

UO‘K: 622.7:622.342(575.01)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.34

## KAULDI KONI OLTIN MA'DANLARI TURLI KOMBINATSIYALASHGAN QAYTA ISHLASH SXEMALARINI TAHLIL QILISH



**Samadov Alisher  
Usmonovich**

*Texnika fanlari doktori, professor,  
Olmaliq davlat texnika universiteti,  
Olmaliq, O'zbekiston*  
E-mail:  
[alishersamadov@yandex.com](mailto:alishersamadov@yandex.com)  
ORCID ID: 0000-0002-3522-8609  
Science ID: DSN-0525-0012



**Nurmuhamedov  
Ibrohim  
Sunnatullayevich**

*"Mineral resurslar instituti" DM  
Ma'danli foydali qazilmalarni  
boyitish texnologiyasi  
laboratoriyasi boshlig'i, Toshkent,  
O'zbekiston*  
E-mail: [nurmuhamedov85@list.ru](mailto:nurmuhamedov85@list.ru)  
ORCID ID: 0009-0001-3725-9986  
Science ID: MTN 0525-0264



**Xamidullayev Baxrom  
Narzullayevich**

*"Mineral resurslar instituti" DM,  
"Olmaliq tajriba-sinov va  
geoinnovatsion texnologiyalar  
markazi" mudiri, Toshkent,  
O'zbekiston*  
E-mail: [baxrom\\_0786@mail.ru](mailto:baxrom_0786@mail.ru)  
ORCID ID: 0000-0001-9066-1969  
Science ID: FSN 0525-0188



**Hakimov Azamat  
Xushbakovich**

*"O'zbek geologiya qidiruv" AJ  
Laboratoriya boshlig'i, Toshkent,  
O'zbekiston*  
E-mail: [Khakimov@gmail.com](mailto:Khakimov@gmail.com)  
Science ID: MTN 0525-0264

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Kauldi koni oltin ma'danlarini turli usullarni qo'llab boyitiluvchanligini o'rganish, jumladan ma'danni gravitatsion va flotatsion usulda boyitish bilan bir qatorda ushbu usullarni birgalikda kombinatsiya usulida qo'llash asosida ma'dan tarkibidagi qimmatbaho komponentlarni maksimal darajada samarali ajratib olish imkonini beruvchi texnologik yechimlar tahlil qilingan. Bunda boyitmalarni mis eritish zavodida eritish va sianidlash, boyitish chiqindilarini esa sianidlash usulini qo'llab qayta ishlash nazarda tutilgan. Bunda ma'dan tarkibida gil minerallari miqdori yuqoriligi sababli sianidlash qoldig'ini filtrlashda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni ham hisobga olish kerak bo'ladi. O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari asosida Kauldi koni ma'danini 90% -0,074 mm o'lchamgacha yanchish, ikkitadan asosiy va nazorat flotatsiyasi, ushbu jarayonlar ko'pikli mahsulotini tozalash flotatsiyasi va flotatsiya chiqindisini sianidlashni o'z ichiga oluvchi flotatsiya-sianidlash sxemasi tavsiya etiladi.

**Kalit so'zlar:** Oltin, kumush, gravitatsiya, flotatsiya, yanchish, boyitish, boyitma, chiqindi, ajralishi, kombinatsiyalashgan sxema.

## ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАУЛЬДЫ

**Саматов Алишер  
Усмонович**

*Доктор технических наук,  
профессор, Алмалыкский  
государственный технический  
университет, Алмалык,  
Узбекистан*

**Нурмухаммедов  
Иброхим  
Суннатуллаевич**

*Руководитель Лаборатории  
технологий обогащения  
минералов, Государственная  
служба образования «Институт  
минеральных ресурсов»,  
Ташкент, Узбекистан*

**Хамидуллаев Бахром  
Нарзуллаевич**

*Начальник Алмалыкским  
центром опытно-  
испытательных и  
геоинновационных технологий ГУ  
«Институт минеральных  
ресурсов», Ташкент, Узбекистан*

**Хакимов Азамат  
Хушбакович**

*Начальника лабораторий АО  
«Узбекгеологоразведка»,  
Ташкент, Узбекистан*

**Аннотация.** В данной статье проанализированы технологические решения, позволяющие максимально эффективно извлекать ценные компоненты из руды на основе изучения обогатимости золотосодержащих руд месторождения Каульды различными методами, включая гравитационное и флотационное обогащение руды, а также комбинированное применение данных методов. При этом предусматривается плавка и цианирование концентратов на медеплавильном заводе, а отходы обогащения перерабатываются методом цианирования.

При этом необходимо учитывать проблемы фильтрации цианистого остатка, обусловленные повышенным содержанием глинистых минералов в составе руды. На основании результатов проведённых лабораторных исследований для руды месторождения Каульды рекомендуется флотационно-цианистая схема, включающая измельчение руды до 90% класса -0,074 мм, проведение двух стадий основной и контрольной флотации, перечистную флотацию пенного продукта, а также цианирование хвостов флотации.

**Ключевые слова:** Золото, серебро, гравитация, флотация, измельчение, обогащение, концентрат, хвосты, извлечение, комбинированная схема.

## STUDY OF VARIOUS COMBINED SCHEMES FOR PROCESSING GOLD-BEARING ORES OF THE KAULDY DEPOSIT

**Samadov Alisher**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Almalik State Technical  
University, Almalik, Uzbekistan

**Nurmukhammedov  
Ibrokhim**

Head of the Mineral Enrichment  
Technology Laboratory of the State  
Education Service "Institute of  
Mineral Resources", Tashkent,  
Uzbekistan

**Khamidullaev Bakhrom**

Head of the Almalik Center for  
Experimental and Geoinformation  
Technologies of the State Institution  
"Institute of Mineral Resources",  
Tashkent, Uzbekistan

**Jabborov Ergash**

Head of the laboratory of JSC  
"Uzbekgeological Exploration",  
Tashkent, Uzbekistan

**Abstract.** This article analyzes technological solutions for maximizing the efficient extraction of valuable components from ore based on a study of the beneficiability of gold-bearing ores at the Kauldy deposit using various methods, including gravity and flotation concentration, as well as a combination of these methods. This involves smelting and cyanidation of concentrates at a copper smelter, while the waste is processed by cyanidation.

However, it is necessary to consider the challenges of filtering the cyanide residue due to the high clay mineral content of the ore. Based on the results of laboratory studies, a flotation-cyanide circuit is recommended for the Kauldy deposit. This circuit includes grinding the ore to 90% -0.074 mm, two stages of rougher and scavenger flotation, cleaning flotation of the froth product, and cyanidation of the flotation tailings.

**Keywords:** Gold, silver, gravity, flotation, grinding, enrichment, concentrate, tailings, extraction, combined scheme.

**Kirish.** So'nggi yillarda flotatsiya nazariyasidagi yutuqlar oltin va oltin-sulfidli birikmalarning ajratib olinishini boshqaruvchi murakkab fizik-kimyoviy jarayonlarni chuqurroq tushunishga imkon berdi. Klassik adsorbsiya, sirt oksidlanishi va ho'llanuvchanlik tushunchalaridan tashqari, zamonaviy tadqiqotlar flotatsiya jarayonida elektrokimyoviy reaksiyalar, mineral sirtlarining zaryadlanishi, gidrodinamik-kimyoviy o'zaro ta'sirlar hamda diksantogen kabi oraliq birikmalarning hosil bo'lishi muhim rol o'ynashini

ta'kidlamoqda [1-5]. Flotatsiya jarayonini optimallashtirish uchun ortogonal rejalashtirish va javob yuzasi rejalari (response surface designs) kabi bir qator modellar qo'llanilishi mumkin. Ortogonal modellar asosan omillarni dastlabki tanlab olish (screening) uchun ishlatiladi va egri chiziqlilik (curvature) haqida cheklangan ma'lumot beradi va shu sababli murakkab javoblarni modellashtirish uchun yetarli emas deb hisoblanadi [6]. Box-Behnken va Markaziy kompozitsion dizayn (Central Composite Design, CCD) kabi javob yuzasi rejalari

bu borada imkoniyatlarni kengaytiradi, chunki ular kvadratik modellashtirishdan foydalanadi, biroq ularning ham o'ziga xos cheklovlari mavjud. CCD da faktorial va o'qli (axial) nuqtalarning mavjudligi ko'pincha amaliy yoki xavfsiz tajriba chegaralaridan chiqib ketishiga olib keladi. Box-Behnken dizayni esa tajriba nuqtalarini yuzaning markaziy qismida joylashtirib, tajriba makonining ayrim hududlarini o'rganilmay qolishiga sabab bo'ladi [7-9]. Bunga qarama-qarshi ravishda, Doehlert dizayni tajriba nuqtalarini butun tajriba domeni bo'ylab bir tekis taqsimlaydi, yuqori darajadagi barqarorlik va barqaror bashorat aniqligini ta'minlaydi. Shuningdek, bu dizayn har bir omilni turli darajalar sonida o'rganish imkonini beradi, bu esa katta moslashuvchanlikni ta'minlab, talab etiladigan tajribalar umumiy sonini kamaytiradi [10-11]. Ushbu xususiyatlar sababli Doehlert dizayni flotatsiya jarayonini optimallashtirish uchun ayniqsa samarali va mos keladi, chunki bunda tajriba domenini to'liq qamrab olish va javobni ishonchli modellashtirish muvaffaqiyatli optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega. Tajriba dizayni va AQM tahlilini integratsiyalashgan yondashuv asosida qo'llagan holda, qiyin boyitiluvchi oltin ma'danida oltinni flotatsiya orqali ajratib olish darajasini oshirish va optimallashtirishdir. pH qiymati va zarracha o'lchamining taqsimoti (D80) ning ta'siri Doehlert dizayni va javob yuzasi metodologiyasi (RSM) kombinatsiyasida o'rganildi. Ushbu statistik vositalardan foydalanish tajribalar sonini minimallashtirish, tajriba omillarining nisbiy ta'sirini hamda ularning o'zaro ta'sirlarini baholash imkonini berdi. Shuningdek, flotatsiya jarayonini o'tkazishda modal mineralogiya, erkinlashish (liberation), assotsiatsiya va oltin hamda oltin tarkibli minerallarning qamalanganligi (locking) bo'yicha chuqur mineralogik tadqiqotlar natijalari asos bo'ldi.

Hozirgi vaqtda oltin va kumush kabi nodir metallarni o'z ichiga olgan juda ko'p miqdordagi texnogen va ikkilamchi chiqindilari mavjud. Bunday xom ashyoning har bir turi material tarkibining xususiyatlari va undagi oltin va nodir metallarning holatiga ko'ra ushbu nodir metallarni ajratib olishga o'ziga xos yondashuvni talab qiladi. Ma'lumki, turli xildagi texnogen chiqindilar va ikkilamchi manbalar asosan tog'-kon, foydali qazilmalarni boyitish, metallurgiya, maishiy texnika

ishlab chiqarish va energetika kabi sanoat komplekslari tomonidan atrof muhitga ajratib chiqariladi [12].

**Adabiyotlar tahlili va metodlar.** Sianlash tajribalari dastlabki ma'dan va boyitish mahsulotlarida olib borildi. Bo'tanani aralashtirish usuli bilan sianlash jarayoni ochiq kolbalarda, Irgiredmet konstruksiyasidagi shisha-idish agitatorida 1-rasmda keltirilgan sxema bo'yicha amalga oshirildi. Tajribalar standart metodika asosida bajarildi: 100–200 g massadagi material namunalari himoya ishqori qo'shilgan sianidli eritma bilan aralash-tirildi. Eritmadagi natriy sianid konsentratsiyasi ikki indikator — Faygl reaktivi va kaliy yodid ishtirokida aniqlandi. Agar zarur bo'lsa, ayni eritmalarda himoya ishqori konsentratsiyasini keyinchalik aniqlash maqsadida kaliy yodid qo'llanildi. Pulpa tarkibidagi sianid va ohak miqdori ularning sarflanishiga qarab muntazam ravishda to'ldirib borildi.

Ma'danni yanchish qattiq:suyuq:sharning 1:0,75:8 nisbatida 40ML laboratoriya tegirmonida amalga oshirildi.

Ma'danni gravitasion usulda boyitish 30 KS markali laboratoriya konsentrasyon stoli va Falcon L40 markali laboratoriya markazdan qochma konsentratorida amalga oshirildi.

Ma'danni (gravitatsiya chiqindisini) flotasion usulda boyitish kameralari o'lchami 3,0; 1,0 va 0,5l bo'lgan FM-1, FM-2, FL-237 flotasion mashinalarda amalga oshirildi. Boyitmalarni to'plash maqsadida yiriklashtirilgan tajribalar FL-60 qo'sh-kamerali flotasion mashinada bajarildi.

RUDA VA BOYITISH MAHSULOTLARINI SIANLASH SXEMASI



**1-rasm. Madan dastlabki namunasini turlik yirikliklarda va turli vaqt oraliqlarida, turli NaCN sarflarida tanlab eritish sxemasi.**

**Natijalar va muhokama.** 1-jadvalda ma'danni turli usullarni alohida va kombinatsion usulda qo'llab qimmatbaho metallarni yakuniy

ajratib olish ko'rsatkichlari keltirilgan.

Bunda ma'danni to'g'ridan to'g'ri sianidlash, gravitatsiya+sianidlash, gravitatsiya+flotatsiya+sianidlash sxemalarini qo'llab qayta ishlash natijalari keltirilgan. Bundan tashqari boyitmalarni qayta ishlashning ikki usuli – boyitmalarni mis eritish zavodida eritish va sianidlash usullarini qo'llab qayta ishlash natijalari ko'rib chiqilgan.

1-jadval

**Kauldi koni ma'danlarini qayta ishlashning turli sxemalari bo'yicha umumiy natijalar**

Qayta ishlash jarayoni	Mahsulotlarga ajralishi, %		Sianlashni hisobga olgan holda ajralish, %		Boyitmani eritishni hisobga olgan holda ajralish (97%), %	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
<b>To'g'ridan-to'g'ri sianlash</b>						
Ma'danni to'g'ridan-to'g'ri sianlash (-0,044 mm)	90	88,36				
<b>Gravitatsiya+sianlash</b>						
Gravitatsion boyitma	16,3	12,1	15,62	11,24	15,8 1	11,74
Gravitatsiya chiqindisi, -0,25+0 mm	83,7	87,9	55,25	54,79	55,2 5	54,79
Jami:	100	100	70,87	66,02	71,0 6	66,53
<b>Flotatsiya+sianlash</b>						
Flotoboyitma	70,1	51,6	64,68	44,79	68,0 0	50,05
Flotatsiya chiqindisi, 90% -0,074 mm	29,9	48,4	18,01	13,94	18,0 1	13,94
Jami:	100	100	82,69	58,73	86,0 1	63,99
<b>Gravitatsiya+flotatsiya+sianlash</b>						
Gravitatsion boyitma	16,3 0	12,10	15,62	11,24	15,8 1	11,74
Flotoboyitma	49,2 2	39,47	44,32	33,31	47,7 4	38,29
Flotatsiya chiqindisi, 90% -0,074 mm	34,4 8	48,43	22,84	17,67	22,8 4	17,67
Jami:	100	100	82,78	62,21	86,3 9	67,69

1-jadval ma'lumotlariga ko'ra, tadqiq qilina-yotgan ma'dan namunasidagi sianidlash mumkin bo'lgan erkin oltin 90%, kumush esa 88,36% ni tashkil etganligini ko'rishimiz mumkin. Gravitatsiya+sianlash sxemasida gravitatsion boyitmaga oltinning ajralishi 16,3%, kumushniki esa 12,1%, sianlash bilan hisoblaganda oltin 15,62%, kumush 11,24% ni tashkil etmoqda. Flotatsiya+sianlash sxemasida oltinning boyitmaga ajralishi 70,1%, kumushning ajralishi 51,6%, sianlash bilan hisoblaganda esa oltinning ajralishi 64,68%, kumushning ajralishi 44,79% ni tashkil etmoqda. Gravitatsiya+flotatsiya+sianlash sxemasida oltinning boyitmalarga umumiy ajralishi 65,32%, kumushning umumiy ajralishi 51,57% ni tashkil etmoqda. Sianlash bilan hisoblaganda oltinning umumiy ajralishi 59,94%, kumushning umumiy ajralishi 44,55% ni tashkil etmoqda.

Sianidlash chiqindilarini filtratsiya qilishdagi muammolar yuzaga keldi, bu ma'dan tarkibida gil minerallari miqdorining yuqoriligi bilan bog'liq. Shu sababli, filtratsiya samaradorligini oshirish uchun, ma'danni maydalashdan oldin oldindan ishlov berish usullari (masalan, ma'dan shlamlardan tozalash) ko'rib chiqilishi tavsiya etiladi.

**Xulosa.** O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijalari asosida Kauldi koni ma'danini 90% -0,074 mm o'lchamgacha yanchish, ikkitadan asosiy va nazorat flotatsiyasi, ushbu jarayonlar ko'pikli mahsulotini tozalash flotatsiyasi va flotatsiya chiqindisini sianidlashni o'z ichiga oluvchi flotatsiya-sianidlash sxemasi tavsiya etiladi.

Gravioboyitmani optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 95,82% va kumushniki 92,86% ni tashkil qildi. Gravitatsion boyitish chiqindisini optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 66,01% va kumushniki 62,33% ni tashkil qildi. Gravitatsion boyitish chiqindisini qo'shimcha yanchib so'ng optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 89,3% va kumushniki 85,11% ni tashkil qildi. Flotoboyitmani optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 92,27% va kumushniki 86,8% ni tashkil qildi. Flotatsion boyitish chiqindisini optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 60,23% va kumushniki 28,8% ni tashkil qildi. Flotatsion boyitish chiqindisini qo'shimcha yanchib so'ng optimal rejimda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi jarayon bo'yicha 93,82% va kumushniki 55,88% ni tashkil qildi.

Olingan flotatsion boyitmani mis eritish zavodida mis boyitmasi bilan birgalikda eritish yo'li bilan qayta ishlash tavsiya qilinadi. Flotatsion boyitish chiqindisini esa sianidlash tavsiya qilinadi. Bunda olingan eritma tarkibidagi oltinni ajratib olish uchun rux kukunini qo'llab cho'ktirish usulidan foydalanish mumkin.

Sianidlash bo'yicha ko'rsatkichlarni chiqindilarni sianidlash jarayonidan oldin -0,044 mm o'lchamgacha qo'shimcha yanchish jarayonini qo'llash natijasida oshirish mumkin. Bunda ma'dan tarkibida gil minerallari miqdori yuqoriligi sababli sianidlash qoldig'ini filtrlashda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan muammolarni ham hisobga olish

kerak bo‘ladi.

### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

- [1] Feng, Q., Zhang, Y., Zhang, G., Han, G., Zhao, W. (2025). Innovative scheme for hemimorphite flotation: Synergistic activation performance and mechanism. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 32, 1297–1308.
- [2] Mikali, M., Barbouchi, A., Idouhli, R., Abouelfida, A., Yaacoubi, A., Benzakour, I., Faqir, H., Boulaamail, A., Bacaoui, A. (2023). Electrochemical behavior of silver during cyanidation in the presence of sulfide minerals. *Chemical Papers*, 77(4), 2103–2113.
- [3] Moslemi, H., Gharabaghi, M. (2017). A review on electrochemical behavior of pyrite in the froth flotation process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- [4] Yang, W., Tang, Y., Huang, B., Han, G., Feng, Q. (2025). Enhanced flotation of sulfidized smithsonite in a Cu–Pb dual activation system. *Green and Smart Mining Engineering*, 2, 8–17.
- [5] Tang, Y., Yang, W., Chen, S., Shen, Z., Feng, Q., Zhang, Q. (2026). A green and biodegradable depressant for efficient flotation separation of smithsonite from calcite. *Separation and Purification Technology*, 380.
- [6] Xue, Y., Wu, P., Lü, Y., Shan, H., Xu, X., Yu, B., Chen, X., Zhang, X., Xiong, C. (2026). Cavitation-flotation coupling purification of natural flake graphite. *Separation and Purification Technology*, 382.
- [7] Gao, J., Bu, X., Zhou, S., Wang, X., Alheshibri, M., Peng, Y., Xie, G. (2022). Graphite flotation by  $\beta$ -cyclodextrin/kerosene Pickering emulsion as a novel collector. *Minerals Engineering*, 178.
- [8] Ren, X., Bu, X., Tong, Z., Dong, L., Ma, Z., Wang, J., Cao, M., Qiu, S. (2024). Influences of plasma treatment parameters on the hydrophobicity of cathode and anode materials from spent lithium-ion batteries. *Waste Management*, 184, 120–131.
- [9] Zhou, S., Tong, Z., Dong, L., Bu, X., Ni, C., Xie, G., Alheshibri, M. (2023). Influence of single and combined ultrasounds assisted flake graphite flotation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 99.
- [10] Brown, S. D., Tauler, R., Walczak, B. (2009). *Comprehensive chemometrics: Chemical and biochemical data analysis*. Elsevier.
- [11] Cerqueira, U. M. F. M., Bezerra, M. A., Ferreira, S. L. C., De Jesus Araújo, R., Da Silva, B. N., Novaes, C. G. (2021). Doehlert design in the optimization of procedures aiming food analysis: A review. *Food Chemistry*, 364.
- [12] Isoqov, M. U., Nurmammedov, I. S., Jabborov, E. Yu., Normurodov, A. A. (2025). Kauldi oltin koni ma’danlarini flotatsion boyitiluvchanligini va flotatsiyalash mahsulotlarining moddiy tarkibini o‘rganish. *Geologiya fanlari universiteti xabarlari*.