

پتروژنز، ژئوشیمی و کانه‌زایی مس محدوده ساغری، جنوب شاهرود

یگانه خرم‌تاش^۱ و فرج‌الله فردوست^۲

کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، صنعتی دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران
 استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹

چکیده

کانسار مس ساغری در ۱۲۰ کیلومتری جنوب باختر شاهرود، در بخش خاوری نوار آتشفشانی- نفوذی تروود- چاه شیرین قرار دارد. کانی‌سازی در منطقه ساغری درون واحدهای آتشفشانی و آذرآواری به سن انوسن رخ داده است. سنگ‌های آتشفشانی یاد شده بر پایه مطالعات صحرایی، آزمایشگاهی و آنالیزهای ژئوشیمیایی قابل تفکیک به آندزیت، آندزیت‌بازالتی، بازالت، داسیت و رخنمون‌هایی از آذرآواری‌ها به‌صورت توف و آگلومرا هستند. ماهیت این سنگ‌ها کالک‌آلکان پتاسیم بالا و به مقدار جزئی شوشونیتی است که از دیدگاه زمین‌ساختی، در موقعیت مرتبط با کمان ماگمایی و پهنه فرورانش قرار می‌گیرند. دایک‌های با ترکیب حد واسط تا بازیک توالی‌های آتشفشانی- آذرآواری را قطع کرده‌اند. دگرسانی آرزیلیتی، سرسیتی، کلریتی، کربناتی و اکسید آهن (لیمونیت، هماتیت و گوتیت) در سنگ‌های میزبان قابل تشخیص است. ساخت و بافت ماده معدنی به‌صورت رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، جان‌شینی و دانه‌پراکنده است. بر پایه مطالعات کانه‌نگاری کانی‌های اصلی مس شامل مالاکیت، کالکوسیت، کولیت، کالکوپیریت، کریزوکولا و مس طبیعی به مقدار کمتر است. از میان این کانی‌ها، مالاکیت و کالکوسیت بیشترین فراوانی را دارند. با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی عنصر مس بالاترین همبستگی را با عنصر نقره نشان می‌دهد. همچنین مطالعات میانبار سیال، عمق کانه‌زایی را ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر، دمای تشکیل را ۱۰۰ تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و شوری را حدود ۵ تا ۱۵ درصد وزنی نمک طعام نشان می‌دهد. از دید کانی‌شناسی، سنگ میزبان، ساخت و بافت و ژئومتری، کانسار مس ساغری شباهت‌های فراوانی با کانسارهای مس نوع مانتو و طبقات سرخ آتشفشانی دارد.

کلیدواژه‌ها: پتروژنز، ژئوشیمی، مس، تروود- چاه شیرین، ساغری.

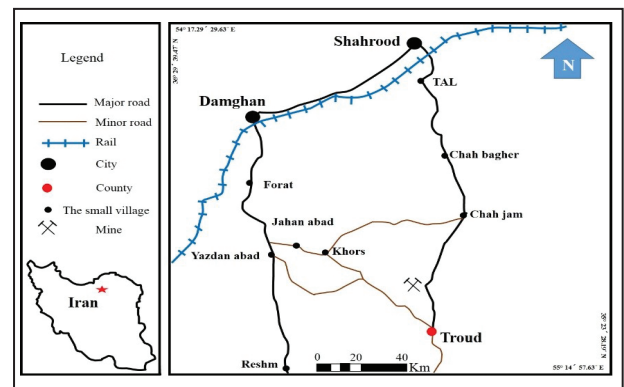
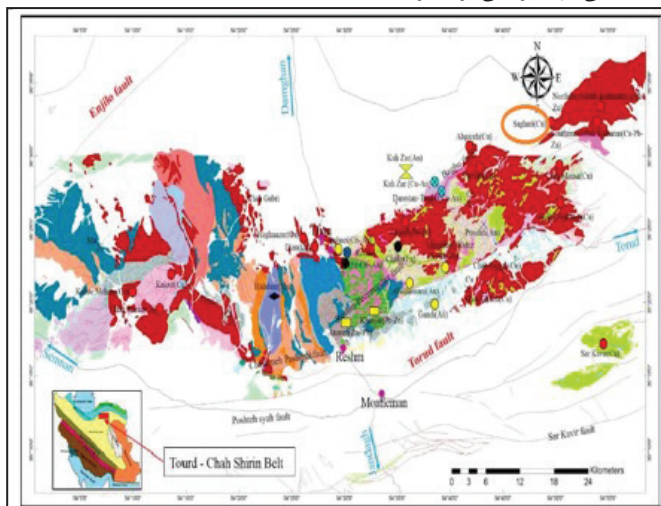
*نویسنده مسئول: یگانه خرم‌تاش

E-mail: yeganehkoramtash@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

می‌آید (شکل ۲). در این تحقیق پتروژنز، ژئوشیمی و کانه‌زایی مس در محدوده اکتشافی مورد بررسی قرار گرفته است.

کانسار مس ساغری از دیدگاه تقسیمات کشوری در استان سمنان و در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان شاهرود، در مختصات جغرافیایی از $35^{\circ} 54' 59.90''$ تا $35^{\circ} 32' 17.46''$ و از $35^{\circ} 33' 41.64''$ عرض شمالی واقع شده است. دسترسی به محدوده مورد مطالعه، از کیلومتر ۱۷ جاده تروود به شاهرود با طی ۴ کیلومتر جاده خاکی به سمت باختر امکان‌پذیر است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده ساغری و راه‌های دسترسی به آن.

گستره مورد پژوهش، از دیدگاه پهنه‌های ساختاری- رسوبی اصلی ایران (آقباتی، ۱۳۸۳) در حاشیه شمالی پهنه ایران مرکزی و در بخش خاوری نوار آتشفشانی- نفوذی تروود- چاه شیرین جای گرفته است. این مجموعه، که از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب چیره آندزیتی و توده‌های نفوذی با ترکیب چیره دیوریتی تشکیل شده، میزبان کانسارهای رگه‌ای فلزات پایه و گرانبهاست (رشیدنژاد، ۱۳۷۱؛ برنا و عشق‌آبادی، ۱۳۷۶؛ تاج‌الدین، ۱۳۷۷؛ فرد، ۱۳۸۰؛ شمعیان اصفهانی، ۱۳۸۲؛ حقیقی، ۱۳۸۹). مجموعه آتشفشانی- رسوبی انوسن (Ev4) در چهار گوش نقشه زمین‌شناسی (۱:۲۵۰۰۰۰) تروود دارای بی‌هنجاری‌های مس بسیاری در نقاط مختلف است که کانه‌زایی مس ساغری یکی از آنها به‌شمار

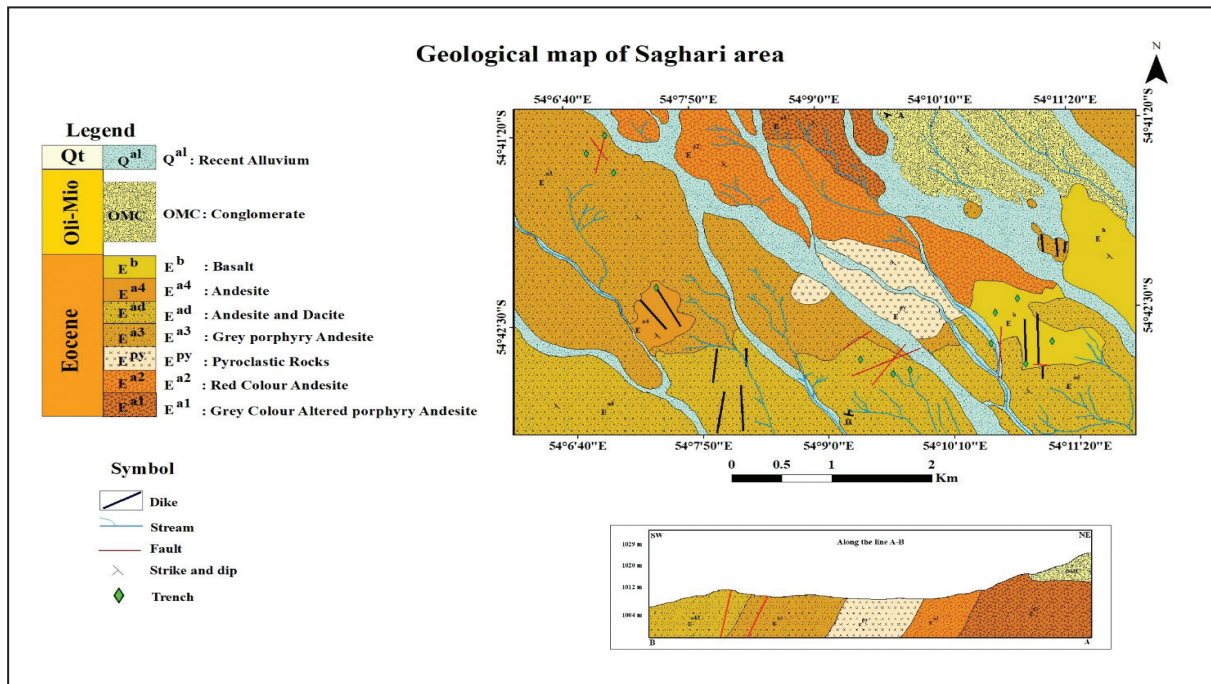
شکل ۲- موقعیت برخی کانسارهای مس تروود- چاه شیرین و کانسار مس ساغری (عبداللهی حیدر باغی، ۱۳۹۵).

۲- روش مطالعه

برای انجام این پژوهش طی بازدیدهای صحرایی، رخنمون‌های طبیعی، ترانشه‌های اکتشافی و رگه‌های کانه‌دار برداشت شد و بر مبنای تنوع سنگی، کانی‌شناسی و دگرسانی نمونه‌برداری صورت گرفت. ۵۸ نمونه مقاطع نازک، صیقلی و نازک-صیقلی برای مطالعات سنگ‌نگاری و کانه‌نگاری، ۹ نمونه تجزیه شیمیایی به روش پراش اشعه ایکس (XRD)، ۵ نمونه نیز برای تجزیه شیمیایی به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و ۱۳ نمونه به روش ICP/MS در آزمایشگاه تجزیه شیمیایی شرکت آزما تهیه شد.

۳- زمین‌شناسی منطقه ساغری

محدوده اکتشافی مس ساغری در منتهی‌الیه خاور نوار آتشفشانی-رسوبی تروند-چاه شیرین که بخشی از پهنه ساختاری-رسوبی ایران مرکزی بوده، بر روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ تروند واقع است. جهت بررسی خصوصیات سنگ‌شناسی و کانه‌زایی، نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس تهیه شد (شکل ۳) که حاصل پیمایش‌های صحرایی، نمونه‌برداری و مطالعات سنگ‌نگاری بوده است. بر مبنای نقشه فوق واحدهای رخنمون یافته در محدوده مورد عبارتند از: (۱) واحدهای آتشفشانی (آندزیت، آندزیت بازالتی، بازالت و داسیت)؛ (۲) واحدهای آذرآواری (توف و آگلومرا)؛ (۳) واحد رسوبی (کنگلو مرا)؛ (۴) واحد دایک.



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی منطقه ساغری بر اساس مشاهدات صحرایی و نقشه Google earth.

در ادامه سنگ‌شناسی هریک به اختصار ارائه می‌شود.

۳-۱. واحد آتشفشانی

این مجموعه به ترتیب فراوانی شامل واحدهای گدازه‌ای آندزیت، آندزیت بازالتی، بازالت و داسیت است که توسط دایک‌ها مورد هجوم قرار گرفته‌اند. سنگ‌های آندزیتی تا بازالت دارای بافت پورفیری تا مگاپورفیری است. پلاژیوکلازها در آندزیت به صورت نیمه‌شکل دار تا خودشکل و با ماکل پلی سینتیک مشاهده می‌شوند، که گاهی سالم و در برخی موارد به کانی‌های کلسیت، کلریت و سریست دگرسان شده‌اند. درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز حالت منطقه‌بندی نشان می‌دهند، که نمایانگر کندتر بودن سرعت ایجاد تعادل نسبت به سرعت رشد بلورهاست (شکل ۴-الف) (Shelly, 1993). کانی‌های فرومیزین این سنگ‌ها شامل هورنبلند و بیوتیت است (شکل ۴-ب). کانی‌های ثانویه نیز نظیر کلسیت و کوارتز هستند که درز و شکاف موجود در سنگ را پر کرده‌اند (شکل ۴-پ). سنگ‌های آندزیت بازالتی یکی دیگر از واحدهای منطقه هستند، که از کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده‌اند. بافت‌های غالب این سنگ‌ها شامل پورفیری، جریانی و جانشینی است (شکل ۴-ت). سنگ‌های بازالتی منطقه ساغری در برخی نمونه‌ها، کانی‌های الیوین و هورنبلند دارند (شکل ۴-ث). همچنین بافت‌های گلوپورفیری که حاصل هم‌رشدی چند کانی هستند در بلورهای پلاژیوکلاز موجود در بازالت‌ها مشاهده می‌شوند (شکل ۴-د). این بافت به علت وجود آشفتنگی در ماگما و نیروی کشش سطحی موجود در ماگما ایجاد می‌شود (خان‌نصر اصفهانی و احمدی، ۱۳۸۴). داسیت دارای بافت ناویدا (Aphanite) تا پورفیری و از لحاظ ویژگی‌های سنگ‌شناسی جزو واحد آتشفشانی

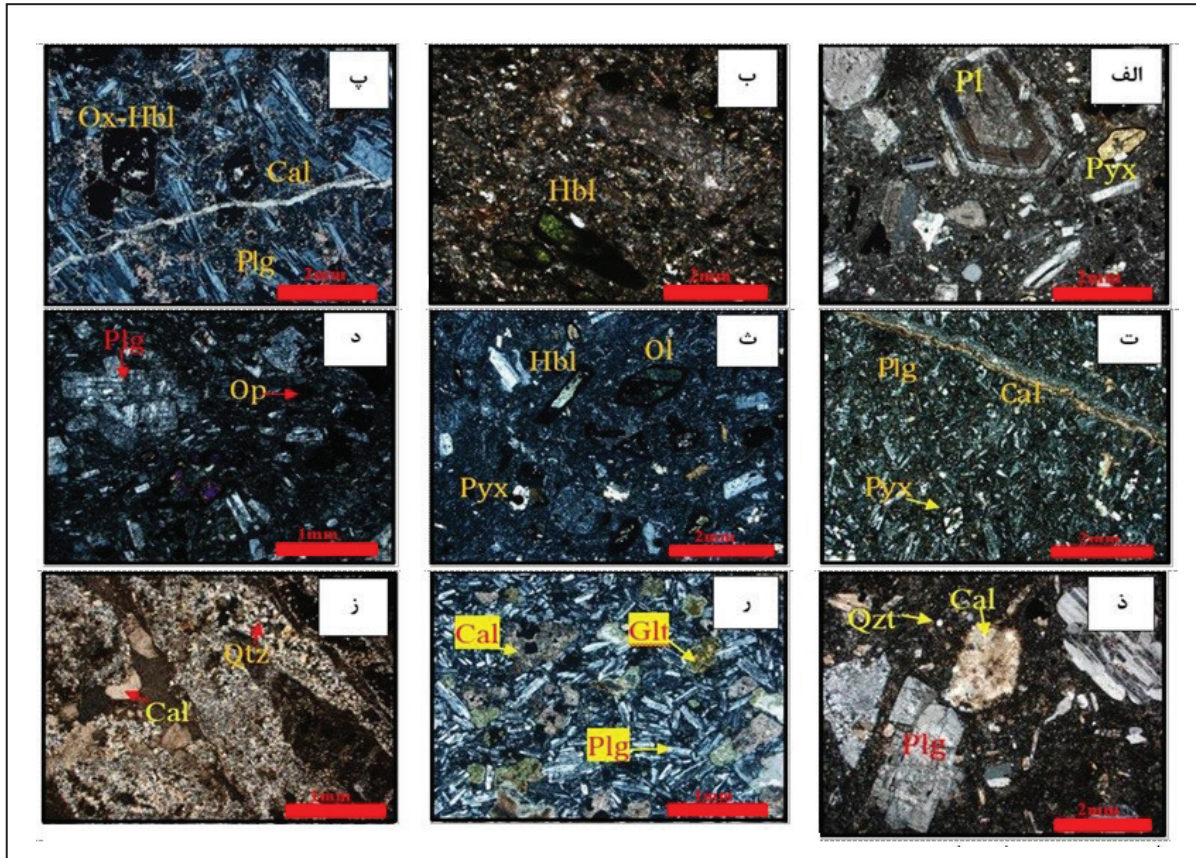
بوده که متشکل از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و کوارتز در زمینه میکروکریستالین است. در داخل پلاژیوکلازهای آن، بیوتیت و کلسیت به صورت بافت غربالی مشاهده می‌شود (شکل ۴-ذ).

۳-۲. واحد آذرآواری

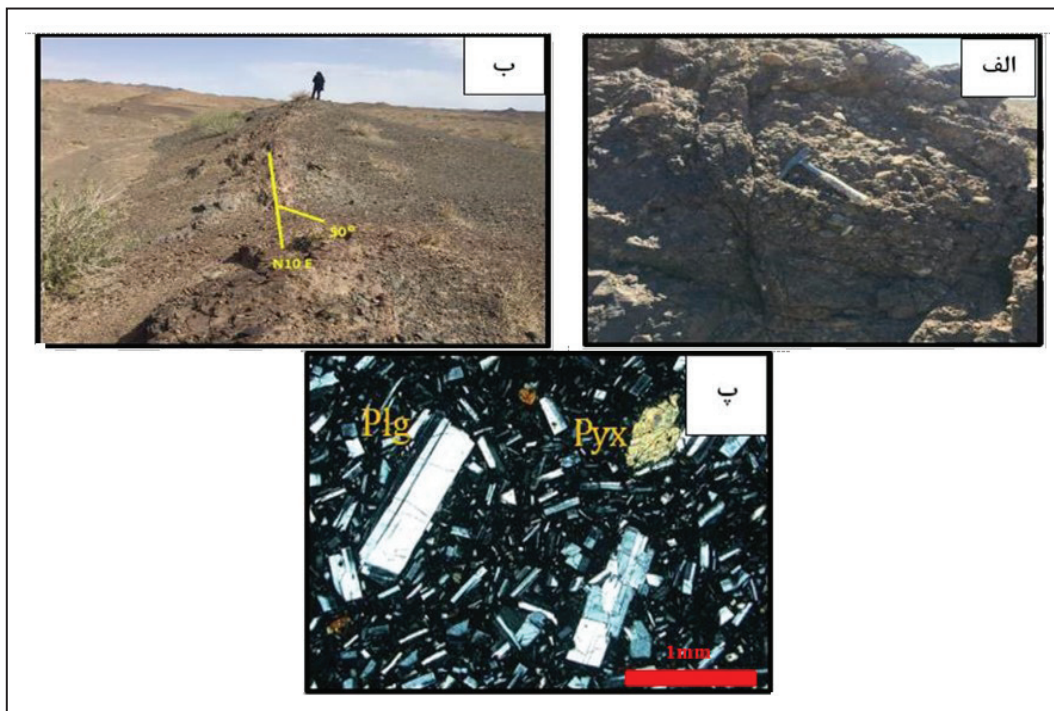
توف‌ها فراوان‌ترین سنگ‌های آذرآواری در منطقه و اجزای تشکیل‌دهنده آنها کانی‌های اکسی‌هورنبلند، پلاژیوکلاز، کلسیت، کربنات، کوارتز، بیوتیت، گلاکونیت، همراه با کانی‌های آپک هستند. به دلیل فراوانی اجزای بلوری سازنده توف‌ها می‌توان نام کریستال-توف را به آنها اطلاق کرد. در برخی موارد پلاژیوکلازها حالت تحلیل رفتگی دارند که ناشی از تغییرات دما و فشار در طی صعود ماگما یا تغییرات شیمیایی است. حضور کانی گلاکونیت، معرف محیط رسوبی و آبی تشکیل است و کانی فرومیزین خیلی کم دیده می‌شود (شکل ۴-ر). آگلومرا در منطقه، از قطعات ریز و درشت آتشفشانی با ترکیب آندزیت، آندزیت بازالتی و داسیت تشکیل شده است و در نمونه میکروسکوپی رگه و رگچه‌های فراوانی از کوارتز و کلسیت در آنها یافت می‌شوند (شکل ۴-ز).

۳-۳. واحد رسوبی

در محدوده اکتشافی یک واحد کنگلومرای به سن الیگومیوسن به صورت دگرشیب بر روی واحدهای آتشفشانی-رسوبی اتوسن قرار گرفته است. قطعات آن از آهک، دولومیت، ماسه‌سنگ، گدازه آندزیتی، توف تشکیل شده و ابعاد قطعات از ۲ میلی‌متر تا ۱۰ سانتی‌متر متغیر است. جورشدگی بسیار ضعیف و گردشدگی متوسط از خصوصیات صحرایی آنها است (شکل ۵-الف).



شکل ۴- مطالعات میکروسکوپی واحد آتشفشانی منطقه. الف) تصویر میکروسکوپی پلاژیوکلاز (Plg) با بافت منطقه‌بندی در سنگ آندزیتی به همراه پیروکسن (Pyx)؛ ب) تصویر میکروسکوپی از هورنبلند (Hbl) تبدیل شده به کلریت در سنگ آندزیتی؛ پ) کانی کلسیت (Cal) پرکننده درز و شکاف سنگ آندزیتی به همراه اکسی‌هورنبلند (Ox-Hbl)؛ ت) بافت جریان‌ی در نمونه آندزیت بازالتی؛ ث) الیوین (Ol) به همراه پیروکسن (Pyx) و هورنبلند (Hbl) در سنگ بازالتی؛ د) بافت گلوپورفیری به همراه کانی‌های آپیک (Op) که در سنگ آندزیتی به فراوانی دیده می‌شود؛ ذ) نمونه داسیتی که پلاژیوکلاز (Plg)، کوارتز (Qtz) و حفره کلسدونی (Cal) در آن مشاهده می‌شود؛ ر) توف به همراه کانی گلوکونیت (Glt)، پلاژیوکلاز (Plg) و کلسیت (Cal)؛ ز) تصویر میکروسکوپی آگلومرا که شکاف‌ها به وسیله کوارتز (Qtz) و کلسیت (Cal) پر شده است (تصاویر در نور XPL گرفته شده است).



شکل ۵- الف) تصویر صحرایی از واحد رسوبی کنگلومرای منطقه؛ ب) تصویر صحرایی از یکی از دایک‌های منطقه (دید به سمت شمال شرق)؛ ج) تصویر میکروسکوپی از دایک‌های منطقه که شامل پلاژیوکلاز (Plg) و پیروکسن (Pyx) هستند (تصاویر در نور XPL گرفته شده است).

۳-۴. دایک‌ها

دایک‌ها با ترکیب بازیگ تا حد واسط واحدهای آتشفشانی-رسوبی منطقه را قطع کرده‌اند. حضور آنها در بخش خاوری، جنوب خاوری، جنوب و جنوب باختری محدوده مشهود است. روند آنها شمال خاوری- جنوب باختری، شمال باختری- جنوب خاوری و شمالی- باختری است و تقریباً هر دسته باهم موازی هستند (شکل ۵-ب). دایک‌ها در صحرا با رنگ سبز تیره تا قهوه‌ای با دگرسانی کلریتی و در زیر میکروسکوپ با بافت گرانولار متشکل از پلاژیوکلازهای دگرسان شده به کلسیت و سریسیت، پیروکسن و هورنبلندهای کلریتی شده دیده می‌شوند (شکل ۵-پ). دایک‌ها احتمالاً نقش موتور حرارتی را در کانه‌زایی مس داشته‌اند.

۴-۴. دگرسانی‌ها

بر پایه مشاهدات صحرایی، مطالعات میکروسکوپی و نتایج پراش اشعه ایکس (XRD)، دگرسانی‌های مختلفی در محدوده اکتشافی شناسایی شدند. تحت تأثیر سیالات گرمایی سنگ‌های میزبان متحمل دگرسانی شده‌اند. به طوری که در بخش آذرآواری بسیار گسترده و در بخش گدازه‌ای محدود به حاشیه رگه‌های کانه‌دار می‌شوند. توف‌ها به دلیل تخلخل و نفوذپذیری، دگرسانی شدیدتری را متحمل می‌شوند و انواع دگرسانی کلریتی، سریسیتی، آرژیلیتی و اکسید آهن (لیمونیتی) را نمایش می‌دهند (شکل ۶-الف). دگرسانی آرژیلیتی عمدتاً در واحدهای توف، به رنگ خاکستری تا سفید، بیشترین گسترش را دارد و بخش اصلی کانه‌زایی را همراهی می‌کند. آغشتگی به اکسید آهن با تغییر رنگ طبقات به رنگ قرمز و زرد لیمویی مشاهده می‌شود. این تغییرات بیشتر در افق‌های سطحی تر و تحت تأثیر شستشوی سنگ‌ها توسط سیالات جوی، در شرایط اکسیدان سطحی حاصل شده است (شکل ۶-ب).

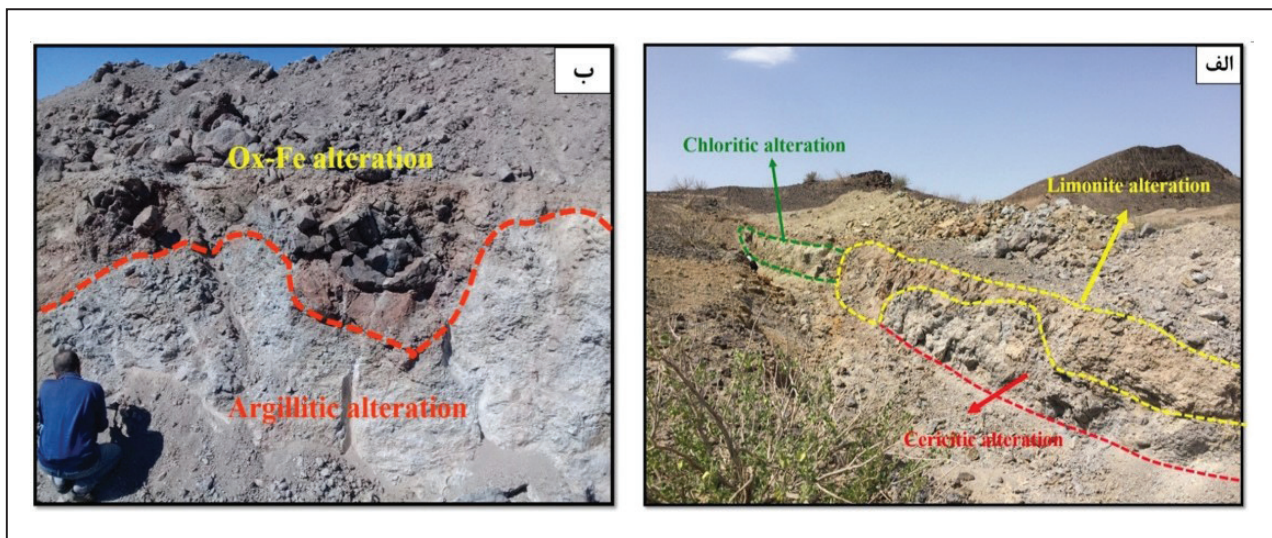
۵- کانه‌نگاری و توالی پاراژنی

بر پایه مشاهدات صحرایی و مطالعات کانی‌شناسی، کانی کربناته مس (مالاکیت) بیشترین فراوانی و کانی‌های سولفیدی فراوانی کمتری دارند و عمدتاً کالکوسیت و کولیت هستند. در بررسی مقاطع صیقلی از کانسنگ مس در واحدهای آتشفشانی

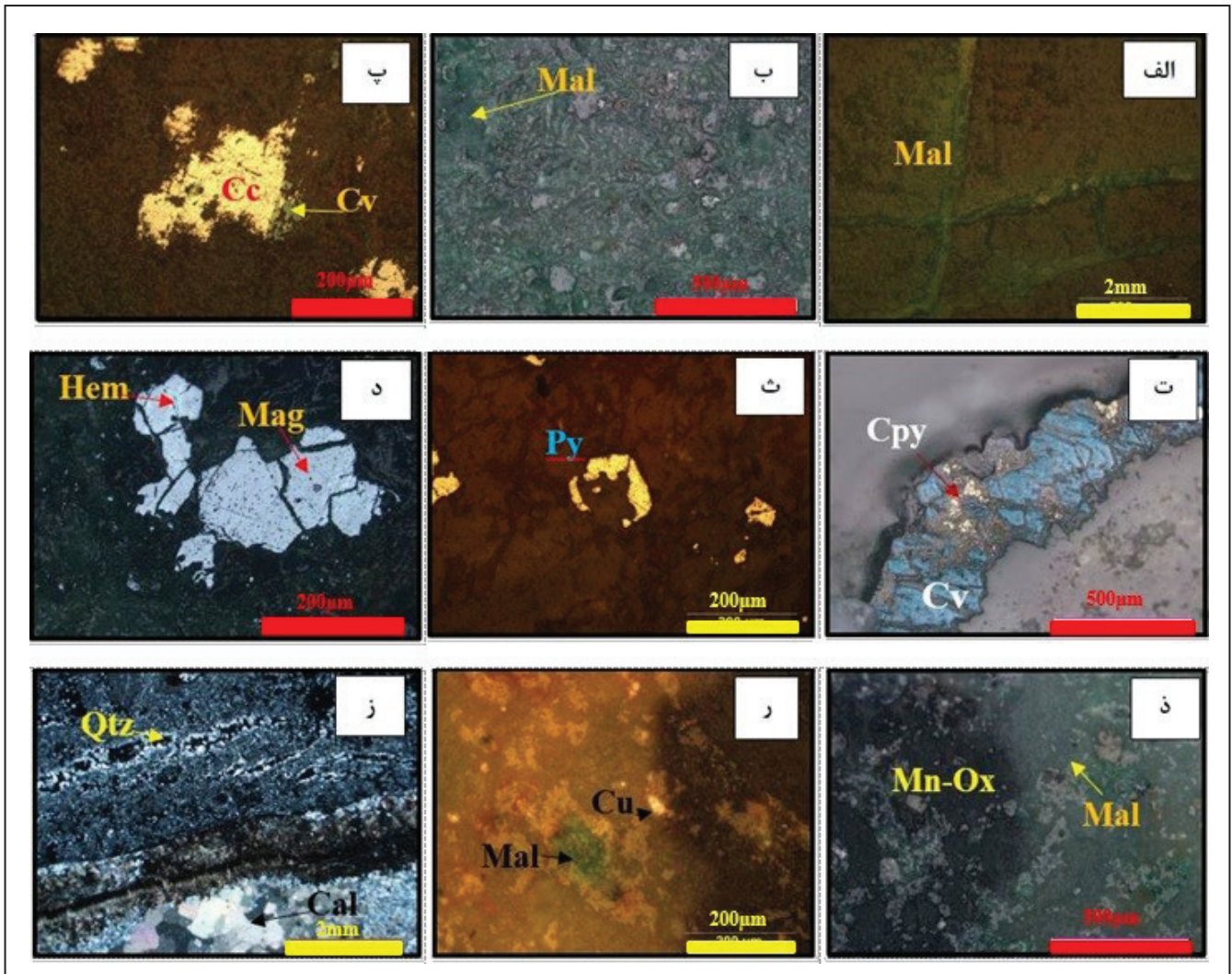
و آذرآواری مشخص شد که افزون بر حضور این کانی‌ها پیریت و کالکوپیریت هم کانه‌زایی را همراهی می‌کنند. ساخت و بافت ماده معدنی به صورت رگه- رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، دانه‌پراکنده و جانیشینی است. ژئومتری رگه- رگچه‌ای گسترش فراوانی دارد و بیشترین ساخت کانه‌زایی را شامل می‌شود. در مقاطع مورد بررسی مالاکیت بیشتر به صورت رگه‌ای است و همین‌طور شکاف‌ها و فضاهای خالی بین دانه‌ای را پر کرده‌اند که ساخت غیرهمزاد (اپی ژنتیک) را اثبات می‌کند و کالکوسیت در حال تبدیل به کولیت است (شکل‌های ۷-الف، ب و پ). کالکوپیریت در حال جانیشینی به کولیت است و پیریت به صورت بافت دانه‌پراکنده و یا خلیجی دیده می‌شود که در بعضی مقاطع احتمالاً به گوتیت تجزیه شده است (شکل‌های ۷-ت و ث). مگنتیت با بافت دانه‌پراکنده، توده‌ای و تجمعی، به صورت همزاد (سین ژنتیک) در متن سنگ میزبان تشکیل شده و از حاشیه‌ها و امتداد شکستگی‌ها به هماتیت (مارتیتی شدن) تبدیل شده است (شکل ۷-د). اکسیدهای منگنز در برخی نمونه‌ها همراه مالاکیت یافت می‌شود (شکل ۷-ذ). کانی کلریدی آتامیت توسط پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی شد. مس خالص به ندرت در مقاطع میکروسکوپی به صورت منفرد دیده می‌شود (شکل ۷-ر). از مهم‌ترین کانی‌های باطله می‌توان به کوارتز، کلسیت، ژیپس و کانی‌های رسی اشاره کرد (شکل ۷-ز). محتمل‌ترین ترتیب شکل‌گیری توالی پاراژنی منطقه مورد مطالعه در شکل ۸ به نمایش در آمده است.

۶- ژئوشیمی

چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در محیط‌های سنگی هر منطقه و تشخیص ارتباط و وابستگی عناصر با یکدیگر در مطالعات ژئوشیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند و اهمیت به‌سزایی در جهت تعیین ویژگی‌های محیط تشکیل و فرایندهای مؤثر در تشکیل ذخایر معدنی دارند (Piercey, 2011). به منظور بررسی پتروژنز، تعیین جایگاه زمین‌ساختی و نام‌گذاری سنگ‌های دربرگیرنده و ویژگی‌های ژئوشیمیایی ماده معدنی، از نتایج آنالیز شیمیایی ۵ نمونه XRF و ۱۳ نمونه ICP-MS استفاده شده است (جدول‌های ۱ و ۲).



شکل ۶-الف) تصویر صحرایی از دگرسانی‌های سریسیتی، لیمونیتی و کلریتی در واحد توف؛ ب) تصویر صحرایی از دگرسانی اکسید آهن و آرژیلیتی در واحد توف.



شکل ۷- الف) تصویر میکروسکوپی از مالاکیت (Mal) رگه‌ای؛ ب) اشغال فضای بین دانه‌های توسط مالاکیت‌ها (Mal)؛ پ) کالکوسیت‌ها (Cc) در حال تبدیل به کولیت (Cv)؛ ت) تبدیل کالکوپیریت (Cpy) به کولیت (Cv)؛ ث) پیریت (Py) با بافت خلیجی؛ د) تبدیل مگنتیت (Mag) به هماتیت‌ها (Hem) طی پدیده ماریتیمی شدن؛ ذ) اکسید منگنز (Mn-Ox) در کنار مالاکیت (Mal)؛ ر) مس طبیعی (Cu) به صورت منفرد؛ ز) کانی‌های باطله کوارتز (Qtz) و کلسیت (Cal) (تصاویر در نور XPL گرفته شده به جز تصویر ذ که در نور PPL است).

شکل ۸- توالی پراژنری از کانی‌های تشکیل دهنده مس در محدوده ساغری.

	processes				
	Minerals	Pre-Mineralization	Hypogene	Supergene	
Mineralization	Sulphate	Pyrite		=====	
		Chalcopyrite		=====	
		chalcocite		=====	=====
		Covelite			=====
		Cu			=====
	Carbonate	Malachite		=====	=====
	Silicate	Chrysocolla			=====
	Oxid	Hematite	=====		=====
		limonite		=====
		Goethite		=====
		Magnetite	=====		
		Mn- OX			=====
	Chloridati	Atacamite			=====
		Calcite		=====	=====
Gangue	Quartz		=====	=====	
	Gypse			-----	
	Clay mineral		=====	=====	
	Texture	Vein- veinlet		=====	=====
Dissiminated		=====	=====	=====	
Open space filling			-----	=====	
Replacement			=====	=====	

شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
SiO ₂	۵۶/۹۸	۶۲/۸۸	۵۷/۲۱	۶۵/۵۹	۶۰/۴۷
Al ₂ O ₃	۱۵/۹۸	۱۶/۲	۱۷/۳۱	۱۴/۸۱	۱۷/۲۰
Fe ₂ O ₃	۵/۱۵	۳/۷۸	۴/۱۸	۳/۹۵	۷/۸۹
CaO	۶/۶۵	۵/۲۳	۸/۰۸	۲/۹	۵/۷۷
Na ₂ O	۲/۲	۲/۸۴	۲/۹۵	۲/۷	۲/۰۸
K ₂ O	۲/۲۲	۳/۴۳	۲/۲	۴/۵۸	۳/۰۶
MgO	۱/۷۹	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۷۶	۳/۴۱
P ₂ O ₅	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۷
TiO ₂	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۵
Loi	۸/۲۱	۳/۴۹	۶/۱۱	۰/۷۸	۲/۸۶

جدول ۱- مقادیر غلظت اکسیدهای اصلی بر حسب درصد وزنی به روش XRF در منطقه ساغری.

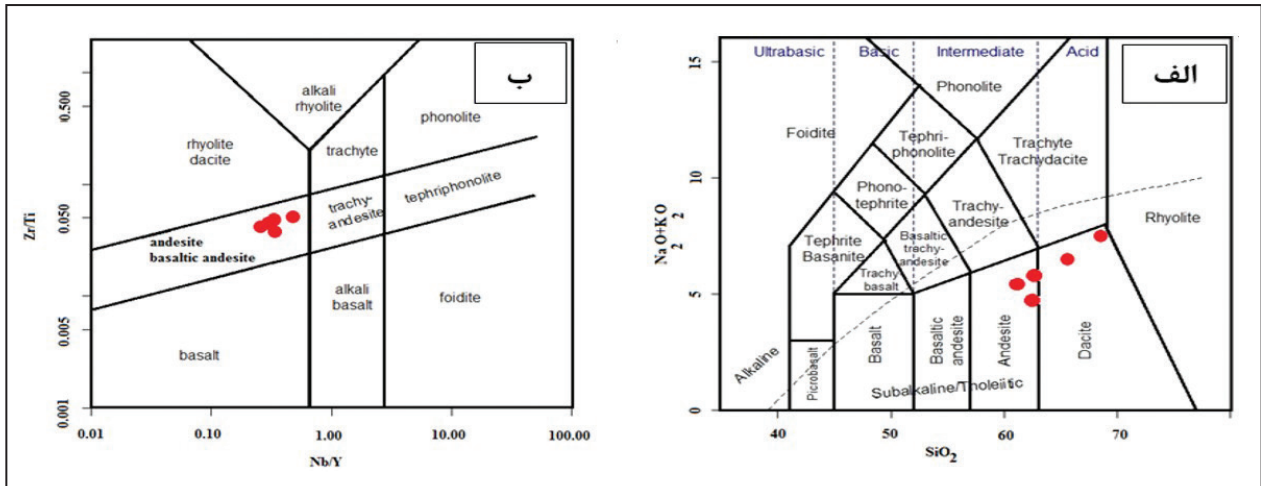
شماره نمونه	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	10-A
Ag	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۸	۷/۵	۱/۱	۲۵/۵	۲	۰/۵
Al	۷۰۵۰۴	۶۶۷۸۰	۷۱۸۶۲	۷۴۴۱۲	۷۷۱۱۲	۶۶۸۷۱	۷۲۷۵۹	۲۹۸۱۷	۷۰۸۴۲	۸۷۰۴۶
As	۱۳/۳	۳/۸	۶/۳	۱۱	۱۰/۷	۱۴/۸	۲۰/۵	۱۳۳	۱۰/۷	۲۴/۹
Ba	۳۸۳	۶۲۳	۴۱۵	۳۹۵	۴۵۷	۳۷۲	۱۶۴	۲۰۶	۲۱۸	۱۳۶
Be	۱/۲	۱/۶	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱	۰/۸	۰/۸	۱/۳	۰/۸
Ca	۳۸۴۱۷	۳۱۹۱۷	۴۹۹۰۵	۱۸۴۷۹	۳۹۷۸۸	۱۴۱۶۱	۳۵۲۳۴	۷۴۷۷۷	۴۳۷۲۲	۳۹۴۲۳
Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۴	۱	۰/۴	۶/۷	۰/۳	۰/۳
Ce	۳۹	۴۷	۴۱	۳۷	۴۳	۳۴	۳۸	۱۵	۴۳	۴۰
Co	۱۲/۱	۸/۷	۱۱/۹	۸/۹	۱۳/۱	۱۷/۸	۸/۱	۱۰/۵	۱۶/۸	۲۵/۷
Cr	۱۰	۱۹	۹	۹	۱۱	۷	۱۱	۲۳	۸	۱۰
Cs	۳	۱/۷	۱/۷	۲/۱	۰/۸	۱/۶	۰/۸	۳/۹	۷	۱/۸
Cu	۱۴۰	۲۲۳	۹۳	۱۷۱۰۴۱	۴۱	۶۵۰۰۰	۲۴۸۳۳	۶۵۰۰۰	۹۲۷۵	۱۴۴۱۸
Eu	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۶۴	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۶	۰/۱۳	۰/۷۴	۰/۷۵
Fe	۳۲۵۴۵	۲۴۷۲۲	۲۹۹۴۷	۲۸۸۹۸	۳۱۴۶۴	۴۷۳۲۸	۲۲۷۸۰	۲۲۷۴۴	۲۵۷۵۶	۲۸۳۶۳
Gd	۱/۷۳	۱/۵۵	۱/۸۵	۱/۷۱	۲/۱۱	۲/۱۴	۱/۵۶	۰/۴۷	۱/۸۴	۲/۰۶
Hf	۲/۷۶	۳/۱۱	۲/۸	۲/۸	۲/۸۶	۲/۲۱	۰/۴	۲/۷	۲/۸۱	۱/۴۱
In	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
K	۱۶۴۰۴	۲۷۱۳۷	۱۶۷۹۲	۳۳۵۵۹	۱۸۴۲۷	۲۶۲۱	۳۶۸۲	۱۳۵۶۷	۶۸۸۸	۵۲۲۲۸
La	۱۶	۲۳	۲۰	۱۸	۱۹	۹	۱۹	۵	۲۰	۲۰
Lu	۰/۸۱	۰/۴۱	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۴	۰/۱۹	۰/۲
Mg	۹۸۲۰	۵۳۷۷	۵۷۶۶	۵۰۳۶	۸۲۷۷	۵۸۹۹	۷۷۶	۵۸۲۳	۹۳۵۴	۱۰۶۵
Mn	۶۷۳	۵۷۰	۷۰۴	۴۸۹	۴۹۷	۱۵۱	۵۴۶	۱۴۸۰	۵۶۵	۲۰۴۴
Mo	۰/۶	۲/۵	۱/۳	۰/۶	۱/۳	۱/۴	۲/۹	۴/۹	۱	۲/۱
Na	۲۱۱۹۱	۲۵۹۱۹	۲۶۹۵۹	۲۲۷۳۷	۲۵۶۳۳	۳۳۳۵۰	۸۳۵	۹۲۵۲	۱۸۶۴۳	۹۷۳
Nb	۶/۸	۸/۶	۵/۷	۵/۱	۶/۳	۵/۷	۴/۵	۰/۴	۵/۸	۵/۲
P	۷۲۹	۸۸۸	۹۱۱	۸۰۳	۹۳۵	۱۶۱۲	۹۱۷	۸۹۱	۱۱۲۲	۹۹۴
Pb	۷	۱۰	۸	۶	۸	۶	۲۰	۳	۴	۲۲
Rb	۳۳	۵۲	۳۶	۶۸	۴۲	۳۸	۱۳	۲۱	۳۶	۱۸
S	۳۷/۵	۹۴	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	۳۷/۵	۵۲۴۸	۱۰۸	۶۴
Sn	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۵	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۰/۷
Sr	۲۷۰/۳	۶۲۰/۶	۵۱۴/۲	۲۱۴/۵	۶۱۱/۱	۴۰۷/۵	۱۷۵/۳	۱۷۳/۴	۲۵۴	۲۱۵/۲
Ta	۰/۷	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۴	۰/۱	۰/۶	۰/۵
Tb	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۴
Te	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۱
Th	۳/۸	۳/۸	۰/۴	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۱
U	۰/۹	۱/۵	۱/۲	۰/۹	۱/۱	۱/۶	۳/۳	۴/۴	۲/۱	۲/۳
Y	۷۷	۸۰	۱۲۸	۴۷	۱۰۵	۱۶۲	۱۱۰	۱۴۲	۱۰۸	۹۷
Yb	۱/۱	۰/۸	۱	۰/۹	۱/۱	۱/۴	۰/۹	۰/۴	۱/۲	۱/۱
Zn	۳۰	۲۲	۶۴	۳۷	۵۲	۱۴	۱۰۱	۱۰	۶۴	۱۱۵
Zr	۱۰۴	۱۴۷	۱۱۷	۱۱۱	۱۱۴	۸۷	۱۰۲	۳۰	۱۰۲	۱۰۶

جدول ۲- مقادیر فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های منطقه ساغری به روش ICP-MS (بر حسب PPM).

۶-۱. نام‌گذاری ورده‌بندی سنگ‌های میزبان

بالاست، از نمودارهای مبتنی بر عناصر کمیاب کم تحرک از جمله Nb، Ti، Zr و Y که جزو عناصر دارای قدرت میدانی بالا هستند (Rollinson, 2014) نیز استفاده شد. بدین منظور با استفاده از نمودار (Pearce (1996) که نسبت Zr/Ti در مقابل Nb/Y است، نمونه‌های مورد نظر در محدوده آندزیت و آندزیت بازالتی قرار می‌گیرند (شکل ۹-ب).

برای نام‌گذاری شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی از نمودار (Le Bas et al. (1986) استفاده شد که بر پایه مجموع آلکالی (Na_2O+K_2O) در برابر SiO_2 است که نمونه‌ها در قلمرو داسیت و آندزیت قرار گرفتند (شکل ۹-الف). از آنجایی که سنگ‌های منطقه مورد نظر دگرسانی بالایی از خود نشان می‌دهند و تحرک عناصر در آنها

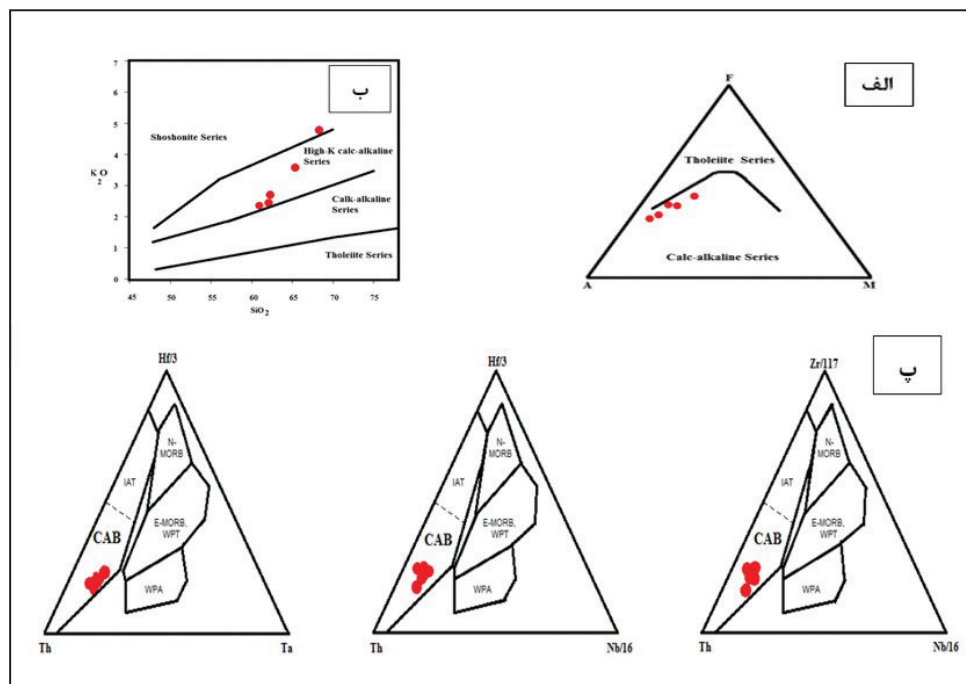


شکل ۹-الف) موقعیت سنگ‌های آتشفشانی و دایک‌ها بر روی نمودار TAS - Na_2O+K_2O در برابر SiO_2 (Le Bas et al., 1986)؛ ب) موقعیت سنگ‌های آتشفشانی و دایک‌ها بر روی نمودار Zr/Ti در مقابل Nb/Y (Pearce, 2005).

۶-۲. تعیین سری ماگمایی و موقعیت زمین‌ساختی

این میان عناصر Nb، Y، Ti و نسبت عناصر Th/Yb و Ta/Yb به علت تحرک پایین در آنها در طی فرایندهای تشکیل سنگ‌های ماگمایی همانند پدیده فرورانش، اهمیت بیشتری دارند (Pearce, 2005; Maanijou et al., 2013). در شکل ۱۰-پ نمایش موقعیت قرارگیری نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای مثلثی (Wood, 1980) مشاهده می‌شود که منطبق با بازالت‌های کم‌انرژی (CAB) هستند.

برای تعیین سری ماگمایی از نمودار AFM (Irvine and Baragar, 1971) و نمودار K_2O در برابر SiO_2 (Peccerillo and Taylor, 1976) استفاده شده است. با توجه به شکل‌های ۱۰-الف و ب سنگ‌های منطقه در محدوده سری کالک‌آلکانل پتاسیم بالا و به مقدار جزئی شوشونیتی قرار می‌گیرند. استفاده از عناصر فرعی و اصلی در تشخیص محیط‌های زمین‌ساختی توسط پژوهشگران زیادی استفاده می‌شود که در

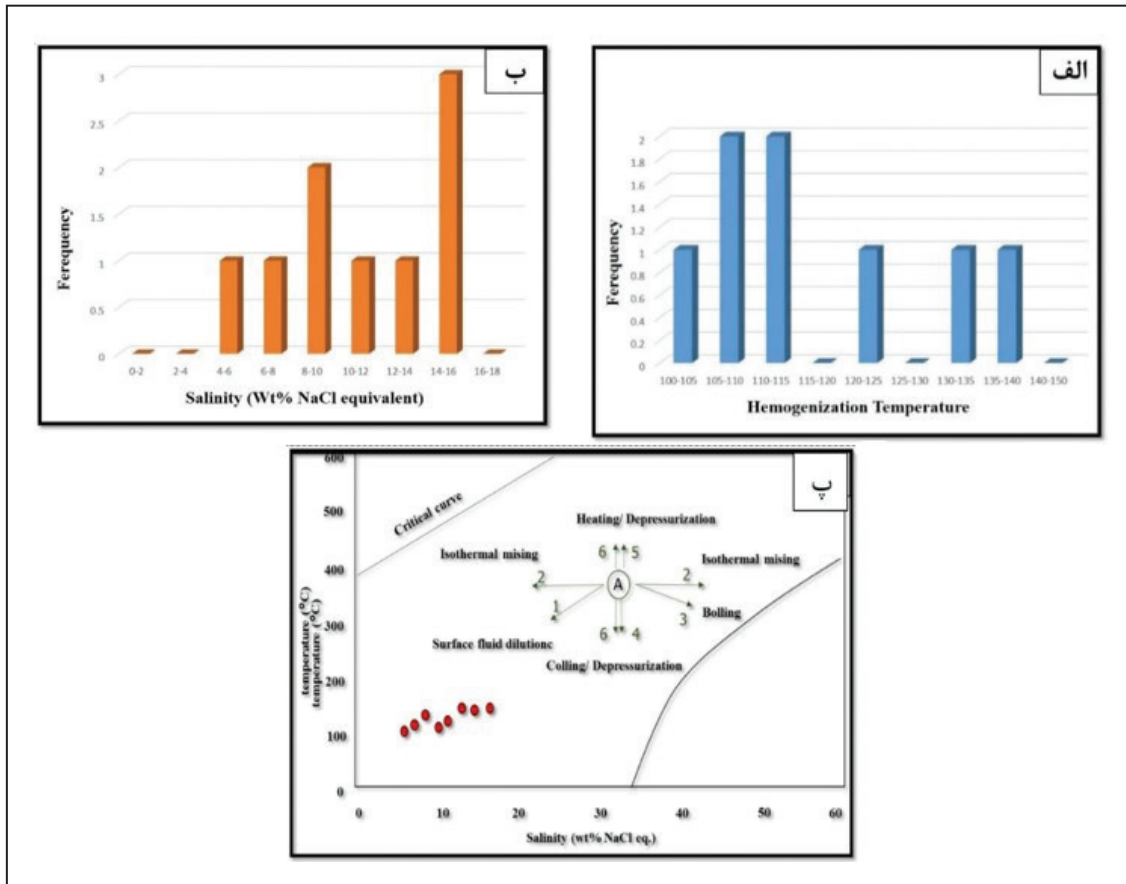


شکل ۱۰-الف) نمودار تعیین سری ماگمایی AFM (Irvine and Baragar, 1971)؛ ب) نمودار تعیین سری ماگمایی K_2O در برابر SiO_2 (Peccerillo and Taylor, 1976)؛ پ) نمایش موقعیت قرارگیری نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای مثلثی (Wood, 1980).

۵-۶. میانبار سیال

(شکل های ۱۲- الف و ب). با توجه به نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدگی جهت تعیین فرایندهای مؤثر در تکامل سیال و نهشت (Wilkinson, 2001)، آب های جوی در کانه زایی نقش داشته و توده های نفوذی و دایک ها عامل تأمین کننده حرارت بوده اند (شکل ۱۲- پ).

در نمونه های مطالعه شده، میانبارهای سیال عمدتاً از نوع دوفازی مایع و بخار هستند. بر اساس این مطالعات، عمق کانه زایی ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر، دمای تشکیل آن ۱۰۰ تا ۱۴۰ درجه سانتی گراد و شوری حدود ۵ تا ۱۵ درصد وزنی نمک طعام به دست آمد



شکل ۱۲- الف) نمودار توزیع فراوانی دمای همگن شدگی در کانسار مس ساغری؛ ب) نمودار میزان شوری در میانبارهای سیال در کانسار مس ساغری (Large and et al., 1988)؛ پ) نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدگی جهت تعیین فرایندهای مؤثر در تکامل سیال و نهشت (Wilkinson, 2001).

۷- تعیین نوع کانه زایی

نوار تروود- چاه شیرین مربوط به زمان ترشیاری با روند تقریباً شرقی- غربی گسترش دارد و آنچه که از شواهد پیداست، کانه زایی در این نوار ارتباط تنگاتنگی با سامانه های ماگمایی جوان تر دارد. کانه زایی مس ساغری حدوداً در شرق این رشته کوه واقع شده است. در این تحقیق ویژگی های کانه زایی مس با سه نوع مختلف ماتو، میشیگان و طبقات سرخ آتشفشانی مقایسه می شود (جدول های ۴ و ۵).

۷-۱. منبع تأمین کننده احتمالی فلز مس

منبع تأمین مس در کانسارهای نوع ماتو، بیشتر واحدهای آتشفشانی غنی از مس هستند. میزان مس با توجه به نتایج آنالیز ICP/MS، بین ۴۱ تا ۱۷۱۰ پی پی ام مس در

داخل نمونه های سنگ میزبان مشاهده شده است. با توجه به مطالعات صحرائی، ژئوشیمی و میانبار سیال به نظر می رسد که وجود توده نفوذی و دایک ها در منطقه ساغری باعث گرم شدن آب های زیرزمینی و جوی فرورو در داخل شکستگی ها و گسل ها، شستشوی مس از واحدهای گدازه و مخصوصاً توف و آگلومرا شده است. این محلول ها در داخل درزه و شکستگی ها و گسل ها باعث کانه زایی مس به صورت رگه- رگچه ای و پراکنده شده اند. وجود شکستگی ها و گسل ها در سنگ های درونگیر یکی از عوامل مهم در تشکیل کانسارها بوده است (Sato, 1984).

جدول ۴- نتایج مقایسه کانسار ساغری با کانسارهای مشابه خارجی.

ویژگی / کانسار	ساغری	Manto	Volcanic red bed	Michigan
موقعیت	ایران (ساغری)	شیلی (مرکز شیلی) و آمریکای لاتین	کانادا (کانسار مانت الکساندر)	جزیره کوبنا، ایالت متحده (کانسار میشیگان)
محیط تکنیکی	کمان مرتبط با فرورانش	کمان ماگمایی	کافت درون قاره‌ای و نزدیک به حواشی صفحات	کافت نیمه‌قاره‌ای
سری ماگمایی	کالک‌آلکانل پتاسیم بالا تا به مقدار جزئی شوشونیتی	سری کالک‌آلکانل	—	سری تولیتی
سنگ میزبان	گدازه‌های آندزیت تا بازالت و آذرآواری‌های توف و آگلومرا	گدازه‌های آندزیتی و بازالتی	گدازه‌های آتشفشانی مافیک تا فلسیک، توف و سنگ‌های رسوبی وابسته	بازالت آمیگدالویدال با میان‌لایه‌های کنگلومرای
پاراژنز کانیایی	مالاکیت، کالکوسیت، کولیت، پیریت، کالکوپیریت و مس طبیعی	مالاکیت، کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، کوپریت، کریزو کولا و مس طبیعی	کالکوسیت، بورنیت، مس طبیعی، دیژنیت، و کولیت	مس طبیعی، مالاکیت، آزوریت، کریزو کولا، نقره طبیعی، دیژنیت و کالکوسیت
محصول فرعی	نقره؟	نقره	نقره	نقره
محصولات دگرسانی	کلسیت، کوارتز، آلپیت، کلریت، مونتوریلونیت	کلریت، آلپیت، کوارتز و اپیدوت	کلسیت، ژنولیت، اپیدوت، کلریت و آلپیت	کلسیت، ژنولیت، اپیدوت و آلپیت
سن کانه‌زایی	اوسن	ژوراسیک	ژوراسیک	پرکامبرین
ساخت و بافت	رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، پراکنده و جانشینی	رگه‌ای و پرکننده فضای خالی	رگه‌ای و پرکننده فضای خالی	رگه‌ای و پرکننده فضای باز
منابع	تحقیق حاضر	Sillitoe (1997)	Cabral and Beaudion (2007)	Sillitoe (1997)

جدول ۵- نتایج مقایسه مس ساغری با چند کانسار مشابه داخلی.

ویژگی / کانسار	کانسار معدنی ساغری	کانسار معدنی جاهمورا	کانسار عباس‌آباد	کانسار مس چاه‌موسی	کانسار مس دیان	اندیس معدنی دارهند
موقعیت	ایران (ساغری)	۲۰ کیلومتری شمال ترود	۱۳۰ کیلومتری شمال شرقی شاهرود	۱۵ کیلومتری غرب ترود	جنوب دامغان	۴/۵ کیلومتری نطنز
محیط تکنیکی	کمان مرتبط با فرورانش	کمان مرتبط با فرورانش	کافت درون قاره‌ای	کمان آتشفشانی	جزایر کمائی و حاشیه فعال قاره‌ای	—
سری ماگمایی	کالک‌آلکانل پتاسیم بالا تا به مقدار جزئی شوشونیتی	کالک‌آلکانل و شوشونیتی پتاسیم بالا	آلکانل تا ساب آلکانل	کالک‌آلکانل غنی از پتاسیم	آلکانل تا آلکانل غنی از پتاسیم	—
سنگ میزبان	گدازه‌های آندزیت تا بازالت و آذرآواری‌های توف و آگلومرا	آندزیت تا تراکی آندزیت، بازالت پورفیری	آندزیت تا آندزیت-بازالت پورفیری	بیوتیت-هورنبلند آندزیت پورفیری	آندزیت، تراکی آندزیت، تراکی‌بازالت آندزیت بازالتی و تراکیت	گدازه‌های آتشفشانی مافیک تا فلسیک، توف و سنگ‌های رسوبی وابسته
پاراژنز کانیایی	مالاکیت، کالکوسیت، کولیت، پیریت، کالکوپیریت و مس طبیعی	کالکوپیریت، کالکوسیت، دیژنیت، کولیت، کوپریت، مس طبیعی و مالاکیت	کالکوسیت، دیژنیت، کولیت، بورنیت، مس طبیعی، آزوریت و مالاکیت	پیریت، کالکوپیریت، کالکوسیت، کولیت، مالاکیت، آزوریت، دیژنیت و نئوتوسیت	کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و آزوریت	مس طبیعی، کوپریت، تنوریت، مالاکیت و کمی پیریت
محصول فرعی	نقره؟	نقره	نقره	نقره	نقره	نقره
محصولات دگرسانی	کلسیت، کوارتز، آلپیت، کلریت، مونتوریلونیت	کلسیت، سیلیس، کلریت، آلپیت، سرسیت، ترمولیت و مونتوریلونیت	سیلیسی، کربناتی، اپیدوتی و سیلیسی	کلریت، کلسیت، سرسیت، کوارتز و اپیدوت	کلریت، آلپیت، کوارتز، اپیدوت، کلسیت و مونتوریلونیت	—
سن کانه‌زایی	اوسن	ترشیری	تراز پایانی آتشفشانی اوسن	ترشیری	سنوزوئیک	اوسن میانی-بالایی
ساخت و بافت	رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، پراکنده و جانشینی	رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی، پراکنده و جانشینی	رگه-رگچه‌ای، پراکنده، پرکننده فضای باز و اکسولشن	رگه‌ای-افشان	پرکننده فضای خالی و رگه‌ای	رگه‌ای
منابع	تحقیق حاضر	بهرام‌پور (۱۳۹۳)	صالحی (۱۳۹۱)	امام‌جمعه (۱۳۸۵)	ناهدی‌فر (۱۳۹۳)	نظافتی (۱۳۷۹)

۸- نتیجه‌گیری

خاوری- جنوب باختری پراکنده شده‌اند. عمق کانه‌زایی ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر، دمای تشکیل آن ۱۰۰ تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و شوری حدود ۵ تا ۱۵ درصد وزنی نمک طعام است. با توجه به دگرسانی‌های رخ داده در کانسار مس ساغری که شامل دگرسانی آرژیلیتی، سریستی، کلریتی، کربناتی و اکسید آهن است می‌توان نتیجه گرفت که سیال‌های گرمابی فعال شده، در طی همجواری با توده‌های نفوذی و گرم شدن به درون واحدهای آتشفشانی وارد شده و مس موجود در سنگ منشأ را شسته و پس از چرخش در واحدهای سنگی و حرکت به سوی بالا، در درزه و شکستگی‌های سنگ میزبان نهشت داده‌اند. بر پایه ویژگی‌های مشاهده شده، کانسار مس ساغری از بسیاری جهات از جمله سنگ میزبان، ساخت و بافت، کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی و جایگاه تکتونیکی مشابه کانسار مس ماتو و سرخ آتشفشانی است ولی با نوع میشینگان تفاوت نشان می‌دهد.

سنگ میزبان کانه‌زایی مس ساغری متشکل از واحدهای گدازه‌ای شامل آندزیت، آندزیت-بازالت، بازالت، داسیت و واحدهای آذرآواری شامل توف و آگلومرا است که از نظر ژئوشیمیایی دارای ماهیت کالک‌آلکالن پتاسیم بالا و شوشونیتی و مرتبط با کمان‌قاره‌ای هستند. کانی‌های مشاهده شده در مقاطع صیقلی شامل گروه‌های کربناتی (مالاکیت)، سولفیدی (کالکوسیت، کولیت، پیریت و کالکوپیریت)، سیلیکاته (کریزوکولا) و اکسیدی و هیدروکسیدی (هماتیت، مگنتیت، گوتیت، لیمونیت و منگنز) است. ساخت و بافت در کانسار مس ساغری رگه-رگچه‌ای، پراکنده فضای خالی، دانه‌پراکنده و جانیشینی است. گسل‌ها و شکستگی‌ها مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده مواد معدنی هستند. بر پایه مشاهدات صحرایی به نظر می‌آید، بیشتر رگه‌های کانه‌دار در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌های با راستای شمال

کتابناری

- امام‌جمعه، ا.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس چاه موسی، شمال غرب تروند، استان سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۶۰۸ ص.
- برنا، ب. و عشق‌آبادی، م.، ۱۳۷۶- گزارش ارزیابی و اکتشافی کانسارها و اندیس‌های سرب-روی استان سمنان، سازمان صنایع و معادن استان سمنان. بهرام‌پور، م.، ۱۳۹۳- پتروژنز، ژئوشیمی و نقش توده‌های ساب‌ولکانیک در زایش مس محدوده چاه‌مورا، شمال تروند. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی. پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- تاج‌الدین، ح.، ۱۳۷۷- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز اثر معدنی طلای دارستان (جنوب دامغان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. حقیقی، ا.، ۱۳۸۹- متالورژی فلزهای پایه و طلا در کمر بند آتشفشانی- نفوذی تروند- چاه شیرین، پایان‌نامه دکتری. دانشگاه شهید بهشتی، ۱۶۷ ص.
- خان‌نصر اصفهانی، ع. و احمدی، م.، ۱۳۸۴- پتروگرافی سنگ‌های آذرین. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.
- رشیدنژاد، ع.، ۱۳۷۱- بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ارتباط آن با کانی‌شناسی طلا در منطقه باغو (جنوب-جنوب شرق دامغان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم. شمعیان اصفهانی، غ. ح.، ۱۳۸۲- مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمابی فلزات پایه و گرانها در منطقه معلمان. رساله دکتر، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- صالحی، ل.، ۱۳۹۱- کانسارهای مس با سنگ میزبان آتشفشانی در منطقه عباس‌آباد (شمال شرق شاهرود)، انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه بیرجند.
- عبداللهی حیدریاگی، ا.، ۱۳۹۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل کانسار مس و آهن رباعی، جنوب دامغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- فرد، م.، ۱۳۸۰- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار طلا، سرب و روی (مس-باریم) گندی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ناهدی‌فر، م.، ۱۳۹۳- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس دیان، جنوب دامغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- نظافتی، ن.، ۱۳۷۹- زمین‌شناسی اقتصادی پتانسیل‌های فلزی منطقه نطنز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Barnes, H. L., 1997- Geochemistry of hydrothermal ore deposits. John Wiley and Sons.
- Cabral, A. R. and Beaudion, G., 2007- Volcanic red-bed copper mineralisation related to submarine basalt alteration, Mont Alexandre, Quebec Appalachians, Canada. Mineralium Deposita, V. 42(8), p. 901- 912.
- Irvine, T. N. J., and Baragar, W. R. A. F., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian journal of earth sciences, V. 8 (5), p. 523- 548.
- Large, R., Huston, D., McGoldrick, P., McArthur, G. and Ruxton P., 1988- Gold distribution and Genesis in Paleozoic Volcanogenic massive sulphide systems, Eastern Australia. Bicentennial Gold, V. 88, p. 121- 126.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986- A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkalisilica diagram. Journal of Petrology, V. 27, p.745- 750.
- Maanijou, M., Aliani, F., Miri, M. and Lentz, D. R., 2013- Geochemistry and petrology of igneous assemblage in the south of Qoryeh area, west Iran. Chemie der Erde, V. 73, p. 181- 196.

- Machado, A., Lima, E. F., Chemale F. Jr., Morata Céspedes, D., Oteíza, O., Almeida, D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. and Urrutia, J. L., 2005- Geochemistry constraints Mesozoic-cenozoic calc-alkaline magmatism in the south Shetland arc, Antarctica. *Journal of South America earth sciences*, V. 18 (3- 4), P. 407- 425.
- McDonough, W. F. and Sun, S. S., 1995- The composition of the Earth. *Chemical geology*, V. 120(3-4), p.223- 253.
- Nakamura, N., 1974- Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochemical cosmochimica Acta*, V. 38 (5), p. 757- 775.
- Pearce, J. A., 2005- Mantle preconditioning by melt extraction during flow: theory and petrogenetic implications: *Journal of Petrology*, V. 46, p. 973- 997.
- Peccerillo, A. and Taylor, S. R., 1976- Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contrib Mineral Petrol*, V. 58, p. 63- 81.
- Pearcy, S. J., 2011- The setting, style and role of magmatism in the formation of volcanogenic massive sulfide deposits. *Mineralium Deposita*, V. 46 (5-6), p. 449- 471.
- Prowatke, S. and Klemme, S., 2006- Trace element partitioning between apatite and silicate melts, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70(17):4513-4527
- Rollinson, H. R., 2014- *using Geochemical Data: Evaluation, presentation, Interpretation*, Routledge.
- Sato, T., 1984- Manto type copper deposit in Chile, a review. *Bulletin of the geological survey of Japan*, V. 35, p. 565- 582.
- Shelly, D., 1993- Igneous and metamorphic rocks under microscope classification features, microstructures and mineral preferred orientations. *Chopman and Hall, London*, V.552 .p.405.
- Wilkinson, J. J., 2001- Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, V. 55(1), p. 229- 272.
- Wood, D. A., 1980- The application of Th. Hf. Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination letters, *V. 50(1)*. p. 11- 30.

Petrogenesis, geochemistry and mineralogical in the Saghari copper deposit, South of shahrood

Y. Khoramtash^{1*} and F. Fardoost²

¹M.Sc., Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

²Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 2018 January 19

Accepted: 2018 June 30

Abstract

The Saghari copper deposit is located 120 Km at Southwest of shahrood, within in the eastern part of Toroud-Chahshirin magmatic arc. Mineralization in the Saghari area occurred within volcanic and pyroclastic units of Eocene. Based on the field, laboratory investigations and geochemical analysis, the outcropped rocks in the Saghari deposit are andesite, andesite-basalt, basalt, dacite and several exposures of pyroclastic rocks such as tuff and agglomerate. The rocks are high-k, calc-alkaline to a small amount of shoshonitic in nature, and are formed at a magmatic arc setting in a subduction zone. Basic to intermediate dyke bodies intruded Eocene volcanic-pyroclastic sequences. The host rocks have been affected by argillitic, sericitization, chloritization, carbonatization and oxide-Fe (limonite, hematite and goethite). The textures and structures of mineralization are vein-veinlet, replacement, open space filling and disseminated. According to the mineralogical studies, main minerals of copper are malachite, chalcocite, covellite, chalcopyrite, chrysocolla and rare native copper. Malachite and chalcocite are the most abundant minerals. Geochemical studies indicate that copper has a relative correlation with silver. Also based on studies of fluid inclusion, the depth of the ore, formation temperature and salinity are 100-200 meter, 100-140 °C and 5-15 WtNaCl%. Copper mineralization in the Saghari deposit has similarities in mineralogy, host rock, texture, structure and geometry with manto-type and volcanic red bed copper deposits.

Keywords: Petrogenesis, Geochemistry, Copper, Torud-Chahshirin, Saghari.

For Persian Version see pages 209 to 220

*Corresponding author: Y. Khoramtash; E-mail: yeganekhoramtaash@yahoo.com