

Լ.Ա. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Կ.Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

**ՊԱՌԿԱԾ ՊՈԶԵՐԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ՈՂՋԻ
ԳԵՏԻ ԿԻՐՃՈՒՄ ԿԱԶՄԱՎՈՐՎԱԾ «ԶԱՆԳԵԶՈՒՐԻ ՊՄԿ» ՓԲԸ ՊՈԶԱՄԲԱՐԻ
ՕՐԻՆԱԿՈՎ**

Օգտակար հանածոների հարստացման ժամանակ առաջացող հանքահարստացման պոչերը պարունակում են տարբեր տեսակի մետաղներ, քիմիական տարրեր և միներալային միացություններ: Միևնույն ժամանակ, հանքային հումքի նկատմամբ տարեցտարի աճող պահանջարկը ստիպում է աշխարհի տարբեր երկրներում գործունեություն ծավալող լեռնահանքային ընկերություններին շահագործել հանքային մարմնի ավելի բարդ տեղադրման պայմաններով և օգտակար հանածոների ավելի ցածր պարունակությամբ հանքավայրեր: Մինչդեռ հայտնի է, որ տարբեր տեսակի օգտակար հանածոներով հարուստ տեխնածին ծագում ունեցող թափոնները կարող են հումքի լրացուցիչ և կայուն աղբյուր հանդիսանալ:

Ներկայացված են հանքահարստացման պոչերի վերամշակման համաշխարհային փորձի վերլուծություններ, ինչպես նաև «Զանգեզուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ Ողջի գետի կիրճում տեղադրված և ներկայումս կոնսերվացված պոչամբարի պառկած պոչերից վերցրված նմուշների քիմիական անալիզի արդյունքների վերլուծությունը:

Առանցքային բառեր. հանքահարստացման պոչեր, պոչամբար, ֆլոտացիա, վերամշակում, պղինձ, մոլիբդեն, տեխնոլոգիական սխեմա:

Ներածություն. Լեռնահանքային ձեռնարկության գործունեության արդյունքում առաջացող պոչերի պահեստավորումը պոչամբարներում և դրանց հետագա պահպանությունը բավականին ծախսատար են: Հարկ է նաև նշել, որ պոչերի կուտակման ու երկարատև պահպանման գործընթացները բնապահպանական մեծ ռիսկեր են պարունակում շրջակա միջավայրի աղտոտման տեսանկյունից:

Պոչամբարներում հանքահարստացման պոչերի ծավալների անընդհատ աճի պայմաններում արդիական են դառնում հարստացման պոչերի վերամշակման ներկա տեխնոլոգիաների զարգացումն ու ավելի մեծ ծավալով պոչերի ներառումը դրանցից մետաղների և քիմիական այլ տարրերի ստացման գործընթացներում:

Տարբեր երկրների լեռնահանքային արդյունաբերության ոլորտում հանքահարստացման պոչերի վերամշակման հետ կապված խնդիրների լուծման հեռա-

նկարները վերջին մի քանի տասնամյակներում ավելի պահանջված են դարձել՝ կապված օգտակար հանածոների պաշարների արդյունավետ օգտագործման ու թափոնների նվազեցմանն ուղղված ծրագրերի մշակման հետ [1, 2]:

Խնդրի դրվածքը. Գիտատեխնիկական գրականության վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ներկայումս բազմաթիվ են հանքահարստացման պոչերի և այլ թափոնների վերամշակմանը նվիրված աշխատանքները: Այս արդիական խնդրի վերաբերյալ տարբեր ժամանակներում և աշխարհի տարբեր երկրներում մասնագետների կողմից իրականացվել են ուշագրավ և հեռանկարային ուսումնասիրություններ: Կան բազմաթիվ օրինակներ, որոնք նկարագրում են թափոնների վերամշակման հետ կապված տարբեր տեսակի խնդիրներն ու դրանց լուծման հնարավոր տարբերակները: Ուսումնասիրությունների ժամանակ հաշվի են առնվել ինչպես պոչամբարներում պոչերի տեղադրման առանձնահատկությունները, որոնցով պայմանավորված է պոչամբարի մարմնում այս կամ այն օգտակար բաղադրիչներով հարուստ գոտիների ձևավորումը, այնպես էլ հանքահարստացման եղանակների կիրառման հարցերը, որոնց դեպքում բացահայտվել են օգտակար բաղադրիչների կորուստների հիմնական պատճառները:

Ստորև բերված է մոտակա և հեռավոր արտասահմանյան երկրներում պոչերի վերամշակմանն առնչվող մի շարք ուսումնասիրությունների վերլուծությունը:

Ռուսաստանի Դաշնության (ՌԴ) Բաշկորտոստանի Հանրապետության ոսկու արդյունահանմամբ զբաղվող ընկերության լցակայանում պահեստավորված արտահաշվեկշռային հանքաքարի, պոչամբարում պահեստավորված հարստացման պոչերի և այլ տեսակի թափոնների վերամշակման նպատակով իրականացվել են ուսումնասիրություններ ու արտադրական փորձարկումներ: Թափոնների յուրաքանչյուր տեսակի վերամշակման համար մշակվել են առանձին տեխնոլոգիական սխեմաներ [3]: Ուսումնասիրություններով պարզվել է, որ այդ ընկերության կոնսերվացված պոչամբարում ընդհանուր առմամբ կուտակվել են մոտավորապես 2,6 միլիոն *տ* քանակությամբ պոչեր, որոնց մեջ ոսկու միջին պարունակությունը կազմել է 3,2 տոննա՝ 1,23 *գ/տ* միջին պարունակությամբ: Պոչամբարի շահագործման ընթացքում նրա մեջ ձևավորվել են մի քանի երկրաբանական գոտիներ՝ տեխնածին ծագում ունեցող ոսկու տարբեր հատկություններով:

Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ ոսկին հիմնականում կենտրոնացած է եղել պոչամբարի լողափային գոտիներում, և նրա կորզումը նպատակահարմար է իրականացնել հարստացման գրավիտացիոն եղանակով՝ կիրառելով ավազային կազմի պոչերի երկաստիճան մանրացման սխեման: Ընտրված մեթոդների և սարքավորումների արդյունավետությունը հաստատվել է փորձարարական-արդյունաբերական շահագործման փուլում:

Ռուսաստանի Դաշնության Չիտայի մարզի Բոմ-Գորխոնի վոլֆրամի հանքավայրի պոչամբարում կուտակված պոչերի վերամշակման հեռանկարները գնահատելու նպատակով կատարվել են ուսումնասիրություններ: Ուսումնասիրությունների արդյունքում հաստատվել է վոլֆրամի, ուղեկցող քիմիական տարրերի և դրանց հատիկաչափական կազմի միջև կապը [4]: Փորձնական ճանապարհով հաստատվել է նաև պոչերի մանրացման անհրաժեշտությունը մինչև մասնիկների 0,2...0,25 մմ, որի արդյունքում հնարավոր էր պոչերից վոլֆրամի կորզման աստիճանը բարձրացնել 2 և ավելի անգամ՝ ի տարբերություն հարստացման ընդունված մեթոդների կիրառման:

Վոլֆրամի հանքավայրերի մշակումից առաջացած հարստացման պոչերի վերամշակման արդյունավետությունը բացատրվել է նաև նրանով, որ այդ պոչամբարներում, վոլֆրամից բացի, եղել են նաև ոսկի, արծաթ, կոբալտ, նիկել, ցինկ և այլ արժեքավոր մետաղներ [5]:

Հանքահարստացման պոչերի տարրալուծման եղանակով վերամշակման ժամանակ ընտրված տեխնոլոգիական պարամետրերի և մետաղների կորզման արդյունավետության միջև կախվածությունը բացահայտելու նպատակով Ռուսաստանի Դաշնության Հյուսիսային Օսիայի Հանրապետության Սադոնսկի բազմամետաղային հանքավայրի հարստացման պոչերով կատարվել են ուսումնասիրություններ [6]: Կատարված հետազոտություններով հիմնավորվել է տարրալուծման եղանակով պոչերի վերամշակման տեխնոլոգիայի արդյունավետությունը, որի արդյունքում 0,015% արծաթի, 0,18% պղնձի, 0,95% ցինկի 0,84% կապարի ու այլ մետաղների պարունակությամբ պոչերի վերամշակումը հնարավորություն է տալիս նոր հումքային բազա ստեղծել լեռնամետալուրգիական ճյուղի կայուն զարգացման համար:

ՌԴ Հյուսիսային Օսիայի Միգուրի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի ցինկ և կապար պարունակող պոչամբարի վերամշակման հեռանկարները գնահատելու համար իրականացված ուսումնասիրությունները ևս հաստատել են, որ պոչերից հնարավոր է մետաղների կորզումը, մասնավորապես, վերը նշված պոչամբարի պոչերից գրավիտացիոն եղանակով կորզվել են 56,57% կապար, 60,30% ցինկ 28,15% ոսկի [7]:

Բազմաթիվ են ոսկի պարունակող պոչամբարների վերամշակման վերաբերյալ ուսումնասիրությունների օրինակները, որոնցից կարելի է առանձնացնել Ուզբեկստանի Հանրապետությունում կատարված աշխատանքները: Հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է պոչերի գրավիտացիոն եղանակով վերամշակման սխեմա, ինչի շնորհիվ պոչերի վերամշակումից ստացվել է 5,34...6,93 գ/տ ոսկու պարունակությամբ խտանյութ [8]:

Հետազոտվել են հարստացման հիդրոմետալուրգիական մեթոդների կիրառության հնարավորությունները ոսկի պարունակող պոչերի վերամշակման գործընթացում: Բարձր արդյունքներ են ստացվել պոչերի տարրալուծման եղանակով վերամշակման ժամանակ, երբ լուծույթում ցիանիդի պարունակությունը կազմել է 0,05%: Այստեղ ոսկու կորզման գործակիցը կազմել է 92,79%, ընդ որում, ցույց է տրվել, որ լուծույթում ցիանիդի պարունակության մինչև 0,01% նվազեցման դեպքում ոսկու կորզման գործակիցը նվազում է 32,9%-ով [9]:

ՌԴ Սիբիրի Դաշնային Համալսարանի և Ռուսաստանի Ազգային ակադեմիայի Սիբիրի բաժանմունքի Քիմիայի և քիմիական տեխնոլոգիաների ինս-տիտուտի մասնագետների կողմից ուսումնասիրվել են հարստացման պոչերի ֆլոտացիայի եղանակով վերամշակման հեռանկարները: Ուսումնասիրությունների ժամանակ որպես հետազոտման օբյեկտներ դիտարկվել են ՌԴ հարավային Ուրալի երկրամասում գտնվող «Մուսին Լոգ», Չելյաբինսկի մարզի «Արտյոմի» անվան հարստացուցիչ ֆաբրիկայի, Կրասնոյարսկի մարզի «Արտյոմովսկի» ոսկու կորզման ֆաբրիկայի, Չուկոտկայի ինքնավար շրջանի «Պոյարնինսկի» լեռնահարստացման կոմբինատի, Մագադանի մարզի «Բելովի» անվան ֆաբրիկայի, Խակասիայի Հանրապետության «Բալախչինսկի» և մի շարք այլ հարստացուցիչ ֆաբրիկաների պոչամբարները [10]:

Վերը թվարկած պոչամբարներից մեկում ավելի քան 20 տարի պահեստավորվել են ֆլոտացիայի և հիդրոմետալուրգիայի թափոնները, որոնք ձևավորվել են տարբեր տեսակի առաջնային և օքսիդացված հանքաքարերի վերամշակման արդյունքում: Ոսկու միջին պարունակությունը պոչերում տատանվել է 0,4...1,2 գ/տ: Պոչամբարում պահեստավորված թափոնների ընդհանուր քանակությունը կազմել է 76 մլն տ: Այս պոչամբարն իր մեծությամբ և պաշարների քանակով համարժեք է միջին չափի ոսկու հանքավայրին: Ոսկուց բացի, տվյալ պոչամբարը պարունակել է նաև արծաթ, վոլֆրամ, ծարիր և այլ օգտակար տարրեր: Հետազոտությունների կատարման ժամանակ պոչային նմուշները վերամշակվել են ֆլոտացիայի եղանակով, ինչի արդյունքում ոսկու կորզման գործակիցը կազմել է 29,0...45,4%: Վերջինիս տատանումը պայմանավորված է եղել օգտագործված հակազդիչների տեսակից և քանակից:

Ռեսուրսների խնայողությանն ու շրջակա միջավայրի պահպանմանն ուղղված տեխնոլոգիաների զարգացման առումով համապատասխան աշխատանքներ են կատարվում նաև Ղազախստանի Հանրապետությունում [11]: Այստեղ ուսումնասիրվել են Պավլոդարի շրջանի «Մայկայինսկի» հարստացուցիչ ֆաբրիկայի պոչերը, որոնցում ոսկու պարունակությունը կազմել է 1,46 գ/տ: Ուսումնասիրվող նմուշներում սուլֆիդային միներալների պարունակությունը կազմել է մինչև 28,2%, որոնց հիմնական մասը կազմել է պիրիտը՝ 10%: Ուսումնասիրությ-

յունները ցույց են տվել, որ ոսկու զգալի մասը՝ մոտավորապես 42%, մանր ներփակվածքների տեսքով, գտնվել է սուլֆիդների, ինչպես նաև 12,7% ապար կազմող հիմնական միներալների մեջ: Իրականացված փորձերի արդյունքում հաստատվել է ֆլուտացիայի եղանակով պոչերի վերամշակման արդյունավետությունը, որի արդյունքում, ընտրելով համապատասխան հակազդիչներ, հնարավոր է դառնում ստանալ խտանյութ՝ 9,39 գ/տ ոսկու պարունակությամբ և 82,39% ոսկու կորզման գործակցով:

Պոչերի վերամշակման ուսումնասիրություններ են իրականացվել նաև պղնձի և պղնձամոլիբդենային հանքաքարերի մշակումից առաջացած պոչամբարներում:

Պղնձամոլիբդենային հանքավայրի մշակումից առաջացած պոչամբարի վերամշակման հեռանկարները գնահատվել են Ուզբեկստանի Հանրապետությունում տեղակայված պոչամբարների օրինակով: Միայն Ալմալիկի և Նավոյիսկի լեռնամետալուրգիական կոմբինատների պոչամբարներում կուտակվել են ավելի քան 1 մլրդ տ պոչեր պղնձի 0,17% միջին պարունակությամբ: Դիտարկվել է Ալմալիկի լեռնամետալուրգիական կոմբինատի պոչամբարներից մեկը, որում պահեստավորվել են մոտավորապես 500 մլն տ պոչեր [12, 13]: Պոչամբարի 100 մլայնությամբ լողափային գոտու նմուշարկման աշխատանքները ցույց են տվել, որ նշված գոտում մետաղների միջին պարունակությունը կազմել է 0,18...0,2% պղինձ, 0,0029...0,0033% մոլիբդեն, 0,3...0,4 գ/տ ոսկի և 1,0-1,8 գ/տ արծաթ: Ուսումնասիրություններով պարզվել է նաև, որ մանրահատիկ կազմի պոչերը ավելի հեշտ են ենթարկվում վերամշակման: Կատարված աշխատանքների արդյունքում պարզվել է, որ վերամշակման համար պոչերում -0,074 մմ չափամասի պարունակությունը պետք է կազմի մոտավորապես 76%: Կատարված տեխնոլոգիական փորձարկումների ժամանակ տարրալուծման եղանակով ստացվել են խտանյութեր, որոնցում մետաղների պարունակությունը կազմել է 35...70% պղինձ, 400...800 գ/տ ոսկի, 400...1600 գ/տ արծաթ: Մետաղների կորզումն իրականացվել է 52,5% պղնձի, 48,7% ոսկու և 25,0% արծաթի համար:

Պոչամբարների վերամշակման հեռանկարները դիտարկվել են նաև որպես Եվրոպական Միության արդյունաբերության զարգացման հնարավոր ուղիներից մեկը: Ընդ որում, որպես պոչերի հնարավոր հարստացման եղանակ ուսումնասիրվել է հարստացման տարրալուծման եղանակը [14]: Իրականացված հետազոտության նպատակն է եղել պարզել տարրալուծման մեթոդների արդյունավետությունը Եվրոպայում գտնվող պղնձի հանքավայրերի մշակումից առաջացած պոչամբարներում առկա մնացորդային մետաղների կորզման համար: Դիտարկվող պոչամբարում պիրիտը կազմել է մոտավորապես 60%, որն իր հերթին պարունակել է 0,06% կոբալտ և 0,95 գ/տ ոսկի: Իրականացված փորձարկումների արդյունքներն օգտագործվել են պոչերի վերամշակման համընդհանուր սխեմայի մշակման և նա-

խագծի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները գնահատելու նպատակով: Ընտրված մեթոդի կիրառման արդյունքում պոչերից կորբալտի կորզման գործակիցը հասցվել է մինչև 90%:

Եվրոպական Միության երկրներից Կոսովոյում և Սերբիայում առանձնացվել են մեծ տարածքներ զբաղեցնող «Գոռնոյե Պոլե» կոչվող և Սերբիայի Բոր հանքային շրջանում տեղակայված պոչամբարները, որոնցում ընդհանուր առմամբ կուտակված են մոտավորապես 3,3 մլն մ³ ծավալով հանքահարստացման պոչեր [15]: Ուսումնասիրություններով պարզվել է, որ Սերբիայի Բոր հանքային շրջանում տեղակայված պոչամբարում մետաղների պարունակությունները կազմել են 0,41% պղինձ, 0,8 գ/տ ոսկի և 2,4 գ/տ արծաթ: Լաբորատոր պայմաններում իրականացվել են էլեկտրաքիմիական տարրալուծման եղանակով օգտակար բաղադրիչների կորզման փորձարկումներ, որոնց ժամանակ հնարավոր է եղել հեղուկ ֆազից պինդ ֆազի մեջ կորզել պղինձի 91,7%, ոսկու 92,1% և արծաթի 86,8%, և ինչպես ցույց են տվել հետագա հաշվարկները, ստացված խտանյութը տնտեսապես ձեռնտու է ուղարկել մետալուրգիական վերամշակման: Պոչերի վերամշակման առաջարկված եղանակը, բացի տնտեսապես ձեռնտու լինելուց, հեռանկարային է համարվել նաև բնապահպանական խնդիրների լուծման տեսանկյունից:

Սերբիայի Բոր հանքային շրջանում տեղակայված մեկ այլ պոչամբարում իրականացված հերթական ուսումնասիրությունը վերաբերել է պոչերից ֆլոտացիայի եղանակով պղնձի կորզման հնարավորություններին [16]: Փորձարկումների ժամանակ ուսումնասիրվել են հարստացման միջավայրի pH-ի և ֆլոտացիայի ժամանակի ազդեցությունը պղնձի կորզման աստիճանի վրա, որի մեծությունը հասցվել էր մինչև 60%:

Հունաստանում իրականացվել են ուսումնասիրություններ, որոնց դեպքում փորձ է արվել հարստացման պոչերից կորզել պղինձ, մոլիբդեն, վանադիում և ուրան [17]: Հետազոտությունների ժամանակ կիրառվել է հարստացման տարրալուծման եղանակը: Կատարված աշխատանքի արդյունքները ցույց են տվել, որ առաջարկվող եղանակով պոչերից հնարավոր է կորզել մոտավորապես 65% վանադիում, 80% պղինձ, 60...90% մոլիբդեն և 18...75% ուրան:

Պոչամբարների վերամշակման հեռանկարների և դրանցից պղնձի կորզման հնարավորությունների հետ առնչվող հարցերի ուսումնասիրություններ են իրականացվել նաև Չիլիում: Ուսումնասիրվել են 1930-ական թվականներից շահագործված պոչամբարի պոչերը, որոնք առաջացել են խոշոր պղինձ-պորֆիրային հանքավայրի մշակման արդյունքում [18]: Ուսումնասիրությունների ժամանակ պարզվել է, որ պղնձի միջին պարունակությունը պոչերում կազմել է 0,11. . . 0,33%: Պղնձի հիմնական միներալներն են խալկոզինը, խալկոպիրիտը, կովելինը և բորնիտը: Պոչերի վերամշակման համար աշխատանքում առաջարկվել է հարստաց-

ման հիդրոմետալուրգիական մեթոդը, որի կիրառման արդյունքում պղնձի կորզման գործակիցը կազմել է 50% և ավելի:

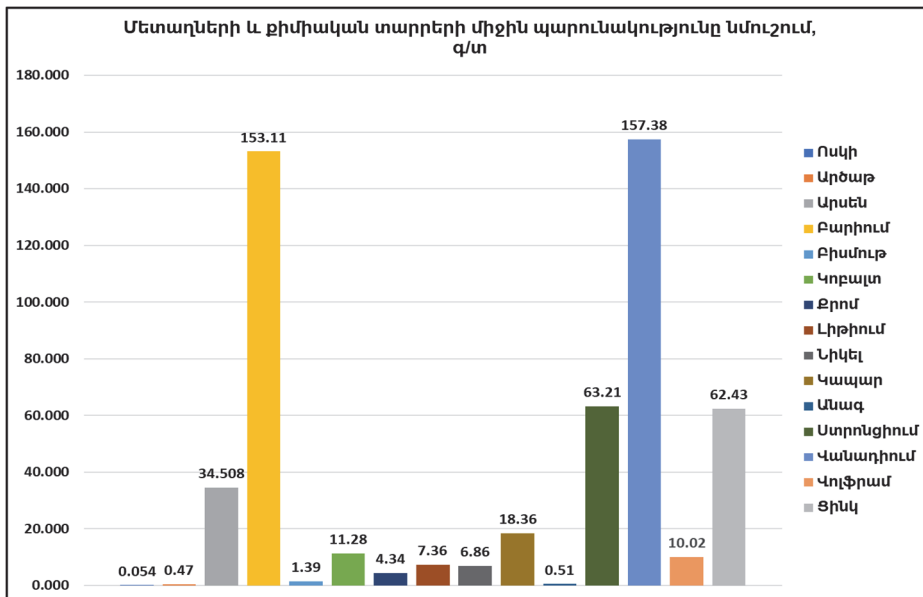
Չնայած վերևում նկարագրված օրինակներին, որոնցում ուսումնասիրվել են հանքահարստացման պոչերից տարբեր տեսակի մետաղների կորզման հեռանկարները, այնուամենայնիվ, պոչամբարները շատ դեպքերում դուրս են մնում լեռնահանքային ընկերությունների զարգացման ընդհանուր ծրագրերից [19]: Պոչամբարներում կուտակված զգալի քանակի թափոններն ունեն բավականին մեծ տնտեսական պոտենցիալ նորագույն տեխնոլոգիաների կիրառմամբ վերջիններիս վերամշակման դեպքում: Մասնավորապես, ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ հանքահարստացման տարրալուծման եղանակի կիրառման դեպքում հնարավոր է տարբեր տեսակի հարստացման պոչերից կորզել այնպիսի մետաղներ, ինչպիսիք են պղինձը, ցինկը, երկաթը, կոբալտը և այլն:

Հետազոտության արդյունքները. Հայաստանի Հանրապետության հանքարդյունաբերական ընկերությունների գործունեության արդյունքում պոչամբարներում կուտակվող մեծ քանակությամբ պոչերը նույնպես կարող են հանդիսանալ լրացուցիչ և կայուն եկամուտի աղբյուր ինչպես այդ ձեռնարկությունների, այնպես էլ պետության տնտեսության զարգացման համար: Միայն ՀՀ խոշոր լեռնահանքային ձեռնարկության՝ «Զանգեզուրի ՊՄԿ» ՓԲԸ գործունեության արդյունքում կոնսերվացված երեք պոչամբարներում կուտակված են մոտավորապես տասնյակ միլիոնավոր 10^6 հարստացման պոչեր:

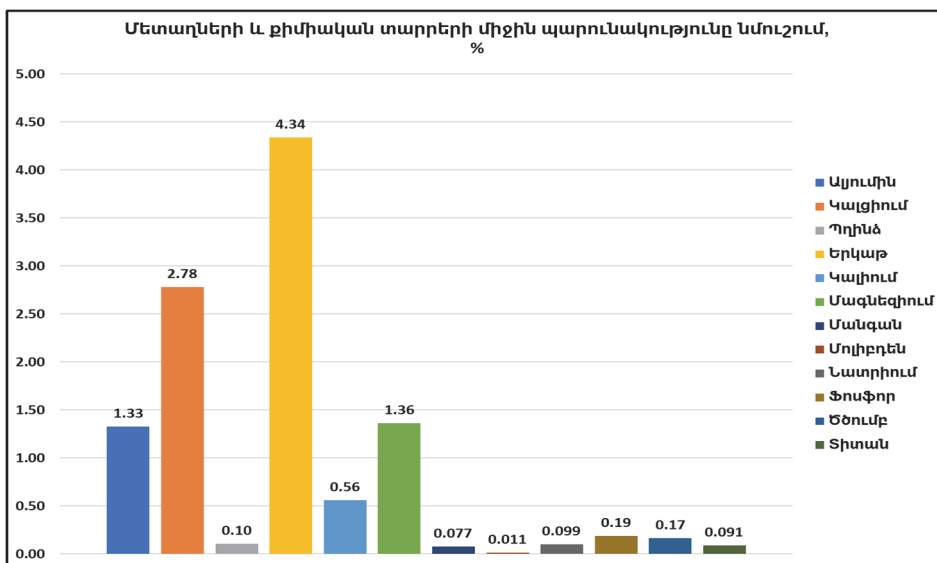
Այդ պոչամբարներից Ողջի գետի կիրճում կազմավորված համանուն պոչամբարի տարածքում 2022 թ. մայիս-հուլիս ամիսներին իրականացվել են նմուշարկման աշխատանքներ: Մասնավորապես, պոչամբարի մակերևույթի վրա նրա ամբողջ երկայնքով՝ հարավ-արևմուտքից դեպի հյուսիս-արևելք անցկացված խրամից իրարից մոտավորապես 100 10^6 հեռավորության վրա վերցվել են նմուշներ: Նմուշառման միջին խորությունը կազմել է պոչամբարի ռեկուլտիվացիայի շերտի ստորին հատվածից 0,5 և 1,1 10^6 մ: Վերցրված նմուշներում որոշվել են մետաղների և այլ քիմիական տարրերի բաղադրությունները, որոնց արդյունքներն ամփոփված են նկ. 1 և 2-ում:

Ուսումնասիրությունների ժամանակ կատարվել են նաև պառկած պոչերի ֆլոտացիայի եղանակով հարստացման փորձեր: Փորձերի անցկացման համար ընտրվել են պոչամբարի տարբեր տեղամասերից վերցված նմուշները:

Պոչերի հանքահարստացման փորձերն իրականացվել են՝ համաձայն նախապես մշակված տեխնոլոգիական սխեմայի, որի համար որպես հիմք է հանդիսացել ընկերության հարստացուցիչ ֆաբրիկայում գործող հարստացման տեխնոլոգիական սխեման:



Նկ. 1. Ողջի պղծամբարի պատկած պղծերից վերցրված նմուշներում մետաղների և քիմիական տարրերի պարունակությունները՝ արտահայտված գ/տ-ներով

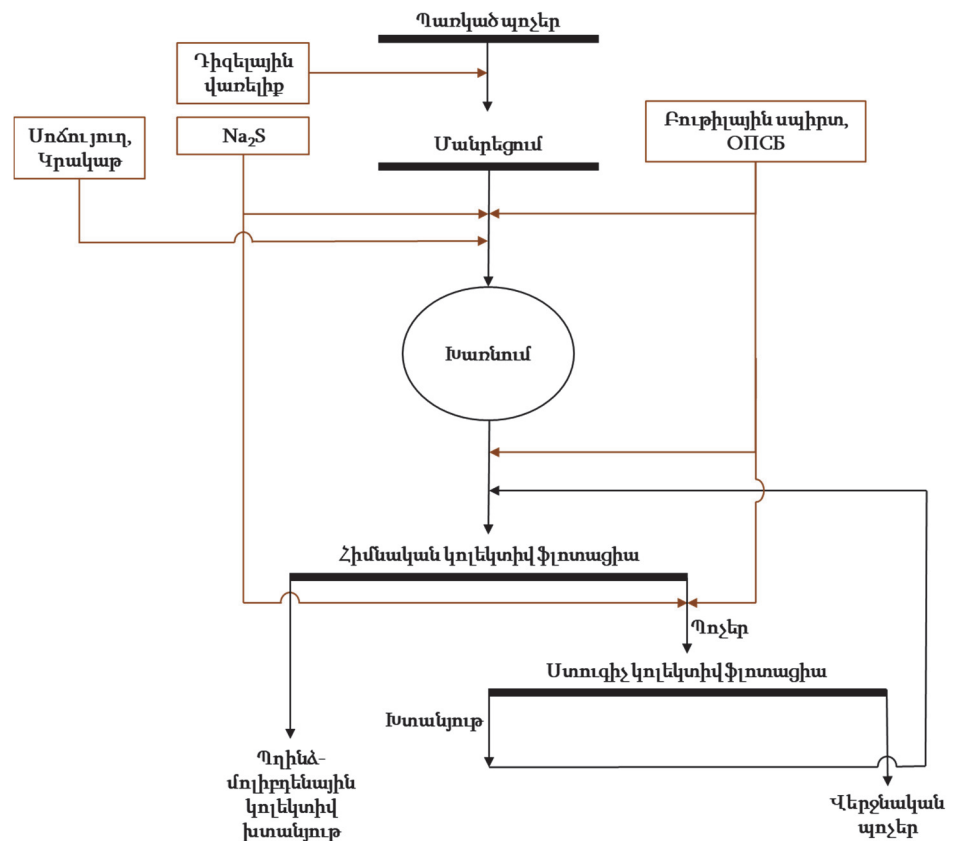


Նկ. 2. Ողջի պղծամբարի պատկած պղծերից վերցրված նմուշներում մետաղների և քիմիական տարրերի պարունակությունները՝ արտահայտված %-ներով

Պղծանքային նմուշներն անցել են նախնական մանրացման և խառնման փուլերով, որից հետո՝ հիմնական և ստուգիչ ֆլոտացիայի փուլերով: Արդյունքում ստացվել է համալիր խտանյութ: Մետաղների բարձր կորզում ապահովելու

նպատակով փորձարկումների ժամանակ փոփոխվել են տեխնոլոգիական գործընթացների առանձին փուլերի տևողությունը, տրվող հակազդիչների քանակը: Ապարախյուսում պինդ չափամասի տոկոսային մասնաբաժինը կազմել է 30%, իսկ միջավայրի pH-ը պահպանվել է 8,5...8,7 սահմաններում:

Պատկած պոչերի վերամշակման փորձնական տեխնոլոգիական սխեման բերված է նկ. 3-ում:



Նկ. 3. Ողջիի պոչաււրից վերցրւած պատկած պոչերի ֆլոտացիայի եղանակով փորձարկումների տեխնոլոգիական սխեման

Աղ. 1-ում ներկայացված են ֆլոտացիայի փորձերի հիմնական տեխնոլոգիական պարամետրերը:

Ողջիի պոչամբարի նմուշներով իրականացված ֆլոտացիայի փորձերի հիմնական տեխնոլոգիական պարամետրերը

Փորձի համարը	Տեխնոլոգիական փուլ	Տևողությունը, րոպ	Միջավայրի pH	Հակագոյիչներ					
				Բուֆի-լային սպիրտ	Պրոպիլենի օքսիդ	Na ₂ S	Դիզելային վառելիք	Սոճույուլ	Կրակաթ CaO – 10,3%
				գ/տ	գ/տ	գ/տ	գ/տ	գ/տ	գ/տ
1	Մանրացում	16	8,7	-	-	-	40,0	-	-
	Խառնում	3		10,0	70,0	1,5	-	2,5	12,0
	Հիմնական կոլեկտիվ ֆլոտացիա	6		6,0	16,0	-	-	-	-
	Ստուգիչ կոլեկտիվ ֆլոտացիա	7		4,0	2,0	1,5	-	-	-
	Ընդամենը			20,0	88,0	3,0	40,0	2,5	12,0

Ֆլոտացիայի փորձերի արդյունքում ստացված խտանյութում հաշվարկվել են պղնձի և մոլիբդենի կորզման գործակիցները հետևյալ բանաձևով [20].

$$\varepsilon = \frac{\beta(\alpha-\theta)}{\alpha(\beta-\theta)} \times 100\%, \quad (1)$$

որտեղ α -ն մետաղի պարունակությունն է վերամշակվող պոչերում (%), β -ն՝ այդ նույն մետաղի պարունակությունը խտանյութում (%), θ -ն՝ այդ նույն մետաղի պարունակությունը վերամշակված պոչերում (%):

Աղ. 2-ում ներկայացված են պատկած պոչերում և ստացված խտանյութում պղնձի և մոլիբդենի պարունակություններն ու դրանց կորզման գործակիցները:

Պոչերում և խտանյութում մետաղների պարունակություններն ու դրանց կորզման գործակիցները

Փորձի համարը	Մետաղների պարունակությունը				Կորզման գործակից, %	
	պատկած պոչերում, %		կոլեկտիվ խտանյութում, %			
	Cu	Mo	Cu	Mo	Է _{Cu}	Է _{Mo}
1	0,064	0,0032	0,65	0,036	28,63	20,21
2	0,100	0,0031	0,70	0,022	31,21	28,82
3	0,176	0,0327	3,45	0,750	46,76	65,24
4	0,212	0,0257	3,28	0,787	49,78	70,73
5	0,167	0,0169	2,10	0,250	49,37	66,66
6	0,109	0,0066	1,70	0,160	44,75	63,11
7	0,127	0,0172	1,97	0,300	31,34	44,48
8	0,127	0,0172	1,74	0,290	37,99	53,27

Եզրակացություն.

1. Պոչամբարների վերամշակման համաշխարհային փորձի վերլուծությունը ցույց է տվել, որ այս արդիական խնդրի վերաբերյալ կան պոչերից մետաղների կորզման բազմաթիվ օրինակներ:

2. Ողջի գետի կիրճում տեղադրված համանուն կոնսերվացված պոչամբարից վերցրված նմուշների քիմիական անալիզի արդյունքների վերլուծությունը հաստատում է պատկած պոչերում բազմաթիվ թանկարժեք և հազվագյուտ մետաղների առկայությունը:

3. Ֆլոտացիայի եղանակով պատկած պոչերի հարստացման փորձերի արդյունքում պարզվել է, որ փոխելով ֆլոտացիայի տեխնոլոգիական պարամետրերը՝ հնարավոր է հասնել պղնձի և մոլիբդենի կորզման գործակիցների զգալի աճի:

4. Ողջի գետի կիրճում տեղադրված պոչամբարից վերցված նմուշների համար կատարված փորձերի արդյունքում պղնձի կորզման գործակիցը գտնվել է 28,63%...49,78%, իսկ մոլիբդենի կորզման գործակիցը՝ 20,21%...70,73% միջակայքում:

5. Վերը նշված արդյունքները ստացվել են հիմնականում պոչերի մանրացման աստիճանի ավելացման շնորհիվ:

6. Հակազդիչների չափաքանակների փոփոխության և կորզման գործակիցների միջև այս փուլում կատարված աշխատանքների դեպքում որևէ կապ չի հայտնաբերվել:

7. Ողջի գետի կիրճում տեղակայված պոչամբարի պատկած պոչերի վերամշակման ուսումնասիրությունների արդյունքները հաստատում են պոչամբարի պոչերի ուսումնասիրման աշխատանքները շարունակելու անհրաժեշտությունը, որոնք կարող են հիմք հանդիսանալ ՀՀ լեռնահանքային ձեռնարկությունների կողմից հանքա հարստացումից առաջացած պոչերի վերամշակման ուղղությունը զարգացնելու համար:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Tuokuua F.X.D., Kpinpuob S.D., Hinsonc R.E.** Sustainable development in Ghana's gold mines: Clarifying the stakeholder's perspective //Journal of Sustainable Mining.- 2019.- Vol. 18, issue 2. – P. 77-84, ISSN 2300-3960.
2. **Borujeni M.P., Gitinavard H.** Evaluating the sustainable mining contractor selection problems: An imprecise last aggregation preference selection index method//Journal of Sustainable Mining.- 2017.-Vol. 16, issue 4. – P. 207-218, ISSN 2300-3960.
3. **Shadrunova I.V., Gorlova O.E., Zhilina V.A.** The new paradigm of environmentally-driven resource saving technologies for processing of mining // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.- 2019.- 687 066048.
4. **Frolova I.V., Tikhonov V.V., Nalesnik O.I., Streltsova A.A.** The Enrichment of Stale Tailings of Bom-gorhon Tungsten Ore Deposits //Procedia Chemistry.- 2014.- Vol. 10.- P. 364-368, ISSN 1876-6196.

5. **Msumange D.A., Msumange J.A., Bru K., Bourgeois F.** Tungsten tailings issues and reprocessing solutions//Minerals and Mineral Materials.- 2023.- 2.-P. 14 -21, ISSN 2832-269X.
6. **Голик В.И., Разоренов Ю.И., Бригида В.С., Бурдзиева О.Г.** Механохимическая технология добычи металлов из хвостов обогащения//Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.- 2020.- Т. 331, № 6.- С. 175–183.
7. **Евдокимов С.И., Евдокимов В.С.** Переработка лежалых хвостов свинцово-цинковой обогатительной фабрики // Известия ВУЗов. Цветная металлургия.- 2015 (3).- С. 3–11.
8. **Носиров Н.И., Суяров Ж.У.** Изучение обогатимости золотосодержащих хвостов // Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science.- 2021.- Vol. 2, issue 4.- P. 11-16, ISSN 2660-5317.
9. **Фетодов П.К., Сенченко А.Е., Федотов К.В., Бурдонов А.Е.** Переработка хвостов обогащения золотосодержащей руды гидрометаллургическими методами // Известия ТулГУ. Науки о Земле.- 2023.- Вып. 4.- С. 293–304.
10. Исследование на обогатимость флотационным методом лежалых золотосодержащих хвостов/ **В.И. Брагин, Е.А. Бурдакова, А.А. Кондратьева и др.** // РАН, Сибирское отделение, Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.- 2018.- №4.- С. 152-160.
11. Доизвлечение золота в концентрат из лежалых хвостов методом флотации/ **Н.Н. Абдылдаев, А.К. Койжанова, Э.М. Камалов и др.** // Обогащение полезных ископаемых. Комплексное использование минерального сырья.- 2018.- Том 307, №4.-С. 11-19, ISSN 2616-6445.
12. **Санакулов К., Санакулов У.К.** Об оценке переработки отвальных хвостов флотации медно-молибденовых руд Кальмакырского рудника //Горный вестник Узбекистана: Научно-технический и производственный журнал.- 2021.- Вып. №3 (86).- С. 32-36.
13. **Хакимов К.Ж., Каюмов О.А., Эшонкулов У.Х., Соатов Б.Ш.** Техногенные отходы – перспективное сырье для металлургии Узбекистана в оценке отвальных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд //Universum: Технические науки, электронный научный журнал.- 2020.- №12(81).- С. 54-59.
14. **Guezennec A.G., Delclaud M., Savreux F., Patrick d’Hugues J.J.** The Use of Bioleaching Methods for the Recovery of Metals Contained in Sulfidic Mining Wastes //Hydrometallurgy.- 2014.- Victoria Canada hal-00988746.- P 7.
15. **Panayotova M., Panayotov V.** Recovery of valuable metals from mining and mineral processing waste //E3S Web Conf.- 2020.-Vol. 211, 02009, The 1st JESSD Symposium: International of Earth, Energy, Environmental Science and Sustainable Development.- 2020.- 8 p.
16. Copper Upgrading and Recovery Process from Mine Tailing of Bor Region, Serbia Using Floatation/ **H. Baisui, B. Altansukh, K. Haga, Z. Stevanovic, et al** //International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources.- 2014.- Vol. 20, issue 2.- P. 225-229, ISSN 1884-6629.

17. Solvent extraction of Cu, Mo, V and U from leach solution of copper ore and floatation tailings/T. Smolinski, D. Wawszczak, A. Deptula, W. Lada, et al; Institute of Nuclear Chemistry and Technology (INCT), 03-195//Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.- Warsaw, Poland, 2017.- 314(3).- P. 69-75.
18. Alcalde J., Kelm U., Vergara D. Historical assessment of metal recovery potential from old mine tailings: A study case for porphyry copper tailing //Chile, Minerals Engineering.- 2018.-Vol. 127.- P. 334-338. ISSN 0892-6875.
19. Maltrana V., Morales J. The Use of Acid Leaching to Recover Metals from Tailings: A Review // Metals, MDPI.- 2023.- 13, №11, 1862.- P. 17.
20. Богданов О.С., Ревнивцева В.И. Справочник по обогащению руд.- 2-е издание, перераб. и доп.- М.: Недра, 1983.-384 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, «Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատ» ՓԲԸ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.03.2024:

Л.А. МАНУКЯН, К.В. АРУТЮНЯН

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ НА ПРИМЕРЕ СФОРМИРОВАННОГО В УЩЕЛЬЕ РЕКИ ВОХЧИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЗАО “ЗАНГЕЗУРСКИЙ ММК”

Отходы, образующиеся при обогащении руд, содержат различные виды металлов, химических элементов и минеральных соединений. В то же время растущий с каждым годом спрос на минеральное сырье вынуждает горнодобывающие компании, развивающие свою деятельность в разных странах мира, эксплуатировать месторождения с более сложными условиями залегания рудного тела и с более низким содержанием полезных ископаемых. Между тем известно, что богатые разными полезными ископаемыми техногенные отходы могут служить дополнительным и устойчивым источником сырья.

В статье проведены оценка результатов химического анализа проб, отобранных из лежалых хвостов хвостохранилища ЗАО “Зангезурский ММК”, расположенного в ущелье реки Вохчи и законсервированного в настоящее время, а также описание проведенных испытаний по обогащению хвостов и анализ полученных результатов. Осуществлен также анализ мирового опыта переработки хвостов обогащения.

Ключевые слова: хвосты обогащения, хвостохранилище, флотация, переработка, медь, молибден, технологическая схема.

L.A. MANUKYAN, K.V. HARUTYUNYAN

**ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR PROCESSING STALE TAILINGS
ON THE EXAMPLE OF TAILING DAM OF “ZANGEZUR CMC” CJSC
FORMED IN THE GORGE OF THE VOGHJI RIVER**

Tailings generated during ore processing contain various types of metals, chemical elements, and mineral compounds. At the same time, the growing demand for mineral raw materials every year forces the mining companies operating around the world to develop deposits with more difficult ground conditions and lower content of minerals. It is known that the mineral-rich technogenic wastes can be recycled as a source of additional and sustainable raw materials.

The assessment of results of chemical analysis of samples taken from stale tailings of the dam of “Zangezur CMC” CSJC, located in Voghji river gorge and currently abandoned, as well as description of the tests carried out on enrichment tailings and analysis of the results obtained are provided in this article. An analysis of the world experience of processing the concentration tailings is carried out.

Keywords: concentration tailings, tailing dam, flotation, reprocessing, copper, molybdenum, technological scheme.