

UO‘K: 622.7:622.342(575.01)

doi 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.33

KAULDI KONI OLTIN MA'DANLARI TEXNOLOGIK NAMUNALARINING SIANIDLASH KO'RSATKICHLARINI TADQIQ QILISH



**Samadov Alisher
Usmonovich**

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



**Nurmuhammedov
Ibrohim
Sunnatullayevich**

“Mineral resurslar instituti” DM
Ma'danli foydali qazilmalarni
boyitish texnologiyasi
laboratoriyasi boshlig'i, Toshkent,
O'zbekiston
E-mail: nurmuhammedov85@list.ru
ORCID ID: 0009-0001-3725-9986
Science ID: MTN-0525-0264



**Xaydarov A'zamjon
Abdualiyevich**

“Olmaliq kon-metallurgiya
kombinati”AJ, Olmaliq,
O'zbekiston
E-mail: azamjonxaydarov@mail.ru
ORCID ID: 0009-0008-0877-6117
Science ID: FTV-0326-0002



**Jabborov Ergash
Yusuf o'g'li**

“Mineral resurslar instituti” DM
kichik ilmiy xodimi, Toshkent,
O'zbekiston
E-mail:
ergashjabborov92@gmail.ru
ORCID ID: 0009-0008-0299-1529
Science ID: MSN 0525-0169

Annotatsiya. Ushbu maqolada Kauldi koni oltin ma'danlarini moddiy tarkibini kimyoviy, ratsional tahlil qilish va dastlabki texnologik namunalarni sianlashga oid o'tkazilgan tajriba ishlari natijalari keltirilgan. Ma'dan o'rtacha namunasining kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra oltinning o'rtacha miqdori 3,08 sh/b, kumushning miqdori esa 2,44 sh/b ni tashkil etdi. Ma'dan namunasidagi sianidlash mumkin bo'lgan erkin oltin 90%, kumush esa 91,36% ni tashkil etadi; Sb va As minerallari va birikmalari bilan bog'langan oltin 2,9% va kumush 1,23%; temir va marganets karbonatlari va gidroksidlari bilan bog'langan oltin 0,32%, kumush 0,82%; sulfidlar (pirit, arsenopirit) bilan bog'langan oltin 6,45%, kumush 2,47%; kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar tarkibidagi oltin 0,32%, kumush 4,16% ni tashkil qiladi. Dastlabki ma'dan va boyitish mahsulotlarini to'g'ridan-to'g'ri sianidlash bo'yicha sinovlar o'tkazildi. Oltinni erituvchi birikma sifatida natriy sianidi va uning o'rnini bosuvchi Jinchan (Xitoy) reagentidan foydalanildi. O'tkazilgan tajribalar natijasida oltinni eritmaga o'tkazish bo'yicha optimal rejim aniqlandi. Ma'danni -0,044 mm o'lchamgacha yanchib, natriy sianidi konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) va jarayon davomiyligi 36 soat bo'lganda sianidlanganda oltinning eritmaga ajralishi 90% va kumushniki 88,36% ni tashkil qildi. Jinchan reagentini qo'llab o'tkazilgan tajribalar ushbu reagentni qo'llab olingan natijalar sianidni qo'llab olingan natijalar bilan teng natijalarni olish imkonini berishini ko'rsatdi. Ma'danni -0,044 mm o'lchamgacha yanchib, Jinchan reagenti konsentratsiyasi 0,3% (6 kg/t) va jarayon davomiyligi 24 soat bo'lganda tanlab eritilganda oltinning eritmaga ajralishi 91,55% va kumushniki 91,72% ni tashkil qildi.
Kalit so'zlar: oltin, sianlash, Kauldi koni, ratsional tahlil, kimyoviy tahlil, eritmaga ajralishi, yanchish, natriy sianid, Jinchan.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИАНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАУЛДЫ

**Самадов 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

**Хайдаров Аъзамжон
Абдуллаевич**

АО «Алмалыкский горно-
металлургический комбинат»,
Алмалык, Узбекистан

**Жабборов Эргаш Юсуф
угли**

Младший научный сотрудник
Института минеральных
ресурсов, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по химическому и рациональному анализу вещественного состава золотосодержащих руд месторождения Каульды, а также по цианированию исходных технологических проб. По результатам химического анализа пробы руды среднее содержание золота составило 3,08 у/е, серебра — 2,44 у/е. В пробе руды содержание свободного, поддающегося цианированию золота составило 90%, серебра — 91,36%; золото, связанное с минералами и соединениями Sb и As составило 2,9%, серебра — 1,23%; золото, связанное с карбонатами и гидроксидами железа и марганца — 0,32%, серебра — 0,82%; золото, связанное с сульфидами (пирит, арсенопирит) — 6,45%, серебра — 2,47%; золото в виде мелких включений в кварце, алюмосиликатах и других кислотонерастворимых минералах — 0,32%, серебра — 4,16%. Проведены испытания по прямому цианированию исходной руды и продуктов обогащения. В качестве выщелачивающего реагента использован цианида натрия и реагент Jinchap (КНР). По результатам проведенных экспериментов определен оптимальный режим перевода золота в раствор. При измельчении руды до класса крупности $-0,044$ мм, концентрации цианистого натрия 0,07% (1,4 кг/т) и продолжительности процесса 36 ч извлечение золота в раствор составило 90%, серебра — 88,36%. Эксперименты с применением реагента Jinchap показали возможность получения результатов, сопоставимых с результатами выщелачивания с использованием цианистого натрия. При измельчении руды до $-0,044$ мм, концентрации реагента Jinchap 0,3% (6 кг/т) и продолжительности процесса 24 ч при селективном выщелачивании извлечение золота в раствор составило 91,55%, серебра — 91,72%.

Ключевые слова: золото, цианирование, месторождение Каульды, рациональный анализ, химический анализ, извлечение в раствор, измельчение, цианид натрия, Jinchap.

STUDY OF CYANIDATION PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL SAMPLES OF GOLD-BEARING ORES FROM THE KAULDY DEPOSIT

Samadov Alisher

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

**Nurmukhammedov
Ibrokhim**

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

Khaidarov Azamjon

"Almalyk Mining and Metallurgical
Combine" JSC, Almalyk,
Uzbekistan

Jabbarov Ergash

Junior Researcher at the Mineral
Resources Institute, Tashkent,
Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of experimental studies on the chemical and rational analyses of the material composition of gold-bearing ores from the Kauldy deposit, as well as on the cyanidation of initial technological samples. According to the chemical analysis of the average ore sample, the average gold content was 3.08 c/u and the silver content was 2.438 c/u. In the ore sample, the proportion of free, cyanide-leachable gold was 90%, and that of silver was 91.36%; gold associated with Sb and As minerals and compounds accounted for 2.9%, silver for 1.23%; gold associated with iron and manganese carbonates and hydroxides accounted for 0.32%, silver for 0.82%; gold associated with sulfides (pyrite, arsenopyrite) accounted for 6.45%, silver for 2.47%; gold occurring as fine inclusions within quartz, aluminosilicates, and other acid-insoluble minerals accounted for 0.32%, while silver accounted for

4.16%. Tests were carried out on the direct cyanidation of the initial ore and beneficiation products. The Jinchan reagent (PRC) was used as a leaching agent as an alternative to sodium cyanide. Based on the experimental results, the optimal conditions for gold dissolution were determined. When the ore was ground to a particle size of -0.044 mm, with a sodium cyanide concentration of 0.07% (1.4 kg/t) and a leaching duration of 36 h, gold extraction into solution reached 90%, while silver extraction reached 88.36%. Experiments using the Jinchan reagent demonstrated that results comparable to those obtained using sodium cyanide can be achieved. When the ore was ground to -0.044 mm, with Jinchan reagent concentration of 0.3% (6 kg/t) and a leaching duration of 24 h under selective leaching conditions, gold extraction into solution reached 91.55% and silver extraction reached 91.72%.

Keywords: gold, cyanidation, Kauldy deposit, rational analysis, chemical analysis, extraction into solution, grinding, sodium cyanide, Jinchan.

Kirish. So‘nggi o‘n yilliklarda erkin boyitiladigan (free-milling) oltin zaxiralarning kamayib borishi natijasida, oltin qazib olish sanoati e‘tiborini qiyin boyitiladigan oltin ma‘danlaridan oltin ajratib olishga qaratdi. Bunday ma‘danlar an‘anaviy sianidlash usullari yordamida oltinni ajratib olish darajasi pastligi bilan ajralib turadi [1]. Odatda, agar oltinni ajratib olish darajasi 80% dan kam bo‘lsa, oltin ma‘danlari qiyin boyitiluvchi ma‘dan sifatida tavsiflanadi [2-3]. Sulfidli qiyin boyitiluvchi oltin ma‘danlarida esa mayda oltin zarralari ko‘pincha pirit va arsenopirit kabi sulfid minerallar ichida mayda tarqalgan va kapsulalangan holatda uchraydi [4]. Shu sababli, bunday ma‘danlarni qayta ishlashdan oldin ishlov berish (pretreatment) usullarini qo‘llash talab etiladi. Bular jumlasiga kuydirish (roasting), bakterial oksidlash (biooksidlash) yoki avtoklavda bosim ostida oksidlash (pressure oxidation) kabi texnologiyalar kiradi [5-6-7]. Ma‘danning mineralogik tarkibi va oltin miqdoriga bog‘liq holda, odatda ma‘danning o‘zini emas, balki oltinga boy boyitmalarni qayta ishlash afzal hisoblanadi. Bunga flotatsiya kabi boyitish usullari yordamida sulfidli boyitmalar olish orqali erishiladi. Hosil bo‘lgan oltin boyitma tarkibida, odatda, oltinning katta miqdori hamda oltinning asosiy tashuvchilari bo‘lgan sulfid minerallarda (masalan, pirit va arsenopirit) mavjud bo‘ladi.

Kauldi koni ma‘danlaridan olingan texnologik namuna moddiy tarkibiga ko‘ra pirit qo‘shimchalariga ega bo‘lgan kulrang-oq va qaymoq-oq rangli kvarts-karbonatli metasomatitlar bilan ifodalanadi. Namunaning ma‘danli minerallashuvi asosan pirit, xalkopirit va xalkozin bilan ifodalangan.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Sianlash

tajribalari dastlabki ma‘dan va boyitish mahsulotlarida olib borildi. Bo‘tana aralashtirish usuli bilan sianlash jarayoni ochiq kolbalarda, Irgiredmet konstruksiyasidagi shisha-idish agitatsorida 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 aralashtirildi. 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. Bo‘tana tarkibidagi sianid va ohak miqdori ularning sarflanishiga qarab muntazam ravishda qo‘shib borildi. Sianid o‘rnini bosuvchi Jinchan reagenti (Xitoy) bilan olib borilgan eritish jarayoni ma‘dan va boyitish mahsulotlarini sianlashda qo‘llanilgan metodika asosida bajarildi.

1-jadval

Ma‘danning namunasining oltin va kumush bo‘yicha ratsional tahlil natijalari

Qimmatbaho metallarning mavjud shakllari va ularning ma‘danli minerallar bilan bog‘lanish xususiyati	Metallarning taqsimlanishi			
	Oltin		Kumush	
	sh/b	%	sh/b	%
Oltin va kumush tabiiy sof holatda bo‘lib, boshqa minerallar bilan o‘shimlar shaklida uchraydi: xloridlar, sulfatlar, oddiy kumush sulfidlar (sianidlash mumkin bo‘lgan).	2,79	90	2,22	91,36
Oltin va kumush Sb va As minerallari hamda kimyoviy birikmalari bilan birikkan holda (arsenopirit va Sb ning 5-valent birikmalaridan tashqari) uchraydi; ishqoriy ishlov berishdan so‘ng sianidlash mumkin.	0,09	2,9	0,03	1,23
Oltin va kumush kislotada eriydigan minerallar, temir va marganets oksidlar bilan bog‘langan holda uchraydi (karbonatlar, oksidlar va gidroksidlar); HCl bilan ishlov berilgach sianidlash mumkin.	0,01	0,32	0,02	0,82
Oltin va kumush sulfidlar (pirit va arsenopirit) ichida maydadispers shaklida tarqalgan; HNO ₃ bilan ishlov berilgach sianidlash mumkin.	0,2	6,45	0,06	2,47
Oltin va kumush kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar ichida uchraydi.	0,01	0,32	0,10	4,16
Ma‘dandagi jami:	3,1	100	2,43	100

1-jadval ma‘lumotlariga ko‘ra, tadqiq qilinayotgan ma‘dan namunasidagi sianidlash

mumkin bo'lgan erkin oltin miqdori 90%, kumush esa 91,36% ni tashkil etadi; Sb va As minerallari va birikmalari bilan bog'langan oltin 2,9%, kumush 1,23%; temir va marganets karbonatlari va gidroksidlari bilan bog'langan oltin 0,32%, kumush 0,82%; sulfidlar (pirit, arsenopirit) bilan bog'langan oltin 6,45%, kumush 2,47%; kvarts, alyumosilikatlar va boshqa kislotada erimaydigan minerallar ichidagi oltin 0,32%, kumush 4,16% ni tashkil qiladi.

Natijalar va muhokama. Dastlabki materialda, sianlashdan keyingi qoldiqlarda (keklarda) hamda sianidli eritmalarda qimmatbaho metallar miqdori atom-absorbtsion spektrometr yordamida kimyoviy usulda aniqlandi. Dastlabki ma'dan 0,044 mm dan 1 mm gacha bo'lgan turli yanchish yirikligida sianlash jarayoni amalga oshirildi.

MADANNI NATRIY SIAN BILAN TANLAB ERITISH SXEMASI



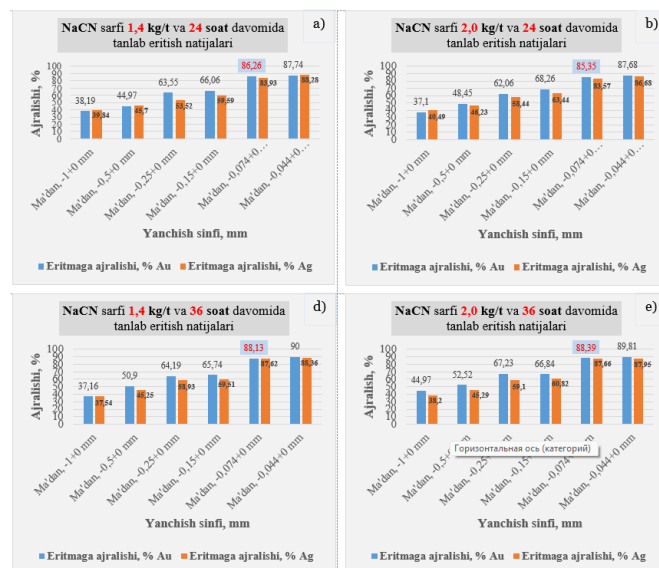
1-rasm. Ma'dan dastlabki namunasini turlik yirikliklarda va turli vaqt oraliqlarida, turli NaCN sarflarida tanlab eritish sxemasi.

Tajribalarda natriy sianid konsentratsiyasi 0,04%; 0,07% va 0,1% oraliqda o'zgartirildi, tanlab eritish davomiyligi esa 12 soatdan 48 soatgachani tashkil etdi. Tajribalar davomida o'zgarish parametrlar sifatida quyidagilar qabul qilindi: namuna massasi — 100–150 g, suyuqlik:qattiq modda nisbati (S:Q) — 2:1 hamda himoya ishqori konsentratsiyasi — 0,02%.

Madanni sianlash jarayonida qimmatbaho metallarni sianidli eritmaga eng yuqori ajralish ko'rsatkichlari ma'dan 0,044 mm yiriklikda maydalanganda, natriy sianid konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) va jarayon davomiyligi 36 soat bo'lgan sharoitda olingan. Ma'danni optimal sharoitlarda sianlashda oltinni sianidli eritmaga ajralishi 90%, kumushniki esa 88,36%ni tashkil etdi. Shuningdek, 80% -0,074 mm yiriklikdagi ma'dan namunasini sianlashda, natriy sianid konsentratsiyasi 0,1% (2 kg/t) bo'lganda, oltinni

sianidli eritmaga ajralishi 73,03%, kumushni esa 70,82% ni tashkil qilgan.

Ma'danni qimmatbaho metallarni eritmaga o'tkazish maqsadida sianid o'rni bosuvchi Jinchan reagenti (Xitoyda ishlab chiqarilgan) sinovdan o'tkazildi.



2-rasm. Turli NaCN sarfi va turli vaqt davomida tanlab eritishdagi metallarning eritmaga ajralish ko'rsatkichlari.

Ma'danni tanlab eritish olish tajribalari 1-rasmdagi sxema bo'yicha o'tkazilgan bo'lib, turli granulometrik tarkibdagi ma'danlar (0,044 mm dan 1 mm gacha) ishlatilgan. Tajribalarda Jinchan reagentining sarfi quyidagi oraliqda o'zgartirilgan: 1,5; 3; 4,5 va 6 kg/t (ya'ni 0,075; 0,15; 0,225 va 0,3%). Tanlab eritish davomiyligi 12-48 soat bo'lgan.

Tajribalarda doimiy parametrlar quyidagilar:

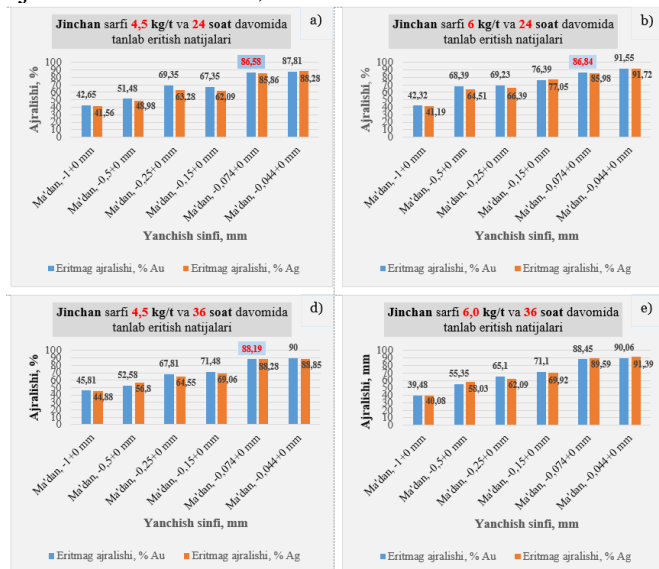
Ma'dan namunasi miqdori – 100–150 g;

Suyuq:qattiq nisbati (S:Q) = 2:1;

Himoyalovchi ishqor (pH ni barqaror saqlash uchun) – 0,02%.

Sianid o'rni bosuvchi reagent Jinchanni qo'llash natriy sianid bilan olingan natijalar bilan deyarli teng samaradorlik beradi. Jinchan reagentidan foydalangan holda ma'danni yuvish jarayonida qimmatbaho metallarning eritmaga ajratib olinishi eng yuqori darajada ma'danning eng mayin –0,044 mm granulometrik fraksiyasida kuzatilgan. Optimal Jinchan konsentratsiyasi esa 0,3 % (6 kg/t) va jarayon davomiyligi 24 soat bo'lgan.

Ushbu optimal rejimda ma'danni Jinchan bilan tanlab eritish natijasida oltinning eritmaga ajratib olinishi – 91,55%, kumushning eritmaga ajratib olinishi – 91,72% bo'ldi.



3-rasm. Turli Jinchan sarfi va turli vaqt davomida tanlab eritishdagi metallarning eritmaga ajralish ko'rsatkichlari.

Shuningdek, ma'danning 80% – 0,074 mm fraksiyasida Jinchan konsentratsiyasi 0,07% (1,4 kg/t) bo'lgan holda, oltinning eritmaga ajratib

olinishi – 73,68%, kumushning eritmaga ajratib olinishi – 71,07% bo'lgan.

Xulosa. Natijalar tahlili Jinchan reagentining qo'llanishi orqali olinadigan oltin va kumushni ajratib olish ko'rsatkichlari sianidlash bilan deyarli bir xil darajada, ba'zi hollarda esa biroz yuqori ekanligini ko'rsatdi.

Ma'danni yoki boyitish mahsulotlarini qayta ishlashda an'anaviy natriy sianidi yoki Jinchan reagentini tanlashda ushbu reagentlarni inson salomatligi va atrof-muhitga ta'siri darajasi bilan bir qatorda ularni qo'llashning iqtisodiy omillarini, jumladan, reagentlarni mahalliy yoki import mahsuloti ekanligi, reagentlarni saqlash va tayyorlashning o'ziga xos xususiyatlari, reagentlarning sarfi, ularni chiqindilar tarkibidagi qoldiq konsentratsiyasini zararasizlantirish majburiyati va unga sarf etiladigan reagentlar miqdori kabi omillarni hisobga olish muhim hisoblanadi.

Sianid bilan tanlab eritish ko'rsatkichlarini oshirish uchun chiqindilarni sianid bilan tanlab eritishdan oldin -0,044 mm o'lchamgacha qo'shimcha maydalash tavsiya etiladi. Shu bilan birga, ma'dan tarkibida ko'p miqdorda gil minerallari mavjudligi sababli, sianlash keki filtratsiyasida qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkinligini hisobga olish lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- [1] Barbouchi, A., Ayadi, S., Idouhli, R., Khadiri, M. E., Abouelfida, A., Barfoud, L., Faqir, H., Benzakour, I., & Benzakour, J. (2025a). Highly efficient pretreatment for refractory gold ores using persulfate, catalyst and free radical based advanced oxidation processes to improve cyanidation. *Hydrometallurgy*, 235.
- [2] Barbouchi, A., Er-Raqi, I., Hamchi, M., Idouhli, R., Khadiri, M., Abouelfida, A., El Alaoui-Chrifi, M. A., Faqir, H., Benzakour, I., & Benzakour, J. (2024a). Chemical oxidation of arsenopyrite by strong oxidizing agents for oxidative pretreatment of refractory arsenopyritic gold ores. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 185–194.
- [3] Barbouchi, A., Louarrat, M., Mikali, M., Barfoud, L., El Alaoui-Chrifi, M. A., Faqir, H., Benzakour, I., Idouhli, R., Khadiri, M. E., & Benzakour, J. (2024c). Advancements in improving gold recovery from refractory gold ores/concentrates: A review. *Canadian Metallurgical Quarterly*.
- [4] Badri, R., & Zamankhan, P. (2013). Sulphidic refractory gold ore pre-treatment by selective and bulk flotation methods. *Advanced Powder Technology*.
- [5] Hammerschmidt, J., Guntner, J., Kerstiens, B., & Charitos, A. (2016). Roasting of gold ore in the circulating fluidized-bed technology. In *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*.
- [6] Mesa Espitia, S. L., & Lapidus, G. T. (2015). Pretreatment of a refractory arsenopyritic gold ore using hydroxyl ion. *Hydrometallurgy*, 153, 106–113.
- [7] Miller, P., & Brown, A. R. G. (2016). Bacterial oxidation of refractory gold concentrates. In *Gold Ore Processing: Project Development and Operations*.