



مروری بر زمین شناسی، ژئوشیمی و کانی سازی معدن متروکه مس- طلای رگه

ای حیدری، جنوب کجه، فردوس

نجفی، علی^{۱*}، کریم پور، محمد حسن^۲، عبدی، مریم^۱

گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

پست الکترونیک: a_najafi79@yahoo.com

چکیده

معدن متروکه حیدری، یکی از معادن رگه‌ای قدیمی ایران است که سابقه فعالیت‌های شدادی دارد. اغلب واحدهای رخنمون یافته در این محدوده، واحدهای آذرآواری و گدازه‌های حدواسط هستند که توده‌های نیمه عمق در آنها نفوذ کرده‌اند. عمدتاً دگرسانی سیلیسی-سرسیتی-کلریتی نشان می‌دهند. توده‌های نفوذی عمدتاً تیپ I، با ماهیت کالک آلکالن غنی از پتاسیم تا شوشونیتی هستند. کانی‌سازی مس به صورت رگه‌های کوارتز-آمتیست با کنترل ساختمانی به شکل رگه‌ای و برشی در امتداد گسل اصلی منطقه و در کنتاکت توده‌های نفوذی با واحدهای ولکانیکی و پیروکلاستیکی است. کانه‌های اولیه شامل: پیریت، کالکوپیریت، اسپیکولاریت، بورنیت و گالن است و کالکوزیت، کولیت-دیژنیت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکلا، فیروزه، اکسیدهای آهن و کربنات به صورت ثانویه یافت می‌شود. بافت کانه‌ها به شکل رگچه، برشی و جعبه‌ای است. مطالعات ژئوشیمیایی آنومالی عناصر Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As, Mo, Co, Ba را در نمونه‌های سطحی و نمونه‌های بر گرفته شده از گمانه‌ها، مشخص ساخته است. شواهد موجود، احتمال کانی سازی تیپ IOCG در این محدوده را مطرح می‌نماید.

کلمات کلیدی: مس-طلای همراه با اسپیکولاریت، طاهرآباد، بلوک لوت.

Review on geology, geochemistry and mineralization of Heidari abandoned copper-gold vein type, south Kajeh, Ferdows

Najafi, Ali^{1*}, Karimpour, Mohammad Hassan² and Abdi, Maryam¹

1- Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad

2- Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Ferdowsi University of Mashhad

e-mail: a_najafi79@yahoo.com

Abstract

Heidari abandoned mine is one of the ancient vein type deposits with artisanal mining activity in Iran. In the prospecting area, intermediate volcanic and volcanoclastic rocks intruded by subvolcanic intrusive bodies, most of them shown silicic-sericitic-chloritic alteration. Intrusive rocks are I-type, calc-alkaline, high-K to shoshonitic affinity. Mineralization forms as vein and breccia filling the faults along the contact between intrusive and volcanic rocks. Primary minerals are: pyrite, chalcopyrite, specularite, bornite and galena. Chalcocite, covellite, diginite, malachite, azurite, chrysocolla, turquoise, iron oxide and carbonate are found as secondary minerals. Minerals forms as vein, breccia and box-work textures. Geochemical exploration revealed Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As, Mo, Co, Ba anomalies in surface and subsurface samples. Evidences supported IOCG type of mineralization in the study area.

Keyword: Cu-Au with Specularite, Taherabad, Lut block.

مقدمه

منطقه مورد بررسی در ۴۵ کیلومتری شمال باختر شهر فردوس (خراسان جنوبی) و در برگه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ فردوس و در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰ کجه از برگه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد قرار دارد. راه دسترسی به منطقه از طریق جاده آسفالت در غرب شهر فردوس امکان‌پذیر است و پس از عبور از طاهرآباد از طریق جاده خاکی روستای پلوند، به منطقه می‌رسد. از نظر تقسیمات ساختاری-رسوبی (آقانیاتی، ۱۳۸۳) این منطقه در شمال بلوک لوت قرار دارد و عمدتاً از سنگ‌های ترشیری به صورت سنگ‌های ولکانیکی و آذرآواری و سنگ‌های نفوذی نیمه عمیق تشکیل یافته است. ویژگی‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها می‌رساند که همه از نوع کالک‌آلکالن هستند و صفات آتشفشانی حاشیه قاره و مرز صفحه‌های همگرا در آنها دیده می‌شوند (جونگ و دیگران، ۱۹۸۳).

پژوهش‌های قبلی که در منطقه صورت گرفته شامل: خراسانی (۱۳۷۹)، ناجی (۱۳۸۲)، کریم‌پور و سعادت (۱۳۸۵)، الماسی (۱۳۸۶)، پورخسرو (۱۳۸۶)، خسروی (۱۳۸۶) است. همچنین سه گزارش از پروژه‌های اکتشافی سازمان صنایع و معادن استان خراسان که در این منطقه صورت گرفته، موجود است (۱۳۸۱، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴).

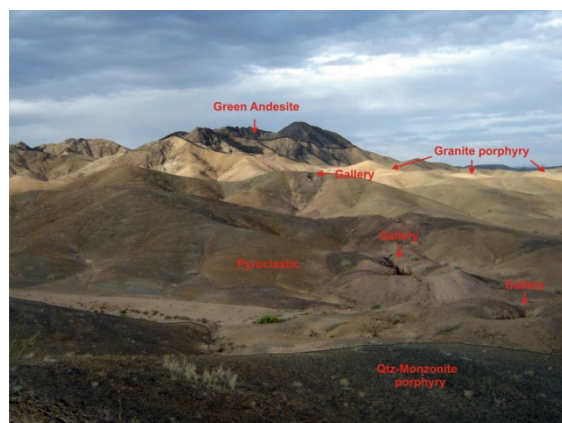
روش مطالعه

در این مطالعه، ویژگی‌های زمین‌شناسی، ساختاری، دگرسانی و کانی‌سازی در معدن متروکه حیدری مورد بررسی قرار گرفته و یافته‌های جدیدی برای تفکیک کانه‌زایی‌ها در منطقه ارائه می‌دهد. بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده در این مطالعه شامل موارد زیر است: ۱- گردآوری گزارش‌ها و اطلاعات موجود در این منطقه. ۲- مطالعات صحرایی و تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ از این محدوده. ۳- برداشت نمونه‌های سنگی به منظور مطالعات سنگ-شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی. ۴- مطالعات پتروگرافی، دگرسانی و مینرالوگرافی. ۵- استفاده از نتایج مطالعات ژئوشیمیایی (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۷)، حفاری و ژئوفیزیک صورت گرفته در این منطقه (مهندسی مشاور کان ایران، ۱۳۸۳ و زرناب اکتشاف، ۱۳۸۴). ۷- جمع بندی.

زمین‌شناسی منطقه

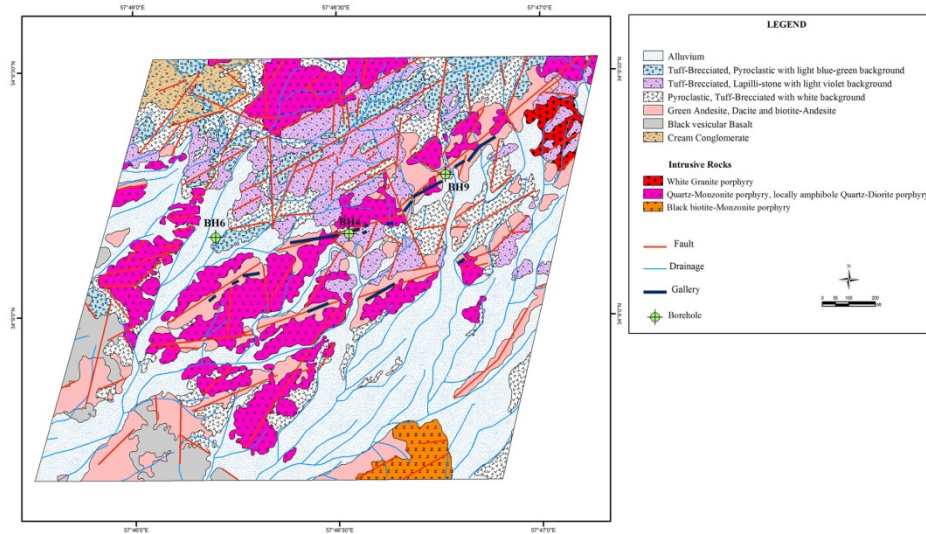
بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۷)، قدیمی‌ترین سنگ‌هایی که در این منطقه برونزد دارند سنگ آهک‌های کرتاسه و واحد کنگلومرایی است که آن را هم ارز کنگلومرای کرمان می‌دانند. سپس واحدهای ولکانیکی شامل واحدهای داسیت، ریوداسیت که به شکل سنگ‌های آذرآواری و گاهی به صورت گدازه، بیشترین گسترش را در منطقه دارد و در بعضی نقاط به شدت سیلیسی شده‌اند.

بررسی‌های صحرایی نشان داد که اغلب واحدهای رخنمون یافته در این محدوده، واحدهای آذرآواری و گدازه‌های حدواسط هستند که نفوذی‌های نیمه عمق در آنها نفوذ کرده‌اند و اغلب دگرسانی سیلیسی-سرسیتی-کلریتی نشان می‌دهند (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی از واحدهای رخنمون یافته در منطقه و کارگاه‌های استخراجی (دید رو به شمال خاور)

براساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده، واحدهای سنگی شناسایی شده در این محدوده را می‌توان به ۵ واحد زیر تقسیم کرد (شکل ۲):



شکل ۲- نقشه زمین شناسی معدن متروکه حیدری (دقت در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰)

۱- کنگلومرای کرم رنگ (cg): قطعات تشکیل دهنده این کنگلومرا که آن را هم ارز کنگلومرای کرمان به سن کرتاسه بالایی-ترشیاری زیرین می‌دانند، درزه‌هایی از کوارتز، کلسیت و اکسید آهن با روند N75, 90، این واحد را قطع نموده است.

۲- بازالت حفره‌دار سیاه‌رنگ (ba): بازالت حفره‌دار جزو قدیمی‌ترین واحدهای آتشفشانی رخنمون یافته در این منطقه است که سن اوایل ترشیاری دارد. این واحد تپه‌هایی با ارتفاع کم به رنگ خاکستری و سیاه را با فرسایش رگولیتی تشکیل می‌دهد.

۳- سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی-داسیتی (an-da): این واحد با رخنمون سبز رنگ، بر روی بازالت حفره‌دار قرار می‌گیرد، که توده‌های نفوذی نیمه عمیق در آن نفوذ کرده‌اند و بخشی از کانی‌سازی در آن قرار دارد. امتداد عمومی این واحد شمال خاور-جنوب باختر است که شیب ملایمی به سمت شمال باختر دارند. این سنگ‌ها بافت پورفیری با زمینه دانه‌ریز خاکستری دارند که حاوی ۱۰٪ فنوکریست‌های پلاژیوکلاز سفیدرنگ ۸-۴ میلیمتری است. این واحد اغلب متحمل آلتراسیون کلریتی، سیلیسی و اکسید آهن و گاه آرژیلیک-اکسید آهن شده است. در این واحدها رگه‌های کوارتز-اکسید آهن، به فراوانی مشاهده می‌شود.

۴- مجموعه سنگ‌های آذرآواری داسیتی و ریولیتی (pyc): این مجموعه شامل تنوعی از سنگ‌های پیروکلاستیکی، لاپیلی‌ستون، توف برشی است که از نظر میزان و اندازه قطعات و رنگ رخنمون متفاوت هستند. این واحدها روند عمومی N80, 60SE دارند. این واحدها گسترش فراوانی در این محدوده دارند و دگرسانی‌های مختلفی چون: سیلیسی، گوسان، کلریتی، آرژیلیک و سربسیتی نشان می‌دهند.

- پیروکلاستیک-توف برشی با زمینه سفید (pyc-w): این واحد آذرآواری که رخنمونی سفید رنگ دارد حاوی ۴۰٪ قطعه است که ابعادی بین ۲ میلیمتر تا ۸ سانتی‌متر دارند. قطعات عمدتاً آمفیبول، کوارتز، فیام و قطعه سنگی است.

- توف برشی-پیروکلاستیک با زمینه آبی روشن-سبز (pyc-b): این واحد با رخنمون آبی کم‌رنگ دارای لایه-بندی مشخص است. این واحد واجد در حدود ۷۵٪ قطعه در ابعاد ۲ میلیمتر تا ۳ سانتی‌متر است که عمدتاً پلاژیوکلاز، مافیک کلریتی و قطعه سنگی است.

- توف برشی-لاپیلی ستون با زمینه بنفش کمرنگ (V-pyc): این واحد رخنمونی به رنگ بنفش داراست. در حدود ۶۰٪ قطعه در اندازه ۴ میلیمتر تا ۲/۵ سانتی‌متر دارد که شامل بیوتیت، آمفیبول، قطعات سنگی، اکسید آهن و کوارتز، به ترتیب فراوانی است.

۵- نهشته‌ها و آبرفت‌های کواترنری (all).

توده‌های نفوذی رخنمون یافته در این محدوده، بدین شرح است:

توده بیوتیت مونزونیت پورفیری (bio-Mz): این توده نیمه عمق به شکل ارتفاع ساز و سیاه‌رنگ، با کنتاکت گسلی بر روی واحد کنگلومرایی کرم رنگ مشاهده می‌شود که در کنتاکت شدیداً خرد شده که نشانگر جابجایی تکتونیکی این واحد پس از نفوذ آن است. این توده دارای بافت پورفیری است و در حدود ۴۸-۵۰ درصد فنوکریست دارد. زمینه دانه-ریز است که کلریتی شده است. فنوکریست‌ها عمدتاً شامل بلورهای پلاژیوکلاز (در حدود ۴۰٪) در ابعاد ۲-۱۰ میلیمتر است که آرژیلی-کلریتی شده‌اند. بلورهای بیوتیت ۸٪ فنوکریست‌ها را تشکیل می‌دهد که عمدتاً کلریتی شده‌اند.

توده کوارتز مونزونیت پورفیری و آمفیبول کوارتز دیوریت پورفیری (qtz-Mz-Dio): نفوذی‌های نیمه عمق مونزونیت پورفیری و کوارتز-دیوریت پورفیری در مجاورت رگه‌های کانه‌دار رخنمون دارند و گاه کانه سازی در کنتاکت این توده‌ها با واحدهای آندزیتی یا آذرآواری رخ داده است. توده کوارتز مونزونیت پورفیری رخنمون صخره‌ای سبز رنگ دارد که در گستره این نقشه، گسترش زیادی در جهت شمال خاور-جنوب باختر دارد. این توده بافت پورفیری با زمینه سبز دارد و در حدود ۴۳ درصد فنوکریست دارد شامل ۲۵٪ بلورهای صورتی رنگ آلکالی فلدسپار در اندازه ۲-۵ میلیمتر، ۸٪ بلورهای سفیدرنگ پلاژیوکلاز با ماکل کارلسباد و آلبیتی در ابعاد ۲-۳ میلیمتر و ۱۰٪ بلورهای بی‌شکل ۳-۶ میلیمتری کوارتز است. این توده متحمل آلتراسیون کلریتی-سرسیتی شده است. توده آمفیبول کوارتز دیوریت پورفیری رخنمونی کوچک و کم‌ارتفاع به رنگ خاکستری روشن-آبی دارد که بافت پورفیری با زمینه دانه‌ریز خاکستری روشن و ۶۰٪ فنوکریست دارد. بلورهای ۱-۵ میلیمتری پلاژیوکلاز در حدود ۳۰-۳۵ درصد فنوکریست‌ها تشکیل می‌دهد و در حدود ۱۵٪ فنوکریست‌ها، بلورهای سوزنی ۲-۳ میلیمتری آمفیبول است و بقیه آن را بلورهای بی‌شکل کوارتز تشکیل می‌دهد.

توده نفوذی گرانیت پورفیری (Gr) که شدیداً سیلیسی شده و واحدهای آتشفشانی و آذرآواری ترشیاری را قطع نموده است. این توده بافت پورفیری دارد و حاوی ۳۵ تا ۴۰ درصد فنوکریست است که عمدتاً ۲۰٪ کوارتز بی‌شکل در اندازه ۳-۴ میلیمتر و ۱۰٪ پلاژیوکلاز سیلیسی شده در ابعاد ۲-۴ میلیمتر، در زمینه سیلیسی و کربناتی است. کوارتز در این سنگ به دو صورت اولیه (درشت بلور) و ثانویه (ریزبلور) دیده می‌شود. کانی‌های پیریت به صورت شکل‌دار در این سنگ دیده می‌شوند.

دگرسانی

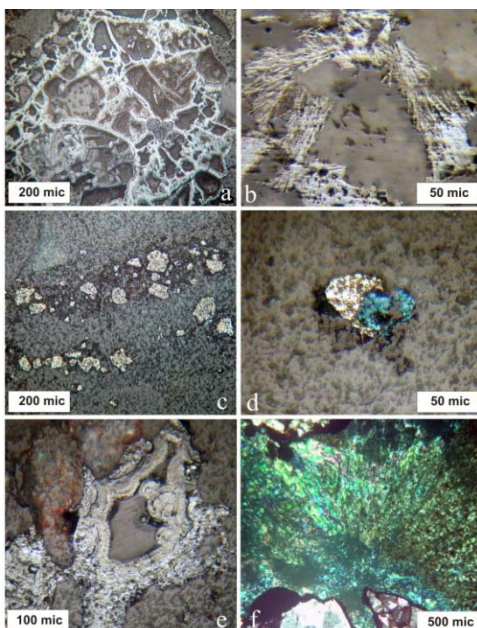
زون‌های دگرسانی که در این محدوده مشاهده می‌شود بر حسب گسترش و اهمیت آنها شامل: زون سیلیسی، زون پروپلیتیک (کلریتی)، زون سرسیتی و بطور محدود زون آرژیلیک و اکسید آهن است. دگرسانی سیلیسی در امتداد غسل رحیمی به صورت کوارتز ریزبلور، جاننشینی در زمینه و کانی‌ها، رگچه و رگه‌های کوارتز و آمیتیست حضور دارد. توده گرانیت پورفیری و سنگ‌های آذرآواری مجاور آن نیز به شدت سیلیسی شده‌اند. دگرسانی پروپلیتیک (کلریتی) به شکلی فراگیر در منطقه حضور دارد و اغلب واحدها را تحت تاثیر قرار داده است و اغلب شامل کلریت، اپیدوت، کلینوزویت، کانی‌های رسی و کربنات است. زون سرسیتی اغلب در توده‌های نیمه عمق که در مجاورت رگه‌های کانه دار هستند، مشاهده می‌شود و عموماً همراه با دگرسانی سیلیسی-اکسید آهن است. دگرسانی‌های آرژیلیک، در همراهی با دیگر دگرسانی‌ها، بویژه پروپلیتیک، در برخی نقاط شدت یافته‌اند.

کانی‌سازی

کانی‌سازی در برگه کجه در ۲ محدوده شامل رگه‌های کوارتز-آمتیست-فیروزه حاوی مس-آهن (سرب-روی-مولیبدن-نقره) در شمال خاور-خاور و جنوب(معدن متروکه حیدری) کوه رحیمی در ارتباط با توده نفوذی گرانیتی و رگه های کوارتزی مس-آهن-سرب-روی-طلا در شمال خاور پلوند مرتبط با توده‌های نفوذی مونزونیتی رخ داده است. معدن متروکه حیدری، یکی از معادن رگه‌ای قدیمی ایران است که سابقه فعالیت‌های شدادی دارد و آثار سرباره مس در اطراف آن به چشم می‌خورد. فعالیت‌های معدن کاری اخیر، شامل بهره برداری سطحی و زیر زمینی (۲۹ کارگاه) در امتداد رگه‌های اصلی و ترانشه و حفاری (۳ گمانه و جمعا ۲۰۰ متر حفاری) است که طبق گزارش مهندسین مشاور کان ایران (۱۳۸۱)، هم اکنون در حدود ۴۳-۴۸ سال قدمت دارد. دو رگه تقریبا موازی در بخش جنوبی مرکز منطقه رخنمون دارد. رگه اصلی با راستای N50E حدود ۲ کیلومتر طول دارد (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۷).

کانی‌سازی مس به صورت رگه‌های کوارتز-آمتیست با روند شمال خاور-جنوب باختر در این محدوده، در راستای گسل رحیمی (از نوع گسل‌های عادی با راستای شمال خاوری-جنوب باختری به طول ۳/۵ کیلومتر و عرض ۵۰ متر و شیبی معادل ۸۵-۸۰ درجه به سمت شمال باختری) و در کنتاکت توده‌های نفوذی نیمه عمق و سنگ های ولکانیکی-پیروکلاستیک رخ داده است. همانطور که مشهود است، روند رگه‌های کانه‌دار، همروند با واحدهای ولکانیکی-پیروکلاستیک و گسل رحیمی است (شکل ۱). این رگه‌ها شیب قائم تا نزدیک به قائم دارند و حفاریات معدنی به موازات آنها و در عرض رگه‌ها (۱-۱۰ متر، بطور متوسط ۲/۵ متر) صورت گرفته است. فاصله رگه‌های اصلی از یکدیگر در حدود ۲۶۰ متر است. در حاشیه رگه‌ها، برش‌های هیدروترمالی به چشم می‌خورد که قطعات آن از سنگ دیواره، سیلیس، قطعات تیره رنگ و سیمان آنها، اغلب اکسید آهن و کربنات است. سنگ‌های میزبان نیز دارای سولفیدهای اکسید شده دانه پراکنده هستند که در حدود ۲-۳ درصد اکسید آهن را برای آنها می‌توان در نظر گرفت.

پاراژنز مینرالی در رگه‌ها بر اساس مطالعه مقاطع نازک-صیقلی شامل: پیریت، کالکوپیریت، اسپیکولاریت، بورنیت و گالن به صورت اولیه و کالکوزیت، کولیت-دیژنیت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکلا، فیروزه، گوتیت، اکسیدهای آهن و کربنات به صورت ثانویه است. بافت کانه‌ها به شکل رگچه، برشی، جعبه ای، دانه‌پراکنده، کلوپورمو پراکنده فضای خالی است (شکل ۳). کانی‌های گانگ اصلی کوارتز و آمتیست است و اکسید آهن، کلریت و کربنات نیز مشاهده می‌شود. کانه اسپیکولاریت با بافت Box work، برای اولین بار در این منطقه مشاهده شده است.



شکل ۳- تصویر میکروسکوپی a- بافت جعبه ای در کانی های اسپیکولاریت و پیریت. b- بلورهای تیغه ای اسپیکولاریت. c- کانه های پیریت و کالکوپیریت به شکل دانه پراکنده در سنگ های سیلیسی اطراف رگه های کانه دار. d- هم‌رشدی بورنیت و کالکوپیریت. e- بافت کلوپورمی در پیریت و گوتیت. f- کانه های مالاکیت، فیروزه و کریزوکلا. (تصاویر a-e: نور ppl انعکاسی و تصویر f: نور xpl عبوری هستند).



ژئوشیمی

توده‌های نفوذی منطقه بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط کریم‌پور و همکاران (۱۳۸۷)، از نوع نیمه قلیایی و متالوآلمینوس هستند و سنگ‌های آتشفشانی بیشتر پرمتالوآلمینوس هستند. همچنین این سنگ‌های آذرین از نوع کالک‌آلکان غنی از پتاسیم و برخی شوشونیتی هستند. بر طبق طبقه‌بندی ایشی‌هارا، توده‌های نفوذی در محدوده رحیمی، بیشتر در گستره سری مگنتیت یا گرانیت‌های اکسیدی بوده و گرانیت پورفیری از سری ایلمنیت است. به غیر از گرانیت پورفیری، تمامی توده‌ها، جزء گرانیت‌های تیپ I هستند. به گفته کریم‌پور و همکاران (۱۳۸۷)، کانه‌زایی مرتبط با گرانیت پورفیری دارای ناهنجاری‌های Mo, Pb, Zn, Ag است. کانی‌سازی مس بصورت افشان و رگه ای در ارتباط با توده‌های کوارتز مونزونیت-مونزونیت پورفیری است که آنومالی‌های Cu, Pb, Au, Zn, Ag را به همراه دارد که احتمالاً در منطقه کانی‌سازی مس پورفیری تشکیل شده است.

بر اساس مطالعات لیتوژئوشیمیایی به روش ICP-MS، از واحدهای این منطقه (مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۱)، (جدول ۱) عیار میانگین مس در حدود ۲/۵ درصد (با ماکزیمم ۵/۵ درصد) و عیار میانگین طلا ۰/۵ تا ۱ گرم در تن است. طبق نتایج این آنالیز، به جز آنومالی عناصر Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As، عنصر Ba نیز از مقادیر بالایی برخوردار است. همچنین در این گزارش مقادیر آنالیزی ۳ نمونه سنگی برای عناصر Mo در حدود ۱/۲۷، Co در حدود ۷/۱ و همچنین برای Ba در حدود ۸۱/۱ گرم در تن است. در این محدوده، سه گمانه اکتشافی حفر گردیده (مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۴)، است. گمانه BH4، بطور عمودی به طول ۸۷ متر در موقعیت ۳۱ ۴۶ ۵۷ و ۱۰ ۳۴ ۹، گمانه عمودی BH6 به عمق ۹/۳ متر در موقعیت ۱۱ ۴۶ ۵۷ و ۹ ۳۴ ۹، و گمانه BH9 به عمق ۸۶/۸۰ متر به صورت عمودی و در موقعیت ۴۵ ۴۶ ۵۷ و ۱۷ ۳۴ ۹، قرار دارد. نتایج آنالیز ژئوشیمیایی این گمانه‌ها برای عناصر مختلف در جدول ۲ آورده شده است. بر این اساس آنومالی عناصر Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As در عمق بویژه در ردیف ۱۳ از BH4، موثق است.

جدول ۱- نتایج آنالیز لیتوژئوشیمیایی از واحدهای منطقه (مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۱)

ID	X	Y	Au	Ag	As	Ba	Cu	Pb	Sb	Zn
1	572019	3779720	39	23.40	208	33.9	24000	32	3.4	670
2	571960	3779683	43	33.30	175	7.5	33700	185	12.9	384
3	571892	3779641	43	16.20	319	40.4	10500	31	13.8	45
4	571848	3779593	88	35.70	219	30.4	13600	158	8.9	317
5	571848	3779593	23	12.80	112	19.7	20000	127	9.3	270
6	571784	3779532	71	47.20	1100	27.5	1200	485	17.5	136
7	571687	3779458	34	32.90	189	16.9	18500	243	8.6	175
8	571904	3779267	27	5.57	345	11.0	14400	1500	5.3	679
13	571630	3779171	316	12.40	240	6.4	16200	537	5.6	504
14	571615	3779165	131	15.50	224	19.9	20200	580	18.3	861
17	571359	3779105	186	35.80	481	2.7	22700	640	8.8	341
18	571624	3779427	28	206.00	0	0.0	0	0	0.0	0
21	571386	3779105	32	48.80	441	11.1	53500	891	4.5	643

جدول ۲- نتایج آنالیز ژئوشیمیایی از گمانه‌های حفاری (مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۴)

ID	CORE_ID	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	ID	CORE_ID	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn
1	BH6	0.01	<1	<10	52	30	60	23	BH4	0.01	1	30	273	80	390
2	BH6	<0.01	<1	<10	13	10	40	26	BH9	0.11	31	820	7230	750	250
3	BH6	0.01	<1	<10	162	50	70	28	BH9	0.08	14	280	2670	49	100
4	BH4	0.12	1	30	556	440	450	31	BH9	0.17	52	1340	9340	620	110
6	BH4	0.05	1	20	546	240	530	33	BH9	0.01	13	170	2700	750	90
7	BH4	0.03	2	50	557	460	440	35	BH9	0.02	10	60	4920	180	170
8	BH4	0.24	1	30	634	160	540	37	BH9	0.01	6	160	34600	160	150
10	BH4	0.02	1	220	764	40	810	38	BH9	0.03	10	140	10950	170	170
11	BH4	0.07	1	20	213	0	0	39	BH9	0.04	4	60	4360	180	380
12	BH4	0.01	1	<10	285	10	100	41	BH9	<0.01	1	<10	164	0	70
13	BH4	0.27	52	880	27000	640	800	43	BH9	0.02	2	<10	5410	40	400
14	BH4	0.01	2	20	1815	40	460	45	BH9	0.04	1	30	2680	110	620
15	BH4	0.02	1	80	91	110	190	46	BH9	0.09	8	150	5930	280	1040
16	BH4	0.02	2	70	418	130	200	47	BH9	0.06	1	60	6880	160	350
18	BH4	0.09	5	110	537	300	400	48	BH9	0.05	2	90	6930	360	480
19	BH4	0.04	3	70	217	160	310	50	BH9	0.18	1	70	18250	1320	290
20	BH4	0.02	2	110	139	160	290	52	BH9	0.04	1	30	1015	200	370
22	BH4	0.03	1	70	1040	150	890	57	BH9	0.01	3	<10	782	50	430



بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌های صحرایی در این محدوده، نشانگر کنترل ساختمانی کانی‌سازی به شکل رگه‌ای و برشی در امتداد گسل اصلی منطقه و در کنتاکت توده‌های نیمه‌عمیق کوارتز مونزونیت پورفیری با واحدهای آندزیت-داسیت و پیروکلاستیکی است.

مطالعات پتروگرافی، دگرسانی و کانی‌سازی، مشخص ساخت که زون دگرسانی اطراف رگه‌های کانه‌دار اغلب دگرسانی سیلیسی-اکسید آهن است که در مجاورت توده گرانیت پورفیری شدت بیشتری داراست. در زون‌های برشی همراه با رگه‌ها، آلتراسیون سیلیسی-اکسید آهن-کربناتی همراه با مقادیر متغیری کلریت، سرسیت و آرژیلیک مشاهده می‌شود. با فاصله گرفتن از رگه‌ها، آلتراسیون بارز در واحدها، آلتراسیون پروپلیتیک (کلریتی) است که گاه مبدل به سرسیتی-آرژیلیک می‌شود. توده‌های نفوذی در مجاورت رگه‌ها اغلب آلتراسیون سیلیسی-سرسیتی نشان می‌دهند که با فاصله گرفتن از آن به سرسیتی-کلریتی تغییر می‌نماید.

مطالعات مینرالوگرافی در این محدوده پاراژنز اولیه پیریت، کالکوپیریت، اسپکیولاریت، بورنیت و گالن را مشخص ساخته است که دارای بافت‌های رگچه، برشی و جعبه‌ای است. کانی‌های گانگ شامل کوارتز، آمتیست، اکسید آهن، کلریت و کربنات است. کانه اسپکیولاریت برای اولین بار در این منطقه مشاهده شده است.

مطالعات ژئوشیمیایی آنومالی عناصر Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As, Mo, Co, Ba را در نمونه‌های سطحی و نمونه‌های برگرفته شده از گمانه‌ها، مشخص ساخته است.

مطالعات قبلی صورت گرفته در این محدوده، کانه‌سازی رگه‌ای مس-طلا را در ارتباط با ساختارهای گسلی و توده‌های نفوذی موجود و احتمالاً کانی‌سازی مس پورفیری مشخص نموده‌اند، لیکن نتیجه‌گیری قطعی در ارتباط با مدل کانه-زایی در منطقه صورت نپذیرفته است. در ضمن، از نظر زون‌بندی، زون هایپوژن از سوپرژن تفکیک نشده است.

یافته‌های بدست آمده در این مطالعه و مقایسه آن با تیپ‌های کانی‌سازی (هیتزمن، ۲۰۰۱، کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۴ و کریم‌پور، ۱۳۸۸)، از جمله: کنترل ساختمانی کانی‌سازی، مشاهده کانه اولیه اسپکیولاریت، زون‌بندی ویژه آلتراسیون که عمدتاً شامل آلتراسیون سیلیسی، سرسیتی و پروپلیتیک، پاراژنز مینرالی اولیه، توده‌های نفوذی تیپ I، با ماهیت کالک‌آلکانل غنی از پتاسیم تا شوشونیتی، آنومالی عناصر Cu, Au, Pb, Ag, Zn, As, Mo, Co, Ba، همگی شواهدی را به نفع کانی‌سازی تیپ IOCG در این محدوده مطرح می‌نماید و لزوم مطالعات دقیق زمین‌شناسی اقتصادی را به منظور دستیابی به دیدگاه صحیح در ارتباط با تیپ کانه‌زایی در این محدوده مشخص می‌کند.

سپاسگذاری

از حمایت‌ها و حسن‌توجه مدیریت محترم زمین‌شناسی منطقه‌ای سازمان زمین‌شناسی ایران، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. آقاباتی، ع. ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
۲. الماسی، ع. ۱۳۸۶، بررسی قابلیت کانی‌سازی منطقه طاهرآباد شهرستان فردوس با استفاده از شواهد زمین‌شناسی، آلتراسیون، ژئوشیمی و ژئوفیزیک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. پورخسرو، م. ۱۳۸۶، پترولوژی، آلتراسیون، کانی‌سازی و اکتشاف ژئوشیمیایی منطقه کجه شمال غرب فردوس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴. خراسانی، م.، ۱۳۷۹، پتروگرافی، ژئوشیمی و پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی غرب فردوس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش پترولوژی، دانشگاه تربیت معلم.
۵. خسروی، م.، ۱۳۸۶، پترولوژی، آلتراسیون، کانی‌سازی و اکتشاف ژئوشیمیایی منطقه رحیمی شمال غرب فردوس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. خطیب، م. م.، ۱۳۷۷، هندسه پایانه گسل‌های امتداد لغز، پایان‌نامه دوره دکتری زمین‌شناسی ساختمانی، دانشگاه شهید بهشتی.
۷. کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۸۸، ژئوشیمی، پترولوژی سنگ های آذرین و کانسارهای ماگمایی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۸. کریم‌پور، م. ح.، خسروی، م.، پورخسرو، م.، حیدریان شهری، م. ر. و سعادت، س.، ۱۳۸۷، زمین شناسی، کانی سازی، دگرسانی و دستاوردهای ژئوشیمیایی در منطقه کجه فردوس.
۹. کریم‌پور، م. ح. و سعادت، س.، ۱۳۸۵، مطالعه و بررسی پتانسیل‌های معدنی و تعیین اولویت‌های اکتشافی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، آلتراسیون، ژئوشیمی و ژئوفیزیک در محدوده ورقه طاهرآباد، مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران.
۱۰. کریم‌پور، م. ح. عاشوری، ع. ر. و سعادت، س.، ۱۳۸۷، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۱. کریم‌پور، م. ح.، ملک‌زاده، آ. و حیدریان، م. ر.، ۱۳۸۴، اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۲. مهندسین زرناب اکتشاف، ۱۳۸۳، انجام خدمات مشاوره عملیات اکتشاف مقدماتی مس، سرب و روی فردوس، سازمان صنایع و معادن استان خراسان.
۱۳. مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۱، اکتشاف مقدماتی مس، سرب و روی چاه‌پالون فردوس، سازمان صنایع و معادن استان خراسان.
۱۴. مهندسین مشاور کان ایران، ۱۳۸۴، اکتشاف مقدماتی مس، سرب و روی چاه‌پالون فردوس-شرح حفریات، سازمان صنایع و معادن استان خراسان.
۱۵. ناجی، س. م.، ۱۳۸۲، بررسی پتانسیل‌های معدنی منطقه چاه پولون واقع در غرب فردوس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش اقتصادی، دانشگاه تربیت معلم.

16. Hitzman, M. W., 2001. Iron Oxides Cu-Au deposits: What, Where, When, and Why, in porter, T. M. (Ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and related deposits: A global perspective. Australian Mineral Foundation, Adelaide, 9-25.
17. Jung, D., Keller, J., Khorasani, R., Marcks, Chr., Baumann, A. And Horn, P., 1983, Middle-Tertiary magmatism activity in the Northern Lut area, East of Iran, Final report: Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran, Geol. Surv. Iran, Rep. No. 51, p. 285-336.