

QALMOQIR KONINING BALANS DAN TASHQARI RUDALARINI KOMPLEKS QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYASINI TADQIQ QILISH

Karshiboyev Sherzod Begmahamad o‘g‘li

Olmaliq davlat texnika insituti

Olmaliq davlat texnika insituti “Metallurgiya” kafedrasi dotsenti

Email: karshiboev.sherzod@gmail.com

ORCID ID: 0009-0004-8097-0804

Sayfullayeva Dilshoda Abduxoshim qizi

Olmaliq davlat texnika insituti “Konchilik ishi” kafedrasi tayanch doktoranti

Email: dilshodasayfullayeva197@gmail.com

ORCID ID 0009-0004-2831-501X

Annotatsiya. Ushbu maqolada Qalmoqir konining balansdan tashqari rudalarini qayta ishlash va tarkibidagi qimmatli komponentlarni ajratib olish imkoniyatlari tadqiq etilgan. Tadqiqot obyekti sifatida kon hududidagi A7, A8 va №10 balansdan tashqari ruda uyumlaridan olingan namunalar tanlangan. Rudalarning kimyoviy, mineralogik va granulometrik xususiyatlarini aniqlash, shuningdek, ularni gravitatsion va flotatsion usullar yordamida boyitish imkoniyatlari o‘rganilgan. A8 uyumiga mansub sulfidli balansdan tashqari mis rudasida misning o‘rtacha miqdori 0,13 %, SiO_2 – 50,7 %, Al_2O_3 – 12,7 % ni tashkil etishi aniqlangan. Namunalarni tajribaga tayyorlashda maydalash, elash, kvartlash hamda sterjenli va sharli tegirmonlarda yanchish jarayonlaridan foydalanilgan. Dastlabki gravitatsion boyitish tajribalarida spiral separator va shlyuz yordamida qimmatli komponentlarni oldindan konsentratsiyalash imkoniyati ko‘rsatildi. Olingan natijalar balansdan tashqari rudalarni faqat bitta usul bilan emas, balki gravitatsiya, flotatsiya va gidrometallurgiya jarayonlarini o‘zaro uyg‘unlashtirgan kompleks texnologik sxema asosida qayta ishlash maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi. Bunday yondashuv past

navli va texnologik jihatdan murakkab rudalardan mis, oltin va kumushni qo‘shimcha ravishda ajratib olish imkoniyatini yaratadi.

Kalit so‘zlar: Qalmoqir koni, balansdan tashqari ruda, mis, oltin, kumush, gravitatsion boyitish, flotatsiya, gidrometallurgiya, uyumli eritish, spiral separator, shlyuz.

Аннотация. В данной статье исследуются возможности переработки внеуравновешенных руд Калмыцкого месторождения и извлечения из них ценных компонентов. В качестве объекта исследования были выбраны образцы из внеуравновешенных рудных отвалов А7, А8 и № 10 в районе месторождения. Были определены химические, минералогические и гранулометрические свойства руд, а также возможности их обогащения гравитационным и флотационным методами. Установлено, что среднее содержание меди в внеуравновешенной сульфидной медной руде, относящейся к отвалу А8, составляет 0,13%, SiO_2 – 50,7%, Al_2O_3 – 12,7%. Для подготовки образцов к эксперименту использовались процессы дробления, просеивания, кварцирования и измельчения в стержневых и шаровых мельницах. В экспериментах по первичному гравитационному обогащению продемонстрирована возможность предварительной концентрации ценных компонентов с использованием спирального сепаратора и шлюза. Полученные результаты демонстрируют возможность переработки неуравновешенных руд не одним методом, а комплексной технологической схемой, сочетающей гравитационное, флотационное и гидрометаллургическое обогащение. Такой подход позволяет дополнительно отделять медь, золото и серебро от низкосортных и технологически сложных руд.

Ключевые слова: Калмыцкое месторождение, неуравновешенная руда, медь, золото, серебро, гравитационное обогащение, флотация, гидрометаллургия, кучное плавление, спиральный сепаратор, шлюз.

Abstract. This article studies the possibilities of processing off-balance ores of the Kalmyk deposit and extracting valuable components from them. Samples from off-balance ore heaps A7, A8 and No. 10 in the mine area were selected as the object

of research. The chemical, mineralogical and granulometric properties of the ores were determined, as well as the possibilities of their enrichment using gravitational and flotation methods. It was determined that the average copper content in the off-balance sulfide copper ore belonging to the A8 heap was 0.13%, SiO_2 – 50.7%, Al_2O_3 – 12.7%. The processes of crushing, screening, quartzizing, and grinding in rod and ball mills were used to prepare the samples for the experiment. In the initial gravitational enrichment experiments, the possibility of preliminary concentration of valuable components using a spiral separator and a sluice was demonstrated. The results obtained show the feasibility of processing off-balance ores not by a single method, but by a complex technological scheme that combines gravity, flotation and hydrometallurgical processes. This approach makes it possible to additionally separate copper, gold and silver from low-grade and technologically complex ores.

Keywords: Kalmyk deposit, off-balance ore, copper, gold, silver, gravity enrichment, flotation, hydrometallurgy, heap smelting, spiral separator, sluice.

1.KIRISH

Bugungi kunda rangli metallurgiya uchun mineral-xomashyo bazasini kengaytirish, ayniqsa tarkibida qimmatli komponentlar miqdori nisbatan past bo'lgan balansdan tashqari va texnogen xomashyolarni qayta ishlash muhim ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi. Mis rudalarining yuqori navli zaxiralari kamayib borishi natijasida tarkibida mis miqdori past bo'lgan oksidlangan, sulfidli va aralash tarkibli rudalarni qayta ishlashga bo'lgan ehtiyoj ortmoqda. Adabiyotlarda bunday rudalarni qayta ishlashda flotatsiya bilan bir qatorda gravitatsion ajratish, eritish va boshqa gidrometallurgik jarayonlardan foydalanish imkoniyatlari ko'rsatilgan. Qalmoqir koni O'zbekistonning muhim mis-polimetall konlaridan biri bo'lib, uning ekspluatatsiyasi davomida tarkibida qimmatli komponentlar mavjud bo'lgan, biroq amaldagi texnologik va iqtisodiy sharoitlarda balansdan tashqari hisoblangan rudalar ham shakllangan. Bunday rudalarni qayta ishlash an'anaviy texnologiyalarda qiyinchilik tug'diradi, chunki mis minerallari turli mineralogik shakllarda uchrashi, ularning ochilish darajasi past bo'lishi va foydali mineralning mayda zarrachalar bilan bog'langanligi boyitish samaradorligiga ta'sir qiladi. Qalmoqir balansdan tashqari

rudalarini flotatsiya usulida boyitish bo'yicha tadqiqotlarda maydalash darajasining flotatsiya ko'rsatkichlariga ta'siri o'rganilgan. Bu esa maydalash rejimini to'g'ri tanlash mazkur turdagi rudalarni qayta ishlashning muhim bosqichlaridan biri ekanligini ko'rsatadi.

Shuningdek, Qalmoqir konining ayrim oksidlangan va balansdan tashqari rudalari uchun uyumli eritish texnologiyasini qo'llash bo'yicha tadqiqotlar mavjud. Ushbu tadqiqotlarda an'anaviy flotatsiyada past navli konsentrat va nisbatan past metall ajralishi kuzatilishi sababli gidrometallurgik usullar istiqbolli yo'nalish sifatida ko'rsatilgan. Shu sababli balansdan tashqari rudalarni qayta ishlashda ularning mineralogik va texnologik xususiyatlariga mos keladigan kompleks texnologik sxemani ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi - Qalmoqir konining balansdan tashqari rudalarini mineralogik va texnologik xususiyatlarini o'rganish hamda mis, oltin va kumushni imkon qadar yuqori darajada ajratib olishni ta'minlaydigan kompleks qayta ishlash texnologiyasining asosiy bosqichlarini asoslash.

Tadqiqot vazifalari:

1. Qalmoqir konining A7, A8 va №10 balansdan tashqari ruda uyumlaridan olingan namunalarni tavsiflash.
2. Rudalarning kimyoviy va mineralogik tarkibini aniqlash.
3. Namunalarning granulometrik tarkibini o'rganish.
4. Gravitatsion boyitish imkoniyatlarini tadqiq qilish.
5. Flotatsion boyitish uchun maqbul mahsulotlarni aniqlash.
6. Qolgan mahsulotlarni gidrometallurgik qayta ishlash imkoniyatini baholash.
7. Kompleks texnologik sxemaning asosiy bosqichlarini ishlab chiqish.

2. MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot obyekti sifatida Qalmoqir konining A7, A8 va №10 balansdan tashqari ruda uyumlaridan olingan namunalar tanlandi. Namuna olish ishlari rudaning turli uchastkalarini imkon qadar ifodalashga qaratildi.

A8 uyumidan olingan namuna sulfidli balansdan tashqari mis rudasi sifatida tavsiflandi. Uning kimyoviy tarkibida mis miqdori oʻrtacha 0,13 %, kremniy dioksidi 50,7 %, alyuminiy oksidi 12,7 % ni tashkil etdi.

Tajriba namunalarini tayyorlash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirildi: ruda namunasi → dastlabki maydalash → -2 mm gacha maydalash → kvartlash → 1 kg laboratoriya namunasi → sterjenli tegirmonda yanchish → sharli tegirmonda yanchish → boyitish tajribalari.

Namunalarni tadqiq qilishda kimyoviy, mineralogik, spektral va granulometrik tahlil usullaridan foydalanildi. Rudaning qimmatli komponentlari sifatida Cu, Au va Ag miqdorlarini aniqlashga asosiy eʼtibor qaratildi.

Gravitatsion boyitish bosqichida zichliklari farqli boʻlgan mineral komponentlarni ajratish imkoniyatidan foydalanildi. Dastlabki tajriba sxemasida gidrosiklonlashdan soʻng qum fraksiyasini spiral separator, mayda fraksiyani esa shlyuz orqali boyitish varianti koʻrib chiqildi.

Gravitatsion boyitishdan olingan konsentrat keyingi bosqich uchun alohida mahsulot sifatida ajratildi. Gravitatsion usulda ajralmagan misli mahsulotlarni esa flotatsiya orqali boyitish, flotatsiya chiqindilarini esa gidrometallurgik qayta ishlash imkoniyati nazarda tutildi. Mazkur yondashuv past navli mis rudalarini qayta ishlashda qoʻllaniladigan zamonaviy kombinatsiyalangan texnologiyalarga mos keladi. Ilmiy adabiyotlarda ham gravitatsion ajratishning ayrim holatlarda flotatsiyadan oldingi konsentratsiyalash bosqichi sifatida qoʻllanishi koʻrsatilgan.

3. NATIJALAR

Oʻrganilgan balansdan tashqari rudalar tarkibining murakkabligi ularni bir bosqichli boyitish usuli bilan qayta ishlash samaradorligini cheklashi mumkinligi aniqlandi.

A8 namunasining asosiy kimyoviy koʻrsatkichlari quyidagicha:

Komponent	Miqdori, %
Cu	0,13

SiO ₂	50,7
Al ₂ O ₃	12,7

Bunday tarkibda misning nisbatan past miqdorda bo'lishi va jins hosil qiluvchi komponentlarning sezilarli ulushga ega ekanligi dastlabki boyitish bosqichining vazifasini murakkablashtiradi.

Oldingi gravitatsion tajribalarda gidrosiklonlashdan keyin spiral separator va shlyuz yordamida boyitish sxemasi sinab ko'rilgan. Tajriba mahsulotlarida umumiy konsentrat chiqishi 24,8 %, shundan spiral separator konsentrati 18,71 %, shlyuz mahsuloti esa 6,09 % ni tashkil qilgan. Umumiy gravitatsion konsentrat bo'yicha oltinning ajralishi 38,9 %, kumushning ajralishi esa 41,22 % darajasida qayd etilgan.

Ushbu natijalar gravitatsion usulni balansdan tashqari rudalarni qayta ishlashning mustaqil yakuniy bosqichi sifatida emas, balki oldindan konsentratsiyalash bosqichi sifatida qo'llash imkoniyati mavjudligini ko'rsatadi. Gravitatsion boyitishdan keyin qoladigan mahsulotda mayda zarrachalar tarkibidagi sulfidli mis minerallari mavjud bo'lsa, ushbu mahsulotni flotatsiya jarayoniga yo'naltirish maqsadga muvofiq. Qalmoqir rudalari uchun flotatsion boyitishning maydalash darajasiga bog'liqligi ilgari ham ko'rsatilgan. Oksidlangan yoki flotatsiyaga qiyin beriladigan mis minerallarining mavjudligi holatida esa gidrometallurgik usul, xususan, sulfat kislota asosidagi eritish jarayonini qo'llash imkoniyati ko'rib chiqilishi mumkin. Qalmoqir konining oksidlangan mis rudalari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda tankli eritish ham o'rganilgan.

Shunday qilib, tadqiqot natijalari asosida quyidagi ketma-ketlikdagi kompleks texnologik sxema taklif qilinadi:

Balansdan tashqari ruda → maydalash → yanchish → gidrosiklonlash → gravitatsion boyitish → gravitatsion konsentrat → flotatsion boyitish → flotatsion konsentrat → gidrometallurgik qayta ishlash → eritmadan misni ajratib olish.

4. MUHOKAMA

Qalmoqir konining balansdan tashqari rudalarini qayta ishlashda asosiy muammo rudalarning past navliligi bilan bir qatorda mineralogik tarkibining

murakkabligidir. Bir xil uyumning oʻzida sulfidli, oksidlangan yoki aralash shakldagi mis minerallarining mavjud boʻlishi texnologik jarayonni tanlashga bevosita taʼsir qiladi.

Anʼanaviy flotatsiya asosan sulfidli mis minerallarini boyitishda samarali hisoblanadi. Shu bilan birga, oksidlangan va aralash mis rudalarida flotatsiya samaradorligi mineralning sirt xususiyatlari va reagent rejimiga kuchli bogʻliq boʻladi. Shu sababli bunday rudalar uchun flotatsiya bilan bir qatorda gidrometallurgik usullarni qoʻllash imkoniyati ham oʻrganilmoqda.

Gravitatsion boyitishning afzalligi - nisbatan sodda apparat va jarayonning fizik xususiyatlarga asoslanganligidir. Biroq mayda zarrachalar va mineral oʻzaro oʻsimtalari koʻpaygan sari gravitatsion ajratish samaradorligi pasayishi mumkin. Shuning uchun gravitatsion boyitishdan olingan mahsulotni keyingi flotatsiya jarayoniga yoʻnaltirish kompleks sxemaning samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Qalmoqir balansdan tashqari rudalarini uyumli eritish boʻyicha mavjud tadqiqotlar ham gidrometallurgiya mazkur xomashyo uchun muhim yoʻnalish ekanligini koʻrsatadi. Dunyoning boshqa konlarida ham past navli mis rudalarini flotatsiya va gidrometallurgiya jarayonlarini birlashtirish orqali qayta ishlash amaliyoti mavjud. Masalan, Zijinshan konida turli navdagi mis rudalari uchun flotatsiya va uyumli bioeritish jarayonlari kombinatsiyalangan holda qoʻllanilgan. Shu nuqtai nazardan, Qalmoqir konining balansdan tashqari rudalari uchun ishlab chiqilayotgan kompleks sxema quyidagi prinsipga asoslanadi: yirik va nisbatan zich qimmatli komponentlarni gravitatsion usulda ajratish → sulfidli mis minerallarini flotatsiya orqali boyitish → flotatsiyaga qiyin beriladigan yoki oksidlangan misni gidrometallurgik usulda eritmaga oʻtkazish.

Bunday texnologik yondashuvning muhim jihati - rudaning tarkibidagi qimmatli komponentlarni faqat bitta jarayonga bogʻlab qoʻymasdan, ularning mineralogik shakliga qarab turli texnologik oqimlarga taqsimlashdir.

5. XULOSA

Tadqiqot natijalariga koʻra quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Qalmoqir konining A7, A8 va №10 uyumlaridagi balansdan tashqari rudalar qo‘shimcha mineral-xomashyo manbai sifatida ilmiy va amaliy jihatdan qiziqish uyg‘otadi.

2. A8 uyumining sulfidli balansdan tashqari rudasida misning o‘rtacha miqdori 0,13 %, SiO_2 50,7 % va Al_2O_3 12,7 % ekanligi aniqlandi.

3. Rudani boyitishga tayyorlashda -2 mm gacha maydalash, kvartlash, sterjenli va sharli tegirmonlarda yanchish bosqichlaridan foydalanish imkoniyati asoslandi.

4. Gravitatsion boyitish tajribalarida spiral separator va shlyuzdan foydalanish orqali dastlabki konsentratsiyalash imkoniyati aniqlandi. Umumiy konsentrat chiqishi 24,8 % ni tashkil etib, oltin va kumushning ajralishi mos ravishda 38,9 va 41,22 % bo‘ldi.

5. Gravitatsion boyitishdan keyingi mahsulotni flotatsiyaga yo‘naltirish orqali sulfidli mis minerallarini qo‘shimcha ajratib olish imkoniyati mavjud.

6. Flotatsiya bilan yetarli darajada boyitilmaydigan mahsulotlarni gidrometallurgik, jumladan, eritish jarayonlari orqali qayta ishlash kompleks texnologiyaning keyingi istiqbolli yo‘nalishi hisoblanadi.

7. Qalmoqir konining balansdan tashqari rudalari uchun “gravitatsion boyitish + flotatsiya + gidrometallurgiya” tamoyiliga asoslangan kompleks texnologik sxemani ishlab chiqish mis, oltin va kumushni qo‘shimcha ravishda ajratib olish imkoniyatlarini kengaytiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Sustainable Use of Copper Resources: Beneficiation of Low-Grade Copper Ores. Minerals, 2022, 12(5), 545.

2. Yakubov M.M., Djumayeva X.Yu., Nurmuhammedov I.S., Hamidullayev B.N. Исследование обогатимости балансовых и забалансовых сортов руд месторождения «Кальмакыр» методом флотации в зависимости от крупности измельчения. Горный вестник Узбекистана, №3, 2023.

3. Matkarimov S.T., Matkarimov Z.T., Mirzajonova S. et al. Method of Heap Leaching of Copper from Off-Balance Ore Dumps. Proceedings of Fourth International Conference on Inventive Material Science Applications (ICIMA), 2021.

4. Mirzajonova S.B., Karimova T.P., Saidova M.S., Bakhodirova N.K. Method of heap leaching of copper from off-balance ore dumps. Tashkent State Technical University.

5. Khasanov A.A., Usenov R.B., Geydarov A.E., Jurakulova S.B. Research Results on Tank Leaching of Oxidized Copper Ores from the Kalmakyr Deposit. Digital Technologies in Industry, 2026.

6. Elchieva M.D., Kholikulov D.B., Boltaev O.N., Niyazmetov B.E. The Importance of the Mineral Composition of Oxidized Copper Ore in the Selection of Processing Technology. Digital Technologies in Industry, 2025, 3(3), 34–41.

7. Vasilieva A.A., Boduen A.Y., Vasiliev R.E. The feasibility of hydrometallurgical methods for enhancing the processing of copper concentrates. iPolytech Journal, 2022, 26(2), 320–335.

8. Karshiboyev Sh.B., Sayfullayeva D.A. Processing of off-balance ores: challenges and technological Solutions., June, 2025

9. Karshiboyev Sh.B., Sayfullayeva D.A. Balansdan tashqari rudalarini qayta ishlash texnologiyasini tanlashdagi ahamiyatI. Scientific journal of Construction and Education ISSN 2181-3779, 2025 Maxsus son-3

INNORES