

سنگ‌نگاری، ژئوشیمی، کانی‌شناسی، مطالعه میانبارهای سیال و تعیین نوع کانه‌زایی کانسار مس ورزگ - قاین

وحیده علی‌زاده^۱، مرتضی مؤمن‌زاده^۲ و محمدحاشم امامی^۳

^۱ کارشناس ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

^۳ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۱۲

چکیده

کانی‌سازی مس ورزگ در سنگ‌های آتشفشانی صورت گرفته است که طبق نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قاین به پالتوسن - ائوسن زیرین نسبت داده شده است. سنگ‌های آتشفشانی زیر دریایی محدوده مورد پژوهش به دو حالت گدازه و آذرآواری دیده می‌شوند. سنگ‌های آتشفشانی یاده شده بر پایه مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی قابل تفکیک به آندزیت، آندزیت-بازالت، بازالت و رخنمون‌های کوچکی از آذرآواری‌ها به صورت توف هستند. ماهیت این سنگ‌های آتشفشانی، قلیایی است که از نظر جایگاه زمین‌ساختی، در موقعیت بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار می‌گیرند. کانی‌سازی از نظر بافتی، به صورت رگه-رگچه، افشان و پرکننده آمیگدال‌ها است. بر اساس مطالعات کانه‌نگاری کانی‌های اصلی مس شامل: کالکوسیت، بتاکالکوسیت، بورنیت، کوولیت، دیژنیت و به‌ندرت مس طبیعی است. از بین این کانی‌ها، کالکوسیت بیشترین فراوانی را دارد. در بیشتر موارد هم‌رشدی بین کانه‌های مس دیده می‌شود. این هم‌رشدی به ویژه بین کانی‌های کالکوسیت و کالکوسیت‌بتا آشکارتر است. عنصر نقره، به عنوان فاز فرعی (پاراژنر عنصری مس) در این کانسار معرفی شده است. این در حالی است که نقره، فاز مستقلی تشکیل نداده و در شبکه کالکوسیت، جایگزین عنصر مس شده است. مطالعه میانبارهای سیال بر روی سیال‌های به دام افتاده در کانی کوارتز انجام شده است. دمای هم‌گن‌شدگی در میانبارهای سیال، به طور متوسط ۲۳۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد است. درجه شوری محاسبه شده در این سیال‌ها، ۵ تا ۶ درصد وزنی نمک طعام است. بنابراین براساس ویژگی‌های شناسایی شده، کانسار مس ورزگ قابل مقایسه با کانسارهای مس نوع مانتو و کانسارهای مس نوع Volcanic redbed است که به تازگی این دو نوع کانسار، مترادف خوانده می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: مس، کالکوسیت، نقره، میانبار سیال، کانسار مس نوع مانتو، کانسار مس در طبقات سرخ آتشفشانی

E-mail: alizadeh.vahideh@gmail.com

*نویسنده مسئول: وحیده علی‌زاده

۱- مقدمه

محدوده مورد پژوهش از نظر تقسیمات کشوری در استان خراسان جنوبی قرار دارد. کانسار ورزگ، در ۱۵ کیلومتری خاور-جنوب خاور قاین واقع شده است. شهر قاین در بخش باختری مرکز چهارگوش ۱:۱۰۰۰۰۰ قاین و در یک دشت وسیع قرار گرفته است. برای دسترسی به محدوده مورد مطالعه، می‌توان از جاده آسفالتی قاین به اسفندان استفاده کرد که پس از گذشتن از روستای اسفندان می‌توان از یک راه فرعی به روستای وزرگ دسترسی پیدا کرد (شکل ۱). گستره مورد پژوهش، از دیدگاه پهنه‌های رسوبی-ساختاری اصلی ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳)، در بلوک لوت که خود جزئی از پهنه ایران میانی است، قرار دارد. جایگاه آن در ایران میانی، بلوک لوت و بخش‌های باختری کوه‌های خاور ایران است. سنگ میزبان کانی‌سازی مس در این پژوهش، گدازه‌های آندزیت، آندزیت-بازالت و مواد آذرآواری (توف) است. اکتشافات ژئوشیمیایی در این محدوده، متشکل از طراحی و برداشت ۱۵۶ نمونه رسوب آبراه‌ای (#۸۰) با تراکم ۲ نمونه در هر کیلومتر مربع توسط شرکت مهندسین مشاور زرناب اکتشاف است. پس از انجام مطالعات ژئوشیمی اکتشافی و مشاهده رخنمون‌های دارای کانی‌سازی، سه اندیس معدنی به نام‌های ورزگ شمالی، مس کولو و محدوده باختری شناسایی شد. موقعیت سه اندیس بر روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ قاین در شکل ۲ دیده می‌شود. واحد آندزیت پورفیری سنگ میزبان کانی‌سازی است. پس از این مرحله، مطالعات بعدی بر روی بخش‌هایی که دارای کانی‌سازی مس هستند، متمرکز شد.

۲- سنگ‌نگاری

به منظور انجام مطالعات سنگ‌نگاری ۲۱ نمونه سنگی انتخاب و آماده‌سازی شد. بر پایه مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، بخش‌های دارای کانی‌سازی مس،

۳- ژئوشیمی سنگ میزبان

میکروسکوپ مطالعه می‌شوند، مشخص می‌شود که کانی کالکوسیت بیشترین سهم را در این رگچه‌ها، به خود اختصاص داده است. ستبرای این رگچه‌ها در نمونه دستی گاه به بیش از ۱ سانتی‌متر نیز می‌رسد (شکل ۱۱). افزون‌بر کانی کالکوسیت که خود به دو صورت کالکوسیت آبی و بتاکالکوسیت است، کولیت، بورنیت، دیزنیت و اکسیدهای مس از جمله کوپریت-توریت و کانه مس طبیعی، دیگر کانی‌های مس هستند (شکل ۱۲). رشد بتاکالکوسیت به فرم تیغه‌ای یا ورقه‌ورقه، همراه با کالکوسیت آبی دیده می‌شود. گفتنی است که در این مطالعه، ۲۱ نمونه مقطع صیقلی آماده‌سازی و مطالعه شده است.

کالکوسیت آبی، دارای دمای تشکیل بالایی است و عناصر دیگر به صورت فرعی در شبکه بلورین آن حضور دارند. در تمامی انواع کالکوسیت، عنصر مس ممکن است با مقداری نقره، آهن و منگنز، دست‌کم در فرم‌های حرارت بالا جانشین شود. به جای گوگرد نیز، عناصر سلنیم و یا تلوریم می‌توانند در شبکه ساختمانی کالکوسیت وارد شوند (Ramdohr, 1980). در بیشتر موارد کانی کالکوسیت با دیگر کانی‌های سولفیدی، هم‌رشدی نشان می‌دهد. بیشینه هم‌رشدی و همراهی مربوط به کانی‌های کالکوسیت و بتاکالکوسیت است. به گونه‌ای که در موارد کمی می‌توان این دو کانی را به صورت جدا از یکدیگر و به شکل فازهای منفرد دید. به طور یقین می‌توان گفت کانی بورنیت به شکل فاز منفرد در مطالعات کانه‌نگاری دیده نشد و این کانی تقریباً در تمامی موارد به همراه کالکوسیت آبی و بتاکالکوسیت است.

گاهی در شرایط گرمایی بالا، کالکوسیت آبی به بتاکالکوسیت (رنگ روشن‌تر) و در یک فاز جدید، هردو، تحت تأثیر فرایندهای برون‌زاد به کولیت (CuS) تبدیل شده‌اند. در این راستا ممکن است ریزشکاف‌هایی در درون کالکوسیت آبی و یا بتاکالکوسیت تشکیل شود. در این صورت کولیت می‌تواند در این ریزشکاف‌ها به صورت میکروسکوپی رشد کند. در این حالت است که در نور XPL، ایزوتروپی کانی کولیت مانند رنگ انعکاس داخلی درون کانی‌های کالکوسیت و بتاکالکوسیت جلوه می‌کند. گفتنی است که کولیت دارای چندرنگی بسیار قوی (آبی) و ایزوتروپی بسیار زیاد است (ملک‌قاسمی، ۱۳۷۸). در چنین زمانی، نباید این حالت را به عنوان رنگ انعکاس داخلی نپذیرفت، چرا که اگر این اتفاق بیفتد، ذهن از بتاکالکوسیت به اشتباه به سمت کانی دیگری می‌رود و منجر به شناسایی نادرست کانی خواهد شد.

کالکوسیت در منطقه عباس‌آباد (شاه‌رود)، معمول‌ترین کانی و بدون شک منشأ آن اولیه است (Bazin & Hubner, 1969). در مورد کانسار ورزگک پیش از این مطالعه خاصی صورت نگرفته است. شاید بتوان اولیه بودن کالکوسیت را در منطقه عباس‌آباد، به این منطقه نیز تعمیم داد. (Ramdohr 1980) به تجمعی از دانه‌های درشت کالکوسیت با کلیواژهای قابل تشخیص در سطح (۰۰۱) و مالاکیت رشد یافته در طول مرز دانه‌ها و کلیواژها اشاره می‌کند (شکل ۱۳). وی این نوع کالکوسیت را به طور یقین ژرف‌فاز می‌خواند. همان‌گونه که در شکل ۱۴ دیده می‌شود، همین حالت را در نمونه‌های محدوده مورد پژوهش (ورزگک) می‌توان دید. بنابراین دلیلی دیگر بر اولیه و ژرف‌فاز بودن کالکوسیت‌های نشانه‌معدنی ورزگک، همین موضوع می‌تواند باشد. از سوی دیگر، دیده نشدن پدیده کدرشدگی در مرز بین دانه‌ها و امتداد کلیواژ کانی‌ها و درزه‌ها در نمونه‌های مطالعه‌شده می‌تواند دلیلی دیگر بر اولیه بودن سولفیدهای مس (به ویژه کالکوسیت) باشد.

دیزنیت با خاصیت ایزوتروپی گاه دارای میانبارهایی از کالکوسیت است. این امر باعث می‌شود دیزنیت، رنگ انعکاس داخلی از خود نشان دهد. در مواردی، میانبارهایی از بورنیت درون بتاکالکوسیت دیده می‌شود. این باقی‌مانده بورنیتی است که طی اکسولشن بین کالکوسیت و بورنیت در دمای بالا شکل گرفته است. گاهی نیز بتاکالکوسیت به صورت میانبار درون بورنیت و کالکوسیت دیده می‌شود

سنگ میزبان کانی‌سازی مس در این پژوهش، گدازه‌های آندزیت، آندزیت-بازالت و مواد آذرآواری (توف) است. به منظور انجام مطالعات ژئوشیمیایی گدازه‌های یاد شده، ۱۳ نمونه سنگی از محدوده ورزگک شمالی برداشت شد. نمونه‌های انتخاب شده، به روش XRF در سازمان زمین‌شناسی تجزیه شدند. به منظور نامگذاری شیمیایی سنگ‌های محدوده مورد مطالعه از نمودار (Cox et al. 1979) استفاده شد. نمودار یاد شده بر اساس نمودار مجموع آلکالی ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) در برابر سیلیس تدوین شده است. در این نمودار، بیشتر نمونه‌ها در محدوده آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت قرار گرفته‌اند (شکل ۷).

افزون‌بر اهمیت شناسایی سری ماگمایی در فهم سرگذشت ماگمای ایجادکننده سنگ‌هایی که هم‌اکنون با آنها سروکار داریم، گاه در مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی، تعیین سری ماگمایی سنگ میزبان کانی‌سازی کمک شایانی به مقایسه کانسار مورد بررسی با انواع دیگر و پیدا کردن نوع و در پایان منشأ کانی‌سازی می‌کند. در نمودار (Irvin & Baragar 1971) (شکل ۸)، که براساس درصد عناصر اصلی (مجموع درصد عناصر قلیایی در برابر سیلیس) طراحی شده است، نمونه‌های سنگی منطقه در مرز سنگ‌های قلیایی-نیمه‌قلیایی واقع شده‌اند. برای این که بتوان تعیین کرد نمونه‌ها بیشتر به چه سمتی تمایل نشان می‌دهند از نموداری استفاده می‌شود که از عناصر قابل اعتمادتر و تقریباً کم‌تحرك‌تری تشکیل شده باشند. در نمودار (Winchester & Floyd 1977)، بیشتر نمونه‌ها در مرز آلکالی‌بازالت-ساب‌آلکالی‌بازالت قرار می‌گیرند (شکل ۹). با این تفاوت که این بار نمونه‌ها کشش بیشتری به جانب جایگاه آلکالی‌بازالت نشان می‌دهند. از نظر سنگ‌نگاری، در سنگ‌های قلیایی، الیون می‌تواند هم به صورت درشت‌بلور و هم در زمینه سنگ، بدون توجه به درجه تفریق دیده شود. در واقع پایداری الیون در زمینه این سنگ‌ها خود شاهد مهمی برای شناسایی سنگ‌های قلیایی از سنگ‌های نیمه‌قلیایی به شمار می‌آید (امامی، ۱۳۷۸). بنابراین، با توجه به این موضوع و نتایج سنگ‌نگاری نمونه‌ها و وجود شواهدی از جمله دایک‌های بازیک در منطقه که ویژه محیط‌های کششی است، احتمالاً ماهیت سنگ‌های آتشفشانی منطقه قلیایی است که به احتمال زیاد در اثر دگرسانی (در مطالعات سنگ‌نگاری هم مشهود بود) و خارج شدن عناصر قلیایی از محیط، به سمت سری نیمه‌قلیایی تمایل پیدا کرده‌اند. پدیده تبلور بخشی (الیون + پیروکسن + پلاژیوکلاز) نیز می‌تواند از جمله عوامل مهم در تحول ماگمایی منطقه باشد. گفتنی است که دگرسانی نیز در تغییرات عنصری (عناصر پرتحرک) نقش مهمی داشته است. برای تعیین محیط زمین‌ساختی از نمودار (Pearce & Norry 1979) استفاده شده است. یک نمودار خوب متمایزکننده محیط زمین‌ساختی، باید با عنصری تشکیل شود که نسبت به فرایندهای ثانویه غیرحساس هستند و نیز اندازه‌گیری آنها، حتی در سطح غلظت پایین، به وسیله روش‌های تجزیه ساده و سریع، با دقت بالا امکان‌پذیر باشد (Rollinson, 1992). در نمودار یاد شده، تمامی نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار گرفته‌اند (شکل ۱۰). نظرات متفاوتی در مورد حوادث زمین‌ساختی خاور ایران و بلوک لوت وجود دارد. اما آنچه که در این پژوهش به دست آمد، جایگاه زمین‌ساختی کافت درون‌قاره‌ای را برای سنگ‌میزبان کانی‌سازی مشخص کرد. از طرفی بسیاری از صاحب‌نظران در این زمینه از جمله (Tarkian et al. 1983) کانی‌سازی‌های مس را در این بلوک به وجود شرایط کششی در ترشیری نسبت داده‌اند.

۴- کانی‌شناسی

۴-۱. کانه‌نگاری

در مقیاس صحرایی افزون‌بر کانی‌های کربناتی مس که قابل شناسایی هستند، رگچه‌های سولفیدی سیاه‌رنگی نیز دیده می‌شوند. هنگامی که این رگچه‌ها در زیر

(Wilson & Yermakov (1965) به سه نوع: اولیه، ثانویه و ثانویه دروغین تقسیم می‌شوند. سیال‌های مطالعه شده برای دما- فشارسنجی تنها از نوع میانبارهای سیال اولیه هستند (شکل ۱۸)، سیال‌های اولیه با نماد P و سیال‌های ثانویه دروغین با نماد PS نمایش داده شده‌اند).

از نظر سنگ‌نگاری ۳ نوع میانبار سیال در نمونه‌های مطالعه شده شناسایی شد. دسته‌بندی میانبارهای سیال به شرح زیر است:

نوع A) سیال‌های دوفازی مایع-گاز (Liquid rich (L+V).

نوع B) سیال‌های دوفازی گاز-مایع (Gas rich (V+L).

نوع C) سیال‌های تک‌فازی مایع (Liquid (L).

از بین این سه نوع سیال، سیال‌های نوع A فراوانی بیشتری دارند. بنابراین در مطالعات دماسنجی نیز بیشتر از سیال‌های این دسته استفاده شده است (شکل ۱۹). این نوع میانبار سیال، بیشترین فراوانی را در میان سیال‌های مطالعه شده دارد. در این نوع سیال‌ها، بیشترین حجم سیال را فاز مایع به خود اختصاص داده است و فاز گازی تنها ۱۰ تا ۳۵ درصد حجم سیال را اشغال کرده است. در این گونه سیال‌ها، همگن‌شدگی به فاز مایع اتفاق می‌افتد. در سیال‌هایی که درجه پرشدگی بیشتر از ۴۵ درصد باشد، همگن‌شدن به فاز مایع صورت می‌گیرد. در این میانبارهای سیال، فاز جامد (نمک) حضور ندارد. میزان شوری در این نوع متغیر و ۲ تا ۶ درصد وزنی نمک طعام (NaCl) است.

۴-۲. مطالعات سرمايش - گرمایش

معمولاً مطالعات سرمايش پيش از گرمایش انجام می‌شود، به این علت که در هنگام عمل گرمایش، ممکن است سیال‌های پیرامون از بین بروند. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌ها، میزان Tm از ۵/۸ تا ۱/۳ متغیر است. بنابراین در نمونه‌های مطالعه شده، درجه شوری میانبارهای سیال از ۲/۶۳ تا ۹/۱۳ درصد وزنی نمک طعام تغییر می‌کند. به طور متوسط بیشترین میزان شوری در محدوده‌های ۴/۱۳ تا ۴/۳۶ و ۵/۱۳ تا ۵/۶۳ درصد وزنی نمک طعام است که به صورت نمودار ستونی در شکل ۲۰ آمده است. به کمک روش دماسنجی می‌توان کمترین درجه حرارت تشکیل کانی‌ها را تعیین کرد به طوری که اگر سیال حرارت داده شود تمام فازهای آن اعم از فاز جامد، مایع و گاز همگن می‌شود که این امر گویای کمترین درجه حرارت تشکیل میانبار سیال و به عبارت دیگر کمترین دمای تشکیل کانی است. در نمونه‌های مطالعه شده همگن‌شدگی میانبارهای سیال دو فاز با تبدیل بخار به مایع صورت گرفته است و در نمونه دارای بخار بالا، با تبدیل مایع به بخار همگن‌شدگی ثبت شده است. دمای همگن‌شدگی گروه‌های دمایی از ۱۳۰ تا ۳۹۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است. بیشترین فراوانی دمای همگن‌شدگی مربوط به محدوده دمایی ۲۳۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۲۱). با توجه به دمای همگن‌شدگی، می‌توان فشار و ژرفای تشکیل سیال‌ها را مشخص کرد (شکل ۲۲). این شکل روند تشکیل سیال‌ها از ژرفای ۵۰۰ متری و فشاری در حدود ۱۲۰ بار، تا سطح زمین را نشان می‌دهد.

۴-۶. تعیین نوع کانه‌زایی

تمامی ویژگی‌هایی که در مورد کانسار مس ورزگ در بخش‌های بالا بیان شد، موجب شد که به منظور مقایسه و تعیین نوع کانه‌زایی و مدل زایشی ذخیره مس ورزگ، به مطالعه و مقایسه کانسارهایی پرداخته شود که در سنگ‌های آتشفشانی تشکیل شده‌اند. از مقایسه با ذخایر سولفید توده‌ای پرهیز می‌شود، چون نه از نظر پارائز کانیایی و نه از نظر بافت‌شناسی نقاط مشترک بین کانسار مس ورزگ و کانسارهای سولفید توده‌ای دیده نمی‌شود. بدین منظور، با توجه به شواهد بیان شده در مورد کانسار ورزگ، کانی‌سازی در این کانسار با سه نوع کانسار مقایسه می‌شود:

۱) کانسارهای مس نوع میشیگان

۲) کانسارهای مس در طبقات سرخ آتشفشانی (VOLCANIC REDBED Cu)

۳) کانسارهای مس نوع مانتو

(شکل‌های ۱۲- ز و ه). در مطالعات میکروسکوپی فازهای اسفنج‌مانندی با برجستگی بالا درون کالکوسیت‌آبی و بتاکالکوسیت شناسایی شد. این فازها، کانی‌های اکسیدی مس به نام کوپریت و تنوریت بودند (شکل‌های ۱۲- ه و و). در نور PPL، شناسایی این کانی‌ها کار آسانی نبود، چون درون کالکوسیت و تقریباً به همان رنگ کالکوسیت‌ها بودند. در حالی که در نور XPL، رنگ انعکاس داخلی قرمز رنگ مشخصی را نشان می‌دهند. کوپریت انیزوتروپی را به بهترین وجه در هوا نشان می‌دهد، در حالی که، این خاصیت در روغن، انعکاس نمی‌یابد. این یک خاصیت غیرعادی است و در حالتی پیش می‌آید که کانی شکل کوپیک داشته باشد (ملک‌قاسمی، ۱۳۷۸). همان‌گونه که در لابه‌لای توصیف‌های کانه‌نگاری اشاره شد، بافت‌هایی که در این مطالعه دیده شدند شامل بافت رگه-رگچه، بافت افشان، بافت پرکننده فضاهای باز (آمیگدال‌ها) و به صورت ادخال درون درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز هستند. تقریباً سه بافت اول در تصاویر ارائه شده در بخش کانه‌نگاری دیده می‌شود. بافت آخر یعنی بافت ادخال، در نمونه دستی کانی سولفیدی مس قابل شناسایی است (شکل ۱۵).

۴-۲. تجزیه کانی‌شناسی (XRD)

میزان عیار عنصر نقره در نتایج تجزیه ۴۴ عنصری ICP-MS بالا بود، بنابراین انتظار می‌رفت در مطالعات میکروسکوپی کانی مستقلی از نقره شناسایی شود که این چنین نبود و کانی نقره‌ای دیده نشد. با توجه به این موضوع که امکان تجزیه میکروپروب نبود، تصمیم گرفته شد به منظور شناسایی کانی‌های احتمالی نقره، از نتایج آزمایشگاه کانی‌شناسی (XRD) استفاده شود. بنابراین به منظور شناسایی کانی‌های احتمالی نقره که در مطالعات میکروسکوپی از دیده دور مانده بودند، چند نمونه که صرفاً از ماده معدنی برداشت شده بودند و عیار بالایی از مس و نقره داشتند (جدول ۱)، در آزمایشگاه کانی‌شناسی (XRD) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تجزیه شد. در پایان هیچ‌گونه کانی نقره‌ای شناسایی نشد.

با توجه به این مطلب که عنصر نقره همبستگی خوبی با عنصر مس نشان می‌دهد (شکل ۱۶، محور افقی نمونه‌ها و محور قائم عیار عناصر نقره و مس را به صورت لگاریتمی برحسب ppm نشان می‌دهد) و همچنین با توجه به آگاهی از این مطلب که نقره به خوبی در شبکه کانی‌های مس از جمله کالکوسیت و کوولیت جایگزین می‌شود، انتظار می‌رود، نقره در شبکه کانی‌های مس قرار گرفته باشد. به دو دلیل می‌توان اظهار کرد که کانی کالکوسیت، همان کانی مس مورد نظر است. دلیل اول این است که کانی کالکوسیت در این مطالعه، فراوان‌ترین کانی مس است و برای دلیل دوم می‌توان به مطلبی که در بخش کانه‌نگاری بیان شد، اشاره کرد که در تمامی انواع کالکوسیت، عنصر مس ممکن است با مقداری نقره، بویژه در انواع حرارت بالا جانشین شود (Ramdohr, 1980).

۵- مطالعات دما و فشارسنجی (ترمومتری) میانبارهای سیال

۵-۱. سنگ‌نگاری

همراه رگه-رگچه‌های کانی‌های سولفیدی مس، رگچه‌های کوارتزی دیده می‌شوند که به نظر می‌رسد از نظر منشأ و زمان تشکیل با کانی‌های سولفیدی مس دارای ارتباط تنگاتنگی باشند. بنابراین به منظور مطالعه میانبارهای سیال‌های به دام افتاده در کانی کوارتز مورد استفاده قرار گرفتند. رگه-رگچه‌های کوارتز در بخش‌هایی که رگچه‌های سولفیدی بیشتری دیده می‌شوند، بیشترند. در نمونه‌برداری تلاش شد، نقاطی انتخاب شود که کوارتز بیشترین نزدیکی و ارتباط را با کانی‌های سولفیدی و درون‌زاد مس داشته باشد. در واقع قطعات سنگی انتخاب شدند که در آنها، رگچه‌های سولفید مس (بیشتر کانی کالکوسیت) با کوارتز سرشته شده‌اند (شکل ۱۷). ویژگی نمونه‌های انتخاب شده در جدول ۲ آمده است.

از نظر منشأ، میانبارهای سیال مطالعه شده در مقاطع بر اساس تقسیم‌بندی

۶-۱. کانسارهای مس نیپ میشیگان

Guilbert & Park (1986) از دو نوع کانسارهای مس آندزیتی-بازالتی و کانسارهای مس آندزیتی نام برده‌اند.

کانسارهای نوع کویناوی که به کانسارهای مس نوع میشیگان نیز معروفند و در شبه جزیره کویناوی (میشیگان شمالی) یافت می‌شوند، در گروه کانسارهای مس آندزیتی-بازالتی مس قرار می‌گیرند. در این کانسارها مس طبیعی کانه اصلی است و به طور فرعی، کانه‌های کالکوسیت و دیژنیت نیز حضور دارند که در هر دو نسبت فلز به گوگرد بالا است. مس طبیعی در این گونه کانسارها همراه با نقره است که این موضوع نیز نشانگر پایین بودن فشار بخشی گوگرد است. کانی‌سازی درون سنگ‌های بازالتی با ماهیت تولییتی بادامکی و نیز در زمینه لایه‌های کنگلومرای بین‌لایه‌ای صورت گرفته است.

کانسارهای آندزیتی، رگه-رگچه‌ها و حباب‌گونه‌های حاصل از آکندگی حفره‌ها و افشاندگی‌هایی از مس و نقره آزاد، کالکوسیت، بورنیت و اندکی کالکوپیریت در سنگ‌های آتشفشانی کلسیمی-قلیایی مزوزوییک میانه تا پلیوسن در کردیلرای آمریکا هستند. انباشت‌های اقتصادی این نوع کانسنگ تاکنون در شیلی و بولیوی (در کوروکورو) دیده شده‌اند. این کانسارهای مانتویی مس عموماً ده‌ها متر ستبرا و تا چند کیلومتر در امتداد راستای خود گسترش دارند.

پرطرفدارترین انگاره در مورد زایش کانه‌سازی نوع میشیگان، نظریه دیرزاد (ایپی ژنتیک) بودن این گونه ذخایر است. طبق این نظریه در اثر دگرگونی درجه پایین (در حد رخساره پرنیت-پومپله‌ایت)، عنصر مس موجود در درون شبکه سیلیکات‌ها، آزاد و سپس توسط محلول‌های گرمایی به بخش‌های بالایی حمل شده است. در همین زمان در محیط بدون گوگرد، مس به صورت طبیعی نهشته شده است.

۶-۲. کانسارهای نوع مس در طبقات سرخ آتشفشانی

این گونه کانی‌سازی مس به‌طور معمول از زمان پروتروزوییک تا تشریری رخ داده است. سنگ‌میزبان کانی‌سازی شامل گدازه‌های مافیک تا فلسیک به‌ویژه گدازه‌های بازالتی بادامکی (Amygdaloidal)، توف، برش و سنگ‌های رسوبی وابسته از جمله کنگلومرا، ماسه‌سنگ و غیره است. سنگ‌های آتشفشانی از نظر ترکیب، طیفی از بازالت تا ریولیت را پوشش می‌دهند. برخی نهشته‌ها ساختار تخت دارند، برخی به صورت پهنه‌های چینه‌کران (Stratabound) هستند و بقیه توسط ساختارها و چینه‌شناسی متقاطع کنترل می‌شوند. محصول فرعی همراه مس در این نوع ذخایر، نقره است. کانی‌های اصلی مس شامل کالکوسیت، بورنیت و مس طبیعی است. کانی‌سازی به صورت پراکنده، رگه‌ای، پراکنده بادامک‌ها و شکستگی‌ها رخ داده است. چنین نهشته‌هایی به‌طور معمول در جایگاه‌های زمین‌ساختی کافت‌های درون قاره‌ای همراه با توالی‌های بازالت سیلابی سطحی (در تماس با هوای آزاد) و نزدیک حاشیه صفحات به همراه جزایر و آتشفشان‌های کمان قاره‌ای یافت می‌شوند. جایگاه‌های آتشفشانی قاره‌ای تا دریایی کم‌ژرفا در عرض‌های پایین تا متوسط و محیط‌های خشک تا نیمه‌خشک مخصوص این گونه ذخایر است. کانی‌های باطله شامل هماتیت، مگنتیت، کلسیت، کوارتز، اپیدوت، کلریت و زئولیت هستند (Cabral & Beaudoin, 2007).

در مدل کنونی Volcanic red-bed copper، همان گونه که در بالا گفته شد فعالیت آتشفشانی باید سطحی باشد، یا دست کم بخش بیشتری از کومه آتشفشانی برای مدتی در تماس با هوای آزاد باشد تا بتواند اکسایش گدازه‌های آتشفشانی را توجیه کند. بررسی‌های (Cabral & Beaudoin 2006) بر روی پهنه Mont Alexandria, Canada نشان داد که در مورد مدل زایشی کانسارهای نوع Volcanic red-bed copper باید تجدید نظر شود. آنها در این نوشتار اشاره می‌کنند که نه تنها جایگاه‌های بازالتی سطحی برای این گونه نهشته‌ها مناسب‌اند، بلکه بازالت‌های زیردریایی اکسیده شده توسط آب‌های دریایی گرم نیز جایگاه

مناسبی برای آنها هستند. آب ژرفایی می‌تواند نقش یکسانی مانند آب‌زیرزمینی در محیط‌های قاره‌ای، برای شستشو و حمل و نقل مس از بازالت‌ها در طول اسپیلیتی شدن ایفا کند. هر چند که چندین مطالعه روی تعیین سنگ منشأ سنگ‌های آتشفشانی همین منطقه متمرکز شده، اما هیچ‌گونه اشاره‌ای به اسپیلیتی شدن آنها نشده است. در این پژوهش که بر روی سینه کار معدن انجام گرفته، مشخص شده که سنگ‌ها اسپیلیتی شدند و نسبت به عنصر تالم غنی شدگی نشان می‌دادند.

۶-۳. کانسارهای مس نوع مانتو

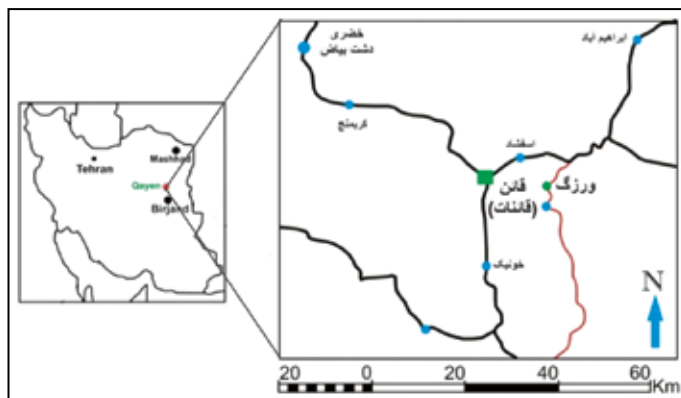
کانسارهای مس نوع مانتو از گونه کانسارهای چینه‌کران با میزبان گدازه‌های آتشفشانی غنی از سیال‌های فرار هستند. شناخته‌شده‌ترین کانسار نوع مانتو کانسار بوئنااسپرانزا در شمال شیلی است، که خود به سه زیرگونه بوئنااسپرانزا (Buena Esperanza)، مانتوبلانکو (Manto sub-type) و کارولینا (Carolina de Michilla sub-type) تقسیم شده است (Sergio Espinoza et al., 1994). این کانسارها نتیجه فرایند جایگزینی گرمایی در آندزیت‌ها و گاهی ریولیت‌ها هستند. کانسارهای نوع مانتو به گروهی از کانسارها گفته می‌شود که معمولاً چینه‌کران و منطبق با لایه‌بندی و یا درون طبقات یا گدازه‌ها هستند. کانی‌های اصلی مس، کالکوسیت و بورنیت هستند. سنگ میزبان در این ذخایر، گدازه‌های بازالتی و آندزیتی است. کانی‌سازی در این گروه، عموماً در لایه‌های آتشفشانی روی می‌دهد که با دایک، نفوذی تنوره‌ای و سیل دارای ترکیب گابرودیوریت همراه هستند و برخلاف دیگر انواع کانسارها، نبود یا کم بودن پدیده‌های گرمایی سنگ میزبان از وجوه آشکار آنهاست. معمولاً بسته به شرایط رخنمون، درجات متفاوتی از اکسایش در آنها رخ می‌دهد که کانی‌های حاصل از هوازدگی شامل آتاکامیت و به مقدار کمتر آنتلریت، مالاکیت و کریزوکولا، کوپریت و مس فلزی هستند.

۷- نتیجه‌گیری

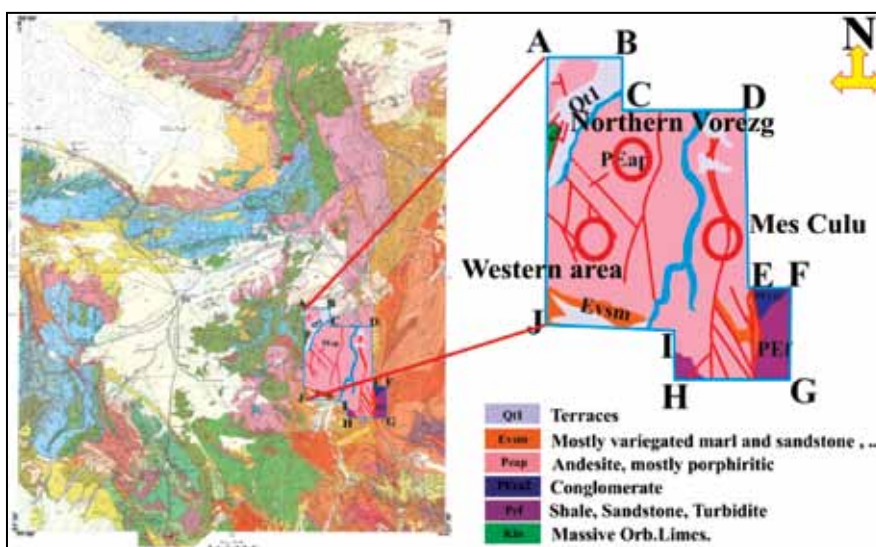
در مورد اندیس‌های موجود در محدوده این برگه و نیز کانسار ورزگک تا پیش از این مطالعه خاصی صورت نگرفته است. شاید بتوان اولیه بودن کالکوسیت را در منطقه عباس‌آباد، به این منطقه نیز تعمیم داد. نتایج مقایسه کانسار ورزگک با کانسارهای مشابه در ایران و دیگر نقاط جهان در جدول‌های ۴ و ۵ در بخش پایانی مقاله آمده است. هرگاه صحبت از کانی‌شناسی طبیعی در پاراژنز کانیایی کانساری می‌شود، بی‌درنگ کانسارهای مس نوع میشیگان شبه‌جزیره کویناوی آمریکا به ذهن می‌آید. ویژگی‌های کانی‌شناسی، بافتی و سنگ‌میزبان کانی‌سازی در کانسار مس ورزگک که در سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت تا آندزیت-بازالت رخ داده است و مشخصه ژئوشیمی آن، یعنی بالا بودن مقادیر مس-نقره و در کل، مرور این ویژگی‌ها، بی‌درنگ ذخایر نوع میشیگان شبه‌جزیره کویناوی آمریکا را به خاطر می‌آورد. اما با مطالعه بیشتر تفاوت‌های بین آن دو آشکار می‌شود. کانه مس طبیعی در اثر فرایندهای برون‌زاد، در تمامی کانسارهای مس می‌تواند تشکیل شود. در این گونه موارد مقدار کانه مس طبیعی تشکیل شده کم است. چرا که فرایندهای برون‌زاد معمولاً تا حدی پیش نمی‌روند که بتوانند تمامی کانه‌های ژرفازاد (هیپوزن) را به کانی‌های ثانویه مانند مس عنصری تبدیل کند. در حالی که در کانسار میشیگان، کانه اصلی، مس طبیعی است و اندازه تکه‌های مس آزاد گاه به بیش از ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد. بنابراین در پاراژنز کانیایی کانسار میشیگان، مس طبیعی بیشترین سهم را دارد، در حالی که در کانسار ورزگک، کانی‌های سولفیدی مس و بیشتر کالکوسیت حضور دارند. تفاوت آشکار دیگری که بین این دو کانسار وجود دارد، تفاوت در مورد سنگ میزبان کانسار میشیگان و ورزگک است. در کانسار میشیگان سنگ میزبان تا حد رخساره پرنیت-پومپله‌ایت دچار دگرگونی شده است. در حالی که در کانسار ورزگک، آثاری از دگرگونی دیده

نتایج حاصل از مقایسه کانسار ورزگ با کانسارهای مشابه بیان شده این است که کانه سازی مس ورزگ بیشترین شباهت را در ایران با کانسار مس عباس آباد شاهرود و در دنیا با گونه کانسارهای نوع مانتو و کانسارهای مس در طبقات سرخ آتشفشانی (Volcanic redbed copper) دارد. (Lefebure & Church 1996) کانسارهای مس نوع مانتو را مترادف (Synonym) می خوانند. به نظر می رسد که تمامی این کانسارها به یک نوع تعلق دارند و در مکان های مختلف اسامی گوناگونی به آنها داده شده است. بنابراین کانسار ورزگ نیز در این گروه نام گذاری می شود.

نمی شود. این تفاوت شاید در ظاهر و در نگاه اول چندان مهم به نظر نرسد، اما با نگاه ژرف تر به موضوع اختلاف در مدل زایشی این دو ذخیره نمایان می شود. در مورد کانسار میشیگان، اتفاق نظر نسبی وجود دارد که عامل به وجود آورنده کانی سازی، همان دگرگونی بوده است. در نتیجه کانی سازی مس به صورت اپی ژنتیک رخ داده است. اما در مورد کانسار ورزگ، دست کم این موضوع روشن است که سنگ میزبان دچار دگرگونی نشده است. بنابراین به همان آسانی که از اپی ژنتیک بودن کانی سازی در میشیگان صحبت می شود، در مورد کانسار ورزگ نمی توان بحث کرد.



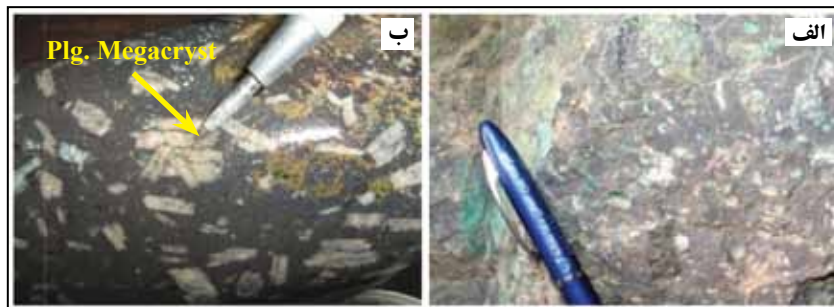
شکل ۱- موقعیت قائن در نقشه ایران و راه های دسترسی به محدوده مورد پژوهش (ورزگ)



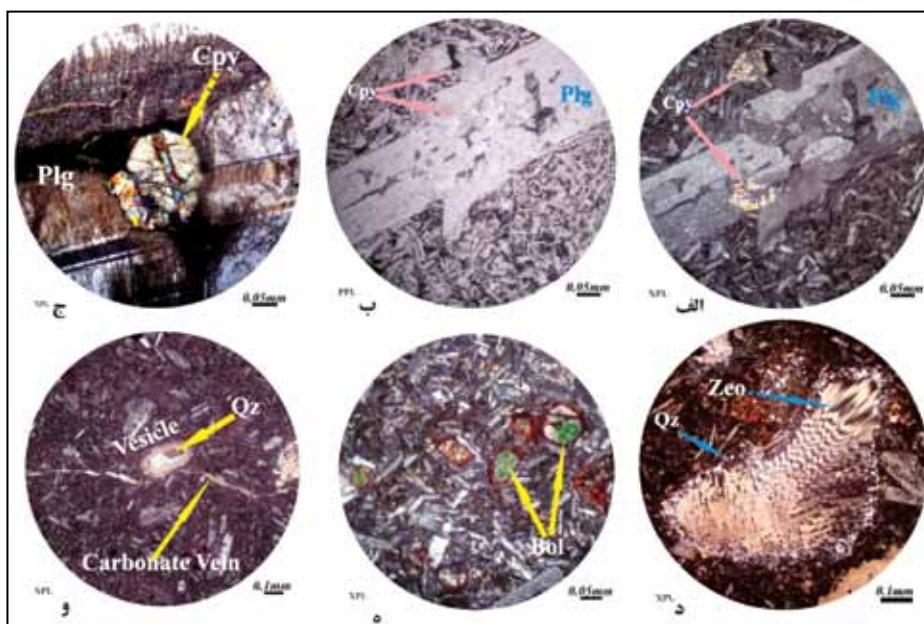
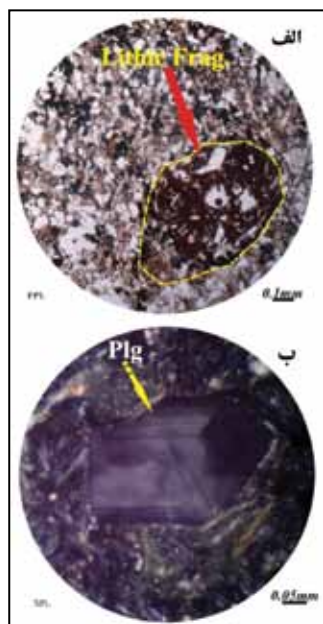
شکل ۲- موقعیت سه اندیس بیان شده بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قائن



شکل ۴- نمایی از توف دارای لایه بندی

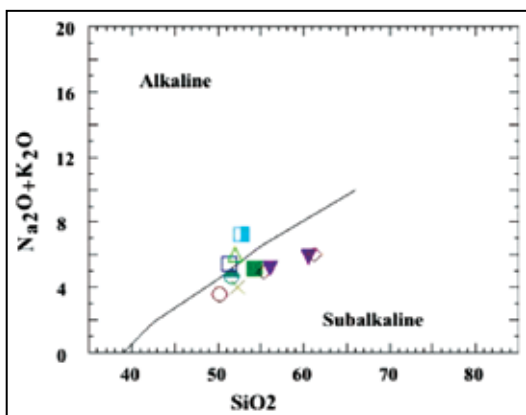


شکل ۳- الف) بافت آمیگدالوئیدال در رخنمون (ب) درشت بلورهای پلاژیوکلاز در نمونه حاصل از گمانه

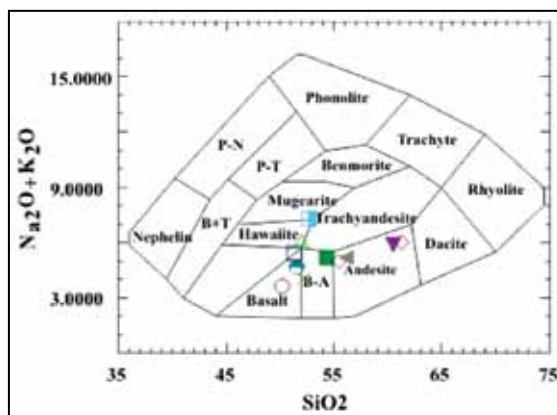


شکل ۶- کانی‌ها و بافت‌های دیده شده در شماری از نمونه‌های توف

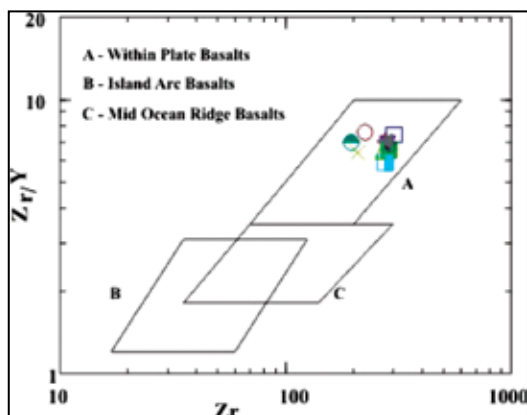
شکل ۵- کانی‌ها و بافت‌های دیده شده در شماری از نمونه‌های آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت



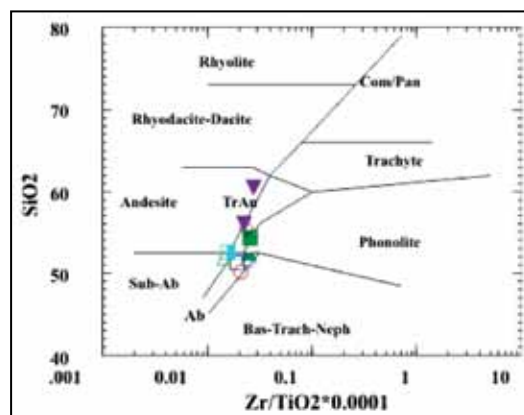
شکل ۸- موقعیت نمونه‌های مورد بررسی بر روی نمودار سیلیس در برابر مجموع قلیایی (Irvine & Baragar, 1971).



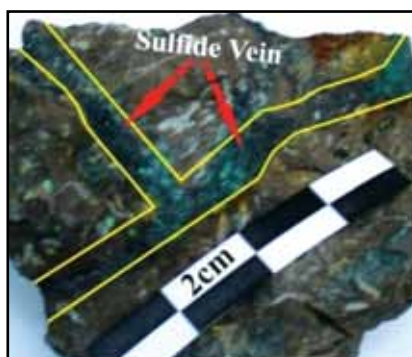
شکل ۷- موقعیت نمونه‌های مورد بررسی بر روی نمودار مجموع درصد وزنی قلیایی در برابر درصد وزنی سیلیس (Cox et al., 1979).



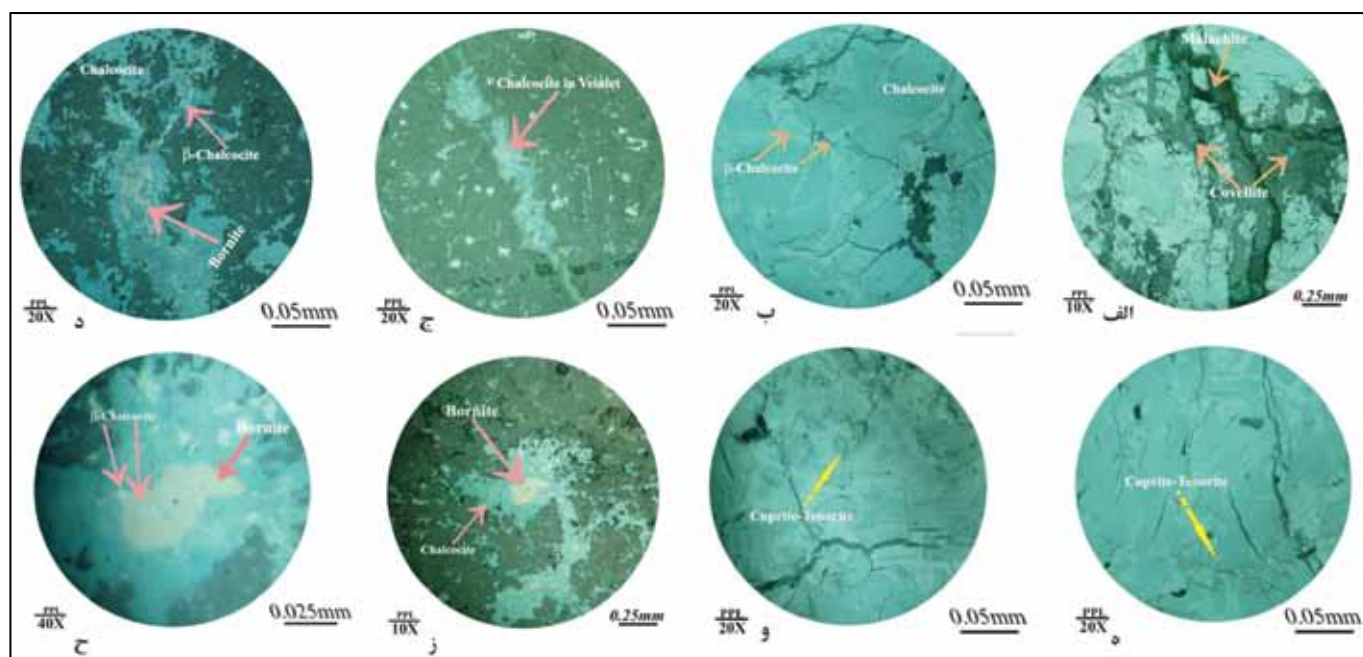
شکل ۱۰- نمودار تعیین موقعیت زمین‌ساختی (Pearce & Norry, 1979).



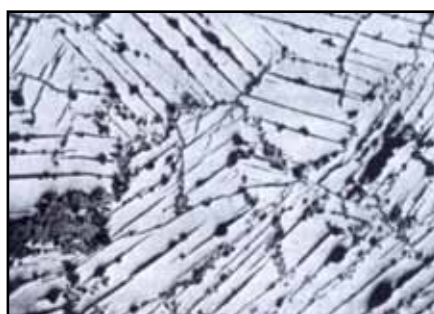
شکل ۹- موقعیت نمونه‌های مورد بررسی بر روی نمودار Winchester & Floyd (1977).



شکل ۱۱- تصویری از رگچه های سولفیدی در نمونه دستی، برداشت شده از رخنمون دارای کانی سازی



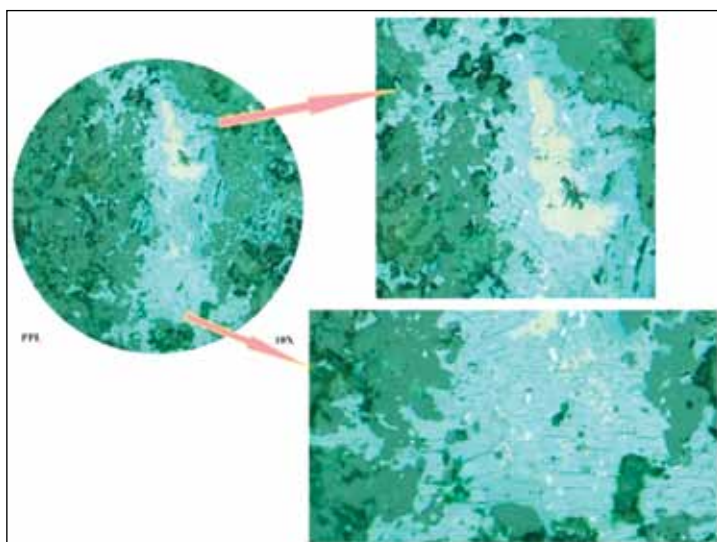
شکل ۱۲ - تصویری از کانه ها و بافت های شناسایی شده از نمونه های ورزگ



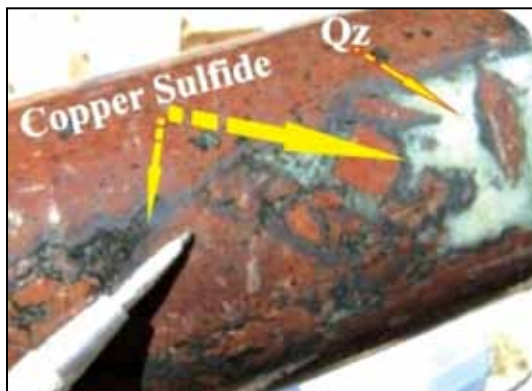
شکل ۱۳- تصویری از دانه های درشت کالکوسیت دارای رخ (کلیواژ) که مالاکیت در طول رخ ها رشد یافته است (Romdohr, 1980).



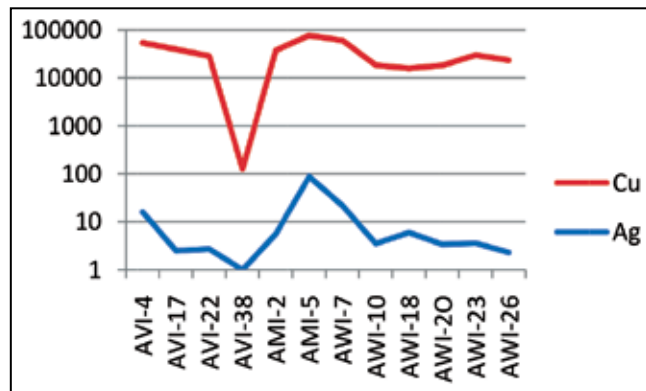
شکل ۱۵- تصویری از کانه سولفیدی مس درون درشت‌بلور پلاژیوکلاز به صورت بافت ادخال (عکس از مغزه)



شکل ۱۴- تصویری از دانه‌های درشت کالکوسیت دارای رخ که مالاکت در رخ‌ها رشد یافته است (کانسار ورزگ)



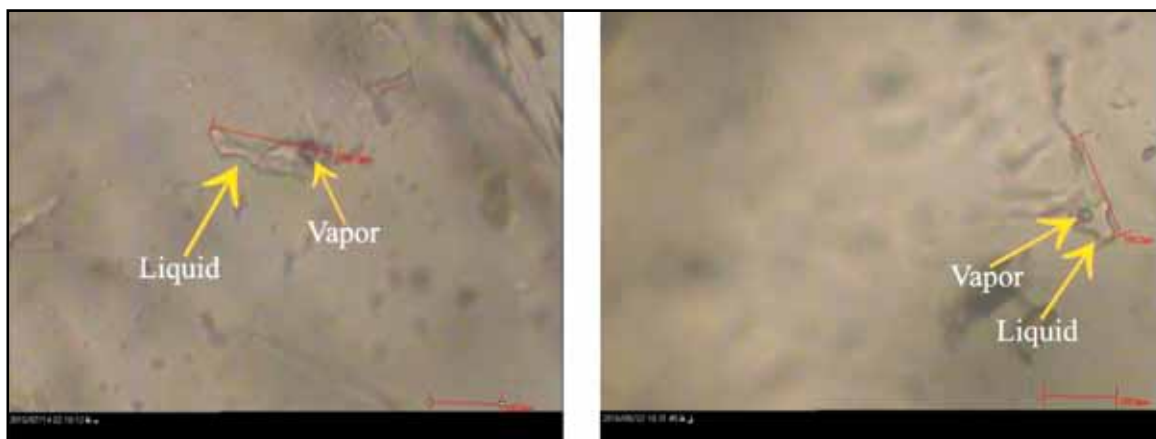
شکل ۱۷- تصویری از نمونه دستی انتخاب شده برای تهیه مقاطع دوبر صیقل (Double-Polished Thin Section).



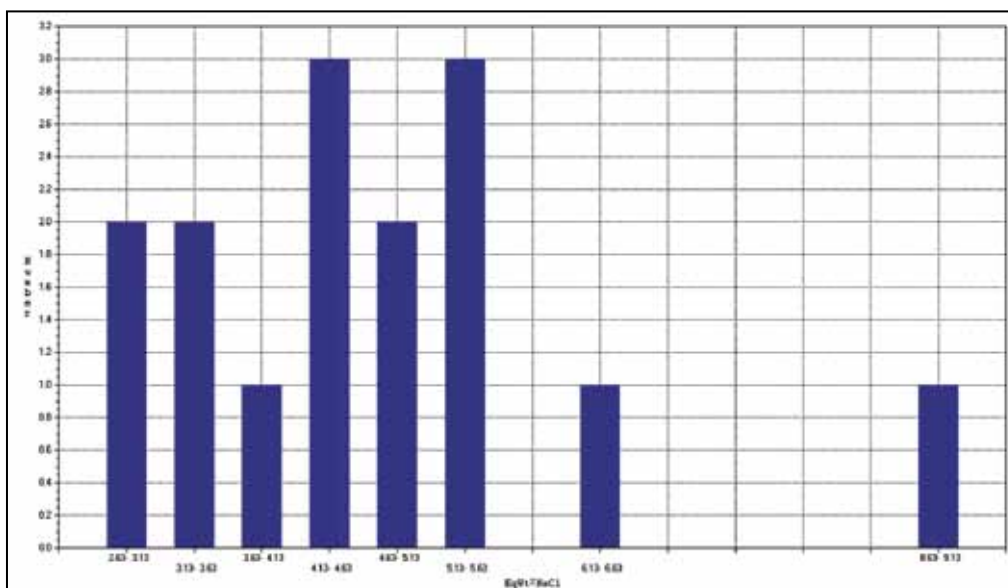
شکل ۱۶- نمودار همبستگی بین عناصر مس و نقره در چند نمونه سطحی کانی‌سازی شده



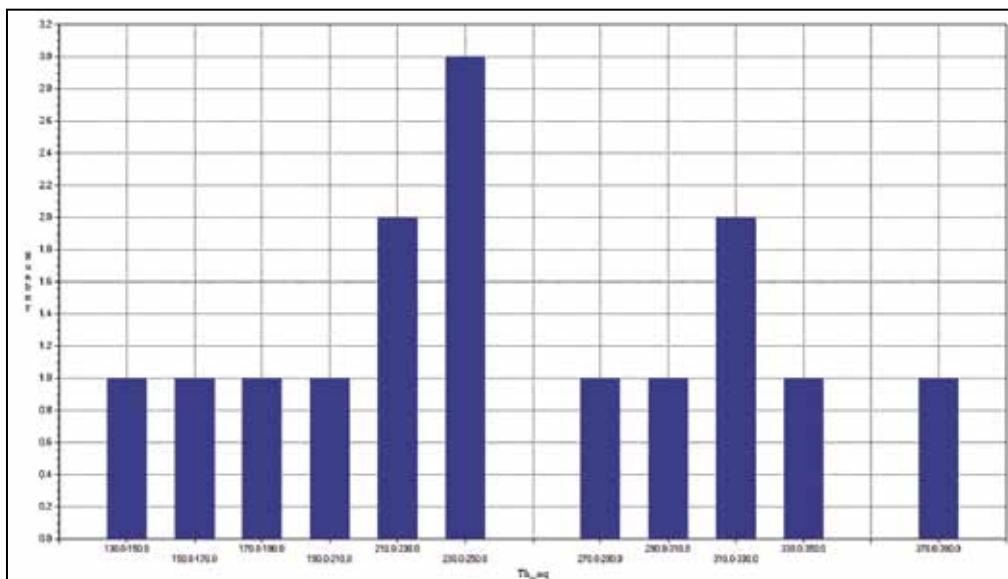
شکل ۱۸- تصویری از سیال‌های اولیه و ثانویه کاذب



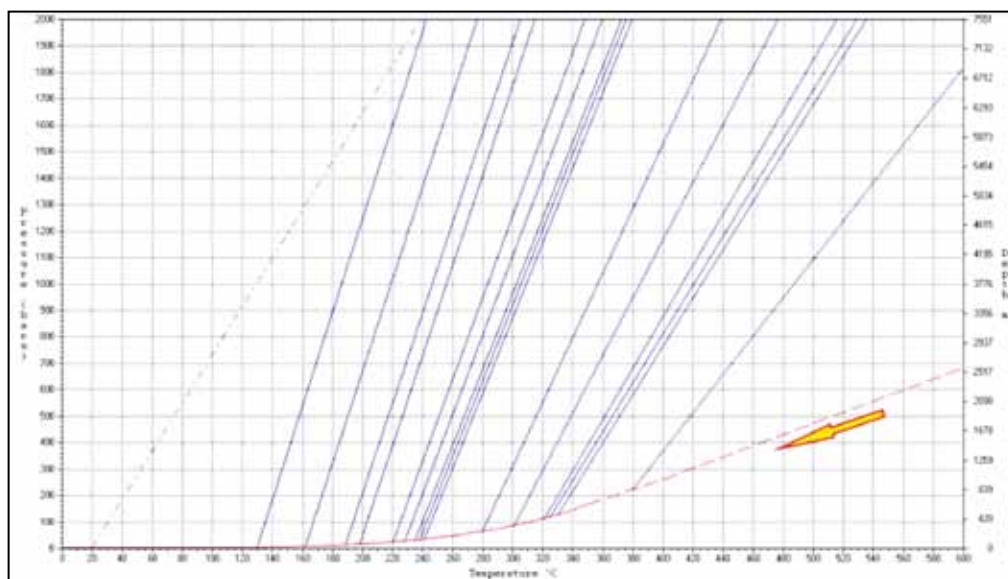
شکل ۱۹- تصویری از سیال‌های نوع A (دوفازی غنی از مایع)



شکل ۲۰- نمودار ستونی فراوانی درصد شوری نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۲۱- نمودار مربوط به دمای همگن شدگی نمونه‌های مطالعه شده



شکل ۲۲- نمودار فشار- دما- ژرفا که در آن روند حرکتی سیال از ژرفا به سطح را (جهت فلش) می‌توان دید (Shepherd et al., 1985).

جدول ۱- توالی پاراژنری کانه‌های مس کانسار ورزگ

جدول ۲- نتایج تجزیه عنصری مس و نقره در چند نمونه سطحی کانی‌سازی شده

Sample. ID	Ag(ppm)	Cu(ppm)
AWI-26	2.3	23519.5
AVI-17	2.5	39913.5
AVI-22	2.7	28552.3
AWI-20	3.4	18333.7
AWI-10	3.5	18423.6
AWI-23	3.6	30007.3
AMI-2	5.6	37643.4
AWI-18	6	15816.6
AVI-4	16	54098.9
AWI-7	21.8	60822.6
AMI-5	87.8	76973
AVI-38	...	126.6

Minerals	Early \longleftrightarrow Late Mineralisation	
	Hypogene	Supergene
Chalcopyrite	████████	
Bornite	██████████	
Blue chalcocite	██████████████	
β -Chalcocite	██████████	
Covellite	██████████	
Cuprite-Tenorite		████████
Native Copper		████████
Malachite		██████████████
Azurite		████████

جدول ۳- نمونه‌های انتخاب شده برای مطالعه میانبارهای سیال و ویژگی‌های آنها

CHARACTERISTIC SAMPLE	BOREHOLE	BOX.NO	DEPTH(m)
1	6	4	16
2	6	4	17.45
3	7	2	6.10
4	7	3	12
5	Surface Sample	...	...

جدول ۴- مقایسه ویژگی‌های کانسار مس ورزگ با انواع مشابه در دیگر نقاط جهان

MICHIGAN TYPE	VOLCANIC REDBED Cu	MANTO TYPE	ورزگ	کانسار ویژگی‌ها
جزیره کویناو، ایالات متحده (کانسارمیشیگان)	کانادا (کانسار مانت الکساندرا)	شیلی (کانسار یوناسپرانزا)	ایران (کانسار ورزگ)	موقعیت
بازالت آمیگدالوئیدال با میان‌لایه‌های کنگلومرای	گدازه‌های آتشفشانی مافیک تا فلسیک، توف و سنگ‌های رسوبی وابسته	گدازه‌های بازالتی و آندزیتی	آندزیت تا آندزیت- بازالت آمیگدالوئیدال	سنگ میزبان
سری تولیتی (نیمه‌قلیایی)	...	...	سری قلیایی	سری ماگمایی
...	آتشفشانی قاره‌ای تا زیردریایی کم‌ژرفا	آتشفشانی نیمه‌قاره‌ای	دریایی کم‌ژرفا تا قاره‌ای	جایگاه زمین‌شناختی
...	کافت درون‌قاره‌ای و نزدیک به حواشی صفحات	...	کافت درون قاره‌ای	جایگاه زمین‌ساختی
مس طبیعی، کوپریت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکولا، نقره طبیعی، کالکوسیت و دیژنیت	کالکوسیت، بورنیت، مس طبیعی، دیژنیت و کولیت	کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، کوپریت، مس طبیعی، مالاکیت و کریزوکولا	کالکوسیت، دیژنیت، کولیت، بورنیت، مس طبیعی و کمی کالکوپیریت	پاراژنز کانیایی
نقره	نقره	نقره	نقره	محصول فرعی
افشان و پرکننده فضای خالی	پراکنده، پرکننده فضاها، باز، رگه-رگچه‌ای	رگه‌ای و پرکننده فضاها، باز	رگه-رگچه‌ای، پرکننده بادامک‌ها، پراکنده	بافت ماده معدنی
...	کلسیت، زئولیت، اپیدوت، کلریت، آلپیت	کلریت، آلپیت، کوارتز، اپیدوت	کربنات، کوارتز، کلریت، زئولیت	محصولات دگرسانی
پالئوزویک	پروتروزویک تا ترشیری	ژوراسیک	ترشیری	سن کانه‌زایی
Cornwall (1956)	Lefebure & Church (1996) Cabral & Beaudoin (2007)	Sillitoe (1997)	علی‌زاده (۱۳۸۹)	منابع

جدول ۵- مقایسه ویژگی‌های کانسار مس ورزگ با انواع مشابه در ایران

اندیس معدنی مس قبله بولاغ	اندیس معدنی مس دارهند	عباس‌آباد	ورزگ	کانسار ویژگی‌ها
۶۵ کیلومتری جنوب خاور زنجان	۴/۵ کیلومتری نطنز	شاهرود	۱۵ کیلومتری خاور قاین	موقعیت
بازالت آمیگدالوئیدال	بازالت آمیگدالوئیدال	آندزیت تا آندزیت-بازالت پورفیری	آندزیت تا آندزیت-بازالت آمیگدالوئیدال	سنگ میزبان
...	...	قلیایی تا نیمه‌قلیایی	قلیایی	سری ماگمایی
...	...	...	دریایی کم‌ژرفا تا قاره‌ای	جایگاه زمین‌شناختی
...	...	کافت درون قاره‌ای	کافت درون قاره‌ای	جایگاه زمین‌ساختی
مس طبیعی، تنوریت، مالاکیت، آزوریت، کریزوکولا، مگنتیت، هماتیت، پیریت	مس طبیعی، کوپریت، تنوریت، مالاکیت و اندکی پیریت	کالکوسیت، دژنیت، بورنیت، کولیت، مس طبیعی، مالاکیت و آزوریت	کالکوسیت، دیژنیت، کولیت، بورنیت، مس طبیعی، کالکوپیریت	پاراژنز کانیایی
نقره	نقره	نقره	نقره	محصول فرعی
افشان و پرکننده فضای خالی	رگه‌ای	...	رگه-رگچه‌ای، پرکننده بادامک‌ها، دانه پراکنده	بافت ماده معدنی
اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت و ...	...	...	کربنات، کوارتز، کلریت، زئولیت	محصولات دگرسانی
اٹوسن	اٹوسن میانی- بالایی	تراز پایانی آتشفشانی اٹوسن	پالئوسن- اٹوسن	سن کانه‌زایی
بهبادی (۱۳۷۳)	نظافتی (۱۳۷۹)	سامانی (۱۳۸۱)	علی‌زاده (۱۳۸۹)	منابع

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امامی، م.، ۱۳۷۸- جزوه‌های درسی سنگ‌شناسی آذرین ۱ و ۲ (پژوهشکده علوم زمین)
- بهزادی، م.، ۱۳۷۳- بررسی زمین شناسی اقتصادی اندیس مس قبله بولاغ واقع در منطقه طارم سفلی- استان زنجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی
- سامانی، ب.، ۱۳۸۱- متالوژی کانسارهای مس نوع مانتو در ایران، انجمن زمین شناسی ایران
- علی‌زاده، و.، ۱۳۸۹- ژئوشیمی، پترولوژی، کانی شناسی و ژئوس مس منطقه جنوب شرق قائن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ملک‌قاسمی، ف.، ۱۳۷۸- اصول مینرالوگرافی، انتشارات دانشگاه تبریز، ۳۴۰ص
- نظافتی، ن.، ۱۳۷۹- زمین شناسی اقتصادی پتانسیل‌های فلزی منطقه نطنز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

References

- Bazin, D. & Hubner, H., 1969 – Copper deposits in Iran , Report No. 13, GSI.
- Cabral, A. R. & Beaudoin, G., 2007– Volcanic red-bed copper mineralization related to submarine basalt alteration, Mont Alexandra, Quebec Appalachina.
- Cox, K. G., Bell, J. D. & Pankhurst, R. G., 1979- The interpretation of igneous rocks. George , Allen and Unwin, London.
- Guilbert, J. M. & Park, Jr. C. F., 1997- The Geology of ore deposits. 884 page. Freeman and Company.
- Irvin, T. N. & Baragar, W. R. A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks.
- Lefebure, D. V. & Church, B. N., 1996- Volcanic Redbed Cu, in selected British Colombia Mineral Deposit Profiles.
- Pearce, J. A. & Norry, M. J., 1979- Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol. , 69, 33–47.
- Ramdohr, P., 1980- The ore mineral and their intergroths. 1207 Page. Pergamon, Oxford, England.
- Rollinson, H. R., 1993- Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation. Penguin Press. 209 page.
- Sergio Espinoza, R., Hector Veliz, G., Justo Esquivel, L., Jaime Arias, F. & Aldo Mroago, B., 1994- The Cupriferous Province of the Costal Range , Northern Chile, Manuscript, 16P.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H. & Alderton, D. H. M., 1985– A practical guide to fluid inclusion studies. Blackie, London.
- Sillitoe, R. H., 1977- Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review, pp.99–116 in volcanic processes in ore genesis.
- Tarkian, M., Lotfi, M. & Baumann, A., 1983- Tectonic, Magmatism and the formation of mineral deposits in the central Lut, est Iran, Ministry of mines and metals, GSI, geodynamic project in Iran, No. 51, pp.357–38.
- Winchester, J. A. & Floyed, P. A., 1977- Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol. , 20 , 325–343
- Yermakov, N. P. & Wilson, A. J. C., 1965- Reserch on the nature of mineral-forming solutions, with special reference to data from fluid inclusions. New York Pergamon press. (in Russian).

Petrography, Geochemistry, Mineralogy, Fluid Inclusions and Mineralization Study of Vorezg-Qayen Copper Deposit

V. Alizadeh ^{1*}, M. Momenzadeh ², M. H. Emami ³

¹ M.Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Tehran, Iran

Received: 2011 January 23

Accepted: 2011 July 03

Abstract

Based on Qayen 1:100000 geological map, the copper mineralization of Vorezg in volcanic rocks is attributed to Paleocene-Lower Eocene. Submarine volcanic rocks of the study area are found in two forms of lava and pyroclastics. Based on field and laboratory investigations, the outcropped rocks in Vorezg deposit are andesite, andesite – basalt, basalt and several small exposures of pyroclastic rocks such as tuff. Alkaline volcanic rocks of the area show within plate characteristics. Texture of mineralization is vein-veinlet, disseminated and open space filling amygdales. According to the mineralogical studies, main minerals of copper are chalcocite, β -chalcocite, bornite, covellite, digenite and rare native copper. Chalcocite is the most abundant mineral. Intergrowth among copper ores is observed in most cases. Silver was detected as accessory phase (copper element paragenesis) in this ore deposit. Whereas silver has not founded an independent crystalline phase, therefore in the crystal of chalcocite, copper was replaced by Ag. Fluid inclusion studies on trapped fluids in quartz show homogenization temperature average is 230-250 °C and salinity degree of fluids is 5-6%wt NaCl. On the basis of recognized characteristics, Vorezg ore deposit is comparable with Manto and Volcanic redbed type copper deposits. Recently, these two types of deposits are considered as synonyms.

Keywords: Vorezg, Copper, Chalcocite, Silver, Fluid inclusion, Manto type copper deposit, Volcanic redbed copper deposit

For Persian Version see pages 47 to 58

*Corresponding author: V. Alizadeh; E-mail: alizadeh.vahideh@gmail.com