

OLTIN-SULFIDLI RUDALARNING MINERALOGIK TARKIBI VA BOYITISH KO'RSATKICHLARI O'RTASIDAGI BOG'LIQLIK

N.I.Nosirov¹, Z.T.Abdatova²

¹*Olmalik davlat texnika instituti dotsenti, (O'zbekiston)*

²*Olmalik davlat texnika instituti talabasi, (O'zbekiston)*

Annotatsiya: Yana-Kolima metallogenik mintaqasi (Rossiyaning shimoli-sharqida) orogen oltin konlarida sof oltin bilan Au-kvars-sulfidli ma'danlashuv ham, ko'rinmas Au bilan tarqalgan sulfidli ma'danlashuv ham rivojlangan. Proksimal metasomatitlardagi oltin tarkibli sulfidlarning teksturaviy va mineralogik-geokimyoviy xususiyatlari, izotop-geokimyoviy tavsiflari, pirit va arsenopiritda Au ning uchrashi mumkin bo'lgan shakllari elektron zond, atom-absorbsion, LA-ICP-MS mikroelement, izotop tahlili va kompyuterli mikrotomografiya yordamida o'rganildi. Piritning to'rt avlodi (Py1, diagenetik; Py2, metamorfik; Py3, metasomatik; Py4, tomirlangan) va arsenopiritning ikkita avlodi (Apy1, metasomatik; Apy2, tomirlangan) Xangalas konida aniqlangan. Proksimal metasomatitlarda eng ko'p uchraydigan Py3 va Apy1 dir. Ularning kimyoviy tarkibini o'rganish pirit va arsenopiritdagi tipokimyoviy mikroelementlarning tarqalish qonuniyatlari xususiyatlarini aniqlash hamda Au va ushbu elementlar o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik xususiyatini aniqlash imkonini beradi. Py3 va Apy1 da strukturaviy bog'langan (qattiq eritma) Au⁺ ustunlik qiladi, u kristall panjaraga yoki uning nuqsonlariga izomorf ravishda kiradi. Hidrotermal sulfidlarning izotop xususiyatlari ($\delta^{34}S = -2,0$ dan $-0,6\%$ gacha) shuni ko'rsatadiki, konning shakllanishida mantiya/magmatik oltingugurt ishtirok etgan, ammo Verxoyansk bo'lakli majmuasining qamrovchi jinslaridagi oltingugurtning ishtirokini istisno qilib bo'lmaydi. Xangalas koni Yana-Ko'lima metallogenik mintaqasining boshqa oltin konlari bilan ko'p umumiyliklarga ega va shu nuqtai nazardan, olingan natijalar ularning oltin salohiyatini yaxshiroq ochib berishga va kelib chiqishini tushunishga yordam beradi.

Kalit so'zlar: LA-ICP-MS; ko'rinmas oltin; mikroelementlar; pirit; arsenopirit; metasomatit; orogen oltin koni; Xangalas; Rossiyaning shimoli-sharqi.

СВЯЗЬ МЕЖДУ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ СОСТАВОМ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНЫХ РУД

¹Носиров Н.И., ²Абдатова З.Т.

¹ Доцент Алмалыкского государственного технического института, Узбекистан

² студент Алмалыкского государственного технического института, Узбекистан

Аннотация: На орогенных месторождениях золота Яна-Колымского металлогенического пояса (северо-восток России) развиты как Au-кварцево-сульфидная минерализация с самородным золотом, так и диссеминированная сульфидная минерализация с невидимым Au. Текстуральные и минералогическо-геохимические особенности, изотопно-геохимические характеристики золотосодержащих сульфидов из проксимальных метасоматитов, а также возможные формы встречаемости Au в пирите и арсенопирите были изучены с помощью электронного микронзонда, атомной абсорбции, микроэлемента LA-ICP-MS, изотопного анализа и компьютерной микротомографии. Четыре поколения пирита (Py1, диагенетический; Py2, метаморфический; Py3, метасоматический; Py4, жилчатый) и два поколения арсенопирита (Apy1, метасоматический; Apy2, жилчатый) выявлены на месторождении Хангалас. В проксимальных метасоматитах наиболее распространены Py3 и Apy1. Изучение их химического состава позволяет выявить особенности закономерностей распределения типохимических микроэлементов в пирите и арсенопирите, а также установить характер взаимосвязи Au с этими элементами. В Py3 и Apy1 преобладает структурно связанный (твердый раствор) Au⁺, который изоморфно входит в кристаллическую решетку или ее дефекты. Изотопные характеристики гидротермальных сульфидов ($\delta^{34}\text{S} = -2,0$ до $-0,6\%$) свидетельствуют о том, что в формировании месторождения участвовала мантийная/магматическая сера, однако нельзя исключить участие серы из вмещающих пород Верхоянского обломочного комплекса. Месторождение Хангалас имеет много общего с другими месторождениями золота Яна-Колымского металлогенного пояса, и с этой точки зрения полученные результаты помогут лучше раскрыть их золотой потенциал и понять происхождение.

Ключевые слова: LA-ICP-MS; невидимое золото; микроэлементы; пирит; арсенопирит; метасоматит; орогенное золото; Хангалас; северо-восток России.

So'nggi yura — erta bo'r Yana — Kolima metallogenik mintaqasi (YKMB) Verxoyansk — Kolima burmali viloyatining markaziy qismida, Sibir kratonining shimoli-sharqiy chekkasi va Kolima — Omolon superterrani o'rtasidagi chegara zonasida joylashgan. Mintaqada oltin konlari uchta sektorda to'plangan: Yuqori Kolima, Yuqori Indigirka va Adycha. Mintaqaning uzunligi taxminan 1000 km, kengligi esa taxminan 200 km. Bu Rossiyaning shimoli-sharqidagi eng boy oltin viloyati bo'lib, katta Natalka (1500 t Au) va Degdekan (400 t Au) konlarini o'z ichiga oladi. U jahon xo'jaligi ahamiyatiga ega. 1930-yillardan beri Yana-Kolima mintaqasidan oltin qazib olish ~3200 tonnani tashkil etdi, hozirgi hisob-kitoblarga ko'ra, zaxiralar taxminan 5000 tonna Au ni tashkil etadi [1,2]. Bu dunyodagi asosiy paleozoy-mezozoy oltin provinsiyalari (Szyandong, Xitoy; Juneau oltin kamari, AK,

AQSH; Laxlan burmali mintaqasi, Avstraliya; Baykal burmali mintaqasi, Rossiya; va Janubiy Tyan-Shan, O'zbekiston) [1]. Bugungi kunda UKMB doirasida eng katta iqtisodiy qiymatga ega bo'lgan maydonlar Au-kvars tomirli va/yoki Au-sulfid-kvars tomirli tarqalgan ma'danlashuv turlariga ega bo'lgan orogen oltin konlaridir. Birinchi turdagi ma'danlashuvning kelib chiqishi va joylashish sharoitlari ko'p o'rganilgan (masalan, [4,5,6,7,8,9] va boshqalar). So'nggi tadqiqotlar YUKMBdagi yetarli darajada o'rganilmagan tarqoq oltin tarkibli pirit va arsenopirit minerallashuvining katta iqtisodiy ahamiyatini ko'rsatdi (qarang: [10,11,12,13,14,15] va ulardagi ma'lumotnomalar). Tarqoq sulfidli ma'danlashuv ham oltin konlarida [10,11,15,16,17,18,19], ham transkrustal yoriqlarda joylashgan mintaqaviy sulfidlanish zonalarida [17,20,21,22] ma'lum [12,23].

Ushbu ishda YKMBning Yuqori Indigirka sektorida joylashgan Xangalas orogenik oltin konining bo'lakli jinslaridagi tarqoq ma'danlashuvning mineralogiyasi, geokimyosi, izotop tarkibi va oltin miqdori keltirilgan [24,25]. Konning geologiyasi va ma'danliligini o'rganish bo'yicha dastlabki tadqiqotlarda Au-kvars ma'danlashuvi [26,27,28], uning supergen o'zgarishi [28,29,30] va sochilmalarning birlamchi manba bilan bog'liqligiga e'tibor qaratildi [31]. So'nggi yillarda Xangalas ma'dan klasterida keng ko'lamli qidiruv ishlari olib borilmoqda. Ko'plab yer usti va yer osti kon lahimlari qazib bo'lindi. Bu Xangalas konining mineralogiyasi va geokimyosi bo'yicha yangi ma'lumotlarni olish imkonini berdi. Kondagi oltinning hozirgi taxminiy zaxiralari va resurslari kam bo'lishiga qaramay (11 tonna Au, yuqori o'rtacha markasi 11,2 g/t Au [32]), devor-jinsli metasomatitlarda oltin saqlovchi pirit va arsenopiritning mavjudligi mavjud umumiy tonnaj ancha yuqori bo'lishi mumkinligidan dalolat beradi. Xangalas koni YAMMBning boshqa oltin konlari bilan ko'p umumiyliklarga ega. Shu nuqtayi nazardan, bu yerda keltirilgan natijalar geologlar va qidiruvchilarga mintaqaning umumiy potensial oltin resurslarini baholashga yordam beradi.

Materiallar va usullar

Mineralogik-geokimyoviy va izotop-geokimyoviy tadqiqotlar uchun namunalar tabiiy ochilmalardan, yer usti va yer osti kon lahimlarining devorlari va ag'darmalaridan olindi. Tarqoq sulfidli ma'danlashuvning mineralogik va geokimyoviy tadqiqotlari uchun qalin silliqlangan qirqimlar (jami 40 ta) va epoksidli montaj qilingan donalar (90 ta sulfid donalari 8 ta montajda) tayyorlandi. Rudalarning tekstura va struktura xususiyatlari Karl Zeiss Axio M1 optik mikroskopi yordamida o'rganildi. Namunalarning sifat kimyoviy va mineral tarkiblari Energy 350 Oxford energiya dispersion spektrometri (20 kV, 1 nA, nur diametri 1 mkm) bilan jihozlangan JEOL JSM-6480LV skanerlovchi elektron mikroskopi yordamida o'rganildi (Rossiya Fanlar akademiyasi Sibir filiali Olmos va qimmatbaho metallar geologiyasi instituti tahlilchilari S.K. Popova va N.I. Xristoforova, Yakutsk).

Pirit va arsenopiritning asosiy element tarkibi Camebax-Micro

mikroanalizatorida standart rentgen-spektral tahlil usuli bilan aniqlandi (analitik N.V. Xristoforova, Olmos va qimmatbaho metallar geologiyasi instituti, Rossiya Fanlar akademiyasi Sibir filiali, Yakutsk). Tahliliy shartlar quyidagicha: tezlashtiruvchi kuchlanish 20 kV; nur toki 25 nA; o'lchash vaqti 10 s; Fe, Co, Ni, Cu va S uchun K seriyasi; Au va Pb uchun M seriyasi; As va Sb uchun L seriyali; LiF, PET va TAP kristallari bilan to'lqin uzunlik-dispersion spektrometr (TDS). Standart sifatida Fe va S uchun FeS₂, As uchun FeAsS, Co, Ni uchun Fe-Ni-Co qotishmasi, Au va Ag uchun Au-Ag qotishmasi, Sb uchun CuSbS₂ va Pb uchun PbS ishlatilgan. Aniqlash chegarasi 0,01% ni tashkil etdi. Pirit tarkibidagi mikroelementlar pirit-3 va arsenopirit-1 ning 9 ta donalarida Agilent 7700x kvadrupol mass-spektrometri (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) bilan birlashtirilgan New Wave Research UP-213 lazerli ablyatsiya tizimi (AQSH) yordamida o'rganildi (Rossiya Fanlar akademiyasi Ural filiali Mineralogiya instituti tahlilchisi D.A. Artemiyev, Miass). O'lchashlar 213 nm Nd:YAG UB-lazerida amalga oshirildi, flyuens 1,8–5,5 J/sm² (pirit uchun 1,8–3,0 J/sm², arsenopirit uchun 3,0–4,5 J/sm²) va He tashuvchi gazining oqim tezligi 0,5–0,65 l/min. Mass-spektrometrning sozlamalari: RF quvvati 1550 Vt, tashuvchi gaz Ar, sarf 0,85–0,95 l/min, plazma hosil qiluvchi gaz (Ar) sarfi 15 l/min, yordamchi gaz (Ar) sarfi 0,9 l/min. Ma'lumotlar lazer dog'ining diametri 25 dan 80 mkm gacha va chastotasi 5-10 Gs bo'lgan yakka dog'li va chiziqli tahlillar yordamida olingan. Har bir namuna uchun tahlil vaqti 90 soniyani tashkil etdi, bu 30 soniyalik fonni o'lchash (lazer o'chiq) va 60 soniyalik lazer bilan tahlilni o'z ichiga oladi. Har bir tahlildan oldin 3-4 soniya davomida preablyatsiya o'tkazildi. Tahlillar orasida va tahlil va ablyatsiyadan oldin 60-90 soniya davomida gaz bilan puflash amalga oshirildi.

Mass-spektrometr ko'p elementli kalibrlash eritmalari va NIST SRM-612 etalon materiali yordamida kalibrlandi. Molekulyar oksidlar miqdori (232Th16O/232Th) 0,2% dan past darajada saqlandi. 238U/232Th nisbati NIST SRM-612 bo'yicha tuzatilganda 1:1 ni tashkil etdi. Lazer va mass-spektrometrning dreyfini hisobga olish uchun har 7-13 dog'ni tahlil qilish uchun USGS MASS-1 [43] va UQAC FeS-1 tashqi kalibrlash standartlaridan foydalanildi. NIST SRM-612 va USGS MASS-1 uchun elementlarning massa tarkibi GeoReM ma'lumotlar bazasidan olingan. Ma'lumotlarni qayta ishlash va hisoblash Iolite dasturiy paketi yordamida amalga oshirildi [44]. Pirit uchun ichki standart (IS) sifatida SEM-EMF bilan o'lchangan 57Fe ishlatilgan. Ba'zi hollarda umumiy komponentlarning 100% gacha normallashtirish standart texnikalar bo'yicha amalga oshirildi [45].

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Goryachev N.A.; Pirajno F. Uzoq Sharq Rossiyasining oltin koni va oltin metallogeniyasi. Ore Geol. Rev. 2014, 59, 123–151.

2. Mixaylov B.K.; Strujkov, S.F.; Aristov V.V.; Natalenko, M.V.; Simbalyuk N.V.; Tyamisov N.E.; Uzyunkayan A.A. Yana-Kolima guberniyasining oltin salohiyati. Ruda Met. 2007-yil, 6, 4–17. (Rus tilida)
3. Kirchin R.; Goldfarb, R.; Groves, D.; Garvin, S.; Jia Y. O'ta gigant oltin metallogenik provinsiyalarining xususiyatlari, kelib chiqishi va geodinamik sharoitlari. Sci. Xitoy ser. D Yer haqidagi fan. 2000, 43, 68.
4. Goryachev N.A. Geologiya mezozoyskix zolotokvarsovix poyasov Severo-Vostochnoy Azii; NEISRI FEB RAS: Magadan, Rossiya, 1998. (Rus tilida)
5. Gamyanin G.N. Mineralogicheskiye i geneticheskiye aspekti zolotoy mineralizatsii Verxoyansko-Kolimskix mezozoidov; GEOS: Moskva, Rossiya, 2001. (Rus tilida)
6. Fridovskiy V.Yu. Struktura zolotorodnix poley i mestorojdeniy Yana-Kolimskoy rudnoy polosi. Kollizion geodinamik sharoitlar metallogeniyasida; Mejelovskiy, N.V., Gusev, G.S., tahr.; GEOS: Moskva, Rossiya, 2002; 1-jild, 152-b. 6–241. (Rus tilida)
7. Akuminskiy V.A. Metallogeneticheskiye epoxi i sodержaniye rudnix kompleksov Verxoyanskoy sloynoy sistemi; YSU nashriyoti: Yakutsk, Rossiya, 2005. (Rus tilida)
8. Gamyanin G.N.; Fridovskiy V.Yu.; Vikenteva O.V. Adycha-Tarin metallogenik zonasining nodir metalli ma'danlashuvi: Barqaror izotoplar geokimyosi, suyuqlik rejimi va ma'dan hosil bo'lish sharoitlari. Russ. Geol. Geofis. 2018, 59, 1271–1287.
9. Fridovskiy V.Yu. Rossiyaning shimoli-sharqidagi Verxoyansk-Kolima burmali hududining orogen oltin konlarini strukturaviy nazorat qilish. Ore Geol. Rev. 2018, 103, 38–55.
10. Goryachev N.A.; Vikenteva O.V.; Bortnikov N.S.; Prokofev V.Yu.; Aplatov V.A.; Golub V.V. Jahon darajasidagi Natalka oltin koni: REE tarqalishi, suyuq aralashmalar, barqaror kislorod izotoplari va ma'dan hosil bo'lish sharoitlari (Rossiyaning shimoli-sharqi). Geol. Rudn. Mest. 2008, 50, 414–444. (Rus tilida)
11. Goryachev N.A.; Sotskaya O.T.; Mixaltisina T.I.; Goryacheva Ye.M.; Mashnin A.P. Scheta Au-Pt-Pd-Ni v rudax tipovix mestorojdeniy (Natalka, Degdekan) v chernoslanovix sloyax Yana-Kolimskoy zolotoy polosi. Vestnik ONZ RAS 2012, 325–336. (Rus tilida)