

SULFAT KISLOTALI CHIQINDI ERITMALARNI KOMPLEKS QAYTA ISHLASH ORQALI KUMUSH VA NIKELNI AJRATIB OLIISH TEXNOLOGIYASINI TADQIQ ETISH

Polvanov Sardor Komilovich

«Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ, 7-GMZ direktori, PhD

Xamidov Rustam Abdugafurovich

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, dotsent, PhD

Ikromidinova O'g'iloy O'ktam qizi

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, magistrant

Eshmuradova Zuxra Bobir qizi

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, magistrant

ANNOTATSIYA

Maqolada sorbsiya va regeneratsiya jarayonlari natijasida hosil bo'ladigan sulfat kislotali chiqindi eritmalarni qayta ishlash asosida kumush va nikelni ajratib olish texnologiyasi tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida qimmatbaho va rangli metallar bilan to'yingan anionitni kislotali ishlov berish jarayonida hosil bo'ladigan eritmalar tanlangan. Kumushni ajratib olish uchun sementlash usuli qo'llanilib, rux changi, temir va alyuminiy cho'ktiruvchi reagentlar sifatida solishtirib o'rganilgan. Tajriba natijalariga ko'ra, rux changi eng yuqori samaradorlikni ko'rsatib, kumushni ajratib olish darajasi 90 % dan ortiqni tashkil etgan. Kumush ajratib olingandan so'ng qolgan eritmalaridan nikelni ajratib olish imkoniyati turli cho'ktiruvchi reagentlar yordamida baholanib, natriy gidroksid texnologik va iqtisodiy jihatdan maqbul reagent sifatida tanlangan. Olingan natijalar sulfat kislotali chiqindi eritmalarni kompleks qayta ishlash va qimmatbaho hamda rangli metallarni qo'shimcha manba sifatida olish imkoniyatini asoslaydi.

***Kalit so'zlar:** kumush, nikel, chiqindi eritmalar, sementlash, rux changi, sulfat kislota, cho'ktirish, regeneratsiya, qimmatbaho metallar, gidroksidlar*

АННОТАЦИЯ

В статье исследована технология извлечения серебра и никеля на основе переработки сернокислых сбросных растворов, образующихся в результате процессов сорбции и регенерации. В качестве объекта исследования выбраны растворы, образующиеся при кислотной обработке анионитов, насыщенных драгоценными и цветными металлами. Для извлечения серебра применялся метод цементации, при этом цинковый порошок, железо и алюминий рассматривались и сравнивались в качестве осаждающих реагентов. По

результатам экспериментов цинковый порошок показал наивысшую эффективность, уровень извлечения серебра превысил 90 %. После извлечения серебра возможность выделения никеля из оставшихся растворов оценивалась с использованием различных осаждающих реагентов, и гидроксид натрия был выбран в качестве технологически и экономически оптимального реагента. Полученные результаты обосновывают возможность комплексной переработки сернокислых сбросных растворов и извлечения драгоценных и цветных металлов в качестве дополнительного источника.

Ключевые слова: серебро, никель, отходные растворы, цементация, цинковый порошок, сульфатная кислота, осаждение, регенерация, драгоценные металлы, гидроксиды

ABSTRACT

The article investigates the technology for extracting silver and nickel based on the processing of sulfuric acid waste solutions generated during sorption and regeneration processes. The study focused on solutions formed during the acid treatment of anionites saturated with precious and non-ferrous metals. The cementation method was used for silver recovery, with zinc powder, iron, and aluminum considered and compared as precipitating reagents. According to the experimental results, zinc powder showed the highest efficiency, with the silver recovery rate exceeding 90%. After silver extraction, the possibility of nickel recovery from the remaining solutions was evaluated using various precipitating reagents, and sodium hydroxide was selected as the technologically and economically optimal reagent. The obtained results justify the feasibility of the comprehensive processing of sulfuric acid waste solutions and the recovery of precious and non-ferrous metals as an additional resource.

Keywords: silver, nickel, waste solutions, cementation, zinc powder, sulfuric acid, precipitation, regeneration, precious metals, hydroxides

KIRISH

So'nggi yillarda jahon miqyosida mineral resurslardan kompleks foydalanish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Metall mahsulotlariga bo'lgan talabning izchil ortib borishi hamda mineral-xom ashyo bazasining qisqarib borishi mavjud texnologiyalarni takomillashtirish va ishlab chiqarishga yangi, samaraliroq yechimlarni joriy etish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Ushbu sharoitda metallurgiya ishlab chiqarishida qimmatbaho va rangli metallarni yo'qotish darajasini kamaytirish, asosiy foydali komponentlarni maksimal darajada qayta olish hamda yo'ldosh

elementlarni mustaqil tayyor mahsulot sifatida ajratib olish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi [1].

Metallurgiya jarayonlari natijasida hosil bo'ladigan chiqindi eritmalar va oqava suvlar tarkibida ma'lum miqdorda qimmatli komponentlar saqlanib qoladi. Ushbu eritmalarini qayta ishlamasdan tashlab yuborish nafaqat qimmatbaho metallar yo'qotilishiga, balki atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatishga ham olib keladi. Shu sababli, metallurgiya sanoatining suyuq chiqindilaridan qimmatli komponentlarni ajratib olish va ularni qayta muomalaga kiritish ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi [2].

Hozirgi kunda chiqindi eritmalaridan qimmatbaho va rangli metallarni ajratib olish bo'yicha turli fizik-kimyoviy usullar ishlab chiqilgan bo'lsa-da, har bir aniq holatda xom ashyoning mineral tarkibi va chiqindi eritmalarining kimyoviy xususiyatlari texnologik yondashuvni individual tanlashni talab etadi. Shu munosabat bilan, kon-metallurgiya ishlab chiqarishining sulfat kislotali chiqindi eritmalarini qayta ishlash, ulardan kumush va nikel kabi qimmatli komponentlarni ajratib olishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi [3].

Mazkur maqolada sorbsiya va regeneratsiya jarayonlari natijasida hosil bo'ladigan sulfat kislotali chiqindi eritmalarini kompleks qayta ishlash asosida kumush va nikelni ajratib olishning texnologik imkoniyatlari va maqbul sharoitlari tadqiq etilgan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

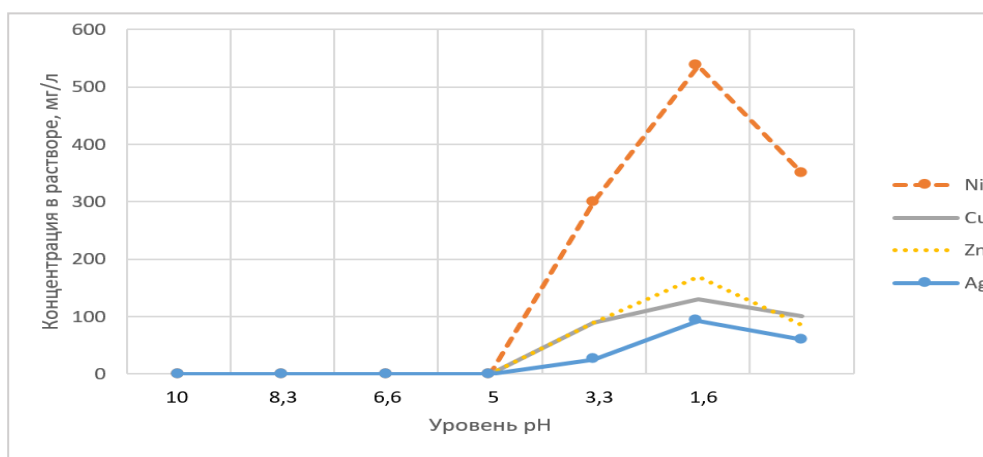
Qimmatbaho metallar va qo'shimchalar bilan to'yingan qatrondan oltin va qo'shimchalarni desorbsiyalanishi quyidagi operatsiyalar bo'yicha turli xil desorbsiyalovchi eritmalar bilan o'tkaziladi:

- natriy sian eritmasi bilan ishlov berish (temir va misni desorbsiyalash uchun);
- sulfat kislota eritmasi bilan kislotali ishlov berish (rux, nikel, kobaltning desorbsiyalash uchun);
- tiomochevinani sorbsiyalash;
- sulfat kislotali tiomochevinali eritmasi bilan oltin va kumushni desorbsiyalash;
- sulfat kislotali eritmasi bilan tiomochevinani desorbsiyalash;
- ishqorli ishlov berish.

Kislotali ishlov berish operatsiyasi anionitdan rux, kobalt, nikelning kompleks sianidlarini yo'qotish hamda qo'shimchalar anionitlarini sulfat ionlarga almashinuv reaksiyalarini amalga oshirish yo'li bilan qatronni sianidli shakldan sulfat kislotali shaklga o'tkazish maqsadida amalga oshiriladi [4]. Qo'shimcha metallarni sulfat

kislota bilan desorbsiyalashdan keyingi eritmalar chiqindixonalariga yuboriladi. Aynan shu eritmalar bizning ilmiy-tadqiqot ishimiz uchun e'tibor olgan.

Dastlab chiqindi eritmalarini tayyorlash bosqichida ularning kimyoviy tarkibi aniqlanib, pH qiymati va sulfat kislota konsentratsiyasi nazorat qilindi. Kislotali ishlov berish jarayoni kamida 6 soat davom ettirilib, jarayon yakuni eritmada H_2SO_4 konsentratsiyasining 10 g/l ga yetishi bilan belgilandi. Aynan so'nggi porsiyalardagi eritmalar tajribalar uchun ishlatildi, chunki ularda kumush va boshqa metallar konsentratsiyasi nisbatan yuqori bo'ladi (1-rasm).



1-rasm. Metallar konsentratsiyasining sulfat kislotali ishlov berish pH-ga bog'liqligi

Kumushni ajratib olish uchun sementlash usuli qo'llanildi. Cho'ktiruvchi reagent sifatida rux changi, temir va alyuminiy solishtirma tajribalarda o'rganildi. Sementlash jarayonlari $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ haroratda, mexanik aralashtirish sharoitida (500 ayl/min) olib borildi. Reagent sarfi 0,1–7,5 g/l oralig'ida o'zgartirilib, aralashtirish vaqti 5–40 daqiqa diapazonida tanlandi. Jarayon davomida eritma pH qiymati nazorat qilinib, zarur hollarda ammiak eritmasi yordamida muhit pH 5 gacha oldindan neytrallandi.

Sementlashdan so'ng olingan cho'kindi filtrlanib, yuvildi va quritildi. Olingan kek kimyoviy tahlilga tortilib, kumush va qo'shimcha metallar miqdori aniqlandi. Keyingi bosqichda kumushni selektiv ajratib olish maqsadida cho'kindi azot kislotasi bilan eritildi. Eritish jarayoni $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ haroratda, Q:S = 1:2 nisbatda va azot kislotaning 260–340 g/l konsentratsiyalarida o'tkazildi. Maqbul sharoitlar kumushning maksimal erishi asosida tanlandi.

Azot kislotali eritmada kumushni cho'ktirish xlorid kislota qo'shish orqali amalga oshirildi. Xlorid kislota mexanik aralashtirish sharoitida bosqichma-bosqich berilib, AgCl cho'kmasining to'liq hosil bo'lishi vizual va analitik nazorat qilindi.

Olingan kumush xlorid cho'kmasi filtrlanib, yuvildi va keyinchalik induksion pechda eritilib, kumush tarkibli qotishma olindi [5].

Kumush ajratib olingandan so'ng qolgan eritmalardan nikelni ajratib olish bo'yicha alohida tajribalar o'tkazildi. Cho'ktiruvchi reagent sifatida Na_2CO_3 , Na_2S , NH_4HS , NaH_2PO_2 , dimetilglioksim va NaOH sinovdan o'tkazildi [6]. Texnologik va iqtisodiy jihatdan maqbul reagent sifatida natriy gidroksid tanlandi. Cho'ktirish jarayoni pH 7,0–9,5 oralig'ida olib borilib, pH ning har bir bosqichida eritmadan namuna olinib, qoldiq metall konsentratsiyalari tahlil qilindi [7].

Hosil bo'lgan nikel gidroksidi cho'kmasi filtrlanib, yuvildi va mufelli pechda kuydirildi [8]. Olingan kuyindi induksion pechda qaytaruvchi eritishga yuborilib, nikel tarkibli qotishma olindi. Barcha bosqichlarda suyuq va qattiq fazalarning kimyoviy tarkibi standart analitik usullar yordamida aniqlandi [9].

TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqotning birinchi bosqichida eritmalardan kumush va og'ir rangli metallarni cho'ktirish, shuningdek, kumushni keyinchalik selektiv ajratib olish imkoniyatlarini baholashga qaratilgan tajribalar o'tkazildi. Ushbu bosqichda cho'ktirish jarayonining samaradorligini ta'minlovchi maqbul reagentni aniqlash maqsadida sementlash usuli tadqiq qilindi. Sementlovchi reagentlar sifatida rux changi, temir va alyuminiy qo'llanildi. Olingan tajriba natijalari 1-jadval va 2-rasmda keltirilgan.

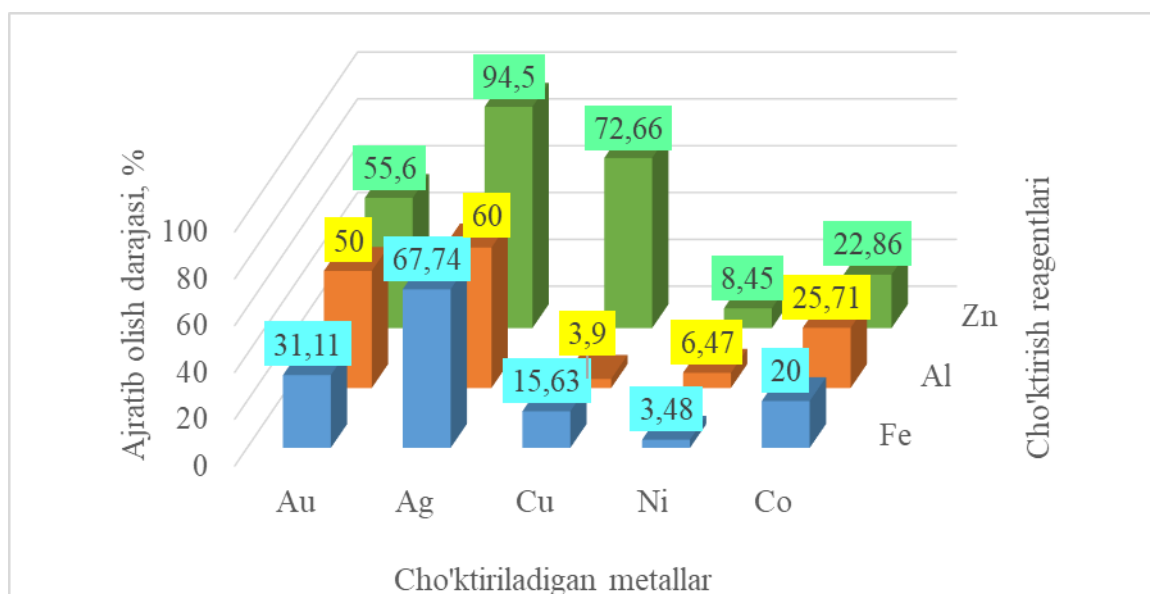
Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, sementlash jarayonida rux changidan foydalanish eng yuqori texnologik samaradorlikni ta'minladi va kumushni ajratib olish darajasi 89,03 % ni tashkil etdi. Alyuminiy bilan sementlashda ham nisbatan yuqori ko'rsatkichlar qayd etildi, biroq jarayonning barqaror kechishi uchun alyuminiy yuzasida hosil bo'ladigan oksidli qatlamni eritish maqsadida yuqori konsentratsiyali xlorid kislota qo'shimcha ravishda uzluksiz berib turilishi zarur bo'ldi. Temirdan foydalanilganda kumushni ajratib olish darajasi 67,74 % ni tashkil etib, ushbu ko'rsatkich rux changi bilan olingan natijalardan past bo'ldi.

1-jadval

Kumush uchun maqbul cho'ktirish reagentini aniqlash bo'yicha tajriba natijalari

Cho'ktirish reagenti	Miqdori, mg/l					H_2SO_4 Konsentrat siyasi	pH
	Ag	Cu	Ni	Co	Zn		
Dastlabki eritma	155,0	128,0	885,0	0,70	1668,0	4,9	1,6
Zn 1 soat	30,0	50,0	880,0	0,54	3200,0	2,0	3,1
Zn 2 soat	8,52	35,0	820,0	0,54	3600,0	1,0	3,7
Al 1 soat	67,5	127,0	870,0	0,54	1480,0	4,4	1,9
Al 2 soat	62,0	123,0	840,0	0,52	1480,0	3,4	2,9

Fe 1 soat	72,0	117,0	800,0	0,60	1562,0	4,7	1,4
Fe 2 soat	50,0	108,0	770,0	0,56	1540,0	3,7	2,4



2-rasm. Sementlashda cho'kindiga metallarni ajratib olish darajasi

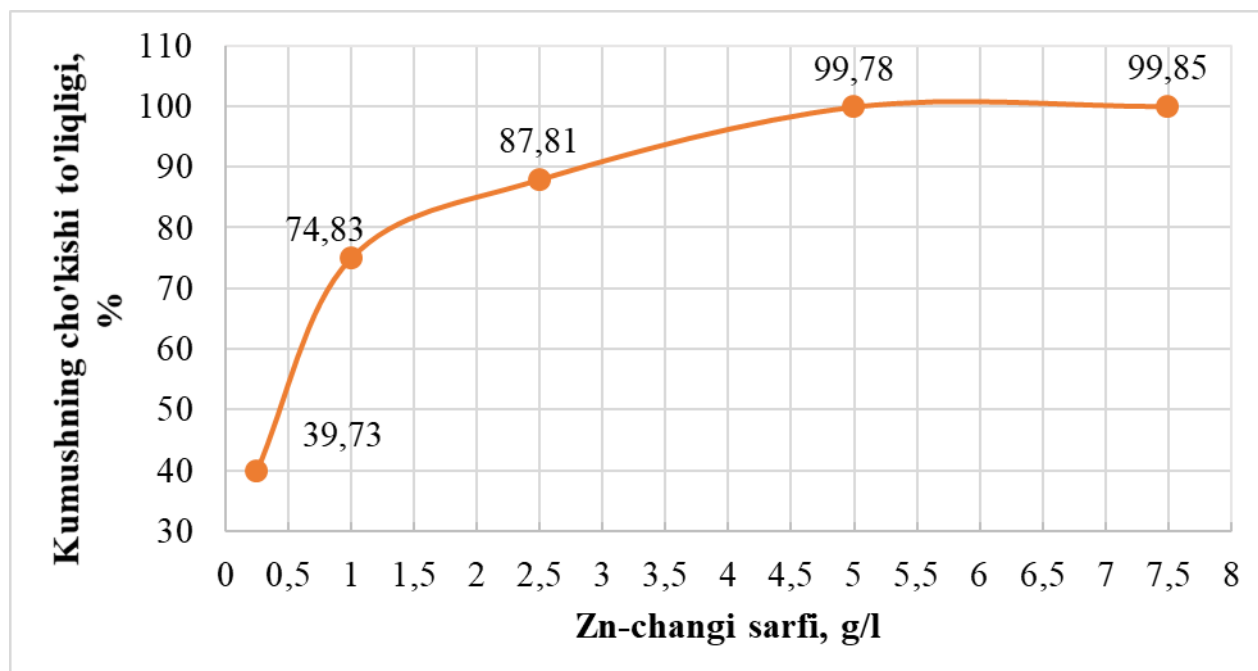
Jarayonning maqbul sharoitlarini aniqlash maqsadida qo'shimcha tadqiqotlar olib borildi. Olingan natijalar 2–4-jadvallarda hamda 3-, 4- va 5-rasmlarda keltirilgan.

2-jadval

Metallarni to'liq cho'ktirishga rux changi sarflanishi ta'siri

$t=+20^{\circ}\text{S}$; aralashtirish vaqti, $\tau=30\text{daq}$; $n=500\text{ ayl/daq}$

№ t/r	Zn-changi sarfi, g/l	Metallarning qoldiqli konsentratsiyasi, mg/l						
		Ag	Ni	Cu	Zn	Co	Pd	pH
1	0	75,5	836	174	480	0,18	0,38	1,6
2	0,25	45,5	796	144	540	0,18	0,38	2,8
3	1,0	19,0	730	117	650	0,18	0,38	3,9
4	2,5	9,2	664	61	2210	0,18	0,38	4,3
5	5,0	0,16	544	1,5	2400	0,17	0,38	5,1
6	7,5	0,11	414	1,5	2480	0,17	0,38	6,8



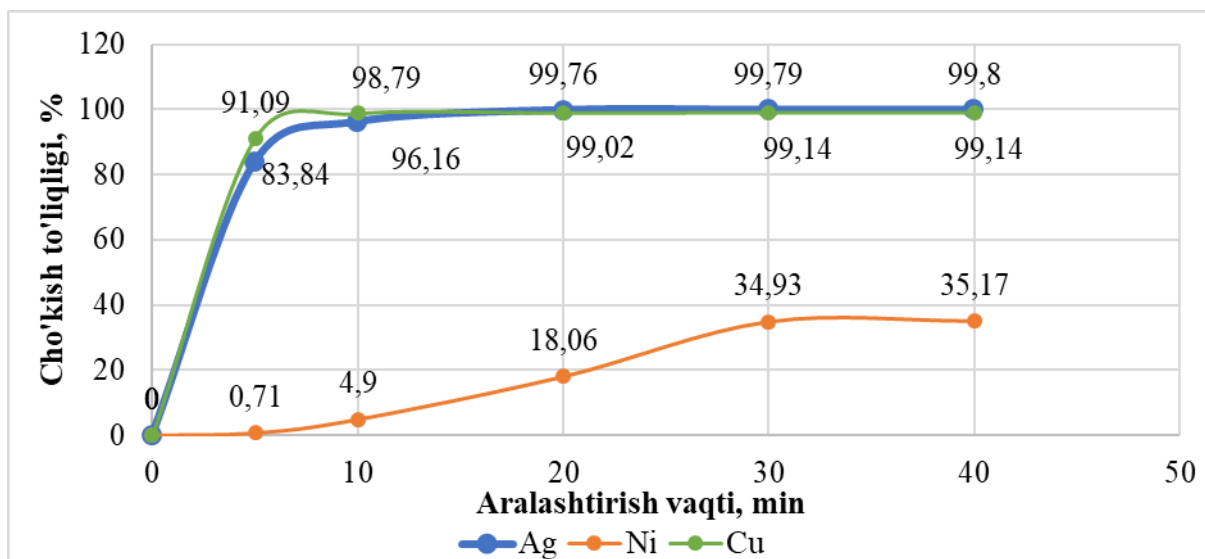
**3-rasm. Kumushni to'liq cho'ktirishga rux changi sarfining bog'liqligi
grafigi**

3-jadval

Metallarni rux changi bilan sementlash kinetikasi

$t=+20^{\circ}\text{S}$; $n=500\text{ayl/daq}$; rux changi sarfi 5 g/l

№ t/r	Aralashtirish vaqti, daq	Metallarning qoldiqli konsentratsiyasi, mg/l						
		Ag	Ni	Cu	Zn	Co	Pd	pH
1	0	75,5	836	174	480	0,18	0,38	1,6
2	5	12,2	830	15,5	1450	0,18	0,38	2,4
3	10	2,9	795	2,1	1800	0,18	0,38	4,3
4	20	0,18	685	1,7	2390	0,18	0,38	5,0
5	30	0,16	544	1,5	2400	0,17	0,38	5,1
6	40	0,15	542	1,5	2410	0,17	0,38	5,1



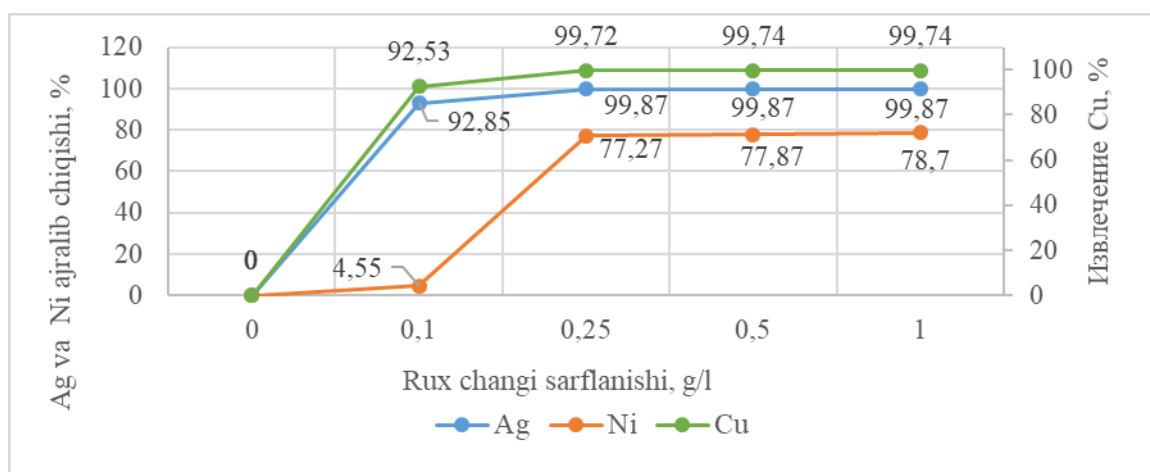
4-rasm. Rux changi bilan sementlashda metallarni cho'ktirish to'liqligiga aralashtirish vaqtining ta'siri

4-jadval

Dastlabki pH 9,6 bo'lganda Ag, Cu va Ni larni cho'ktirish to'liqligiga rux changi sarflanishi ta'siri

$t = +20^{\circ}\text{S}$; aralashtirish vaqti, $\tau = 30\text{daq}$; $n = 500\text{ayl/daq}$

№ t/r	Zn-changi sarfi, g/l	Metallarning qoldiqli konsentratsiyasi, mg/l			Izoh
		Ag	Ni	Cu	
1	0	75,5	836	174	Eritmada So va Pd konsentratsiyasi o'zgarmagan
2	0,10	5,4	798	13,0	
3	0,25	0,1	190	0,48	
4	0,50	0,1	185	0,46	
5	1,00	0,1	178	0,46	



5-rasm. Dastlabki pH 9,6 bo'lganda Ag, Cu va Ni larni cho'ktirish to'liqligiga rux changi sarflanishi ta'siri

Shu tariqa, sulfat kislotali chiqindi eritmalardan kumushni cho'ktirish uchun maqbul texnologik sharoitlar aniqlandi: eritmani ammiak yordamida pH qiymati 5,0 gacha va undan yuqori darajagacha oldindan neytrallashtirish, rux changi sarfini 0,25 g/l miqdorda belgilash, aralashtirish vaqtini 20–30 daqiqa davomida olib borish hamda jarayonni atrof-muhit haroratida amalga oshirish. Ushbu sharoitlarda kumush deyarli to'liq cho'ktirilishi, nikelning esa taxminan 60 % gacha cho'ktirilishi ta'minlandi.

Kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra (5-jadval), hosil bo'lgan cho'kindi asosan kumushdan iborat bo'lib, uning tarkibida qisman nikel, mis, temir va boshqa rangli metallar gidroksidlari ham mavjud ekanligi aniqlandi.

5-jadval

Sementlash kekidagi elementlar miqdori

Mahsulot nomlanishi	Elementlar miqdori							
	Au	Ag	Pd	Cu	Ni	Zn	H ₂ SO ₄	TM
Cho'kindi, mg/g	-	29,5	–	28,5	106	130	–	–

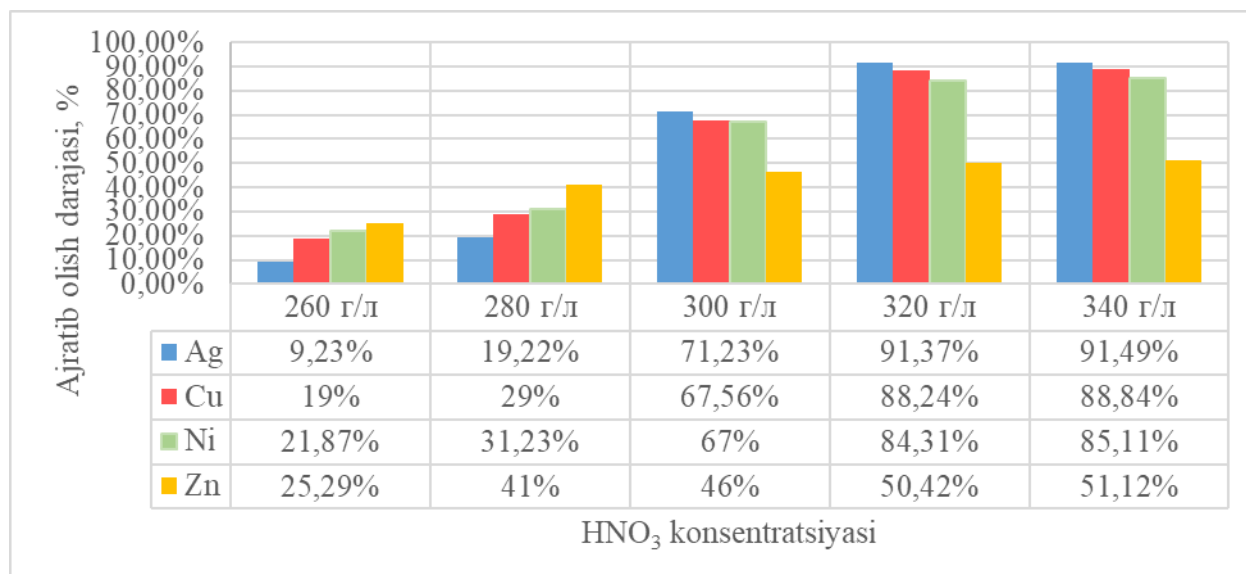
Og'ir rangli metallar aralashmasidan kumushni ajratib olish maqsadida kumush xloridni keyinchalik cho'ktirishni nazarda tutuvchi kuyindini eritishning klassik usuli tanlandi.

6-jadval

Kuyindiga azot kislotali ishlov berishda metallar erishi darajasiga azot kislota konsentratsiyasining ta'siri

Azot kislota bilan kuyindiga ishlov berish					
№	HNO ₃ konsentratsiyasi, g/l	Suyuq fazadagi miqdor, mg/l			
		Ag	Cu	Ni	Zn
1	260	7 235	1 745	5 744	9 432
2	280	18 351	2 567	7 553	17 967
3	300	44 683	3 953	13 064	18 600
4	320	49 113	4 624	16 858	20 967
5	340	49 483	5 415	17 180	21374

Azot kislotaning maqbul sarfini aniqlash maqsadida uning turli konsentratsiyalarida qator tajribalar o'tkazildi. Olingan tadqiqot natijalari 6-jadvalda hamda 6-rasmda keltirilgan.



8-rasm. Metallar erishining azot kislota konsentratsiyasiga bog‘liqligi grafigi (jarayon davomiyligi 2soat, harorat 85°C, Q:S=1:2)

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, metallarni yetarli darajada eritish azot kislotaning 320 g/l konsentratsiyasida ta‘minlanadi, bunda kislota konsentratsiyasining keyingi oshirilishi jarayon samaradorligini sezilarli darajada oshirmaydi. Ushbu sharoitlarda kumushni ajratib olish darajasi 91,37 % ni tashkil etdi.

Cho‘kindiga azot kislotali ishlov berish natijasida olingan filtratning kimyoviy tarkibi 7-jadvalda keltirilgan.

7-jadval

Azot kislotali ishlov berishdan so‘ng filtratda tahlil qilinadigan metallar miqdori

Filtrat, mg/l			
Ag	Cu	Ni	Zn
49 113	4 624	16 858	20 967

Mexanik aralashtirish sharoitida reaktorga zichligi 1,18 g/sm³ bo‘lgan xlorid kislota bosqichma-bosqich qo‘shildi. Jarayon davomida oq rangli kumush xlorid (AgCl) cho‘kmasining tez hosil bo‘lishi va koagulyatsiyalanishi kuzatildi. Xlorid kislota kumush xloridning hosil bo‘lish jarayoni to‘liq yakunlanguniga qadar berildi.

Cho‘ktirish jarayoni tugagach, eritmaning yuqori tindirilgan qatlamidan kumushning to‘liq cho‘kishini nazorat qilish maqsadida suyuq namuna olindi. Namuna kumush xloridning kolloid zarrachalari bilan ifloslanishining oldini olish uchun filtrlab tayyorlandi. Olingan tahlil natijalari 8-jadvalda keltirilgan.

8-jadval

Xlorid kislota bilan ishlov berilgandan so'ng filtratda tahlil qilinadigan metallar miqdori

Filtrat, mg/l			
Ag	Cu	Ni	Zn
19	4 524	15 985	19 845

Olingan kekni tahlil qilish natijalari 9-jadvalda berilgan.

9-jadval

Olingan kumush tarkibli kekni tahlil qilish natijalari

Kumush saqlovchi mahsulot						
Au, %	Ag, %	Pd, %	Ni, %	Su, %	Fe, %	Pb, %
-	73,5	<0,04	0,7	2,75	<0,08	<0,2

Kumushli oraliq mahsulot keyinchalik kumush tarkibli qotishma olish bilan induksiya pechda eritishga duch qilinadi. Quyma tarkibi 10-jadvalda berilgan.

10-jadval

Eritishdan so'ng olingan quyma tahlillari natijalari

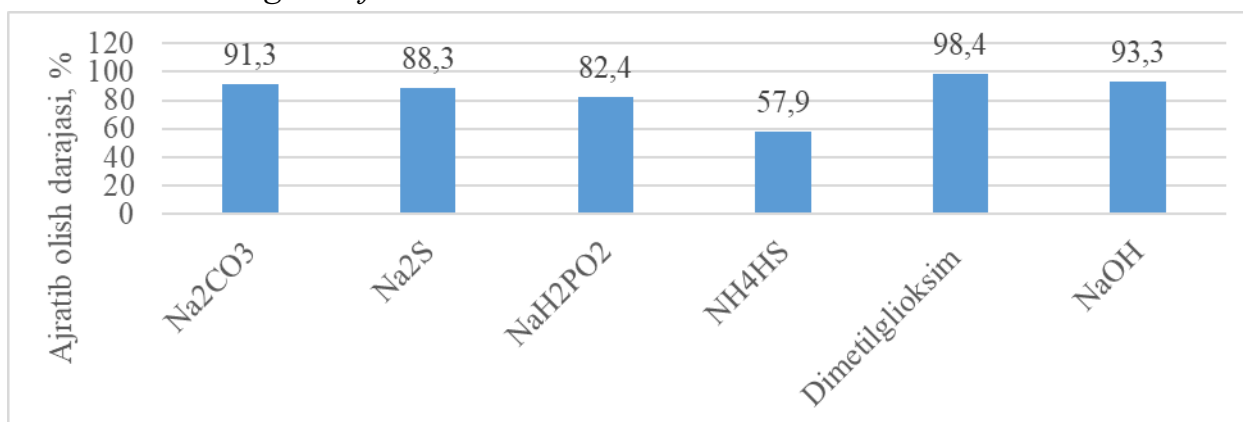
Kumush saqlovchi mahsulot						
Au, %	Ag, %	Pd, %	Ni, %	Su, %	Fe, %	Pb, %
-	87,7	<0,04	0,9	3,5	<0,08	<0,2

Yarim sanoat sharoitlarida regeneratsiya bo'limining sulfat kislotali chiqindi eritmalaridan kumushni ajratib olishning taklif etilgan usuli natijasida quyidagi tarkibga ega kumushli quyma olish imkoniyati yaratildi, % hisobida: Ag – 87,7; Cu – 3,5; Ni – 0,9; Fe < 0,08; Pd < 0,04; Pb < 0,2. Bunda chiqindi eritmalaridan kumushni ajratib olish darajasi 91,87 % ni tashkil etdi.

Nikel olish uchun xom ashyo sifatida sementatsiya kekiga kislotali ishlov berish natijasida hosil bo'lgan filtrat ishlatildi. Dastlab laboratoriya sharoitida eritmadan metallarni yuqori darajada cho'ktirishni ta'minlovchi cho'ktiruvchi reagentni aniqlash maqsadida qator tajribalar o'tkazildi. Tadqiqotlarda cho'ktiruvchi reagentlar sifatida natriy karbonat (Na_2CO_3), natriy sulfid (Na_2S), ammoniy gidrosulfid (NH_4HS), natriy gipofosfit (NaH_2PO_2), dimetilglioksim hamda natriy gidroksid (NaOH) sinovdan o'tkazildi.

Olingan natijalar (9-rasm) shuni ko'rsatdiki, dimetilglioksim eritmalaridan nikelni ajratib olishda yuqori selektivlik va samaradorlikni namoyon etadi. Biroq, ushbu reagent analitik maqsadlarda qo'llanilishi va kimyoviy reaksiya stexiometriyasiga muvofiq 1 kg nikelni cho'ktirish uchun taxminan 2 kg dimetilglioksim talab etilishi, shuningdek, reagentning yuqori narxi sababli uning sanoat miqyosida qo'llanilishi iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emasligi aniqlandi. Shu munosabat bilan, regeneratsiya bo'limining kislotali chiqindi

eritmalaridan nikelni ajratib olish bo'yicha olib borilgan keyingi tajribalar natijasida natriy gidroksid (NaOH) texnologik va iqtisodiy jihatdan maqbul cho'ktiruvchi reagent sifatida tanlandi.



9-rasm. Har xil cho'ktirgich-reagentlardan foydalanish bilan cho'ktirish yordamida kislotali chiqindi eritmalaridan nikelni ajratib olish bo'yicha tadqiqotlar natijalari

pH qiymatining belgilangan chegaradan oshishi bilan rux gidroksidining cho'kishi kuzatiladi. pH 7,0 qiymatga yetganda eritmaning bir jinsli holatga kelishini ta'minlash maqsadida kaustik soda berish vaqtincha to'xtatiladi. pH ko'rsatkichi barqarorlashgach, eritmani to'liq aralashtirish sharoitida kaustik soda kichik porsiyalar bilan qo'shib boriladi.

pH qiymati 8,0–8,5 oralig'iga yetganda mexanik aralashtirish to'xtatiladi. Gidroksidlarning zichlangan cho'kma qatlami hosil bo'lgach, yuqori tindirilgan qatlam ajratib olinadi hamda reaktorga eriydigan tuzlarni suyultirish maqsadida qaynoq suv qo'shiladi. Hosil bo'lgan gidratlar natriy nitrat tuzlaridan yuvilib, shu orqali keyingi kuydirish va eritish jarayonlarida azot ikki oksidi ajralib chiqishining oldi olinadi.

Jarayonning har bir pH bosqichida uning to'liq va barqaror kechishini nazorat qilish uchun namuna olinib, kimyoviy tahlillar amalga oshirildi. Olingan tajriba natijalari 11-jadvalda keltirilgan.

11-jadval

Cho'ktirgich sifatida NaOH dan foydalanish bilan azot kislotali ishlov berish filtratidan metallarni cho'ktirish bo'yicha tadqiqotlar natijalari

NaOH eritmasi bilan metallar gidroksidlarini cho'ktirish									
№	pH	Suyuq fazadagi miqdor, g/l				Ajratib olish darajasi, %			
		Ag	Cu	Ni	Zn	Ag	Cu	Ni	Zn
1	7,0	0,02	4,40	14,26	19,20	11,00	2,66	10,80	3,23
2	7,5	0,01	3,86	13,65	17,49	26,00	14,58	14,58	11,88
3	8,0	0,01	3,06	3,69	16,27	33,00	32,44	76,89	18,00
4	8,5	0,01	1,18	0,78	12,15	54,56	74,01	95,15	38,77

5	9,0	0,00	0,42	0,29	5,98	80,78	90,75	98,18	69,88
6	9,5	0,00	0,06	0,15	1,21	90,77	98,76	99,08	93,92

Cho'kindi yuvish jarayonidan so'ng filtrlash amalga oshirildi, filtrlashdan olingan qattiq faza esa mufelli pechda kuydirish jarayoniga yuborildi. Kuydirish natijasida hosil bo'lgan mahsulot asosan nikel va mis oksidlaridan, shuningdek qisman rux oksidlaridan iborat ekanligi aniqlandi. Kuyindining kimyoviy tarkibi 12-jadvalda keltirilgan.

12-jadval

Nikelli konsentrat kuyindisining kimyoviy tahlillari natijalari

Metallar miqdori, %					
Au	Ag	Zn	Ni	Su	Fe
<0,002	0,008	5,44	81,05	89,52	0,076

Nikelli konsentratni tiklovchi eritish induksion pechda amalga oshiriladi. Konsentrat kalsinatsiyalangan soda qo'shish bilan shixtalanadi, flyus sifatida bura qo'shiladi.

Konsentrat erigandan so'ng, eritma formalarga quyiladi. Forma tubida quyidagi tarkibli metalli quyma hosil bo'ladi (13-jadval).

13-jadval

Olingan nikelli qotishma tahlillari natijalari

Mahsulot					
Au, %	Ag, %	Zn, %	Ni, %	Su, %	Fe, %
-	0,025	3,44	81,7	11,04	0,056

XULOSA

Olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijasida sulfat kislotali chiqindi eritmalarni kompleks qayta ishlash orqali kumush va nikelni samarali ajratib olish imkoniyati aniqlandi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, kumushni cho'ktirishda rux changidan foydalanish eng yuqori texnologik samaradorlikni ta'minlaydi hamda jarayonni sanoat sharoitida joriy etish uchun qulay hisoblanadi. Kumushni selektiv ajratib olishdan so'ng olingan eritmalardan nikelni natriy gidroksid yordamida gidroksid shaklida cho'ktirish yuqori darajada amalga oshiriladi. Taklif etilgan texnologik yechimlar chiqindi eritmalarni zararsizlantirish bilan birga, qo'shimcha metall mahsulotlar olish imkonini beradi. Natijada ishlab chiqarishning ekologik xavfsizligi oshadi va qimmatbaho hamda rangli metallar resurslaridan kompleks foydalanishga erishiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOT RO‘YXATI

1. K.S. Sanakulov. Современные направления комплексной переработки упорных золотосодержащих руд и техногенных отходов гидрометаллургического производства // O‘zbekiston konchilik xabarnomasi. – 2018. – № 3. – b. 45–52.
2. Sanakulov K.S. Техногенные источники драгоценных металлов и пути повышения их вовлечения в переработку // Rangli metallar. – 2019. – № 9. – b. 32–38.
3. Sanakulov K.S., Ibragimov A.A., Nurmatov B.B. Сорбционные методы извлечения золота из оборотных и сточных вод гидрометаллургических предприятий // Konchilik jurnali. – 2020. – № 6. – b. 88–95.
4. Самадов АУ, Хужакулов НБ, Арипов АР, Хужамов УУ, Хамидов РА. Гидрометаллургик заводларнинг чиқинди омборини геотехнологик тадқиқоти методологияси. Ўзбекистон кончилик хабарномаси.–Навоий. 2019(2):11-3.
5. Хужамов У.У., Самадов А.У. Анализ способов переработки электронного лома // Universum: технические науки. 2023. №1-2 (106).
6. Самадов А.У., Хужакулов Н.Б., Хужамов У.У., Махмудова Ф. М.К. Изучение возможности усовершенствования технологии переработки руд месторождений «аджибугут» // Academy. 2021. №5 (68).
7. Саидахмедов А.А., Хасанов А.С., Хужамов У.У. Исследование интенсификации процесса фильтрации растворов выщелачивания при переработке техногенных отходов // Universum: технические науки. 2020. №9-1 (78).
8. Хужамов У.У., Самадов А.У., Бурунов А.Б. Исследование технологии переработки электронного лома // Universum: технические науки. 2021. №10-1 (91).
9. A. Normurodov, F. Badalov, D. Asabayev, M. Botirov, E. Jabborov and U. Khujamov. Cleaning talc samples from iron-containing minerals. E3S Web Conf., 627 (2025) 01007. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562701007>