



POLIMETALL MA'DANLARNI QAYTA ISHLASH TEKNOLOGIYASI VA O'ZBEKISTON AMALIYOTI: XONDIZA KONI MISOLIDA

Камол Хакимов ^{1[0009-0001-9631-4658]}, **Behzod Soatov** ^{2[0009-0000-1721-0512]},
Sardor Abdisoatov ^{3[0009-0001-9123-3648]}

¹Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, "Neft-gaz va konchilik ishi" kafedrasida dotsenti, E_mail: xakimovkamol718@gmail.com

²Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, "Neft-gaz va konchilik ishi" kafedrasida assistenti, E_mail: bekzodsoatov16@gmail.com

³Termiz davlat muhandislik va agrotekhnologiyalar universiteti, "Neft-gaz va konchilik ishi" kafedrasida assistenti, E_mail: abdisoatovsardor8@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada Xondiza koni polimetall ma'danlarini (Cu–Zn–Pb) flotatsiya usulida qayta ishlashning ilmiy-texnologik asoslari tadqiq etildi. Ma'danlarning murakkab mineralogik tarkibi va polimineral tuzilishi selektiv ajratish jarayonlarida muayyan texnologik cheklovlarni yuzaga keltiradi. Tadqiqot jarayonida galenit, sfalerit, xalkopirit va pirit minerallarining flotatsiya xususiyatlari, shuningdek ularning o'zaro ta'siri o'rganildi. Bosqichli yanchish va kollektiv–selektiv flotatsiya sxemalarini qo'llash asosida reagentlar tarkibi, pH muhiti va flotatsiya sikllarining optimal parametrlari belgilandi. Tajriba natijalariga ko'ra, rangli metallarning ajratib olish darajasi sezilarli darajada oshib, boyitmalar sifati yaxshilandi. Olingan natijalar Xondiza koni polimetall ma'danlarini sanoat sharoitida kompleks qayta ishlash va flotatsiya jarayonlarini takomillashtirish uchun ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: polimetall ma'dan, Xondiza koni, flotatsiya usuli, kollektiv–selektiv flotatsiya, mis minerallari, rux minerallari, qo'rg'oshin minerallari, pirit, reagentlar rejimi, bosqichli yanchish.

Аннотация. В данной статье исследованы научно-технологические основы флотационной переработки полиметаллических руд месторождения Хандиза (Cu–Zn–Pb). Сложный минералогический состав и полиминеральная структура руд создают определенные технологические ограничения в процессах селективного разделения. В процессе исследования были изучены флотационные свойства галенита, сфалерита, халькопирита и пирита, а также их взаимодействие. На основе применения схем стадийного измельчения и коллективно-селективной флотации установлены оптимальные параметры состава реагентов, pH среды и циклов флотации. По результатам экспериментов, степень извлечения цветных металлов значительно увеличилась, а качество концентратов улучшилось. Полученные результаты имеют научное и практическое значение для совершенствования процессов комплексной переработки и флотации полиметаллических руд месторождения Хандиза в промышленных условиях.

Ключевые слова: полиметаллическая руда, месторождение Хандиза, метод флотации, коллективно-селективная флотация, медные минералы, цинковые минералы, свинцовые минералы, пирит, режим реагентов, стадийное измельчение

Abstract. In this article, the scientific and technological foundations of flotation processing of polymetallic ores (Cu–Zn–Pb) of the Khandiza deposit were investigated. The complex mineralogical composition and polymineral structure of ores create certain technological limitations in selective separation processes. In the course of the research, the flotation properties of the mineral's galena, sphalerite, chalcopyrite, and pyrite, as well as their interaction, were studied. Based on the application of staged grinding and collective-selective flotation schemes, the optimal parameters of the reagent composition, pH, and flotation cycles were determined. According to the results of the experiments, the degree of extraction of non-ferrous metals increased significantly, and the quality of the concentrates improved. The obtained results have scientific and practical significance for improving the processes of complex processing and flotation of polymetallic ores of the Khandiza deposit under industrial conditions.

Keywords: polymetallic ore, Khandiza deposit, flotation method, collective-selective flotation, copper minerals, zinc minerals, lead minerals, pyrite, reagent regime, staged grinding.



Kirish

Rangli metallarni samarali ajratib olish tog'-kon va metallurgiya sanoatining muhim ilmiy-amaliy vazifalaridan biri hisoblanadi. Polimetall ma'danlarning murakkab mineralogik tarkibi, foydali komponentlarning mayda tarqalganligi va ularning o'zaro bog'langan holda uchrashi boyitish jarayonlarida yuqori selektivlikka erishishni murakkablashtiradi [1]. Shu sababli, mavjud flotatsiya texnologiyalarini takomillashtirish va mahalliy xomashyolarga moslashtirilgan samarali boyitish sxemalarini ishlab chiqish dolzarb ahamiyat kasb etadi [2].

Xondiza koni polimetall ma'danlari mis, rux va qo'rg'oshin minerallari bilan tavsiflanib, ularning asosiy qismi xalkopirit, sfalerit va galenit shaklida uchraydi. Ma'dan tarkibida pirit va silikat minerallarining sezilarli miqdorda mavjudligi flotatsiya jarayonining texnologik ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi Xondiza koni polimetall ma'danlarini flotatsiya usulida qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, kollektiv-selektiv flotatsiya asosida foydali komponentlarni ajratib olish darajasini oshirish va boyitmalar sifatini yaxshilashdan iboratdir.

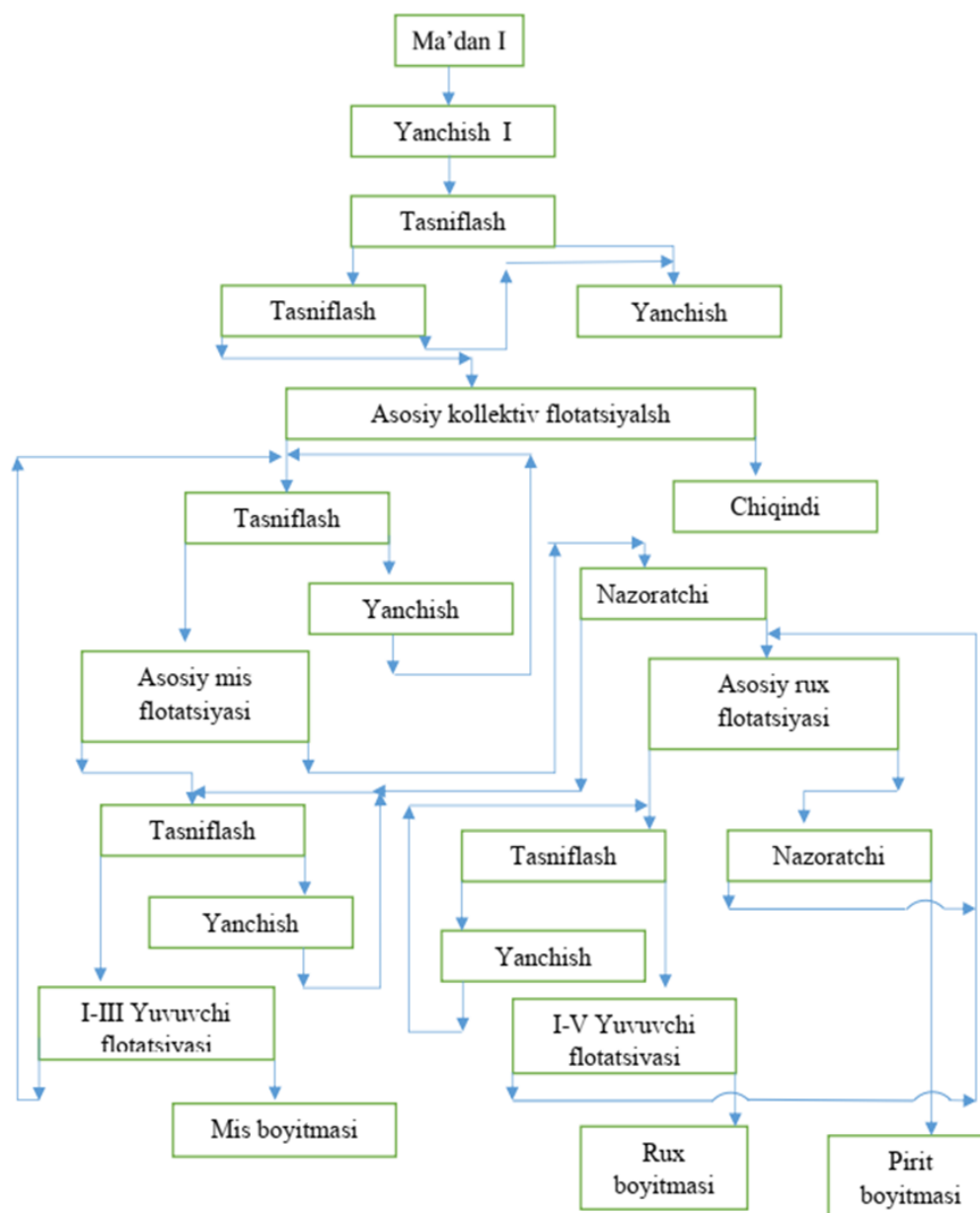
Polimetall ma'danlar (mis-rux-qo'rg'oshin) ko'p mamlakatlarda, jumladan MDH davlatlarida keng tarqalgan. Bu ma'danlarning tarkibi va strukturasining murakkabligi ularni qayta ishlashni qiyinlashtiradi. Xondiza koni misolida olib borilgan tadqiqotlarda ma'danning galenit, sfalerit va pirit minerallari tarkibi aniqlanib, ularning flotatsiya jarayonida xatti-harakatlari tahlil qilindi. Maqsad — mis, rux va temir minerallarini ajratish va boyitishning optimal texnologik rejimlarini ishlab chiqish, metall ajratish darajasini oshirishdir.

Mustaqil davlatlar hamdo'stligi davlatlari hududida polimetalli (ko'p metalli - monometalli) ma'danlar uchrab turadi, qo'shimcha minerallarga boy ma'danlar maxsus texnologik rejimlar asosida boyitiladi va boyitmalar qayta ishlanadi. Kolchedanli ma'dan galenitlari tuzilish va struktura jihatidan, zich bo'lmagan ma'danlar (masalan, Rossiya (Приморье) konlaridan) galenitlaridan keskin farq qiladi; O'zbekiston (OKMK); Qozog'iston (Ziryanov, Лениногорск va boshqalar) shular jumlasidandir. Solishtirilayotgan ma'danlarning galenitlari gravitatsiya va flotatsiya usullaridan foydalangan holda osonlik bilan boyitiladi va ajratib olinadigan maxsulotlar yirik-o'rta kristalli tuzilishga ega. Ko'rib chiqilayotgan ma'danlarda galenit piritli, sfalerit, tog' jinslarining karbonat minerallarida notekis mayda kristalli va mayda dispersli zarralar tarzida uchraydi, ko'pincha serussit qobiqlar bilan qoplangan kataksimon tuzilishga ega. Bunday galenit flotatsiya jarayonida barcha sikllarda flotatsiya jarayonlarida ko'pikli mahsulotlarda chiqishiga muvofiq ravishda "yog'lanadi va ko'pikka chiqadi", bu esa uni ajratib olish, mis-rux ma'danlarida bo'lgani kabi piritni ajratib olish bilan bir xil. Galenitning bu xususiyatlari ko'p hollarda texnik talablarga muvofiq flotatsiya sxemasida qo'rg'oshin konsentratini ajratishga imkon bermaydi. Qo'rg'oshin boyitmalarini gidrometallurgiya texnologiyasi bo'yicha qayta ishlash maqsadga muvofiqdir.

Kolchedan polimetall ma'danlari sfaleritining turlari piritli mis-rux va zarrali qo'rg'oshin-rux ma'danlari sfaleritlariga yaqin bo'lib, ularda komponentlar, ayniqsa izomorf va piritli temir miqdori ancha ko'p bo'ladi.

Tavsiya etilgan selektiv reagentlar, to'plovchilarning optimal tanlangan kompozitsiyalari, ularning nisbatlari, dozalash sxemasi pirit, pirrotinning fotofaolligini pasaytiradi, metallarni ajratib olishni oshiradi [3]. Minerallarning bosqichli (sikllaro) flotatsiyasi ularning birikmalardan ochilishiga qarab shlamlanuvchanlikni istisno qiladi, flotatsiyaning alohida sikllarida flotatsiya sikllari bo'yicha flotatsion faol pirit va pirrotinni chiqindi mahsulotga, mis, qo'rg'oshin va ruxning turli flotatsiyalanuvchi minerallarining monomineral fraksiyalarini xomaki boyitmalarga ajratish uchun sharoit yaratadi, bu esa aylanma yuklarni kamaytirishga imkon beradi va boyitmalarining sifatini oshirishga va metallarni ajratib olishga yordam beradi [4,5].

Kollektiv-selektiv flotatsiya sxemasi (1-rasm) O'zbekiston fabrikalaridan birida sulfidli va tomirsimon qo'rg'oshin-rux ma'danlarini boyitishda qo'llanildi [6]. Bu ma'danlardagi ma'danli minerallar sfalerit (2...3%), galenit (1...2%), shuningdek serussit, smitsonit va kalamindan iborat. Xalkopirit sfaleritda kam miqdorda emulsion birikma bo'lib uchraydi. Qamrovchi jinslarning minerallari kvars va dala shpatlari (30...40%), piroksenlar va granatlar (20...25%), karbonatlar (25%), seritsit, xlorit (7...8%) dan iborat.



1-rasm. Xondiza koni polimetall ma'danlarini qayta ishlash texnologik sxemasi.

Ma'dan 35...45% sinf - 0,074 mm gacha soda (5...80 g/t) va natriy sulfid (60...65 g/t) ishtirokida maydalangach, I kollektiv flotatsiyaga tushadi, u erga mis kuporosi 75...100 g/t) va butil ksantogenati (15...20 g/t) beriladi. Flotatsiya chiqindilari -0,074 mm sinfning 77...85% yirikligiga qadar yanchilib, II asosiy kollektiv flotatsiyaga yuboriladi, u erga mis kuporosi (35...45 g/t) va ksantogenat (10...15 g/t) ham beriladi [7].

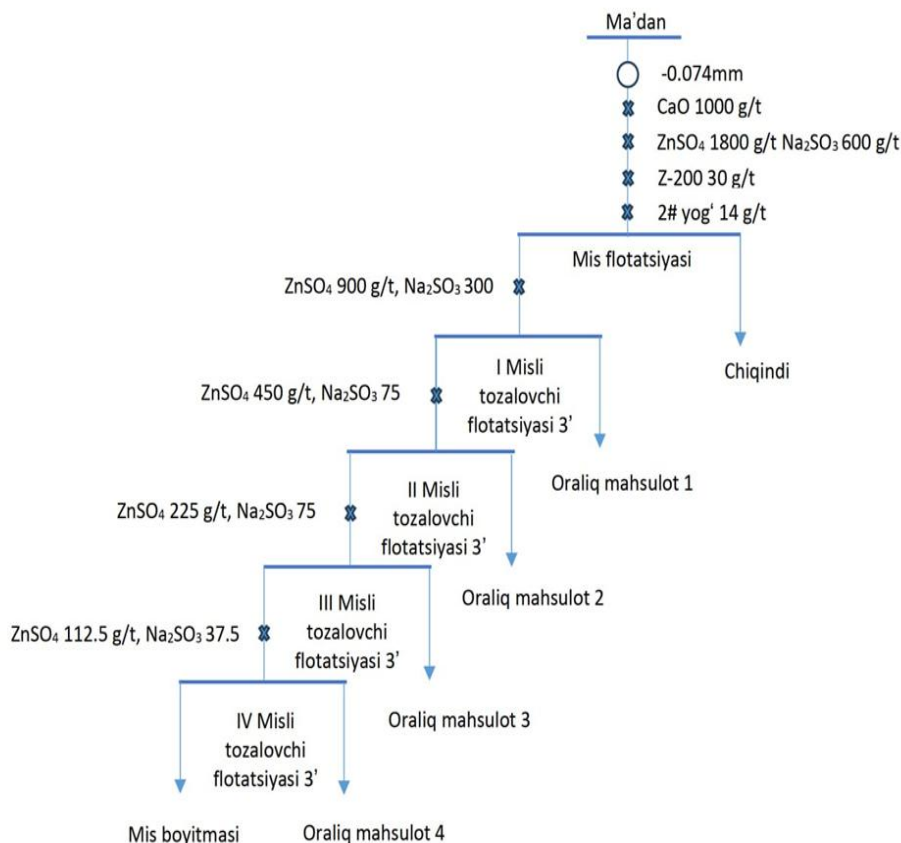
Nazorat kollektiv flotatsiyasi natriy sulfid (35...40 g/t) va ksantogenat (5 g/t) ishtirokida o'tkaziladi. Ikki qayta tozalash operatsiyasidan so'ng kollektiv boyitma natriy sulfid bilan desorbsiyaga (100...150 g/t ma'dan), yuvish va qo'shimcha yanchishga yuboriladi.



Desorbsiya kuchli ishqoriy muhitda 85°C haroratda olib boriladi, bunda natriy sulfid sarfi kamayadi va selektiv flotatsiya ko'rsatkichlari ortadi. Desorbsiyadan so'ng kollektiv konsentrat minus 0,044 mm sinfnig 83...85% yirikligiga qadar qo'shimcha yanchiladi. Sfaleritni so'ndirish uchun yanchish tegirmoniga rux kuporosi (100...110 g/t) va natriy sulfit (45 g/t) beriladi. Qo'rg'oshin flotatsiyasi rux kuporosi (45...50 g/t), natriy sulfit (20 g/t) va ksantogenat (2 g/t) ishtirokida olib boriladi. Xuddi shu reagentlar nazorat va qayta tozalash flotatsiyalariga beriladi.

Mis kuporosi bilan faollashtirilgandan va ksantogenat berilgandan so'ng, nazorat qo'rg'oshin flotatsiyasi chiqindilaridan kollektiv rux-pirit konsentrati ajratib olinadi. Ushbu siklda olingan rux-pirit konsentrati pH 10,5...11 da ohak, mis kuporosi va ksantogenat bilan rux flotatsiyasiga yuboriladi. Ikkita qayta tozalash operatsiyasidan so'ng, pH 11,5 da tarkibida 54...55% rux bo'lgan rux konsentrati ajratib olinadi, bunda ruxni ajralish darajasi 75% ni tashkil etadi. Qo'rg'oshin konsentratida 50...55% qo'rg'oshin bo'ladi, unda Pb ni ajratib olish darajasi 83% ni tashkil etadi.

Turli strukturali sulfidlar uchun kristall panjaraning bir xil bo'lmagan nuqsonlari, turli xil aralashmalar tarkibi, polimineral agregatlardagi notekis mayda disperslik xarakterli bo'lib, bu minerallar va ularning turlarining fizik-kimyoviy va texnologik xususiyatlarining farqi va yaqinligini belgilaydi. Ko'p jarayonli texnologik sxemada minerallarning xususiyatlariga muvofiq ularning turli shakllarini fraksion va sikllararo ajratib olishni qo'llash zarurligini keltirib chiqaradigan bir xil metall minerallarining strukturaviy modifikatsiyalarining flotatsiyalanishi, selektiv yig'uvchilar, depressorlar, flotatsiyaning barcha sikllarida pHning maqbul qiymatlari kombinatsiyasidan foydalanish pirit turlarini chiqindi mahsulotlariga yoki pirit konsentratlariga o'tkazish, jarayonda uning aylanishini kamaytirish, rangli metall konsentratlarining sifatini oshirish va metallarni ajratib olish imkonini beradi, bu jarayonni Xitoyning mis va rux ma'danlarini kompleks skill boyitish texnologiyasi orqali ko'rish mumkin (2-rasm).

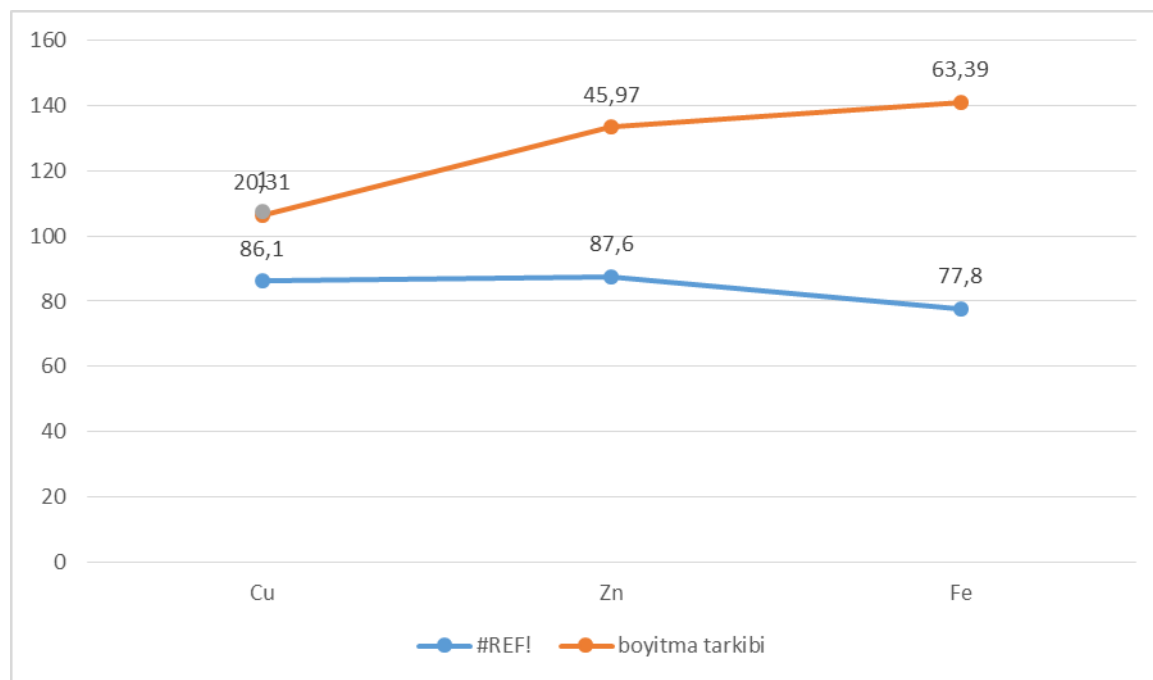


2-rasm. Rux flotatsiyasida misni tozalash davrlari sonining eksperimental sxemasi (Xitoy).

Natijalar

Ushbu o'rganilayotgan ishda polimetall ma'dandan mis, rux va temir minerallarini ajratish va boyitishni amalga oshirish uchun qazib olish jarayoni ishlab chiqilgan bo'lib, ishlab chiqarish tajribasiga asoslanib, mis va ruxning flotatsiya usulida boyitish va temirning magnit usulida ajratilishi mos ravishda o'rganilgan [8]. Ammo Xitoyning mis, rux va temir ma'danlarining mavjud oson qayta ishlanadigan resurslari juda cheklangan bo'lib, bu ichki talabni qondira olmaydi. Mis, rux va temir asosan Xitoyda murakkab polimetall ma'danlar shaklida mavjud. Shu sababli, mis-rux-temir polimetall ma'danlaridan kompleks foydalanish katta ahamiyatga ega bo'lib, bu ham Xitoyning mis, rux va temir sanoatining barqaror rivojlanishini qo'llab-quvvatlashning samarali usuli hisoblanadi.

Ma'dandagi asosiy qimmatli metalli elementlari Cu, Zn va Fe ning tarkibi mos ravishda 0,61%, 1,68% va 14,17% ni tashkil etdi va ular asosan xalkopirit, sfalerit va magnetit shaklida mavjud bo'lib, dispersiya munosabatlari murakkab edi. Ushbu jarayonning optimal sharoitlarida Cu, Zn va Fe ning boyitmalarda ajratib olish ko'rsatkichlari mos ravishda 86,1%, 87,6% va 77,8% ga etdi va ularning boyitmalardagi ulushlari mos ravishda 20,31%, 45,97% va 63,39% ni tashkil etdi. Bu jarayon mis, rux va temir minerallarini ma'dandan tanlab ajratish va boyitish imkonini berdi va istiqbolli sanoatda qo'llanilishiga ega bo'ldi [9].



3-rasm. Optimal sharoitlarida Cu, Zn va Fe ning boyitmalarda ajratib olish va boyitma tarkibidagi ulushlari ko'rsatkichlari.

Ta'riflangan turlardan tashqari, polimetall rux ma'dansining sanoat konlari Superior ko'li mintaqasida (AQSh), Palabora karbonatit konida (Janubiy Afrika) va Volkovskoye vanadiy-temir mis konida (Rossiya) ma'lum. Ko'pgina tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, nodir metallar, noyob va noyob er elementlarning katta qismi mis-rux ma'danlarida mexanik (struktura) va izomorf aralashmalar shaklida piritda aniqlangan.

Eng keng tarqalganlari birlamchi mis-rux ma'danlarining asosiy minerallaridan biri xalkopiritdir. Shu bilan birga, uzluksiz teksturali pirit ma'danlarining mavjudligi Skandinaviya mamlakatlari uchun xosdir. Ulardagi oltingugurt miqdori Kanada va Yaponiya ma'danlariga qaraganda yuqori. Rossiyada, aksincha, mis-rux ma'danlarining aksariyati metamorfizm va ikkilamchi boyitish jarayonlariga ta'sir qiladi, buning natijasida ulardagi mis ikkilamchi mis sulfidlarining katta miqdori bilan ifodalanadi.



Shuningdek, tadqiqot doirasida MDH mamlakatlarida joylashgan polimetall mis-rux konlari geologik-sanoat tiplari AQSh va Xitoyning analog konlari bilan taqqoslab o'rganildi. Taqqoslash natijalariga ko'ra, mineralizatsiya jarayonlarida rux minerallarining ustunligi aniqlangan bo'lib, foydali qo'shimcha komponent sifatida misning miqdori, ayniqsa, birgalikda uchrashuvchi (poputnoe vstrechaemost) holatlarda ortib borishi kuzatildi. Bu holat, xususan, O'zbekiston Respublikasidagi "Olmaliq kon-metallurgiya kombinati" tarkibiga kiruvchi Xandiza koni misolida yaqqol namoyon bo'lib, ushbu kon xorijdagi polimetall rux-mis-qo'rg'oshin konlariga nisbatan misning yuqoriroq ulushiga ega ekani bilan ajralib turadi.

Finlyandiya, Yaponiya, AQSh va Kanada fabrikalarida mis-rux ma'danlarini qayta ishlash ikki bosqichli maydalanish jarayoni asosida amalga oshiriladi. Bunda ma'dan dastlab I bosqichda sterjenli tegirmonlarda, so'ng II bosqichda sharli tegirmonlarda maydalanib, materialning 60–70 % –0,074 mm gacha bo'lgan mayda fraksiyaga etkaziladi. Maydalanib tayyorlangan ma'dan oddiy selektiv flotatsiya sxemasi bo'yicha boyitiladi, bunda mis, rux va pirit minerallarining flotatsiya sikllari odatda asosiy operatsiya, bitta yoki ikkita nazorat flotatsiyasi, mis va pirit konsentratlari uchun I va II bosqichli qayta tozalash va rux boyitmasi uchun ikki-to'rt martalik qayta tozalash bosqichlaridan iborat bo'ladi [10].

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi Xondiza koni polimetall ma'danlarini optimall rejimlarda yanchish natijasida, flotatsiya usulida boyitishning maqbul texnologik rejimlarini ishlab chiqish, reagentlar rejimini tartibga solish, ko'p bosqichlilik siklini optimallashtirish evaziga mis boyitmasini ajratib olish darajasini oshirish, hamda mis boyitmasida mis va nodir metallar konsentratsiyalanishini maksimal darajaga erishishga harakat qilinadi. Shu bilan bir qatorda ehtimoliy ishlab chiqarilish hajimlarini oshirishga tog'ri kelganda, zarur dastgohlar bilan ta'minlashga etibor qaratilib, dastgohlar zanjir sxemasini ishlab chiqishni talab etadi.

Mis-rux ma'danlarida ikkilamchi mis sulfidlarining (masalan, kovellin va xalkozin) yuqori miqdorda bo'lishi boyitish jarayonida sezilarli muammolarni keltirib chiqaradi. Bunday hollarda eng yaxshi texnologik natijalarga kollektiv-selektiv boyitish sxemalaridan foydalanilganda erishiladi. Buning sababi shundaki, maydalanish va flotatsiya jarayonlari davomida kovellin va xalkozin kabi minerallar intensiv oksidlanib, rux va temir sulfidlarining kuchli faollashuviga olib keladi [11]. Natijada, mis flotatsiyasi siklida ularni zarur darajada susaytirish (depressiyalash) ancha qiyinlashadi. Bu esa to'g'ridan-to'g'ri selektiv flotatsiya sxemasidan foydalanishni deyarli imkonsiz qiladi. Bu esa rux boyitmalari tarkibida ma'lum miqdorda mis metalining boyroq miqdorda o'tishiga olib keladi, o'z navbatida mis boyitmalarida rux va qo'rg'oshin metallari miqdorlarini sezilarli darajada oshishi kuzatiladi.

Xulosa

Maqolada Xondiza koni polimetall ma'danlarini flotatsiya usulida qayta ishlashning optimal texnologik sharoitlari o'rganildi. Bosqichli yanchish va kollektiv–selektiv flotatsiya sxemalari yordamida reagentlar tarkibi, pH muhiti va flotatsiya sikllari optimallashtirildi, bu esa mis, rux va qo'rg'oshin minerallarini ajratish samaradorligini oshirdi. Tadqiqot natijalari minerallarning poliminerall tuzilishi va selektiv flotatsiyaga ta'sirini aniqlash imkonini berdi. Taklif etilgan yondashuv Xondiza koni ma'danlarini sanoat sharoitida kompleks qayta ishlash, rangli metall konsentratlar sifatini yaxshilash va metallarni maksimal darajada ajratib olish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

[1]. Wills B.A., Finch J. Wills' Mineral Processing Technology. Elsevier, Oxford, 2016.



- [2]. Fuerstenau M.C., Jameson G., Yoon R.-H. Froth Flotation: A Century of Innovation. SME, Littleton, 2007.
- [3]. Klimpel R.R. Reagent chemistry in flotation of sulfide minerals. Minerals Engineering, 2005.
- [4]. Абрамов А.А. Флотация сульфидных руд. Москва: Недра, 2016.
- [5]. Chanturiya Э.Л., Ivanova T.A., Zimbovskiy I.G. Improving the selectivity of pyrite flotation. FTPRPI, 2012.
- [6]. Gaudin A.M. Flotation. McGraw-Hill, New York, 1957.
- [7]. Bulatovic S.M. Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice. Elsevier, 2010.
- [8]. Fuerstenau D.W., Han K.N. Principles of mineral processing. SME Transactions, 2003.
- [9]. Zheng X., Wang Y., Liu Q. Flotation behavior of copper–zinc polymetallic ores. Journal of Central South University, 2018.
- [10]. Богданов О.С., Иванов В.В. Обогащение полезных ископаемых. Москва: Недра, 2008.
- [11]. Lotter N.O., Bradshaw D.J. Advances in flotation of complex ores. Minerals Engineering, 2010.