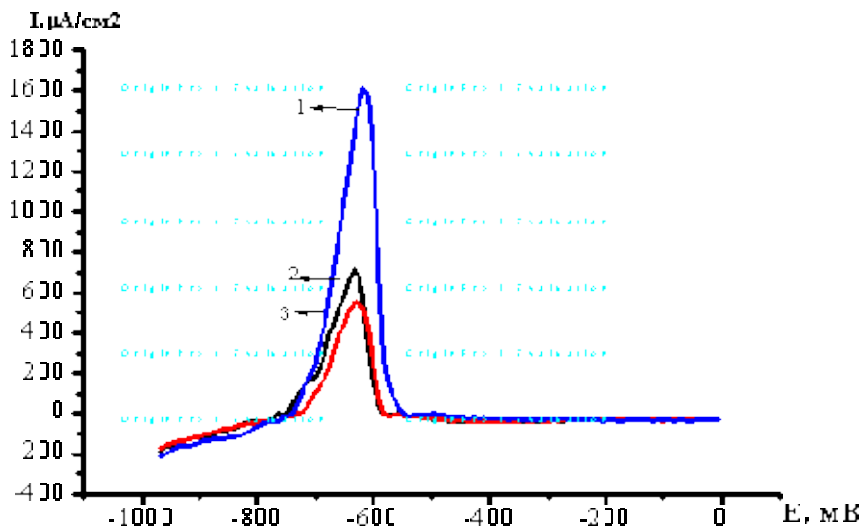


1 - 50; 2 - 20; 3 - 10; 4 - 5 мВ/с

1 сурет - Шыныкөміртекті электродындағы әр түрлі айналу жылдамдығында таллий сульфатының циклдік поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л)

Таллийдің тазалығын жоғарылату мақсатында оған әр факторлардың әсерін анықтау үшін таллийді тұндырып ( $-0,85\text{В}$ ), оны әр түрлі фонды электролиттердің қатысында еруі зерттелінді.

2-суретте таллий электролитінің шыныкөміртек электродындағы әр түрлі фонды электролит ерітінділеріндегі циклді поляризациялық қисықтары алынды. Фонды электролит ретінде  $0,5\text{ М}$  натрийдің сульфаты, нитраты, ацетаты ерітінділері алынған.



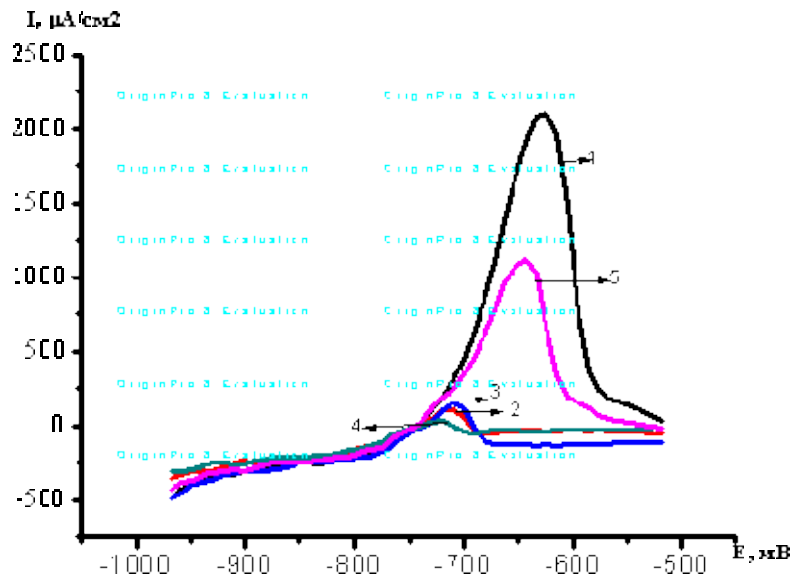
1- $\text{NaNO}_3$ , 2- $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 3- $\text{NaAc}$

2 сурет – Таллийдің шыныкөміртек электродындағы әр түрлі фонды электролиттердегі поляризациялық қисықтары ( $\text{Ti}_2\text{SO}_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л)

Суретте көрініп тұрғандай, таллийді катодта тұндыру процесінде анық шын электролиттің натрий нитраты ерітіндісінде байқалады. Себебі, әдеби мәліметтерге сәйкес металдық таллий азот қышқылында өте жақсы ериді. Натрий нитраты электролит ерітіндісінде таллийдің еруінің тоқ мәні жоғары болуы сондықтан. Алайда өндірісте таллиймен бірге бөгде қоспа ретінде қорғасын болатындықтан, оны сульфатты ерітінділерде тұндырып, таллийді бөліп алу тиімді. Сондықтан жұмысшы электролит ретінде натрий нитратымен қатар натрий сульфаты да таңдап алынды.

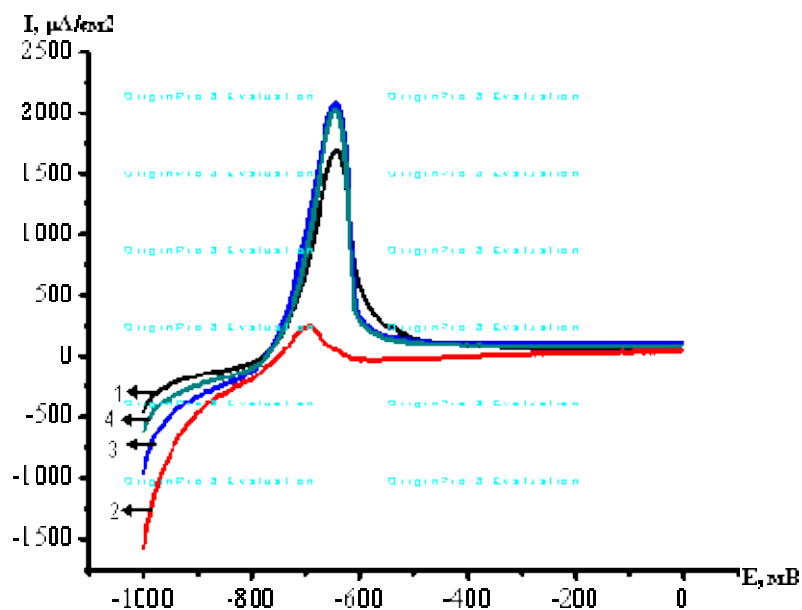
Табиғатта таллийдің минералдары жоқ болып табылады, сондықтан ол мыс, мырыш, қорғасын өндірістерінде шаңнан, қалдықтардан алынады. Таллиймен бірге қорғасын жүретіндіктен, оны жою үшін натрий сульфатын қосу арқылы тұнбаға түсіру тиімді болып табылады. Сол себептен фонды ерітінді ретінде натрий сульфаты да пайдаланып, зерттеулер жүргізілді. Металлдардың электрохимиялық қасиеттерін зерттеуде ерітінді рН-ы маңызды қызмет атқарады. Осыған байланысты шыныкөміртек электродында таллийді тұндырып әр түрлі рН мәндерінде (  $\text{pH}= 3,5; 5; 7; 9; 11$ ) ерітіп поляризациялық қисықтары түсірілді.

3, 4 суреттерде таллийдің зарядталу-иондану процесінде нитратты және сульфатты электролиттерде әр түрлі рН мәндеріндегі (3,5; 5; 7; 9; 11) зерттеу нәтижелері берілген.



1-3,5, 2-5, 3-7, 4-9, 5-11.

3 сурет - Таллийдің шыныкөміртек электродындағы әр түрлі рН мәндерінде поляризациялық қисықтары ( $\text{Tl}_2\text{SO}_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон  $0,5 \text{ M NaNO}_3$



1-3,5, 2-5, 3-7, 4-11 рН.

4 сурет - Таллийдің шыныкөміртек электродындағы әр түрлі рН мәндерінде поляризациялық қисықтары ( $\text{Tl}_2\text{SO}_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон  $0,5 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$ .

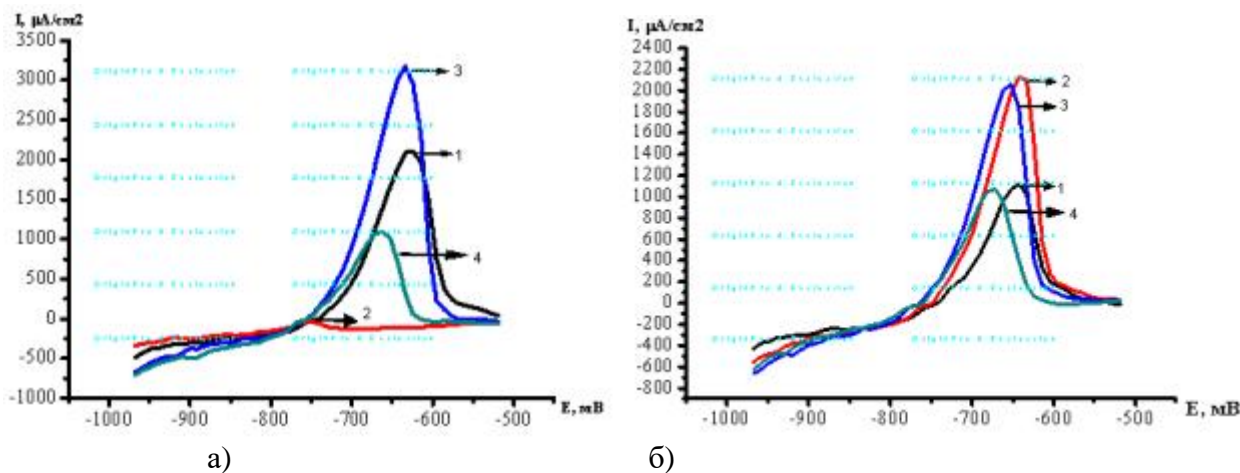
Суреттерде көрінгендей, таллийді шыныкөміртек электродында тұндыру арқылы алынған поляризациялық қисық нәтижелері нитратты және сульфатты электролиттерде рН



3,5 және 11 мәндерінде тұнған таллийдің еруінің жоғары болатынын көрсетті. Аталған рН 3,5 мәнінде тоқ мәнінің жоғары болуы қышқылдық ортаны жасау мақсатында азот қышқылының ерітіндісі қосылуына негізделген. Ал рН 11 мәнінде тоқтың жоғары болуы сілтілік ортаға келтіру үшін электрөткізгіштігі жоғары натрий гидроксиді ерітіндісі қосылуына байланысты.

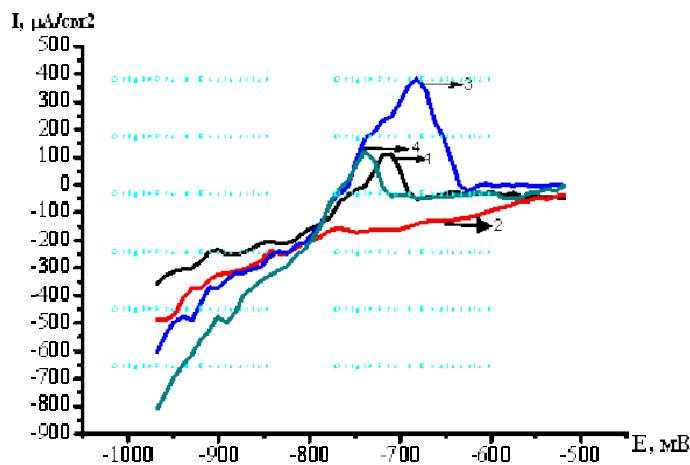
*Таллийдің электрохимиялық тұнуы мен еруіне температура, ерітіндінің араластыру жылдамдығының әсері*

Таллийдің еруіне температураның әсерін анықтау мақсатында алдыңғы нәтижелерге сүйене отырып рН 3,5; 7; 11 және әр түрлі температура мәндерінде (20, 30, 40, 50<sup>0</sup>С) поляризациялық қисықтар түсірілді, алынған нәтижелер 5-7 суреттерде берілген.



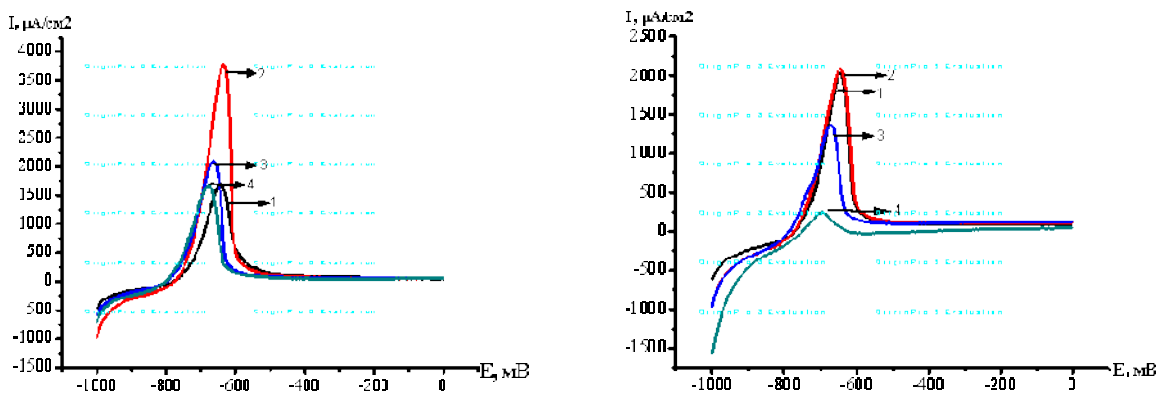
1-20, 2-30, 3-40, 4-50<sup>0</sup>С

5 сурет - Таллийдің шыныкөміртек электродындағы әр температурада поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон 0,5 М  $NaNO_3$ , рН =3,5 (а) және рН =11 (б).



1-20, 2-30, 3-40, 4-50<sup>0</sup>С

6 сурет - Таллийдің шыныкөміртек электродындағы әр температурада поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон 0,5 М  $NaNO_3$ , рН=7.



а)

б)

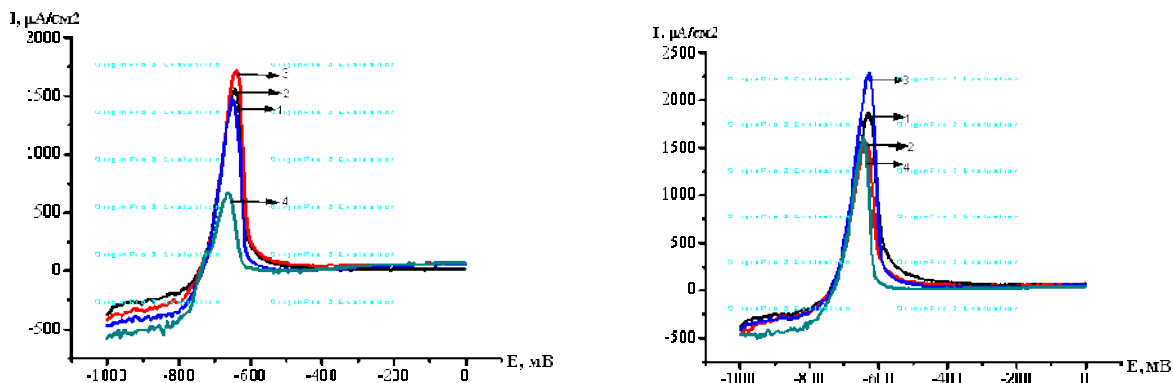
1-20, 2-30, 3-40, 4-50<sup>0</sup>C

7 сурет - Таллийдің шыныкөміртект электродындағы әр температурада поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон 0,5 М  $Na_2SO_4$ , pH 3,5 (а) және pH =11 (б).

Суреттен көрініп тұрғандай, таллийдің анодта еру процесі кезінде тоқтың жоғары мәні 30-40<sup>0</sup>C температурада байқалады. Біріншіден, температураның өсуі химиялық реакцияның жылдамдауына әкеліп, ол зарядталу-иондану процесінің тоқ мәнінің артуына алып келеді. Екіншіден, өте жоғары температура (50<sup>0</sup>C) тұнған таллийдің өздігінен бұзылуына алып келеді. Сондықтан тоқ мәні жоғары температурада төмендейді.

Таллийдің еру және тұну процестерінің лимиттеуші сатысының табиғатын анықтау үшін нитратты және сульфатты электролиттерде әртүрлі араластыру жылдамдықтарында поляризациялық қисықтар түсірілді. Зерттеу нәтижелері 8-9 суреттерде келтірілген.

Суретте көрініп тұрғандай жылдамдық мәні  $W=500$  айн/мин мәніне дейін жоғарылайды, ары қарай өзгермейді. 500 айн/мин араластыру жылдамдығына дейін процестің лимитеуші сатысы диффузия болып табылады.

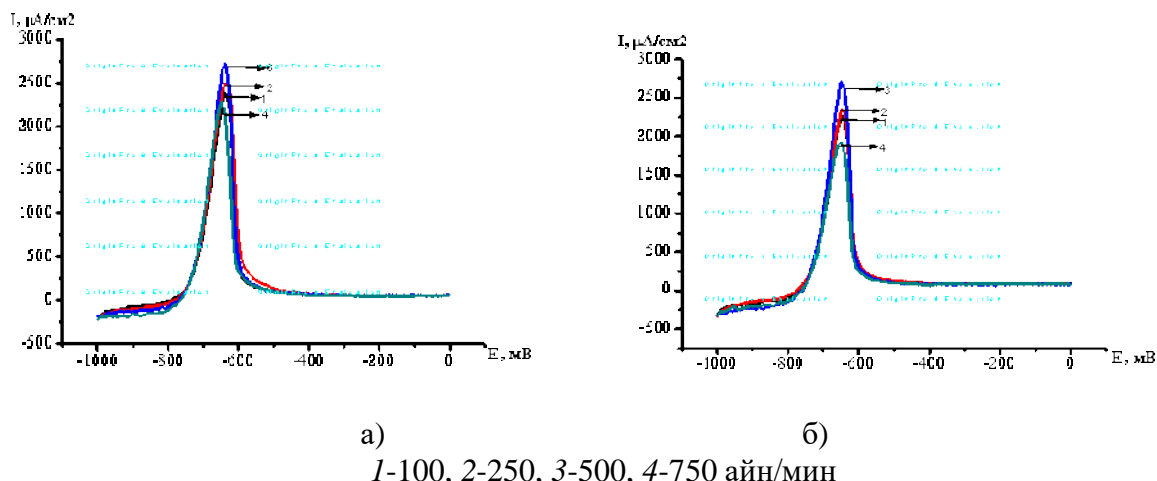


а)

б)

1-100, 2-250, 3-500, 4-750 айн/мин

8 сурет - Таллийдің шыныкөміртект электродындағы әр түрлі араластыру жылдамдықта поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон 0,5 М  $NaNO_3$ , pH =11 (а) және pH =3,5 (б) .



9 сурет - Таллийдің шыныкөміртект электродындағы әр түрлі араластыру жылдамдықта поляризациялық қисықтары ( $Tl_2SO_4$ ,  $C=10^{-2}$  моль/л), фон 0,5 М  $Na_2SO_4$ , рН= 3,5 (а) және рН= 11 (б).

### Қорытынды

Сонымен, таллийді таза күйінде алудың жолдарын оны селективті тұндыру үшін электролиздің әртүрлі жағдайларын қарастырдық. Таллийдің тұнуы мен еруінің электрохимиялық заңдылықтарын анықтау үшін жүргізілген зерттеу нәтижелері тұнған таллийдің (-0,85В) нитратты электролит ерітіндісінде еруінің жоғары болуын көрсетті. Бұл металдық таллийдің азот қышқылында жақсы еруіне негізделген. Осыған байланысты жұмысты жалғастыру үшін нитратты электролит таңдалынып алынды. Алайда өндірісте таллиймен бірге бөгде қоспа ретінде қорғасын мөлшері көп болатындықтан, ал сульфатты электролит қорғасынды тұнбаға түсіріп, таллийдің тазалығын жоғарылатуға мүмкіндік береді. Сондықтан нитратты электролитпен қатар сульфатты ерітінділерде де жұмыс жасау тиімді болып табылады. Зерттеу нәтижесінде таллийдің тазалығын жоғарылатудың тиімді параметрлері анықталынды.

Осылайша, металдың зарядталу-иондану процесіне таллий электролиттерінің концентрация, температура, рН, араластыру әсерлері қарастырылды. Таллийді таза күйінде алу үшін оптималды рН 3,5 және 11, айналу жылдамдық 500.

Қойылған талаптарды шешу мақсатында вольтамперометрия, потенциометрия, атомды-эмиссиялық спектроскопия сияқты қазіргі заманғы физика-химиялық талдау әдістері қолданылды. Алынған нәтижелер таллийдің тазалығын жоғарылату, селективті тұндыру мақсатында қолданылады.

### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Сарбаева Г.Т. Кинетика растворения таллия в водных растворах соляной кислоты / Г.Т.Сарбаева, Э.Ж.Тулешова, Г.Н.Жылысбаева, М.Т.Сарбаева // Физическая химия. – 2019. – Т. 93, № 9. – С. 1410-1414.
- [2] Курбатов А.П. Электрохимическое поведение таллия в различных электролитах / А.П. Курбатов, Г.А. Сейлханова, Е.Ж. Усипбекова, А. Березовский // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия химическая. – 2014. № 2 (74). – С. 48-52.
- [3] Усипбекова Е.Ж. Электрохимическое рафинирование таллия в нейтральной среде / Е.Ж. Усипбекова, Г.А. Сейлханова, Ф. Щольц, А.П. Курбатов, А. Березовский, Б.С. Бәкірова, М.К. Наурызбаев // Известия НАН РК. Серия химическая. – 2014. №5 (407). – С. 64-69.
- [4] Поликарпова Ю.С. Комплексообразование кадмия и свинца (II) с тиомочевинной, состав и свойства гидрохимически осажденных пленок  $PbS$  и  $Cd_xPb_{1-x}S$  на пористом стекле. автореф. дис. канд. хим. наук. / Ю.С. Поликарпова. – Екатеринбург, 2006. – 24 с.





[5] Сейлханова Г.А. Влияние концентрации и температуры на электрохимическое поведение таллия / Г.А. Сейлханова, Е.Ж. Усипбекова, А. Березовский, А.П. Курбатов // Известия НАН РК. Серия химическая. – 2014. № 1 (403). – С. 104-110.

[6] Широкова В.И. Кулонометрическое определение миллиграммовых количеств таллия при контролируемом потенциале / В.И. Широкова, О.Л. Кабанова // Аналитическая химия. – 1993. – Т. 48. – С. 1639-1643.

[7] Трохименко О.М. Сорбционное концентрирование таллия (I) на пенополиуретане, модифицированном молибдофосфатом / О.М. Трохименко, В.В. Сухан, Б.И. Набиванец, В.Б. Иценко // Аналитическая химия. – 2000. – Т.55, № 7. – С. 698-701.

[8] Омельчук А.А. Электрохимическое рафинирование тяжелых цветных металлов в расплавленных электролитах: учеб.пос. / А.А. Омельчук. – 2010. – Т.46. № 6. – С. 723-734.

[9] Huosheng Li. Oxidation and removal of thallium and organics from wastewater using a zero-valent-iron-based Fenton-like technique / Huosheng Li, Xiuwan Li, Jianyou Long, Keke Li, Yongheng Chen // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Т.221. – С.89-97.

[10] Hainan Wang. Transport of Tl(I) in water-saturated porous media: Role of carbonate, phosphate and macromolecular organic matter / Hainan Wang, Juchao Liu, Jinni Yao, Qiang He, Jun Ma // Journal of Water Research. – 2020. – Т.186. – С.158-163.

## REFERENCES

[1] Sarbayeva, G.T., Tuleshova, E.J., & Zhylysbayeva G.N. (2019). Kinetika rastvoreniya talliya v vodnykh rastvorah solianoj kisloty [Kinetics of thallium dissolution in aqueous solutions of hydrochloric acid]. Fizicheskaya khimiya - Physical Chemistry, 93, 9. 1410-1414 [in Russian].

[2] Kurbatov, A.P., Seilkhanova, G.A., Ussipbekova, Ye.Zh., & Berezovsky, A. (2014). Electrohimicheskie povedeniya tallia v razlichnykh elektronicheskikh [Electrochemical behavior of thallium in various electrolytes]. Vestnik KazNU im.al-Farabi. Seriya khimicheskaya. – Bulletin of KazNU al-Farabi. Chemical Series, 2 (74), 48-52 [in Russian].

[3] Ussipbekova, Ye.Zh., Seilkhanova, G.A., Sholtz, F., Kurbatov, A.P., Berezovsky, A. Bakirova B.S., Nauryzbayev, M.K. (2014). Electrohimicheskoe rafinirovaniye tallia v neutralnoy srede [Electrochemical refining of thallium in a neutral medium]. Izvestia NAN RK. Seriya khimicheskaya - Izv. NAS RK.Chemical Series, 5(407), 64-69 [in Russian].

[4] Polikarpova, U.S. (2006) Kompleksobrazovaniye kadmia I svinsa (II) s tiomochevinoj, sostav I svoystva gidrohimicheskikh osajdennykh plenok PbS I CdxPb1-xS na poristom stekle. [Complexation of cadmium and lead (II) with thiourea, composition and properties of hydrochemically deposited PbS and CdxPb1-xS films on porous glass]. Extended abstract of candidates thesis. Ekaterinburg [in Russian].

[5] Seilkhanova, G.A., Ussipbekova, Ye.Zh., Berezovsky, A, & Kurbatov, A.P. (2014) Vlianiye konsentratsii I temperatury na electrohimicheskoye povedeniye tallia [Influence of concentration and temperature on the electrochemical behavior of thallium]. Izvestia NAN RK. Seriya khimicheskaya - Izv. NAS RK.Chemical Series, 1(403), 104-110 [in Russian].

[6] Shirokova, V.I. & Kabanova, O.L. (1993). Kulonometricheskoye opredeleniye milligrammovykh kolichestv tallia pri kontroliruemom potentsiale [Coulometric determination of milligram amounts of thallium at a controlled potential]. Analiticheskaya himiya - Analytical Chemistry, Vol.48, 1639-1643 [in Russian].

[7] Trohimenko, O.M., Suhan, V.V., Nabivanes, & B.I., Ishenko, V.B. (2000). Sorbsionnoye koncentrirovaniye tallia (I) na penopoliiuretane, modifitsirovannom molibdofosfatom [Sorption concentration of thallium (I) on polyurethane foam modified with molybdenum phosphate]. Analiticheskaya himiya - Analytical Chemistry, 55, 7, 698-701 [in Russian].

[8] Omelchuk, A.A. (2010). Electrohimicheskoye rafinirovaniye tiazhelykh svetnykh metallov v rasplavlennykh elektrolitakh [Electrochemical refining of heavy non-ferrous metals in molten electrolytes]. 46, 6, 723-734 [in Russian].



[9] Huosheng, Li., Xiuwan, Li., Jianyou, Long., Keke, Li., Yongheng, Chen., Jiahao, Jiang., Xiaoxuan, Chen., & Ping, Zhang. (2019). Oxidation and removal of thallium and organics from wastewater using a zero-valent-iron-based Fenton-like technique *Journal of Cleaner Production*, 221. 89-97 [in English].

[10] Hainan Wang, Juchao Liu, Jinni Yao, Qiang He, Jun Ma, Hongxiang Chai, Caihong Liu, Xuebin Hu, Yao Chen, Yijie Zou, Jiaming Xiong, & Xiaoliu Huangfu. (2020). Transport of Tl(I) in water-saturated porous media: Role of carbonate, phosphate and macromolecular organic matter *Journal of Water Research*, 186. 158-163 [in English].

*Мендіжан Д.Қ., Усипбекова Е.Ж*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ РЕДКОГО МЕТАЛЛА**

**Аннотация.** В работе с целью повышения чистоты таллия проводились электрохимические исследования в присутствии сульфатных, нитратных и ацетатных фоновых электролитов металла. Результаты исследования показали высокое растворение осажденного таллия (-0,85 В) в растворе нитратного электролита. Поскольку в производстве наряду с таллием в качестве примеси содержится большое количество свинца, а с целью селективного осаждения свинца с использованием сульфатного электролита дополнительно применялся и сульфатный электролит. Кроме того, были рассмотрены влияние концентрации, температуры, рН, смешивания электролитов таллия в процессе катодного осаждения и анодного растворения. Для получения таллия в чистом виде эффективное значение рН равно = 3,5 и 11, а значение скорости вращения = 500 об/мин. В результате исследования были определены эффективные параметры повышения чистоты таллия. По электрохимическим свойствам таллия установлено, что на стеклоуглеродном электроде в сульфатных, нитратных, ацетатных электролитах полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы восстановления и окисления таллия протекают в диффузионном режиме.

**Ключевые слова:** таллий; фоновые электролиты; катодное осаждение; анодное растворение; концентрация; рН.

*Mendizhan Diana, Ussipbekova Yenlik*

### **DETERMINATION OF THE OPTIMAL CONDITION INCREASING THE PURITY OF A RARE METAL**

**Annotation.** In order to increase the purity of thallium, electrochemical studies were carried out in the presence of sulfate, nitrate and acetate background electrolytes of the metal. The results of the study showed a high dissolution of the precipitated thallium (-0.85 V) in a nitrate electrolyte solution. Since in production, along with thallium, a large amount of lead is contained as an impurity, and for the purpose of selective deposition of lead using a sulfate electrolyte, a sulfate electrolyte was additionally used. In addition, the effects of concentration, temperature, pH, and mixing of thallium electrolytes during cathodic deposition and anodic dissolution were considered. To obtain thallium in its pure form, the effective pH value is equal to = 3.5 and 11, and the rotational speed value = 500 rpm. As a result of the study, effective parameters for increasing the purity of thallium were determined. According to the electrochemical properties of thallium, it was found that on a glass-carbon electrode in sulfate, nitrate, acetate electrolytes, the results obtained indicate that the processes of reduction and oxidation of thallium proceed in a diffusion mode.

**Keywords:** thallium; background electrolytes; cathodic deposition; anodic dissolution; concentration; pH.