



MIS ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIK ERITMALARIDAN METALLARNI CHO'KTIRUVCHI REAGENTLAR YORDAMIDA AJRATISH

Xoliqulov Doniyor Baxtiyorovich – t.f.d.(DSc), Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari,

Boltayev Olmos Najmidinovich - Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali stajyor-tadqiqotchi,

Xaydaraliev Xolbay Rustam o'g'li - Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali "Metallurgiya" kafedrasida assistenti.

Аннотация. Bugungi kunda texnika va texnologiyalarning yuqori darajada rivojlanishi metallar iste'moliga bo'lgan talabni ortishiga olib kelmoqda. Og'ir rangli metallarni ishlab chiqarishning uzluksiz o'sishi texnogen chiqindilarni iste'molini ko'payishiga olib keldi, bu nafaqat metallarni qo'shimcha ishlab chiqarish manbai, balki tayyor mahsulot tannaxsini pasaytirish omili sifatida ham ko'rib chiqilmoqda. Yaqin yillarda "Olmaliq KMK" AJ mis ishlab chiqarish hajmini 1,5-2 baravar oshirishni rejalashtirmoqda, buning natijasida texnogen chiqindilar (shlaklar, gazlar, chang, shlam, yuvish eritmalari, chiqindi suv va boshqalar)ning miqdorini xam ortishiga olib keladi, ularni qayta ishlash esa maxsus yondashuvni talab qiladi. Bu holda qo'llaniladigan texnologiyalar chiqindilar, shlaklar, atrof muhitga zararli gazlar va changning atmosferaga chiqarilishi bilan metallning yuqori darajada qaytarib bo'lmaydigan yo'qotishlari bilan tavsiflanadi. Mis kuporos ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalar tarkibidagi mis va nikelni alohida ajratishda reagent sifatida ammoniy rodaniddan foydalanildi.

Калит so'zlar: mis sulfati, cho'ktiruvchi reagent, nikel, gidrometallurgiya, ammoniy rodanid, mis kuporos, texnologik eritma, tanlovchanlik, elektrolit.

ОТДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ ОСАЖДАЮЩИХ РЕАГЕНТОВ

Холикулов Дониёр Бахтиёрович - д.т.н.(DSc), заместитель директора по науке и инновациям

Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета, **Болтаев Олмос Наджмидинович** - стажер-исследователь Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета,

Хайдаралиев Холбай Рустам угли - ассистент кафедры «Металлургия» Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета.

Аннотация. Высокий уровень развития техники и технологий на сегодняшний день приводит к увеличению спроса на металлы. Неуклонный рост производства тяжелых цветных металлов привел к увеличению потребления техногенных отходов, которые рассматриваются не только как источник дополнительного производства металлов, но и как фактор снижения стоимости готовой продукции. В ближайшие годы АО «Алмалыкский ГМК» планирует увеличить производство меди в 1,5-2 раза, что приведет к увеличению количества техногенных отходов (шлаков, газы, пыли, шлама, промывных растворов, сточных вод и др.), а их переработка требует особого подхода. Используемые в этом случае технологии характеризуются крайне необратимыми потерями металла с отходами, шлаками, выброса в атмосферу вредных газов и пыли. В качестве реагента для разделения меди и никеля из технологических растворов при производстве сульфата меди использовался роданид аммония.

Ключевые слова: сульфат меди, осаждающий реагент, никель, гидрометаллургия, роданид аммония, медный купорос, технологический раствор, селективность, электролит.

SEPARATION OF METALS FROM TECHNOLOGICAL PRODUCTS OF COPPER WITH THE HELP OF DECIDING REAGENTS

Doniyor B. Kholikulov- Deputy Director of Research and Innovation department Tashkent State Technical University Almalyk branch, (DSc),



Olmos N. Boltaev - trainee-researcher of the Almalyk branch of the Tashkent State Technical University,

Kholbay R. Khaidaraliev -assistant of the Metallurgy Department of the Tashkent State Technical University Almalyk branch

Annotation. The high level of development of technology and technology today leads to an increase in demand for metals. The steady growth in the production of heavy non-ferrous metals has led to an increase in the consumption of industrial waste, which is considered not only as a source of additional metal production, but also as a factor in reducing the cost of finished products. In the coming years, JSC Almalyk MMC plans to increase copper production by 1,5-2 times, which will lead to an increase in the amount of industrial waste (slag, gases, dust, sludge, washing solutions, waste water, etc.), and their processing requires special approach. The technologies used in this case are characterized by extremely irreversible losses of metal with waste, slag, emission of harmful gases and dust into the atmosphere. Ammonium thiocyanate was used as a reagent for separating copper and nickel from technological solutions in the production of copper sulfate.

Key words: copper sulfate, precipitating agent, nickel, hydrometallurgy, ammonium thiocyanate, copper sulfate, process solution, selectivity, electrolyte

Kirish. Jahon miqyosida qimmatbaho metallarning hajmi va miqdori birlamchi rudadan olinadigan metallar miqdoriga qaraganda ancha yuqori bo'lgan qo'shimcha xomashyo ko'rinishidagi soha texnogen chiqindilaridan foydalanishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Shu munosabat bilan texnogen chiqindilarga ishlov berish, korxonalarda geologik, konchilik va boyitish ishlarini olib borish uchun sarflanadigan kapital xarajatlarsiz xomashyo bazasini sezilarli darajada kengaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, bu ilmiy izlanishlar katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lishiga qaramay, og'ir rangli metallar ionlarining kontsentratsiyasini oshirish va ajratish usullariga, selektiv reagentlarni tanlashga yetarlicha e'tibor berilmagan, metallar ionlarining o'zaro ta'sir mexanizmi to'liq o'rganilmagan, qimmatbaho komponentlarni ajratib olish, ularni qayta ishlash va ekologik muammolarni hal qilishni o'zida jamlagan metall tarkibli chiqindilar va texnologik eritmalarini qayta ishlashning kompleks texnologiyalarini ishlab chiqishga imkon bermaganligi o'ta dolzarb, ilmiy va muhim iqtisodiy muammo hisoblanadi.

Bugungi kunda qayta ishlanayotgan mis rudalari tarkibidagi metallar miqdorini kamayishi olinayotgan mis kontsentratsiyalarining sifati pasayishiga va kontsentratsiya tarkibidagi keraksiz jinslarni miqdori yuqori bo'lishiga olib keldi. Bu tendentsiya eritish zavodlariga zararli ta'sir ko'rsatdi: ishlab chiqarish hajmi oshdi, chiqindilar (shlak, gaz, eritma) miqdori ko'paydi. Natijada konlardan rudani qazib olishdan metallurgik zavodlariga qadar bo'lgan resurslarni tejash, barqaror va raqobatbardosh ishlab chiqarishga erishish uchun xom ashyoni qayta ishlashning yaxlit yondashuvi zarurligi ta'kidlanmoqda [1-4].

Kontsentratlardan bir metallni ajratib olayotgan zavodlarga nisbatan, bir nechta metallarni ajratib olayotgan zavodlarni rivojlanishi kuzatilmoqda [1]. Ushbu zavodlarning asosiy maqsadi metallarni maksimal darajada ajratib ishlashda, chiqindilarni ishlab chiqarishga jalb qilishda va turli xil metallurgiya jarayonlar natijasida hosil bo'ladigan texnologik eritmalar va oqava suvlarni boshqarishda Qozog'istondagi Kaztsink Ust-Kamenogorsk metallurgiya majmuasi [5], Boliden Ro'nnska'r Smelter [6], Yaponiyadagi [7], Germaniyadagi [8] va Koreyadagi [9] metallurgik integral zavodlari yaxshi natijalarga erishgan.

Og'ir metall ionlaridan chiqindi suvlarni tozalash muammosi ko'plab sohalarda mavjud bo'lib, jahon hamjamiyati ekologik inqiroz yoqasida turgan paytda ayniqsa dolzarbdir [10-11].

Chiqindi suvdan og'ir metallar ionlarini ajratib olish uchun sorbentlardan foydalanish [12] ishda qisqacha ko'rib chiqilgan, selluloza tarkibli sorbentlarning faol uglerod va kation almashinadigan qatronlar bilan taqqoslash xususiyatlari keltirilgan. Agrosanoat majmuasi chiqindilari sanoat chiqindi suvlaridan tashqari tabiiy suvlar va oziq-ovqat sanoatida hosil



bo'ladigan turli xil tarkibdagi suvli eritmalaridan og'ir metall ionlarini ajratib olib uchun istiqbolli va iqtisodiy jihatdan foydali sorbentlar hisoblanadi.

Ko'pgina sanoat korxonalarining faoliyati ko'pincha atrof-muhitni zararli moddalarni o'z ichiga olgan chiqindi suv bilan ifloslanishiga olib keladi, bu oz miqdordagi odamlar salomatligi va umuman biosfera holatiga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatadi [13]. Og'ir metall ionlari va ularning birikmalari chiqindi suv tarkibidagi juda xavfli toksinlar deb hisoblanadi [14-15]. Ular galvanik ustaxonalari, mashinasozlik va metallga ishlov berish korxonalarini, ruda va ma'dan ishlab chiqarish, qora va rangli metallurgiya, kimyo va neft-kimyo sanoati va boshqa tarmoqlarning oqova suvlarida mavjud [16].

Yetarli darajada samarali va ekologik xavfsiz sorbentlar va texnologiyalarni yaratish polisaxaridli polimerlarda og'ir metall ionlarini mustahkam bog'laydigan yangi funktsional guruhlar paydo bo'lishi hisobiga amalga oshiriladi [17] va ularning selektivligini, sorbtsiyalash qobiliyatini oshiradi va sorbtsiya vaqtini pasaytiradi. Biopolimer sorbentlari xuddi shunday usulda olinadi. Og'ir metallar ionlarini sorbtsiyasi uchun ishlatiladigan xomashyo o'simliklarning turli xil materiallari - konuslar, payraxalar, barglar, urug'lar, mevalar, poyalar, bargli va ignabargli daraxtlarning qobig'i, yog' chiqindilari, yong'oq chig'anoqlari, po'stlog'i, lavlagi xamiri, somon, suv o'simliklari, torfdan olinadi. Shuningdek, loy, dengiz o'tlari, bakterial biomassa, xamirturush, qo'ziqorinlar va boshqalarni qo'llash mumkin [18-20].

Eritmalardan metall ionlarini flotatsiyalash jarayoni o'z-o'zidan yomon cho'kadigan suvli eritmalaridan erimaydigan aralashmalarni ajratib olish uchun qo'llanilmoqda [21-26]. Mazkur usul metallarni kollektiv ravishda ajratib olish imkon beradi, ammo selektiv ajratib olish talab qiladi. Eritmalardan metallarni ajratib olish uchun qo'llaniladigan etil 2-aril (metil) sulfanilamino-4,5,6,7-tetragidrobentotiofen-3-karboksilatlarining xususiyatlari, eruvchanligi va kimyoviy barqarorligi o'rganilgan. Ligandalardan biri bo'lgan Cu (II), Co (II) va Ni (II) komplekslari tayyorlangan va ularning eruvchanligi aniqlangan [27-28].

Metallurgik ishlab chiqarishdagi oqova suvlarni tozalashda, sezilarli afzalliklarga ega ozonlash jarayoni boshqa usullarga qaraganda birmuncha samarali hisoblanadi. Mis va rux ishlab chiqarishning tashlanma eritmalarini tozalash darajasi, metall ionlarini cho'kma ko'rinishida to'liq cho'kishiga amalda erishiladigan muhit (rN) ko'rsatkichiga, davomiylikka, haroratga va reagentlar sarfiga bog'liqligi tadqiqotlar natijasida aniqlandi [29-31].

"Olmaliq KMK" AJ Mis eritish zavodi (MEZ) ning misni elektrolizlash sexi elektrolitlari va oltin va kumushni affinajlash sexining missizlantirish eritmalarini mis kuporos sexida qayta ishlash jarayonida qo'shimchalar miqdorining ortishi kuzatiladi. Tahlillar natijalari shuni ko'rsatdiki, mis kuporos sexi texnologik eritmalarini (Маточные растворы) tarkibidagi nikel miqdori 15-25 g/l ga etadi. Nikelning bir qismi mis kuporos tarkibiga kiradi, natijada olingan tayyor mahsulot ba'zan standart talablariga javob bermaydi. Bunday murakkab sulfatli eritmani tozalash elektrokimyoviy, cho'ktiruvchi reagentlar yordamida, ion almashinuvi va boshqa ba'zi usullar bilan amalga oshirilishi mumkin [32,33].

Mis-nikel sulfatli eritmalarini qo'shimchalardan tozalash bo'yicha mualliflik ishida ohaktosh (CaCO_3)dan foydalanib eritmani pH=3,5-5,5 oralig'ida neytrallab mis va boshqa rangli metallarni gidroksid holatda cho'ktirishga asoslangan [34].

Nikelni elektrolizlash jarayonida elektrolit tarkibidagi misni yo'qotishda amorf MnS ni qo'llash tadqiq kilingan [35]. Eksperiment natijalaridan shu ko'rinadiki misni yo'qotishda amorf MnS ni miqdori, reaksiya temperaturasi, eritma pH i va reaksiya vaqti ta'sir etadi. Elektrolit tarkibidagi misni 99,2 % qismini yo'qotish uchun talab etiladigan vaqt 30 minutni tashkil etgan. Optimal ish sharoitida, reaksiya harorati $60-800^\circ\text{C}$, pH 3,5-4,5 da amorf MnS ning sarfi nazariy hisoblashlarga qaraganda 1,6-1,8 marta ko'pni tashkil qilgan, zarrachalarning o'rtacha kattaligi 1,6 mkm va ushlab turish vaqtlari 45 min.dan katta, Cu konsentratsiyasi nikel elektrolizi uchun elektrolitda 3 mg/l dan kamgacha kamaygan va cho'kindilarda Cu / Ni ning massa nisbati 15 dan oshgan.



Mis konsentratsiyasi past (0,53 g/l) va nikel konsentratsiyasi yuqori (75 g/l) bo'lgan nikel elektrolitidan misni ajratish qiyin. Mualliflar [36] elektrolitdan misni chuqur olib tashlashda marganets sulfidi (MnS) ni ishlatgan. Eksperimental natijalar shuni ko'rsatadiki, misning (p(Cu)) konsentratsiyasi 530 dan 3 mg/l gacha kamayadi va MnS sarfi nazariydan 1,4 baravar yuqori bo'lsa, qoldiqdagi mis va nikel ($R_{Cu/Ni}$) ning massa nisbati 15 dan oshadi.

Nikel elektrolizida elektrolitdan misni olib tashlash uchun reaktiv sifatida nikel tiokarbonat ($NiCS_3$) qo'llashni taklif qilingan. Yeksperimental natijalardan shu ko'rinadiki, $NiCS_3$ yuqori reaktivlikka ega va nikel elektrolizi elektrolitdagi Cu tezda yo'q qilinishi mumkin. Optimal reaksiya sharoitida, $NiCS_3$ reaktivining miqdori nazariy miqdordan 1,4-1,6 baravar ko'p bo'lganda, reaksiya harorati $\geq 60^\circ C$, pH qiymati 4,0 va reaksiya vaqti 30 minut bo'lsa, Cu konsentratsiyasi 3 mg/l dan kamga tushirilgan [37].

Mualliflar [38] tomonidan Ni-Cu aralashgan rudasini tanlab eritishdan hosil bo'lgan eritmadan elektrokimyoviy usullar metallar ionlarini ajratish o'rganilgan. Tadqiqotda sulfatli mis-nikel eritmalaridan kislotali muhitda mis va nikel ionlarining elektrokimyoviy hatti-harakatlari kuzatilgan.

Kobalt tarkibli mis-nikelli eritmalaridan N-(2-gidroksipropil) pikolilamin smolasi yordamida mis va nikelni sorbsiyalash usulida ajratib olish, sorbsiyalashdan so'ng esa mis, nikel va kobaltni alohida elyuat tarkibiga o'tkazish ko'rsatilgan [39].

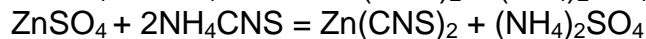
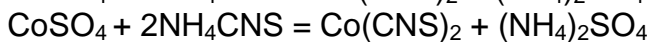
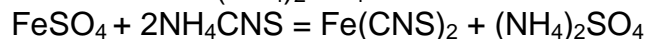
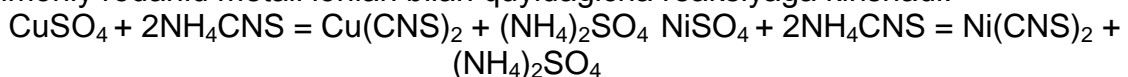
Sanoat oqava suvlari tarkibidan og'ir rangli metallarni tozalashda ishqor NaOH va Na_2CO_3 eritmasidan foydalanish ko'rsatilgan [40]. Sanoat oqava suvlari tarkibidan og'ir rangli metallarni cho'ktirishning pH ga bog'liqligi keltirilgan [41].

Tadqiqot qismi. Mis kuporos ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalar tarkibidagi metallarni cho'ktirish usuli bilan ajratib olishda cho'ktiruvchi reagentni tanlashda quyidagi asosiy omillar hisobga olindi:

- 1) mis kuporos ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalaridagi metallarning konsentratsiyasi va kimyoviy tarkibi;
- 2) cho'ktiruvchi reagentning narxi;
- 3) cho'ktiruvchi reagentning dastgohlarga nisbatan korrozion ta'siri;
- 4) cho'ktiruvchi reagentning metallarga nisbatan tanlovchanligi;

Tajribada texnologik eritmalar tarkibidagi metallarni cho'ktirishda ammoniy rodanid (NH_4CNS) qo'llanildi.

Ammoniy rodanid metall ionlari bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



O'tkazilgan tajriba natijalari quyida keltirilgan.

Dastlabki eritmaning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Kimyoviy analiz natijalari, mg/l

Tahlil qilingan mahsulot	Kimyoviy tarkib, mg/l							
	H ₂ SO ₄	Cu	Zn	Fe	Ni	Co	Sb	As
Texnologik eritma	8250	66380	687	512	23394	2,24	860	286

Tajriba davomida texnologik eritma tarkibidagi metallarni cho'ktirishda ammoniy rodanid (NH_4CNS)ni eritmadagi misning miqdoriga stehiometrik nisbatda ($Cu:NH_4CNS =$

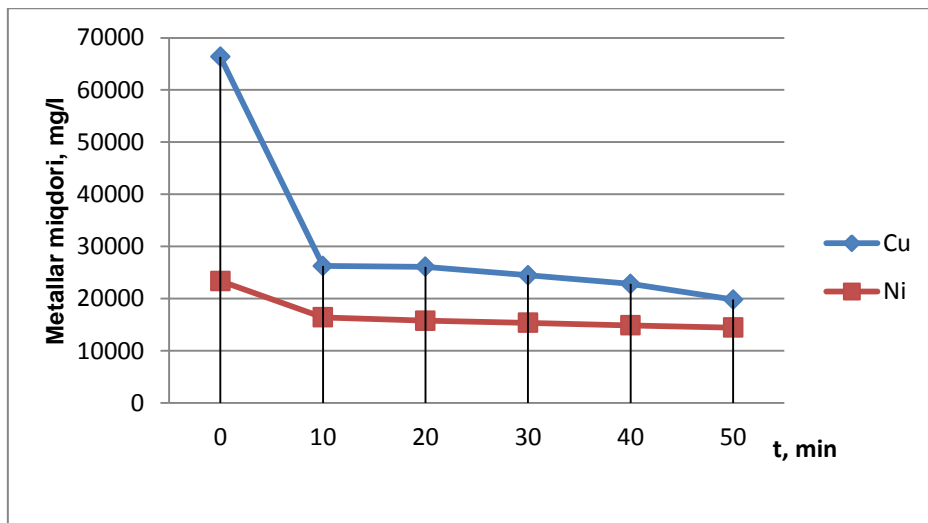
1:1) olib, turli vaqt oralig'ida (10-50 daqiqa) cho'kish ko'rsatkichlarining kimyoviy tahlili natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

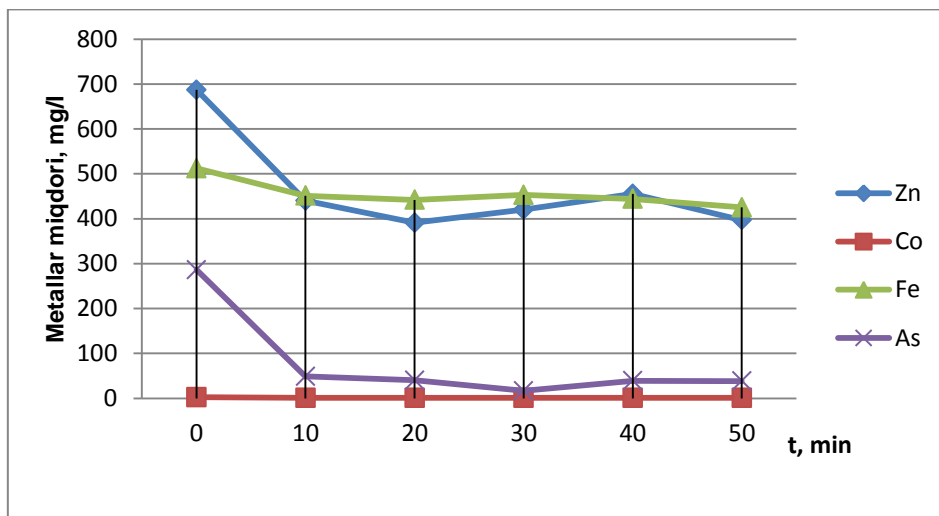
Turli vaqt oralig'ida NH₄CNS ni qo'llab metallarni cho'ktirish jarayonining tahlili natijalari

№	Zn	Cu	Co	Ni	Fe	As
1	440	26270	1,06	16426	451	48,8
2	391	26110	1,06	15781	442	40,2
3	420	24490	1,06	15368	453	16,6
4	455	23830	1,06	14891	444	39,1
5	397	19810	0,94	14461	425	38,4

Eritma tarkibidagi konsentratsiyasi yuqori metallar (Cu, Ni) va konsentratsiyasi past bo'lgan metallar (Zn, Co, Fe, As)ni 10-50 daqiqa vaqt mobaynida cho'ktirish jarayonining vaqtga bog'liqlik grafigi tuzildi (1-2 rasm).



1-rasm. NH₄CNS ni qo'llab mis va nikelni eritmadan cho'ktirish jarayonini vaqtga bog'liqlik grafigi.



2-rasm. NH₄CNS ni qo'llab rux, kobalt, temir va mishyak elementlar ionlarini eritmadan cho'ktirish jarayonini vaqtga bog'liqlik grafigi

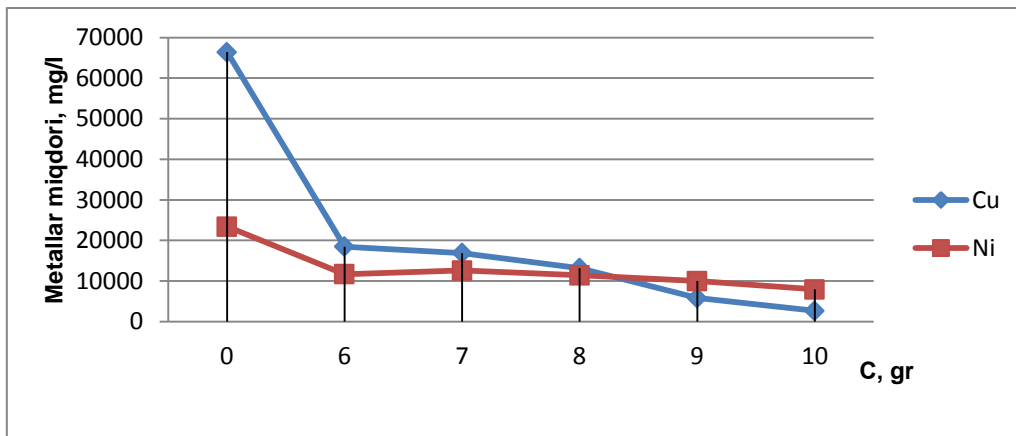
Tahlillar natijasi shuni ko'rsatadiki, 10-50 daqiqa vaqt oralig'ida misning eritmadan cho'kish darajasi 75%, nikelning eritmadan cho'kish darajasi 38% ni tashkil etgan.

Texnologik eritma tarkibidagi metallarni cho'ktirishda ammoniy rodanid (NH_4CNS)ni turli miqdorda (5-9 gr NH_4CNS , texnologik eritma 100 ml) qo'llab cho'kish ko'rsatkichlarining kimyoviy tahlili natijalari 3-jadvalda keltirilgan va olingan natijalar asosida cho'ktirish jarayonining cho'ktiruvchi reagent (NH_4CNS) miqdoriga bog'liqlik grafigi tuzildi (3-4 rasm).

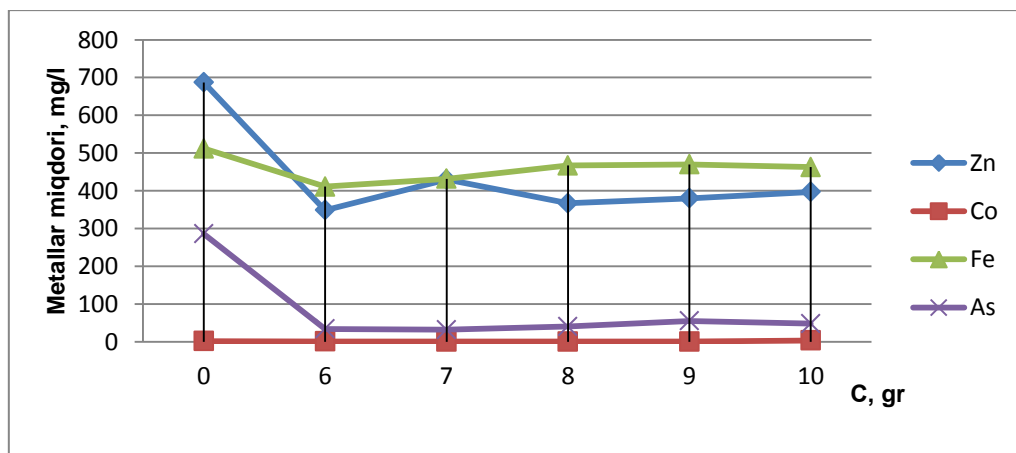
3-jadval

Turli miqdordagi NH_4CNS ni qo'llab metallarni cho'ktirish jarayonining tahlili natijalari

No	Zn	Cu	Co	Ni	Fe	As
1	349	18490	1,32	11686	411	34,3
2	430	16920	1,06	12583	432	32,4
3	367	13190	0,8	11416	467	40,8
4	380	5810	0,66	10011	470	55,6
5	397	2676	3,95	7957	463	48,3



3-rasm. mis va nikelni eritmadan cho'ktirish jarayonini NH_4CNS konsentratsiyasiga bog'liqlik grafigi



4-rasm. NH_4CNS ni qo'llab rux, kobalt, temir va mishyak elementlar ionlarini eritmadan cho'ktirish jarayonini NH_4CNS konsentratsiyasiga bog'liqlik grafigi

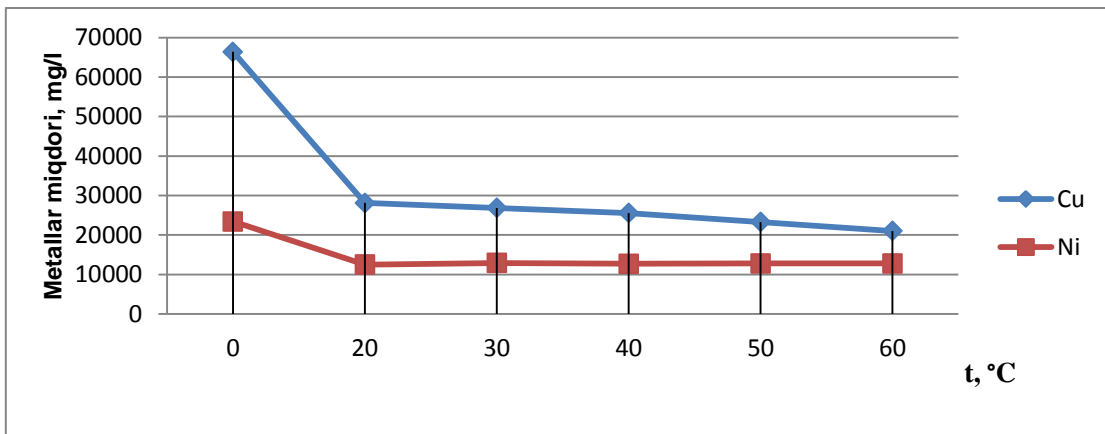
Tahlillar natijasi shuni ko'rsatadiki, 100 ml eritmaga 10gr NH_4CNS bilan ishlov berilganda metallarni maksimal cho'kishi kuzatilgan, bunda misning eritmadan cho'kish darajasi 97%, nikelning eritmadan cho'kish darajasi 68% ni tashkil etgan.

Texnologik eritma tarkibidagi metallarni cho'ktirishda ammoniy rodanid (NH_4CNS)ni turli haroratlargda (20-60°C) qo'llab cho'kish ko'rsatkichlarining kimyoviy tahlili natijalari 4-jadvalda keltirilgan va olingan natijalar asosida cho'ktirish jarayonining haroratga bog'liqlik grafigi tuzildi (5-6 rasm).

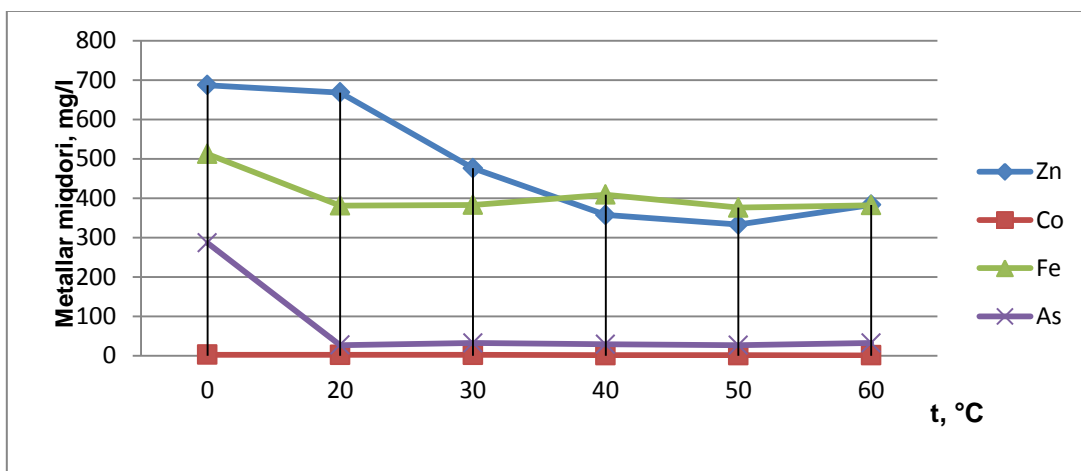
4-jadval

Turli haroratlarda NH_4CNS ni qo'llab metallarni cho'ktirish jarayonining tahlili natijalari

№	Zn	Cu	Co	Ni	Fe	As
1	668	28120	1,7715	12497	381	26,9
2	476	26840	1,795	12913	383	32
3	357	25540	0,94	12691	409	28,8
4	333	23300	1,06	12792	376	26,3
5	383	21010	0,8	12789	382	32



5-rasm. NH_4CNS ni qo'llab mis va nikelni eritmadan cho'ktirish jarayonini haroratga bog'liqlik grafigi



6-rasm. NH_4CNS ni qo'llab rux, kobalt, temir va mishyak elementlar ionlarini eritmadan cho'ktirish jarayonini haroratga bog'liqlik grafigi



Tahlillar natijasi shuni ko'rsatadiki, turli haroratlar (20-50⁰C)da misning miqdoriga stehiometrik nisbatda (Cu:NH₄CNS = 1:1) olingan NH₄CNS bilan ishlov berilganga metallarni cho'kishi quyidagicha: misning eritmadan cho'kish darajasi 69%, nikelning eritmadan cho'kish darajasi 45% ni tashkil etgan.

Xulosa

Mis kuporos ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan texnologik eritmalar (Маточные растворы) tarkibidagi konsentratsiyasi yuqori bo'lgan metallar (mis va nikel)ni bir-biridan alohida ajratishda ammoniy rodanid (NH₄CNS)ni qo'llab tadqiqotlar o'tkazildi. Tadqiqot natijalariga ko'ra eritmadagi mis va nikel metallarini turli sharoitlarda birgalikda cho'kishi kuzatildi. Bunda misning eritmadan maksimal cho'kish darajasi 97%, nikelning eritmadan cho'kish darajasi esa 68% ni tashkil etgan. Yuqoridagilardan kelib chiqib, ammoniy rodanid (NH₄CNS) ni qo'llab eritmadagi metallarni alohida ajatib olish samara bermaydi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Flores, G.A., Risopatron, C. & Pease, J. Processing of Complex Materials in the Copper Industry: Challenges and Opportunities Ahead. JOM 72, 3447–3461 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11837-020-04255-9>.
2. Sánchez, F., Hartlieb, P. Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation. Mining, Metallurgy & Exploration 37, 1385–1399 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00262-1>.
3. Hwa-Young Lee. Recovery of Nickel from Electroless Plating Wastewater by Electrolysis Method. April 2012. Journal of the Korean Institute of Resources Recycling 21(2):41-46. doi: 10.7844/kirr.2012.21.2.041.
4. Hwa Lee, Hyun Baek Ko. Recovery of Copper in Wastewater from Electroless Plating Process. December 2012. Journal of the Korean Institute of Resources Recycling 21(6). doi: 10.7844/kirr.2012.21.6.39.
5. Home page of Kazzinc. http://www.kazzinc.com/en/Ust-Kamenogorsk_Metallurgical_Complex. Accessed 15 April 2020.
6. F. Testaye, D. Lindberg, and J. Hamuyuni, Energy Technol. (2017). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52192-3>.
7. Home page of JX Nippon Mining & Metals. <https://www.nmm.jx-group.co.jp/english/industry/recycling/>. Accessed 15 April 2020.
8. Home page of Aurubis. <https://www.aurubis.com/en>. Accessed 12 April 2020.
9. Home page of Korea Zinc. <https://www.koreazinc.co.kr/english/main/page/main.aspx>. Accessed 12 April 2020.
10. Юсупова А.И. Очистка сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, сорбентами и экстрактами из таннинсодержащих отходов. 03.02.08. - Экология (в химии и нефтехимии). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Казань, КНИТУ, 2015. –С.165.
11. Клименко Т.В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов // Современные научные исследования и инновации. –2013. - №11. –С. 17-23.
12. Петухова Ю.Н., Ильина С.И. Фурсенко А.В., Носырев М.А. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбентов // Евразийский Союз Ученых. 2019. №7 (64). С. 51-54. doi: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.6.64.254.
13. Евгеньев М.И., Евгеньева И.И. Контроль и оценка экологического риска химических производств. Казань: издательство «Фэн» АН РТ, 2007. 207 с.
14. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 319 с.
15. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Соровский образовательный журнал. 1998. № 5 С. 23-29.



16. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.

17. Никифорова Т.Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами // Автореф. дисс... доктора хим. наук.- Иваново, 2010.

18. Sud, D. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review / D. Sud, G. Mahajan, M.P. Kaur // *Bioresource Technology*. – 2008. – V. 99. – P. 6017–6027

19. Aydin, H. Removal of copper (II) from aqueous solution by adsorption onto low-cost adsorbents / H. Aydin, Y. Bulut, C. Yerlikaya // *J. Environ. Management*. -2008. -V. 87. -P. 37-45.

20. Ho, Y.S. Sorption equilibrium of mercury onto ground-up tree fern / Y.S. Ho, C.C. Wang // *J. Hazard. Mater.* – 2008. – V. 156. – P. 398–404.

21. Холикулов Д.Б., Рахмонов Н.М., Кодиров С.И. Возможности применения ионной флотации для извлечения металлов из различных растворов. Материалы международной научно-технической конференции. Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья. Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть. 2007. С.187-193. КиберЛенинка.

22. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Ахтамов Ф.Э. Исследования по извлечению цветных металлов ионной флотацией из сбросных растворов. Горный вестник Узбекистана, 2016, № 2, с. 68-70.

23. Kholikulov D.B., Samadov A.U., Boltaev O.N., Munosibov Sh.M. About the possibility of extraction of metals from mother solutions processing of copper. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 6, Issue 3, March 2019. Pp. 8527-8534. <http://www.ijarset.com/upload/2019/march/46-IJARSET-jurayevakbar-2.pdf>.

24. Kholikulov D.B., Abdurahmonov S., Boltaev O.N., Matkarimov S.T. Separation of metals from technological solutions copper production. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research 2020 Volume 8. No. 7, July 2020*. <http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter110872020.pdf>. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/110872020>

25. Медяник Н. Л., Варламова И. А., Калугина Н. Л., Строкань А. М. Прогнозирование флотационной активности реагентов для извлечения цинка и меди (II) по квантово-химическим дескрипторам // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2011. № 3. –С. 83-89.

26. Медяник Н.Л., Калугина Н.Л., Варламова И.А. Изучение возможности селективного извлечения меди методом известкования из сточных вод горных предприятий гидрометаллургического комплекса // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. –2010. Т. 42. № 2. –С. 188-193.

27. Chekanova, L.G., Manylova, K.O., Pavlov, P.T. et al. Physicochemical properties and complex formation of ethyl 2-aryl(methyl)sulfonylamino-4,5,6,7-tetrahydrobenzothiophene-3-carboxylates. *Russ J Gen Chem* 84, 1202–1206 (2014). <https://doi.org/10.1134/S1070363214060243>

28. Chekanova, L.G., Radushev, A.V., Lesnov, A.E., and Sazonova, E.A., *Russ J. Gen. Chem.*, 2002, vol. 72, no. 8, p. 1233.

29. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И., Болтаев О.Н. Новый подход к решению проблемы очистки сточных вод медного производства. *Горный вестник Узбекистана*. 2019 № 3 (78), с. 92-96.

30. Холикулов Д.Б., Нормуротов Р.И. Исследования по очистке сточных вод медного и цинкового производства озоном. *Горный вестник Узбекистана*. 2020 № 1 (80), с. 90-95.



31. Якубов М.М., Холикулов Д.Б., Кадырова З.Р., Расулова С.Н., Гуро В.П. Очистка сточных вод медного производства озоном. *Узбекский химический журнал*. -2018. -№3. -С.35-41.

32. Д.Б.Холикулов, О.Н.Болтаев, А.У.Самадов, С.Абдурахмонов. Изучение возможности извлечения никеля из отходов медного производства АО «Алмалыксий ГМК»// "ADVANCED SCIENCE" сборник статей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 20 ноября 2018 г. с- 234

33. Д.Б.Холикулов, О.Н.Болтаев, Ш.М.Муносибов. Извлечения никеля из маточного раствора медного производства // «Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке» Международная конференция «Плаксинские чтения – 2019», 9-14 сентября 2019 г., Иркутск, Россия. С 336-337.

34. Louis V Muro. Method of purifying crude nickel sulfate. Patent-US2959465. <https://patents.google.com/patent/US2959465>

35. Lin Li, Xingyu Chen, Xuheng Liu, Zhongwei Zhao. Removal of Cu from the nickel electrolysis anolyte using amorphous MnS // *Hydrometallurgy Volume 146*, May 2014, Pages 149-153. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.04.004>

36. Jiang-tao LI, Ai-liang CHEN. Deep removal of copper from nickel electrolyte using manganese sulfide // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China . Volume 25, Issue 11, November 2015, Pages 3802-3807 November 2015, https://doi.org/10.1016/S1003-6326(15)64024-9*

37. Xingyu Chen, Ailiang Chen, Zhongwei Zhao, Xuheng Liu, Yuchen Shi, Dezhi Wang. Removal of Cu from the nickel electrolysis anolyte using nickel thiocarbonate *Hydrometallurgy*

Volume 133, February 2013, Pages 106-110. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2012.12.007>

38. Razika Djouani., Qian Xu., Qiushi Song., Ying Chen. The Separation of Copper and Nickel from Ni-Cu Mixed Ore Simulated Leaching Solution Using Electrochemical Methods // *Eurasian JoupHal of Analytical Chemistry*, ISSN: 1306-3057. 2017 12(7):1015-1044 doi:10.12973/ejac.2017.00229a

39. Патент RU 2465355С1 Российская Федерация, МПК: C22B15/00, C22B23/00, C22B3/24. Способ выделения меди и/или никеля из растворов, содержащих кобальт / МАРСТОН Чарлз Рей, РОДЖЕРС Маттью Л. // заявитель и патентообладатель Санкт - Петербургский государственный университет. - № : 2011120968/02; заявл. 25.05.2011; опубл. 27.10.2012.

40. Воропанова Л А. Теория, методы и практика извлечения цветных металлов из слабоконцентрированных растворов при комплексной переработке руд // диссертация... доктора технических наук : 05.16.02 .-М.: РГБ, 2005. 365 с.

41. Н.Л.Медяник, Н.Л.Калугина, И.А.Варламова. Изучение возможности селективного извлечения меди методом известкования из сточных вод горных предприятий гидрометаллургического комплекса // ВЕСТНИК ИрГТУ №2 (42) 2010 с. 188-193