

ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ

ՀՀ ԳԱԱ Մ.Գ. Մանվելյանի անվան ընդհանուր և
անօրգանական քիմիայի ինստիտուտի տնօրեն, տ.գ.թ.

Կ.Գ. Գրիգորյան

« 16 » հունիսի 2025թ.

Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ

«Մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացման և խտանյութի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը» թեմայով ատենախոսական աշխատանքի վերաբերյալ, որը Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանին առընթեր գործող ՀՀ ԲԿԳԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդին (դասիչ 031) ներկայացրել է Հասմիկ Վարդանի Ավագյանը՝ «Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (դասիչ Ե.16.02) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Քննարկումը կատարվել է Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի Մ.Գ. Մանվելյանի անվան «Ընդհանուր և անօրգանական քիմիա»-ի ինստիտուտի գիտական խորհրդի 2025թ. հունիսի 16-ի նիստում (արձանագրություն թիվ 06, 16.06.2025թ.):

Քննարկմանը ներկա էին ինստիտուտի գիտական խորհրդի ներքոհիշյալ անդամները՝ խորհրդի նախագահ, տ.գ.թ. Կ.Գ. Գրիգորյանը, ինստիտուտի փոխտնօրեն, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ն.Բ. Կնյազյանը, գիտական քարտուղար, տ.գ.թ. Գ.Գ. Մանուկյանը, ք.գ.դ. Ն. Հ. Զուլումյանը, տ.գ.թ. Ն.Վ. Գուրգենյանը, տ.գ.թ. Վ.Վ. Բաղրամյանը, տ.գ.թ. Վ.Գ. Մարտիրոսյանը, «Հազվագյուտ և ցրված մետաղներ»-ի լաբորատորիայի վարիչ, տ.գ.դ., Կ.Հ. Դավիդյանը, նույն լաբորատորիայի աշխատակիցներ՝ տ.գ.թ. Տ.Ն. Սաֆարյանը, տ.գ.թ. Ս.Ա. Հարությունյանը, գիտական աշխատողներ Ռ.Մ. Գասպարյանը, Ա.Պ. Հակոբյանը և ուրիշներ: Հրավիրված էին՝ Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի պրոֆեսոր, ատենախոսության գիտական ղեկավար, տ.գ.դ., ՀՀ գիտության վաստակավոր գործիչ Ս.Գ. Աղբալյանը, ՀԱՊՀ «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» ամբիոնի վարիչ, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ա.Մ. Հովհաննիսյանը, ինչպես նաև նույն համալսարանի «Նյութագիտություն և մետալուրգիա» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի ավագ գիտական աշխատող, տ.գ.թ., դոցենտ Գ.Ա. Վասիլյանը:

Լսեցին՝ Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Լեռնամետալուրգիա և քիմիական տեխնոլոգիաներ» ինստիտուտի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» ամբիոնի հայցորդ Հասմիկ Վարդանի Ավագյանի կողմից ներկայացված **«Մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացման և խտանյութի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը» թեմայով** թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ զեկուցումը «Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (դասիչ Ե.16.02)՝ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար:

Հարցեր տվեցին՝ տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ն.Բ. Կնյազյանը, տ.գ.դ. Կ.Հ. Դավիդյանը, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ա.Մ. Հովհաննիսյանը, ք.գ.թ. Գ.Գ. Մանուկյանը և տ.գ.թ. Կ.Գ. Գրիգորյանը, որոնց հայցորդ Հասմիկ Վարդանի Ավագյանը տվեց սպառիչ և բավարար պատասխաններ:

Ելույթ ունեցան՝ ատենախոսության գիտական ղեկավար, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ս.Գ. Աղբալյանը, տ.գ.դ., պրոֆեսոր, Ա.Մ. Հովհաննիսյանը, տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ն.Բ. Կնյազյանը, տ.գ.դ. Կ.Հ. Դավիդյանը, ովքեր նշելով թեմայի արդիականությունը և կարևորությունը, գնահատեցին կատարված աշխատանքը և առաջարկեցին տալ դրական կարծիք՝ երաշխավորելով այն պաշտպանության ՀԱՊՀ-ին առընթեր գործող ՀՀ ԲԿԳԿ-ի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհրդի (դասիչ 031) «Մետալուրգիա» ենթախորհրդում (դասիչ Ե.16.02)՝ «Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (դասիչ Ե. 16.02):

Քվեարկությունը կայացել է բաց: Տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի աստիճանաշնորհման համար դրական երաշխավորման առաջարկությունն ընդունվել է միաձայն՝ դեմ և ձեռնպահ չեն եղել:

Ատենախոսության նպատակը և ծավալը

Ատենախոսական աշխատանքի նպատակն է մշակել մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացման և խտանյութի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա, բացահայտել հիմնական օրինաչափությունները և ստացված սուլֆիդների ֆլոտացման գործընթացի մեխանիզմն ու կինետիկան:

Ատենախոսությունը Հասմիկ Վարդանի Ավագյանի կողմից կատարած գիտափորձերի, հետազոտությունների և հրատարակված գիտական աշխատանքների ընդհանուր շարադրանքն է: Այն բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ընդհանուր եզրակացություններից և 147 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Ատենախոսությունը շարադրված է 146 էջ համակարգչային տպագիր էջերի վրա, ներառում է 56 նկար և 21 աղյուսակ:

Ատենախոսության արդիականությունը և հրապարակությունը

Հայաստանի Հանրապետության ընդերքը հարուստ է պղնձի հանքանյութերով, որոնց զգալի մասը պարունակում են խառը և օքսիդացած միներալներ և հարստացման չեն ենթարկվում: Արդյունքում հանքավայրերի հանքահումքային պաշարների զգալի մասը չի օգտագործվում և անցնում է թափոնային պոչեր: ՀՀ թափոնային պահեստարաններում արդեն կուտակվել են ~400 մլն տոննա թափոնակույտային պոչանքներ՝ պղնձի մոտավորապես 0,12% միջին պարունակությամբ, իսկ Թեղուտի հանքավայրում օքսիդացած ապարների և խառը հանքային միներալների գոտին կազմում է մոտավորապես 250 հա մակերեսով և 70 մ խորությամբ զանգված, հարուստ հանքայնացմամբ, որի վերամշակման խնդիրն առաջնային է: Նշված քանակությունն անընդհատ ավելանում է և շրջակա միջավայրի պաշտպանության տեսանկյունից առաջացնում է լուրջ խնդիրներ:

Նշված խնդիրը լուծելու համար մետալուրգիական գործընթացներում կատարվում են աշխատանքներ, համաձայն որոնց օքսիդացած հանքանյութերի մշակումը կատարվում է մեխանաքիմիական և մետաղաձերմային վերականգնման եղանակների զուգակցմամբ, որի ընթացքում տեղի են ունենում օքսիդավերականգնման գործընթացների ինտեսիվացում և սկզբունքային նոր մոդիֆիկացիաներով նյութերի ստացում: Մեխանաքիմիական ակտիվացումը մեծացնում է նյութի մակերևութային էներգիան և առաջացնում բյուրեղային ցանցի աղավաղումներ: Պինդ նյութերի ռեակցիոն ունակությունները մեծանում են, որն էլ նպաստում է քիմիական ռեակցիայի արագության մեծացմանը: Հեռանկարային են համարվում այն գործընթացները, որոնք նպատակաուղղված են պղնձի օքսիդային ձևի փոխակերպմանը հեշտ ֆլոտացվող սուլֆիդների: Միներալների մակերևույթները սուլֆիդացնող առկա եղանակները չեն

ապահովում անհրաժեշտ արդյունավետություն, քանի որ սուլֆիդային թաղանթներն առաջանում են թույլ թթվային միջավայրում, անկայուն են և հեշտությամբ քայքայվում են ֆլուտացման ընթացքում: Այստեղից հետևում է, որ հիմնախնդրի արդյունավետ լուծումը կարելի է իրականացնել հանքաքարի արժեքավոր բաղադրիչների միներալա-բանական բաղադրության փոփոխմամբ՝ կիրառելով հանքաքարի մանրացման գործընթացը:

Ելնելով վերոհիշյալից՝ պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացումը գնդաղացում՝ դրանց դիսպերս մանրացման գործընթացում, որն ուղեկցվում է հանքաքարերի մեխանաքիմիական և մետաղաջերմային ակտիվացմամբ, խիստ արդիական է և պայմանավորված է հանրապետության տնտեսության արդի պահանջ-ներով: Այն հնարավորություն կտա մշակել պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացման նոր տեխնոլոգիա և բացահայտել հիմնական օրինաչափություններն ու ստացված սուլֆիդների ֆլուտացման գործընթացի մեխանիզմն ու կինետիկան:

Ստացված արդյունքների և եզրակացությունների նորությունը

Ձևակերպված գիտական հինգ դրույթները հիմնավորված են հետազոտվող գործընթացների տեսական վերլուծությամբ և գիտափորձնական հետազոտություններով: Օգտագործվել է ժամանակակից վերլուծական միջոցներ, որոնք հեղինակին հնարավորություն են տվել հաջողությամբ իրագործել հետազոտությունների ծրագիրն ու նպատակը և ստանալ գիտափորձերի հավաստի արդյունքներ:

Կատարած հետազոտությունների արդյունքում հեղինակը ցույց է տրվել, որ պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի հարստացման և ստացված խտանյութից պղնձի առավելագույն կորզման գոյություն ունեցող մեթոդների ամենահեռանկարային տարբերակը գնդաղացում օքսիդացած հանքանյութերի սուլֆիդացման գործընթացն է, որն ուղեկցվում է օքսիդացած հանքանյութի բյուրեղաքիմիական վիճակի փոփոխությամբ՝ սուլֆիդացման ու մեխանաակտիվացման համակցման ճանապարհով: Այդ նպատակով ուսումնասիրվել են Թեղուտի պղինձմոլիբդենային հանքավայրի միներալային կազմը և պղնձի օքսիդացած գոտու միներալներն ու դրանց բնութագրեր՝ ինչպիսիք են՝ մալախիտը, ազուրիտը, տենորիտը, կուպրիտը, խրիզոկոլան և փիրուզը:

Որպես սուլֆիդարար ընտրվել են սիլիցիումի սուլֆիդը, նատրիումի թիոկոմպ-

լեքսը և ծծումբը: Ուսումնասիրվել են դրանց բնութագրերը: Կատարվել են չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում, հիմնավորում, գնդաղացներում հանքաքարերի մեխանիկական մանրացման գործընթացի ուսումնասիրություն և առանձնահատկությունների բացահայտում: Ցույց է տրվել, որ գնդաղացներում հանքաքարերի մանրացման ժամանակ կարևոր ցուցանիշներն են գնդաղացի պտտման արագությունը, գնդերի օպտիմալ զանգվածը և տրամագիծը, հանքանյութի նախնական չափերը և ծավալը, ինչպես նաև գնդերի կառուցվածքը և հատկությունները: Մշակվել են հետազոտման նպատակը և մեթոդիկան, որը հիմնված է մետաղագիտական, քիմիական, ռենտգենաֆազային, սպեկտրային, ատոմնա-աբսորբման, ջերմաձանրաչափական և այլ վերլուծական մեթոդների վրա:

Թերմոդինամիկական հաշվարկներով հիմնավորվել է Թեղուտի պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևութային խոր սուլֆիդացման տեխնոլոգիական գործընթացը, որը կատարվել է ծծմբի (S), սիլիցիումի սուլֆիդի (SiS_2) և նատրիումի թիոկոմպլեքսի ($\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$) առկայությամբ ազոտիտի, մալախիտի, կուպրիտի և տենորիտի աղացման ու մանրացման գործընթացներում: Ցույց է տրվել, որ փոխազդեցությունն ընթանում է Գիբբսի էներգիայի մեծ բացասական արժեքով, որը և անհրաժեշտ է պղնձի սուլֆիդների ստացման համար:

Որոշվել են մանրացման գործընթացում պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևութային սուլֆիդացման օպտիմալ պայմանները, որոնց դեպքում ապահովվում է 70% սուլֆիդացման աստիճան. գործընթացի տևողությունը՝ 70 ր, ջերմաստիճանը՝ 343Կ, սուլֆիդարարի ծախսը 100%՝ ըստ օքսիդացած պղնձի զանգվածի:

Բացահայտվել են պղնձի օքսիդացած միներալների՝ նատրիումի թիոկոմպլեքսով, սիլիցիումի սուլֆիդով և ծծմբով սուլֆիդացման ռեակցիաների կինետիկան և մեխանիզմը: Որոշվել են աղացման գործընթացում պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման և ֆլոտացման օպտիմալ պայմանները, որոնք ապահովում են ~ 63% սուլֆիդացման աստիճան:

Հետազոտվել են սիլիցիումի սուլֆիդով, նատրիումի թիոկոմպլեքսով և ծծմբով պղնձի սուլֆիդացված օքսիդային հանքանյութերի, ինչպիսիք են՝ ազոտիտը, մալախիտը, կուպրիտը և տենորիտը, ֆլոտացման գործընթացները: Արդյունքում որոշվել է

ֆլոտացման համար անհրաժեշտ ռեսուրսների ծախսը՝ որպես ակտիվ սուլֆիդարար ընտրելով ծծումբը:

Կատարած համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել են օքսիդացած պղնձային հանքանյութերի մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ սուլֆիդացման և ստացված սուլֆիդային միացությունների ֆլոտացման տեխնոլոգիա, որը հնարավորություն է տալիս վերամշակելու պղնձային օքսիդացած հանքանյութերը և համարվում է հեռանկարային: Ընտրվել և հիմնավորվել է անհրաժեշտ տեխնոլոգիական սարքավորումները: Կատարվել է մշակված տեխնոլոգիայի տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորում, համաձայն որի շահույթը կազմել է 502019,0 հազար դրամ, իսկ կապիտալ ներդրումների հետգնման ժամկետը՝ 1,525 տարի:

Ընդհանուր առմամբ Հ.Վ. Ավագյանի կողմից կատարված է մեծ ծավալի գիտահետազոտական աշխատանքներ, որոնց արդյունքները նորություն են մետալուրգիայի ոլորտում: Հայցորդի կողմից հրատարակված 12 գիտական աշխատանքները համապատասխանում են ատենախոսության բովանդակությանը, որն իր հերթին համապատասխանում է «Մետալուրգիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Ե.16.02):

Արդյունքների նշանակությունը գիտության և արտադրության ոլորտներում

Մշակվել է գնդաղացներում պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի՝ ազուրիտի, մալախիտի, կուպրիտի և տենորիտի՝ սիլիցիումի սուլֆիդով, նատրիումի թիոկոմպլեքսով և ծծմբով սուլֆիդացման և դրանցից պղնձի խտանյութի ստացման տեխնոլոգիա: Համալիր հետազոտությունների արդյունքում բացահատվել է, որ նյութի մեխանաքիմիական քայքայումն իր բնույթով յուրահատուկ է և տարբերվում է ջերմային ու այլ տիպի քայքայումներից: Ցույց է տրվել, որ հնարավոր է պարզեցնել սուլֆիդացման գործընթացի տեխնոլոգիական պայմանները՝ ի հաշիվ սուլֆիդացման ու մանրացման գործընթացների համատեղման, ինչպես նաև նվազեցնել սուլֆիդացման գործընթացի իրականացման տնտեսական ծախսերը:

Բացահայտվել են մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ պղնձի օքսիդային հանքանյութերի նատրիումի թիոկոմպլեքսով, սիլիցիումի սուլֆիդով և ծծմբով սուլֆիդացման և ստացված սուլֆիդների ֆլոտացման մեխանիզմն ու կինետիկան, ինչպես նաև այդ գործընթացների տեսական ու տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները: Որոշվել

են մանրացման գործընթացում պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևութային սուլֆիդացման օպտիմալ պայմանները, որոնց դեպքում ապահովվում է մոտավորապես 63% սուլֆիդացման աստիճան՝ 70ր գործընթացի տևողության, 343 Կ ջերմաստիճանի և 100% սուլֆիդարարի ծախսի դեպքում՝ ըստ օքսիդացած պղնձի զանգվածի:

Հետազոտությունների հիմնավորման աստիճանը պայմանավորված է մետալուրգիական գործընթացների ժամանակակից մեթոդների, չափման և հսկման եղանակների ու ժամանակակից վերլուծության միջոցներով հետազոտության արդյունքների համեմատությամբ ու ֆոտոփաստացի նյութերով: Տեսական հետազոտությունների արդյունքները և եզրահանգումները հիմնավորված են մետալուրգիական գործընթացների ժամանակակից ու դասական տեսություններով:

Աշխատանքի գործնական կարևորությունը

Մշակվել է ՀՀ Թեղուտի հանքավայրի պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի մանրացման ընթացքում մեխանաքիմիական և մետաղաջերմային ակտիվացմամբ սուլֆիդացման և խտանյութի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա: Այն հնարավորություն է տալիս սուլֆիդացված հանքանյութի ֆլոտացմամբ ստանալ պղնձի սուլֆիդային խտանյութ՝ հետագա պիրոմետալուրգիական վրամշակմամբ պղնձի ~82% կորզման ապահովմամբ: Մշակված տեխնոլոգիան հեռանկարային է և հիմնավորված, իսկ ներդրման տեսակետից՝ պարզ և քիչ ծախսատար: Այն կարող է ներդրվել հանրապետությունում գործող «Թեղուտ» ՓԲԸ-ում, ընկերությանը ապահովելով մեծ տնտեսական շահույթ:

Ապենախոսության վերաբերյալ առկա են հետևյալ դիպողությունները

1. Ցանկալի կլիներ աշխատանքում ուսումնասիրվեր նաև թափոնակույտային և կոնվերտորային խարամներից պղնձի կորզման գործընթացը, որտեղ այն կազմում է մոտ 0,12%:

2. Ցանկալի կլիներ մշակված տեխնոլոգիան համեմատվեր պղնձի օքսիդացած հանքանյութերից պղնձի կորզման կույտային հարստացման գործընթացի հետ:

3. Աշխատանքից պարզ չէ, թե ինչպես են սիլիկատային ապարներից առանձնացնում պղնձի օքսիդացած միներալները:

4. Ցանկալի կլինեն աշխատանքում նշվել գնդադասում սուլֆիդացումից հետո լուծույթների սուլֆիդային միացությունների հետագա օգտագործման մասին, ինչը կլուծեր շրջակա միջավայրի պահպանման խնդիրները:

Նշված դիտողությունները չեն նսեմացնում ատենախոսության գիտական և գործնական արժեքը: Այն ձևակերպված է բարձր մակարդակով, առաջադրված խնդիրները հեղինակի կողմից լուծված են լիարժեք, իսկ նշված թերությունները ոչնչով չեն նսեմացնում քննարկվող աշխատանքի գիտական արժանիքները: Ստացված արդյունքները, մշակված տեխնոլոգիան և տեսական հիմնավորումները մեծ առաջընթաց են ապահովում մետալուրգիայի բնագավառում: Հրատարակված 12 գիտական հոդվածները լիովին համապատասխանում են թեմայի ուղղվածությանը:

Աշխատանքն արդիականությամբ, գիտական նորությով և գործնական նշանակությամբ լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կանոնակարգի պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Հասմիկ Վարդանի Ավագյանն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը «Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (դասիչ Ե.16.02):

ՀՀ ԳԱԱ Մ.Գ. Մանվելյանի անվան ընդհանուր և

անօրգանական քիմիայի ինստիտուտի
«Հազվագյուտ և ցրված մետաղներ»-ի լաբորատորիայի
վարիչ, տ.գ.դ., ավ. գիտ.աշխատող

Կ.Հ. Դավիդյան

ՀՀ ԳԱԱ Մ.Գ. Մանվելյանի անվան «Ը և
ԱԲ» ինստիտուտի գիտ. քարտուղար,
տեխ. գիտ. թեկնածու

Գ.Գ. Մանուկյան

16.06.2025թ.

