

**ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ, ՆՅՈՒԹԱԳԻՏԻԹՅՈՒՆ,  
ԸՆԴԵՐՔՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄ**

**ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ ԵՎ ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ**

ՀՏԴ 621.762:669.15

**Հ.Վ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Հ.Ա. ԶԱՔԱՐՅԱՆ**

**ՍՈՒԼՖԻԴԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ՊՂՆՁԻ ՕՔՍԻԴԱՑԱԾ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ  
ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Օքսիդացված հանքանյութերի սուլֆիդացման տեխնոլոգիաների վերլուծության արդյունքում բացահայտվել է, որ միներալների մակերևույթները սուլֆիդացնող առկա եղանակները չեն ապահովում անհրաժեշտ արդյունավետություն, քանի որ առաջացած սուլֆիդային թաղանթները հեշտությամբ քայքայվում են ֆլոտացման ընթացքում: Ցույց է տրված, որ տվյալ հիմնախնդրի ամենարդյունավետ լուծումը հանքաքարի մանրացման ժամանակ նրա արժեքավոր բաղադրիչների հանքաբանական բաղադրության փոփոխումն է օքսիդացած միներալների մակերևույթների խոր սուլֆիդացման միջոցով՝ օգտագործելով  $\text{SiS}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ , ( $\text{Na}_2\text{S-SiS}_2$ ) սուլֆիդային համակարգեր:

**Առանցքային բաներ.** պղինձ, օքսիդացված հանքանյութեր, միներալներ, սուլֆիդացում, ֆլոտացում, խտանյութ:

**Ներածություն:** Բնության մեջ հայտնի են պղինձի մոտ 170 միներալներ, սակայն գործնականում, ինչպես և Հայաստանի լեռնահանքային ձեռնարկություններում, պղինձի խտանյութը ստանում են միայն սուլֆիդային միներալներից ֆլոտացման եղանակով, իսկ օքսիդացած և խառը պղծային հանքանյութերը չեն վերամշակվում՝ դժվար հարստացման պատճառով: Այս հանքաքարերի վերամշակման տեխնոլոգիաների ուսումնասիրությունը և նորերի մշակումը ներկայումս գունավոր մետալուրգիայի գիտատեխնիկական կարևոր հիմնախնդիրներից են: Պղնձային հումքի համալիր վերամշակումը հնավորություն կտա ապահովել հումքի առավել արդյունավետ օգտագործումը, բնապահպանական նորմերի պահպանումը, արտադրական գործընթացների լավարկումը և միջազգային ստանդարտներին բավարարող արտադրանքի ստացումը:

Պղնձի օքսիդացած միներալների ֆլոտացման համար մշակված ռեագենտները շատ թանկ են, իսկ դրանց արդյունավետությունը մեծ մասամբ կախված է հատուկ պայմանների ստեղծումից, ինչը բավական դժվար է և պայմանավոր-

ված է պղնձի օքսիդացած հանքաքարերի քիմիական բաղադրության անկայունությամբ: Այս առումով օքսիդացած պղնձի հանքաքարերի մանրացման փուլում դրանց նախնական սուլֆիդացման և հետագա ֆլոտացման տեխնոլոգիայի մշակումը խիստ արդիական խնդիր է:

Ներկայումս Հայաստանի Հանրապետության թափոնային պահեստարաններում կուտակվել են մոտավորապես 400 մլն տ թափոնակույտային պոչանքներ՝ պղնձի մոտ 0,12% միջին պարունակությամբ, ընդ որում, օրեցօր ավելանում է այդ քանակը, որն էլ շրջակա միջավայրի պաշտպանության տեսակետից խիստ վտանգավոր է: Թեղուտի հանքավայրում հստակ առանձնանում է օքսիդացած ապարների գոտին մոտ 250 հա մակերեսով և 70մ խորությամբ՝ համեմատաբար հարուստ հանքայնացմամբ, որի վերամշակման խնդիրն այսօր առաջնային է:

Ելնելով վերոհիշյալից, աշխատանքի նպատակն է գիտականորեն հիմնավորել պղնձի օքսիդացած ու խառը հանքաքարերի սուլֆիդացման տնտեսապես շահութաբեր ու բնապահպանական նորմերը բավարարող տեխնոլոգիա:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը.** Ներկայումս դժվար հարստացվող, օքսիդացած և խառը հանքանյութերի, հանքամնացուկների ու թափոնակույտերի վերամշակման տարածված եղանակներից են դրանց անմիջական ֆլոտացումը, սեգրեգացիոն թրծումը, Մոստովիչի, սորբցիա-ֆլոտացման, կենսատեխնոլոգիական և կոմբինացված մեթոդները: Ամենատարածվածներից է ծծմբական թթվով տարրալուծման մեթոդը, որը պահանջում է մեծաքանակ թանկարժեք և ագրեսիվ ռեագենտներ, ինչպես նաև կոռոզիակայուն սարքավորումներ: Նշված մեթոդները կիրառելի չեն տեղական հանքանյութերի վերամշակման համար: Առավել հեռանկարային են այն գործընթացները, որոնք ուղղված են պղնձի օքսիդային ձևի (օքսիդներ, կարբոնատներ, սուլֆատներ և այլն) փոխակերպմանը հեշտ ֆլոտացվող սուլֆիդների: Միներալների մակերևութային սուլֆիդացնող առկա եղանակները չեն ապահովում անհրաժեշտ արդյունավետություն, քանի որ սուլֆիդային թա-ղանթներն առաջանում են հիմնային միջավայրում, անկայուն են և հեշտությամբ քայքայվում են ֆլոտացման ընթացքում: Այդ իսկ պատճառով տվյալ հիմնախնդի ամենաարդյունավետ լուծումը հանքաքարի մանրացման գործընթացում հանքաքարի արժեքավոր բաղադրիչների հանքաբանական բաղադրության փոփոխումն է՝ օքսիդացած միներալի մակերևութի խոր սուլֆիդացման միջոցով, օգտագործելով  $SiS_2$  և  $Na[SiS_3]$  սուլֆիդային համակարգերը:

Հայտնի է, որ գունավոր մտաղների սուլֆիդների ֆլոտացման ընթացքում դրանց կորստի կեսից ավելին պայմանավորված է օքսիդացված հանքանյու-

թերի առկայությամբ [1]: Մասնավորապես, պղնձի կորստի մասնաբաժինը կազմում է 13 *զանգվ.%*: Բարդ հանքաքարերը չեն կարող մշակվել հարստացման պարզ եղանակներով, ուստի պետք է կիրառել համակցված տեխնոլոգիաներ, որոնք թույլ կտան դժվար հարստացվող բազմամետաղային հանքանյութերը ներառել մշակման գործընթացում: Օքսիդացած հումքի հարստացման դեպքում, որն ավանդական մեթոդներով չի վերամշակվում, անհրաժեշտ է հաշվի առնել հանքաքարի բաղադրությունը, սին ապարների բաղադրիչների ֆիզիկաքիմիական ու տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները [2]:

Թեղուտի հանքավայրի օքսիդացած հանքաքարերի առանձնահատկությունն է, որ նրա մեծ մասը կազմում են լիմոնիտը, հիդրոգյուտիտը, տենորիտը, կուպրիտը, մալխիտը, ազուրիտը և սահմանափակ տեղամասերում՝ փիրուզը: Այդպիսի հանքնայութն ավանդական մեթոդներով վերամշակելը գոծնականում շատ դժվար է:

Ֆլոտացիման մեթոդով օքսիդացած հանքանյութերի հարստացման համար [1-4] աշխատանքներում առաջարկվել են տարբեր ֆլոտառեագենտներ, որոնք, սակայն, արտադրության պայմաններում ոչ բավարար չափով են արդյունավետ, քանի որ դրանց մեծ մասի դեպքում պահանջվում են pH-ի փոքր միջակայքի պահպանում և տեխնոլոգիական պարամետրերի խիստ վերահսկողություն:

Հարստացման գլխավոր նպատակը հանքաքարի մեջ գտնվող բոլոր օգտակար, հիմնական և ուղեկցող գունավոր մետաղների միներալների և ոչ մտաղական բաղադրիչների առավելագույն կորզումն է, որի հաջող կատարման համար անհրաժեշտ է լուծել հետևյալ խնդիրները.

1. Հանքաքարի նախնական հարստացման համար սկզբունքորեն նոր, էժան և արդյունավետ գործընթացների ստեղծում՝ օգտագործելով միներալների ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները:

2. Ֆլոտացման ազդանյութերի լայն տեսականու և այլ մակերևութային ակտիվ նյութերի մշակում՝ կոլեկտիվ ֆլոտացման խտանյութերի ու շլամների առանձնացման կատարելագործված մեթոդներ ստեղծելու նպատակով:

3. Դժվար հարստացվող հանքանյութերից գունավոր մետաղների կորզման սկզբունքային նոր գործընթացների ստեղծում՝ իոնային, էլեկտրոլիտիկ ֆլոտացման և այլ հիդրոմետալուրգիական մեթոդների կիրառմամբ:

Ֆլոտացման մեթոդների ոչ բավարար արդյունավետության պատճառով մեծ կիրառություն են գտել համակցված գործընթացները, որոնցից գործնականում կիրառվում են միայն «տարրալուծում-նստեցում-ֆլոտացում» (ՏՆՖ) գործ-

ընթացը և «սորբցիա՝ առանց ֆիլտրման» տեխնոլոգիաները [2, 5, 6]: Այս գործընթացների իրականացումը կապված է էական դժվարությունների հետ, քանի որ պահանջվում են հատուկ թանկարժեք սարքավորումներ, և շրջակա միջավայրի համար պարունակում են բնապահպանական ռիսկեր:

**Հետազոտության արդյունքները.** Վերլուծության են ենթարկվել աշխատանք [7]-ում բերված օքսիդացած և խառը պղնձային հանքանյութերի հարստացման տեխնոլոգիական փորձարկումների արդյունքները. Դրանք հիմնված են օքսիդացած հանքանյութերի մակերևույթները տարրական ծծմբով սուլֆիդացնելու վրա: Սուլֆիդացումը կատարվել է  $pH=4,0...6,9$  թույլ թթվային միջավայրում խլուսի տաքացմամբ մինչև 343 Կ ջերմաստիճանը, այնուհետև մշակվել է նատրիումի սուլֆիդով  $pH=8,5...9,5$  հիմնային միջավայրում: Առաջարկվող տեխնոլոգիայի թերությունն այն է, որ տվյալ գործընթացում սուլֆիդացնող ռեագենտները պետք է տրվեն աստիճանաբար, և ըստ հեղինակների՝ պղնձի ոչ բոլոր միներալներն են սուլֆիդացվում:

Ուսումնասիրվել են տարբեր բազմամետաղային հանքանյութերի վերամշակման հնարավորությունները՝ օգտագործելով երկաթի աղերը (նիտրատային, սուլֆատային, քլորիդային): Ամենախնայողական տարբերակը երկաթի քլորիդի՝ որպես օքսիդիչի կիրառումն է: Շնորհիվ ջրում նրա լավ լուծելիության՝ տարրալուծումը կարելի է կատարել սահմանափակ ծավալներում: Հարստացուցիչ մետալուրգիական համակցված սխեմայի կիրառումը թույլ է տալիս խտանյութում կապարի, ցինկի և պղնձի կորզումն ավելացնել 15%-ով:

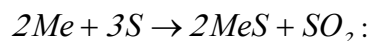
Աշխատանքներ [8, 9]-ում կիրառվել է սեգրեգացիայի (թրծման համակցված գործընթաց՝ հետագա հարստացմամբ) մեթոդով մշակումը՝ օքսիդացած, առանձնահատուկ դժվար հարստացվող, 2...5% պղինձ պարունակող հանքաքարի դեպքում: Մեթոդի էությունը օքսիդացած պղնձային հանքաքարի, կերակրի աղի և կոքսի շիխտայի բարձրջերմաստիճանային տաքացման միջոցով մշակումն է՝ մինչև 50% մետաղական պղինձ պարունակող խտանյութ ստանալու համար:

Ցածրորակ բազմամետաղային հումքի վերամշակման հեռանկարային գործընթացներից է սուլֆիդացնող թրծումը, երբ հումքը նախօրոք ջրազրկվում է ու չորացվում: Սեգրեգացիայի մեթոդի տարատեսակ է նաև քլորացնող թրծումը (1023...1123 Կ), որի արդյունքում առաջանում են քլորիդներ և հետագայում տարրալուծվում ջրով [10]:

Օքսիդացած հանքանյութի մակերևույթին սուլֆիդային ամուր թաղանթ ստանալու համար Դ.Մ. Չիժկովը, Ն.Ն. Ջապրուդակինը և Ա.Մ. Շուրիգինը առաջարկել են ինտենսիվ սուլֆիդացման հետևյալ եղանակները.

1. Թաց մեթոդ. հանքաքարի մանրացման ժամանակ սուլֆիդացնող լուծույթն անմիջականորեն տրվում է աղաց, ընդ որում, խյուսում նատրիումի սուլֆիդի կոնցետրացիան հասնում է մինչև 15 %: Ավելի ամուր թաղանթ ստանալու համար խյուսը նախօրոք տաքացնում են մինչև 80...100°C, այնուհետև մանրացումից հետո այն ֆիլտրում են և լավ լվանում ջրով, որից հետո իրականացնում են սովորական ֆլոտացում:

2. Չոր մեթոդ. մանրացված հանքաքարի և տարրական ծծմբի խառնուրդը տաքացնում են մինչև 250 °C ջերմաստիճան, որի ընթացքում տեղի է ունենում հետևյալ ռեակցիան [11]՝



Պղնձի կարբոնատների ամբողջական սուլֆիդացման գործընթացը տևում է 25 ր:

Աշխատանքներ [12, 13]-ում նկարագրված են սուլֆիդացման ցածր և բարձր ջերմաստիճանային գործընթացները, որոնք ընթանում են համապատասխանաբար 293...413 Կ և 1072...1773 Կ ջերմաստիճանային միջակայքում: Սակայն պղնձային հանքանյութերի դեպքում, որոնց քանակը շատ մեծ է և ունեն օքսիդացման տարատեսակ ձևեր, սուլֆիդացման բարձր ջերմաստիճանի իրականացումը գործնականում բավականին դժվար է և տնտեսապես ոչ շահավետ: Կիրառություն են գտել սուլֆիդացման միայն ցածր ջերմաստիճանային հետևյալ գործընթացները.

1. նախքան ֆլոտացումը՝ ծանր գունավոր մետաղների օքսիդացած հանքանյութերի մակերևույթների սուլֆիդացում՝ ջրում լուծելի կամ հիդրոլիզվող սուլֆիդներով,

2. վերամշակման համակցված սխեմաներում ծծմբաթթվական լուծույթներից և խյուսից ծանր գունավոր մետաղների սուլֆիդների նստեցում:

Ֆլոտացման պրակտիկայում որպես ռեագենտ-սուլֆիդարար սովորաբար կիրառում են նատրիումի սուլֆիդի ջրային լուծույթը, սակայն հայտնի է, որ կարելի է կիրառել նաև ամոնիումի և բարիումի սուլֆիդները, ինչպես նաև նատրիումի պոլիսուլֆիդները և ծծմբաջրածինը [14, 15]:

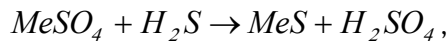
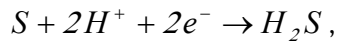
Ներկայումս պղնձի հանքանյութերի սուլֆիդացման համար օգտագործում են ծծմբի հիմքով միացություններ, որոնք բացառում են խիստ թունավոր ցիանիդի կիրառումը: Ծծումբ պարունակող ցանկացած մոդիֆիկատոր ձևավորում է

խյուսի հեղուկ ֆազի ոչ միանման իոնային կազմը, որի կայունությունը որոշվում է միաջավայրի pH-ի արժեքով, այլև մոդիֆիկատորի կոնցետրացիայով, հանքանութերի բազմազանությամբ և խյուսի ջերմաստիճանով:

Նատրիումի սուլֆիդով օքսիդացման դեպքում օքսիդացած պղնձի հանքանյութերի մակերևույթին առաջանում է սուլֆիդային թաղանթ, որն իր կառուցվածքով ու հատկություններով համապատասխանում է կովելինին: Թաղանթը փխրուն է և անկայուն: Սուլֆիդային թաղանթի ամրությունն աճում է ամոնիումի աղերի (ամոնիումի սուլֆատ) և մագնեզիումի հեքսամետաքլորիդի ավելացման դեպքում [16]:

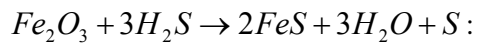
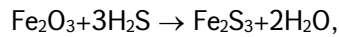
Աշխատանքում [17]-ում մշակված են պղնձի օքսիդացած հանքաքարի սկզբունքորեն նոր՝ էլեկտրաքիմիական սուլֆիդացման երկու մեթոդներ. առաջինը՝ առանց սուլֆիդարարի ներմուծման, որի դեպքում գործընթացն իրականացվում է հանքաքարում պարունակվող ծծմբի հաշվին, երկրորդը՝ նատրիումի սուլֆիդի ներմուծմամբ, երբ հանքաքարը պարունակում է քիչ քանակությամբ ծծումբ: Էլեկտրաքիմիական սուլֆիդացման օպտիմալ պայմաններում պղնձի կորզման ելքը խտանյութում կազմում է 30...40%: Օքսիդացած պղնձային հանքանյութերի մանրացման ժամանակ սուլֆիդացումը թույլ է տալիս տարրական ծծմբի հետ փոխազդեցության ջերմաստիճանը հասցնել մինչև 80°C, ինչպես նաև բարձրացնել սուլֆիդային թաղանթի ամրությունը: Օքսիդացած պղնձային հանքանյութի սուլֆիդացման դեպքում, բացի տարրական ծծմբի կիրառումից, օգտագործվել են նաև այլ սուլֆիդարարներ՝ պիրիտ, նատրիումի և ամոնիումի պոլիսուլֆիդներ: Սուլֆիդացման գործընթացը առավելագույն և արդյունավետ աստիճանի հասնում է ակտիվացած ծծմբի և էլեկտրաակտիվացած ամոնիումի սուլֆիդների կիրառմամբ: Սուլֆիդացման և մանրացման գործընթացների համատեղումը թույլ է տալիս բարձրացնել պղնձի կորզման ելքը ֆլոտացիայից հետո 10...20 % -ով:

Տարրական ծծմբով և մետաղական երկաթով ծծմբաթթվային լուծույթներում ծանր գունավոր մետաղների սուլֆիդացման մեխանիզմի բացահայտման համար Ա.Լ.Սադիգինի և Վ.Ա. Կուկոնի կողմից կատարվել են հետազոտություններ [18], որոնց հիման վրա հաստատվել է, որ սուլֆիդացման գործընթացն ընթանում է  $S^{2-}$  իոնների հաշվին, որոնք ստացվում են տարրական ծծումբը ատոմական ջրածնով վերականգնման միջոցով՝ ծծմբի և երկաթի մասնիկների սերտ շփման պայմաններում: Հեղինակների կարծիքով, սուլֆատային լուծույթներից սուլֆիդների նստեցումը կատարվում է հետևյալ ռեակցիաներով՝



որտեղ Me -ը Cu-ն է, Ni-ը և Co-ը:

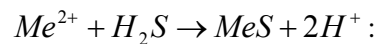
Ռեագենտ-նստեցուցիչի (Na<sub>2</sub>S-ի) նվազագույն ավելցուկի առկայությունը պինդ ֆազում գործնականում ամբողջությամբ սահմանափակում է հակառակ ռեակցիայի ընթացքը՝ ձևավորված սուլֆիդների լուծվելը: Այս դեպքում, երբ սուլֆիդների նստեցումը ընթանում է երկաթային խլուսում, տեղի է ունենում հետևյալ փոխազդեցությունը՝



Առաջացած երկաթի սուլֆիդները մասնակի նստեցնում են գունավոր մետաղները:

Աշխատանք [19]-ում մշակվել է քիմիական հարստացման նոր մեթոդ, որը ներառում է օքսիդացած պղնձային հանքնայութերի սուլֆիդացումը նատրիումի պոլիսուլֆիդների ջրային լուծույթներով 353...368 Կ ջերմաստիճանում: Հայտնի է նաև ծծմբաջրածնով սուլֆիդացման մեթոդը, որը կիրառվում է Մոս Բեյ (Կուբա) և Շերիտ Գորդոն (Կանադա) գործարաններում [3, 20]: Այս դեպքում տարրալուծման ենթակա լուծույթների մաքրումը կատարում են ծծմբաջրածնով՝ պղնձի սուլֆիդացման համար ստեփոհափական անհրաժեշտ քանակով, իսկ կապարի համար՝ 10% ավելցուկով [21, 22]:

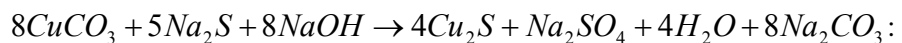
Հաստատված է, որ ծծմբաջրածնով մետաղների սուլֆիդացման շերտի խորությունը կախված է համապատասխան սուլֆիդների լուծելիությունից, որն իր հերթին ուղիղ համեմատական կախվածություն ունի ծծմբական թթվի կոնցետրացիայից և հակադարձ համեմատական՝ ծծմբաջրածնի ճնշումից և ջերմաստիճանից: Նստեցման գումարային ռեակցիան հետևյալն է՝



Լուծույթներից սուլֆիդների նստեցման ոչ բավարար աստիճանը բացատրվում է նշված ռեակցիայի հակադարձելիությամբ:

Հիմնային միջավայրում պղնձի սուլֆիդացման հայտնի մեթոդներից կարելի է նշել պղնձի սիլիկատային հանքանյութերի, ջրում լուծելի սուլֆիդարարի,

սուլֆիդների և տարրական ծծմբի խառնուրդի միաժամանակյա ավտոկլավային տարրալուծումը: Գործընթացն ընթանում է 433...453 Կ ջերմաստիճանում, նատրիումի հիդրօքսիդի 160 կգ/մ<sup>3</sup> խտությամբ լուծույթում, 1...1,5 ժ տևողությամբ: Պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի փոխազդեցությունը նատրիումի սուլֆիդի հետ հիմնային միջավայրում պարբերականորեն կարելի է պատկերել հետևյալ ռեակցիայով՝



Սիլիկատահիմնային լուծույթի անջատումից և սորախցուկի լվացումից հետո, մինչև pH=9...10, պղնձի սուլֆիդները կորզվում են ֆլոտացիայով: Չնայած նրան, որ տվյալ տեխնոլոգիան ապահովում է բարձր ցուցանիշներ ինչպես կորզման (90...94%), այնպես էլ խտանյութերում պղնձի պարունակության (20...25 %) տեսանկյունից, սակայն արդյունաբերության մեջ դրա կիրառումը կապված է դժվարությունների հետ՝ բարդ տեխնոլոգիական սխեմայի, թանկարժեք ռեագենտների և ֆիլտրման ցածր արագության պատճառով: Դա հետևանք է ստացված խյուսի բարձր խտության և մածուցիկության, ինչպես նաև NaOH-ի ռեգեներացման հիմնախնդիրների առկայության [14]:

Աշխատանք [23]-ում առաջարկվում է թթվատարողունակ միացություններով ապարային հիմք ունեցող հանքաքարերը տարրալուծել հիմնային լուծույթներով և միաժամանակ օքսիդացած պղինձը սուլֆիդացնել տարրական ծծմբով: Սուլֆիդացումը կատարվել է 412 Կ ջերմաստիճանում, լուծույթի կոնցետրացիան՝ NH<sub>3</sub>-85 կգ/մ<sup>3</sup>, CO<sub>2</sub>-55 կգ/մ<sup>3</sup>: ԾՄմբի ծախսը կազմել է 1,3...1,5 անգամ ավելի, քան հանքաքարում օքսիդացած պղնձի քանակությունն է, իսկ տևողությունը՝ 2 ժամ է: Ստացվել է 30%-ոց պղնձի խտանյութ՝ 90,2% կորզման ելքով: Գործընթացը նախկինից տարբերվում է ավելի մեղմ ջերմաստիճանային ու համեմատաբար ցածր հիմնայնության պայմաններով:

**Եզրակացություն.** Դժվար հարստացվող, օքսիդացած և խառը հանքանյութերի, հանքամնացուկների և թափոնակույտերի վերամշակման գոյություն ունեցող եղանակների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ մետաղների կորզման համար անհրաժեշտ է պահպանել հատուկ պայմաններ, ինչը գործնականում շատ դժվար է իրականացնել, որովհետև այդ տեսակի հանքաքարերի բաղադրությունները հաստատուն չեն, իսկ հիդրոքսիմիական տարրալուծման (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> և այլ նյութերի) եղանակները պահանջում են թանկարժեք և ազդեցիվ ռեագենտներ, ինչպես նաև կոռոզիակայուն սարքավորումներ:

Առավել հեռանկարային են այն գործընթացները, որոնք ուղղված են գունավոր մետաղների օքսիդային ձևի (օքսիդներ, կարբոնատներ, սուլֆատներ, մոլիբդատներ և այլն) փոխակերպմանը հեշտ ֆլոտացվող սուլֆիդների:

Ցույց է տրված, որ միներալների մակերևույթները սուլֆիդացնող առկա եղանակները չեն ապահովում անհրաժեշտ արդյունավետություն, քանի որ սուլֆիդային թաղանթներն առաջանում են հիմնային միջավայրում և հեշտությամբ քայքայվում են ֆլոտացման ընթացքում: Հիմնախնդրի ամենարդյունավետ լուծումը հանքաքարի մանրացման ժամանակ նրա արժեքավոր բաղադրիչների հանքաբանական բաղադրության փոփոխումն է՝ օքսիդացած միներալների մակերևույթների խոր սուլֆիդացման միջոցով՝ օգտագործելով  $SiS_2$ ,  $Na_2S$ ,  $(Na_2S-SiS_2)$  սուլֆիդային համակարգեր:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Митрофанов С.И.** Селективная флотация.- М.: Недра, 1967.- 584 с.
2. **Абрамов А.А.** Технология обогащения окисленных и смешанных руд цветных металлов.- М.: Недра, 1988.- 302 с.
3. **Митрофанов С.И., Мещанникова В.И, Курочкина А.В.** Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов.- М.: Недра, 1984.- 218 с.
4. **Полькин С.И., Адамов Э.В., Анфимова Э.В.** Обогащение руд цветных металлов.- М.: Недра, 1983.- 400 с.
5. **Соболев Д.С., Фишман М.А.** Практика обогащения руд цветных и редких металлов.- М.: Госгортехиздат, 1969.- 588 с.
6. Комбинированные и специальные методы обогащения бедных и трудно-обогащаемых руд за рубежом / **О.В. Денисова и др.**- М.: Цветметинформация, 1978.- 32 с.
7. Комбинированная технология переработки сульфидно-окисленных комплексных медьсодержащих руд / **Г.С. Агафонова, И.И. Херсонская, М.Я. Рыскин и др.** // Комбинированные малоотходные процессы комплексной переработки труднообогащаемых руд и продуктов тяжелых цветных металлов // Сб. научн. трудов Гинцветмета.- М., 1990.- С. 171-181.
8. **Nagarai D.R., Somacundaran P.** Chelating agents as collectors in flotation oximes copper minerals // Systems Mining End (USA).- 1981.- 39, N 9.-P. 1351-1357.
9. **Данилова Е.В., Оргажденова Л.А., Мухеева И.В.** Флотация окисленных медных минералов гидроксамовыми кислотами // Обогащение руд.- 1975.- N 3 (119).- С. 5-8.
10. Пат. Японии N 55-65332. Способ переработки медных руд / Мацумура Кадзую,- Опубл. 16.05.80.- Бюл. N 12.
11. **Чижиков Д.М., Запрудский Н.И, Шурыгин С.М.** Обогащение окисленных руд цветных металлов // Цвет. мет.- 1941.- N 8.- С. 41-45.

12. **Клушин Д.Х.** Сульфидирование цветных металлов.- М.: Metallurgy, 1968.- 212 с.
13. **Литвин Б.Н., Поколитов Б.И.** Гидротермальный синтез неорганических соединений.- М.: Наука, 1984.- 185 с.
14. **Омаров Б.Н., Юсупов Т.С., Бектурганов Н.С., Сим С.П.** Исследование процесса сульфидирования окисленных медных руд на стадии измельчения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.- 1993.- N 3.- С. 96-101.
15. **Белоусов А.М., Бергер А.С., Коноплин А.М.** О применении сернистого бария при флотации Джезказганских сульфидных медных руд в условиях оборотного водоснабжения // Сб. Трудов Казмеханобра.- 1970.- N 4.-С. 20-24.
16. **Абрамов А.Л., Михайлов С.М.** Оптимальные условия сульфидизации и флотации окисленных медных минералов.- М.: Недра, 1978.- 150 с.
17. **Лаптев Ю.В., Сиркис А.Л., Колонии Г.Р.** Сера и сульфидообразование в гидрометаллургических процессах.- Новосибирск: Наука, 1987.- 53 с.
18. **Садыгина А.Л., Кукоев В.А., Горячкин В.И., Гавриленко А.Ф.** Особенности осаждения меди и никеля в гидратной пульпе // Цветные металлы.- 1979.- N 3.- С. 11-14.
19. К вопросу о сульфидизации и флотации хризоколлы / **В.Н. Угорец, Э.Б. Сагиндыкова, М.З. Угорец и др.** // Цветные металлы.- 1988.- N 12.- С. 83-86.
20. **Полькин С.И., Адамов Э.В.** Обогащение руд цветных металлов.- М., 1983. - 400 с.
21. Комбинированные методы переработки окисленных и смешанных медных руд / **С.И. Митрофанов и др.**- М.: Недра, 1970.- 228 с.
22. **Клец В.Э., Михев А.Д., Борбат В.Ф.** Выделение цветных металлов из растворов в виде сульфидов // Цветные металлы.- М., 1985.- Вып. 4.- С. 15-18.
23. Hydrometallurgy on China C.Y. chem. P. 6587 Hydrometallurgi: fesearch. Development and Plant Prac. Of the 3-rd intem. Simp. on Hudrometallurgy Atlanta.-1983.- 1020 p.

**А.В. АВАГЯН, Э.А. ЗАКАРЯН**

### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ МИНЕРАЛОВ СПОСОБОМ СУЛЬФИТАЦИИ**

В результате анализа технологий сульфитации минералов было выявлено, что существующие способы сульфитации поверхности минералов не обеспечивают необходимую эффективность, так как образованные сульфидные перепонки легко разлагаются в процессе флотации. Показано, что самое эффективное решение данной проблемы заключается в изменении минералогического состава ценных компонентов руды при ее измельчении способом глубокой сульфитации поверхности окисленных минералов с использованием сульфидных систем  $\text{SiS}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  ( $\text{Na}_2\text{S-SiS}_2$ ).

**Ключевые слова:** медь, окисленные руды, минералы, сульфитация, флотация, концентрат.

H.V. AVAGYAN, H.A. ZAKARYAN

**ANALYZING THE PROCESSING METHODS OF OXIDIZED COPPER  
MINERALS BY MEANS OF SULPHITATION**

The analysis of sulphitation technologies of minerals has revealed that the existing methods of sulphitation of mineral surfaces do not provide the necessary efficiency as the formed sulphide membranes are easily decomposed during flotation. It is shown that the most efficient solution of the given problem is changing the mineralogical composition of the valuable components of the ore at its grinding by means of deep sulphitation of the oxidized mineral surfaces by using the  $\text{SiS}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  ( $\text{Na}_2\text{S-SiS}_2$ ) sulphide systems.

**Keywords:** copper, oxidized ore, minerals, sulphitation, flotation, concentrate.

ՀՏԴ 549.761.5

**Թ.Ռ. ԱՎԱԳՅԱՆ, Լ.Գ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ, Ս.Ս. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ**

**ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԲՈՎՄԱՆ ԵՎ ՏԱՐՐԱԼՈՒԾՄԱՆ  
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ  
(Կապան)**

Փորձ է արվել լաբորատոր հետազոտություններով հիմնավորել մոլիբդենային խտանյութերի բովման գործընթացը կալցիումի օքսիդի օգտագործմամբ: Ուսումնասիրվել են սոդայի ջրային լուծույթում տարրալուծման գործընթացների հիմնական օպտիմալ պարամետրերը:

**Առանցքային բաներ.** մոլիբդենային խտանյութ, կալցիումի օքսիդ, բովում, տարրալուծում, ռենիում, կորզում:

**Ներածություն:** Հայաստանի Հանրապետությունում շահագործման մեջ գտնվող հանքավայրերից առանձնահատուկ բաղադրություն ունեն Ջանգեզուրի պղնձամոլիբդենային հանքավայրում արդյունահանվող մոլիբդենիտային հանքաքարերը՝ 0,031...0,049% մոլիբդենի պարունակությամբ: Հանքաքարի արդյունահանումը և հանքահարստացումն իրականացվում են ՋՊՄԿ ՓԲԸ-ի կողմից:

Մետաղական մոլիբդենի ստացման ավանդական տեխնոլոգիայով (նկ.1) սուլֆիդային խտանյութը (49...51% Mo, 200...400 գ/տր Re) ենթարկվում է օքսիդացնող թրծման 600...700°C ջերմաստիճանում, և ստացվում է մոլիբդենի տեխնիկական եռօքսիդ: Զուգահեռաբար բովման գազերից մասնակիորեն կորզվում է ռենիումը (մինչև 50%-ով): Բովման ժամանակ անջատվող գազային ֆազ են անցնում ծծմբի երկօքսիդը, խտանյութում առկա ռենիումի ավելի քան