

Ս.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ն.Վ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Հ.Ռ. ԴԱՇՏՈՑՅԱՆ,  
Մ.Է. ՍԱՍՈՒՆՑՅԱՆ

**ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՏԵԽՆԱԾԻՆ ԱՌԱՋԱՅՈՒՄՆԵՐԻՑ ՈՍԿՈՒ ԵՎ ԱՐԾԱԹԻ  
ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Մշակվել են քիմիական ներգործությունների նկատմամբ դիմադիր հանքային տեխնածին առաջացումներից ոսկու և արծաթի կորզման հալքանոթային հալման գործընթացի լավարկված ցուցանիշները, երբ հումքը հալվում է համակցված քիմիական ազդանյութերի ու ազնիվ մետաղների մետաղական կուտակիչների պայմաններում:

Առաջարկվել է տեխնածին առաջացումների մշակման հրահիդրոմետալուրգիական տեխնոլոգիական ուրվագիծ, համաձայն որի հումքի հալման արդյունքում առաջացած Դորեի համաձուլվածքի կազմն անցած ոսկու, արծաթի և այլ ազնիվ մետաղների լուծահանումը կատարվում է արքայաջրով տարրալուծման հիդրոմետալուրգիական եղանակով:

**Առանցքային բառեր.** տեխնածին առաջացումներ, հալում, Դորեի համաձուլվածք, տարրալուծում, ոսկի, արծաթ:

**Ներածություն.** Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության հանքային արդյունաբերությունը, ըստ [1] տեղեկատվական աղբյուրից ստացվող տվյալների, ապահովել է 2022 թվականի արտահանումների կեսից ավելին: Այստեղից հետևում է, որ այդ արտահանումների մեջ հիմնական ֆինանսական բաժինը ձևավորվել է ՀՀ-ի պղնձի, մոլիբդենի, ոսկու, արծաթի և այլ մետաղական հանածոները մշակելու շնորհիվ: Նշված ոլորտի գործունեությանը վերաբերող ընդհանրական տեղեկությունները ներկայացված են [2, 3] աշխատանքներում, այդուհանդերձ, դրանց մասնավորեցնելու պահանջը ակնառու է դրամական փոխարժույթի և կիրառական լայն նշանակությամբ օժտված ոսկու և արծաթի դեպքում [4, 5]: Այս առնչությամբ հարկ է նախ արձանագրել [6, 7] աղբյուրների տվյալները, ըստ որոնց ՀՀ-ի ընդերքում առկա են ոսկու (Տերտերասար, Մարջան, Տանձուտ, Սոֆի Բինան, Մեղրաձոր, Թուխմանուկ, Սոթք և այլն) և ոսկի-բազմամետաղային (Այգեձոր, Լիճքվազ-թեյ, Ագատեկ, Արմանիս և այլն) տասնյակ հանածոներ, որոնց մեջ ոսկու պարունակությունը համապատասխանաբար կազմում են 3...20 և 2...11 g/տ, իսկ արծաթինը՝ 7...25 և 40...90 g/տ: Համաձայն [7]-ում բերված տվյալների՝ ՀՀ-ի ոսկու ընդհանուր պաշարները 2000 թվականին կազմել է 369 տ, իսկ արծաթինը՝ 5144 տ, ընդ որում՝ ոսկու հանածոներում ոսկին կազմել է 314 տ (85%), իսկ արծաթը՝ 2155 տ (42%):

Նույն աղբյուրներից տեղեկանում ենք, որ ՀՀ-ում գործում են մի շարք հանաժոնների վերամշակման հարստացուցիչ կոմբինատներ, որոնցում ստացվում են ոսկու հիմքով բազմամետաղային խտանյութեր, իսկ «Գեոպրոմայնինգ Գոլդ» և «ԱՍՄԱԹ» ձեռնարկությունների վերջնական արտադրանքը՝ ոսկի-արծաթային կամ տեխնիկական անվանումով, Դորեի համաձուլվածքի տեսքի են:

Ինչպես տեսնում ենք, ոսկու և արծաթի հանաժոնների պաշարները ՀՀ-ում բավարար են, ակնառու է, սակայն, դրանց մշակումից ստացվող խտանյութերի՝ որպես վերջնական արտադրանքի վաճառքը դադարեցնելու պահանջը, քանի որ ինքնաբերաբար շարունակվող այդպիսի գործելակերպը, բացի ֆինանսական կորուստներից, կարող է նպաստել երկրի ռազմավարական նշանակության ծրագրերի իրականացմանն այդքան պիտանի հանաժոնների արագ սպառմանը:

**Խնդրի դրվածքն ու մեթոդաբանությունը:** ՀՀ-ում քիմիական մաքուր ոսկու և արծաթի՝ վերջնական արտադրանքի խնդրի լուծումը այլևս հրամայական պահանջ է՝ կապված տարատեսակ տեխնիկական և կենցաղային նպատակներով կիրառությունների հետ: Դրանից հետո, օրինակ, հնարավոր է ոսկու և արծաթի՝ զարդեղենի տեսքով իրացումը, որի շնորհիվ ֆինանսական հասույթը շուկայական գնի համեմատությամբ կարող է ավելանալ մոտավորապես 40%-ով: Դժվար չէ նկատել, որ տնտեսական կորուստների վերացումը, ինչպես և ոլորտի ձեռնարկությունների գործունեության հետ փոխկապված բնապահպանական խնդիրների լուծումը, հնարավոր է հանքային հումքի և դրանց տեխնածին առաջացումների համալիր օգտահանման՝ քիմիական առաջադեմ մետալուրգիական և զտման տեխնոլոգիաներ ՀՀ-ում ներդնելու ճանապարհով:

Պահանջվող տեխնոլոգիաների մշակմանը նվիրված սույն աշխատանքում որպես հումք օգտագործվել են տեխնածին՝ քիմիական ազդանյութերի նկատմամբ դիմակայուն հանքային առաջացումներ: Վերջիններս լիարժեք քայքայելու նպատակով հալքանոթային հալման գործընթացում օգտագործվել են նատրիումի կարբոնատից ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), նատրիումի տետրաբորատից ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) և փայտածուխից (C), կազմված համակցված քիմիական ազդանյութեր, իսկ հումքում պարունակվող ոսկին և արծաթը կորզելու նպատակով՝ ազնիվ մետաղների՝ մետաղական կուտակիչներով հալքանոթային հալման եղանակները [8-10]: Նշված պայմաններում հալման ընթացքում հումքում պարունակվող ազնիվ մետաղները, մասնավորապես ոսկին և արծաթը, անցնում են մետաղական կուտակիչների կազմը, իսկ  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  և այլ միացությունները՝ հալույթների կամ խարամի մեջ:

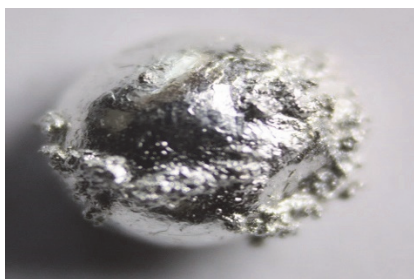
**Հետազոտության ընթացքը և արդյունքները:** Ոսկու և արծաթի կորզման տեխնոլոգիական հետազոտությունում փորձարկվել են ՀՀ-ի մետաղարդյունաբերության ոլորտի՝ «ԱՍՄԱԹ» ՍՊԸ-ի պինդ արտադրական առաջացումները: [2, 3]-ում առկա տվյալները վկայում են, որ նշված տեխնածին ելանյութի մեջ սիլիկահողը ( $\text{SiO}_2$ )

կազմում է 50...51 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$  և  $\text{CrO}_2$  սև մետաղների օքսիդները՝ 34,0...35,0%,  $\text{CuO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{HgO}_2$ ,  $\text{PbO}$  գունավոր մետաղների օքսիդներինը՝ 4,0...6,0%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ը՝  $\text{CaO}$ -ի և  $\text{MgO}$ -ի հետ՝ 1...2%, իսկ թրծման կորուստը՝ 8,0...8,7: Պարզվում է նաև, որ ելանյութի կազմում պարունակվում են ազնիվ մետաղներ, որոնք հանդես են գալիս քիմիական փոխազդիչների նկատմամբ դիմադիր միացությունների տեսքով:

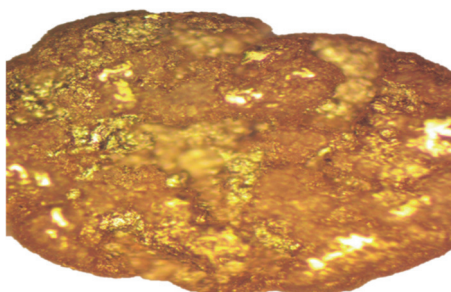
Հետազոտությունում օգտագործվել են ելանյութի չորացումներով և մանրացումներով նախապատրաստված հումք և վերջինիս հարստացումով ստացված ծանր մետաղների խտանյութ: Նշված 50-ական  $g$  զանգվածով փորձանմուշների՝ 900...1100  $^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանային տիրույթում հալքանոթային հալման գործընթացում օգտագործվել են 70...85  $g$ ՝ նատրիումի կարբոնատ, 30...40  $g$ ՝ նատրիումի տետրաբորատ և մինչև 3  $g$ ՝ փայտածուխ: Բացի դրանցից, բովախառնուրդ են ներկրվել 35...40  $g$ ՝ կապարի օքսիդ և 0,005...0,010  $g$ ՝ արծաթի քլորիդ, որոնք հալման ընթացքում վերածվել են ազնիվ մետաղների կապարային և կապարարծաթային կուտակիչների: Բովախառնուրդի՝ 30...40 *քսպե* հալումից հետո ստացվել են 33,3... 34,3  $g$  զանգվածով՝ կապարի հիմքով ձուլածո կամ վերկրել, որի հետագա բովազտումը կատարվել է ցեմենտյա հալքանոթի մեջ, 920...960  $^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանային տիրույթում՝ 1 *ժամկա* ընթացքում: Արդյունքում հալքանոթի հատակին գոյացել է Դորեի համաձուլվածք, ինչը տարրալուծվել է ազոտական թթվի՝ 1:4 և 1:1 հարաբերությամբ տաք ջրային լուծույթներով: Տարրալուծման ընթացքում արծաթն անցել է լուծույթի մեջ, որտեղից աղաթթվով վերականգնված արծաթի քլորիդը բերվել է մետաղական տեսքի՝ նատրիումի կարբոնատի հետ հալելու միջոցով: Նույն տարրալուծումից անջատված փխրուն ոսկին մնացել է նստվածքի կազմում, ընդ որում, արտաքուստ արծաթափայլ մետաղների հետ՝ խառնուրդի կամ համաձուլվածքի տեսքով (նկ. 1-3): Նկարագրված միջոցներով և պայմաններում կատարված փորձերի արդյունքները զետեղված են աղ.-ում: Վերջինիս մեջ բերված տվյալները ամբողջացնելու համար հարկ է հավելել, որ 1...4 փորձերում ոսկու և արծաթի կորզման հումքը ելանյութն է, իսկ 5-ում՝ 300  $g$  ելանյութի մշակումներով ստացված ծանր մետաղների խտանյութը: 1,2 և 5 փորձերում ստացված Դորեի համաձուլվածքի թթվային տարրալուծումներից հետո առանձնացված ոսկին ենթարկվել է լրացուցիչ բովազտման՝ 2,5...3,0  $g$  կապարի և մոտավորապես 0,01  $g$  արծաթի պայմաններում՝ նրա մեջ մնացած արծաթը և այլ մետաղների խառնուրդները հեռացնելու նպատակով [9]: Վերջում հարկ է հավելել, որ փորձերի արգասիքները կշռվել են KERN ֆիրմայի ABT 120-5DM տեսակի էլեկտրոնային կշեռքով:

Փորձերում կորզված ոսկու համաձուլվածքը և արծաթը՝ կախված հումքի հալման գործընթացում կիրառված մետաղական կուտակիչներից

| Հ/հ | Վերկրել         | Դորեի<br>համաձուլվածք,<br>մգ | Au-ի համաձուլվածք |      | Ag   |       |
|-----|-----------------|------------------------------|-------------------|------|------|-------|
|     |                 |                              | մգ                | գ/տ  | մգ   | գ/տ   |
| 1   | Կապարային       | 0,70                         | 0,21              | 4,2  | 0,49 | 9,8   |
| 2   | Կապարային       | 0,73                         | 0,35              | 7,0  | 0,38 | 7,6   |
| 3   | Կապար-արծաթային | 7,71                         | 0,32              | 6,4  | 7,39 | 147,8 |
| 4   | Կապար-արծաթային | 7,16                         | 0,29              | 5,8  | 6,87 | 137,4 |
| 5   | Կապարային       | 1,20                         | 0,41              | 1,37 | 0,79 | 2,63  |



Նկ. 1. Փորձ 1: Դորեի համաձուլվածքի մանրակառուցվածքը, խոշորացումը - x 200



Նկ. 2. Փորձ 2: Ոսկու համաձուլվածքի մանրակառուցվածքը, խոշորացումը - x 500



Նկ. 3. Փորձ 3: Ոսկու համաձուլվածքի մանրակառուցվածքը, խոշորացումը - x 200

**Հետազոտության արդյունքների ամփոփում:** Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ ելանյութի՝ վերը նշված տեխնոլոգիաներով փորձարկումների արդյունքում ստացվում են 0,21...0,35 *մգ* ոսկու հիմքով ազնիվ մետաղական համաձուլվածք և 0,38...0,49 *մգ* արծաթ, որոնք նույն հաջորդականությամբ համապատասխանում են 4,2...7,0 և 7,6...9,8 *գ/տ* պարունակություններին: Փորձ 5-ում, խտանյութից ստացված 1,2 *մգ* Դորեյի համաձուլվածքը քիչ է տարբերվում 1...4 փորձերի համանման արդյունքներից, իսկ ոսկու համաձուլվածքը տեսականորեն սպասվածից պակաս է մոտավորապես 5 անգամ: Այստեղից հետևում է, որ խտանյութի ստացման նպատակով ելանյութի մշակման գործընթացում առաջանում են ոսկու և արծաթի կորուստներ, և որ այդ ազնիվ մետաղները ելանյութում մեծ մասամբ հանդես են գալիս սև և այլ ծանր մետաղներից համեմատաբար թեթև միացությունների տեսքով, իսկ բնությամբ, տեխնոլոգիական տվյալի համաձայն, առավել արդյունավետ պետք է ընդունել 3 և 4-ը՝ կապար-արծաթային կուտակիչներով փորձերի արդյունքները, քանի որ դրանցում լրացուցիչ բովազտում անհրաժեշտ չէ: Նույն տեղեկություններն իրենց հերթին վկայում են, որ ոսկու և արծաթի կորզման փորձերում առավել բարձր արդյունքները հնարավոր է ապահովել, երբ՝

- հալման գործընթացում օգտագործվող տեխնածին առաջացումների մեջ 100 *մկմ* չափերից ցածր բաղադրամասը կազմում է ավելի քան 50%,

- տեխնածին առաջացումների հարաբերությունը հալման բովախառնուրդում պարունակվող քիմիական ազդանյութերի ընդհանուր քանակին համապատասխանում է 1 : 3,35,

- տեխնածին առաջացումների, քիմիական ազդանյութերի և ազնիվ մետաղների՝ կապար-արծաթային կուտակիչի հետ հալումը կատարվում է 920...1050°C ջերմաստիճանային տիրույթում՝ մոտավորապես 30 *րոպե* և այլն:

**Եզրակացություն:** Անհրաժեշտ է արձանագրել, որ աշխատանքում կիրառված տեխնոլոգիական գործընթացը հնարավորություն է ընձեռել՝ ստանալու արծաթի տարրերի տեսքով և մետաղական խառնուրդների պարունակությամբ՝ ոսկու հիմքով ազնիվ մետաղական համաձուլվածք: Համաձայն [11] աղբյուրի տեղեկությունների՝ բարձր մաքրությամբ ոսկու ստացման խնդրի լուծումը հնարավոր է հումքի հալման արդյունքում՝ Դորեյի համաձուլվածքի մեջ անցած ազնիվ մետաղները լուծահանելու նպատակով, աշխատանքում կիրառված ազոտական թթվի լուծույթները՝ արքայաջրով տարրալուծման հիդրոմետալուրգիական եղանակով փոխարինելու ճանապարհով:

Հարկ է վերջում հավելել, որ տեխնածին առաջացումների հալման արդյունքում գոյացող խարամը՝ որպես քիմիական թթուներում դյուրին լուծվող հումք, կարող է օգտագործվել ինչպես տարբեր արժեքավոր մետաղներ արդյունահանելու, այնպես էլ սիլիցիումի երկօքսիդ ստանալու նպատակով:

*Հետազոտությունը կատարվել է ՀԱՊՀ «Միկրո- և նանոէլեկտրոնիկա» բազային լաբորատորիայի գիտական ծրագրերի շրջանակում:*

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. <https://hy.wikipedia.org> > wiki.
2. **Հայրապետյան Ս.Գ., Սասունցյան Մ.Է., Սուրադյան Գ.Ն.** Հայաստանի Հանրապետության հանքային հուսքի տեխնոլոգիաների արգասիքի մետաղաբերության հետազոտությունը // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2022.- Մաս II.- էջ 451 – 456:
3. **Айрапетян С.Г., Даштоян А.Р., Мурадян Г.Н., Сасунцян М.Э.** Исследование состава и фазовой структуры техногенного продукта минерального сырья Республики Армения // Вестник НПУА: Metallurgy, materials science, non-ferrous metallurgy.-2020.- № 2.-С. 9-17.
4. Формирование наночастиц благородных металлов в пористых кремнеземах и биологических матрицах / **А.К. Трохимчук, А.В. Легенчук, В.И. Подольская, Е.Ю. Войтенко и др.** // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии.- 2008.- Т. 6, № 2. - С. 509-528.
5. **Балоян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.А., Кротов А.М.** Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: Учебное пособие / Международный университет природы, общества и человека “Дубна”. Филиал “Угреша”. – М., 2007. - 125 с.
6. **Խոջաբաշյան Գ.Ս.** Սյունիքի հանքային նահանգ. Երկրաբանական կառուցվածքի, հանքաբերության, օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման, հայտնաբերման, հետախուզման, ուսումնասիրման և նրանց գնահատման համառոտ պատմությունը: - Եր.: Փրինթինգ, 2016.-272 էջ:
7. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П.** Платиноиды в промышленных рудах Армении. – Ереван: ГЕОИД, 2003.- 182 с.
8. Патент RU 2156820. МПК С 22В 11/02. Способ переработки концентратов гравитационного обогащения, содержащих благородные металлы / **С.Г. Рыбкин, А.Ф. Панченко, Г.М. Панченко, Н.Н. Кулинин.**- Оpubл. 27.09.2000.
9. Концентраты медные. Методы определения содержания золота и серебра. ГОСТ 15934 10-82 / Государственный комитет СССР по стандартам.- М., 1982.- 12 с.
10. Патент RU 2078840. Способ извлечения благородных металлов из руд и концентратов / **В.В. Гостищев, А.А. Ковалев.**- Оpubл. 10.05.1997.
11. **Синицын Н.М., Печков В.Н.** Экстракция платиновых металлов в гидрометаллургии.-М.: Институт цветметинформации, 1967. -28 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 25.04.2023:

**С.Г. АЙРАПЕТЯН, Н.В. МАРТИРОСЯН, А.Р. ДАШТОЯН,  
М.Э. САСУНЦЯН**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ИЗ РУДНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ  
ОБРАЗОВАНИЙ**

Разработаны оптимальные параметры процесса тигельной плавки извлечения золота и серебра из рудноупорных к химическим воздействиям техногенных образований, где сырье плавится в условиях комбинированных химических реагентов и металлических коллекторов благородных металлов.

Предложена пирогидрометаллургическая технологическая схема переработки техногенного образования, согласно которой экстрагирование перешедшего в результате плавки сырья в состав образованного сплава Доре золота, серебра и других благородных металлов осуществляется с помощью гидрометаллургического способа царскowodочного выщелачивания.

**Ключевые слова:** техногенные образования, плавка, сплав Доре, выщелачивание, золото, серебро.

**S.G. AYRAPETYAN, N.W. MARTIROSYAN, H.R. DASHTOYAN,  
M.E. SASUNTSYAN**

**INVESTIGATING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING GOLD  
AND SILVER FROM TECHNOGENIC ORE FORMATIONS**

Optimal parameters of the process of crucible smelting of extracting gold and silver from ore-resistant to chemical influences technogenic formations, where raw materials are melted under the conditions of combined chemical reagents and metal collectors of precious metals, have been developed.

A pyro-hydrometallurgical flowsheet for processing technogenic formation is proposed, according to which the extraction of gold, silver and other noble metals transferred as a result of raw material melting into the composition of the formed Doré alloy is carried out using the hydrometallurgical method of aqua leaching.

**Keywords:** technogenic formations, melting, Doré alloy, leaching, gold, silver.