

**“MINERAL RESURSLAR INSTITUTI” DM HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.24.30.12.2019.GM.40.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“H.M. ABDULLAYEV NOMIDAGI GEOLOGIYA VA GEOFIZIKA
INSTITUTI” DM**

SHUKUROV SHUHRAT RAYIMOVICH

**QORAQO‘TON KONINING GEOKIMYOVIY VA MINERALOGIK
XUSUSIYATLARI, QIMMATBAHO VA ULARGA YO‘LDOSH
ELEMENTLARNING UCHRASH SHAKLLARI**

**04.00.02 - Qattiq foydali qazilma konlarining geologiyasi, ularni qidirish
va razvedka qilish. Metallogeniya va geokimyo**

**GEOLOGIYA-MINEROLOGIYA FANLARI
bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Shukurov Shuhrat Rayimovich

“Qoraqo‘tan konining geokimyoviy va mineralogik xususiyatlari, qimmatbaho va ularga yo‘ldosh elementlarning uchrash shakllari”..... 3

Шукуров Шухрат Райимович

Геохимия и минералогические особенности, формы нахождения благородных и сопутствующих элементов месторождения Каракутан..... 21

Shukurov Shukhrat Rayimovich

Geochemistry and mineralogical features, forms of occurrence of precious and accompanying elements of the Karakutan deposit..... 43

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 44

**“MINERAL RESURSLAR INSTITUTI” DM HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.24.30.12.2019.GM.40.01
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“H.M. ABDULLAYEV NOMIDAGI GEOLOGIYA VA GEOFIZIKA
INSTITUTI” DM**

SHUKUROV SHUHRAT RAYIMOVICH

**QORAQO‘TON KONINING GEOKIMYOVIY VA MINERALOGIK
XUSUSIYATLARI, QIMMATBAHO VA ULARGA YO‘LDOSH
ELEMENTLARNING UCHRASH SHAKLLARI**

**04.00.02 - Qattiq foydali qazilma konlarining geologiyasi, ularni qidirish
va razvedka qilish. Metallogeniya va geokimyo**

**GEOLOGIYA-MINEROLOGIYA FANLARI
bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.3.PHD/GM194 raqami bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi “H.M.Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti” Davlat muassasasida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.mridm.uz) va “ZiyoNet” axborot ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Sadikova Lola Renatovna
geologiya-minerologiya fanlari doktori

Rasmiy opponentlar:

Karabayev Mamatxon Sadirovich
geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor

Umarov Akromiddin Zayniddinovich
geologiya-mineralogiya fanlari nomzodi, professor

Yetakchi tashkilot:

“Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ

Dissertatsiya himoyasi “Mineral resurslar instituti” DM huzuridagi DSc. 24.30.12.2019.GM.40.01. raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil “7” 05 soat 14³⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100164, Toshkent shahri, Olimlar ko‘chasi, 64-uy. Tel.: (71) 209-08-93, e-mail: info@mridm.uz, gpniimr@exat.uz).

Dissertatsiya bilan “Mineral resurslar instituti” DMining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (3488 raqam bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil 100164, Toshkent shahri, Olimlar ko‘chasi, 64-uy. Tel.: (71) 209-08-93).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil “22” 04 kuni tarqatildi.
(2025-yil “01” 04 dagi 21 raqamli reestr bayonnomasi)



M.U. Isoqov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, g.-m.f.d.

S.S. Sayitov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, g.-m.f.f.d. (PhD)

M.M. Pirnazarov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi g.-m.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahon amaliyotida oltin va boshqa turdagi konlarning geokimyoviy va mineralogik xususiyatlarini o‘rganish dolzarbligicha qolmoqda. Oltin, kumush va ular bilan birga keluvchi qimmatli elementlarning uchrash shakllarini aniqlash, mineralogik va geokimyoviy xususiyatlarini o‘rganishga katta e’tibor berilmoqda, bu esa, yashirin minerallashuvni bashorat qilish va hududlarning qimmatbaho metallarga istiqbollarini ilmiy asoslash imkonini beradi.

Bugungi kunda dunyoning rivojlangan mamlakatlarida konlarning mineralogik-geokimyoviy xususiyatlarini o‘rganish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Xususan, ma‘danlashuvni qidirish va bashoratlashning ilmiy asoslangan mezonlarini ishlab chiqishda, ularning istiqbollarini baholashda ma‘danlarning mineralogik va geokimyoviy xossalari, ular tarkibidagi turli xil foydali birikmalarning namoyon bo‘lish shakllarini o‘rganish ijobiy natijalar olish imkonini beradi. Hozirgi vaqtda turli genetik tipdagi oltin ma‘danli va boshqa konlarda oltin, kumush va ular bilan birga keluvchi qimmatli elementlarning geokimyoviy, mineralogik xususiyatlari va uchrash shakllarini o‘rganishga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Respublikada oltin, kumush va boshqa qimmatbaho elementlarning yangi istiqbolli konlarini bashorat qilish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Xususan, keyingi yillarda olib borilgan izlanishlar natijasida bir qancha qimmatbaho metallar konlari aniqlangan. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «.....iqtisodiyot uchun zarur mineral xom ashyo bazasini kengaytirish.....»¹ vazifalari belgilab berilgan. Bularning barchasi Zirabuloq-Ziyovuddin hududida joylashgan Qoraqo‘ton konidagi qimmatbaho va birga keluvchi elementlarning mineralogik va geokimyoviy xususiyatlari, uchrash shakllarini aniqlash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishning maqsadga muvofiqligini belgilaydi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son farmonida, 2018-yil 1-martdagi “O‘zbekiston Respublikasi Davlat geologiya va mineral resurslar qo‘mitasi faoliyatini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-3578-son, 2021-yil 21-apreldagi “Geologiya sohaga investitsiyalarni faol jalb etish, tarmoq korxonalarini transformatsiya qilish va respublika mineral xomashyo bazasini kengaytirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-5083-son va 2022-yil 3-avgustdagi “Mahalliy mineral xomashyo resurslari asosida yuqori texnologik metallar ishlab chiqarishni tashkillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-343-sonli qarorlari hamda mazkur faoliyatga doir 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 mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalarni

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF – 60-son Farmoni.

rivojlantirishning VII – “Yer to‘g‘risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xomashyolarni qayta ishlash)” ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoni o‘rganilganlik darajasi. Zirabuloq-Ziyovuddin hududida joylashgan Qoraqo‘ton ma‘dan maydonining geologik tuzilishi va stratigrafiyasi, tektonikasi, metallogeniyasi ko‘plab tadqiqotchilar, shu jumladan: A.S. Adelunga, V.D. Chexovich, K.V. Stukova, A.P. Xolopov, N.D. Zelenko, M.G. Kalabinoy, E.B. Bertman, V.G. Moiseenko, G.V. Gorev, I.T. Cheban, T.E. Vidusov, V.S. Korsakov, I.V. Mushkin, V.L. Shadrin, A.X. Turesebekov va boshqalar tomonidan o‘rganilgan.

O‘tgan yillardagi tadqiqotlar Qoraqo‘ton konining chuqurlikdagi istiqbollari bashoratlash, oltin ma‘danlashuvining joylashish qonuniyatlari va mineralogik-geokimyoviy xususiyatlarini aniqlash, shuningdek, qazib olish ishlari natijalarini umumlashtirish va tahlil qilish orqali oltin resurslarini baholashga qaratilgan edi.

Hozirgi vaqtda birlamchi ma‘danlar va ularni qayta ishlash mahsulotlarining moddiy tarkibi, ularda oltin, kumush va boshqa qimmatli elementlarning uchrash shakllari, oltinni qazib olish jarayonida ularni yo‘qotilishi sabablarini aniqlash bilan bog‘liq bir qator hal etilmagan muammolar mavjud. Tadqiqot natijalari Qoraqo‘ton konidagi ma‘danlarni qayta ishlashda oltin qazib olish texnologiyasini takomillashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti “Geologiya va geofizika instituti” davlat muassasasi ilmiy-tadqiqot rejasining FA-A13-T126-sonli “O‘zbekiston qora slanets hosil bo‘lgan oltin konlari qiyin boyitiluvchi oltin ma‘danlari va chiqindilardan qimmatbaho metallarni ajratib olishning texnologik reglamentini ishlab chiqish Dovgiz, Ko‘kpatas konlari va boshqalar misolida)” (2015-2017) va 3/2020-sonli “Qoraqo‘ton koni oltin ma‘danlarining va ularni texnologik qayta ishlash mahsulotlarining moddiy tarkibini, oltin va birga keluvchi elementlarning uchrash shakllarini mufassal o‘rganish” (2020-2021) amaliy loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Qoraqo‘ton konining ma‘danlari va ularni texnologik qayta ishlash mahsulotlarining moddiy tarkibini (kimyoviy va mineral) mufassal o‘rganish, oltin, kumush va ular bilan birga keluvchi boshqa elementlarning uchrash shakllari, xomashyoning qiyin boyitilish omillarini ochib berishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat:

Qoraqo‘ton koni ma‘danlarida oltin, kumush va boshqa yo‘ldosh elementlarni tarqalishining geokimyoviy xususiyatlarini aniqlash;

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining mineralogik xususiyatlarini, turli xil tipdagi ma‘danlarning zonalligini aniqlash;

birlamchi gipogen va gipergen ma‘danlarda oltin, kumush va boshqa birga keluvchi qimmatbaho elementlarning uchrash shakllarini aniqlash;

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining birlamchi ma‘danlari qiyin boyitilish omillarini ochib berish.

Tadqiqotning obyekti sifatida Qoraqo‘ton oltin-kumush koni ma‘dan tanalari va Navoiy kon-metallurgiya kombinati hududida joylashgan ma‘dan tanalari chiqindilari tanlangan.

Tadqiqotning predmeti birlamchi, gipergen, ikkilamchi sulfidli boyigan ma‘danlar va ularni qayta ishlash mahsulotlarining mineral, kimyoviy tarkibi, qimmatbaho va boshqa ular bilan birga keluvchi elementlarning uchrash shakllari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqotlarda zamonaviy usullar, jumladan, kompleks dala kuzatuv ishlari (geologik marshrutlar, mineralogik va geokimyoviy namunalar olish, geologik hujjatlashtirish), zamonaviy yuqori aniqlikdagi analitik tadqiqotlar (mass-spektrometr (ICP-MS), optik-emission tahlil (OES), rentgenfazali tahlil, mikrozon (Jeol), skanerlovchi elektron mikroskopda (SEM), og‘ir fraksiyalarning mineralogik tahlili qo‘llanilgan. Laboratoriya tahlillari asosida olingan ma‘lumotlarni statistik qayta ishlash, tadqiqot natijalarini qiyosiy tahlil qilish usullari qo‘llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Qoraqo‘ton koni ma‘dan tanalarida oltin-kumush ma‘danlashuviga mahsuldor ikkita: erta Fe-Au-As-S va kechki Sb-Ag-Cu-Zn-Pb geokimyoviy assotsiatsiyalar mavjudligi aniqlangan;

Ma‘danlarning moddiy tarkib bo‘yicha turlari ajratilib, ularning fazoda tarqalish qonuniyatlari, zonalliklari va ma‘danlashuvga mahsuldor mineral assotsiatsiyalar aniqlangan;

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining geokimyoviy va mineralogik xususiyatlari, qimmatbaho va birga keluvchi Pt, Sn, W, Se, Te, Hg, kamyob yer elementlarning uchrash shakllari aniqlangan;

Qoraqo‘ton koni ma‘danlarining texnologik xossalari va reglamenti ishlab chiqilib, oltinni ajratib olishning eng samarali sxemasi - bu xlorli kuydirish va hosil bo‘lgan shlakni keyingi sorbsion siyanidlash bilan qayta ishlash ekanligi aniqlandi.

Tadqiqotlarning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Tadqiqot maydoni ma‘danlarining geokimyoviy xususiyatlari asosida qidiruv ishlarida muhim hisoblangan elementlar to‘planishining Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag konsentratsiya qatori o‘rnatilgan;

Qoraqo‘ton koni ma‘danlari uchun genetik turi va moddiy tarkibiga bog‘liq holda ma‘danlarning gipergen, supergen va gipogen zonalarini ajratilgan;

Ma‘danlarda qimmatbaho metallarning uchrash shakllari oltin uchun sof tug‘ma oltin, ferroaurid va arsenoaurid bilan, kumush sof tug‘ma kumush, kumush sulfidlari (argentit, akantit), kumush antimonidlari (freybergit, ramdorit, polibazit, nakaseit, tetraedrit, stefanit) bilan namoyon bo‘lganligi qayd etilgan.

Har xil turdagi ma‘danlarni va ularning chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi bo‘yicha tavsiyalar ichlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. “O‘zdavstandart” tomonidan sertifikatlangan laboratoriya tahlillariga asoslanganligi bilan izohlanadi. Jumladan: dala ishlari jarayonida minerallashtirilgan zona va mufassal geologik kuzatuv nuqtalaridan olingan 101 ta namunalar bo‘yicha ICP

MS-masspektrometrik, optik-emission, probir, skanerlovchi elektron mikroskop tahlillar o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati o'rganilayotgan hududning ma'danlashuv shakllanish sharoitlarini aniqlash uchun gipogen va giperjen ma'danli minerallar, qimmatbaho metallar minerallarining tarkibini, ma'danlarning mineral tarkibini aniqlash, qimmatli elementlarning uchrash shakllari haqidagi ma'lumotlarni o'rganishdan iborat.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati oltin, kumush va boshqa qimmatli birga keluvchi elementlarning mineral assotsiatsiyalari tahlil qilinganligi bilan izohlanadi, bu ma'danlarni mineralogik va texnologik turlashtirishni amalga oshirish va ulardan qimmatbaho metallarni ajratib olishning samarali texnologiyasini taklif qilish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Qoraqo'ton ma'dan maydonining mineralogik va geokimyoviy tadqiqotlari natijasida olingan ilmiy natijalar asosida:

Qoraqo'ton konining ma'danlari moddiy tarkibi, oltin, kumush va boshqa birga keluvchi elementlarning uchrash shakllarini mufassal o'rganish natijalari "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ amaliyotiga joriy qilingan (Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligining 2024-yil 3-oktyabrdagi 08-3676-sonli ma'lumotnomasi). Natijalar qimmatbaho metallarga ma'danlashuvning asosiy mineral va geokimyoviy assotsiatsiyalarini ajratish va geologik qidiruv ishlarining keyingi yo'nalishlarini aniqlash imkonini bergan.

Qoraqo'ton konining mineralogik va geokimyoviy tizimlarining xususiyatlari "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ amaliyotiga joriy qilingan (Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligining 2024-yil 3-oktyabrdagi 08-3676-son ma'lumotnomasi). Natijalar, konda oltin-kumush ma'danlashuviga mahsuldor ikkita erta: Fe-Au-As-S va kechki Sb-Ag-Cu-Zn-Pb geokimyoviy assotsiatsiyalarni ajratish va konni oltin-kumushli genetik kon turiga kiritish imkonini bergan.

har xil turdagi ma'danlarni va ularni texnologik qayta ishlash mahsulotlarini qayta ishlash texnologiyasi, oltin, kumush va boshqa qimmatli elementlar: Pt, Sn, W, Se, Te, Hg va kamyob yer elementlarining uchrash shakllari bo'yicha tavsiyalar "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ amaliyotiga joriy qilingan (Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligining 2024-yil 3-oktyabrdagi 08-3676-son ma'lumotnomasi). Natijada, yuqorida qayd etilgan qimmatli elementlarni qayta ishlash texnologiyasini yaratish bo'yicha harakatlar rejalashtirilgan. Oltinni ajratishning eng samarali sxemasi - bu xlorli kuydirish va hosil bo'lgan shlakni keyingi sorbsion siyanidlash bilan qayta ishlash bo'lib, bu orqali oltin ajralishi 95,3% oshirilgan;

Qoraqo'ton koni ma'danlarining mineralogik xususiyatlari va turli xil genetik turdagi ma'danlarni zonalligi ma'lumotlari "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ amaliyotiga joriy qilingan (Tog'-kon sanoati va geologiya vazirligining 2024-yil 3-oktyabrdagi 08-3676-son ma'lumotnomasi). Natijada, birinchi marta Qoraqo'ton oltin-kumush koni ma'danlari uchun har xil genetik

turdagi gipergen, supergen va gipogen ma'danlashuv zonalliklari ajratilib, Qoraqo'ton konining chuqur hosildor gorizontlari uchun bashorat qilingan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 3 ta respublika va 2 ta xalqaro ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 8 ta maqola, shu jumladan, 5 ta respublikada va 3 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 131 bet, 58 ta jadval, 30 ta rasmdan iborat.

DISSERTASINING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida qismida o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va talabgorligi asoslandi, maqsad va vazifalari yoritilgan, tadqiqot ob'ekti va predmeti ko'rsatildi, ishning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, olingan natijalarning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati ko'rsatildi, olingan natijalarning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati hamda ularni amaliyotga tatbiq etish keltirildi, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi haqida ma'lumot berildi.

Dissertatsiyaning birinchi bobi **“Qoraqo'ton ma'dan maydonining geologik tuzilishi va o'rganilish sharhi”**. Qoraqo'ton koni Ziyovuddin tog'larida joylashgan. Zirabuloq-Ziyovuddin tog'-konchilik rayonida keng ko'lamlil geologik qidiruv ishlari 1941-yilda Ingichka volfram koni ochilgandan so'ng boshlangan.

1944-1948 yillarda geologlar: A.S. Adelunga, V.D. Chexovich, G.F. Tetyuxina, K.N. Vendland, A.M. Sokolova, S.M. Zayants, N.D. Zlenko, M.G. Kalabina ishtirokida butun Zirabuloq-Ziyovuddin hududining 1:50000 miqyosidagi geologik suratga olish ishlari o'tkazildi.

2001-2002 yillarda V.L. Shadrin va boshqalar Qoraqo'ton ma'dan konida qazib olish ishlari natijalarini umumlashtirish va tahlil qilish bilan prognoz qilingan oltin resurslarini baholash bilan shug'ullangan (Shadrin va boshqalar, 2002). Barcha konlar va ma'dan tanalari Qatarmay antiklinalining shimoliy qanoti ichida ko'p yo'nalishli yoriqlar bilan bloklarga bo'lingan subkenglik bo'ylab tik cho'kuvchi Qoraqo'ton yoriqlar zonasida joylashganligi yana bir bor tasdiqlandi.

Vulkanogen hosilalarni turlarga ajratish bo'yicha tematik ishlar olib borgan A.A. Kustarnikova, T.N. Dalimov, I.V. Mushkin, V.S. Korsakov, V.V. Mixaylov, L.V. Shpotova, V.N. Ushakov, F.K. Divayev va boshqalar, metamorfizm bo'yicha A.V. Pokrovskiy, V.A. Xoxlov, I.M. Mirxodjiyev, ma'danlarning mineralogik-geokimyoviy xususiyatlari va ma'danlarning tipomorfizmini o'rganish bo'yicha R.P. Badalova, V.D. Soy, M.M. Pirnazarov, Sh.P. Alimov, E.B. Bertman, S.T. Badalov, A.P. Turesebekov va boshqalar, ma'danli maydonlarning strukturalari bo'yicha A.V. Korolev va boshqalar tomonidan o'rganilgan.

Yuqorida aytilganlardan kelib chiqadiki, yaqinda aniqlangan ma'dan zonalaridagi ma'danlarning moddiy tarkibi va texnologik xususiyatlarini aniqlashga e'tibor qaratish lozim, xususan, Qoraqo'ton konidagi Qatarmay qatlaminin ikkinchi subformatsiyasining tarqalish maydonlari.

Qoraqo'ton ma'dan maydonining geologik tuzilishi. Qoraqo'ton (Ziyovuddin ma'dan maydoni) Ziyovuddin tog'larida joylashgan. 1963-yilda Qoraqo'ton oltin koni ochilgandan so'ng Qoraqo'ton ma'dan maydonida hozirgi kunga qadar 100 dan ortiq ma'dan tanalari topilgan bo'lib, ular qazib olishga tayyorlangan, ularning ko'pchiligi qayta ishlangan yoki qayta ishlanmoqda.

Ma'danli maydonning geologik tuzilishida metakarbonat-vulqonogen-kremniyli katarmay svitasi ϵ -S kt, vulkanogen-terrigen bulyamush svitasi O-S (?) bl, karbonatli Qizbibi svitasi D_{1-2} kb va vulkanogen djilandin svitasi D_1 (?) dż bevosita ishtirok etadi.

Litologik xususiyatlariga ko'ra ular o'zaro asta-sekin o'tuvchi 3 ta kichik svitalarga bo'linadi (V.S. Korsakov va boshqalar).

Birinchi kichik svita (terrigen-vulkanogen, ϵ -S kt_1) terrigen-vulkanogen jinslardan iborat bo'lib, qatlamlari bazalt tarkibli aglomerat tuflaridan tashkil topgan.

Birinchi kichik svita (terrigen-vulkanogen, ϵ -S kt_1) terrigen-vulkanogen jinslardan iborat bo'lib, slyuda-dalashpati-kvarsli slaneslar, marmarlar, dolomitlar, ohaktoshlar va kremniyli jinslarning qatlamlari va linzalari bilan bazalt tarkibli aglomerat tuflaridan tashkil topgan. Qo'shimcha svitaning qalinligi 600 m dan ortiq.

Ikkinchi kichik svita (karbonat-terrigen, ϵ -S kt_2) metabazitlar, karbonatli jinslar va kvarsitlar qatlamlari to'q kulrang kristalli slaneslardan tashkil topgan. Tog' jinslari kvarslashgan bo'lib, bu qatlamlar bo'ylab yo'nalgan kvars tolalari va uylarining rivojlanishida namoyon bo'ladi. Kvarsitlar va karbonatli jinslar (mramorlashgan dolomitlar va ohaktoshlar) qatlamlarining qalinligi 0,1 dan 20,0 m gacha bo'lib, uzunligi bir necha o'nlab va yuzlab metrni tashkil etadi. Metabazitlar miqdori birinchi kichik svitaga nisbatan sezilarli darajada kamayadi. Qism svitaning umumiy ko'rinadigan qalinligi 500 m dan ortiq.

Uchinchi kichik svita (vulkanogen-terrigen, ϵ -S kt_3) jinslar to'plami bo'yicha eng xilma-xildir. Svita osti qatlamlari almashinuvchi, notekis metamorflashgan slyuda-dalashpati-kvarsli, slyuda-kvars-dalashpatili, dalashpati-kvars-slyudali, alevrolit-gilli, glaukofanli slaneslar, fillitlar, dolomitlar, ohaktoshlar, qumtoshlar, gravelitlar, konglomeratlarning qatlamlari va linzalari bilan birga qalinligi 200 m gacha va uzunligi dastlabki yuz metr dan 10 km gacha yetadi hamda bu o'z navbatida bazalt, olivin-bazalt tarkibli ko'p sonli qatlamlar va tuflar, aglomerat tuflar linzalaridan tashkil topgan. Kichik svita uchun oltin oreollarining sezilarli darajada tarqalishi, asosan, Qoraqo'ton chuqur yoriq zonasi ta'siri doirasida xarakterli bo'lib, bu yerda sanoat miqyosida ma'danlashuvga ega bo'lgan oltin ma'danli tanalarning aksariyati joylashgan (Qoraqo'ton, Beshquduq, Qopqoqli konlari, 5, 9, 11, 25 ma'danli tanalar va boshqalar).

Bulyamush svitasi O-S (?) bl slyudali, kremniyli, fillitli slanetslar, metaqumtoshlari, metalevrolitlar, kvartsitlar, gravelitlar bilan ifodalangan bo‘lib, u V.V. Mixaylov tomonidan devonning yuqori katarma svitasi tarkibidan ajratilgan. Jalandin svitasi D₁ (?) dž. V.V. Mixaylov va F.K. Divayev tomonidan tavsiflangan va katarmay svitasi tarkibidan ankaramit-traxibazalt formatsiyasi sifatida ajratilgan.

Qizbibi svitasi - D₁₋₂ kb. Svitaning karbonatli jinslari turli masshtabli tektonik bloklar va paketlar bo‘lib, ular Katarmay va Jilandi svitalari jinslariga kiritilgan (M 1:500 000, 2023 yilgi geologik xaritalar atlas bo‘yicha).

Intruziv hosilalar Zirabuloq-Ziyovuddin gabbro-giperbazit kompleksi (σЄ-D_{2z}) va yuqori-karbon quyi-perm (S₃-R₁) yoshidagi Qoraqo‘ton daykali kompleksidan iborat.

Qoraqo‘ton koni o‘zining morfologik xususiyatlariga ko‘ra yoriq-tomirli morfologik turga kiritilgan, chunki unga turli yo‘nalishdagi tektonik elementlarning kesishgan yoki tutashgan joylarida hosil bo‘lgan kvars tanalari xosdir.

“Qoraqo‘ton oltin-kumush koni ma‘danlarida oltin, kumush va boshqa ular bilan birga keluvchi qimmatli elementlarning geokimyoviy tarqalish xususiyati” nomli ikkinchi bobida ma‘dan tanalarini geologik va geokimyoviy xaritalash keltirilgan. Geologik va geokimyoviy xaritalash usuli 51, 25, 5, 112, 71, 17, 8 ma‘dan tanalari uchun karyerlar, burg‘u quduqlari, shaxtalar bo‘yicha va 8, 51, 71-ma‘dan tanalari chiqindilari namunalar olish profillarini tuzishdan iborat edi. Ma‘dan tanalaridan geologik va geokimyoviy namunalarini olish natijasida Qoraqo‘ton oltin-kumush konining geokimyoviy xaritalashning kontakt zonalarini ma‘dan tanalari va kontakt qismidan 101 ta namuna olindi. Har bir tanlangan namunaning koordinatalari xaritaga tushurildi va ko‘ndalang kesmalar tuzilgan. Ushbu namunalar orasidan batafsil tadqiqotlar uchun eng ma‘lumotdorlari tanlangan va o‘rganilgan.

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining asosiy tog‘ jinslari va ma‘danlari matritsasining geokimyoviy xususiyatlari analitik usullar yordamida o‘rganildi: sochma usuli bilan yarim miqdoriy spektral tahlil; oltin va kumush uchun probir tahlillari, mass-spektrometrik tahlil (ICP-MS) “Markaziy laboratoriya” davlat korxonasida amalga oshirilgan.

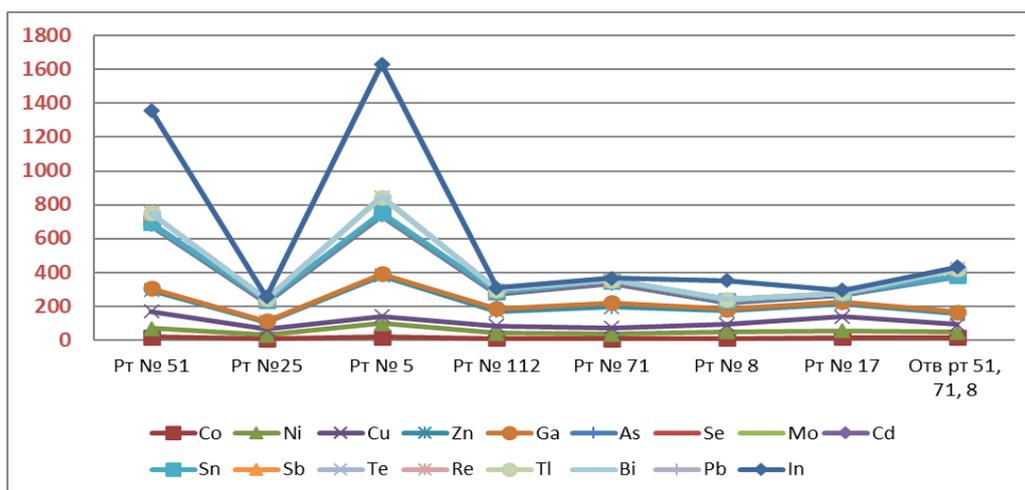
Analitik tadqiqotlar natijasida olingan natijalar oltin-kumush minerallashuviga ega bo‘lgan qamrovchi tog‘ jinslar va ma‘dan tanalar tarkibining geokimyoviy xususiyatlarini to‘liq ochib berishga imkon berdi.

Oltin-kumush minerallashuvida qamrovchi tog‘ jinslar matritsasining geokimyoviy tizimi silikat-alyumosilikat-ferrioksid-karbonat elementlar assotsiatsiyasi bilan namoyon bo‘ladi. Oltinning probir tahliliga ko‘ra miqdori (g/t) 4,9 dan 7,6 gacha, o‘rtacha 6,8 g/t, kumush (3,46-19,9) o‘rtacha 14,2 g/t. Oltin miqdori ICP-masspektrometrik tahliliga ko‘ra o‘rtacha 8,32 g/t, kumush 4,4 g/t. Tahlil natijalariga ko‘ra, kumush oltindan 3 baravar ustundir. Oltin va kumush bilan chambarchas bog‘liq holda elementlarning ma‘dan hosil qiluvchi geokimyoviy mahsuldor assotsiatsiyalari mavjud (g/t): As (342), Sb (93,0), Pb (780), Zn (240), Cu (42,5) va ular bilan bog‘liq. yuqori klark elementlari (K_k):

Au (1934.9), As (201.2), Se (146), Te (540), Sb (186), Bi (355.6), Ag (62.86), W (11), Cd (10.23) (1-rasm). Noyob yer elementlarining o'rtacha miqdori (113 g/t). Yuqoridagilardan kelib chiqadiki, 5-ma'dan tanasi geterogen, juda murakkab mineralogik va geokimyoviy tizimdir.

51, 5, 25, 71, 112, 8, 17 ma'dan tanalarining umumiy geokimyoviy tavsiflari. Bu assotsiatsiya oltin-kumush minerallashuvini o'z ichiga olgan matritsaning geokimyoviy tizimini ifodalaydi yoki silikat-alyumosilikat-ferrioksid-karbonatli mineral tizimi hisoblanadi. Probir tahliliga ko'ra, barcha ma'dan tanalarida oltin miqdori (g/t) < 0,2 dan 6,8 gacha, o'rtacha 2,2, kumush < 5 dan 16,8 gacha, o'rtacha 6,9 g/t gacha (1-jadval). Mass-spektrometrik tahlilga ko'ra, 51 ma'dan tanasida oltin miqdori 1 dan 5 g/t gacha o'zgarib, o'rtacha miqdori 1,5 g/t.

Ushbu ma'dan hosil qiluvchi elementlardan tashqari, yuqoriroq klark miqdorida quyidagilar mavjud (g/t da): 1) xalkofil elementlar - Ag (54), As (115), Se (134), Te (316), Bi (117) Sb (58), Pb (14,7) Cd (3,8); 2) siderofil elementlar - Au (510), Re (16), Pt (10); 3) litofil elementlar - W (5,52), Hf (3,0) marta ko'p.



1-rasm. Qoraqo'tan oltin-kumush konining ma'dan tanalari va chiqindilaridagi xalkofil elementlarning o'rtacha miqdorining diagrammasi, g/t.

1-jadval

Qoraqo'ton oltin-kumush koni ma'danlari tarkibidagi oltin va kumushning probir tahlili va mass spektrometrik tahlillari bo'yicha miqdori

| Ruda jismlari | Tahlil (g/t) | | ICP-MS (g/t) | |
|---|--------------|------------|--------------|------------|
| | Au | Ag | Au | Ag |
| 51-sonli ma'dan tanasi, namunalar (9) | 5,7 | 16,8 | 1,26 | 14,0 |
| 25-sonli ma'dan tanasi, namunalar (7) | 6,8 | 14,2 | 8,32 | 4,4 |
| 5-sonli ma'dan tanasi, namunalar (11) | 0,9 | <5,0 | 0,08 | 0,77 |
| 112-sonli ma'dan tanasi, namunalar (15) | 0,8 | <5,0 | 0,5 | 1,4 |
| 71-sonli ma'dan tanasi, namunalar (10) | 0,7 | <5,0 | 0,55 | 2,0 |
| 8-sonli ma'dan tanasi, namunalar (10) | 0,6 | <5,0 | 0,61 | 0,78 |
| 17-sonli ma'dan tanasi, namunalar (39) | 0,9 | <5,0 | <0,05 | 0,85 |
| Namuna bo'laklari (12) | 0,4 | <5,0 | 0,15 | 0,57 |
| Ma'dan tanalari bo'yicha o'rtacha miqdor | 1,9 | 6,9 | 1,5 | 3,5 |

Eslatma: Qavslar ichida tahlil qilingan namunalar soni ko'rsatilgan.

Olingan analitik tadqiqotlar natijalari oltin-kumush minerallashuvi bo'lgan qamrovchi tog' jinslar va ma'dan tanalari tarkibining geokimyoviy taqsimotini to'liq ochib berishga imkon berdi:

1. Qoraqo'ton oltin-kumush konining shakllanishida elementlarning ikkita geokimyoviy assotsiatsiyasi ishtirok etadi: erta Au-As-S-Sb va kech qo'shilgan Ag-Cu-Zn-Pb, bu yerda kumush oltindan o'rtacha 3:1 qiymatida ustunlik qiladi.

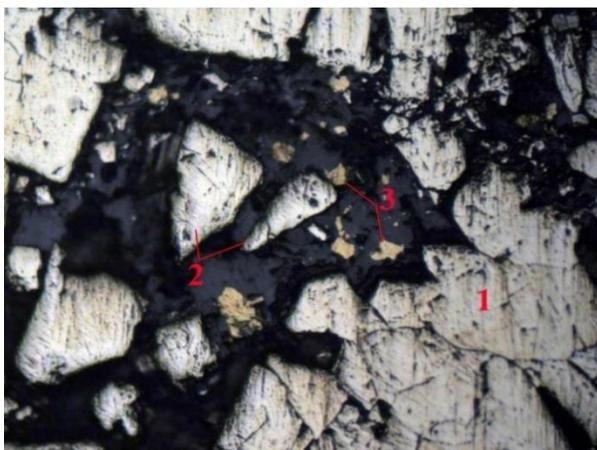
2. Ma'dan tanalarida oltin va kumushdan tashqari, elementlarning to'planish darajasining tegishli geokimyoviy qatorini tashkil etuvchi birga keluvchi elementlarning konsentratsiyasining sezilarli darajalari bilan tavsiflanib (Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag), bu ularning tadqiqot sohasida qidiruv ishlarida muhimligini ko'rsatadi.

3. Oltin bilan yuqori korrelyatsiya koeffitsientiga ega bo'lgan alohida elementlar vismut, surma, rux, nikel va kadmiy, kumush bilan esa margimush, selen va volfram chambarchas bog'liqligi aniqlandi. Oltin, kumush, margimush va selening aniqlangan korrelyatsiyasi va yuqori konsentratsiyasi qidirishning geokimyoviy mezonidir.

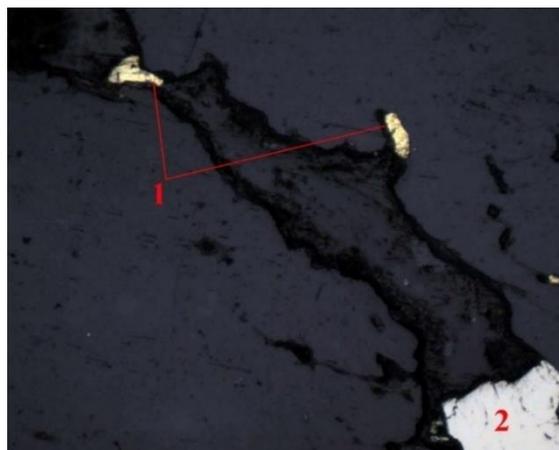
“Qoraqo‘ton oltin-kumush koni ma‘danlarining mineralogik xususiyatlari va zonalligi” nomli uchinchi bobida Qoraqo‘ton konining oltin-kumush ma‘danlarining mineral tarkibi bo‘yicha ba‘zi natijalar keltirilgan. Tadqiqot metodologiyasi ma‘dan tanalari namunalaridan tanlangan sayqallangan shliflarni tavsiflashdan iborat edi.

O‘rganilgan sayqallangan shliflarda quyidagi minerallar aniqlangan: pirit, xalkopirit, sfalerit, arsenopirit, antimonit, naumanit, pirrotin, galenit, sof tug‘ma oltin.

Sof tug‘ma oltin ma‘danlardagi asosiy qimmatli mineral hisoblanadi. Kvarsda o‘ta mayda donachalar shaklida uchrashi aniqlandi. Ko‘pincha alohida-alohida, galenit bilan o‘sgan yakka zarralarda uchraydi. Zarralarning shakli tomchisimon, izometrik, qatlamsimon, ksenomorf (2-rasm). Zarralarining kattaligi <0,01-0,02 mm.



1-pirit, 2-arsenopirit, 3-xalkopirit



1-sof oltin, 2-kvars

2-rasm. 51-sonli ma'dan tanasida kvars tarkibidagi sof oltin qo'shimchalarining mikrofotosurati.

Qoraqo‘ton oltin-kumush koni ma‘dan tanalarining mikrozonad tadqiqotlari. Biz geokimyoviy va mineralogik assotsiatsiyalarni taqsimlashda zonallikni o‘rnatdik: 1-konning yuqori gorizontlari nurash qobiqlari va oksidlangan ma‘danlar bilan ifodalangan; 2-o‘rtacha chuqurliklar supergen ma‘danlarining tarqalish zonasi bilan ifodalanadi (ma‘danlarni ikkilamchi sulfid bilan boyish zonasi); 3-pastki qatlamlar - birlamchi oltin-kumush sulfid ma‘danlari uchrash zonasi (2-jadval).

Gipergenez zonalari va oksidlangan ma‘danlar. Tadqiqotlar natijasida Qoraqo‘ton oltin-kumush konining gipergen ma‘danlari mineral tarkibining nihoyatda xilma-xilligi va minerallar hamda mineraloidlar soni bo‘yicha birlamchi ma‘danlardan ustun ekanligi aniqlandi. Shuni ta’kidlash kerakki,

nafaqat silikatlar, alyumosilikatlar, sulfidlar, sulfasollar va karbonatlarning nurash qobig'i va oksidlanish jarayonlari, shuningdek aksessor minerallar: rutil, sirkon, kamyob yer minerallari (monatsit, ksenotim, apatit va boshqalar). Kislrodli birikmalarning, birinchi navbatda, kislrod kislotalarining tuzlari (sulfatlar, arsenatlar, antimonatlar, fosfatlar va silikatlar) va oksidlar va gidroksidlarning gipergenez zonasida keskin ustunligi kuzatildi (3, 4-jadval).

2-jadval

Qoraqo'ton oltin-kumush koni alohida zonalarning mineral tarkibi

| Zona (ma'dan turi) | gorizont | Konning asosiy foydali qazilmalari |
|---|----------|---|
| Oksidlanish zonasi (gipergeren ma'danlar) | Yuqori | Gyotit, gidrogyotit, amorf kremniy oksidi (opal va boshqalar), seritsit, melanterit, yarozit, kuprit, skorodit, mimetezit, bedantit, gips, poligidrat, kermazit, valentenit, tungstt, povellit, sinkit, batlerit, sof tug'ma oltin va kumush, kumush, intermetall birikmalar. |
| Ikkilamchi sulfid boyitish zonasi (Supergen ma'danlari) | O'rta | Xalkozin, kovellin, temorit, akantit, grinokit, tungstt, shtromeyrit, polibazit, seynyayokit, sof tug'ma oltin, kumush va boshqalar. |
| Birlamchi sulfidli ma'danlar zonasi (gipogen ma'danlar) | Pastki | Kvars, pirit, pirrotin, arsenopirit, galenit, sfalerit, xalkopirit, antimonit, tetradrit, matildit, freybergit, gessit, naumanit, argentit, sof tug'ma oltin, kumush va boshqalar. |

3-jadval

Gipergenez zonasining (ma'danlashuvni o'z ichiga olgan jinslar matrisasining nurashi, oksidlanishi) rentgen fazasi va skanerlovchi elektron mikroskop tahliliga ko'ra mineral tarkibi

| Minerallar sinfi | Mineral | Mineral formulasi | Uchrash tezligi |
|------------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
| Silikatlar | Tobermorit | $Ca_{10}[(OH)_6Si_{12}O_{31}]_8H_2O$ | + |
| | Opal | $Si_2O \cdot H_2O$ | ++++ |
| | Allamozit | $Pb_3[Si_3O_9]$ | + |
| Alyumosilikatlar | Allofan | $n \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ | ++ |
| | Gialofan | $(K,Ba)[(Al,Si)]Si_2O_8$ | ++ |
| | Galluazit | $Al_4[Si_4O_{10}](OH) \cdot 4H_2O$ | ++ |
| Karbonatlar | Aragonit | $CaCO_3$ | ++ |
| Xloridlar | Galit | $NaCl$ | ++ |

4-jadval

Elektron mikroskop ma'lumotlariga ko'ra, gipergenez zonasining mineral tarkibi (oksidlanish va nurash qobig'i)

| Minerallar sinfi | Mineral | Mineral formulasi | Uchrash tezligi |
|---------------------------------------|------------------------|--|-----------------|
| Sof tug'ma | | $Au; Ag; Cu; Zn; Pb; Fe; S; W; C$ | ++ |
| Intermetallar | | $(Cu; Zn); (Cu; Zn; Br); (Au; As); (Fe; Pt); (Ag; Pt); (Au; Fe)$ | ++ |
| Oksidlar va gidroksidlar | Gidrogyotit (limonit) | $Fe(OOH)H_2O$ | ++++ |
| | Mo-sheelit | $Ca[WO_4]$ | + |
| | Povellit | $Ca[MoO_4]$ | + |
| | Tungotit | $WO_2(OH)_2$ | + |
| | Qalay va mis oksidi | $(SnCu)O_2$ | + |
| | Bingeymit | $Pb_{1-2}Sb_{2-1}(O, OH, H_2O)$ | + |
| | Kermezit | Sb_2S_2O | + |
| | Valentenit | Sb_2O_3 | ++ |
| | Arsenolit | As_2O_3 | ++ |
| | Skorodit | $Fe[AsO_4]$ | +++ |
| | Platnerit | PbO_2 | ++ |
| | Kuprit | Cu_2O | + |
| | Tenorit | SuO | + |
| | Glet | PbO | ++ |
| | Platnerit | PbO_2 | + |
| Sinkit | ZnO | + | |
| Gips | $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$ | ++++ | |
| Sulfatlar, arsenatlar va antimonatlar | Gemigidrat | $Ca[SO_4] \cdot 0,5H_2O$ | ++ |
| | Yarozit | $KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$ | ++ |
| | Mineral-1 | $Pb[SbO_2 \cdot SO_4Cl]$ | + |
| | Mineral-2 | $ZnPb[SO_4]$ | + |
| | Byodantit | $PbFe[AsO_4, SO_4](OH)_6$ | + |
| | Anglezit | $Pb[SO_4]$ | + |
| | Sangenit | $K_2Ca[SO_4] \cdot H_2O$ | + |

| | | | |
|--|------------|---|----|
| | Melanterit | Fe[SO ₄] | ++ |
| | Kizerit | Mg[SO ₄]*H ₂ O | + |
| | Arkanit | K ₂ [SO ₄] | + |
| | Mimetizit | Pb ₅ (AsO ₄) ₃ Cl | + |
| | Batlerit | Fe[(OH) SO ₄]*2H ₂ O | + |

Kislorod o‘z ichiga olgan birikmalar (sulfatlar, arsenatlar, antimonatlar, fosfatlar, silikatlar, oksid-gidroksid minerallari) sezilarli darajada rivojlanishi bilan bir qatorda, boshqa mineral sinflarning vakillari ham kam tarqalgan - oddiy moddalar (sof tug‘ma elementlar va intermetal birikmalar): Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Fe, C, S, W, Cu-Zn, Ag-Pt, Pt-Fe, Au-Ag, Au-Fe, Au-As, (Zn-Cu-Br). Ularning hosil bo‘lish imkoniyati oksidlanish zonasida mineral hosil bo‘lishning kamaytiruvchi sharoitlari (0,60% gacha uglerodli moddalar mavjudligi) va sulfatni kamaytiruvchi bakteriyalar faolligi bo‘lgan hududlar va gorizontlarning mavjudligi bilan bog‘liq.

Sinf bo‘yicha eng keng tarqalgan gipergen minerallari: silikatlar (opal, allofan, gallyuzit), > temir oksidi va gidroksidlari (gyotit, gidrogyotit), > sulfatlar (gips, yarimgidrat), > antimonatlar, > arsenatlar, > karbonatlar, > fosfatlar, > molibdatlar, > volframatlar, > galloidlar, > sof elementlar va intermetall birikmalar. Umuman olganda, birinchi marta 70 dan ortiq gipergen minerallar (Qoraqo‘ton konida, ilgari aniqlanmagan) turli xil minerallar sinflari aniqlandi: silikatlar, alyumosilikatlar, oksidlar va gidroksidlar, sulfatlar, fosfatlar, arsenatlar, antimonatlar, karbonatlar, galloidlar va ularning birikmalari, sof tug‘ma elementlar va intermetallar.

Gipergenez zonasida kislorod o‘z ichiga olgan birikmalarning, birinchi navbatda, kislotalarning tuzlari (sulfatlar, arsenatlar, antimonatlar, fosfatlar va silikatlar) va oksidlar va gidroksidlarning keskin ustunligi aniqlangan. Gipergenez zonasining mineralogiyasi quyidagi ma‘danli minerallar bilan ifodalanadi: gyotit, gidrogyotit, serutsit, melanterit, yarozit, kuprit, skorodit, mimetezit, bedantit, kermezit, valentenit, tungstit, povellit, sinkit, arkanit, batlerit, intermetal birikmalar va sof tug‘ma oltin va kumush. Metall bo‘lmagan minerallarga amorf kremniy oksidi (opal va boshqalar), glet, gips, polugidrat kiradi.

Ikkilamchi sulfidli boyish zonasining mineral tarkibi. Ikkilamchi sulfidli boyish zonasida (supergen ma‘danlari) sulfidlar va ularning analoglari uchta usulda hosil bo‘ladi: 1) sulfid-sulfat tipidagi almashinish reaksiyalari natijasida; 2) sulfatni reduksiya orqali, ya‘ni bakteriyalar ishtirokida SO₄²⁻ dan S²⁻ gacha tiklanishi ; 3) birlamchi gipogen sulfidlarning elektrokimyoviy o‘zaro ta‘siri orqali. Birinchi marta ikkilamchi sulfid bilan boyitish zonasidan 9 ta mineralni aniqlandi (5-jadval).

5-jadval

Ikkilamchi sulfidli boyish zonasining mineral tarkibi
(mikrozond va skanerlovchi elektron mikroskop ma‘lumotlariga ko‘ra)

| Minerallar sinfi | Minerallar | Mineral formulasi | Uchrash tezligi |
|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| Sulfidlar | Xalkozin | Cu ₂ S | ++ |
| | Digenit | Cu _{2-x} S | ++ |
| | Kovellin | CuS | + |
| | Akantit (turlanish) | Ag ₂ S | ++ |
| | Grinokit | CdS | + |
| | Tungstenit | WS ₂ | + |

| | | | |
|--|-------------|---|---|
| | Shtromeyrit | AgCuS | + |
| | Polibazit | (Ag,Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁ | + |
| | Seynyayokit | FeSb ₂ | + |

Ikkilamchi sulfidli boyish zonasida (supergen ma'danlari) birinchi marta to'qqizta mineral xalkozin, digenit, kovellin, akantit, grikonit, tungstenit, shtromeyrit, polibazit, seynyayokit aniqlangan bo'lib, ular Qoraqo'ton koni ma'danlarning birlamchi minerallashuv tarkibini ko'rsatadi.

Birlamchi gipogen ma'danlar zonasi. Geokimyoviy, mineralogik va chuqur analitik tadqiqotlar (mikroskop, spektral, mass-spektrometr, rentgen nurlari difraksiyasi, mikrozon, skanerlovchi elektron mikroskop tahlillari) natijalari gipogen ma'danlarini tashkil etuvchi uchta mahsuldor mineral assotsiatsiyani aniqlashga imkon berdi :

1) oltinga asosiy istiqbolli - pirit-arsenopiritli assotsiatsiya pirit, arsenopirit, lellingit, gorsdorfit, kobaltin, glaukadot, auroarsenit, oltin va kumushning makro va mikro qo'shimchalari bilan namoyon bo'lgan. Minerallarning bu assotsiatsiyasi gidrotermal o'zgargan qamrovchi tog' jinslar zonalarida (gidroslyudalashish, kvarslashish, xloritlashish, karbonatlashish) mavjud;

2) kumush - oltin – ko'pisulfidli mineral assotsiatsiyasi, yetakchi mahsuldor assotsiatsiyadan kamroq tarqalgan. Bu assotsiatsiya jins hosil qiluvchi minerallar va yetakchi sulfidli minerallar - pirit va arsenopiritda boshqa minerallarning tarqoq mikroqo'shimchalari bilan namoyon bo'lgan. Bu mineral assotsiatsiya pirit, xalkopirit, sfalerit, galenit, sulfotuzlar, selenidlar, telluridlar, oltin va kumush minerallari bilan ifodalanadi;

3) kumush – antimonit mahsuldor assotsiatsiyasi (antimonit, tetraedrit, freybergit, polibazit, ramdorit, burnanit, berterit, jemsonit, stefanit, animikit, fyulepit, gudmundit, gersfordit).

Gipergenez jarayonida mahsuldor gipogen birlamchi sulfid, arsenid, antimonid minerallari (pirit, xalkopirit, galenit, sfalerit, arsenopirit, antimonit va boshqalar)ning o'zgarishi sabablarini aniqlash va ularni keyingi texnologik qayta ishlash uchun sanab o'tilgan barcha minerallar mikrozon va skanerlovchi elektron mikroskop (200 dan ortiq o'lchov) yordamida o'rganilgan (6-jadval).

6-jadval

Gipogen birlamchi ma'danlarning mineral tarkibi (mikrozon va skanerlovchi elektron mikroskop ma'lumotlariga ko'ra)

| Minerallar sinfi | Minerallar | Mineral formulasi | Uchrash tezligi |
|------------------|--------------|---|-----------------|
| Mahalliy | Oltin kumush | Au; Au,Ag; Ag | ++ |
| Sulfidlar | Pirrotin | Fe _{1-x} S | + |
| | Pirit | FeS ₂ | ++++ |
| | Galenit | PbS | ++ |
| | Xalkopirit | CuFeS ₂ | ++ |
| | Sfalerit | ZnS | ++ |
| | Stannin | Cu ₂ FeSnS ₄ | + |
| | Betextenit | Pb ₂ (Cu,Fe) ₂₁ S ₁₅ | + |
| | Pentlandit | (Fe,Ni) ₉ S ₈ | + |
| | Mateldit | AgBiS ₂ | + |
| | Argentit | Ag ₂ S | ++ |
| | Mohit | Cu ₂ SnS ₃ | + |
| Arsenidlar | Tungstenit | WS ₂ | + |
| | Arsenopirit | FeAsS | ++ |
| | Lellingit | FeAs | + |
| | Gersdorfit | NiAsS | + |
| | Kobaltin | (Co,Fe)AsS | + |

| Minerallar sinfi | Minerallar | Mineral formulasi | Uchrash tezligi |
|-------------------|-------------------|---------------------------|-----------------|
| | Glukadot | $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ | + |
| | Auroarsenid | AuAs | + |
| Antimonatlar | Antimonit | Sb_2S_3 | ++ |
| | Gorsfordit | Cu_6Sb | + |
| | Tetraedrit | $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ | + |
| | Freybergit | $(Ag,Cu)_{12}Sb_4S_{13}$ | + |
| | Ramdorit | $Ag_2Pb_3Sb_5S_9$ | + |
| | Polibazit | $(Ag,Cu)_{18}Sb_2S_2$ | + |
| | Burnanit | $PbCuSb_2S_3$ | + |
| | Bulanjerit | $Pb_5Sb_4S_{11}$ | + |
| | Nakaseit | $Pb_4Ag_3CuSb_{12}S_{24}$ | + |
| | Jemsonit | $Pb_4FeSb_6S_{14}$ | + |
| | Seyyaykoit | $FeSb_2$ | + |
| | Stefanit | Ag_3SbS_{14} | + |
| | Animikit | (Ag,Sb) | + |
| | Fyulepit | $Pb_2Sb_8S_{15}$ | + |
| | Gudmundit | $FeSb_5$ | + |
| | Gorsfordit | Cu_2Sb | + |
| | Ulmonit | $NiSbS$ | + |
| | Telluro-antimonit | $Sb_2Te_3S_3$ | + |
| | Naumannit | Ag_2Se | + |
| | Klaustolit | $PbSe$ | + |
| Agvelarit | Ag_4SeS | + | |
| Telluro-antimonit | Sb_2Te_3 | + | |
| Gessit | Ag_2Te | ++ | |

Olingan natijalarga ko'ra, standart nazariy formuladan farq qiluvchi kimyoviy tarkibning to'liq stexiometrik emasligi aniqlandi. Barcha hollarda Fe, Cu, Zn, Pb kationlari, shuningdek, ba'zi hollarda S, As, Sb anionlari yetishmasligi kuzatiladi.

Yetakchi mahsuldor oltin - pirit - arsenopirit assotsiatsiyasi makro- va mikro- xol-xolli ko'rinishida oltin, pirit, arsenopirit, lollingit, gorsfordit, kobaltin, glaukodot, auroarsenid bilan ifodalangan. Oltin va kumush yetakchi mahsuldor assotsiatsiyadan keyingi o'rinda turuvchi polisulfid mineral assotsiatsiyasi pirit, xalkopirit, sfalerit, galenit, sulfosollar, selenidlar, telluridlar hamda oltin va kumush minerallaridan iborat.

“Qoraqo‘ton koni ma‘danlarining eksperimental mineralogik-texnologik tadqiqotlari” nomli to‘rtinchi bobida asl va boshqa yo‘ldosh elementlarning uchrash shakllari. Mikrozon va skanerlovchi elektron mikroskop yordamida analitik tadqiqotlar natijasida oltin-kumush konining birlamchi gipogen ma‘danlari va gipergenez mahsulotlari (nurash qobig‘i, oksidlanish, ikkilamchi sulfidli boyitish), shuningdek, ularning texnologik qayta ishlash mahsulotlari, turli xil kimyoviy birikmalarda mavjud bo‘lgan, o‘lchami < 1 mkm bo‘lgan qimmatbaho va hamroh elementlarning mineral shakllari aniqlandi: Au, Ag, Se, Te, Cd, Hg, Mo, W, Pt.

Ko‘rinadigan tabiiy oltin - zarrachalarining o‘lchamiga ko‘ra, u asosan changga o‘xshash (0,01 - 0,06 mm), mayda dispers (1 - 10 mkm), o‘ta mayda dispers (0,1 - 1 mkm) va kolloid dispers (<0,1 mkm) ga tegishli. Sof tug‘ma ko‘rinadigan oltin asosan pirit, arsenopirit, gyotit, gidrogyotit, kvarts, opal va boshqa minerallarda uchraydi. Sof tug‘ma oltinning tarkibi ikki turdagi kimyoviy birikmalar bilan ifodalanadi: 100% tabiiy oltin va oltin intermetalik birikmalar -

Au-Ag, Fe-Au (ferroaurid) va Au-As (arsenoaurid). Oltin va kumushdan tashqari, sof tug‘ma oltinda Fe, Cu, As va S aralashmalari mavjud (7-jadval).

7-jadval

Oltin va kumush minerallarining kimyoviy tarkibi (skanerlovchi elektron mikroskop va mikrozonid ma’lumotlariga ko‘ra), % da

| Skanerlovchi elektron mikroskop | | | Mikrozonid | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|------------|-------|------|------|------|---|-------|
| Au | Ag | Σ % | Au | Ag | Fe | Cu | As | S | Σ % |
| 100 | | | 85.02 | 12.60 | 2.06 | 0.03 | | | 99,71 |
| 100 | | | 83.74 | 12.37 | 2.88 | 0.01 | | | 99 |
| 100 | | | 83,77 | 13.43 | 2.84 | 0,03 | | | 100 |
| 100 | | | 82.94 | 14.31 | 2.60 | 0,14 | | | 99,99 |
| 100 | | | 80.44 | 16.25 | 2.45 | 0,23 | | | 99,37 |
| 79.01 | 20.99 | 100 | 90.17 | 6.20 | 2.36 | 0,28 | | | 99.01 |
| 87,82 | 12.10 | 99,92 | 63.40 | 34.76 | 1.02 | | 0,81 | | 99,99 |
| 81.50 | 18.40 | 99,90 | 60,83 | 36.27 | 1.07 | 0,26 | 0,47 | | 98,9 |
| 86.35 | 13.55 | 99,90 | 66.28 | 31.0 | 1.08 | 0,28 | 0,36 | | 99 |
| 75.90 | 24.10 | 100 | 35.60 | 61.58 | 2.69 | 0,03 | | | 99.9 |
| 62.31 | 37.69 | 100 | 34.83 | 61.40 | 2.78 | | | | 99.01 |
| 74.28 | 25.65 | 99,93 | 18.08 | 80.43 | 1.42 | 0,07 | | | 100 |
| 79.01 | 20.9 | 99,91 | 35.67 | 56.40 | 6.98 | | | | 99.05 |
| 64.30 | 35.30 | 99.6 | 17.31 | 80.66 | 1.86 | 0,17 | | | 100 |
| 98,80 | 0,20 | 99 | 63.33 | 29.22 | 5.50 | | | | 98.09 |
| 98,0 | 1.5 | 99.5 | 62,97 | 30.56 | 4.80 | | | | 98.33 |
| 90.29 | 9.71 | 100 | 80,96 | 18.06 | | | | | 99.02 |
| 100 | | | 81.72 | 18.34 | | | | | 100 |

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining geterogen ma’danlarining aniqlangan ko‘p komponentli mineral tizimida sanoat jihatdan qimmatbaho minerallar va ularning uchrash shakllari aniqlangan: Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sn, W, Mo, Te, Pt.

Oltin va kumushning har xil turdagi ma’danlarda uchrash shakllari: sof tug‘ma kumush, kumush sulfidlar (argentin, akantit, matildit), kumush antimonidlar (freybergit, ramdorit, polibazit, nakaseit, tetraedrit, stefanit, animikit). Ko‘rinadigan sof tug‘ma oltin asosan pirit, arsenopirit, geotit, gidrogeotit, kvars, opal va boshqa minerallarda uchraydi. Sof tug‘ma oltinning tarkibi ikki turdagi kimyoviy birikmalar bilan ifodalanadi: Sof tug‘ma oltin va oltin intermetalik birikmalar - Au-Ag, Fe-Au (ferroaurid) va Au-As (arsenoaurid).

Qoraqo‘ton oltin-kumush konining ma’danlarida ko‘plab mahsuldor elementlarning uchrash shakllari aniqlangan: platina uchun poliksen intermetalidlari (Fe, Pt) va platinali kumush (Pt, Ag); volfram (W) uchun – sof tug‘ma volfram (W), volframit (WS₂) va tungstinit (WO₃ H₂O); selen (Se) uchun – naumannit (Ag₂Se), aguilarit (Ag₄SeS); simob (Hg) uchun - guadalkasarit (HgZn), xlor (Cl) uchun - galit (NaCl).

Har xil turdagi ma’danlar va ularni texnologik qayta ishlash mahsulotlarida belgilangan oltin va kumushning uchrash shakllaridan tashqari, boshqa unumdor elementlarning uchrash shakllari ham aniqlangan: Pt, Sn, W, Se, Te, Hg, kamyob yer elementlari.

Qoraqo‘ton oltin-kumush konini texnologik o‘rganish. Qoraqo‘ton konining ma’danlarini qayta ishlash bo‘yicha tavsiya etilgan texnologiyamiz GMZ-1 ning flotatsion konsentrat va FK gravitatsiya qilish qoldiqlarini oksidlovchi-xlorli kuydirish jarayonining amaldagi texnologik sxemasiga keyingi shlakni suv bilan yuvish va keyin yuvilgan shlak sorbsion sianidlash uchun yuboriladi.

Texnologik tadqiqotlar uchun GMZ-1 zavodining Qoraqo‘ton ma’dan maydoni Yangi Dovon koni 51 va 25-ma’dan tanalaridan olingan, har birining

og'irligi 75 kg dan bo'lgan sulfidli ma'danlarning 2 ta texnologik namunalari berildi. Mineralogik tarkibiga ko'ra, namuna tarkibida kvarts tomirlari va sulfidlar, asosan pirit va kamroq darajada - arsenopirit bo'lgan kvarts-slyuda slaneslar, kvarts-slanesli brekchiyalar, metaqumtoshlar, metaalevrolitlar bilan namoyon bo'lib, namuna to'q kulrang rangga ega.

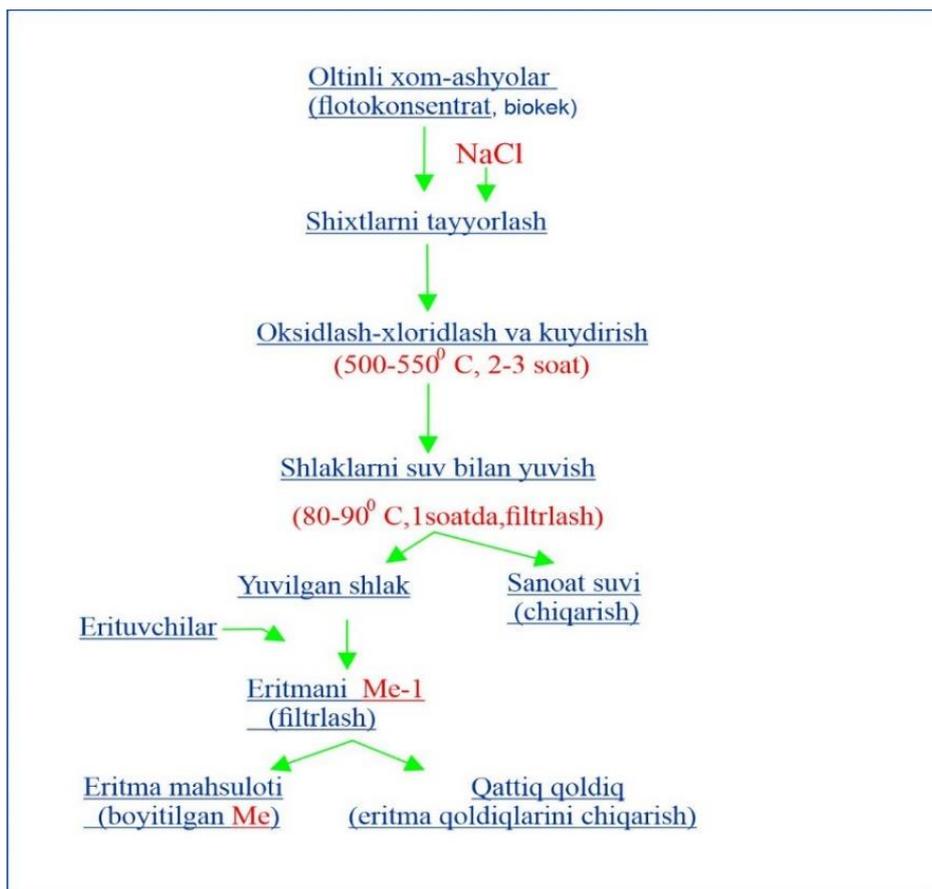
Boyitish mahsulotlarini kuydirish bo'yicha tajribalar o'tkazish va boyitish qoldiqlari, hosil bo'lgan boyitish konsentratlari va ularning chiqindilaridan oltin olish koeffitsientini aniqlash. Birlamchi namunalarning kimyoviy tahlil natijalari 8-jadvalda keltirilgan.

Dastlabki flotatsion konsentratlardan 36 soatlik rejimda 10% smola yuklangan holda oltin ajralishi NTS-1K va NTS-2K ma'danlari uchun mos ravishda 95,2% va 97,4% ni tashkil etdi. 10% smola bilan 36 soat davomida shunga o'xshash rejimda flotatsion konsentrat shlaklardan oltinni ajralishi NTS-1K va NTS-2K uchun mos ravishda 95,2% va 97,2% ni tashkil etdi (3-rasm).

8-jadval

Birlamchi namuna materialining kimyoviy tarkibi

| Namuna | Element tarkibi, %. | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------|-------|
| | Au, g/t | Ag, g/t | S _{Jami} | S _s | SO ₃ | Fe _{Jami} | C _{um} | C _{org.} | CO ₂ | As | Sb |
| 51-sonli ma'dan tanasi | 10.67 | 18.6 | 1.8 | 1.4 | 1.0 | 3.2 | 1.7 | 0,40 | 4.8 | 0,54 | 0,024 |
| 25-sonli ma'dan tanasi | 5.48 | 10.0 | 1.3 | 1.0 | 0,75 | 3.1 | 1.6 | 0,30 | 4.8 | 0,16 | 0,007 |
| 51-sonli ma'dan tanasi. Gravitatsiya uchun | 6.58 | 16.5 | 1.5 | 1.1 | 1.0 | 3.3 | 1.5 | 0,36 | 3.9 | 0.2 | 0,011 |
| 25-sonli ma'dan tanasi. Gravitatsiya uchun | 5.27 | 15.8 | 1.4 | 1.1 | 0,75 | 3.2 | 1.6 | 0,40 | 4.4 | 0,15 | 0,010 |



3-rasm. Eng maqbul texnologik sxema.

Qoraqo‘ton koni ma‘danlarining texnologik xossalari va qoidalari o‘rnatildi. Oltinni ajratib olishning eng samarali sxemasi - bu xlorli kuydirish va hosil bo‘lgan shlakni keyingi sorbsion siyanidlash hisoblanib, oltinning chiqishi 95,3% (№51 ma‘dan tanasi uchun) va flotatsiya-sorbsion sxema bo‘yicha esa oltin ajralishi 94,8%.

XULOSA

Tadqiqotlarning natijalari asosida quyidagi asosiy xulosalarni keltirish mumkin:

1. Oltin va kumush bilan chambarchas bog‘liq holda ma‘dan tanalarida elementlarning ikkita mahsuldor geokimyoviy assotsiatsiyasi mavjudligi aniqlandi: erta Au-As-S va kechki Ag-Sb-Cu-Zn-Pb. Kechki assotsiatsiyada kumush oltindan 3,5 baravar ustun turadi. Oltin va kumushga qo‘shimcha ravishda, ma‘dan tanalarida elementlarning to‘planish darajasining tegishli geokimyoviy qatorini tashkil etuvchi birga keluvchi elementlarning konsentratsiyasi qayd etilib (Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag), bu ularning tadqiqot maydonida qidiruv ishlarida muhimligini ko‘rsatadi.

2. Qoraqo‘ton oltin-kumush koni ma‘danlari uchun har xil genetik turdagi ma‘danlarni zonalligi aniqlandi: 1) konning yuqori gorizontlari gipogen va giperegen (oksidlangan) ma‘danlarning rivojlanish zonasi bilan ifodalangan; 2) o‘rta gorizontlar supergen ma‘danlari bilan ifodalanadi (ikkilamchi sulfidli boyishning rivojlanish zonasi); 3) konning chuqur gorizontlari birlamchi gipogen mahsuldor ma‘danlar bilan ifodalanadi.

3. Gipergenez zonasida kislorodli birikmalarning, birinchi navbatda, kislorod kislotalarining tuzlari (sulfatlar, arsenatlar, antimonatlar, fosfatlar va silikatlar) va oksidlar, gidroksidlarning keskin ustunligi aniqlangan. Gipergenez zonasining mineralogiyasi quyidagi ma‘danli minerallar bilan ifodalanadi: gyotit, gidrogyotit, seritsit, melanterit, yarozit, kuprit, skorodit, mimetezit, bedantit, kermezit, valentenit, tungstit, povellit, sinkit, arkanit, batlerit, intermetal birikmalar, sof tug‘ma oltin va kumush.

4. Ikkilamchi sulfid bilan boyitish zonasida birinchi marta to‘qqizta mineral - xalkozin, digenit, kovellin, akantit, grikonit, tungstit, shtromeyrit, polibazit, seynyayokit aniqlangan bo‘lib, ular Qoraqo‘ton koni ma‘danlarining birlamchi minerallashuvi tarkibini ko‘rsatadi.

5. Kumushning har xil turdagi ma‘danlarda uchrash shakllari: sof tug‘ma kumush, kumush sulfidlari (argentit, akantit), kumush arsenadlari (freybergit, matildit), kumush antimonidlari (freybergit, ramdorit, polibazit, nakaseit, tetraedrit, stefanit, animikit). Ko‘rinadigan sof tug‘ma oltin asosan pirit, arsenopirit, gyotit va gidrogyotitda uchraydi. Sof tug‘ma oltinning tarkibi ikki turdagi kimyoviy birikmalar bilan ifodalanadi: sof tug‘ma oltin va oltin intermetall birikmalar - Au-Ag, Fe-Au (ferroaurid) va Au-As (arsenoaurid).

6. Qoraqo‘ton koni ma‘danlarining texnologik xossalari va reglamenti belgilangan. Oltinni ajratishning eng samarali sxemasi - bu xlorli kuydirish va hosil bo‘lgan shlakni keyingi sorbsion siyanidlash bilan qayta ishlash bo‘lib, bunda oltin ajralishi 95,3% (№51 ma‘dan tanasi uchun) va flotatsiya-sorbsiya sxemasi bo‘yicha esa 94,8% (№25 ma‘dan tanasi uchun) tashkil qiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ Dsc.24/30.12.2019.GM.40.01.
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ГУ «ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ»**

**ГУ «ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
им. Х.М. АБДУЛЛАЕВА»**

ШУКУРОВ ШУХРАТ РАЙИМОВИЧ

**ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ФОРМЫ
НАХОЖДЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ И СОПУТСТВУЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАКУТАН**

**04.00.02 - Геология, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.
Металлогения и геохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD)
ПО ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент-2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по геолого-минералогическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2023.3.PhD/GM194.

Диссертация выполнена в Государственном учреждении «Институт геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева».

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

Научный руководитель: Садыкова Лола Ренатовна
доктор геолого-минералогических наук

Официальные оппоненты: Карабаев Маматхон Садинович
доктор геолого-минералогических наук, профессор

Умаров Акромиддин Зайниддинович
кандидат геолого-минералогических наук, профессор

Ведущая организация: АО «Навоийский горно-металлургический комбинат»

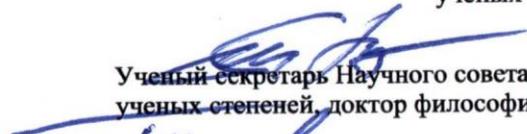
Защита диссертации состоится «7» 05 2025 г. в 14³⁰ часов на заседании Научного совета Dsc.24/30.12.2019.GM.40.01. при Институте минеральных ресурсов, (Адрес: 100164, г. Ташкент, ул. Олимлар, 64. Тел.: (99871) 209-08-93; e-mail: info@mridm.uz, grniimg@exat.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института минеральных ресурсов, (зарегистрирована за №3488). (Адрес: 100164, г. Ташкент, ул. Олимлар, 64. Тел.: (99871) 209-08-93.

Автореферат диссертации разослан «22» 04 2025 года.
(реестр протокола рассылки № 21 от «01» 04 2025 года.)




М.У. Исоков
Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.г.-м.н.


С.С. Сайитов
Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии (PhD) по г.-м.н.


М.М. Пирназаров
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученой степени, д.г.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике изучение геохимических и минералогических особенностей золоторудных и других типов месторождений остается актуальным. Большое внимание уделяется определению особенностей форм нахождения золота, серебра и сопутствующих ценных элементов, изучению минералого-геохимических характеристик, которые дают предпосылки к научно-обоснованному прогнозу скрытого оруденения и перспективности площадей на благородные металлы.

В настоящее время в развитых странах мира проводятся многочисленные научных исследования по изучению минералого-геохимических особенностей месторождений. В частности, для установления научно обоснованных критериев поиска и прогнозирования, перспективы оруденения, изучение минералого-геохимических свойств руд, форм нахождения различных полезных компонентов в их составе позволяют получить положительные результаты. В настоящее время особое внимание уделяется изучению геохимических, минералогических особенностей и формам нахождения золота, серебра и сопутствующих ценных элементов в различных генетических типах золоторудных и других месторождений.

В республике ведутся масштабные работы по прогнозированию новых перспективных месторождений золота, серебра и других ценных элементов. В частности, в результате исследований, проведенных в последние годы, выявлен ряд месторождений драгоценных металлов. В Стратегии дальнейшего развития Нового Узбекистана определены меры по «... расширению минерально-сырьевой базы в соответствии с потребностям экономики...»¹. Все это определяет целесообразность проведения научных исследований по определению минералогических и геохимических свойств благородных и сопутствующих элементов на месторождении Каракутан, расположенном в Зирабулак-Зиаэтдинском регионе.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 г. № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 1 марта 2018 г. № ПП-3578 «О мерах по коренному совершенствованию деятельности Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам», от 21 апреля 2021 г. ПП-5083 «О дополнительных мерах по активному привлечению инвестиций в сферу геологии, трансформации предприятий отрасли и расширению минерально-сырьевой базы республики», от 3 августа 2022 г. № ПП-343 «О мерах по организации производства высокотехнологичных металлов на основе местного минерального сырья», а также ряда других нормативно-правовых документов, принятых в этой сфере.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики – VIII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

Степень изученности проблемы. Геологическое строение, стратиграфия, тектоника, минералогия и геохимия Каракутанского рудного поля, расположенного в Зирабулак-Зиаэтдинском регионе, изучали многие исследователи, такие как: А.С. Аделунга, В.Д. Чеховича, К.В. Стуковой, А.П. Холопова, Н.Д. Зеленко, М.Г. Калабиной, Э.Б. Бертмана, В.Г. Моисеенко, Г.В. Чебана, Т.Е. Корсакова, И.В. Шадрина, А.Х. Туресебекова и др.

Исследования прошлых лет были направлены на прогнозирование перспектив глубоких горизонтов месторождения Каракутан, выявление закономерностей размещения золоторудной минерализации, определение минералого-геохимических характеристик, а также оценку запасов золота путем обобщения и анализа по результатам горных работ.

В настоящее время существует ряд нерешенных проблем, связанных с вещественным составом первичных руд и продуктов их переработки, формами нахождения в них золота, серебра и других ценных компонентов, а также установлению потерь в процессе добычи золота. Результаты исследований послужат основой для совершенствования технологии добычи золота при переработке руд месторождения Каракутан.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследования выполнены в рамках плана научно-исследовательских работ Института геологии и геофизики по темам № ФА-А13-Т126 «Разработка технологического регламента извлечения благородных металлов из упорных руд и отходов золоторудных месторождений черносланцевой формации Узбекистана (на примере месторождений Даугыз, Кокпатас и др.)» (2015-2017) и № 3/2020 «Детальное изучение вещественного состава и формы нахождения золота и других сопутствующих элементов руд месторождения Каракутан и продуктов их технологической переработки» (2020-2021).

Целью исследования является детальное изучение вещественного состава (химического и минерального), форм нахождения золота, серебра и других сопутствующих элементов в рудах месторождения Каракутан и продуктах их технологической переработки, выявление факторов упорности сырья.

Задачи исследования заключаются в следующем:

определение геохимических особенностей распределения золота, серебра и других сопутствующих элементов в рудах месторождения Каракутан;

определение минералогических особенностей золото-серебряного месторождения Каракутан, зональности различных типов руд;

определение форм нахождения золота, серебра и других сопутствующих ценных элементов в первичных гипогенных и гипергенных рудах;

выявление факторов затрудненного обогащения первичных руд золото-серебряного месторождения Каракутан.

Объектом исследования являются рудные тела Каракутанского золото-серебряного месторождения и отвалы, расположенные в ведении Навоийского горно-металлургического комбината.

Предметом исследований являлся минеральный, химический состав первичных, гипергенных и вторичных сульфидных руд и продуктов их переработки, а также формы нахождения благородных и других сопутствующих элементов.

Методы исследования. В исследованиях применялись современные методы, в том числе комплексные полевые наблюдательные работы (геологические маршруты, отбор минералого-геохимических проб, геологическая документация), современные высокоточные аналитические исследования (масс-спектрометр (ICP-MS), оптико-эмиссионный анализ (ОЭС), рентгенофазовый анализ, микрозонд (Jeol) и сканирующий электронный микроскоп). (СЭМ)), использован минералогический анализ тяжелых фракций. Использовались методы статистической обработки данных, полученных на основе лабораторного анализа, сравнительного анализа результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено наличие в рудных телах месторождения Каракутан двух продуктивных к золото-серебряному оруденению геохимических ассоциаций: ранней Fe-Au-As-S и поздней Sb-Ag-Cu-Zn-Pb;

выделены типы руд по вещественному составу, определены закономерности их пространственного распространения, зональности и продуктивные минеральные ассоциации к оруденению;

определены геохимические и минералогические особенности Каракутанского золото-серебряного месторождения, формы нахождения ценных и попутных Pt, Sn, W, Se, Te, Hg, редкоземельных элементов;

разработаны технологические свойства и регламент руд месторождения Каракутан и установлено, что наиболее эффективной схемой извлечения золота является хлорный обжиг и переработка полученного шлака с последующим сорбционным цианированием.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

установлен ряд концентраций Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag накопления элементов, важных в поисковых работах, на основе геохимических особенностей руд района исследований;

выделены гипергенные, супергенные и гипогенные зоны для руд месторождения Каракутан в зависимости от генетического типа и вещественного состава;

Отмечено, что формы нахождения благородных металлов в рудах представлены самородным золотом, ферроауридом и арсеноауридом для золота, серебро - самородным серебром, сульфидами серебра (аргентит,

акантит), антимонидами серебра (фрейбергит, рамдорит, полибазит, накасеит, тетраэдрит, стефанит);

Разработаны рекомендации по технологии переработки различных видов руд и их отходов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований подтверждается аналитическими данными полученных из сертифицированных «Уздавстандартом» лабораторий. В частности: проведены ICP MS-масс-спектрометрический, оптико-эмиссионный, микрозондовый на приборе, сканирующий электронный микроскопический анализы на 101 пробе, отобранной из минерализованной зоны и пунктов детальных геологических наблюдений в ходе полевых работ.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в определении состава гипогенных и гипергенных рудных минералов и минералов благородных металлов и, следовательно, минеральный состав руд уточняющий сведения о форме нахождения благородных металлов, что позволит установлению условий формирования оруденения исследуемой площади.

Практическая значимость результатов исследований заключается в анализе ассоциаций минералов золота, серебра и других ценных сопутствующих элементов, которые дали возможность провести минералого-технологическую типизацию руд и предложить эффективную технологию извлечения из них благородных металлов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по минералого-геохимическим исследованиям Каракутанского рудного поля:

результаты детального изучения вещественного состава руд месторождения Каракутан и формы нахождения золота, серебра и других сопутствующих элементов внедрены в практику АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка Министерства горнодобывающей промышленности и геологии № 08-3676 от 3 октября 2024г.). Результаты позволили выделить основные минеральные и геохимические ассоциации оруденения драгоценных металлов и определить дальнейшие направления геологоразведочных работ;

особенности минералого-геохимических систем Каракутанского месторождения внедрены в практику АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка Министерства горнодобывающей промышленности и геологии № 08-3676 от 3 октября 2024г.). Результаты позволили выделить две: ранние Fe-Au-As-S и поздние Sb-Ag-Cu-Zn-Pb геохимические ассоциации, продуктивные для золото-серебряного оруденения месторождения и отнести его к золото-серебряному генетическому типу месторождения;

рекомендации по технологии переработки различных типов руд и продуктов их технологического передела, формам нахождения золота и серебра и других продуктивных элементов: Pt, Sn, W, Se, Te, Hg и

редкоземельных элементов внедрены в практику АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка Министерства горнодобывающей промышленности и геологии №08-3676 от 3 октября 2024г.). В результате запланированы действия по созданию технологии переработки вышеуказанных ценных элементов. Наиболее эффективной схемой извлечения золота является хлорная обжиг и переработка полученного шлака с последующим сорбционным цианированием, благодаря чему извлечение золота увеличилось на 95,3%;

минералогическая особенность и зональность различных генетических типов руд месторождения Каракутан внедрены в практику АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка Министерства горнодобывающей промышленности и геологии № 08-3676 от 3 октября 2024г.). В результате впервые выделены различные генетические типы гипергенной, супергенной и гипогенной зональности оруденения для руд золото-серебряного месторождения Каракутан и сделан прогноз на глубокие продуктивные горизонты месторождения Каракутан.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были обсуждены на 2^х международных и 3^х республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 8 журнальных статей, в т. ч. 5 в республиканских и 3 в зарубежном журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 131 страниц текста, 58 таблиц и 30 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность проведенных исследований, изложены цель и задачи, обозначены объект и предмет исследований, показано соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, приведена научная новизна и практическая значимость полученных результатов и их внедрение в практику, даны сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации «**Обзор изученности и геологическое строение Каракутанского рудного поля**». Месторождение Каракутан расположено в Зиаэтдинских горах.

Крупномасштабные геолого-съёмочные работы в Зирабулак-Зиаэтдинском горнорудном районе начинаются с 1941г., после открытия Ингичкинского вольфрамового месторождения.

В 1944-1948 гг. проводилась геологическая съёмка м-ба 1:50000 Зирабулак-Зиаэтдинского региона с участием геологов: А.С. Аделунга, В.Д. Чеховича, Г.Ф. Тетюхина, К.Н. Вендланда, А.М. Соколовой, С.М. Заянц, Н.Д. Зленко, М.Г. Калабиной.

В 2001-2002 гг. В.Л. Шадрин и др. занимались обобщением и анализом результатов эксплуатационных работ по Каракутанскому рудному полю с оценкой прогнозных ресурсов золота (В.Л. Шадрин и др., 2002). Ими было подтверждено, что все месторождения и рудные тела размещены внутри субширотной крутопадающей Каракутанской зоны разломов в пределах северного крыла Катармайской антиклинали, разбитого на блоки разнонаправленными нарушениями.

Тематические работы по типизации вулканогенных образований занимались А.А. Кустарникова, Т.Н. Далимов, И.В. Мушкин, В.С. Корсаков, В.В. Михайлов, Л.В. Шпотова, В.Н. Ушаков, Ф.К. Диваев и др., метаморфизмом А.В. Покровский, В.А. Хохлов, И.М. Мирходжиев, изучением минералого-геохимических особенностей и типоморфизмом руд - Р.П. Бадалова, В.Д. Цой, М.М. Пирназаров, Ш.П. Алимов, Э.Б. Бертман, С.Т. Бадалов, А.Х. Туресебеков и др., структурами рудных полей - А.В. Королев и др.

Из вышеизложенного следует, что необходимо обратить внимание на выявление вещественного состава, технологических свойств руд на выявленных в последнее время рудных зонах, в которые, в частности, входят поле распространения второй подсвиты катармайской свиты на месторождении Каракутан.

Геологическое строение Каракутанского рудного поля. Каракутанское (Зиаэтдинское рудное поле) расположено в Зиаэтдинских горах. В Каракутанском рудном поле после открытия золотого месторождения Каракутан в 1963 г. к настоящему времени обнаружено множество месторождений и более 100 рудных тел, которые подготовлены к добыче, многие из них отработаны или отрабатываются.

Геологическое строение рудного поля представлено метакarbonатно-вулканогенно-кремнистой катармайской свитой ϵ -S kt, вулканогенно-терригенной булямущской свитой O-S (?) bl, карбонатной Кызбибинской свитой D₁₋₂ kb и вулканогенной джиландинской свитой D₁(?) dž.

Свита по литологическим особенностям подразделяется на 3 подсвиты, имеющие постепенные переходы между собой. (по Корсакову В.С. и др.)

Первая подсвита (терригенно-вулканогенная, ϵ -S kt₁) представлена терригенно-вулканогенными породами и сложена агломератовыми туфами базальтового состава с прослоями и линзами слюдисто-полевошпатовых кварцевых сланцев, мраморов, доломитов, известняков и кремнистых пород. Мощность подсвиты более 600 м.

Вторая подсвита (карбонатно-терригенная, ϵ -Skt₂) сложена кристаллическими сланцами темно-серого цвета с прослоями метабазитов, карбонатных пород и кварцитов. Породы окварцованы, что выражено в развитии полосок и гнезд кварца, ориентированных по слоистости. Прослой кварцитов и карбонатных пород (мраморизованных доломитов и известняков) имеют мощность от 0,1 до 20,0 м при протяженности в несколько десятков и сотен метров. Количество метабазитов значительно уменьшается по сравнению с первой подсвитой. Общая видимая мощность подсвиты более 500 м.

Третья подсвита (вулканогенно-терригенная, Є-S kt_3) по набору пород самая разнообразная. Сложена подсвита переслаивающимися, неравномерно метаморфизованными слюдисто-полевошпат-кварцевыми, слюдисто-кварц-полевошпатовыми, полевошпат-кварц-слюдистыми, алевролитоглинистыми, глаукофановыми сланцами, филлитами с резко подчиненным количеством прослоев и линз доломитов, известняков, песчаников, гравелитов, конгломератов, многочисленными прослоями и линзами туфов, агломератовых туфов базальтового, оливин-базальтового состава мощностью до 200 м и протяженностью от первых сотен метров до 10 км и более. Для подсвиты характерно значительное распределение ореолов золота, главным образом в пределах влияния Каракутанской зоны глубинного разлома, где локализовано большинство золоторудных тел с промышленными оруденениями (месторождения Каракутан, Бешкудук, Капкаклы, рудные тела 5, 9, 11, 25 и др.).

Булямущская свита O-S (?) b1 , выделена В.В. Михайловым из состава верхнекатармайской свиты девона. Сланцы слюдистые, кремнистые, филлиты, метапесчаники, метаалевролиты, кварциты, гравелиты.

Джиландинская свита $\text{D}_1(?) \text{ d}\check{\text{z}}$. Описана В.В. Михайловым и Ф.К. Диваевым и выделена из состава катармайской свиты как анкарамит-трахибазальтовая формация.

Кызбибинская свита $\text{-D}_{1-2} \text{ kb}$. Карбонатные породы свиты представляют собой разномасштабные тектонические блоки и пакеты, которые были затащены в породы катармайской и джиландинской свит (по атласу геологических карт М 1:500 000, 2023г.).

Интрузивные образования представлены Зирабулак-Зиаэтдинским габбро-гипербазитовым комплексом (σЄ-D_{2z}) и верхнекарбонново-нижнепермского ($\text{C}_3\text{-P}_1$) возраста каракутанским дайковым комплексом.

По своим морфологическим особенностям месторождение Каракутан отнесено к морфологическому типу трещинно-жильных в связи с тем, что наиболее характерными для него является существенно кварцевые тела, образовавшиеся в участках пересечений, либо сопряжений разно ориентированных тектонических элементов.

В второй главе **«Геохимическое распространение и поведение золота, серебра и других сопутствующих ценных элементов в рудах золото-серебряного месторождения Каракутан»** приведено геолого-геохимическое картирование по рудным телам. Методика геолого-геохимического картирования заключалась в построении профилей по рудным телам № 51, 25, 5, 112, 71, 17, 8 с отбором проб из карьеров, скважин, шахт и отвалов из руд.т.-8, руд.т.-51, руд.т.-71. В результате геолого-геохимического отбора проб по рудным телам, включая зоны контактов геохимического картирования золото-серебряного месторождения Каракутан, были отобраны пробы в количестве 101 шт из рудных тел и контактной части. Координаты каждого отобранного образца были нанесены на карту и построены поперечные разрезы. Среди этих образцов были выбраны и изучены наиболее информативные данные для детальных исследований.

Геохимические особенности матрицы вмещающих пород и руд золото-серебряного месторождения Каракутан были изучены с использованием аналитических методов: полуколичественный спектральный анализ методом просыпки; пробирный анализ на золото и серебро; масс-спектрометрический анализ (ICP-MS), которые выполнялись в ГП «Центральная лаборатория».

Полученные результаты аналитических исследований позволили наиболее полно раскрыть геохимические особенности состава вмещающих пород и рудных тел с золото-серебряным оруденением.

Данная ассоциация элементов является геохимической системой матрицы вмещающих пород золото-серебряное оруденение силикатно-алюмосиликатно-ферриоксидно-карбонатной минеральной системой. Содержание по данным пробирного анализа (в г/т) золота колеблется от 4,9 до 7,6, в среднем составляет 6,8 г/т, серебра (3,46-19,9) в среднем 14,2 г/т, содержание золота по данным масс-спектрометрического анализа (в г/т) в среднем составляет (8,32), серебра (4,4). Серебро по данным пробирного анализа преобладает над золотом в 3 раза. В тесной ассоциации с золотом и серебром присутствуют рудобразующие геохимические продуктивные ассоциации элементов (в г/т): As (342), Sb (93,0), Pb (780), Zn (240), Cu (42,5) и сопутствующие выше кларковые элементы (K_k): Au (1934,9), As (201,2), Se (146), Te (540), Sb (186), Bi (355,6), Ag (62,86), W (11), Cd (10,23) (рис. 1). Сумма редкоземельных элементов в среднем составляет (113 г/т). Из вышеизложенного следует, что рудное тело 5 является гетерогенной, высококомплексной минералого-геохимической системой.

Общая геохимическая характеристика рудных тел 51, 5, 25, 71, 112, 8, 17. Данная ассоциация представляет геохимическую систему матрицы вмещающих золото-серебряное оруденение или является силикатно-алюмосиликатно-ферриоксидно-карбонатной минеральной системой. Содержание золота по данным пробирного анализа во всех рудных телах колеблется (в г/т) от <0,2 до 6,8, в среднем составляя 2,2, серебра от <5 до 16,8, в среднем составляя 6,9 г/т (табл. 1). По данным масс-спектрометрического анализа золото установлено в рудном теле 51 от 1 до 5г/т, среднее содержание составляет 1,5 г/т.

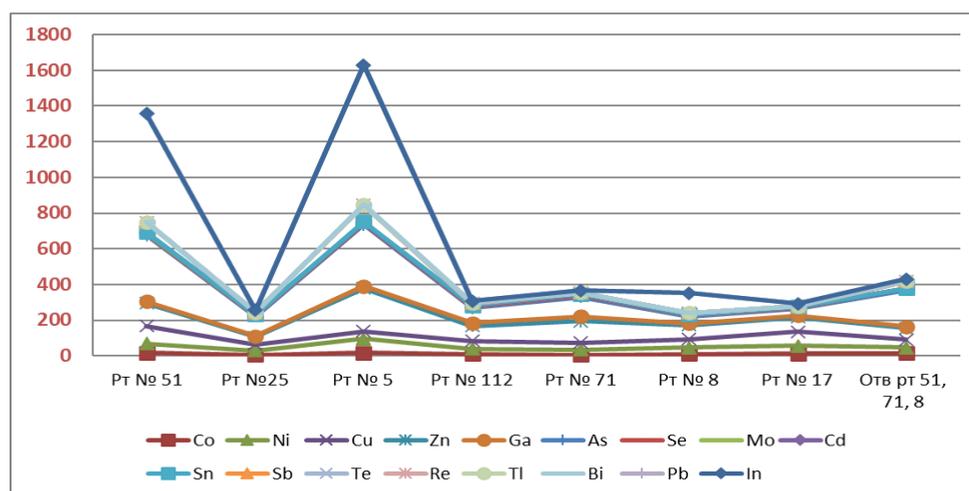


Рис. 1. Спайдер-диаграмма среднего содержания халькофильных элементов в рудных телах и отвалах золото-серебряного месторождения Каракутан, в г/т.

Содержание золота и серебра в рудных телах золото-серебряного месторождения Каракутан по данным пробирного и масс-спектрометрического анализов

| Рудные тела | Пробирный анализ (г/т) | | ICP- MS (г/т) | |
|------------------------------------|------------------------|------|---------------|------|
| | Au | Ag | Au | Ag |
| Рудное тело № 51, пробы (9) | 5,7 | 16,8 | 1,26 | 14,0 |
| Рудное тело №25, пробы (7) | 6,8 | 14,2 | 8,32 | 4,4 |
| Рудное тело № 5, пробы (11) | 0,9 | <5,0 | 0,08 | 0,77 |
| Рудное тело № 112, пробы (15) | 0,8 | <5,0 | 0,5 | 1,4 |
| Рудное тело № 71, пробы (10) | 0,7 | <5,0 | 0,55 | 2,0 |
| Рудное тело № 8, пробы (10) | 0,6 | <5,0 | 0,61 | 0,78 |
| Рудное тело № 17, пробы (39) | 0,9 | <5,0 | <0,05 | 0,85 |
| Отвалы пробы (12) | 0,4 | <5,0 | 0,15 | 0,57 |
| Среднее содержание по рудным телам | 1,9 | 6,9 | 1,5 | 3,5 |

Примечание: в скобках-количество проанализированных проб.

Кроме этих рудообразующих элементов присутствуют в выше кларковых содержаниях (в г/т): 1) халькофильные элементы - Ag (54), As (115), Se (134), Te (316), Bi (117) Sb (58), Pb (14,7) Cd (3,8); 2) Сидерофильные элементы - Au (510), Re (16), Pt (10); 3) Литофильные элементов - W (5,52), Hf (3,0) в разы больше.

Полученные результаты аналитических исследований позволили наиболее полно раскрыть геохимические распространения состава вмещающих пород и рудных тел с золото-серебряным оруденением:

1. В формировании золото-серебряного месторождения Каракутан участвовали две геохимические ассоциации элементов: ранняя Fe-Au-As-S и поздняя наложенная Sb-Ag-Cu-Zn-Pb, где серебро преобладает над золотом по среднему значению 3:1.

2. В рудных телах кроме золота и серебра характерны значимые степени концентрации сопутствующих элементов, которые образуют соответствующий геохимический ряд степени накопления элементов (Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag), что указывает на их важное значение в поисковых работах на площади исследований.

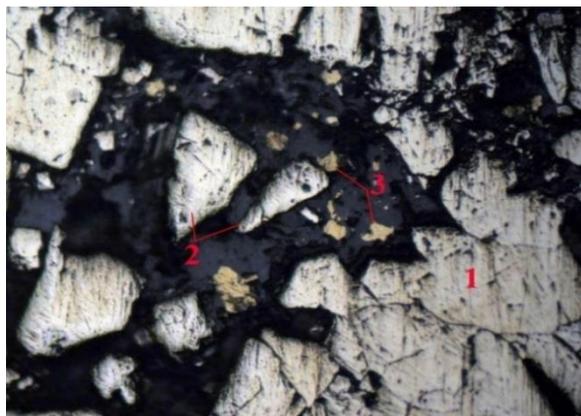
3. Установлено, что отдельные элементы, имеющие большие коэффициенты корреляции с золотом - это висмут, сурьма, цинк, никель и кадмий. Выявленная коррелируемость и высокие концентрации золота, серебра, мышьяка и селена являются поисковыми геохимическими критериями.

В третьей главе «**Минералогические особенности и зональность руд золото-серебряного месторождения Каракутан**» приведены некоторые результаты по минеральному составу золото-серебрянных руд месторождения Каракутан. Методика исследования заключалась в описании аншлифов, отобранных из представительных проб по рудным телам.

В составе изученных аншлифов установлены следующие минералы: пирит, халькопирит, сфалерит, арсенопирит, антимонит, науманит, пирротин, галенит, золото самородное в нижеследующих количествах.

Золото самородное является основным ценным минералом в составе руд. Установлено в частых зернах в виде тонких вкраплений в кварце. В основном установлено отдельно, в единичных зернах в сростке с галенитом.

Форма зерен каплевидная, изометричная, пластинчатая, ксеноморфная (рис. 2). Размер зерен составляет <math><0,01-0,02\text{ мм}</math>.



1-пирит, 2-арсенопирит, 3-халькопирит



1- самородного золота, 2-кварц

Рис. 2. Микрофотография аншлифа из вкрапления самородного золота в кварце рудного тела №51.

Микронзондовые исследования рудных тел золото-серебряного месторождения Каракутан. Нами установлена зональность в распределении геохимических и минералогических ассоциаций в пространстве: 1 - верхние горизонты месторождения представлены корами выветривания и окисленными рудами; 2 - средние глубины представлены зоной распространения супергенных руд (вторичное сульфидное обогащение руд); 3 нижние слои - зона залегания первичных золото-серебряных сульфидных руд (табл. 2).

Зоны гипергенеза и окисленные руды. В результате исследований было установлено, что гипергенные руды золото-серебряного месторождения Каракутан имеют чрезвычайно разнообразие минерального состава и по числу минералов и минералоидов превосходят первичные руды. Необходимо отметить, что корам выветривания и окислительным процессам подверглись не только силикаты, алюмосиликаты, сульфиды, сульфасоли, карбонаты, но и акцессорные минералы: рутил, циркон, редкоземельные минералы (монацит, ксенотим, апатит и др.). Нами установлено резкое преобладание в зоне гипергенеза кислородсодержащих соединений, прежде всего солей кислородных кислот (сульфатов, арсенатов, антимонатов, фосфатов и силикатов) и оксидов, гидроксидов (табл. 3,4).

Таблица 2

Минеральный состав отдельных зон золото-серебряного месторождения Каракутан

| Зона (тип руды) | Горизонт | Главные минералы месторождение |
|--|----------|--|
| Зона окисления (Гипергенные руды) | Верхний | Гетит, гидрогетит, аморфный кремнезем (опал и др.), церуссит, мелантерит, ярозит, куприт, скородит, глёт, миметезит, бёдантит, гипс, кермезит, валентинит, тунгстит, повеллит, цинкит, арканит, батлерит, самородное золото и серебро, интерметаллиды. |
| Зона вторичного сульфидного обогащения (Супергенные руды) | Средний | Халькозин, ковеллин, теморит, акантит, гринокит, тунгстенит, штрмейрит, полибазит, сейняяokit, самородное золото и серебро и др. |
| Зона первичных сульфидных руд (Гипогенные руды) | Нижний | Кварц, пирит, пирротин, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит, антимонит, тетраэдрит, матильдит, фрейбергит, гессит, науманит, аргентит, самородное золото и серебро и др. |

Таблица 3

Минеральный состав зоны гипергенеза (выветривание, окисление матрицы вмещающих оруденение пород) по данным рентгенофазового анализа и сканирующего электронного микроскопа

| Класс минералов | Минерал | Формула минерала | Частота встречаемости |
|-----------------|------------|--|-----------------------|
| Силикаты | Тоберморит | $\text{Ca}_{10}[(\text{OH})_6\text{Si}_{12}\text{O}_{31}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ | + |
| | Опал | $\text{Si}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ | ++++ |
| | Аламосит | $\text{Pb}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ | + |
| Алюмосиликаты | Аллофан | $n \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ | ++ |
| | Гиалофан | $(\text{K}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$ | ++ |
| | Галлуазит | $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | ++ |
| Карбонаты | Арагонит | CaCO_3 | ++ |
| Галогениды | Галит | NaCl | ++ |

Таблица 4

Минеральный состав зоны гипергенеза (окисление и кор выветривания) по данным микронзондирования и сканирующего электронного микроскопа

| Класс минералов | Минерал | Формула минерала | Частота встречаемости |
|---------------------------------|--|---|-----------------------|
| Самородные | | $\text{Au}; \text{Ag}; \text{Cu}; \text{Zn}; \text{Pb}; \text{Fe}; \text{S}; \text{W}; \text{C}$ | ++ |
| Интерметаллиды | | $(\text{Cu}; \text{Zn}); (\text{Cu}; \text{Zn}; \text{Br}); (\text{Au}; \text{As}); (\text{Fe}; \text{Pt}); (\text{Ag}; \text{Pt}); (\text{Au}; \text{Fe})$ | ++ |
| Оксиды и гидроксиды | Гидрогетит (лимонит) | $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | ++++ |
| | Мо- шеелит | $\text{Ca}[\text{WO}_4]$ | + |
| | Повеллит | $\text{Ca}[\text{MoO}_4]$ | + |
| | Тунгстит | $\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | + |
| | Оксид олова и меди | $(\text{SnCu})\text{O}_2$ | + |
| | Биндгеймит | $\text{Pb}_{1-2}\text{Sb}_{2-1}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})$ | + |
| | Кермезит | $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ | + |
| | Валентинит | Sb_2O_3 | ++ |
| | Арсенолит | As_2O_3 | ++ |
| | Скородит | $\text{Fe}[\text{AsO}_4]$ | +++ |
| | Платтнерит | PbO_2 | ++ |
| | Куприт | Cu_2O | + |
| | Тенорит | CuO | + |
| | Глёт | PbO | ++ |
| | Платтнерит | PbO_2 | + |
| Цинкит | ZnO | + | |
| Сульфаты, арсенаты и антимонаты | Гипс | $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | ++++ |
| | Ярозит | $\text{KFe}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$ | ++ |
| | Минерал-1 | $\text{Pb}[\text{SbO}_2\text{SO}_4 \text{Cl}]$ | + |
| | Минерал-2 | $\text{ZnPb}[\text{SO}_4]$ | + |
| | Бёдантит | $\text{PbFe}_3[\text{AsO}_4, \text{SO}_4](\text{OH})_6$ | + |
| | Англезит | $\text{Pb}[\text{SO}_4]$ | + |
| | Сингенит | $\text{K}_2\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ | + |
| | Мелантерит | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | ++ |
| | Кизерит | $\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$ | + |
| | Аркинит | $\text{K}_2[\text{SO}_4]$ | + |
| | Мимегизит | $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$ | + |
| Батлерит | $\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | + | |

Наряду со значительным развитием кислородсодержащих соединений (сульфатов, арсенатов, антимонатов, фосфатов, силикатов, оксидно-гидроксидных минералов), в меньшей степени распространены представители и других минеральных классов - простые вещества

(самородные элементы и интерметаллиды): Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Fe, C, S, W, Cu-Zn, Ag-Pt, Pt-Fe, Au-Ag, Au-Fe, Au-As, (Zn-Cu-Br). Возможность их образования обусловлено наличием в зоне окисления участков и горизонтов с восстановительными условиями минералообразования (присутствие углеродистого вещества до 0,60%) и с деятельностью сульфатредуцирующих бактерий.

Самыми распространенными гипергенными минералами по классам являются: силикаты (опал, аллофан, галлуазит), > оксиды и гидроксиды железа (гетит, гидрогетит), > сульфаты (гипс), > антимонаты, > арсенаты, > карбонаты, > фосфаты, > молибдаты, > вольфраматы, > галогениды, > самородные элементы и интерметаллиды. В общей сложности нами установлено более 70 гипергенных минералов (в месторождения Каракутан, ранее не выявленные) различного класса минералов: силикаты, алюмосиликаты, оксиды и гидроксиды, сульфаты, фосфаты, арсенаты, антимонаты, карбонаты, галогениды и их смеси самородные и интерметаллиды.

В зоне гипергенеза установлено, резкое преобладание кислородсодержащих соединений, прежде всего солей кислородных кислот (сульфатов, арсенатов, антимонатов, фосфатов и силикатов) и оксидов, гидроксидов. Минералогия зоны гипергенеза представлена рудными минералами такими как: гетит, гидрогетит, церуссит, мелантерит, ярозит, куприт, скородит, миметизит, бедантит, кермезит, валентенит, тунгстит, повеллит, цинкит, арканит, батлерит, интерметаллидами и самородными золотом, серебром. Из нерудных минералов это аморфный кремнезем (опал и др.), глёт, гипс.

Минеральный состав зоны вторичного сульфидного обогащения. В зоне вторичного сульфидного обогащения (супергенные руды) сульфиды и их аналоги образуются тремя способами: 1) в результате обменных реакций типа сульфид - сульфат; 2) путем сульфат-редукции, т.е. восстановления SO_4^{2-} до S^{2-} с участием бактерий; 3) через электрохимическое взаимодействие первичных гипогенных сульфидов. Нами впервые установлено 9 минералов зоны вторичного сульфидного обогащения (табл. 5).

Таблица 5

Минеральный состав зоны вторичного сульфидного обогащения
(по данным микронзондирования и сканирующего электронного микроскопа)

| Класс минералов | Минералы | Формула минерала | Частота в встречаемости |
|-----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Сульфиды | Халькозин | Cu_2S | ++ |
| | Дигенит | $Cu_{2-x}S$ | ++ |
| | Ковеллин | CuS | + |
| | Акантит (разновидность) | Ag_2S | ++ |
| | Гринокит | CdS | + |
| | Тунгстенит | WS_2 | + |
| | Штромейерит | $AgCuS$ | + |
| | Полибазит | $(Ag,Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ | + |
| | Сейняйокит | $FeSb_2$ | + |

В зоне вторичного сульфидного обогащения (супергенные руды) определены девять минералов - халькозин, дигенит, ковеллин, акантит, гринокит, тунгстенит, штрмейерит, полибазит, сейняюкит, которые указывают на состав первичной минерализации руд месторождения Каракутан.

Зона первичных гипогенных руд. Результаты геохимических, минералогических и тонких аналитических исследований (микроскопия, спектральный, масс-спектрометрический, рентгенофазовый, микронзондовый анализы, сканирующая электронная микроскопия) позволили выделить три продуктивные минеральные ассоциации, слагающие гипогенные руды:

1) ведущая продуктивная золото - пирит - арсенопиритовая, представленная в виде макро- и микро- вкрапленности золота пирита, арсенопирита, лёлленгита, горсфордита, кобальтина, глаукодота, ауоарсенида, которые содержат в себе структурно приспособленные золото и серебро. Данная ассоциация минералов присутствует в зонах гидротермально переработанных вмещающих пород (гидрослюдизация, окварцевание, хлоритизация, карбонатизация);

2) серебро - золото - полисульфидная минеральная ассоциация, уступающая ведущей продуктивной ассоциации. Данная ассоциация образует рассеянную микровкрапленность в породообразующих минералах и ведущих сульфидных минералах - пирите и арсенопирите и др. минералах. Эта ассоциация минералов представлена пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, сульфосолями, селенидами, теллуридами и минералами золота и серебра;

3) серебро - антимонитовая продуктивная ассоциация (антимонит, тетраэдрит, фрейбергит, полибазит, рамдорит, бурнонит, бертьерит, джемсонит, стефанит, анимикит, фюлеппит, гудмундит, герсдорфит).

Для установления причин преобразования продуктивных гипогенных первичных сульфидных, арсенидных, антимонидных минералов (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, антимонит и др.) в процессе гипергенеза и дальнейшей их технологической переработки, все перечисленные минералы были изучены микронзондированием и сканирующим электронным микроскопом (более 200 замеров) (табл. 6).

Таблица 6

Минеральный состав гипогенных первичных руд (по данным микронзондирования и сканирующего электронного микроскопа)

| Класс минералов | Минералы | Формула минерала | Частота встречаемости |
|-----------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|
| Самородные | Золото серебро | Au;Au,Ag;Ag | ++ |
| Сульфиды | Пирротин | Fe _{1-x} S | + |
| | Пирит | FeS ₂ | ++++ |
| | Галенит | PbS | ++ |
| | Халькопирит | CuFeS ₂ | ++ |
| | Сфалерит | ZnS | ++ |
| | Станнин | Cu ₂ FeSnS ₄ | + |

| | | | |
|------------|-------------------|---------------------------|----|
| | Бетехтинит | $Cu_{10}(Fe,Pb)S_6$ | + |
| | Пентландит | $(Fe,Ni)_9S_8$ | + |
| | Матильдит | $AgBiS_2$ | + |
| | Аргентит | Ag_2S | ++ |
| | Мохит | Cu_2SnS_3 | + |
| | Тунгстенит | WS_2 | + |
| Арсениды | Арсенопирит | $FeAsS$ | ++ |
| | Лёллингит | $FeAs_2$ | + |
| | Герсдорфит | $NiAsS$ | + |
| | Кобальтит | $CoAsS$ | + |
| | Глукодот | $(Co,Fe)AsS$ | + |
| | Ауроарсенид | $AuAs$ | + |
| Антимониды | Антимонит | Sb_2S_3 | ++ |
| | Горсфордит | Cu_6Sb | + |
| | Тетраэдрит | $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ | + |
| | Фрейберит | $(Ag,Cu)_{12}Sb_4S_{13}$ | + |
| | Рамдорит | $Ag_2Pb_3Sb_5S_9$ | + |
| | Полибазит | $(AgCu)_{18}Sb_2S_2$ | + |
| | Бурнонит | $PbCuSb_2S_3$ | + |
| | Буланжерит | $Pb_5Sb_4S_{11}$ | + |
| | Накасит | $Pb_4Ag_3CuSb_{12}S_{24}$ | + |
| | Джемсонит | $Pb_4FeSb_6S_{14}$ | + |
| | Стефанит | Ag_3SbS_{14} | + |
| | Анимикит | (Ag,Sb) | + |
| | Фюлеппит | $Pb_2Sb_8S_{15}$ | + |
| | Гудмундит | $FeSbS$ | + |
| | Ульманнит | $NiSbS$ | + |
| | Теллуру-антиманит | $Sb_2Te_3S_3$ | + |
| | Науманнит | Ag_2Se | + |
| | Клаусталит | $PbSe$ | + |
| | Агвиларит | Ag_4SeS | + |
| | Теллуру-антимон | Sb_2Te_3 | + |
| Гессит | Ag_2Te | ++ | |

По данным полученных результатов была установлена полная нестехиометричность химического состава, отличающаяся от стандартной теоретической формулы. Во всех случаях наблюдается недостаток катионов Fe, Cu, Zn, Pb, а также в некоторых случаях и анионов S, As, Sb.

Ведущая продуктивная золото - пирит - арсенопиритовая ассоциация представлена в виде макро- и микро- вкрапленностью золота, пирита, арсенопирита, лёллингита, горсфордита, кобальтина, глаукодота, ауроарсенида. Золото и серебро полисульфидная минеральная ассоциация, уступающая ведущей продуктивной ассоциации, представлена пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, сульфосолями, селенидами, теллуридами и минералами золота и серебра.

Четвертая глава «Экспериментальные минералоготехнологические исследования руд месторождения Каракутан»

Формы нахождения благородных и других сопутствующих элементов. В результате аналитических исследований с применением микрозонда и сканирующего электронного микроскопа первичных гипогенных руд золото-серебряного месторождения и продуктов гипергенеза (кора

выветривания, окисление, вторичное сульфидное обогащение), а также продуктов их технологического передела, были установлены минеральные формы нахождения благородных и ценных сопутствующих элементов: Au, Ag, Se, Te, Cd, Hg, Mo, W, Pt, которые присутствуют в различных химических соединениях, размерностью <1 мкм.

Видимое самородное золото - по размерам его частиц в основном относится к пылевидным (0,01 - 0,06 мм), тонкодисперсным (1 - 10 мкм), ультратонкодисперсным (0,1 - 1 мкм) и коллоиднодисперсным (<0,1 мкм). Самородное видимое золото установлено в основном в пирите, арсенопирите, гетите, гидрогетите, кварце, опале и других минералах. Состав самородного золота представлен двумя видами химических соединений: стопроцентным самородным золотом и интерметаллидами золота - Au-Ag, Fe-Au (ферроаурид) и Au-As (арсеноаурид). Кроме золота и серебра в самородном золоте присутствуют примеси Fe, Cu, As, S (табл. 7).

Таблица 7

Химический состав минералов золота и серебра (по данным растрового электронного микроскопа и микрозондирования), в %

| Сканирующий электронный микроскоп | | | Микрозондирование | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|------|------|------|---|-------|
| Au | Ag | Σ % | Au | Ag | Fe | Cu | As | S | Σ % |
| 100 | | | 85,02 | 12,60 | 2,06 | 0,03 | | | 99,71 |
| 100 | | | 83,74 | 12,37 | 2,88 | 0,01 | | | 99 |
| 100 | | | 83,77 | 13,43 | 2,84 | 0,03 | | | 100 |
| 100 | | | 82,94 | 14,31 | 2,60 | 0,14 | | | 99,99 |
| 100 | | | 80,44 | 16,25 | 2,45 | 0,23 | | | 99,37 |
| 79,01 | 20,99 | 100 | 90,17 | 6,20 | 2,36 | 0,28 | | | 99,01 |
| 87,82 | 12,10 | 99,92 | 63,40 | 34,76 | 1,02 | | 0,81 | | 99,99 |
| 81,50 | 18,40 | 99,90 | 60,83 | 36,27 | 1,07 | 0,26 | 0,47 | | 98,9 |
| 86,35 | 13,55 | 99,90 | 66,28 | 31,0 | 1,08 | 0,28 | 0,36 | | 99 |
| 75,90 | 24,10 | 100 | 35,60 | 61,58 | 2,69 | 0,03 | | | 99,9 |
| 62,31 | 37,69 | 100 | 34,83 | 61,40 | 2,78 | | | | 99,01 |
| 74,28 | 25,65 | 99,93 | 18,08 | 80,43 | 1,42 | 0,07 | | | 100 |
| 79,01 | 20,9 | 99,91 | 35,67 | 56,40 | 6,98 | | | | 99,05 |
| 64,30 | 35,30 | 99,6 | 17,31 | 80,66 | 1,86 | 0,17 | | | 100 |
| 98,80 | 0,20 | 99 | 63,33 | 29,22 | 5,50 | | | | 98,09 |
| 98,0 | 1,5 | 99,5 | 62,97 | 30,56 | 4,80 | | | | 98,33 |
| 90,29 | 9,71 | 100 | 80,96 | 18,06 | | | | | 99,02 |
| 100 | | | 81,72 | 18,34 | | | | | 100 |

В выявленной многокомпонентной минеральной системе гетерогенных руд золото-серебряного месторождения Каракутан определены промышленно ценные минеральные элементы и их формы нахождения: Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sn, W, Mo, Te, Pt.

Формы нахождения золота и серебра в различных типах руд представлены: самородным серебром, сульфидами серебра (аргентит, акантит, матильдит), антимонидами серебра (фрейбергит, рамдорит, полибазит, накасит, тетраэдрит, стефанит, анимикит). Самородное видимое золото установлено в основном в пирите, арсенопирите, гетите, гидрогетите, кварце, опале и других минералах. Состав самородного золота представлен двумя видами химических соединений: самородным золотом и

интерметаллидами золота - Au-Ag, Fe-Au (ферроаурид) и Au-As (арсеноаурид).

В рудах золото-серебряного месторождения Каракутан для многих продуктивных элементов установлены формы нахождения: для платины установлены интерметаллиды поликсен (Fe, Pt) и платинистое серебро (Pt, Ag); для вольфрама (W) - самородный вольфрам (W), тунгстенит (WS₂) и тунгстит (WO₃H₂O); для селена (Se) – науманнит (Ag₂Se), агвиларит (Ag₄SeS); для ртути (Hg) - гвадалкацарит (HgZn), для хлора (Cl) - галит (NaCl).

Кроме установленных в различных типах руд и продуктах их технологического передела, форм нахождения золота и серебра, определены формы нахождения и для других продуктивных элементов: Pt, Sn, W, Se, Te, Hg, и редкоземельных элементов.

Технологическое исследование золото-серебряного месторождения Каракутан. Рекомендуемая нами технология переработки руд месторождения Каракутан представляется во введении в существующую схему технологического передела ГМЗ-1 процесса окислительно-хлорирующего обжига флотоконцентрата и хвостов гравитации перечистки ФК с последующей водной отмывкой полученного огарка, далее отмытый огарок направлять на сорбционное цианирование.

Для проведения технологических исследований были предоставлены 2 технологические пробы сульфидных руд, рудное тело № 51 и рудное тело № 25 месторождения «Янги-Давон» рудника «Каракутан» РУ ГМЗ-1 в количестве по 35 кг каждая. По вещественному составу материал пробы представлял собой кварц-сланцевые сланцы, кварц-сланцевые брекчии, метапесчанники, метаалевролиты с кварцевыми прожилками и жильным кварцем до 5 см, а также развитием углистого вещества и сульфидной минерализации в большей степени в виде пирита, в значительно меньшей - арсенипирита. Материал проб имел темно-серый цвет.

Проведение опытов по обжигу продуктов обогащения и определения коэффициента извлечения золота из хвостов обогащения, полученных концентратов обогащения и их огарков. Результаты химического анализа исходных проб представлены в таблице 8.

Извлечение золота из исходных флотоконцентратов в режиме 36 часов с загрузкой смолы 10% составило 95,2% и 97,4% соответственно для руд НТС-1К и для НТС-2К. Извлечение золота из огарков флотоконцентратов в аналогичном режиме 36 часов с загрузкой смолы 10% составило 95,2% и 97,2% соответственно для НТС-1К и для НТС-2К.

Таблица 8

Химический состав материала исходных проб

| Проба | Содержание элементов, %. | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|---------|-------------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------|-------|
| | Au, г/т | Ag, г/т | S _{общ.} | S _s | SO ₃ | Fe _{общ.} | C _{общ.} | C _{орг.} | CO ₂ | As | Sb |
| Рудное тело № 51 | 10,67 | 18,6 | 1,8 | 1,4 | 1,0 | 3,2 | 1,7 | 0,40 | 4,8 | 0,54 | 0,024 |
| Рудное тело № 25 | 5,48 | 10,0 | 1,3 | 1,0 | 0,75 | 3,1 | 1,6 | 0,30 | 4,8 | 0,16 | 0,007 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|-------|
| Руд.тел. № 51 для гравитации | 6,58 | 16,5 | 1,5 | 1,1 | 1,0 | 3,3 | 1,5 | 0,36 | 3,9 | 0,2 | 0,011 |
| Руд.тел. № 25 для гравитации | 5,27 | 15,8 | 1,4 | 1,1 | 0,75 | 3,2 | 1,6 | 0,40 | 4.4 | 0,15 | 0,010 |



Рис.3. Схема технологии переработки руд месторождения Каракутан.

Установлены технологические свойства и регламенты для руд месторождения Каракутан. Наиболее эффективным извлечением золота является схема переработки с хлорирующим обжигом и дальнейшим сорбционным цианированием полученного огарка с расчетным сквозным извлечением 95,3% (для рудного тела № 51) и флотационно-сорбционная схема с расчетным сквозным извлечением 94,8% (для рудного тела № 25).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Установлено, что в тесной ассоциации с золотом и серебром в рудных телах присутствуют две продуктивные геохимические ассоциации элементов: ранняя Fe-Au-As-S и поздняя наложенная Sb-Ag-Cu-Zn-Pb, где серебро преобладает над золотом по среднему значению 3:1. Для рудных тел, кроме золота и серебра, характерны значимые концентрации сопутствующих элементов, которые образуют соответствующий геохимический ряд и степени накопления элементов (Au-Te-As-Se-Bi-Zn-Sb-Ag), что указывает на их важное значение при поисковых работах.

2. Выявлена зональность различных генетических типов руд золото-серебряного месторождения Каракутан: 1) верхние горизонты

представлены зоной развития гипергенных (окисленных) руд; 2) средние горизонты характеризуются супергенными рудами (зоной развития вторичного сульфидного обогащения); 3) глубокие горизонты представлены первичными гипогенными продуктивными рудами.

3. Установлено, что в зоне гипергенеза наблюдается резкое преобладание кислородсодержащих соединений, прежде всего солей кислородных кислот (сульфатов, арсенатов, антимонатов, фосфатов и силикатов) и оксидов, гидроксидов. Минералогия зоны гипергенеза представлена рудными минералами, такими как гётит, гидрогётит, церуссит, мелантерит, ярозит, куприт, скородит, миметизит, бедантит, кермезит, валентинит, тунгстит, повеллит, цинкит, арканит, батлерит, интерметаллидами и самородными золотом, серебром.

4. Установлены девять минералов – халькозин, дигенит, ковеллин, акантит, гринокит, тунгстенит, штрмейерит, полибазит, сейняюкит в зоне вторичного сульфидного обогащения, которые указывают на состав первичной минерализации руд месторождения Каракутан.

5. Формы нахождения серебра в различных типах руд представлены: самородным серебром, сульфидами серебра (аргентит, акантит, матильдит), антимонидами серебра (фрейбергит, рамдорит, полибазит, накасеит, тетраэдрит, стефанит, анимикит). Самородное видимое золото установлено в основном в пирите, арсенопирите, гётите, гидрогётите. Состав самородного золота представлен двумя видами химических соединений: самородным золотом и интерметаллидами золота – Au-Ag, Fe-Au (ферроаурид) и As-A (арсеноаурид).

6. Установлены технологические свойства и регламент для руд месторождения Каракутан. Наиболее эффективным извлечением золота является схема переработки с хлорирующим обжигом и дальнейшим сорбционным цианированием полученного огарка с расчетным сквозным извлечением 95,3% (для рудного тела 51) и флотационно-сорбционная схема с расчетным сквозным извлечением 94,8% (для рудного тела 25).

**THE SCIENTIFIC COUNCIL DSc.24/30.12.2019.GM.40.01
SE ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT
STATE INSTITUTION “INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES”
SE “INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS”**

SHUKUROV SHUKHRAT RAYIMOVICH

**GEOCHEMISTRY AND MINERALOGICAL FEATURES,
OCCURRENCE FORMS OF PRECIOUS AND ASSOCIATED
ELEMENTS OF THE KARAKUTAN DEPOSIT**

**04.00.02 – Geology, prospecting and exploration of solid mineral deposits.
Metallogeny and geochemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT
of doctor of philosophy (PhD)
ON GEOLOGICAL-MINERALOGICAL SCIENCES**

Tashkent - 2025

The theme of doctoral dissertation (PhD) has been registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2023.3.PhD/GM194.

The dissertation has been prepared at the SE "Institute of Geology and Geophysics".

The abstract of the dissertation is posted in three (uzbek, russian, english (summary)) languages on the website of the Scientific Council (www.mridm.uz) and on the website of "ZiyoNet" information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific consultant: **Sadikova Lola Renatovna**
Doctor of geological and mineralogical sciences

Official opponents: **Karabayev Mamatxon Sadirovich**
Doctor of geological and mineralogical sciences,
professor

Umarov Akromiddin Zayniddinovich
Candidate of geological and mineralogical sciences,
professor

Leading organization: **JSC "Navoi Mining and Metallurgical Company"**

The defense will take place "7" 05. 2025 at 14³⁰ the meeting of the Scientific council DSc.24/30.12.2019.GM.40.01 at the Institute of mineral resources (Address: 100164, Tashkent city, Olimlar street, 64. Ph.: (99871) 209-08-69; e-mail: info@mridm.uz, gpniimr@exat.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of mineral resources (is registered under No.3488 (Address: 100164, Tashkent city, Olimlar street, 64. Ph.: (99871) 209-08-69).

The abstract of dissertation sent out on «22» 04 2025 y.
(Registration protocol No 24 on «01» 04 2025 y).



M.U. Isokov
Chairman of scientific council on awarding of scientific degree, doctor of geological and mineralogical sciences

S.S. Sayitov
Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree, doctor of Philosophy

M.M. Pirnazarov
Chairman of scientific seminar at scientific council on awarding of scientific degree, doctor of geological and mineralogical sciences, professor

INTRODUCTION (PhD dissertation abstract)

The aim of the research is a detailed study of the material composition (chemical and mineral), the forms of occurrence of gold, silver and other associated elements in the ores of the Karakutan deposit and the products of their technological processing, and the identification of factors of raw material resistance.

The objects of research are the ore bodies of the Karakutan gold-silver deposit and the dumps of mining wastes located on the territory of the Navoi Mining and Metallurgical Plant.

Scientific novelty is as follows:

the presence of two productive geochemical associations related to gold-silver mineralization has been identified in the ore bodies of the Karakutan deposit: an early Fe-Au-As-S association and a later Sb-Ag-Cu-Zn-Pb association;

ore types have been classified based on their material composition, and the patterns of their spatial distribution, zonality, and productive mineral associations related to mineralization have been determined;

the geochemical and mineralogical characteristics of the Karakutan gold-silver deposit have been established, including the forms of occurrence of valuable and associated elements such as Pt, Sn, W, Se, Te, and Hg;

the technological properties and processing regulations for the Karakutan deposit ores have been developed, and it has been determined that the most efficient gold extraction scheme involves chlorination roasting followed by processing of the resulting slag with subsequent sorption cyanidation.

Implementation of research results.

Based on the obtained scientific results on the mineralogical and geochemical studies of the Karakutan ore field:

The results of a detailed study of the material composition of ores from the Karakutan deposit and the forms of occurrence of gold, silver, and other associated elements have been implemented in the operations of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference of the Ministry of Mining Industry and Geology No. 08-3676 dated October 3, 2024). These results have made it possible to identify the main mineral and geochemical associations of precious metal mineralization and determine further directions for geological exploration;

the identified characteristics of mineralogical and geochemical systems of the Karakutan deposit have been applied in the operations of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference No. 08-3676 dated October 3, 2024). The findings allowed for the identification of two productive geochemical associations for gold-silver mineralization an early Fe-Au-As-S and a late Sb-Ag-Cu-Zn-Pb association - classifying the deposit as a gold-silver genetic type;

recommendations on the processing technology of various ore types and their transformation products, as well as the forms of occurrence of gold, silver, and other valuable elements (Pt, Sn, W, Se, Te, Hg, and rare earth elements), have been introduced into the operations of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference No. 08-3676 dated October 3, 2024). As a result, steps have been planned to develop a processing technology for these valuable elements. The most efficient gold extraction method has been determined to be chlorination roasting followed by slag processing and sorption cyanidation, increasing gold recovery rates to 95.3%;

the mineralogical characteristics and zonality of various genetic ore types at the Karakutan deposit have been integrated into the operations of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC (Reference No. 08-3676 dated October 3, 2024). As a result, different genetic types of supergene, hypogene, and hypogene zonation of gold-silver mineralization in the Karakutan deposit have been identified for the first time, allowing for predictions regarding deeper productive horizons of the deposit.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion and a list of references. The total volume of the dissertation is 131 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН НАШРЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Туресебеков А.Х., Ткаченко Е.С., Шарипов Х.Т., Баранова Т.Н., Шукуров Ш.Р. Минералогия и геохимические особенности руд золоторудного месторождения Каракутан // Геология и минеральные ресурсы / Журнал. №5 - Тошкент, 2016, С. 32-35. (04.00.00. № 2).

2. Шукуров Ш.Р. Минералогия зоны гипергенеза золото-серебряного месторождения Каракутан // Горный вестник Узбекистана / Журнал 1. № 84 - Навои, 2021, С. 64-67. (04.00.00. № 3).

3. Туресебеков А.Х., Шукуров Ш.Р., Мусаев Г.М. Гипергенез и вертикальная зональность гипогенных первичных руд золотосеребряного месторождения Каракутан // Горный вестник Узбекистана / Журнал 3. №86 – Навои, 2021, С. 19-22. (04.00.00. № 3).

4. Туресебеков А.Х., Садыкова Л.Р., Шукуров Ш.Р., Ахмедов К.А. Геохимические и минералогические особенности нового промышленного типа золото-серебряных месторождений Зирабулак-Зиаэтинских гор // Горный вестник Узбекистана / Журнал 4. №87 - Навои, 2021, С. 32-39. (04.00.00. № 3).

5. Шукуров Ш.Р. Геохимические особенности смешанных типов руд золото-серебряного месторождения Каракутан // Геология и минеральные ресурсы / Журнал. №4, 2021, С. 64-67. (04.00.00. № 2).

6. Shukhrat Shukurov, Nurbek Inatov Forms of location of gold, silver and other valuable associated elements in the gold-silver ores of Karakutan deposit (Western Uzbekistan) // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. India, 2021, № 11. pp. 158-163. (04.00.00. № 7)

7. Zhen-Ju Zhou, Zheng-Le Chen, Bakhtier Nurtaev, Shukhrat Shukurov, Feng-Bin Han, Zong-Xiu Wang, Wei-Feng Xiao, and Xin-Qi Yu. Re-Os Geochronology and Sulfur Isotopes of the Lyangar W-Mo Deposit: Implications for Permian Tectonic Setting in South Tianshan Orogen, Uzbekistan. Minerals 2019, Vol. 10, pp. 2-12. <https://www.mdpi.com/2075-163X/9/9/534>.

8. Yongwei Lu, Xiaobo Zhao, Chunji Xue, Bakhtiar Nurtaev, Yiwei Shi, Yangtao Liu and Shukhrat Shukurov. Telluride Mineralogy of the Kochbulak Epithermal Gold Deposit, Tien Shan, Eastern Uzbekistan. Minerals 2024, 14, 730. <https://doi.org/10.3390/min14070730>.

II бўлим (II часть; part II)

9. Шукуров Ш.Р., Туресебеков А.Х., Шукуров Н.Э., Шафайзиев Х.Х. Минералогические особенности матрицы осадочно-метоморфических толщ золотосеребряного месторождения Каракутан // “Геолог-олимп академик Иброхим Хамробоев таваллудининг 100 йиллигига бағишланган илмий конференция” материаллари тўплама / Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси Навоий бўлими – Навоий шаҳри 28 декабрь 2020 йил, 220-223 бетлар.

10. Шукуров Ш.Р., Туресебеков А.Х., Шукуров Н.Э., Жураев А.Х. Формы нахождения золота, серебра и других ценных сопутствующих элементов в рудах золото – серебряного месторождения Каракутан // Материалы международной научно – практической конференции, геология средней Азии состояние изученности и перспективы Развития, / Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, 23 декабрь 2021 года, г. Навои, Стр. 345-353.

11. Шукуров Ш.Р., Туресебеков А.Х., Рашидов Н.И., Файзиев Ф.Ф. Минералогия гипогенных первичных руд золото-серебряного месторождения Каракутан // Актуальные проблемы геологии, геофизики, петрологии и рудообразования / Материалы Республиканской научно-практической конференции посвященной 85-летию создания Института Геология и Геофизики и 110 – летию со дня рождения Академика Х.М.Абдуллаева, Том- I, 17-18 ноября 2022 года, Ташкент, Стр. 324-327.

12. Туресебеков А.Х., Шукуров Ш.Р., Шарафуддинов У.З., Зунунов А.Ч, Шукуров Н.Э., Шарипов Ш.Ф., Ёшзузов Ш.Г. Техногенные отходы НГМК – Новый вид минерального сырья золота, серебра и других ценных элементов, разработка технологии их извлечения // Актуальные проблемы геологии, геофизики, петрологии и рудообразования / Материалы Республиканской научно-практической конференции посвященной 85-летию создания Института Геология и Геофизики и 110 – летию со дня рождения Академика Х.М.Абдуллаева, Том-II, 17-18 ноября 2022 года, Ташкент, Стр. 156-160.

13. Туресебеков А.Х., Садыкова Л.Р., Шукуров Ш.Р., Файзиев Ф.Ф. Металлогения благородных, цветных, радиоактивных и других сопутствующих металлов в черносланцевой формации западного Узбекистан: приоритетное направление прогнозных и поисковых работ // XII Международная научно-практическая конференция ЦНИГРИ, 11-14 апреля 2023 г. / Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов / ЦНИГРУ - Москва, 2023, - Стр.479-481.

Avtoreferat “Geologiya va mineral resurslar” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi, uning o‘zbek, rus va ingliz tili matnlari mos keladi.

Bichimi 60x84^{1/16}. Rizograf bosma usuli. Times garniturası.

Shartli bosma tabog‘i: 2. Adadi _____. Buyurtma № _____.

2023-yil 13-maydagi №233 litsenziya.

«Mineral resurslar instituti» bosmaxonasida chop etilgan.

Bosmaxona manzili: 100064, Toshkent sh., Olimlar ko‘chasi, 64-uy

Elektron pochta: info@mridm.uz

