

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMIIY KENGASH**

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

NARZULLAYEV JAHONGIR NORBOBO O‘G‘LI

**KUYINDI SIFATINI OSHIRISH MAQSADIDA SULFIDLI VA KO‘MIR
TARKIBLI MAHSULOTLARNI KUYDIRISH JARAYONIDA FIZIK-
KIMYOVIY O‘ZGARISHLARNI TADQIQ QILISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

**TEXNIKA FANLARI bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Navoiy – 2023

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) of
technical sciences**

Narzullayev Jahongir Norbobo o'g'li

Kuyindi sifatini oshirish maqsadida sulfidli va ko'mir tarkibli mahsulotlarni
kuydirish jarayonida fizik-kimyoviy o'zgarishlarni tadqiq qilish.....3

Нарзуллаев Жахонгир Норбобо угли

Исследование физико-химических превращений при обжиге сульфидного и
углистого материала с целью повышения качества огарка.....21

Narzullaev Jakhongir Norbobo ugli

Investigation of physico-chemical transformations during roasting of sulphide and
carbonaceous material in order to improve the quality of calcine.....39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMiy DARAJALAR BERUVCHI
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 RAQAMLI ILMiy KENGASH**

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR
UNIVERSITETI**

NARZULLAYEV JAHONGIR NORBOBO O'G'LI

**KUYINDI SIFATINI OSHIRISH MAQSADIDA SULFIDLI VA KO'MIR
TARKIBLI MAHSULOTLARNI KUYDIRISH JARAYONIDA FIZIK-
KIMYOVIY O'ZGARISHLARNI TADQIQ QILISH**

04.00.14 – Foydali qazilmalarni boyitish

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Navoiy – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2023.3.PHD/T2070 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.nsumt.uz) va «ZiyoNet» Axborot ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Sanakulov Kuvandik**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich**
texnika fanlari doktori, dotsent

Toshqodirova Ra’no Erkinjonovna
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Yetakchi tashkilot: **Milliy tadqiqot texnologik universiteti «MISiS»ning Olmaliq shahridagi filiali**

Dissertatsiya himoyasi Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti huzuridagi DSc.17/04.06.2021.T.06.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «27» 10 soat 13⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76v-uy. Navoiy Davlat konchilik va texnologiyalar universiteti majlislar zali. Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz, www.nsumt.uz).

Dissertatsiya bilan Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (140 raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 210100, Navoiy shahri, G‘alaba shoh ko‘chasi, 76V-uy, Tel.: (79) 223-23-32; faks: (79) 223-49-66.)

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «13» 10 kuni tarqatildi.
(2023 yil «13» 10 dagi 14 raqamli reestr bayonnomasi)



M.M. Yakubov
M.M. Yakubov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi v.v.b, t.f.d., professor

O.U. Fuzaylov
O.U. Fuzaylov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.f.d. (PhD)

A.U. Samadov
A.U. Samadov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi
Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda hozirgi vaqtda oltin saqlovchi rudalar zahiralari tobora murakkablashib, ulardagi oltin miqdori kamayib bormoqda. Shu munosabat bilan omurakkab tarkibli oltin rudalarini qayta ishlashga alohida e'tibor jadal rivojlanib bormoqda. Mahsulot tannarxini pasaytirish, asosiy metalni ajratib olishni oshirish va qayta ishlash tannarxini pasaytirish maqsadida yangi usullar va texnologik yechimlar ishlab chiqilmoqda. Murakkab tarkibli rudalardan oltinni ajratib olish ko'rsatkichlarini yaxshilash va xom ashyoni kompleks qayta ishlashni takomillashtirish tog'-kon sanoatida qayta ishlashning asosiy muammosi hisoblanadi. Shu bilan birga, oltinni ajratib olish va xom ashyoni kompleks qayta ishlash darajasini yaxshilaydigan yangi innovatsion qayta ishlash usullaridan foydalangan holda murakkab tarkibli rudalar va kontsentratlarni qayta ishlashning samarali texnologiyalarini tadqiq etish va ishlab chiqishga e'tibor qaratish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda dunyoda tog'-kon sanoati oltinni sulfidli mineralning kristalli tuzilishida o'ta mayin holda yoki qattiq eritma sifatida uchrashi past navli sulfidli rudalardan oltinni ajratib olishda tobora ortib borayotgan muammolarga yechim topish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, murakkab oltin tarkibli rudalardan oltinni to'g'ridan-to'g'ri sianlash orqali ajratib olish muammolarini bartaraf etish, qo'shimcha ishlov berish usullarini qo'llash va oltinni ajratib olishning yuqori samarador texnologik usullarini ishlab chiqish hamda amaliyotga tadbiq etish va mavjud texnologiyalarning samaradorligini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda mamlakat iqtisodiyotining asosiy ulushini tog'-kon-metallurgiya sanoati tashkil etadi, bu iqtisodiyotni rivojlantirishning ajralmas tarmoqlaridan biri bo'lib, qimmatbaho komponentlarni ratsional ajratib olish maqsadida foydali qazilmalarni, xususan, tarkibida oltin saqlovchi rudalarni qayta ishlashning bo'yicha ilg'or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarni joriy qilib, qator ilmiy-amaliy natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmonida¹ "Sanoatni sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlash, tayyor mahsulot ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulot va texnologiyalarni o'zlashtirish" kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, murakkab tarkibli xomashyodan qimmatbaho metallarni olishning yangi innovatsion texnologiyalarini joriy etish va rivojlantirish muammolarini hal etishga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 27-apreldagi PQ-3682-son qarori "Innovatsion g'oyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy qilish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, 2021-yil 24-iyundagi PQ-5159-son qarori "Kon-metallurgiya sanoati va unga bog'liq sohalarni rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" gi va 2022-yil 02-

¹O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi PF-4947-son Farmoni // O'zbekiston Respublikasining normativ-huquqiy hujjatlari to'plami.- T., 2017. - 103 b.

dekabrda PQ-436-son qarori “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida” gi hamda shu sohadagi boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII “Yer to‘g‘risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xomashyolarni qayta ishlash)” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoni bilish darajasi. Ruda xomashyosidan, shuningdek, texnogen chiqindilardan qimmatbaho, rangli, nodir va noyob metallarni ajratib olishni rivojlantirish sohasida xorijiy va mahalliy olimlar Adamov E.V., Plaksin I.N. , Chanturia V.A., Abramov A.A., Goden A.M., Lodeyshikov V.V., Meretukov M.A., Sanakulov K.S., Yusupxodjaev A.A., Yakubov M.M., Xasanov A.S., Sharipov X.T., Sattarov G.,S., Ergashev U.A., Mike D. Adams, Haque K.E., Emmet R.C.Ir., Marsden J. va boshqalarning hissasi katta.

Tadqiqotlar va amalga oshirilgan ishlarni tahlil qilishda shuni ta’kidlash kerakki, oltinning holatini o‘rganish ikki qismdan iborat: birinchisi oltinning to‘liq mineralogik taqsimlanishini o‘z ichiga oladi, unda oltinning barcha shakllari va tashuvchilari va miqdori aniqlanadi. Ikkinchi holatda esa asosiy e’tibor oltinni yo‘qotish sabablarini aniqlash va ularni tasniflashga qaratiladi.

Ruda yoki qayta ishlash mahsuloti tarkibidagi mineralogik oltin holatiga ko‘ra uch shaklga bo‘linadi: mikroskopik, submikroskopik, sirt yuzasidagi oltin. Mikroskopik, shuningdek, ko‘rinadigan oltin sifatida ham ma’lum oltin, mikroskop ostida ko‘rinadigan barcha oltin minerallarini, masalan, oltin qotishmalarini, oltin telluridlarini, oltin sulfidlarini, oltin selenidlarini va oltin sulfoselenidlarini o‘z ichiga oladi. Mikroskopik oltin ko‘plab oltin rudalarida uchraydi va murakkab tarkibli bo‘lmagan oltin rudalarida oltinning asosiy shakli hisoblanadi. Optik va skanerlovchi elektron mikroskoplar ostida ko‘rinmaydigan oltin submikroskopik oltin (yoki ko‘rinmas oltin) deb ataladi va murakkab tarkibli oltin rudalarida oltinning asosiy shakli hisoblanadi. Sirt yuzadagi oltin - boshqa minerallar yuzasida mineralizatsiya, keyingi jarayonlarda oksidlanish yoki metallurgik qayta ishlash jarayonida adsorbsiyalangan oltin (masalan, uglerodli material va temir oksidi).

Ushbu dissertatsiya ishi sulfidli va ko‘mir tarkibli materiallarni kuydirish jarayonida fizik-kimyoviy o‘zgarishlarni o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, bunda maqsad sorbsiya chiqindilari tarkibidagi sulfidli minerallarni oksidlanishning o‘ziga xos xususiyatlarini o‘rganish va keyingi bosqichda kuyindini sulfat kislotasi bilan qayta ishlash orqali oltinni umumiy ajratib olish ko‘rsatkichlarini yaxshilashdan iborat.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalarini bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetining ilmiy-tadqiqot rejasining: 2-09/2020-son PZ – “Kemiks qoldiqlari va 3-GMZ ning oltin saqlovchi

mahsulotlarini kuydirish jarayonida ularning tarkibi va tuzilishidagi o'zgarishlarni zamonaviy fizikaviy-kimyoviy usullar (DTA, ICS, RA, SEM) bilan tadqiq qilish" (2020) mavzusidagi xo'jalik shartnomasi va "Kontsentrallar va texnogen chiqindilardan ko'p bosqichda qayta ishlash orqali metallarni boyitishning yangi kombinatsiyalashgan innovatsion usuli bilan qimmatbaho (platina, palladiy, rodiy, kumush, oltin) va noyob (litiy, germaniy) metallarni ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqish" (2022) mavzularida amaliy loyiha doirasida bajarilgan

Tadqiqotning maqsadi sulfidli va ko'mirli oltin tarkibli mahsulotlarni kuydirish jarayonidagi fizik-kimyoviy o'zgarishlarni aniqlash orqali kuyindi sifatini oshirishning samarali usulini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

zamonaviy fizik-kimyoviy usullar yordamida 300 °C dan 800 °C gacha bo'lgan harorat oralig'ida sorbsiya qoldiqlarini kuydirish jarayonida amalga oshadigan asosiy va qo'shimcha kimyoviy o'zgarishlarni DTA (differensial termik analiz – derivatografiya), IQ spektroskopiya, RA (rentgenfazali analiz). tahlil qilish), SEM (skanerlovchi elektron mikroskopiya) usullari orqali oltinning to'liq ajralmasligi sabablarini aniqlash maqsadida o'rganish;

keyingi sorbsion sianlanish jarayonida oltinning to'liq ajralmasligini kuydirish haroratiga bog'liqligini aniqlash maqsadida kuydirish jarayonidagi fizik-kimyoviy jarayonlarni tadqiq qilish;

kuydirish jarayonida sulfidli minerallarning oksidlanish mahsulotlarida oltinni taqsimlanishi va uni alohida mahsulotda konsentratsiyalash usulini aniqlash;

ajratib olish qiyin oltin zarralari yuzasini ochish uchun kuyindini qayta ishlash usullarini tadqiq qilish;

murakkab oltin tarkibli mahsulotlari kuyindisidan oltinni ajratib olish darajasini oshirish uchun texnologik sxemani ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida NKMK AJ 3-gidrometallurgiya zavodining bakterial oksidlanish kekini sorbsion sianlash chiqindilari olingan.

Tadqiqotning predmeti oksidlovchi kuydirish yordamida sulfidli va ko'mir tarkibli oltin saqlovchi materiallarni qayta ishlash texnologiyasi tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini olib borishda zamonaviy kompleks tadqiqot usullari, jumladan atomno-absorbtsion, IQ-spektrometrik, rentgen fazalari tadqiqot usullari, materialning issiqlik xususiyatlarini o'rganish uchun laboratoriya tajribalari, shuningdek termogravimetrik tahlil usuli keng qo'llanildi; elektron mikroskopiya, rentgen strukturaviy tahlil, kimyoviy va fazali tahlil usullari va laboratoriya sinovlari natijalarini qayta ishlashning matematik usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

kuydirish jarayonida fizik-kimyoviy o'zgarishlarni o'rganish natijasida temir minerallari gematitgacha to'liq oksidlanmasligi, balki oltin zarralarining natriy sianid bilan ta'sirlashishiga yo'l qo'ymaydigan, zich strukturali oraliq mahsulot – maggemitga qisman aylanishi aniqlangan;

kuyindi tarkibida oltinning kapsulyatsiyalinishining kuydirish harorati bilan belgilanadigan fizik-kimyoviy o'zgarishlar intensivligiga bog'liqligi aniqlangan;

kuyindini sulfat kislota bilan ishlov berish jarayonida sodir bo'ladigan jarayonlarning qonuniyatlarini o'rganish natijasida jarayonning texnologik ko'rsatkichlariga harorat, konsentratsiya va jarayon davomiyligining ta'siri aniqlangan;

kuydirish, kislotali ishlov berish va sorbsion tanlab eritishni o'z ichiga oluvchi va bunda oltinni ajratib olish darajasini 4,1% ga oshirish imkonini beradigan biokek sorbsion chiqindilarini qayta ishlashning texnologik sxemasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

sorbsiya chiqindilarini 300 ° C dan 800 °C gacha harorat oralig'ida kuydirish jarayonida kechadigan fizik va kimyoviy o'zgarishlar zamonaviy fizik-kimyoviy usullar bilan tadqiq qilish natijasida kuydirish jarayonining xususiyatlari aniqlangan.

keyingi sorbsion sianlash jarayonida oltinning to'liq ajralmasligi sabablarini kuydirish haroratiga bog'liqligi aniqlangan;

kuydirish jarayonida sulfidli minerallarning oksidlanish mahsulotlari tarkibida oltinning taqsimlanishi va uni alohida mahsulotga boyitish imkoniyati aniqlangan;

kuyindini sulfat kislota bilan ishlov berish kapsulyatsiyalangan oltinni ochish uchun eng maqbul texnologik yechim ekanligi aniqlandi va jarayonning optimal rejimlari ishlab chiqilgan;

bioksidlash kekini sorbsiyalash chiqindilaridan qo'shimcha oltin olish imkonini maqsadida kuyindini kislotali ishlov berishni o'z ichiga oluvchi samarali yangi texnologik sxema ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi keng miqyosda o'tkazilgan laboratoriya va yarim-sanoat tajribalari qimmatbaho komponentlarni ajratib olish darajasini oshirishda ishning asosiy mazmunining qoniqarli mos keladigan va miqdor jihatdan o'z tasdig'ini topgani, sorbsiya chiqindisini oksidlovchi kuydirish va kuyindini kislota bilan qayta ishlashning ishlab chiqilgan usullarini qo'llash natijalari, muhim ijobiy natijalar, oltinning eruvchanlik darajasining oshishi va asosiy metalning ajrishini oshirish rejimlarini qo'llash natijalari bilan asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati sorbsion chiqindilarni kuydirish jarayonida fizik-kimyoviy o'zgarishlarni o'rganish va sorbsion sianlashda oltinning kuyindidan yetarlicha ajratib olinmasligi omillarini aniqlash, bu esa tadqiqot natijasida aniqlangan maggemit tarkibidagi oltinning inkapsulyatsiyasi sodir bo'lishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati temir oksidlarini eritish va shu bilan oltin zarralariga sianidning kirishini ta'minlaydigan mavjud texnologik sxemaga kuyindini kislota bilan ishlov berish jarayonini qo'shish orqali kuyindidan oltinni ajratib olish darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Biokek sorbsion chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

sorbsion chiqindi kuyindisini sulfat kislotali qayta ishlash usuli "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" aksiyadorlik jamiyatining 3-gidrometallurgiya zavodida amaliyotga joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023 yil 31 avgustdagi № 23/01-01-07/421-son ma'lumotnomasi). Natijada, ishlab chiqilgan

texnologiyani qo'llash temir oksidlari bilan qoplangan oltin zarralari yuzasini ochish imkonini bergan;

sorbsiyalash chiqindisini qayta ishlash, jumladan kuydirish, kislota bilan ishlov berish va sorbsion tanlab eritish texnologik sxemasi "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" aksiyadorlik jamiyatining 3-gidrometallurgiya zavodida amaliyotga joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJning 2023 yil 31 avgustdagi № 23/01-01-07/421-son ma'lumotnomasi). Natijada, asosiy metalning ajralish darajasini 4% dan ko'proqqa oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarini aprobatsiya qilish. Mazkur tadqiqotning natijalari 1 ta respublika va 6 ta xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarda aprobatsiya qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 10 ta ilmiy ishlar chop etilgan bo'lib, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 3 ta maqola, jumladan, 2 ta respublika va 1 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati hamda ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning Respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari ochib berilgan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilishi bo'yicha tavsiyalar, e'lon qilingan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Murakkab tarkibli oltin xom ashyosini kuydirish jarayonining zamonaviy ahvoli va fizik-kimyoviy xususiyatlari**» nomli birinchi bobida murakkab tarkibli oltin mahsulotlarini qayta ishlashga kompleks yondashuv va ularni oksidlovchi kuydirishyordamida ishlov berish tadqiq qilingan

Ruda mineralogiyasining murakkabligi bilan bog'liq foydali qazilmalarni qayta ishlash masalalari va ular bilan bog'liq minerallarning ta'siri kabi jarayon parametrlari muhim tadqiqot masalalari hisoblanadi. Oltin odatda sulfidli minerallar, ayniqsa pirit va arsenopirit bilan bog'langan holda bo'ladi. Murakkab tarkibli oltin rudalar odatda turli konsentratsiyali oltinga ega bo'lgan turlicha sulfidli minerallarni o'z ichiga oladi.

Oksidlovchi kuydirish rangli va qimmatbaho metallarni o'z ichiga olgan materiallarni dastlabki qayta ishlash va ohak fiksatsiyasi yoki sulfat kislota ishlab chiqarish uchun oltingugurt dioksidini ishlab chiqarish uchun temir sulfidlarini oksidlash uchun keng qo'llaniladi. Kuydirish harorati odatda 470-800 °C oralig'ida va asosan 550-600 °C atrofida bo'ladi.

Oksidlovchi kuydirish texnologiyalarining rivojlanishi, ortiqcha kuyish yoki qisman chala kuyish muammolariga qaramay, murakkab tarkibli rudalarni qayta ishlash istiqbollari yaxshiladi. Qaynar qatlam pechining asosiy afzalliklari

quyidagilardir: issiqlik va massa uzatishning yuqori tezligi; kuydirish tizimi bo‘ylab bir xil harorat sharoitlari; oltingugurt va uglerodning to‘liq yonishi; qaynar qatlam pechining ichidagi haroratni aniq nazorat qilish imkoniyati; butun tizimdagi kislorod parsial bosimining barqarorligi.

Shunday qilib, yuqoridagi tahlillardan ko‘rinib turibdiki, kuydirish jarayoni murakkab texnologik jarayondir. Uning ishlashi ko‘plab omillar va parametrlarga bog‘liq - mineral tarkibi, zarrachalar hajmining taqsimlanishi, kuydirish harorati, jarayonning davomiyligi, kislorodning parsial bosimi. Shuning uchun kuydirish paytida sodir bo‘ladigan fizik-kimyoviy jarayonlarni o‘rganish dolzarb vazifadir.

Dissertatsiya ishining «**Oltin tarkibli mahsulotlarni tadqiq qilish obyektlari va usullari**» nomli ikkinchi bobi tadqiqot obyekti – NKMK AJning 3-gidrometallurgiya zavodining biooksidlanish kekini sorbsion sianlash qoldiqlarini tadqiq qilishga shuningdek, tadqiqotni olib borish usullari va olib borilgan tajriba ishlarini tavsiflashga bag‘ishlangan.

Hozirgi vaqtda 3-GMZ texnologik sxemasi rudani flotatsiya-bioksidlash-sorbsiyalash-kuydirish texnologiyasi bo‘yicha qayta ishlashni, sorbsiya chiqindilarini kuyindisini keyingi sorbsion sianlashni ko‘zda tutadi. Biokek sorbsion chiqindisining xususiyatlarini o‘rganish uchun murakkab tadqiqot usullari, jumladan, rentgen fazali tahlil (RA), infraqizil spektroskopiya (IQS), skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) tahlil usullari va differentsial termal tahlil (DTA) qo‘llanildi. Bu usul materialning termal xususiyatlarini tahlil qilish uchun ishlatilgan.

Mineral fazani kukunli diffraksiya yordamida tahlil qilish natijasida pirit va arsenopirit (jami 4,4%) to‘liq oksidlanmagan degan xulosaga kelish mumkin. (1-jadval) Kalsiy sulfat minerallari (gips, angidrid va bassanit) va yarozit mineralining (jami 3,3%) mavjudligini ham kuzatish mumkin, ular avvalgi biooksidlanish mahsulotining murakkabligini aniqlaydigan minerallar sifatida qaralgan. Yarozit, pirit va arsenopirit atrofida yupqa plyonka qatlami hosil qilib, bu minerallar yuzasiga bakteriya kirishni to‘sib qo‘yishi va uning matritsada nozik oltin zarralarini bloklash orqali murakkablikni keltirib chiqaradi.

1-jadval

Rietveld usuli bilan hisoblangan sorbsion chiqindi namunasidagi minerallarning massa ulushlari

Mineral	Kvars	Gips	CaSO ₄	Pirit	Arsenopirit	Xlorit	Muskovit/Illit	Albit	TiO ₂	Kalsit	Yarozit	Grafit	CaSO ₄ *0,625(0,5)H ₂ O (bassanit)	Shabazit	Kaolinit
Miqdori	30,9	1,6	1,5	3,8	0,6	3,4	30,5	7,3	1,9	1,9	3,3	2,2	5,2	1,7	4,4

Namunalarning infraqizil spektrlari Nicolet Continuum FTIR mikroskopi (Thermo Fisher Scientific, AQSh) yordamida 450 sm⁻¹ dan 2200 sm⁻¹ gacha bo‘lgan

diapazonda olingan. Namuna yuzasiga tushgan infraqizil nurning o'lchami taxminan 100 mikron ekanligi aniqlandi. Ushbu nur o'lchami namunalardagi minerallarning ko'pchiligidan kattaroq bo'lganligi sababli, namuna kukunlari yordamida ma'lumotlar to'plash natijasida atrofdagi minerallardan salbiy spektrlar paydo bo'ladi. Alohida minerallardan spektrlarni olish uchun har bir namunadan taxminan 100 mg miqdorda 50 ml hajmli plastik namunali trubkaga solindi va 40 ml deionizatsiyalangan suv qo'shildi. Keyin trubka ultratovushli vannaga 20 daqiqa davomida juda nozik va yengil mineral fazalarni namunadagi asosiy minerallardan ajratish uchun joylashtirildi. Kolloid qismi tashlab yuborildi va hosil bo'lgan cho'kma filtr qog'ozida 120 °C da quritildi. Quritilgan mineral zarralar FTIR aks ettirish spektrlarini yig'ish uchun kumush oynaga joylashtirildi, har 100 daqiqada mos yozuvlar spektri olindi va uning barqarorligi tekshirildi.

Oltinni ajratib olish darajasini oshirish imkoniyatlarini o'rganish maqsadida kuyindini sulfat kislotali termik ishlov berish bo'yicha laboratoriya sharoitida tajribalar o'tkazildi.

Yuqoridagi sabablarga ko'ra, tadqiqotning asosiy qiziqishi pirit/arsenopiritni kuydirish jarayonida hosil bo'lgan minerallarni va qaysi minerallar oltingugurt va mishyak bilan bog'liqligini aniqlash va bu minerallardan qaysi biri kuyindida qayta ishlashda oltinni ajratib olishga to'sqinlik qilishini o'rganish edi.

“3-GMZ sorbsion-kuydirish texnologiyasi samaradorligini oshirishni tadqiq qilish” nomli dissertasiyaning uchinchi bobida murakkab oltin tarkibli materiallarni kuydirish-kislota bilan ishlov berishning oltinni umumiy ajratib olish darajasini oshirishga ta'siri tadqiqot natijalari keltirilgan.

Ushbu ishga yondashuv oltinni ajratib olish darajasining pasayishiga olib kelishi mumkin bo'lgan sabablarini aniqlash uchun kukunli rentgen diffraksiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiya va Fourier qayta tashkul qilish infraqizil spektroskopiyasidan foydalangan holda namunalar tahlilini maksimal darajada amalga oshirish edi.

Sorbsiya chiqindisi namunasi rentgen fazali tahlildan foydalangan holda Rietveld usullari bilan hisoblanganda, taxminan 3,8% pirit va taxminan 0,6% arsenopiritni o'z ichiga olishi aniqlangan. Pirit va arsenopiritning mavjudligi SEM va FTIR yordamida ham ko'rsatilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, arsenopiritning katta qismi biooksidlash jarayonida oksidlanadi.

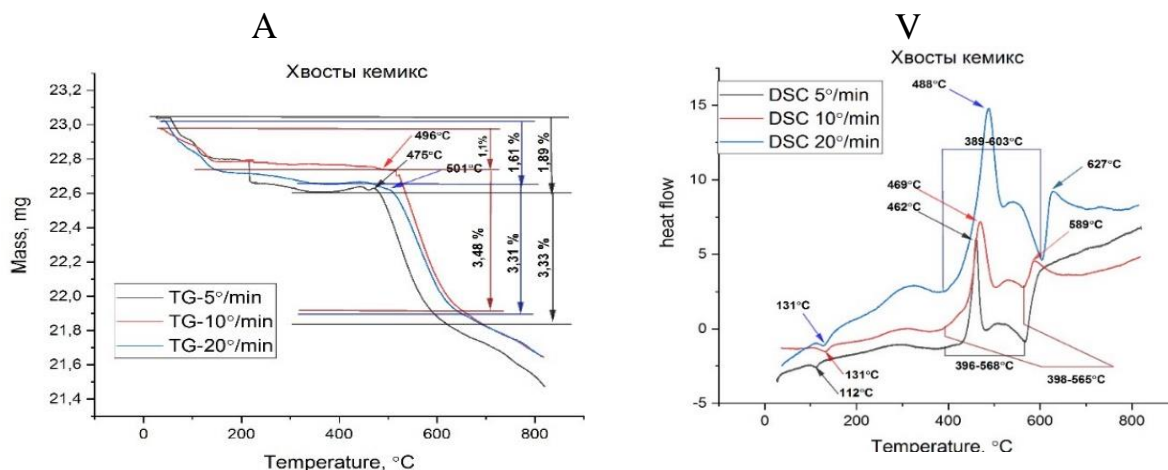
Mayin murakkab tarkibli materialdan oltin yuzasini ochishning eng optimal usullaridan biri bu sulfidli va uglerodli materialni termik qayta ishlashdir. Sorbsiya chiqindilarining termogravimetrik tahlilining parametrlarini aniqlash uchun termal tahlil o'tkazildi.

50 °C dan 800 °C gacha bo'lgan harorat oralig'ida massaning o'zgarishini aniqlashtirish uchun termal tahlil ma'lumotlari raqamli ma'lumotlar shaklida olingan va harorat oralig'ining belgilangan qismlarida vazn yo'qotishini yaxshiroq aniqlash uchun qo'shimcha ishlov berilgan (1-rasm).

1.A rasmda - termogravimetrik tahlil (TG) grafiklari keltirilgan bo'lib, bunda haroratga bog'liq holda massa o'zgarishi keltirilgan. Rasmda ko'rsatilgandek, 50 °C dan 475 °C harorat oralig'ida (5 °C / min), 496 °C (10 °C / min), 501 °C

(20 °C/min) vazn yo‘qotish mos ravishda 1,89%, 1,1% va 1,61% ni tashkil etdi, bu ichki va gigroskopik namlikni olib tashlash orqali tushuntirilgan. 438 °C dan 659 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida vazn yo‘qotish 3,33%, 3,48% 3,31% ga yetdi.

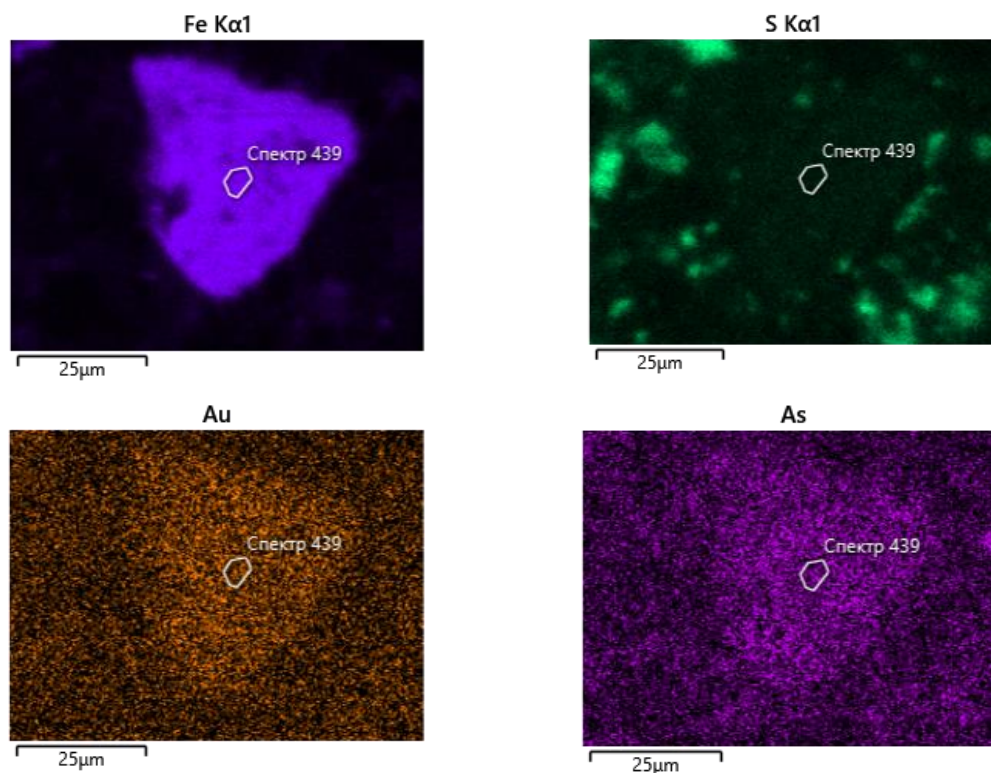
Keyinchalik kuzatilgan massa yo‘qolishi organik uglerodning yonishi bilan bog‘liq.



1-rasm. Sorbsiya chiqindilari termal tahlil egri chizilari

1.V rasmda differentsial skanerlash kalorimetriyasi (DSC) egri chiziqlarini keltirilgan. DSC natijalari TG va DTG tavsifiga mos keladi. Olingan ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, 131 °C da issiqlik yutilishi kuzatiladi, bu $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ning $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ga aylanishi bilan bog‘liq. 488 °C haroratda kuchli issiqlik chiqishi kuzatiladi, bu esa sulfid tarkibidagi oltingugurtning yonishi natijasida yuzaga keladi. 600 °C dan yuqori haroratda kuchsiz issiqlik chiqishi organik uglerodning yonishini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, 800°C da rentgenogramma suvsiz gipsning parchalanishini ko‘rsatadi, bu esa 750 °C dan yuqori haroratda massaning keyingi kamayishi bilan ifodalanadi.

SEM tahlilida 550°C da 1450 marta kattalashgan kuydirilgan sorbsion chiqindi namunasi sirtining elementar xaritasi 2-rasmda keltirilgan, bu sirtning elementar tahlili 2-jadvalda keltirilgan. Olingan ma‘lumotlardan ko‘rinib turibdiki, ushbu mineral yuzasida g‘ovaklar, yoriqlar va qatlamlar mavjud bo‘lib, ular pirit/arsenopirit zarralari yuzasida dastlabki oksidlanishdan keyin zarrachaning to‘liq oksidlanishi uchun g‘ovaklar, yoriqlar va qatlam paydo bo‘la boshlaganini ko‘rsatadi.

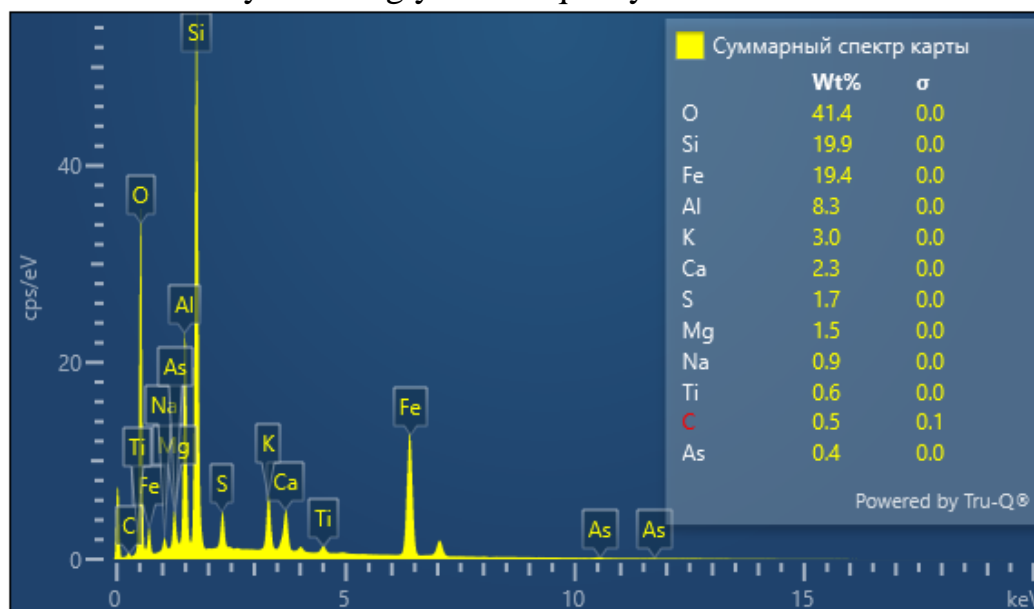


2-rasm. 550°C da kuydirilgan sorbsiya chiqindisi namunasi yuzasining ko'p elementli xaritasi, 1450 marta kattalashtirilgan holda

Ko'rish mumkinki, oltingugurt asosan kalsiy bilan bog'langan bo'lib, bu namunada kalsiy sulfat mavjudligini tasdiqlaydi. Mishyak temir bilan bog'langan va mishyakning umumiy miqdori temirdan taxminan 50 baravar kam (mos ravishda 0,4% va 19,4%). Mishyakning temirga nisbati temir oksidi zarrachasi yuzasida ancha past bo'ladi, bu taxminan 77 martani tashkil qiladi (mos ravishda 0,7% va 53,9%), bu 439 spektrda o'lchanadi. Mishyak va oltindan zaif rentgen signali mavjud bo'lib, bu temirdan signal bo'lgan joyda kuzatiladi.

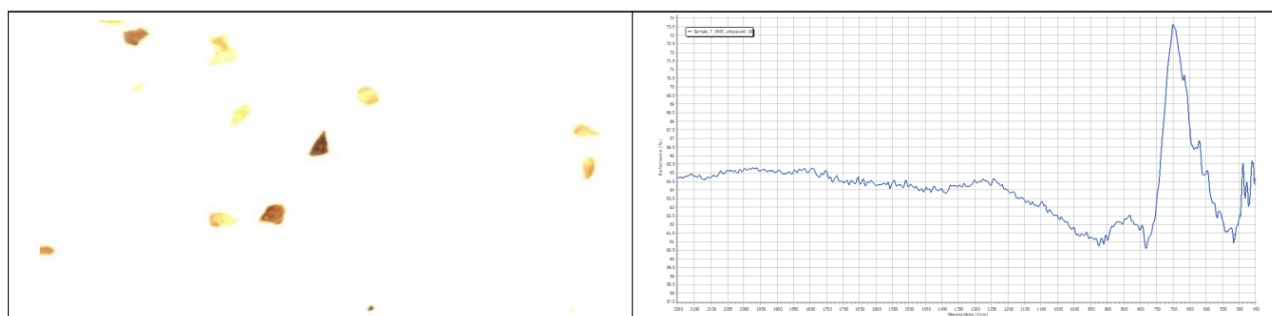
2-jadval

1450 marta kattalashtirishda 550 °C da kuydiriladigan sorbsiya chiqindisi namunasi yuzasining yarim miqdoriy element tahlili



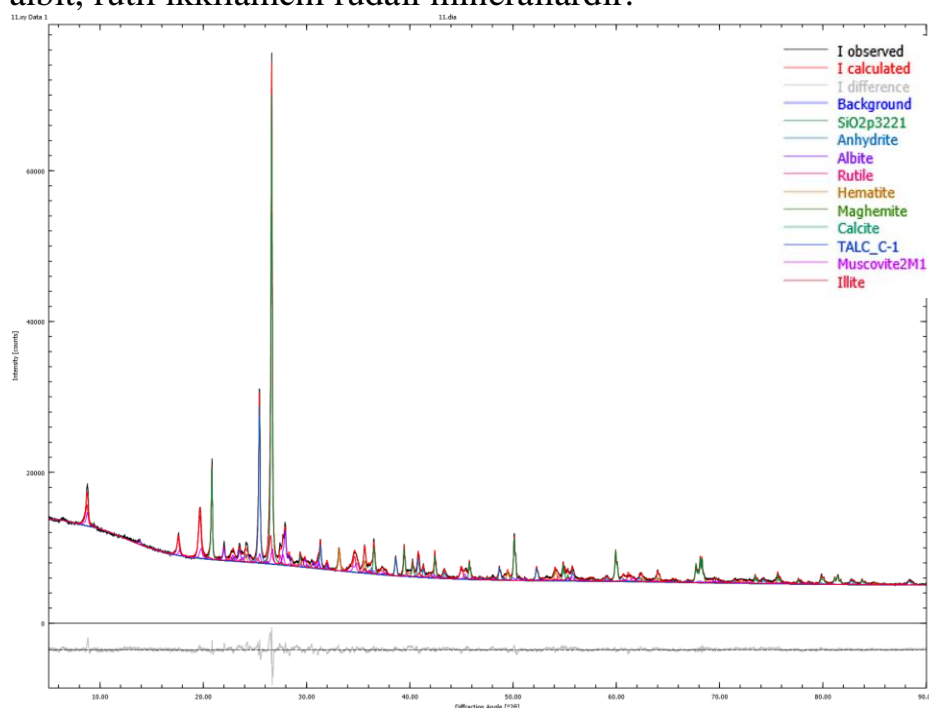
IQ Fure shuni ko'rsatdiki, mahsulotlarni yuqori haroratda kuydirish natijasida pirit/arsenopirit minerallaridan g'ovak gematit minerallari bilan qoplangan g'ovakli past zich strukturaga ega maggemit hosil bo'ladi. Maggemitdan oltinning ochilishi bo'yicha o'tkazilgan tajribalar ajratib olish darajasining oshishini ko'rsatdi, bu esa oltinning maggemitda kapsulyatsiyalanganini tasdiqladi (3-rasm).

Piklar 830 sm^{-1} , 700 sm^{-1} , 620 sm^{-1} , 595 sm^{-1} , 557 sm^{-1} , 487 sm^{-1} va 460 sm^{-1} da kuzatiladi va mineral zarracha asosan maggemitdan iboratligini va bunda gematit miqdori unchalik katta emasligini ko'rsatadi.



3-rasm. 500°C da yondirilgan sorbsiya chiqindilari namunasidan shakli bo'yicha pirit/arsenopiritga o'xshash to'q jigarrang zarrachaning IQ spektri.

Kuydirish jarayoni kuyindisi namunaning kukunli diffraksiya sxemasi 4-rasmda va Rietveld usuli yordamida kukunli difraktogramma tahlili natijasida olingan minerallarning yarim miqdoriy massa foizlari 3-jadvalda ko'rsatilgan. 3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, kuydirish jarayoni kuyindisi namunasida temir sulfidli minerallarning oksidlanish mahsulotlari sifatida gematit va maggemit mavjud. Namunadagi gematit va maggemitning umumiy miqdori 4,4% deb hisoblangan. Asosiy sulfat minerali sifatida faqat CaSO_4 kuzatiladi. Kvars, muskovit, albit, rutil ikkilamchi rudali minerallardir.



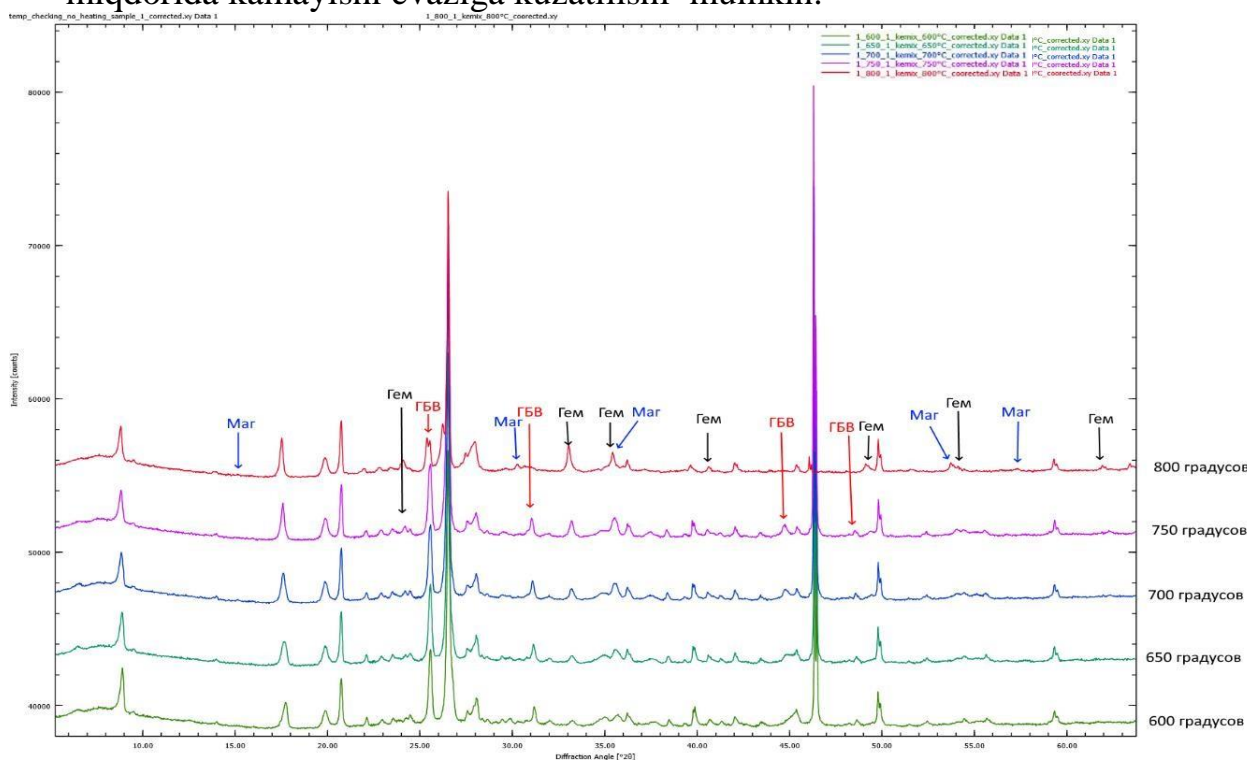
4-rasm. Kuyindi namunasining kukunli difraktogrammasi.

Rietveld usuli bo'yicha tahlil natijasida hisoblangan kalsinlangan shlakli namunadagi minerallarning og'irlik foizlari

Mineral	Kvarts	CaSO ₄	Muskovit / Illit	Albit	TiO ₂	Kaltsit	Talk	Gemait	Maggemit
Tarkib,%	36,4	11,6	31,0	13,6	1,3	1,0	0,7	3,4	1,0

Yuqori haroratli kamera yordamida rentgen fazasini tahlil qilishda arsenopirit/piritning oksidlanishi 400 °C dan 450 °C gacha bo'lgan haroratda boshlanishi va pirit/arsenopirit 500 °C da butunlay oksidlanishi aniqlangan.

600 °C dan 750 °C gacha mineral o'zgarishlar kuzatilmaydi va 800 °C da olingan diffraksiyon ma'lumotlar jadal o'zgaradi (5-rasm). Suvsiz gips (CaSO₄) diffraksiya piklari 800 °C da olingan ma'lumotlarda kuzatilmaydi, maggemit miqdori oshganga o'xshaydi, ammo bu suvsiz gips (CaSO₄) kabi boshqa asosiy minerallarning parchalana boshlangani, termal kamerada namunaning umumiy miqdorida kamayishi evaziga kuzatilishi mumkin.



5-rasm. Sorbsiya chiqindisi namunasining 600 °C dan 800 °C gacha bo'lgan haroratlarda rentgen diffraktogrammasi

Maggemitni konsentratga o'tkazish maqsadida kuyindini magnitli separatsiya bilan ajratish amalga oshirildi. Magnitli fazadagi oltin konsentratsiyasi 11 g/t ni tashkil etdi, bu sorbsiya chiqindisi kuyindisi tarkibidagi umumiy oltin miqdorining taxminan 25% ni tashkil qiladi. Biroq, magnitli usulda ajratish kuydirish paytida hosil bo'lgan maggemit zarralarini ajratish uchun yechim emas, chunki zarralar juda kichik, ajratish samaradorligi juda past, jarayon ko'p vaqt talab qiladi va oltinni 100% ajratishga erishilmadi.

Temir oksidlarini eritib, oltin yuzasini ochish maqsadida 600 °C da kuydirilgandan so'ng olingan kuyindi namunasi sulfat kislotaning turli konsentrasiyalarida sulfat kislotali termik ishlov berish bo'yicha tajribalar o'tkazildi. kuyindini sulfat kislota bilan qayta ishlash ko'rsatkichlari quyidagicha: H₂SO₄ konsentratsiyasi 10 g/l, 20 g/l, 30 g/l, 40 g/l va 50 g/l; Q:S= 1:3; jarayonning davomiyligi - 1 soat; harorat - 80÷85 °C. Natijalar 4-jadvalda keltirilgan

4-jadval

Kislota bilan ishlov berishdan so'ng sorbsion sianlanish natijalari

№	Kuyindi tarkibida elementlarning miqdori			Sorbsion chiqindi tarkibida Au, g/t	Au ajratib olish, %	Reagent sarfi			Kons. H ₂ SO ₄
	Au, g/t	Ss, %	C _{org} , %			H ₂ SO ₄ kg/t	CaO kg/t	NaCN kg/t	
1	4,95	0,07	0,11	1,11	77,5	-	9,6	4,78	asosiy
2				1,07	78,4	13,90	35,6	4,98	10 g/l
3				1,02	79,4	27,2	47,8	5,45	20 g/l
4				0,96	80,6	49,6	72,6	5,97	30 g/l
5				0,91	81,6	65,3	95,6	6,75	40 g/l
6				0,9	81,8	125,8	187,1	6,85	50 g/l

Konsentratsiyaning 10 g/l dan 40 g/l gacha oshishi bilan ajratib olish darajasi 78,4 dan 81,6% gacha, ya'ni 3,2% ga oshdi. Shu bilan birga, sulfat kislota sarfi 4 baravardan ko'proq - 13,9 dan 65,3 kg/t gacha oshadi. Konsentratsiyaning yana 40 g/l dan 50 g/l gacha oshishi kislota sarfini deyarli 2 marta - 65,3 dan 125,8 kg/t gacha oshiradi. Natijada 50 g/l da ajratib olish darajasining biroz ortishi va kislota iste'molining keskin ortishi tufayli eng maqbul konsentratsiya 40 g/l ni tashkil qiladi.

2-bosqichda kuyindini kislota bilan ishlov berishning optimal davomiyligini aniqlashga qaratilgan bir qator tajribalar o'tkazildi (5-jadval). Ishlov berish vaqti - 10, 20, 30, 40, 60 min. Boshqa jarayon shartlari bir xil o'zgarmay qoldirildi. Tajriba natijalaridan ko'rinib turibdiki, jarayonning optimal davomiyligi 1 soat bo'lib, oltinni ajratib olish 81,0% ga yetgan, bu esa asosiy ajratib olish darajasidan 4% ga yuqori.

5-jadval

Kislota bilan ishlov berish davomiyligini aniqlash natijalari

№	Kuyindi tarkibida elementlarning miqdori			Sorbsion chiqindi tarkibida Au, g/t	Au ajratib olish, %	Qayta ishlash vaqti
	Au, g/t	Ss, %	C _{org} , %			
1	4,84	0,11	0,21	1,11	77,0	asosiy
2				1,09	77,5	10 min
3				1,06	78,1	20 min
4				1,01	79,1	30 min
5				0,96	80,2	40 min
6				0,93	80,7	50 min
7				0,92	81,0	60 min
8				0,91	81,1	70 min

Keyingi tajribalar kuyindini qayta ishlash uchun optimal harorat rejimini aniqlashga qaratilgan (6-jadval). Qayta ishlash harorati - 50, 60, 70, 80 °C. Maksimal tiklanish 3,4% ga 80 °C da erishildi.

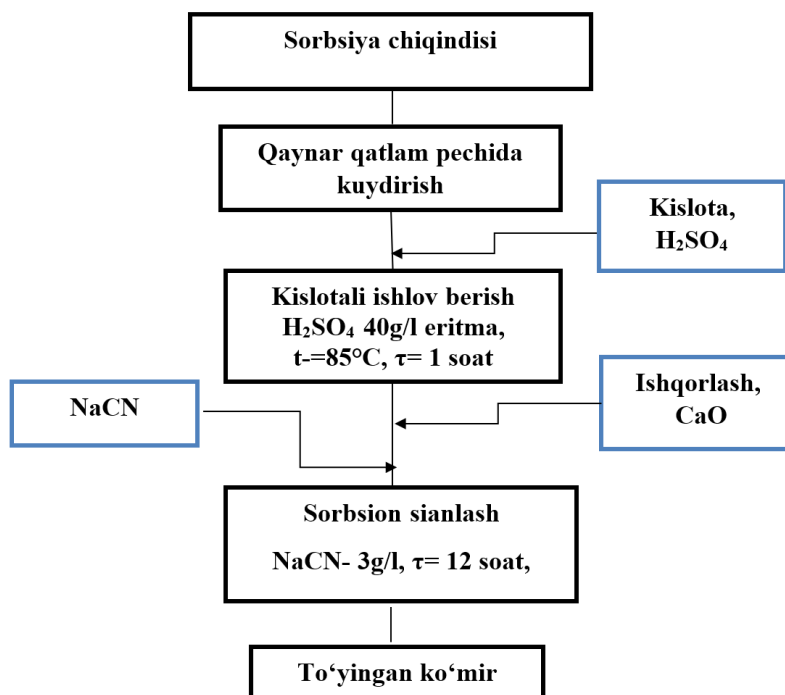
6-jadval

Kislota bilan ishlov berish haroratini aniqlash natijalari

№	Kuyindi tarkibida elementlarning miqdori			Sorbtsion chiqindi tarkibida Au, g/t	Au ajratib olish, %	Reagent sarfi			Qayta ishlash harorati
	Au, g/t	Ss, %	Korg, %			H ₂ SO ₄ kg/t	CaO kg/t	NaCN kg/t	
1	4.84	0,06	0,12	1.11	77,0	-	9.5	4.8	asos
3				1.04	78.5	51.2	55.3	5.8	50 °C
4				1.02	78.9	55.3	55.3	6.11	60 °C
5				0,99	79.5	55.3	57.7	6.62	70 °C
6				0,95	80.4	55.3	62.4	6.75	80 °C

Dissertatsiya ishining “**Kislota bilan ishlov berishdan foydalangan holda tavsiya etilgan texnologik sxemani ishlab chiqish va asoslash**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida murakkab tarkibli oltin konsentratlarini kuydirish-kislotali ishlov berish orqali qayta ishlashning yangi usuli ishlab chiqilgan.

6-rasmda kuydirish-kislota bilan ishlov berishdan foydalangan holda murakkab tarkibli oltin mahsulotlarini qayta ishlashning tavsiya etilgan texnologik sxemasi ko‘rsatilgan va 7-jadvalda metall bo‘yicha material balansi keltirilgan. U ikkita ishlov berish bosqichini o‘z ichiga oladi: qaynar qatlam pechida kuydirish va kislota bilan ishlov berish. Shu bilan birga, sorbsiya chiqindisi doimiy ravishda qaynar qatlam pechga kiradi, bu yerda sorbsiya chiqindisini intensiv kuydirish 650°C haroratda sodir bo‘ladi. Olingan kuyindi pH-2 da kislota bilan repulpsatsiya qilinadi va 85 °C da bir soat davomida kislota bilan ishlov berish uchun beriladi.



6-rasm. Kuydirish-kislota bilan ishlov berish yordamida sorbsion chiqindilarni qayta ishlash sxemasi

Kislota bilan ishlov berishdan so'ng, pulpa oltin bilan to'yingan smola olish uchun sorbsion sianlashga yuboriladi. Oltin tarkibli mahsulotlarni qayta ishlash bo'yicha ishlab chiqilgan sxemaning iqtisodiy samaradorligini baholash shuni ko'rsatdiki, qo'shimcha operatsiyalarni kiritish hisobiga reagentlar sarfi va elektr energiyasining narxi oshadi. Yillik foyda yiliga 15,126 mlrd ni tashkil etadi.

7-jadval

Metall uchun Murakkab tarkibli oltin konsentratlarini qayta ishlashning moddiy balansi

№	Mahsulotlar	O'Ich. birlik	Mahsulot miqdori, t; m ³	Metall tarkibi, g/t; %; g/l*		Metall miqdori, g; t		Ajrallish darajasi, %	
				Au	Fe	Au	Fe	Au	Fe
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	Oksidlovchi kuydirish								
	Kiradi:								
	Dastlabki mahsulot	t	100	4,46	11,9	446	11,9	100	100
	Chiqadi								
	Kuyindi	t	91	4,9	13,1	446	11,9	100	100
2	Sulfat kislotali ishlov berish								
	Kiradi								
	Kuyindi	t	91	4,9	13,1	446	11,9	100	100
	H ₂ SO ₄ eritmasi	m ³	273	-	-	-	-	-	-
	Jami					446	11,9		
	Chiqadi								
	Eritma	m ³	273	-	40*	-	10,83	-	91
	Kek	t	78,5	5,68	3,72	446	1,07	100	9
	Jami					446	11,9		
4	Sorbsion sianlash								
	Kiradi								
	Kislota bilan ishlov berishdan keying kek	t	78,5	5,68	3,72	446	1,07	100	9
	Aktivlangan. ko'mir	t	0,5	-	-	-	-	-	-
	Jami					446	1,07		
	Chiqadi								
	Chiqindi	t	65,3	2,85	3	84,74	1,07	19	9
	To'yingan. ko'mir	t	0,5	3281,2	-	361,26	-	81	-
	Jami					446	1,07		

XULOSA

«Kuyindi sifatini oshirish maqsadida sulfidli va ko'mir tarkibli mahsulotlarni kuydirish jarayonida fizik-kimyoviy o'zgarishlarni tadqiq qilish» mavzusidagi texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Kimyoviy tahlil natijalariga ko'ra, biokek sorbsiya chiqindisi tarkibida 1,6% sulfidli oltingugurt mavjudligi aniqlandi va mineralogik tahlil bilan ko'rsatilgandek mahsulotda pirit va arsenopiritning umumiy miqdori 4,4% ni tashkil qiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, biooksidlanish jarayonida sulfidli minerallar to'liq oksidlanmagan va bu asosan sorbsion sianlash chiqindisi tarkibida oltinning yo'qolishiga sabab bo'ladi.

2. Sulfidlarning to'liq oksidlanishi uchun fizik-kimyoviy o'zgarishlar bilan birga olib boriladigan kuydirish jarayonidan foydalanish taklif etiladi, ularni o'rganish jarayonni samarali amalga oshirish imkonini beradi.

3. O'tkazilgan termal tahlil asosida sulfidli minerallar va organik uglerod oksidlanishining optimal haroratlari o'rnatildi. Kuydirish jarayonida pirit va arsenopirit 450 °C da to'liq oksidlanishi aniqlandi.

4. 300 °C dan 800 °C gacha bo'lgan haroratda kuydirilgan sorbsiya chiqindilarining SEM tahlili shuni ko'rsatdiki, pirit/arsenopiritning oksidlanishi 350 °C haroratdayoq boshlanadi, 450 °C haroratda pirit/arsenopirit to'liq oksidlaydi. 550 °C haroratda pirit/arsenopirit zarralari yuzasida dastlabki oksidlanishidan so'ng, zarrachaning to'liq oksidlanishiga hissa qo'shadigan g'ovaklar, yoriqlar va qatlamlar paydo bo'la boshlaydi. 600°C da kuydirilgan sorbsiyalash chiqindilari namunasi yuzasining elementar xaritasi namuna yuzasi to'liq oksidlanganligini ko'rsatadi.

5. O'tkazilgan tahlillar namuna yuzasida hajmi 100 mkm dan kam bo'lgan uglerod zarralari mavjudligini ham tasdiqladi va uglerodning umumiy miqdori 3,5% ni tashkil etib, 600 °C va undan yuqori haroratda yonishni boshlashi aniqlandi.

6. Namunaning IQ Fure spektroskopiya tahlili shuni ko'rsatdiki, 350 °C haroratda, pirit/arsenopirit oksidlanishining dastlabki bosqichida, reaksiya gematit va maggemit hosil bo'lishi bilan davom etadi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, sulfidlarning oksidlanishiga mos keladigan harorat oralig'ida maggemit va gematit hosil bo'lishida maggemitning nisbati ustunlik qiladi.

7. Shuningdek 300 °C dan 800 °C gacha bo'lgan haroratda olingan namunalarning rentgen nurlanishining diffraksion tahlili shuni ko'rsatdiki, pirit/arsenopirit minerallari 600 °C gacha bo'lgan haroratda gematit va maggemitgacha oksidlangan.

8. Shunday qilib, dastlabki pirit/arsenopirit tarkibidagi oltinning bir qismi hosil bo'lgan g'ovak bo'lmagan maggemit mineralida qoladi, shuning uchun sorbsion sianlash jarayonida oltinning yo'qolishi oltinning maggemitda inkapsulyatsiyasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Chunki uning zich tuzilishi natriy sianidning oltin bilan ta'sirlashishiga imkon bermaydi. Shuning uchun maggemit tarkibidagi oltin zarralarini ochish uchun eng to'g'ri yechim sulfat kislota bilan ishlov berishdir.

9. Gematit va maggemit magnit xususiyatlarga ega bo'lganligi sababli, kislota bilan ishlov berishdan oldin magnitli separatsiyani qo'llash tavsiya etiladi. Magnitli separatsiya jarayonida magnit fazadagi oltinning konsentratsiyasi 11 g/t ni tashkil etdi, bu sorbsiya chiqindisi kuyindisi namunasidagi oltinning umumiy miqdorining taxminan 25% ni tashkil qiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, magnitli ajratish kuydirish jarayonida hosil bo'lgan maggemit zarralarini ajratish uchun yechim emas, chunki ajralish samaradorligi juda past.

10. Aniqlanishicha, kuyindini sulfat kislota eritmasi bilan ishlov berish, keyingi sorbsion sianlashda oltinning ajralishini kislota bilan ishlovsiz to'g'ridan-to'g'ri sianlash bilan solishtirganda 4,1% ga oshirish imkonini beradi, bunda quyidagi optimal parametrlar belgilandi: sulfat kislota konsentratsiyasi - 40 g/l , harorat – 80 °C, jarayonning davomiyligi - 60 minut.

11. Iqtisodiy baholash asosida olib borilgan hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, sorbsion chiqindilarni oksidlovchi kuydirish va keyinchalik kuyindini sulfat kislota bilan qayta ishlashdan foydalangan holda qayta ishlashning tavsiya etilgan texnologik sxemasi qo'shimcha oltin olish imkonini beradi, bu esa korxonaning yillik foydasini 15,126 mlrd. so'mga oshirishni ta'minlaydi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/04.06.2021.Т.06.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАВОЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

НАРЗУЛЛАЕВ ЖАХОНГИР НОРБОБО УГЛИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ
ПРИ ОБЖИГЕ СУЛЬФИДНОГО И УГЛИСТОГО МАТЕРИАЛА
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОГАРКА**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Навои - 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером № В2023.3.PhD/T2070.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.nsumt.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научный руководитель: **Санакулов Кувандик**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Шарафутдинов Улугбек Зиятович**
доктор технических наук, доцент

Тошкодирова Раъно Эркинжоновна
доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

Ведущая организация: **филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» в г. Алмалык**

Защита диссертации состоится «27» 10 2023 года в 13⁰⁰ часов на заседании Научного Совета DSc.17/04.06.2021.T.06.01. (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в. Зал заседаний Навоийского государственного горно-технологического университета. Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горно-технологического университета (зарегистрирован за № 140). (Адрес: 210100, г. Навои, ул. Галаба шох, 76в, Тел.: (79) 223-23-32; факс: (79) 223-49-66).

Автореферат диссертации разослан «13» 10 2023 года.
(реестр протокола рассылки №14 от «13» 10 2023 года).



[Handwritten signature]

М.М.Якубов

Вр.и.о. председателя Научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

[Handwritten signature]

О.У.Фузайлов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н. (PhD)

[Handwritten signature]

А.У.Самадов

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в настоящее время запасы золотосодержащих руд преобретают все более упорный характер, а содержание золота в них уменьшается. В связи с этим особое внимание на переработку упорных золотосодержащих руд растёт стремительными темпами. Для снижения себестоимости продукта, увеличения сквозного извлечения основного металла и уменьшения затрат на переработку разрабатываются новые методы и технологические решения. Улучшение показателей извлечения золота из упорной руды и комплексная переработка сырья являются главной проблемой горно-перерабатывающего производства. При этом особое значение приобретает исследование и разработка эффективных технологий переработки упорных руд и концентратов с применением новых инновационных методов переработки, позволяющих улучшить сквозное извлечение золота и степень комплексной переработки исходного сырья.

Сегодня мировая горнодобывающая промышленность проводит научные исследования для поиска решения постоянно растущих проблем добычи золота из низкосортных сульфидных руд, в которых золото тонко вкраплено в кристаллической структуре сульфидного минерала или в виде твердого раствора. В связи с этим для преодоления проблем извлечения золота из упорных золотосодержащих руд методом прямого цианирования необходимо использовать дополнительные методы переработки, разработать и внедрить высокоэффективные технологические способы извлечения золота и повысить эффективность существующих технологий.

В Республике основную долю экономики страны составляет горно-металлургическая промышленность которая является одним из незаменимых отраслей развития экономики и в этом направлении достигается ряд научных и практических результатов по переработки минерального сырья, в частности золотосодержащих руд, с целью рационального извлечения ценных компонентов. В Указе Президента Республики Узбекистан¹ определены важные задачи по «повышению промышленности на качественно новый уровень, глубокой переработки местных источников сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению новых видов продукции и технологий», основанный на важных задачах, Исходя из этих задач исследование для решение задач по внедрению и разработке новых инновационных технологий для извлечения ценных металлов из упорного сырья имеет большое научное и практическое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сборник правовых документов Республики Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

инновационных идей, технологий и проектов», №ПП-5159 от 24 июня 2021 года «О дополнительных мерах по развитию горно-металлургической промышленности и смежных отраслей», №ПП-436 от 02 декабря 2022 года «О мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан на «зеленую» экономику до 2030 года», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Степень изученности проблемы. В области развития производства драгоценных, цветных, редких и благородных металлов из рудного сырья, а также техногенных отходов, внесли свой значительный вклад такие зарубежные и отечественные ученые: Адамов Э.В., Плаксин И.Н., Чантурия В.А., Абрамов А.А., Годэн А.М., Лодейщиков В.В., Меретуков М.А., Санакулов К., Юсупходжаев А.А., Якубов М.М., Хасанов А.С., Шарипов Х.Т., Саттаров Г.С., Эргашев У.А., Mike D. Adams, Naque K.E., Afenya P.M., Brierly C.L., Emmet R.C.Ir., Marsden J. и др.

При обзоре проделанных исследований и работ, надо отметить, что исследование поведения золота состоит из двух частей: первая включает в себя полное минералогическое распределение золота, в котором все формы и носители золота идентифицируются и оцениваются количественно, в то время как во втором случае основное внимание уделяется на определение и классификацию причин потерь золота.

Минералогическое золото в руде или продукте переработки можно разделить на три формы в зависимости от его поведения: микроскопическое, субмикроскопическое, поверхностное. Микроскопическое золото, также известное как видимое золото, включает все видимые под микроскопом минералы золота, такие как сплавы золота, теллуриды золота, сульфиды золота, селениды золота и сульфоселениды золота. Микроскопическое золото встречается во многих золотых рудах и является основной формой золота в упорных золотых рудах. Золото, невидимое под оптическим и сканирующим электронными микроскопами, называется субмикроскопическое золото (или же невидимое золото) и является основной формой золота в упорных золотых рудах. Поверхностное золото - золото, адсорбированное на поверхности других минералов (например, углеродистого материала и оксида железа) во время минерализации и последующего окисления или металлургической обработки.

Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию физико-химических превращений при обжиге сульфидного и углистого материала с целью изучения характерных особенностей окисления сульфидных минералов в упорных золотосодержащих хвостах сорбции с дальнейшей сернокислотной обработкой огарка для улучшения показателей сквозного извлечения золота.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета на темы: № 2-09/2020 ПЗ – «Исследование изменения состава и структуры хвостов КЕМИКС и золотосодержащих потоков ГМЗ-3 в процессе обжига современными физико-химическими методами (ДТА, ИКС, РА, СЭМ)» (2020 г.) и грант на тему “Разработка технологии извлечения драгоценных (платина, палладий, родий, серебро, золото) и редких (литий, германий) металлов из техногенных отходов новым комбинированным инновационным методом обогащения металлов путем многостадийной переработки концентратов и остатков обогащения” (2022)

Целью работы является разработка эффективного метода улучшения качества огарка путем определения физико-химических изменений в процессе обжига сульфидных и углистых золотосодержащих продуктов.

Задачи исследования:

изучение основных и побочных химических превращений, происходящих при обжиге хвостов сорбции в температурном диапазоне от 300°C до 800°C современными физико-химическими методами: ДТА (дифференциальный термический анализ-дериватография), ИК спектроскопия, РА (рентгенофазовый анализ), СЭМ (сканирующая электронная микроскопия) с целью определения причин недоизвлечения золота;

исследование физико-химических процессов при обжиге с целью определения зависимости недоизвлечения золота в последующем сорбционном цианировании от температуры обжига;

определение распределения золота связанного с продуктами окисления сульфидных минералов при обжиге и способа его концентрации в отдельный продукт;

исследование способов обработки огарка для вскрытия поверхности неизвлекаемых золотых частиц;

разработка технологической схемы для повышения извлечения золота из огарка упорных золотосодержащих продуктов.

Объектом исследования являются хвосты сорбционного цианирования кека бактериального окисления гидрометаллургического завода №3 АО НГМК.

Предметом исследования является технология переработки сульфидных и углистых золотосодержащих материалов с применением окислительного обжига.

Методы исследований. При выполнении диссертационной работы широко применены современные комплексные методы исследований, включающий пробирный, атомно-абсорбционный, ИК-спектрометрический, рентгенофазный методы анализа, также был использован термогравиметрический метод анализа для изучения термических свойств

материала, лабораторные эксперименты, опытно-промышленные испытания; электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, химический и фазовый методы анализа, математические методы обработки результатов лабораторных испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

в результате изучения физико-химических превращений при обжиге установлено, что минералы железа не полностью окисляются до гематита, а частично преобразовываются в промежуточный продукт – маггемит, с плотной структурой, исключающий контакт цианида с частицами золота;

установлена зависимость инкапсуляции золота в огарке от интенсивности протекания физико-химических превращений, определяющийся температурой обжига;

в результате изучения закономерностей процессов, протекающих при серноокислотной обработке огарка установлено определяющие влияния температуры, концентрации и продолжительности на технологические показатели процесса;

разработана технологическая схема переработки хвостов сорбции биокека включающий обжиг, кислотную обработку и сорбцию, которая позволяет увеличить степень извлечения золота на 4,1 %.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определена физико-химические превращения при обжиге хвостов сорбции в температурном диапазоне от 300°C до 800°C современными физико-химическими методами, благодаря которым изучен характер протекания процесса;

определена зависимость потери золота вследствие недоизвлечения в последующем сорбционном цианировании от температуры обжига;

определена распределения золота связанного с продуктами окисления сульфидных минералов при обжиге и возможность его концентрации в отдельный продукт;

установлено, что применение серноокислотной обработки огарка является наиболее целесообразным технологическим решением для раскрытия инкапсулированного золота и определены оптимальные режимы процесса;

разработана технологическая схема переработки хвостов сорбции биокека, которая позволяет увеличить степень извлечения золота на 4,1 % по сравнению с действующей схемой.

разработана новая эффективная технологическая схема, включающая кислотную обработку огарка для получения дополнительного золота из сорбционных хвостов кека биоокисления.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по повышению извлечения основного металла и результатами применения разработанных режимов окислительного обжига хвостов сорбции и кислотной обработки

огарка, удовлетворительной сходимостью, значительными положительными результатами, подтверждающие повышение степени растворимости и извлечения золота из хвостов сорбции биокека.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется изучением физико-химических превращений при обжиге хвостов сорбции и выявлением факторов недоизвлечения золота из огарка в последующем сорбционном цианировании, связанных с инкапсуляцией золота в минерале маггемите наличие которого было доказано в ходе исследований.

Практическая значимость результатов исследования служит для повышения степени извлечения золота из огарка за счет добавления в действующую технологическую схему процесса кислотной обработки огарка, позволяющего растворять окислы железа и тем самым обеспечивать доступ цианида к золотым частицам.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке технологии переработки хвостов сорбции биокека:

способ сернокислотной обработки огарка сорбционных хвостов внедрен в практику в гидromеталлургическом заводе №3 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 23/01-01-07/421 от 31 августа 2023 года). В результате внедрение разработанной технологии позволило вскрыть поверхность частиц золота, покрытых оксидами железа;

технологическая схема переработки сорбционных хвостов, включающая обжиг, кислотную обработку и сорбционное выщелачивание внедрена в практику в гидromеталлургическом заводе №3 АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 23/01-01-07/421 от 31 августа 2023 года). В результате, увеличивается извлечение основного металла более чем на 4 %.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов данного исследования проведена на 1 республиканских и 6 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 10 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных для издания основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан, изданы 3 статьи, в том числе 2 из которых в республиканском и 1 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются

объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние и физико-химические особенности процесса обжига упорного золотосодержащего сырья»** исследован комплексный подход по переработке упорных золотосодержащих продуктов и использование окислительного обжига для их обработки.

Проблемы переработки минерального сырья, связанные со сложностью минералогии руды и параметрами процесса, такими как влияние сопутствующих минералов, являются важными исследовательскими вопросами. Золото обычно ассоциируется с сульфидными минералами, особенно с пиритом и арсенопиритом. Упорная золотосодержащая руда обычно содержит различные сульфидные минералы с различной концентрацией золота.

Окислительный обжиг широко используется для предварительной обработки цветных и драгоценных металлосодержащих материалов и для окисления сульфидов железа с целью получения диоксида серы для фиксации известью или производства серной кислоты. Температура обжига обычно находится в диапазоне 470-800 °С, а наиболее типично - около 550-600 °С.

Развитие технологий окислительного обжига улучшило перспективы обработки золотосодержащих упорных руд, несмотря на проблемы переобжига и недообжига. Основными преимуществами циркулирующего кипящего слоя являются: высокая скорость тепло- и массообмена; равномерный температурный режим по всей системе обжига; отличное выгорание серы и углерода; точный контроль температуры внутри печи ЦКС; стабильное парциальное давление кислорода во всей системе.

Таким образом из приведенных анализов видно, что процесс обжига является сложным технологическим процессом. Его показатели зависят от многих факторов и параметров – минерального состава, гранулометрического состава, температуры обжига, продолжительности процесса, парциального давления кислорода. Поэтому изучение физико-химических процессов, протекающих при обжиге, является актуальной задачей.

Вторая глава диссертации **«Объекты и методы исследования золотосодержащих продуктов»** посвящена исследованию объекта исследования - хвостов сорбционного цианирования кека биоокисления гидрометаллургического завода №3 АО НГМК, а также рассмотрены методики проведения исследований и описаны проведенные экспериментальные работы.

В настоящее время технологическая схема ГМЗ-3 предусматривает переработку руды по флотационно-биоксидно-сорбционно-обжиговой технологии с дальнейшим сорбционным цианированием огарка хвостов

сорбции. Для изучения характеристик хвоста сорбции биокека применялись комплексные методы исследований, включающий, пробирный, рентгенофазовый анализ (РА), инфракрасная спектроскопия (ИКС), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) методы анализа, также был использован дифференциальный термический анализ (ДТА) метод для анализа термических свойств материала.

Из анализа минеральной фазы с использованием порошковой дифракции можно сделать вывод, что пирит и арсенопирит (общее количество 4,4%) не окислились полностью. (таблица 1) Можно также наблюдать присутствие сульфатных минералов кальция (гипс, ангидрид и бассанита) и минерала ярозита (общее количество 3,3%), которые ранее были определены в качестве минералов, определяющие упорность продукта биоокисления. Ярозит вызывает наибольшую упорность путем формирования слоя тонкой пленки вокруг пирита и арсенопирита, таким образом блокируя доступ бактерий к поверхности этих минералов, а также инкапсулировании мелких частиц золота в пределах своей матрицы.

Таблица 1

Массовые процентные содержания минералов в образце хвостов сорбции, рассчитанные методом Ритвельда

Минерал	Кварц	Гипс	CaSO ₄	Пирит	Арсенопирит	Хлорит	Мусковит/Иллит	Альбит	TiO ₂	Кальцит	Ярозит	Графит (3R)	CaSO ₄ *0.625(0.5)H ₂ O (Бассанит)	Шабазит	Каолинит
Содержание	30.9	1.6	1.5	3.8	0.6	3.4	30.5	7.3	1.9	1.9	3.3	2.2	5.2	1.7	4.4

Инфракрасные спектры образцов были получены на микроскопе Nicolet Continuum FTIR (Thermo Fisher Scientific, USA) в диапазоне от 450 см⁻¹ до 2200 см⁻¹. Было определено, что размер инфракрасного луча, падающего на поверхность образца, составляет около 100 микрон. Поскольку этот размер луча больше, чем размеры большинства минералов в образцах, сбор данных с использованием порошков образцов привел к негативным спектрам от окружающих минералов. Для получения спектров от отдельных минералов, около 100 мг каждого образца помещали в пластиковую пробирку для проб объемом 50 мл, и добавляли 40 мл де-ионизированной воды. Пробирку затем помещали в ультразвуковую ванну на 20 минут для отделения очень мелких и легких минеральных фаз от основных минералов в образце. Коллоидную часть отбрасывали, а выпавший осадок сушили на фильтровальной бумаге при 120 °С. Высушенные минеральные частицы помещали на серебряное зеркало для сбора ИК-Фурье-спектров отражения, спектр сравнения получали каждые 100 минут и проверяли его стабильность.

С целью изучения возможности повышения извлечения золота были проведены опыты по сернокислотной термической обработке огарка, в лабораторных условиях.

По указанным выше причинам основной интерес в исследовании состоял в том, для идентификации минерала, образующиеся во время обжига пирита/арсенопирита, и какие минералы связаны с серой и мышьяком, а также изучить, препятствует ли какой-либо из этих минералов извлечению золота в дальнейшем обработке огарка.

В третьей главе «Исследование повышения эффективности сорбционно-обжиговой технологии ГМЗ-3» исследовано влияние обжигокислотной обработки упорных золотосодержащих материалов для улучшения степени сквозного извлечения золота.

Подход к этой работе заключался в максимальном анализе образцов с помощью порошковой рентгеновской дифракции, сканирующего электронного микроскопа и инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье для выявления возможных причин снижения извлечения золота

Образец хвостов сорбции содержит около 3,8% пирита и около 0,6% арсенопирита, как рассчитано методами Ритвельда с использованием рентгенофазового анализа. Присутствие как пирита, так и арсенопирита было показано методами СЭМ и ИКФС. Результаты исследований указывает на то, что большая часть арсенопирита окислена во время процесса биоокисления.

Один из оптимальных способов высвобождения золота из тонкодисперсного упорного материала является термическое превращение сульфидного и углистого материала для раскрытия благородного металла. Для определения параметров термогравиметрического анализа хвостов сорбции, нами был проведен термический анализ.

Для уточнения изменения массы в диапазоне температур от 50 до 800 °C были сняты данные термического анализа в виде цифровых данных и дополнительно обработаны для более точного определения потери массы по отмеченным частям температурного диапазона (рисунок 1).

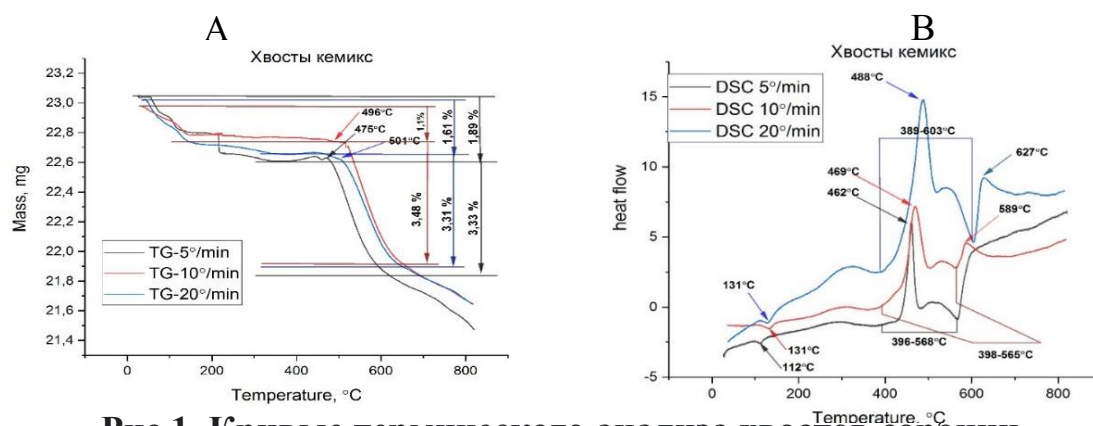


Рис.1. Кривые термического анализа хвостов сорбции

На рис. 1.А представлен термогравиметрический анализ (ТГ), который показывает изменение массы в зависимости от температуры. Из рисунка видно, что в интервале температур от 50 °C до 475 °C (5 °C/мин), 496 °C (10 °C/мин), 501 °C (20 °C/мин) потеря массы составила 1,89%, 1,1%, 1,61%

соответственно, которая объясняется удалением внутренней и гигроскопической влаги. В интервале температур от 438 до 659°C потеря массы достигла 3,33%, 3,48% 3,31%. Полученный результат совпадал с теоретическими расчетами потери массы за счет окисления сульфидов. Дальнейшая потеря массы связана с горением органического углерода.

На рис. 1.В представлены кривые дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Результаты ДСК соответствуют описанию ТГ и ДТГ. Из полученных данных видно, что при 131°C наблюдается поглощение тепла, которое связано с превращением $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. При температуре 488°C наблюдается интенсивное тепловыделение, которое вызвано горением сульфидной серы. Слабое тепловое выделение выше 600 °C показывает горение органического углерода. Кроме того, рентгенограмма при температуре 800 °C показывает разложение безводного гипса, чем обосновывается дальнейшее уменьшение массы выше 750°C.

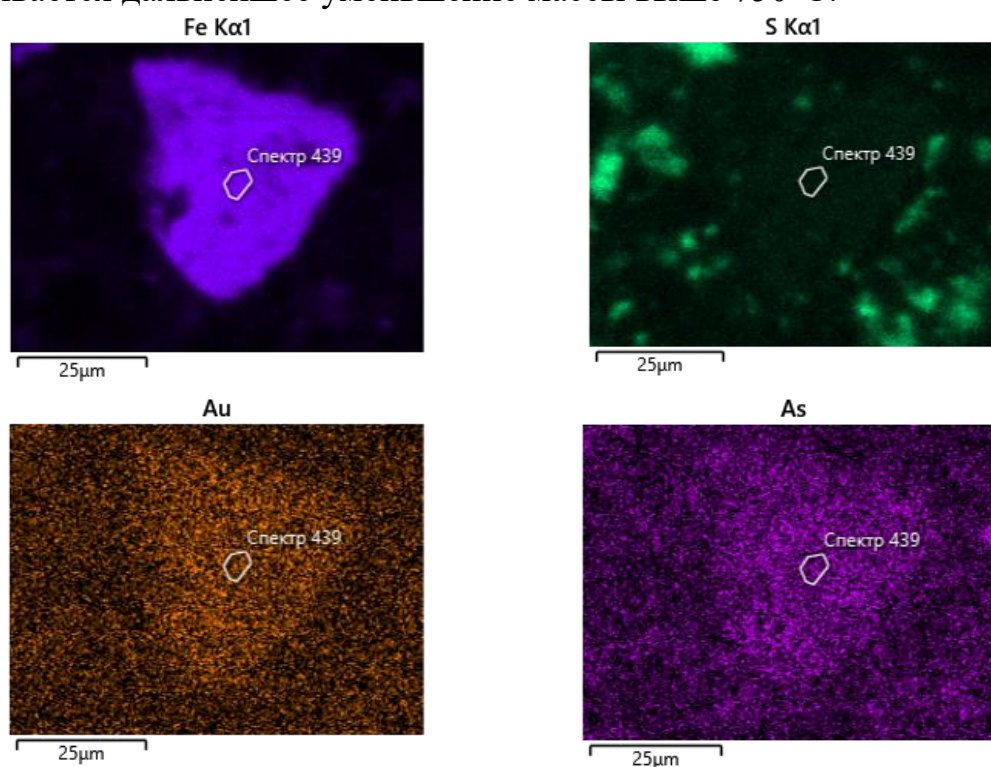


Рис. 2. Многоэлементная карта поверхности образца хвостов сорбции, обожженного при 550 °C, при 1450-кратном увеличении

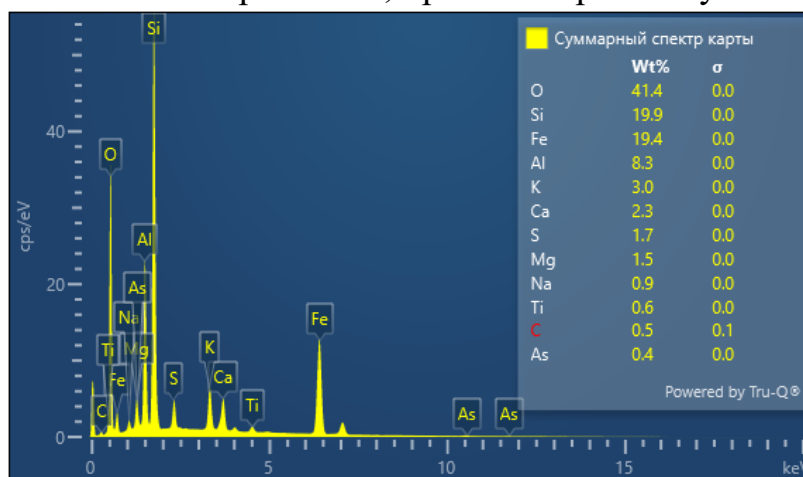
При СЭМ анализе элементная карта поверхности образца хвостов сорбции, обожженного при 550 °C, при 1450-кратном увеличении, представлена на рисунке 2, элементный анализ этой поверхности приведен в таблице 2. По полученным данным можно заметить, что на поверхности этого минерала есть поры, трещины и отслаивание, что указывает на то, что поры, трещины и отслаивание начинают формироваться на поверхности частиц пирита/арсенопирита после первоначального окисления поверхности, для обеспечения полного окисления частицы.

Можно увидеть, что сера в основном связана с кальцием, подтверждая наличие сульфата кальция. Мышьяк связан с железом, и общее количество

мышьяка примерно в 50 раз меньше, чем железа (0,4% и 19,4% соответственно). Отношение мышьяка к железу намного ниже на поверхности частицы оксида железа, которое составляет около 77 (0,7% и 53,9% соответственно), это измеряется в спектре 439. Имеется слабый рентгеновский сигнал от мышьяка и золота, который наблюдается там же, где наблюдается сигнал от железа.

Таблица 2

Полуколичественный элементный анализ поверхности образца хвостов сорбции, обожженного при 550°C, при 1450-кратном увеличении



ИК-Фурье показал, что обжиг продуктов при высоких температурах приводит к образованию непористого маггемита, покрытого пористыми минералами гематита из минералов пирита/арсенопирита. Проведенные опыты по вскрытию золота в маггемите показали рост степени извлечения, что подтвердило капсуляцию золота в маггемите. (рис 3)

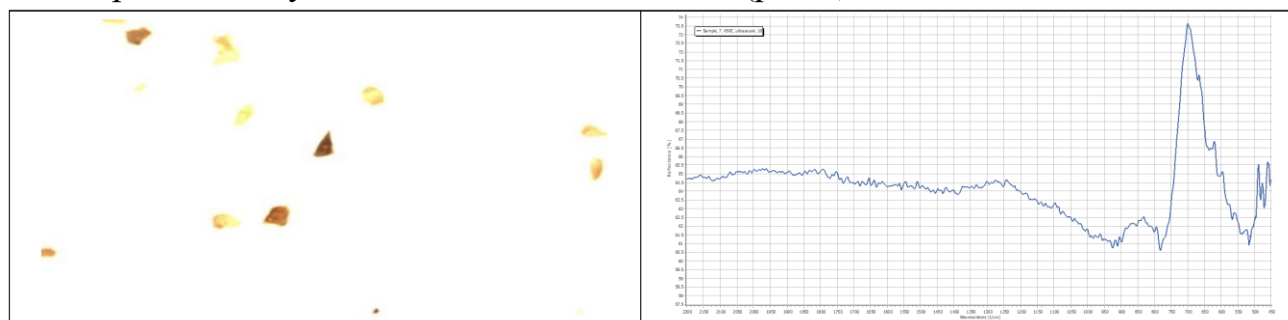


Рис. 3. ИКФ спектр темно-коричневой частицы, похожей по форме на пирит/арсенопирит образца хвостов сорбции, обожженного при температуре 500°C

Пики наблюдаются при 830 см^{-1} , 700 см^{-1} , 620 см^{-1} , 595 см^{-1} , 557 см^{-1} , 487 см^{-1} и 460 см^{-1} и указывают на то, что минеральная частица в основном представляет собой маггемит с небольшим количеством гематита.

Порошковая дифрактограмма образца огарка обжига приведена на рисунке 4, а полуколичественные массовые проценты минералов, полученные при анализе порошковой дифрактограммы по методу Ритвельда, приведены в таблице 3. Как видно из таблицы 3 в образце огарка обжига присутствуют

гематит и маггемит как продукты окисления сульфидных минералов железа. Общее количество гематита и маггемита в пробе рассчитано как 4,4%. В качестве основного минерала сульфата наблюдается только CaSO₄. Кварц, мусковит, альбит, рутил - вторичные минералы руды.

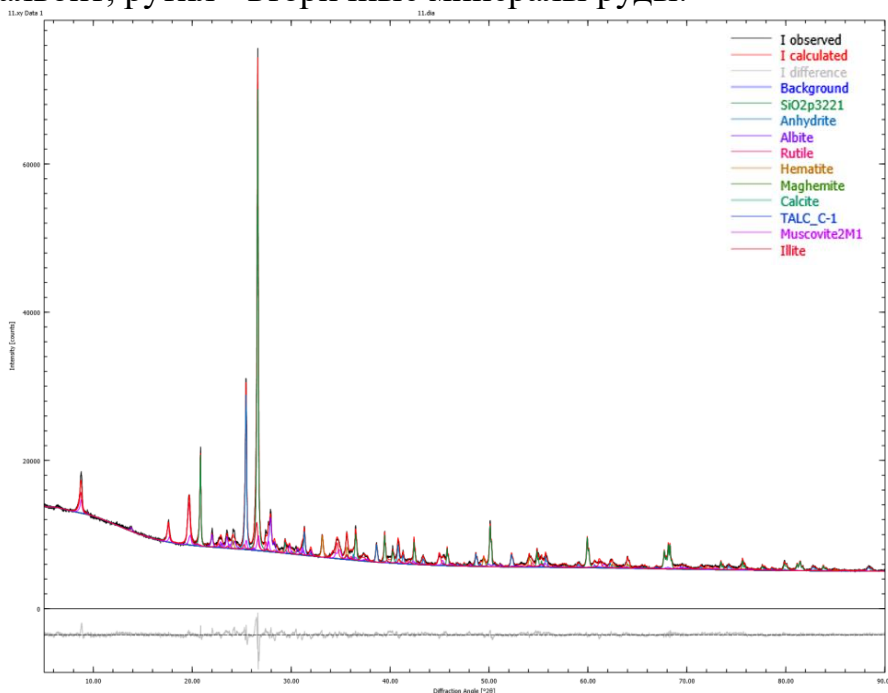


Рис. 4. Порошковая дифрактограмма образца огарка обжига

Таблица 3

Массовые проценты минералов в образце Огарок обжига, рассчитанные в результате анализа методом Ритвельда

Минерал	Кварц	CaSO ₄	Мусковит/ Иллит	Альбит	TiO ₂	Кальцит	Тальк	Гематит	Маггемит
Содержание, %	36.4	11.6	31.0	13.6	1.3	1.0	0.7	3.4	1.0

В рентгенофазовом анализе с использованием высокотемпературной камеры окисление арсенопирита/пирита начинается при температуре от 400°C до 450°C и пирит/арсенопирит полностью окисляется около в 500°C.

При температуре от 600°C до 750°C минеральных преобразований не наблюдается, а дифракционные данные, полученные при температуре 800°C, сильно меняются (рисунок 5). Пики дифракции от гипса безводный (CaSO₄) не наблюдаются в данных, полученных при 800°C, количество маггемита, похоже, увеличилось, но это может быть связано с тем, что другие основные минералы, такие как гипс безводный (CaSO₄), начинают разлагаться, наблюдается уменьшение общего количества образца в тепловой камере.

Было проведена магнитная сепарация огарка для перевода маггемита в концентрат. Концентрация золота в магнитной фазе составила 11 г/т, что составляет около 25% от общего количества золота в образце хвостов сорбции огарка. Однако магнитная сепарация не является решением для

отделения частиц маггемита, образующихся при обжиге, поскольку частицы очень мелкие, эффективность отделения очень низкая, процесс занимает много времени, а 100%-ное разделение достигнуто не было.

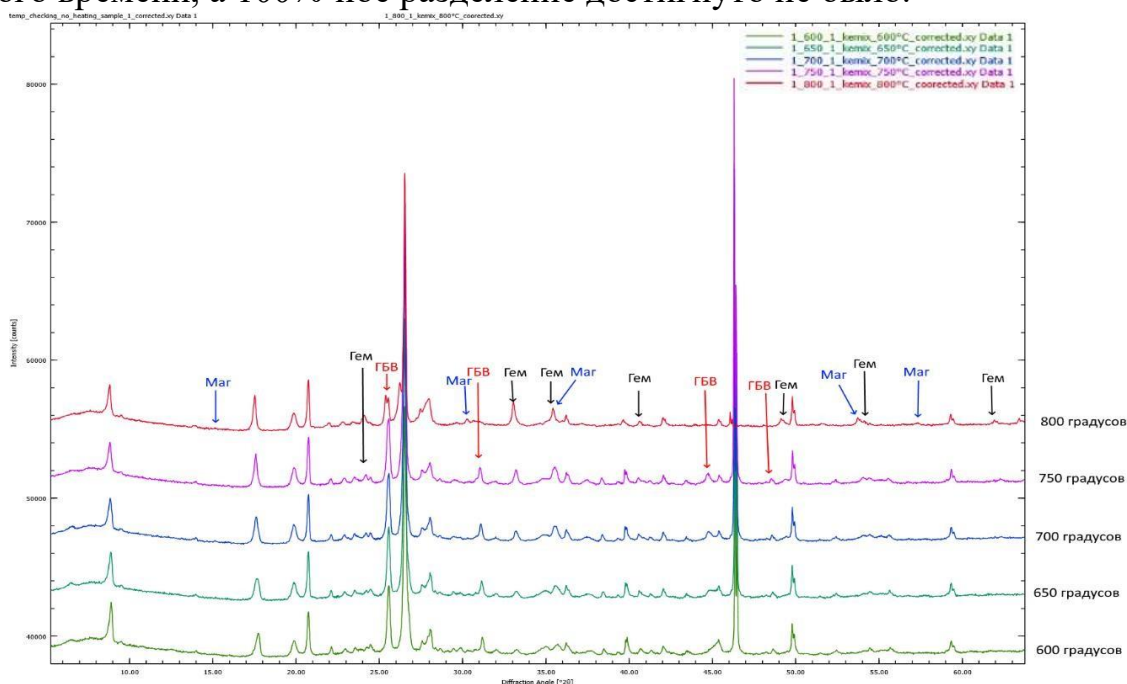


Рис. 5. Рентгеновские дифрактограммы образца хвостов сорбции при температурах в диапазоне от 600°C до 800°C

Над полученными пробами огарка после обжига 600 °С проведены опыты по сернокислотной термической обработке при различных концентрациях серной кислоты для растворения оксидов железа с целью высвобождения частиц золота. Условия обработки серной кислотой огарка, следующие: концентрация H₂SO₄ - 10 г/л, 20г/л, 30 г/л, 40 г/л и 50 г/л; Т:Ж= 1:3; продолжительность процесса – 1 час; температура– 80÷85 °С. Результаты представлены в табл.4

Таблица 4

Результаты сорбционного цианирования после кислотной обработки

№	Содержание элементов в огарке			Содержание Au в хвостах сорбции, г/т	Извлечение Au, %	Расход реагентов			Конц. H ₂ SO ₄
	Au, г/т	S _s , %	C _{орг} , %			H ₂ SO ₄ кг/т	CaO кг/т	NaCN кг/т	
1	4,95	0,07	0,11	1,11	77,5	-	9,6	4,78	базовый
2				1,07	78,4	13,90	35,6	4,98	10 г/л
3				1,02	79,4	27,2	47,8	5,45	20 г/л
4				0,96	80,6	49,6	72,6	5,97	30 г/л
5				0,91	81,6	65,3	95,6	6,75	40 г/л
6				0,9	81,8	125,8	187,1	6,85	50 г/л

При увеличении концентрации с 10 г/л до 40 г/л, извлечение увеличивается с 78,4 до 81,6 %, то есть на 3,2 %. При этом расход серной кислоты увеличивается более чем в 4 раза – с 13,9 до 65,3 кг/т. Дальнейшее увеличение концентрации с 40 г/л до 50 г/л увеличивает расход кислоты еще почти на 2 раза – с 65,3 до 125,8 кг/т.

В связи с незначительным приростом извлечения при 50 г/л и резким увеличением расхода кислоты наиболее оптимальная концентрация принимается 40 г/л.

На 2 этапе была проведена серия опытов, направленных на определение оптимальной продолжительности кислотной обработки огарка (табл.5). Время обработки – 10, 20, 30, 40, 60 мин. Прочие условия процесса остались прежними. Из результатов опыта видно, что оптимальная продолжительность процесса 60 мин извлечение золота повысилось до 81,0 %, что выше базового на 4 %

Таблица 5

Результаты по определению продолжительностью кислотной обработки

№	Содержание элементов в огарке			Содержание Au в хвостах сорбции, г/т	Извлечение Au, %	Продолжительность обработки
	Au, г/т	S _s , %	C _{орг} , %			
1	4,84	0,11	0,21	1,11	77,0	базовый
2				1,09	77,5	10 мин
3				1,06	78,1	20 мин
4				1,01	79,1	30 мин
5				0,96	80,2	40 мин
6				0,93	80,7	50 мин
7				0,92	81,0	60 мин
8				0,91	81,1	70 мин

Дальнейшие эксперименты направлены на определение оптимального температурного режима обработки огарка (табл.6). Температура обработки – 50, 60, 70, 80 °С. Максимальное извлечение 3,4% получено при температуре 80 °С.

Таблица 6

Результаты по определению температуры кислотной обработки

№	Содержание элементов в огарке			Содержание Au в хвостах сорбции, г/т	Извлечение Au, %	Расход реагентов			Температура обработки
	Au, г/т	S _s , %	C _{орг} , %			H ₂ SO ₄ кг/т	CaO кг/т	NaCN кг/т	
1	4,84	0,06	0,12	1,11	77,0	-	9,5	4,8	базовый
3				1,04	78,5	51,2	55,3	5,8	50 °С
4				1,02	78,9	55,3	55,3	6,11	60 °С
5				0,99	79,5	55,3	57,7	6,62	70 °С
6				0,95	80,4	55,3	62,4	6,75	80 °С

В четвертой главе «Разработка и обоснование рекомендуемой технологической схемы с применением кислотной обработки» разработана новый способ переработки упорных золотосодержащих концентратов с применением обжиг-кислотной обработки.

На рис. 6 представлена предлагаемая принципиальная технологическая схема переработки упорных золотосодержащих концентратов с применением обжиг-кислотной обработки и в таблице 7 приведен материальный баланс по металлу. Она включает в себя две стадии обработки: обжиг в кипящем слое и кислотную обработку. При этом, хвосты сорбции поступает в печь кипящего

слоя непрерывного действия, где происходит интенсивный обжиг хвостов сорьции, при температуре 650°C. Полученный огарок подвергается репульсации с подкислением до pH-2 и подается на кислотную обработку в течение часа при 85°C.

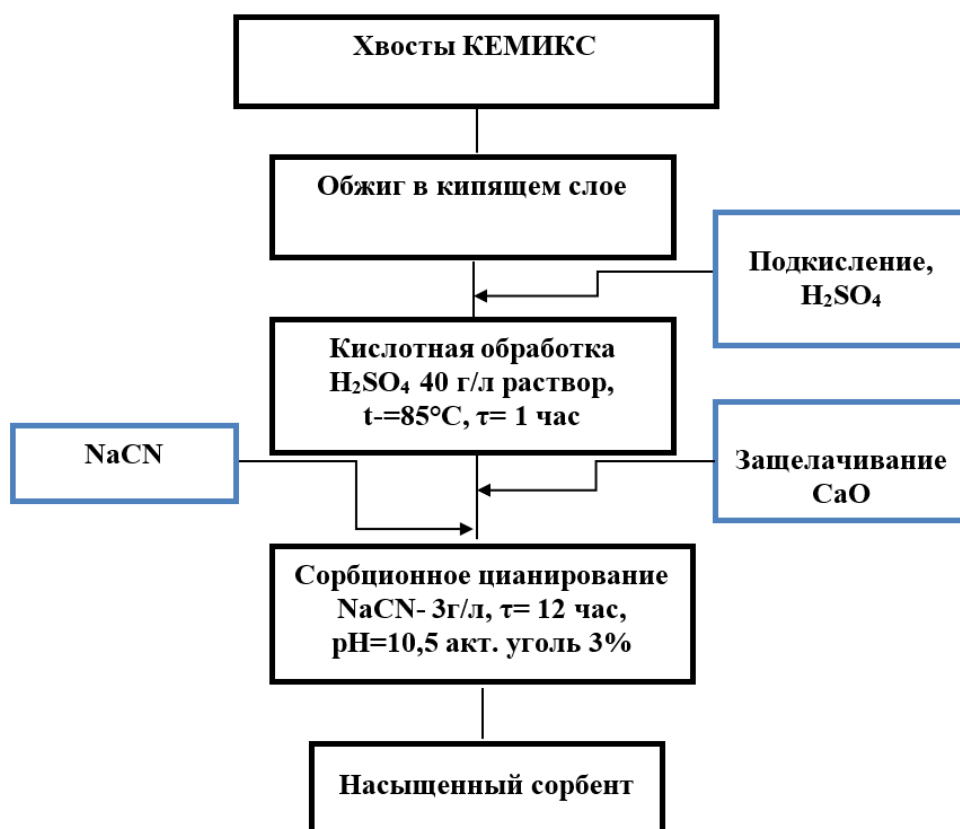


Рис. 6. Принципиальная схема переработки хвостов сорьции с применением обжигово-кислотной обработки

После кислотной обработки пульпа подвергается сорбционному цианированию для получения насыщенного золотом сорбента. Оценка экономической эффективности разработанной схемы переработки золотосодержащих концентратов показали, что расходы на реагенты и электроэнергию возрастает из-за включения дополнительных операций. Годовая прибыль составляет 15,126 млрд сумов в год.

Таблица 7

Материальный баланс переработки упорных золотосодержащих концентратов по металлу

№	Продукты	Ед. изм.	Количество продукта, т; м³	Содержание металла, г/т; %; г/л*		Количество металла, г; т		Степень извлечение, %	
				Au	Fe	Au	Fe	Au	Fe
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	Окислительный обжиг								
	Поступает:								
	Исходный продукт	т	100	4,46	11,9	446	11,9	100	100
	Выходит:								
	Огарок	т	91	4,9	13,1	446	11,9	100	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Сернокислотное выщелачивание								
	Поступает								
	Огарок	т	91	4,9	13,1	446	11,9	100	100
	Раствор H ₂ SO ₄	м ³	273	-	-	-	-	-	-
	Всего					446	11,9		
	Выходит								
	Раствор	м ³	273	-	40*	-	10,83	-	91
	Кек	т	78,5	5,68	3,72	446	1,07	100	9
	Всего					446	11,9		
4	Сорбционное цианирование								
	Поступает								
	Кек после кислот-й обработки	т	78,5	5,68	3,72	446	1,07	100	9
	Акт. уголь	т	0,5	-	-	-	-	-	-
	Всего					446	1,07		
	Выходит								
	хвосты	т	65,3	2,85	3	84,74	1,07	19	9
	Нас. уголь	т	0,5	3281,2	-	361,26	-	81	-
	Всего					446	1,07		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по диссертационной работе доктора философии (PhD) на тему «Исследование физико-химических превращений при обжиге сульфидного и углистого материала с целью повышения качества огарка» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. По результатам химического анализа установлено, что в хвостах сорбции биокека содержится 1,6% сульфидной серы, а общее количество пирита и арсенопирита в продукте, как показывают данные минералогического анализа, составляет 4,4%. Это указывает на то, что сульфидные минералы в процессе биоокисления были окислены не полностью и это, по большей части, является причиной потери золота в хвосты при сорбционном цианировании.

2. Для полного окисления сульфидов предлагается применять обжиг, который сопровождается физико-химическими превращениями, изучение которых позволит проводить процесс с наибольшей эффективностью.

3. На основе проведенного термического анализа установлены оптимальные температуры окисления сульфидных минералов и органического углерода при обжиге. Показано, что пирит и арсенопирит полностью окисляются до 450 °С.

4. Анализ СЭМ хвостов сорбции, обожженных при температурах от 300°С до 800 °С, показал, что окисление пирита/арсенопирита начинается уже при температурах 350 °С, при температуре 450 °С пирит/арсенопирит окислились не полностью. При температуре 550 °С на поверхности частиц пирита/арсенопирита после первоначального окисления поверхности начинают формироваться поры, трещины и отслаивание, которое

способствуют полному окислению частицы. Элементная карта поверхности образца хвостов сорбции, обожженного при 600°C свидетельствует о том, что поверхность образца полностью окислена.

5. Проведенные анализы также подтвердили наличие частиц углерода на поверхности анализируемого образца размером менее 100 микрон, а общее количество углерода определяется как 3,5%, который начинает сгорать при температуре 600°C и выше.

6. ИКФС анализом образца установлено, что при температуре 350°C уже в начальной стадии окисления пирита/арсенопирита реакция протекает с образованием как гематита, так и маггемита. Анализ показал, что в температурном интервале соответствующий окислению сульфидов, окисление сопровождается с образованием маггемита и гематита, при это доля маггемита преобладает.

7. Также рентгеноструктурным анализом образцов, взятых при температурах от 300°C до 800°C установлено, что минералы пирита/арсенопирита были окислены до гематита и маггемита при температурах до 600°C.

8. Таким образом, некоторая часть золота в исходном пирите/арсенопирите остается в образовавшемся непористом минерале маггемита, следовательно потери золота при сорбционном цианировании могут быть связаны с инкапсуляцией золота в маггемите, чья плотная структура не позволяет растворам цианида проникать к частицам золота. Поэтому для раскрытия золотых частиц в структуре маггемита наиболее целесообразной операцией является кислотная обработка серной кислотой.

9. Так как гематит и маггемит обладают магнитными свойствами целесообразно было применить магнитную сепарацию предшествующую кислотной обработке. При магнитной сепарации концентрация золота в магнитной фазе составила 11 г/т, что составляет около 25% от общего количества золота в образце хвостов сорбции огарка. Это свидетельствует о том, что магнитная сепарация не является решением для отделения частиц маггемита, образующихся при обжиге, поскольку эффективность отделения очень низкая.

10. Установлено, что кислотная обработка огарка сернокислотным раствором позволяет увеличить извлечение золото при последующем сорбционным цианировании на 4,1 % по сравнению с прямым цианированием огарка без кислотной обработки, при этом оптимальными параметрами были определены следующие условия: концентрация серной кислоты - 40 г/л, температура - 80°C, продолжительность процесса - 60 минут.

11. Расчеты по экономической оценки показали, что предложенная технологическая схема переработки хвостов сорбции с применением окислительного обжига и последующей сернокислотной обработкой огарка, позволяет получать дополнительное золото, которое обеспечивает прирост годовой прибыли предприятия на 15,126 млрд сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/04.06.2021.T.06.01 AT NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING
AND TECHNOLOGIES**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES

NARZULLAEV JAKHONGIR NORBOBO UGLI

**INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL TRANSFORMATIONS
DURING ROASTING OF SULPHIDE AND CARBONACEOUS
MATERIAL IN ORDER TO IMPROVE THE QUALITY OF CALCINE**

04.00.14 - Mineral processing

**DISSERTATION ABSTRACT
for the Doctor of Philosophy (PhD) of TECHNICAL SCIENCES**

Navoi –2023

The theme of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under No B2023.3.PhD/T2070.

The dissertation was completed at the Navoi State University of Mining and Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) on the website of the Scientific Council (www.nsumt.uz) and on the information and educational portal «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Scientific supervisor: **Sanakulov Kuvandik**
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents: **Sharafutdinov Ulugbek Ziyatovich**
Doctor of Technical Sciences, professor

Toshqodirova Ra'no Erkinjonovna
PhD in technical sciences, Associate Professor

Leading organization: **Branch of the National University of Science and Technology "MISiS" in Almalyk.**

The defense of the dissertation will be held on « 27 » 10 2023 at 13:00 at the meeting of the Scientific Council DSc.17/04.06.2021.T.06.01 at the Navoi State University of Mining and Technologies. (Address: 210100, Navoi, Galaba Avenue, 76v. Conference Hall of the Navoi State University of Mining and Technologies Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66; e-mail: info@nsumt.uz, www.nsumt.uz.)

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State University of Mining and technologies under No 140 (Adress: 210100, Navoi, 76V Galaba Avenue Phone: (79) 223-23-32; fax: (79) 223-49-66).

The abstract of the dissertation is distributed on « 13 » 10 2023.
(Protocol at the register No 14 dated « 13 » 10 2023.)



M.M. Yakubov

M.M. Yakubov

Acting chairman of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

O.U. Fuzaylov

Scientific Secretary of the Scientific Council
for awarding the scientific degrees,
Doctor of Philosophy (Phd) in Technical Sciences

A.U. Samadov

Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific
Council for awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The aim of the research is to develop an effective method of improving the quality of the calcine by determining the physicochemical changes in the process of roasting sulphide and carbonaceous gold-containing products.

The object of the research is the tailings of sorption cyanidation of bacterial oxidation cake of hydrometallurgical plant No.3 of JSC NMMC.

The scientific novelty of the research lies in the followings:

as a result of the study of physicochemical transformations during roasting it was found that iron minerals are not completely oxidised to hematite, but partially transformed into an intermediate product - maghemite, with a dense structure, preventing the contact of cyanide with gold particles;

the dependence of gold encapsulation in the calcine on the intensity of physical and chemical transformations determined by the roasting temperature has been established;

as a result of studying the regularities of processes occurring at sulphuric acid treatment of calcine, the determining influence of t and $C(\%)H_2SO_4$ on the technological indicators of the process was established;

the technological scheme of processing of tailings of sorption of biocake, including roasting, acid treatment and sorption, which allows to increase the degree of gold recovery by 4.1 %, was developed.

Implementation of the research results. On the basis of the obtained scientific results on the development of technology for processing of biokek sorption tailings:

the method of sulphuric acid treatment of sorption tailings calcine was put into practice in hydrometallurgical plant No. 3 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC No. 23/01-01-07/421 dated 31 August 2023). As a result, the introduction of the developed technology made it possible to open the surface of gold particles covered with iron oxides;

technological scheme of sorption tailings processing including roasting, acid treatment and sorption leaching is put into practice in hydrometallurgical plant No. 3 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC No. 23/01-01-07/421 dated 31 August 2023). As a result, the recovery of the main metal increases by more than 4%.

The structure and volume of the dissertation: The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, part I)

1. Ж.Н. Нарзуллаев., С.В. Мякота., И.И. Мажидова Исследование смешанной золотосодержащей руды месторождения «Аристантау», характерные критерии её упорности // Горный Вестник Узбекистана №85, апрель-июнь 2021.С 113-115. Навои. (04.00.00; №3)

2. Санакулов К.С., Фузайлов О.У., Хамидов Х.И. Нарзуллаев Ж.Н.. Исследование изменения состава и структуры минералов в хвостах сорбции кека биоокисления в процессе обжига современными физико-химическими методами // Горный Вестник Узбекистана №90, июль-сентябрь 2022.С 46-52. Навои (04.00.00; №3)

3. Ж.Н. Нарзуллаев., Research of sulfide and carbon material with the purpose of studying physico-chemical transformations during its roasting // Научно – технический и производственный ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА №4, 2022. С 26-29. (04.00.00; №35)

II bo'lim (II часть, part II)

4. Р.А. Хамидов., Ж.Н. Нарзуллаев. Исследования по отдельной переработке пенного продукта процесса бактериального окисления с применением обжига. // X Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» 22 апреля 2021 г., Кузбасс

5. Р.А. Хамидов., Ж.Н. Нарзуллаев Перспектива отдельной переработки пенного продукта процесса бактериального окисления золотосодержащих руд // X Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» 22 апреля 2021 г., Кузбасс

6. Р.А. Хамидов., Ж.Н. Нарзуллаев.Пути совершенствования технологии переработки руд месторождений Кокпатас и Даугызтау на ГМЗ-3// Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам III международной научной конференции (30-31 марта 2021 г.), Казань

7. Р.А. Хамидов., Ж.Н. Нарзуллаев Влияние серы и углерода на извлечение золота при сорбционном цианировании пены биоокисления. // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам III международной научной конференции (30-31 марта 2021 г.), Казань

8. О.Т.Ашуров, Р.А.Хамидов, Ж.Н.Нарзуллаев. Роль термических исследований сульфидного и углистого материала с целью изучения физико-химических превращений при его обжиге. «Международная научно-практическая онлайн конференция: Проблемы, перспективы и

инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» (27 мая 2021 г.), Алмалык

9. Sanakulov K.S., Fuzaylov O.U. Hamidov. H.I. Narzullayev J.N. Investigation of Chemical Transformations During Roasting of Bioleaching Tailings in the Production of Gold The Ninth International Conference on Engineering for Resources. Akita. Japan October 21-22

10. Sanakulov K.S., Fuzaylov O.U. Hamidov. H.I. Narzullayev J.N. Studying the behavior of gold-containing minerals during roasting of KEMIX tailings. Uzbekistan-Japan International Conference «Energy- Earth-Environment-Engineering», November 17-18, 2022, Uzbek-Japan Innovation Center of Youth, Tashkent, Uzbekistan.

Avtoreferat “O‘zbekiston konchilik xabarnomasi” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bichimi 60x84_{1/16}. Ofis qog‘ozi. Raqamli bosma usulida chop etildi. Times New Roman garniturasida. Shartli bosma tabog‘i: 2,7. Adadi 60. Buyurtma № 42 .
Guvohnoma № 021683 “SARMISH NASHR” MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: Navoiy sh., G‘alaba shox ko‘chasi, 84a-uy