

## Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

«Ֆիզիկական քիմիա» մասնագիտությամբ (թվանիշ Բ.00.04) քիմիական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար Գևորգ Վարդան Անուշավանի կողմից «Բոքսիտային խտանյութերից ալյումինի ստացման ժամանակ առաջացող արտադրական թափոնների էլեկտրաքիմիական եղանակով օգտահանման հետազոտություններ» թեմայով պաշտպանության ներկայացվածատենախոսական աշխատանքի վերաբերյալ

### Ատենախոսական թեմայի արդիականությունը

Ժամանակակից քիմիական արդյունաբերության հիմնական ուղղություններից է նոր տեխնոլոգիաների մշակմամբ անթափոն արտադրության կազմակերպումը, որն ընդունելի կլինի նաև շրջակա միջավայրի պահպանության համար: Այս առումով մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում Բայերի մեթոդով բոքսիտների վերամշակման տեխնոլոգիան, որի ընթացքում առաջանում է մեծ քանակությամբ կարմիր տիղմ՝ որպես թափոն: Բոքսիտից մեկ տոննա ալյումինի օքսիդ ստանալու ժամանակ առաջանում է 1,1...1,2 տոննա կարմիր տիղմ, որը պարունակում է ալյումինի որոշակի քանակություն: Այն ներառված է ալկալային հիդրոալյումինոսիլիկատներում և հանդիսանում է չվերականգնվող օքսիդ: Կարմիր տիղմը պարունակում է նաև երկաթի հիդրօքսիդներ, հազվագյուտ մետաղների միացություններ, այդ թվում՝ տիտանի, ցիրկոնիումի, սկանդիումի, սիլիցիումի, կալցիումի, մագնեզիումի, հազվագյուտ հողային տարրերի, մնացորդային ազատ ալկալիների և այլ բաղադրիչներ: Կարմիր տիղմի համալիր վերամշակման բացակայության պատճառով այն թափվում է տիղմի պոչամբարներ՝ զբաղեցնելով մեծ տարածքներ և ստեղծելով էական խնդիրներ շրջակա միջավայրի համար:

Այս առումով առաջադրված խնդիրը, որի նպատակն է էլեկտրամեմբրանային եղանակով կարմիր տիղմի համալիր վերամշակման տեխնոլոգիայի մշակումը՝ օգտակար տարրերի արդյունահանման և վերջնանյութ հանդիսացող թափոնը շրջակա միջավայրի համար անվտանգ դարձնելու համար, խիստ արդիական է և հեռանկարային: Նշված եղանակը, այդ թվում նաև խտանյութերից և թափոններից մետաղների կորզման ցանկացած մեթոդ, ընթանում է որոշակի ֆիզիկա-քիմիական օրինաչափություններով և առանձնահատկություններով:

Աշխատանքում առաջադրվել և լուծվել են կարևոր խնդիրներ՝ հատկապես ուսումնասիրվել են առանձին քիմիական տարրերի մեմբրանային բաժանումների ուղղությամբ կատարված համաշխարհային փորձը և այն օգտագործվել է նոր էլեկտրա-քիմիական բջջի նախագծման ժամանակ: Տեսական հետազոտությունների միջոցով բացահայտվել է էլեկտրամեմբրանային բջիջների կառուցվածքային առանձնահատկությունները և իոնների անջատման համար անհրաժեշտ արդյունավետ կառավարման պարամետրերը էլեկտրամեմբրանային գործընթացում:

Կատարվել է նոր կառուցվածքային փոփոխություններ էլեկտրադիալիզարարներում՝ այն դարձնելով ավելի արդյունավետ և ղեկավարելի իոնների ընտրողական բաժանման համար: Պատրաստվել է էլեկտրադիալիզարարի փորձարարական մոդել և դրա միջոցով ապահովել սկանդիումի իոնների բաժանման գործընթացը, տեսական և գործնական մեթոդներով որոնվել է բաժանմանը նպաստող արդյունավետ ուղիները: Որոշվել է գործընթացի իրականացման համար ղեկավարող պարամետրերը և դրանց ծրագրային փոփոխման ռեժիմները:

Սրանք են սույն հետազոտության հիմնական խնդիրները, որոնցով պայմանավորված են աշխատանքի արդիականությունը և հիմնավորված են հետազոտման նպատակն ու խնդիրները, որոնք լուծվել են ֆիզիկական քիմիայի մեթոդներով:

Հաշվի առնելով վերոհիշյալը, ատենախոսության թեման անկասկած արդիական է և ունի ինչպես գիտական, այնպես էլ գործնական կարևոր նշանակություն:

### **Ատենախոսական աշխատանքի բովանդակությունը**

Գևորգ Վարդան Անուշավանի ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլխից՝ որոնցից յուրաքանչյուրը ներկայացված է կետերով և ենթակետերով, ընդհանուր եզրակացությունից և 204 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Տեքստի ընդհանուր ծավալը կազմում է համակարգչային 114 էջ, ներառում է 24 նկար և 8 աղյուսակ:

Ատենախոսական աշխատանքի սեղմագիրը շարադրված է 23 համակարգչային տպագիր էջերի վրա, ներառում է աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը, ատենախոսության համառոտ բովանդակությունը, 4 նկար, 2 աղյուսակ և ատենախոսության հիմնական արդյունքներն ու եզրակացությունները: Սեղմագրում բերված են տպագրված

13 աշխատանքները, որոնցից 3-ն առանց համահեղինակների են: 13 աշխատանքներից 5-ը գիտաժողովների թեզաներ են, իսկ մեկը՝ ՀՀ արտոնագիր:

**Ներածությունում** հիմնավորվել է թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են հետազոտության առարկան, նպատակն ու խնդիրները, տեսական և մեթոդաբանական հիմքերը, գիտական նորույթը և ստացված արդյունքների գործնական ու կիրառական նշանակությունը:

**Առաջին գլխում** ներկայացված է կարմիր տիղմի միներալոգիական կազմը, քիմիական բաղադրությունը, առաջացրած խնդիրները և այդ խնդիրները տնտեսապես արդյունավետ կերպով լուծելու անհրաժեշտությունը, ինչպես նաև քննարկվել են կարմիր տիղմի մշակման գործող մեթոդները: Ցույց է տրված, որ  $Fe_2O_3$ -ի քանակությունը կարմիր տիղմում կազմում է 40...55% է,  $Al_2O_3$ -ինը՝ 14...16%, իսկ  $TiO_2$ -ինը՝ 2...5%: Այն պարունակում է նաև  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $S$ ,  $P_2O_5$ ,  $Na_2O$ : Հիմնական մետաղներից զատ, այն պարունակում է նաև հազվագյուտ տարրեր, ինչը կամ չի կորզվում, կամ կորզվում է մասամբ:

Գրականության վերլուծության արդյունքում պարզվել է, որ ներկայումս մշակված են զգալի թվով տեխնոլոգիական սխեմաներ, որոնք հնարավորություն են տալիս իրականացնել ինչպես կարմիր տիղմի համալիր, այնպես էլ դրանց մասնակի վերամշակում՝ բաղադրիչներից առանձին պահանջված արտադրանք ստանալու համար: Կարմիր տիղմի համալիր մշակումը հիմնականում հիմնված է հրամետալուրգիական և հիդրոմետալուրգիական մեթոդների համադրության վրա, որը դժվարություններ է առաջացնում մեկ տեխնոլոգիական տեղամասում նման սխեմաների իրականացման համար:

Հրամետալուրգիական մեթոդը հիմնականում օգտագործվում է կարմիր տիղմի հիմքը կազմող որոշ բաղադրիչների արդյունահանման համար, ինչպիսիք են  $Fe$ ,  $Al$ ,  $Ti$ ,  $Si$ : Կարմիր տիղմի հիմնական բաղադրիչը երկաթի օքսիդն է, որից երկաթը կորզվում է հեղուկ կան պինդ վիճակում այն ածխածնով վերականգնման միջոցով:

Կարմիր տիղմի մշակման հիդրոմետալուրգիական մեթոդները հնարավորություն են տալիս հանքային և օրգանական թթուների, աղերի և հիմքերի ջրային լուծույթների օգտագործմամբ կորզել գրեթե բոլոր բաղադրիչները: Սակայն ըստ գրականության

տվյալների կարմիր տիղմի մշակման առաջարկվող հիդրոմետալուրգիական մեթոդներից նախապատվությունը տրվում է ալկալային-կարբոնատային մեթոդներին, որոնք ի տարբերություն թթվայինների, թույլ են տալիս նվազեցնել նախնական ռեակտիվների սպառումը և հանդիսանում են անվտանգ շրջակա միջավայրի համար:

Կարմիր տիղմի մշակման հեռանկարային եղանակ է հանդիսանում էլեկտրամեմբրանային տեխնոլոգիաների, մասնավորապես էլեկտրալիզարարների, կիրառումը հազվագյուտ մետաղների կորզման համար: Այս մեթոդը նույնպես համընդհանուր լուծում չէ մետաղների կորզման խնդիրների լուծման ժամանակ: Յուրաքանչյուր մետաղի ընտրողաբար կորզման, կամ խառնուրդ տարրերից ազատվելու համար անհրաժեշտ է ֆիզիկա-քիմիական եղանակների ընդգրկմամբ առանձին մոտեցում՝ գործընթացների նպատակային ղեկավարման նպատակով, այսինքն անհրաժեշտ է էլեկտրադիալիզարարում իրականացնել կառուցվածքային փոփոխություններ, ինչպես նաև կատարել գործընթացի վրա ազդող արտաքին պարամետրերի փոփոխություն, ինչը կարող է կատարվել միայն էլեկտրադիալիզի գործընթացում հիմնական պարամետրերի միջև փոխադարձ կապերի բացահայտմամբ:

Ներկայումս կարմիր տիղմի բաղադրիչ մետաղներից մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում սկանդիումը, որի արդյունահանումը բարդ տեխնոլոգիական խնդիր է: Սկանդիումի կորզման հիդրոմետալուրգիական եղանակի հիմքում ընկած է ծծմբաթթվային և աղաթթվային տարրավազումները, որոնց օգտագործումը տնտեսապես ձեռնտու է միայն փոքր քանակությունների մշակման ժամանակ: Դա բացատրվում է նրանով, որ կարմիր տիղմն ունի խիստ հիմնային միջավայր, իսկ այս դեպքում թթուների մեծաքանակ ծախսերը արդարացված չեն:

Ամփոփելով նշեմ, որ աշխարհում առկա է մոտ 5 մլրդ տոննա կարմիր տիղմերի կուտակում, որոնք մեծ վտանգ են ներկայացնում շրջակա միջավայրի համար: Դրանց վերամշակումից առավելագույն բնապահպանական և տնտեսական արդյունք կարող է ստացվել միայն նոր թափոնների առաջացմանը չհանգեցնող բարձր արտադրողականություն ունեցող համալիր տեխնոլոգիաների մշակման և օգտագործման դեպքում: Այս նպատակը համալիր կերպով իրագործելու համար անհրաժեշտ է նոր մոտեցումներ, հետազոտություններ և գիտական հիմնավորումներ: Որպես այդպիսիք աշխատանքում

օգտագործվել և արդյունավետ կերպով կիրառվել է իոնների տարանջատման և հարստացման ֆիզիկաքիմիական, էլեկտրամեմբրանային մեթոդը, որն իր զարգացումն է ստացել հեղինակի կողմից՝ մշակելով նոր մոտեցումներ նվիրված իոնների ընտրողականության բարելավմանը տեղափոխման գործընթացում: Չուգահեռ մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցներով կատարվել է գործընթացների լավարկում:

**Երկրորդ գլխում** մշակվել և ներկայացվել է կարմիր տիղմից հազվագյուտ մետաղների կորզման հիդրոմետալուրգիական նոր եղանակ, որը հիմնված է էլեկտրամեմբրանային մեթոդի վրա: Որպես հեռանկարային և այլընտրանքային եղանակ առաջարկվել է կարմիր տիղմից մետաղների կորզումը կատարել երեք փուլով: Առաջին փուլում կարմիր տիղմը քիմիական ռեակտորում տարալուծվում է նատրիումի հիպոքլորիտի միջոցով, ինչը թույլ է տալիս խիստ հիմնային միջավայրում տարալուծել հազվագյուտ մետաղները՝ առանց տարալուծելու այլումինը և երկաթը: Երկրորդ փուլում էլեկտրադիալիզարարի միջոցով անջատվում են հազվագյուտ մետաղները լուծույթում որպես խտանյութ և կազմակերպվում է այդ մետաղների ընտրողական անջատումը մեմբրանային էլեկտրոլիզի եղանակով: Երրորդ փուլում մեմբրանային էլեկտրադիալիզի եղանակով կարմիր տիղմից կորզվում է նատրիումի հիդրօքսիդը, որից հետո երկաթի և այլումինի օքսիդների կորզումը կատարվում է ավանդական եղանակներով: Առաջարկվող տարբերակը նաև բնապահպանության տեսակետից նախընտրելի է, քանի որ մետաղների կորզումը կատարվում է փակ ցիկլով, իսկ որպես թափոն ստացվող տարբեր էլեմենտների (ծծումբ, ֆոսֆոր, սիլիցիում և այլն) խառնուրդը հետագայում կարող է դառնալ այս տարրերի համար որպես հումք:

**Երրորդ գլխում** քննարկվել են էլեկտրադիալիզատորում զանգվածների տեղափոխության գործընթացները, իոնափոխանակիչ մեմբրանների հատկությունները, ինչպես նաև մեմբրանային եղանակով իոնների բաժանման մաթեմատիկական մոդելավորման հիմունքները՝ իոնների էլեկտրատեղափոխման գործընթացները լավարկելու համար:

Ատենախոսության հեղինակը մշակել է մաթեմատիկական մոդել, որը նկարագրում է իոնների տեղափոխման էլեկտրադիֆուզիոն գործընթացները, այսինքն

էլեկտրական դաշտի կիրառմամբ իոնների տեղափոխումն իոնափոխանակիչ մեմբրաններով և մեմբրանին հարակից տիրույթներով, որոշում է համակարգի վրա ազդեցության հիմնական պարամետրերը, ինչպես նաև ստեղծում է մաթեմատիկական հենք՝ որոշելու համար համակարգի հիմնական ելքային պարամետրերի փոփոխությունները ղեկավարող պարամետրերի փոփոխություններից կախված:

Իոնների տեղափոխումը իոնափոխանակիչ մեմբրաններով և մեմբրանին հարակից տիրույթներով նկարագրելու համար հայցորդն օգտվել է ակադեմիկոս Վ.Համբարձումյանի կողմից մշակված ինվարիանտության սկզբունքից, համաձայն որի համակարգի վրա ընկնող մասնիկների որոշակի ինտենսիվության դեպքում որոշելով անդրադարձման և համակարգից դուրս գալու հավանականությունները, կարելի է գաղափար կազմել համակարգում ընթացող երևույթների մասին: Այս սկզբունքը կիրառելու նպատակով հայցորդը խնդիրը տրոհել է երկու մասի՝

1.Լիցքավորված մասնիկը էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ շարժվում է միջմեմբրանային տարածության հեղուկ համասեռ էլեկտրոլիտում դեպի իոնափոխանակիչ մեմբրանը, որի հիման վրա պետք է որոշվի մինչև մեմբրան շերտի հաղթահարման հավանականությունը:

2.Լիցքավորված մասնիկը էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ ընկնում է համասեռ իոնափոխանակիչ մեմբրանի վրա, որի հիման վրա պետք է որոշվի մեմբրանը հաղթահարելու հավանականությունը:

Ինվարիանտության սկզբունքից ելնելով հայցորդը դիտարկել է  $A$  մասնիկի տեղափոխումը կրկնակի էլեկտրական շերտի  $x$  և  $x + \Delta x$  տիրույթում: Ցույց է տվել, որ կլանումը մեմբրանում, ինչպես նաև անդրադարձման հավանականությունը էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ, շատ ավելի փոքր է քան անցման հավանականությունը:

Որոշել է շերտից անդրադարձման հավանականությունը՝  $r(x)$  և շերտը անցնելու հավանականությունը՝  $T(x)$ ,  $A$  լիցքավորված մասնիկը համակարգ մտնելուց հետո դիտարկման  $\Delta t$  ժամանակահատվածում,  $E$ – էլեկտրական դաշտի ազդեցության դեպքում: Ցույց է տրված, որ ինչքան մեծ լինի կիրառված պոտենցիալների տարբերությունը, այնքան մեծ կլինի մեմբրանն անցնելու հավանականությունը: Մյուս կողմից, պոտենցիալների տարբերության մեծությունը սահմանափակված է, իոնափոխանակիչ

մեմբրանի թողունակությամբ պայմանավորված կրկնակի էլեկտրական շերտի լայնության մեծացմամբ: Պոտենցիալների տարբերության այդ առավելագույն մեծությունն էլ հանդիսանում է լարման օպտիմալ արժեք, որի դեպքում A կատիոնը մեծ հավանականությամբ կհաղթահարի կրկնակի էլեկտրական շերտը և մեմբրանը, այսպիսով բարձրացնելով էլեկտրամեմբրանային գործընթացի արդյունավետությունը:

Ելնելով վերը նշվածից հայցորդը կատարել է ճիշտ ընտրություն՝ ընտրելով պատրաստի թողարկվող մեմբրաններից գործընթացի ֆիզիկա-քիմիական պայմաններին հնարավորինս մոտ բնութագրիչներով մեմբրաններ:

Ընդհանուր առմամբ Գևորգ Վարդան Անուշավանի կողմից կատարված է մեծ ծավալի գիտահետազոտական աշխատանքներ, որոնց արդյունքները նորություն են ֆիզիկական քիմիայի ոլորտում: Հայցորդի կողմից հրատարակված 8 գիտական աշխատանքները և գիտաժողովների 5 թեզիսները համապատասխանում են ատենախոսության բովանդակությանը, որն իր հերթին համապատասխանում է «Ֆիզիկական քիմիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Բ.00.04):

#### **Աշխատանքի գիտական դրույթները և եզրակացությունների ճշտությունը**

Աշխատանքում ձևակերպված են 5 գիտական դրույթներ, որոնք հիմնված են հետազոտվող գործընթացների տեսական վերլուծության և գիտափորձերի արդյունքների վրա: Գիտական դրույթների ճշտությունը հավաստի են և հիմնված են ծավալուն ու նպատակաուղղված գիտափորձարարական տվյալների վրա: Հետազոտությունների ընթացքում օգտագործվել է ժամանակակից վերլուծության միջոցներ, որոնք հեղինակին հնարավորություն են տվել հաջողությամբ իրագործել հետազոտական ծրագիրը և ստանալ գիտափորձի հավաստի արդյունքներ: Հիմնական արդյունքները և եզրակացությունները տրված են 4 կետով, որոնք հիմնավորված ու ապահովագրված են գիտափորձնական հետազոտություններով ու տեսական դրույթներին դրանց համապատասխանեցմամբ՝ ունեն գիտական և գործնական նշանակություն:

#### **Ստացված արդյունքների նորությունը և հիմնավորման աստիճանը**

Առաջարկվել է կարմիր տիղմի համալիր մշակման էլեկտրամեմբրանային եղանակ՝ դարձնելով տիղմը էականորեն ավելի անվտանգ շրջակա միջավայրի համար:

Մշակվել են կարմիր տիղմից մինչև 80% սկանդիումի էլեկտրամեմբրանային եղանակով արդյունահանման համար ֆիզիկական և քիմիական հիմքերը:

Պայմաններ են ստեղծվել կարմիր տիղմից այլումինումի, երկաթի և տիտանի կորզման ու հարստացման համար:

Առաջարկվել է իոնների ընտրողական բաժանման և մոնոհարստացման նոր էլեկտրամեմբրանային եղանակ և դրա իրականացման ուղիները: Վ.Համբարձումյանի ինվարիանտության սկզբունքի կիրառմամբ ստացվել է էլեկտրամեմբրանային համակարգում իոնների միգրացիան պայմանավորող պարամետրերի միջև փոխադարձ կախվածություններ, ինչը թույլ է տալիս՝ առանց բարդ համակարգում իոնների տեղափոխման հավասարումները լուծելու, գաղափար կազմել գործընթացի մասին և անհրաժեշտության դեպքում նաև կատարել աշխատանքային պայմանների և ռեժիմների լավարկում:

Ստացված արդյունքները նորություն են ֆիզիկական քիմիայի ոլորտում և հիմնավորված են տեսական հաշվախկներով ու փորձարարական տվյալներով: Գիտական նորույթն հաստատագրված է ՀՀ արտոնագրով (ՀՀ արտոնագիր 3277A, 18.03.2019թ.)

#### **Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և արդյունաբերության ոլորտում**

Գիտական հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են կարմիր տիղմից սկանդիումի խտանյութի և դրանից բարձր մաքրության սկանդիումի օքսիդի ստացման տեխնոլոգիական սխեմա և հիմնավորվել են տեխնոլոգիական ռեժիմները:

Մշակվել է տեխնոլոգիական սխեմա էլեկտրամեմբրանային եղանակով կարմիր տիղմից տիտանի, երկաթի և կաուստիկ սոդայի կորզման, նաև կաուստիկ սոդայի մինչև 30% հարստացման համար, ինչը հնարավորություն է տալիս էականորեն անվտանգ դարձնել վերջնական թափոնը:

Մշակվել է էլեկտրադիալիզատորի նոր նմուշ, որը հնարավոր է դարձնում կատարելով էլեկտրական դաշտի նպատակային փոփոխություններ՝ բարձրացնել մետաղների իոնների բաժանման արդյունավետությունը:

Բարդ էլեկտրամեմբրանային համակարգի համար տեսական հետազոտությունների հիման վրա որոշվել է էլեկտրամիգրացիան արագացնող պարամետրերի միջև փոխադարձ կապերը:



Կատարված հետազոտությունների արդյունքները կարևոր ներդրում են էլեկտրամեմբրանային գործընթացներում կարմիր տիղմում առկա մետաղների բաժանման մարտավարությունների ընտրությունների համար և կարող են օգտակար լինել նաև այլ քիմիական տարրերի բաժանման դեպքերում:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ներդրման տեսանկյունից մշակված տեխնոլոգիան հեշտ իրականացվող է և ապահովում է բարձր արտադրողականություն:

**Ատենախոսության համապատասխանությունը ՀՀ ԲԿԳԿ-ի գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 6-րդ, 7-րդ, 10-րդ, 11-րդ և 13-րդ կետերի պահանջներին**

Գևորգ Վարդան Անուշավանի ատենախոսությունը հանդիսանում է ինքնուրույն ավարտուն գիտական աշխատանք, որտեղ հեղինակը մշակել է էլեկտրամեմբրանային եղանակով կարմիր տիղմի համալիր վերամշակման տեխնոլոգիա՝ օգտակար տարրերի արդյունահանման և վերջնանյութ հանդիսացող թափոնը շրջակա միջավայրի համար անվտանգ դարձնելու համար:

Որոշել և հիմնավորվել է լավարկված տեխնոլոգիական ռեժիմները, որոնք ապահովում են նվազագույն ծախսերով կարմիր տիղմից մետաղների կորզումը:

Ատենախոսությունը բավարարում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 6, 7, 10, 11 և 13 կետերի պահանջներին, համաձայն որի այն ֆիզիկական քիմիայի բնագավառում կարևոր նշանակություն ունեցող խնդրի լուծումն ապահովող գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական մշակում է: Ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ գիտական աստիճանաշնորհման անվանացանկի «Ֆիզիկական քիմիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Բ.00.04): Սեղմագիրը և հրատարակված գիտական հոդվածներն ընդգրկում են ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը:

Ընդհանուր եզրակացությունները ներկայացված են 4 կետով, որոնք բոքսիտային խտանյութերից այլումինի ստացման ժամանակ առաջացող արտադրական թափոնների էլեկտրաքիմիական եղանակով մետաղների կորզման բնագավառում ունեն գիտական և կիրառական մեծ նշանակություն:

**Ատենախոսության վերաբերյալ առկա են հետևյալ դիտողությունները**

1. Սեղմագրի աղ. 1-ում բերված է Ռուսաստանյան Դաշնության Ուրալի գործարանի պոչամբարում կարմիր տիղմի միներալոգիական կազմը, իսկ աղ. 2-ում Իրանի Իսլամական Հանրապետության պոչամբարում կարմիր տիղմում հազվագյուտ և

հողհագվագյուտ տարրերի կազմը, մինչդեռ ցանկալի կլիներ տվյալները բերվեր նույն գործարանի համար՝ ինչպես ատենախոսության մեջ է:

2. Ցանկալի կլիներ ներկայացվեր կարմիր տիղմի միներալոգիական կազմի մակրոկառուցվածքը և ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության տվյալները՝ ռենտգենագրամները, ինչը կհիմնավորեր առաջադրված խնդրի արդիականությունը:

3. Աշխատանքում ոչինչ չի ասվում օգտագործվող մեմբրանների նյութի ընտրության մասին, ինչը ցանկալի է և անհրաժեշտ:

4. Ցանկալի կլիներ աշխատանքում ցույց տրվեր կորզված մետաղների մակրո- և միկրոկառուցվածքները, ինչպես նաև քիմիական բաղադրությունը՝ խոսքը վերաբերվում է խառնուրդ տարրերի քանակությանը:

5. Աշխատանքում առկա են խմբագրական ոճի որոշակի բացթողումներ, այդ թվում՝ տեքստը հավաքված է 14 տառաչափով, մինչդեռ այն պետք է լինի 12 տառաչափով, ատենախոսության ընդհանուր ծավալը 114 էջ է, իսկ սեղմագրում գրված է 112 էջ և այլն:

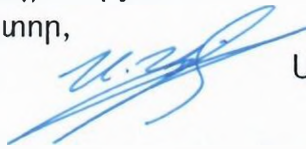
Նշված դիտողությունները չունեն էական նշանակություն և չեն կարող նսեմացնել ատենախոսական աշխատանքի գիտական արժեքը, ինչպես նաև չեն ազդում նրա գիտական ուղղվածության և արդյունքների վրա: Տեսական վերլուծությամբ և փորձարարական հետազոտություններով հեղինակին հաջողվել է առաջին անգամ մշակել էլեկտրամեմբրանային եղանակով կարմիր տիղմի համալիր վերամշակման տեխնոլոգիա՝ օգտակար տարրերի արդյունահանման և վերջնանյութ հանդիսացող թափոնը շրջակա միջավայրի համար անվտանգ դարձնելու նպատակով:

Հեղինակը հմտորեն կիրառել է ժամանակակից հետազոտական մեթոդներ ու գիտականորեն հիմնավորել ստացված արդյունքները: Նրա կողմից առաջադրված և լուծված խնդիրներն իրենց արդիականությամբ, գիտական և գործնական արժեքներով գնահատվում են որպես էական ներդրում ժամանակակից ֆիզիկական քիմիայի բնագավառում: Այն գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական լուծում է, որը հիմնավորապես կարող է նպաստել ֆիզիկական քիմիայի բնագավառում գիտատեխնիկական առաջընթացին:

Հետազոտման ծավալով, գիտական նորույթով և գործնական նշանակությամբ ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից քիմիական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար ատենախոսական

աշխատանքներին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Գևորգ Վարդան Անուշավանի, արժանի է «Ֆիզիկական քիմիա» մասնագիտությամբ (թվանիշ Բ.00.04) քիմիական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական  
համալսարանի «Մետալուրգի և նյութագիտություն»  
ամբիոնի պրոֆեսոր, տեխն. գիտ. դոկտոր,  
ՀՀ գիտության վաստակավոր գործիչ



Սուրեն Գևորգի Աղբալյան

Տ.գ.դ., պրոֆեսոր Սուրեն Գևորգի Աղբալյանի ստորագրության իսկությունը  
հաստատում եմ՝

ՀԱՊՀ գիտ. քարտուղար՝ տ.գ.թ., ղրցնա



Ծ.Ս. Հովհաննիսյան

« 06 » նոյեմբերի 2023թ.