

**ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ, ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ,
ԸՆԴԵՐՔՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄ**

ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ ԵՎ ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 621.762+669

Ա.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ

**ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԱՋՆԻՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ՝ ՀԱԼՔԱՆՈԹԱՅԻՆ
ՄԵԹՈԴՈՎ ՍՏԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱՋՈՏՈՒՄԸ**

Ածխածնային հանքանյութերի (խտանյութեր) հալքանոթային հալման գործընթացներում գործածված բովախառնուրդները պարունակում են ազնիվ մետաղների տարբեր մետաղական կուտակիչներ: Հումքի հալման արդյունքում գոյացած արգասիքներին ենթարկվել են կուպելացման, իսկ այդ միջոցով ստացված համաձուլվածքները գործընթացի վերջում տարրալուծվել են՝ ազնիվ մետաղների առանձնացման նպատակով:

Առանցքային բաղադրանքներ. ածխածնային հանքանյութ, ազնիվ մետաղներ, պլատինի խմբի մետաղներ, հալքանոթային հալում, մետաղների կուտակիչ, կորզում:

Ներածություն: Ածխածնային հանքանյութերի ազնիվ մետաղների դժվար հարստացման պատճառը այդ հանածոների հիմնական բաղադրիչի՝ ածխածնի առկայությունն է: Յիանիդային տարրալուծումներից առաջ, ազնիվ մետաղների ակտիվ կլանիչ ածխածնի չեզոքացման համար, այդ հումքը ենթարկվում է օքսիդիչ այրումների կամ կենսաբանական մանրէներով մշակումների: Համաձայն գրականության տվյալների՝ նշված լրացուցիչ գործողությունների արդյունքում ածխածնային հանքանյութերից կորզվող ոսկու քանակը հնարավոր է լինում բարձրացնել մինչև 95 %: Ոսկու համեմատ՝ այս գործընթացներում ստացվող պլատինի խմբի մետաղների (ՊԽՄ) վերաբերյալ տվյալներն աղքատիկ են [1...3]:

Բերված տվյալներից հետևում է, որ ածխածնային հանքանյութերի ցիանիդով մշակման եղանակով ոչ միշտ է հնարավոր ապահովել ազնիվ մետաղների կորզման բարձր արդյունավետություն, որից հետևում է այդ հումքի մշակման առավել առաջադեմ տեխնոլոգիայի անհրաժեշտությունը: Այս նպատակի իրագործման հնարավոր տարբերակ կարող է առաջարկվել այդ հանքանյութերում առկա ոսկին, արծաթը և ՊԽՄ միասնաբար կորզելու ճանապարհը, ինչի համար աշխատանքում փորձարկվել է հումքի մետաղական կուտակիչներով հալքանոթային հալման տեխնոլոգիական եղանակը:

Փորձերի կատարման եղանակը: Համաձայն տեղեկատվությունների տվյալների՝ ածխածնային հանքանյութերից ազնիվ մետաղների կորզման հալքանոթային հալման

գործընթացները կատարվում են 1100...1200 °C և ավելի բարձր ջերմաստիճաններում: Այս գործընթացում օգտագործվող բովախառնուրդները, բացի մետաղական կուտակիչներից, պարունակում են տեխնիկական սոդա, բուրա, ածխածնային վերականգնիչ: Դրանց արդյունքում գոյացած մետաղներում (համաձուլվածքներ) կամ վերկրելներում կուտակված ազնիվ մետաղները բացահայտելու համար օգտագործվում են դրանց օքսիդիչ հալումների (կուպելացում) և թթվային տարրալուծումների միջոցները: Այս եղանակի մասին նույն գրական աղբյուրները վկայում են, որ դրանք, ոսկուց և արծաթից զատ, ունակ են կորզելու նաև հումքում առկա ՊԽՄ-ը [4...7]:

Փորձերում օգտագործված հումքը Հայաստանի Նոր Արևիկի ածխածնային հանքանյութերի (Au – 0,4...1,6, Ag – 1,8 և ավելի, Pt+Pd – 0,02...0,10 գ/դ) գրավիտացմամբ հարստացված խտանյութերն են: Այս խտանյութում ազնիվ մետաղների պարունակությունները կազմում են՝ Au – 8,0...10,0 գ/դ, Ag – մոտ 50,0 գ/դ, իսկ ՊԽՄ-ը 8,0...10,0 գ/դ [8-10]: Նշված կազմի խտանյութի հալման հիմնական տվյալները ներկայացված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Վերկրելների կշիռը՝ կախված ածխածնային խտանյութերի հալքանոթային հալման ռեժիմներից և օգտագործված բովախառնուրդի կազմից

Փ. Բ. ը / հ	Խտանյութ, գ	Ֆլյուսի կազմը, գ	Հալում		Վերկրել, գ
			ջերմաստիճանը, °C	Ժամա - նակը, ժ	
1	50	Սոդա - 80, բուրա – 40, գլյուտ – 50, ածխածին – 5	930...1080	1,9	37
2			920...1080	1,8	33
3			1000...1100	2,0	40
4		Գլյուտ – 50, սոդա – 50, բուրա – 25, AgC I – 0,75	1000...1100	1,8	40
5			1000...1080	1,7	38
6	50	CuCl ₂ ·2H ₂ O – 50, սոդա 50, բուրա – 25, NaCl – 30	980...1000	2,0	19,6
7			1000...1130	2,0	19,0
8			1000...1120	1,8	19,3
9			1000...1130	1,9	19,1
10	70	Cu-ի խտ-թի ալյուր – 50, սոդա – 50, բուրա – 20, NaCl – 30	1000...1180	2,0	18,7
11			1000...1200	2,0	19,0
12			950...1150	2,0	17,5

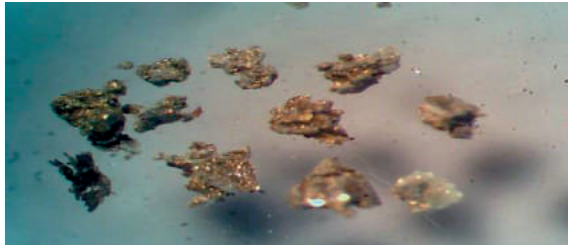
Աղ. 1-ում բերված տվյալներին հարկ է ավելացնել, որ կապարային կուտակիչով 1-5 փորձերում հալման համար օգտագործվել են ածխածնային խտանյութերի մինչև 200 մկմ չափերով մանրացված այրուքները: Հերթական՝ 6 - 12 փորձերում այդ հումքի 20...30 % պարունակությամբ ածխածինը գիտակցաբար հեռացված է: Պղնձի հիմքով ազնիվ մետաղների կուտակիչների գոյացման համար օգտագործվել են քիմիապես մաքուր պղնձի քլորիդը (փորձեր՝ 6 - 9) և Քաջարանի հարստացուցիչ կոմբինատի պղնձի խտանյութը (փորձեր՝ 10 - 12): Պղնձի խտանյութերը 10 - 12 փորձերում գործածվել են այրուքների տեսքով, որոնք ստացվել են 63 - ական գրամ քանակությամբ խտանյութերը 700...750 °C ջերմաստիճաններում այրման արդյունքում: Նույն՝ 6-12 փորձերում գործածված բովախառնուրդները պարունակում են կերակրի չգտված աղ, որը Հայաստանի Ավանի հանքի հանածոն է: Այս փորձերում հումքի հալումից հետո գոյացած պղնձի հիմքով վերկրլեյներից ազնիվ մետաղները փորձ է արվել առանձնացնել՝ դրանք կապարով կուպելացնելու (920...960 °C) միջոցով, միայն նախապես ազոտական թթվի նոսր և տաք լուծույթներով մշակումներից հետո: Հակառակ նշվածների՝ 1-5 փորձերում գոյացած կապարային վերկրլեյները ենթարկվել են անմիջական օքսիդիչ հալումների: Նկարագրված մոտեցումներով կատարված փորձերի արդյունքները ներկայացված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 2

Ածխածնային խտանյութերի հալքանոթային հալման վերկրլեյների թթվային մշակումներով և կապարով կուպելացման միջոցներով ստացված ազնիվ մետաղները և համաձուլվածքները

Փ.Փ. ը / հ	Վերկրլեյ, գ	Վերկրլեյի թթվով մշակված արգասիքներ, մգ	Կուպելացման արգասիքներ, մգ	Au կամ դրա հիմքով համաձուլվածք, մգ - գ/դ	Ag, մգ - գ/դ
1	37	--	4,4	0,5 - 10,0	3,9 - 78,0
2	33	--	1,7	0,42 - 8,4	1,28 - 25,6
3	40	--	3,07	0,47 - 9,4	2,6 - 52,0
4	40	--	500	0,55 - 11,0	2,3 - 46,0
5	38	--	495	0,53 - 10,6	2,2 - 44,0
6	19,6	104	0,50	0,20 - 4,0	0,30 - 6,0
7	19,0	102	0,49	0,20 - 4,0	0,29 - 5,8
8	19,3	106	0,53	0,22 - 4,4	0,31 - 6,2
9	19,1	98	0,51	0,21 - 4,2	0,30 - 6,0
10	18,7	218	17,9	2,6 - 18,5	15,3 - 109
11	19,0				
12	17,5	108	8,5	1,2 - 16,8	7,3 - 103

Աղ. 2-ի 1-3 փորձերի կապարային վերկրլեյների օքսիդիչ հալումներից հետո (920...960 °C) ցեմենտյա տիգելի ներքին գոգավորությունում գոյանում են մետաղական արծաթի հիմքով ազնիվ մետաղների համաձուլվածքներ (ԱՄՀ): Վերջինիս կազմում ազոտական թթվի նոսր լուծույթներով մշակումները բացահայտում են միայն ոսկի և արծաթ, որոնց միջինացված արժեքները կազմում են՝ Au - 9,3 գ/տ, Ag - 53,6 գ/տ: Ավելի արդյունավետ են 4-րդ և 5-րդ փորձերի արդյունքները, երբ հալման բովախառնուրդները պարունակում են արծաթի քլորիդի հավելումներ: Կապարային վերկրլեյի օքսիդիչ հալումից 5-րդ փորձում գոյանում է 500 մգ ԱՄՀ, իսկ վերջինիս թթվով տարրալուծմամբ ստացվել է 0,55 մգ Au-ի հիմքով ազնիվ մետաղների արգասիք (ԱՄԱ), որի տեսքը բերված է նկ. 1-ում:



Նկ. 1. Փորձ 4: 50 գ խտանյութի այրուքի (35 գ) հալման կապարային վերկրլեյի օքսիդիչ հալման և թթվային մշակումների միջոցներով ստացված 0,55 մգ (11,0 գ/տ) ոսկու հիմքով ազնիվ մետաղներ

Հարկ է վերջում ընդգծել, որ 4 և 5 փորձերի արծաթի պարունակությունների տվյալներում բովախառնուրդի կազմի հավելյալ արծաթը հաշվառված չէ: Պղնձային կուտակիչներով հալման 6-9 փորձերը հնարավորություն են ընձեռել կորզելու հումքում պարունակվող ոսկու և արծաթի կեսից պակասը: Ուշագրավ են հատկապես 10-12 փորձերը. ըստ 10 և 11 փորձերում ստացված վերկրլեյների միասնաբար մշակման արդյունքների՝ 2,6 մգ Au-ի հիմքով ԱՄԱ-ն համապատասխանում է 18,5 գ/տ պարունակությանը: Այս վերջնական արգասիքի տեսքը ներկայացված է նկ. 2-ում:



Նկ. 2. Փորձ 10 և 11: 140 գ խտանյութի հալումից ստացված 17,9 մգ ազնիվ մետաղների համաձուլվածքի թթվային տարրալուծումից ստացված ոսկու հիմքով 2,6 մգ համաձուլվածք

Արդյունքների ամփոփում: Հալքանոթային հալումներից ստացված կապարային վերկբլեյի կուպելացման տեխնոլոգիաներում դրական տեղաշարժեր են նկատվում աղ. 2-ում բերված 4 և 5-րդ փորձերի տվյալներում: Այս փորձերում օգտագործված բովախառնուրդները պարունակում է հավելյալ արծաթի քլորիդ, իսկ դրանցում ստացված 0,53... 0,55 մգ Au-ի հիմքով ԱՄՀ ազնիվ մետաղների 10,6...11,0 գ/դ պարունակությունները հիմնային Au-ի 9,3 գ/դ արժեքը գերազանցում են 1,3... 1,7 գ/դ –ով: Արծաթի պարունակությունների արժեքը այստեղ շուրջ 45, 0 գ/դ է, որը քիչ է տարբերվում նրա հիմնային 53,0 գ/դ ցուցանիշից: Ակնհայտ ցածր են մաքուր պղնձի կուտակիչով հալման 6...9 փորձերի արդյունքները. կուպելացման ԱՄԱ կազմում են թթվով մշակված արգասիքների մոտ 0,5 %-ը, իսկ կորզված Au-ը և Ag-ը նույն հաջորդականությամբ համապատասխանում են հումքի պարունակությունների մոտ 45 և 12 % - ին: Առավել արդյունաբեր են Քաջարանի պղնձի խտանյութերով հալման 10...12 փորձերը. ստացված 2,3 մգ Au-ի հիմքով ԱՄՀ-ին համապատասխանում է 16,4 գ/դ, իսկ 9,3 մգ Ag – ին 56 գ/դ պարունակությունները (պղնձի խտանյութում առկա ոսկին և արծաթը հաշվառված չեն): Փորձերում ստացված ազնիվ մետաղների քանակային և որակային բնութագրերի և վերլուծական ոլորտներին վերաբերող տեղեկությունների համադրումներից հետևում է, որ ինչպես 4 և 5, այնպես էլ 10+11 և 12 փորձերի արդյունքում ստացված Au-ի հիմքով ԱՄՀ-ը պարունակում են տարբեր ՊԽՄ [11]: Վերջիններիս պարունակությունները այս հետազոտությունում փորձարկված ածխածնային խտանյութերի կազմում՝ ըստ վերջում նշված առավել արդյունավետ փորձերի տվյալների, կազմում է 1,5 – 5,0 գ/դ, որի տնտեսական նշանակության մասին խոսելն ավելորդ է:

Եզրակացություն: Աշխատանքի արդյունքները ըստ էության հուսադրող են, քանի որ դրանք ցույց են տալիս վերը նշված խնդիրների լուծման հնարավոր ուղիները: Համաձայն ստացված տվյալների՝ ազնիվ մետաղների կորզման հալքանոթային հալումներում (1100...1200°C,) ածխածնային խտանյութերը հնարավոր է գործածել առանց նախնական օքսիդացումների: Ածխածնային խտանյութերի հալման բովախառնուրդում հավելյալ արծաթը և ոսկին նպաստում են հումքում առկա բոլոր, ընդ որում՝ նաև ՊԽՄ-ի համատեղ կորզմանը: Ածխածնային խտանյութերի հալքանոթային հալումներից հետո գոյացած մետաղական արգասիքները նպատակահարմար է մշակել քիմիական միջոցներով, քանի որ դրանց ջերմային մշակումներում տեղ են գտնում ազնիվ մետաղների գոլորշիացման երևույթներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Лодейщиков В.В.** Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: В 2-х томах. - Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999.- 786 с.
2. Gold-Copper Ores // Innovations in Gold and Silver Recovery: Phase IV / Randol Int Ltd.- Colorado, USA, 1992.- Vol. 8, chapt 23.- P. 4175-4428.

3. Патент RU 2108402. МПК С 22 В 11/00, С 22 В 3/24. Способ восстановления драгоценного металла из углеродистых руд / **Вильям Дж. Кохр.**-Опубл. 10.04.1998.
4. Патент Ru 2360984. МПК С22 В11/02. Способ извлечения металлов платиновой группы / **И.А. Рублевский, Е.С. Гоманов, С.С. Ортяков.**-Опубл. 10.07.2009.
5. Технология пирометаллургического извлечения золота из продуктов гравитационного обогащения руд Сухоложского месторождения / **С.В. Дигонский, Н.А. Дубинин, В.В. Тен и др.** //Цветные металлы.- 2004.- № 7. - С. 37-41.
6. Патент Ru 2439176. МПК С22В11/02. Способ извлечения золота из концентратов / **В.Б. Начаров, Д.О. Бахтияров, В.Г. Лобанов и др.** - Опубл. 10.01.2012.
7. Патент US 7033480. Процесс извлечения металлов платиновой группы из материала, содержащего цветные металлы. - Опубл. 25.04.2006.
8. **Алоян Г.П., Алоян П.Г.** Металлоносность Нор-Аревикской свиты Южного Зангезура // Ученые записки ЕГУ.- Геология и География.- 2010.- Т.2.- С. 3-12.
9. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П.** Платиноиды в промышленных рудах Армении. - Ереван: ГЕОИД, 2003.-182 с.
10. **Айрапетян С.Г., Мартирисян В.А.** Исследование возможности извлечения золота и серебра из сланцевых углей Армении // Изв. НАН РА и НПУА. Серия Техн. науки.- 2015.- Т. 68, № 2. – С. 149- 153.
11. Пробоотбирание и анализ благородных металлов: Справочник / Под ред. **И.Ф. Барышникова.** - М.: Металлургия, 1978.-432 с.

С.Г. АЙРАПЕТАН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ УГЛЕРОДИСТЫХ РУД МЕТОДОМ ТИГЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ

Применяемая для тигельной плавки углеродистых руд (концентратов) шихта содержит разные металлические коллекторы благородных металлов. Образующиеся в результате плавки сырья продукты подвергались купеляции, а полученные этими средствами сплавы в конце процесса выщелачивались с целью разделения благородных металлов.

Ключевые слова: углеродистая руда, благородные металлы, металлы платиновой группы, тигельная плавка, коллектор металлов, извлечение.

S.G. HAYRAPETYAN

INVESTIGATING THE PROCESS OF OBTAINING PRECIOUS METALS OF CARBON ORES BY CRUCIBLE MELTING

The batch used in the process of crucible melting of carbon ores (concentrates) contains different metal collectors of precious metals. The products formed as a result of the raw material melting were subjected to cupellation, while the alloys obtained by those means were leached at the end of the process for obtaining precious metals.

Keywords: carbon ore, precious metals, platinum metals, crucible smelting, metal collector, extracting.