

زمین‌شناسی، کانی‌سازی، زمین‌شیمی و بررسی سیال‌های درگیر در رخداد معدنی مس کیمیا،
شمال غرب بردسکن، استان خراسان رضویحامد امینی‌زهان^۱، آزاده ملکزاده شفارودی^{۲*}، محمدحسن کریم‌پور^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی و گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۹/۲، نسخه نهایی: ۱۴۰۱/۱۱/۱)

چکیده: منطقه مس کیمیا در مجموعه آتشفشانی-رسوبی ائوسن شمال غرب بردسکن در استان خراسان رضوی قرار دارد. زمین‌شناسی منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی-بازالتی، کنگلومرا با قطعه‌های آندزیتی، سنگ‌آهک نومولیت‌دار و ماسه‌سنگ توفی است. کانی‌سازی در واحدهای آندزیتی و کنگلومرا و همچنین در مرز بین این واحدها به شکل رگچه، پرکننده حفره‌ها، و جانشینی و پراکنده دیده می‌شود. کانی‌های اولیه کالکوزیت، پیریت و کانی‌های ثانویه مالاکیت، کوولیت و اکسید آهن هستند. گسل‌های منطقه در دو راستای شمال شرقی-جنوب غربی و شمال غربی-جنوب شرقی با شیب ۴۵ درجه قرار دارند. رگچه‌های اصلی در منطقه کلسیت-کوارتز-پیریت، کلسیت-کالکوزیت و کلسیت-باریت-پیریت هستند. دگرسانی‌های در ارتباط با رگچه، سیلیسی و کربناتی و مربوط به واحدهای آذرین، پروپلیتی، کربناتی و کلریتی هستند. مقدار عنصر مس در منطقه بین ۶۹۵۰ و ۴۷۹۳۵ گرم بر تن است و سایر عناصر مقدار کمی دارند. براساس بررسی‌های سیال‌های درگیر، کمترین دمای تشکیل بین ۲۲۸ تا ۳۶۸ درجه سانتی‌گراد و درجه‌شوری بین ۱۰/۴ تا ۱۶/۹ درصد است. براساس شواهد سنگ میزبان، ساخت و بافت‌ها، کانی‌سازی و دگرسانی‌های موجود، کانی‌سازی مس در منطقه مس کیمیا از نوع مانتو است.

واژه‌های کلیدی: کانی‌شناسی؛ زمین‌شیمی؛ سیال‌های درگیر؛ مس مانتو؛ پهنه سبزوار.

مقدمه

مجموعه آتشفشانی-رسوبی شمال غربی شهرستان بردسکن شامل سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی دارای بلورهای درشت همراه با سنگ آهک نومولیت‌دار، رسوب‌های تبخیری، مارن و کنگلومرا بوده که با یک روند شمال شرقی-جنوب غربی تشکیل شده‌است. این مجموعه به سن ائوسن بوده و از نظر ساختاری در جنوب پهنه سبزوار واقع است. مرز شمالی این پهنه گسل شاهرود، مرز جنوبی آن در سمت شرق گسل ریوش و به طرف غرب گسل درونه است [۱]. پهنه سبزوار از نظر کانی‌سازی اهمیت بسیاری دارد و از پهنه‌های مهم ایران برای عناصر Cu-Zn-Au-Ag-Pb چون کانسار چندفلزی ماسولفید توده‌ای

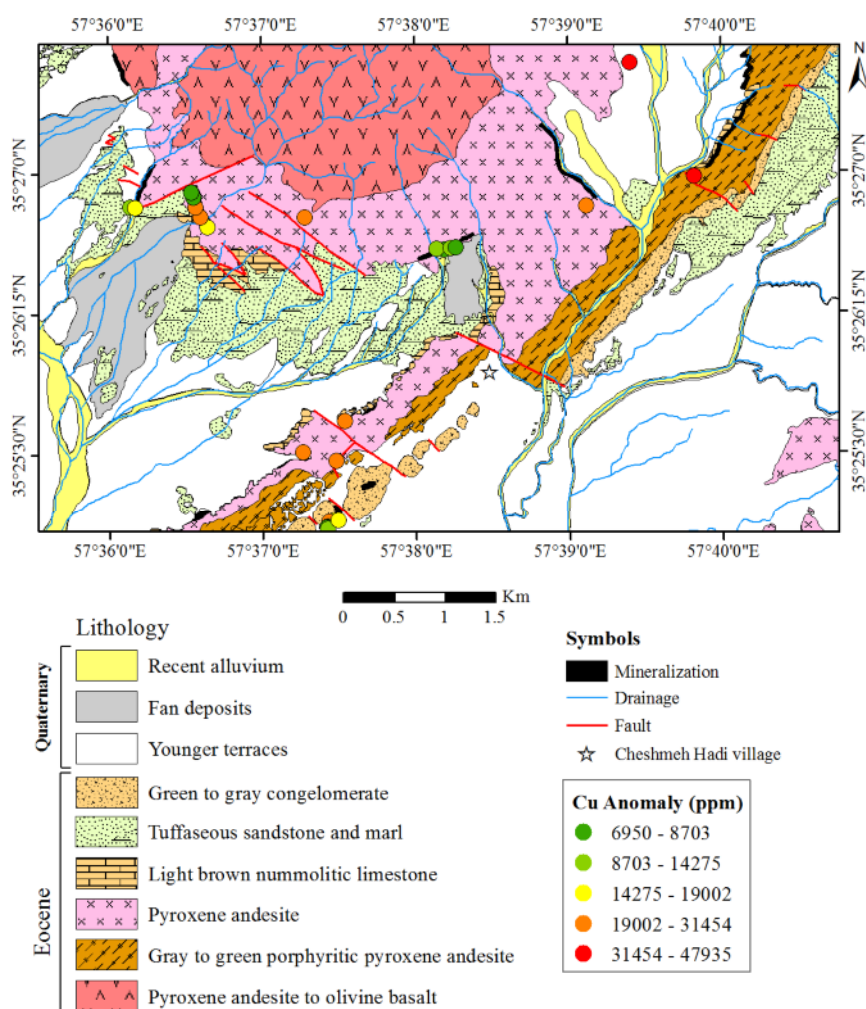
تکنار [۲]، کانی‌سازی اکسید آهن-مس منطقه نامق [۳]، ذخیره منگنز استاج [۴] و طلا مانند کانسار دامن‌قر [۵] است. همچنین در شمال غرب بردسکن به دلیل وجود محیط آتشفشانی-رسوبی، کانسارهای نوع مانتو اهمیت بسیاری دارند. کانسارهای مهم این منطقه شامل کانسار مس کال‌ابری [۶]، کانسار مس چشمه‌گز [۷] بوده و مناطق زنگانلو، دهنه سیاه و چشمه زلزله نیز دارای کانی‌سازی مس هستند. منطقه معدنی مس کیمیا در بین طول‌های جغرافیایی $51^{\circ}40'51''$ تا $51^{\circ}40'51''$ و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}34'34''$ تا $35^{\circ}25'31''$ واقع است. این منطقه اکتشافی به نام آقای علیرضا ماهی فیض آبادی بوده و کار انجام شده در منطقه به

صورت گزارش اکتشافی است. در این پژوهش، منطقه مورد نظر برای نخستین بار بررسی علمی می‌شود. همچنین در این منطقه، ۵۵ ترانسه و ۳۳ گمانه حفر شده و تعدادی تجزیه زمین شیمیایی برای عنصر مس انجام شده‌است. در این پژوهش، با تهیه نقشه زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی با مقیاس مناسب، ارتباط واحدهای آتشفشانی-رسوبی با کانی‌سازی، بررسی مغزه‌ها، بررسی زمین‌شیمی، همبرزایی و سیال‌های درگیر برای تعیین دما و شوری محلول کانه‌دار و دگرگونی سیال بررسی شده‌اند.

زمین‌شناسی

منطقه مس کیمیا در جنوب پهنه سبزوار و گسل ریوش، در مرکز نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ کاشمر [۸] و در شمال‌غربی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسکن [۹] واقع است. همچنین

روستای چشمه‌هادی در مرکز منطقه مورد بررسی قرار دارد. واحدهای سنگی ترکیبی از سنگ‌های رسوبی-آتشفشانی و بیشتر وابسته به دوران سنوزویک هستند. ترکیب سنگ‌ها شامل آندزیت، تراکیت، آمیزه‌های افیولیتی، کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مارن توفی و سنگ آهک به سن ائوسن است. روند بیشتر گسل‌ها شمال‌غربی-جنوب‌شرقی است. واحدهای اصلی منطقه به دو بخش واحدهای ائوسن و کواترنری تقسیم می‌شوند (شکل ۱). واحدهای ائوسن شامل سنگ آهک نومولیت‌دار، الیوین بازالت تا پیروکسن آندزیت، آندزیت‌های خاکستری سبز رنگ، پیروکسن آندزیت‌های سبز تا خاکستری با بافت درشت بلور، ماسه‌سنگ و مارن توفی و کنگلومرا بوده و واحدهای کواترنری شامل رسوب‌های جوان، مخروط‌افکنه‌ها، آبرفت‌ها و رسوب‌های عهد حاضر هستند (شکل ۱).



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی، کانی‌سازی و مقدار مس سطحی در منطقه مس کیمیا، شمال‌غرب بردسکن، استان خراسان رضوی [۱۰].

کم است و در کنار واحد پیروکسن آندزیت قرار دارد. همچنین، کانی‌سازی در ارتباط با سامانه‌های گسلی در منطقه و بیشتر در مرز بین واحدهای آتشفشانی از نوع آندزیتی با واحدهای رسوبی که بیشتر کنگلومرا و ماسه سنگ هستند دیده می‌شود. براساس گزارش جباری [۶]، منطقه شمال غرب بردسکن سنگ‌های آذرین از نوع آهکی قلیایی و متآلومین دارد و همچنین مهوشی [۷] نیز سنگ‌های آتشفشانی میزبان را از نوع آهکی قلیایی و متآلومین معرفی کرده است. منطقه مورد بررسی با پیروی از پهنه و زیرپهنه ساختاری (پهنه ایران مرکزی، زیرپهنه سبزوار) که در آن قرار دارد، دارای شرایط زمین‌ساختی ویژه و پیچیده‌ای است، زیرا منطقه در یک پهنه ساختاری فعال و پرتنش که در واقع محل برخورد روندهای ساختاری مهم ایران است قرار دارد. قرارگیری منطقه در زیرپهنه آمیزه افیولیتی ملانژ-آتشفشانی سبزوار با روند غربی-شرقی و همچنین وجود گسل‌های درونه و تکنار در جنوب آن از عوامل مهم و تعیین کننده ساختار زمین‌ساختی منطقه هستند. افزون بر دو گسل بزرگ و مهم یاد شده، وجود گسل-های کوچک و محلی بسیار هر یک با عملکردی متفاوت، بر پیچیدگی زمین‌ساختی منطقه افزوده است.

در شمال منطقه، واحد پیروکسن آندزیت-الیوین بازالیت قرار دارد و دارای قطعه‌های ریز تا متوسط پلاژیوکلاز همراه با الیوین، هورنبلند و پیروکسن است. واحد پیروکسن آندزیت در شمال منطقه به صورت ناوشکل تشکیل شده است و بخشی دیگر با روند شمال شرقی-جنوب غربی در کنار واحد آندزیت خاکستری مایل به سبز قرار دارد (شکل ۲ الف). این واحد دارای بافت پورفیری بوده که شامل قطعه‌های متوسط تا درشت پلاژیوکلاز با زمینه‌ای ریز و همچنین پیروکسن کمتر از ۵ درصد و هورنبلند کمتر از ۳ درصد است. واحد کنگلومرا که روند آن نیز شمال شرقی-جنوب غربی بوده در کنار واحد پیروکسن آندزیت به رنگ خاکستری تا سبز است (شکل ۲ الف). این واحد دارای سیمانی کربناتی و قطعه‌های گرد شده از جنس آندزیت است (شکل ۲ ب). در کنار آن، واحد پیروکسن آندزیت به رنگ خاکستری تا سبز با قطعه‌های متوسط تا درشت پلاژیوکلاز همراه با پیروکسن کمتر از ۵ درصد و هورنبلند کمتر از ۳ درصد در زمینه‌ای دانه ریز از پلاژیوکلاز نیز با همین روند قرار دارد (شکل ۲ پ). واحدهای ماسه سنگ و مارن توفی نیز در سراسر منطقه رخنمون دارند و به رنگ سفید تا سبز کم رنگ هستند (شکل ۲ ت). آهک نومولیت دار با رنگ قهوه‌ای روشن و به سن ائوسن بوده که رخنمون آن در منطقه



شکل ۲ تصاویر الف) واحدهای سنگی منطقه (جهت دید به سمت شمال شرقی)، ب) واحد کنگلومرا با قطعه‌های گرد شده آندزیتی، پ) واحد آندزیتی با کانی‌سازی مالاکیت و ت) واحد ماسه سنگ و مارن توفی.

روش بررسی

در راستای دستیابی به اهداف مورد نظر، برداشت اطلاعات صحرایی و نمونه برداری از واحدهای سنگی و کانی سازی انجام شد. نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه تصحیح شده و همچنین نقشه کانی سازی و دگرسانی تهیه گردید. ۱۰۶ مقطع نازک و ۲۰ مقطع نازک صیقلی و قطعه صیقلی تهیه و بررسی شدند. ۸ نمونه خرده سنگی برای تجزیه به روش طیف سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) ۲۶ عنصری به شرکت مطالعات معدنی زرآرما ارسال شده اند. از داده های به دست آمده از شرکت مس کیمیا در مورد ۳۴ نمونه از ترانسه ها و پیشکارهای منطقه فقط برای عنصر مس (توسط شرکت مطالعات معدنی زرآرما) نیز استفاده شد. همچنین از نتایج تجزیه زمین شیمیایی ۶ نمونه برای عنصر مس به روش AQ201 توسط آزمایشگاه ACME کانادا و تجزیه ۲۷ نمونه از ترانسه ها برای عنصر مس به روش تیتراژ کردن توسط آزمایشگاه تجزیه کنندگان بلورین آمیتیس شرق در مشهد استفاده گردید. سیال های درگیر در سه نمونه از سه نوع رگچه مختلف انتخاب و با دستگاه سردکننده و گرم کننده ساخت شرکت لینکام مدل THM 600 با دقت $\pm 1^{\circ}\text{C}$ در گستره دمایی ۱۹۰- تا ۶۰۰+ درجه سانتی گراد، در دانشگاه فردوسی مشهد بررسی شدند. مقدار شوری در سامانه $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ با برنامه HOKIEFLINCS_ $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ [۱۱] در نرم افزار اکسل محاسبه شد. سپس نمودارهای دمای همگن شدگی و شوری با نرم افزار SPSS رسم گردیدند. سرانجام اطلاعات بدست آمده برای سیال های درگیر تفسیر شدند.

کانی سازی

کانی سازی مس به صورت رگچه در مرز بین لایه های آندزیتی و رسوبی و بیشتر در راستای شمال شرقی-جنوب غربی با ضخامت کمتر از ۳ سانتی متر و شیب ۴۵ و ۹۰ درجه رخ داده است. بخش دیگری از کانی سازی در خود واحدهای آندزیتی، کنگلومراهای دارای قطعه های گرد شده آندزیتی و سنگ آهک است. کانی های اولیه کالکوپیریت، کالکوزیت و پیریت به همراه کانی های باطله کلسیت، کوارتز، باریت و کلریت و کانی های ثانویه مالاکیت، کوولیت، گوتیت و هماتیت هستند. کانی سازی در قالب بافت های رگچه ای، پرکننده حفره ها و جانشینی دیده می شود (شکل ۳).

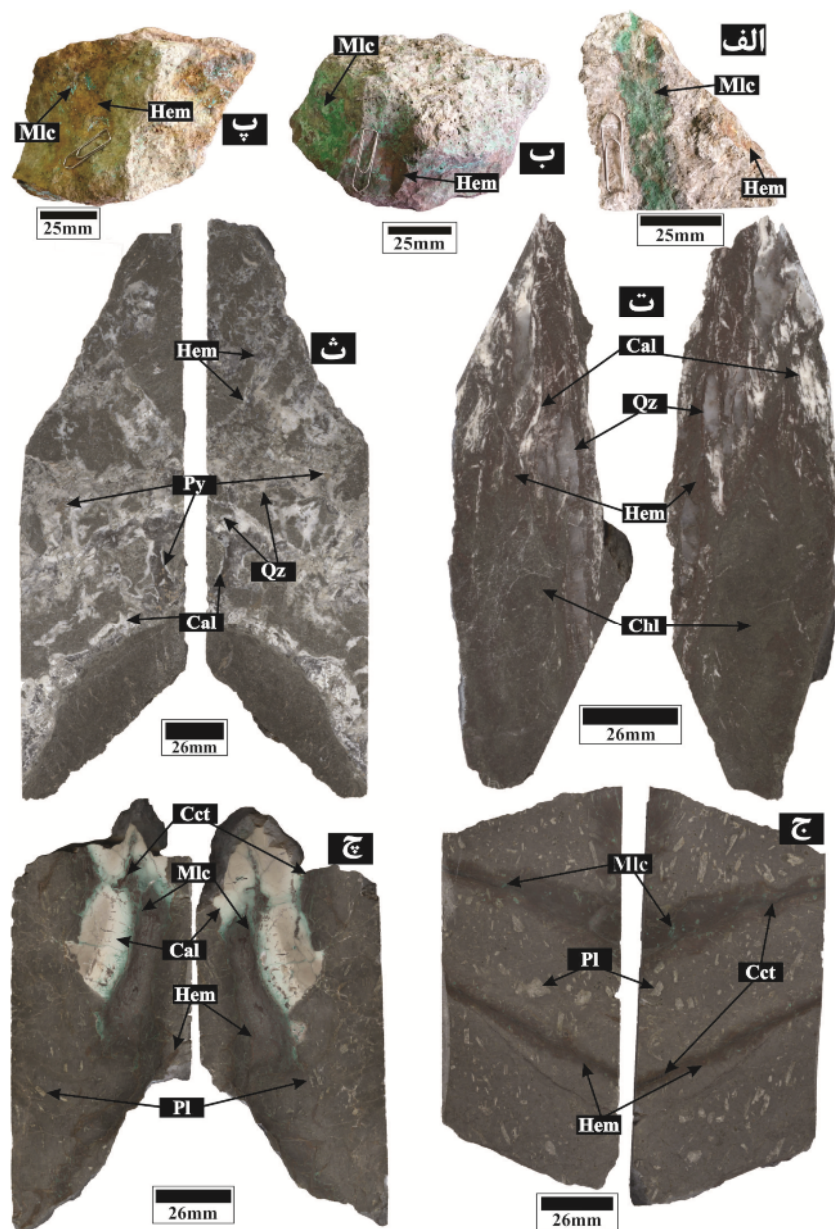
ساخت و بافت

بافت رگچه ای: ضخامت رگچه ها کمتر از ۵ سانتی متر و تراکم آن بین ۳ تا ۸ عدد در مترمربع است. رابطه سن نسبی رگچه ها و روابط قطع شدگی مشخصی دیده نشد، اما رگچه های اصلی در منطقه به سه دسته کلسیت-کالکوزیت، کلسیت-کوارتز-پیریت و کلسیت-باریت-پیریت تقسیم می شوند. رگچه های کلسیت-کالکوزیت دارای ضخامت ۲ تا ۸ میلی متر هستند. فراوانی این رگچه ها کم است و دارای ۱۵ تا ۲۰ درصد کالکوزیت و ۸۰ تا ۸۵ درصد کلسیت هستند. کالکوزیت در این رگچه ها بیشتر به مالاکیت و کمتر به کوولیت تبدیل شده است و گاهی باقیمانده هایی از کالکوزیت دیده می شود و مقدار کمی اکسید آهن نیز دارد (شکل ۳ الف). رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت دارای ضخامت کمتر از ۲ سانتی متر است. کانی سازی به صورت کانی های باطله پیریت با بافت پراکنده حدود ۴۵ درصد، کلسیت ۳۵ تا ۴۰ درصد و کوارتز ۱۰ تا ۱۵ درصد از رگچه را شامل می شوند. رگچه کلسیت-باریت-پیریت نیز دارای ضخامت کمتر از ۵ میلی متر و فراوانی کم است. در این رگچه ها، کانی اولیه پیریت ۱۵ تا ۲۰ درصد بوده که حدود ۳ تا ۵ درصد به کانی ثانویه گوتیت و ۱۰ تا ۱۵ درصد به هماتیت تبدیل شده است. همچنین کانی های باطله در رگچه شامل ۴۵ تا ۵۰ درصد کلسیت و ۲۰ تا ۲۵ درصد باریت هستند.

بافت پرکننده حفره ها: کانی سازی در این بافت به صورت کانی سازی کالکوزیت و مالاکیت دیده می شود. کلریت در بیشتر بخش ها نیز دارای بافت پرکننده حفره هاست (شکل های ۳ ب و پ).

بافت جانشینی: این نوع بافت در بیشتر نمونه ها دیده می شود که کانی های مالاکیت و کوولیت جانشین کالکوزیت، هماتیت و گوتیت جانشین پیریت شده اند. آنها حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد به مالاکیت و براساس بررسی مقطع آن ها، حدود ۲ تا ۵ درصد به کوولیت تبدیل شده اند (شکل ۳ پ).

بافت پراکنده: بافت پراکنده در بیشتر نمونه ها مربوط به کانی سازی پیریت است. پیریت در منطقه بین ۳ تا ۵ درصد در زمینه واحدهای آندزیتی دیده می شود. همچنین کانی سازی مالاکیت نیز در بعضی از نمونه ها به صورت پراکنده وجود دارد (شکل های ۳ پ و ث).



شکل ۳ تصاویر کانی‌سازی در نمونه‌های دستی و مغزه‌های منطقه کیمیا. الف) کانی‌سازی مالاکیت به صورت بافت رگچه‌ای همراه با اکسید آهن در واحد پیروکسن آندزیت، ب و پ) کانی‌سازی مالاکیت جانشین کالکوزیت با بافت جانشینی به همراه اکسید آهن در واحد پیروکسن آندزیت، ت). اکسید آهن، کوارتز، کلسیت و کلریت در واحد کنگلومرا با بافت پرکننده فضای خالی، ث) کانی‌سازی پیریت همراه با کانی‌های کوارتز و کلسیت در واحد کنگلومرا، ج) کانی‌سازی کالکوزیت و مالاکیت در واحد پیروکسن آندزیت به صورت رگچه‌ای که مالاکیت جانشین کالکوزیت شده است و چ) کانی‌سازی کالکوزیت و مالاکیت در واحد پیروکسن آندزیت که مالاکیت جانشین کالکوزیت شده است (هماتیت=Hem، مالاکیت=Mlc، کلسیت=Cal، کوارتز=Qz، کالکوزیت=Cct، پیریت=Py و پلاژیوکلاز=Plg) [۱۲].

کانی‌شناسی ماده معدنی

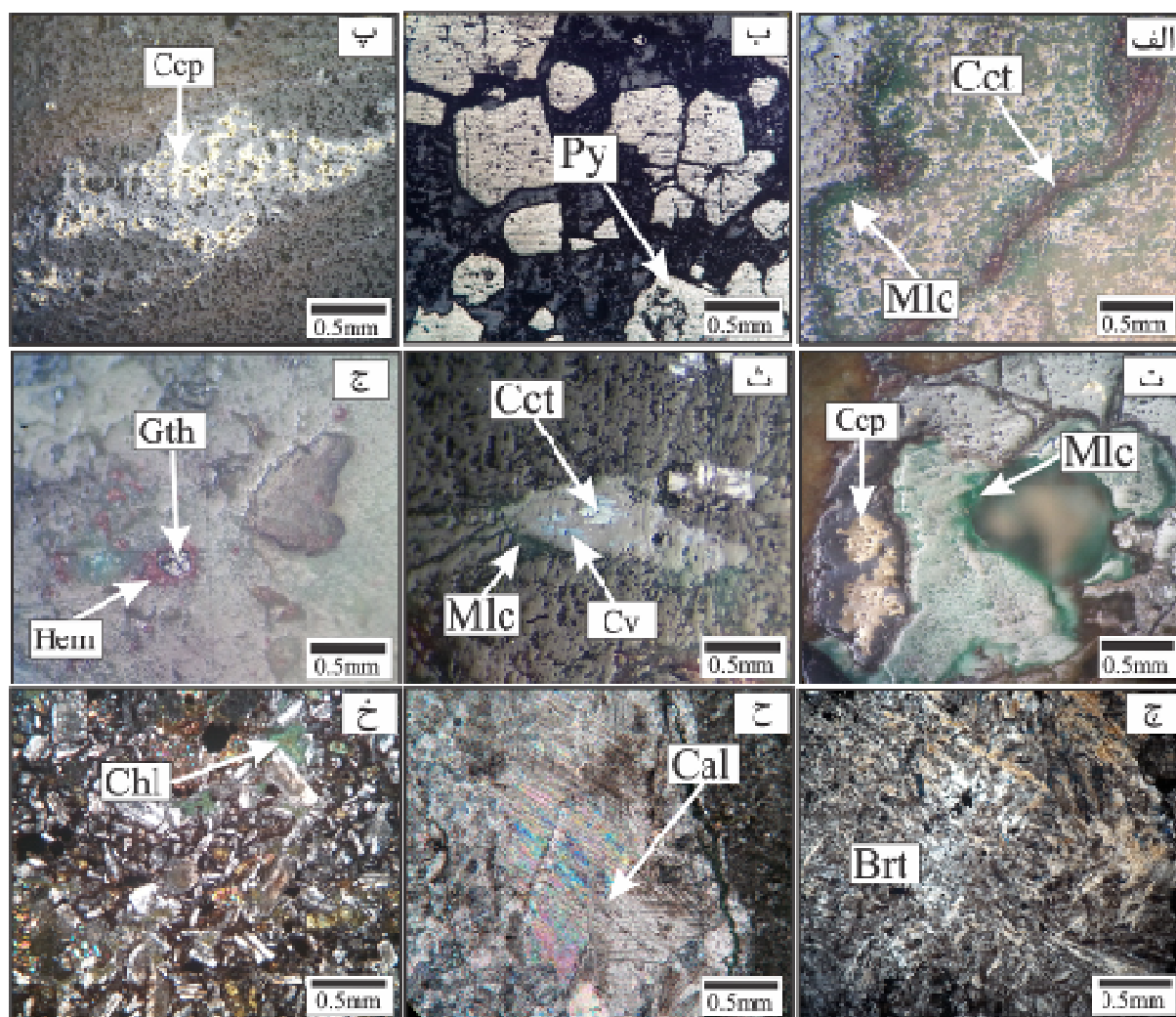
از ۲ تا ۸ میلی‌متر است. گاهی رگچه‌های کالکوزیت به صورت ثانویه نیز دیده می‌شوند. مقدار تبدیل آن به مالاکیت بین ۱۰ تا ۱۵ درصد و به کولیت بین ۲ تا ۵ درصد است. مقدار این کانی در کل منطقه کمتر از ۱۰ درصد است (شکل ۴ الف).

کالکوزیت: مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی اولیه مس در منطقه مس کیمیا کالکوزیت است که به شکل رگچه و پرکننده حفره‌ها در واحدهای آندزیتی یافت می‌شود. ضخامت رگچه‌ها کمتر

پیریت: این کانی در منطقه در واحدهای سنگ میزبان آندزیتی و کنگلومرای آتشفشانی ائوسن دیده شده است. پیریت همچنین در کل منطقه به صورت پراکنده، شکل دار و نیمه شکل دار وجود دارد. این کانی در رگچه های منطقه نیز در کنار کلسیت دیده می شود. مقدار آن در نمونه ها کمتر از ۵ درصد بوده که در بعضی بخش ها به گوتیت تبدیل شده است. اندازه این ذرات کمتر از ۰/۵ میلی متر است (شکل ۴ ب).

کالکوپیریت: کالکوپیریت به صورت کانی اولیه با بافت پراکنده در واحد پیروکسن آندزیت دیده می شود. مقدار آن در منطقه

کمتر از ۱ درصد است (شکل های ۴ پ و ت).
مالاکیت: مالاکیت فراوان ترین و مهم ترین کانی ثانویه مس در منطقه است. که به صورت رگچه، جانشینی و پرکننده حفره ها یافت می شود. مقدار آن در منطقه بین ۳۵ تا ۴۰ درصد است. ضخامت رگچه ها بین ۲ تا ۸ میلی متر است و در همه واحدهای منطقه نیز دیده می شود (شکل های ۴ الف و ت).
کولیت: این کانی از تبدیل کانی اولیه کالکوزیت به صورت جانشینی در منطقه تشکیل شده است. مقدار آن در منطقه کمتر از ۳ درصد است (شکل ۴ ث).



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی از انواع بافت و کانی سازی در منطقه کیمیا (الف) کالکوزیت با بافت رگچه ای که از لبه در حال تبدیل به مالاکیت است، (ب) کانی سازی پیریت با بافت پراکنده، (پ) کانی سازی کالکوپیریت با بافت پراکنده، (ت) کانی سازی کالکوپیریت به صورت پراکنده که از لبه در حال تبدیل به مالاکیت است، (ث) کانی سازی کالکوزیت با بافت جانشینی در حال تبدیل به مالاکیت و کولیت، (ج) گوتیت در حال تبدیل از لبه به هماتیت، (چ) باریت همراه با کانی سازی در نور قطبیده صفحه ای (PPL)، (ح) کلسیت های در ارتباط با کانی سازی در نور PPL (خ) کلریت با بافت جانشینی در واحد پیروکسن آندزیت در نور قطبیده متقاطع (XPL). تصاویر الف تا ج در PPL بازتابی ثبت شده اند. (هماتیت= Hem، کلسیت= Cal، کوارتز= Qz، کالکوزیت= Cct، گوتیت= Gth، باریت= Brt، کولیت= Cv، پیریت= Py و کالکوپیریت= Ccp) (۱۲).

شدت بیشتری دارد و با فاصله گرفتن از نواحی کانی‌سازی از شدت آن‌ها کم می‌شود. بر این اساس، پیرامون پهنه‌های کانی‌سازی کانی‌های کلریت و کربناتی دیده می‌شود.

توالی همبری

براساس نتایج به دست آمده و بررسی کانی‌های منطقه، کانی‌های اولیه شامل کالکوزیت، پیریت به همراه کانی‌های غیر فلزی کلسیت، کوارتز، کلریت و باریت و کانی‌های ثانویه شامل مالاکیت، کوولیت، گوتیت و همتایت هستند (شکل ۵). ترتیب زمانی در رگچه‌های اصلی به این صورت است که کانی‌های اولیه پیریت، کلریت و کلسیت تقریباً در همه شرایط تشکیل شده‌اند؛ کانی اولیه باریت نیز فقط در اوایل تشکیل حضور داشته و در اواسط فرآیند تشکیل کالکوزیت نیز شکل گرفته است. در اواخر فرآیند نیز، کانی کوارتز تشکیل شده‌است. همچنین مقدار کانی‌های اولیه کالکوزیت و کلسیت نسبت به کوارتز، کلریت، باریت و پیریت در منطقه بیشتر است. کانی اولیه کالکوزیت در بیشتر بخش‌ها به مالاکیت و کمتر به کوولیت تبدیل شده و کانی پیریت نیز گاهی به گوتیت و همتایت تبدیل شده‌است. در بین کانی‌های ثانویه نیز، مالاکیت بیشترین حضور در منطقه را نسبت به کوولیت، گوتیت و همتایت دارد. همچنین کانی‌سازی کالکوپیریت در منطقه در ارتباط با کانی‌سازی کالکوزیت نیست.

گوتیت: گوتیت از تبدیل کانی اولیه پیریت تشکیل شده‌است. این کانی به صورت جانشینی و پراکنده یافت می‌شود. مقدار آن در منطقه کمتر از ۵ درصد است. همچنین این کانی از لبه در حال تبدیل به اکسید آهن است (شکل ۴ ج).

باریت: باریت در منطقه بسیار کم است. این کانی همراه با کانی‌سازی به صورت رگچه‌ای دیده می‌شود. مقدار آن در منطقه کمتر از ۲ درصد است (شکل ۴ چ).

کلسیت: این کانی در بیشتر نمونه‌های کانی‌سازی، در واحدهای آندزیتی و آهک‌های نومولیت‌دار یافت می‌شود. همچنین کلسیت به صورت بافت رگچه‌ای، پرکننده حفره‌ها و جانشینی در واحدهای منطقه دیده می‌شود که بیشترین مقدار کلسیت در رگچه‌ها و همراه با کانی‌سازی مس است. مقدار آن در کل منطقه حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد است. کوارتز در نمونه‌ها بسیار کم به صورت اولیه همراه با کانی‌سازی با بافت رگچه‌ای یافت می‌شود که مقدار آن کمتر از ۳ درصد در منطقه است (شکل ۴ ح).

کلریت: کلریت نیز با بافت پرکننده حفره‌ها و جانشینی در منطقه دیده می‌شود. مقدار آن در منطقه بین ۱۵ تا ۲۰ درصد است (شکل ۴ خ).

دگرسانی محلی به دلیل فعالیت‌های سیال کانه‌ساز در منطقه مس کیمیا ایجاد شده و در ارتباط با کانی‌سازی در منطقه است. همچنین این دگرسانی در مناطق کانی‌سازی

کانی‌ها	اولیه	زون اکسیدان
کالکوزیت	████████████████████	
کلسیت	████████████████████	
کوارتز	████████████████████	
کلریت	████████████████████	
باریت	████████████████████	
مالاکیت		████████████████████
کوولیت		████████████████████
گوتیت		████████████████████
همتایت		████████████████████

شکل ۵ توالی همبرزایی کانی‌های اولیه و ثانویه منطقه مس کیمیا.

زمین شیمی ماده معدنی

با توجه به تجزیه‌های انجام شده برای نمونه‌های سطحی، کمترین مقدار عنصر مس ۶۹۵۰ گرم بر تن در برخوردگاه واحد پیروکسن آندزیت با ماسه سنگ توفی و مارن از بخش مرکزی منطقه و بیشترین مقدار آن ۴/۸ درصد که از شمال غربی منطقه در برخورد واحد پیروکسن آندزیت با سنگ آهک نومولیت دار است. به طور میانگین، مقدار مس سطحی در منطقه ۱/۸ درصد است (جدول ۱، شکل ۲). مقدار بالای مس به دلیل وجود کانی اولیه کالکوزیت و کانی‌های ثانویه مالاکیت و کوولیت بوده که به صورت رگچه، پراکنده و پرکننده حفره‌ها تشکیل شده است. دگرسانی غالب در محل‌های کانی‌سازی پروپلیتی و کربناتی

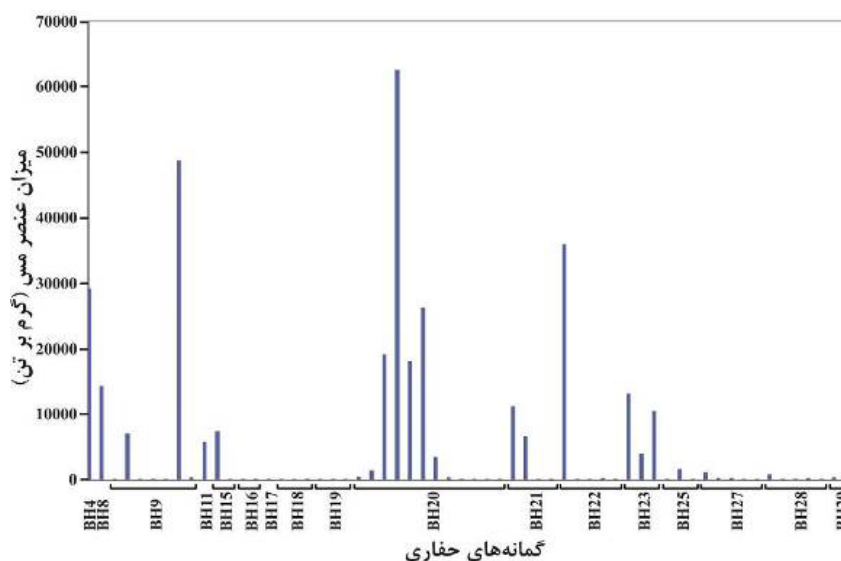
متوسط است. همچنین در منطقه، بیشترین مقدار عناصر دیگر نقره ۱۶/۳ گرم بر تن، سرب ۶۲ گرم بر تن، روی ۶۰ گرم بر تن و به طور کلی مقدار آن‌ها پایین است (جدول ۲). مقدار عنصر مس در نمونه‌های زیرسطحی برداشت شده از گمانه‌های حفاری منطقه با نمودار ارزیابی گردیده است (شکل ۶). بر این اساس، کمترین مقدار عنصر مس در گمانه‌ها ۲۴ گرم بر تن و بیشترین مقدار آن ۶/۲ درصد مربوط به گمانه BH20 در جنوب غربی منطقه، در عمق ۱۲ تا ۱۴ متر است. همچنین، واحد سنگی آن کنگلومرای آتشفشانی ائوسن بوده و دگرسانی آن نیز پروپلیتی متوسط-کربناتی ضعیف است.

جدول ۱ مقدار عنصر مس در منطقه کیمیا بر اساس گزارش‌های مرجع [۱۲].

مقدار مس (گرم بر تن)	سطحی	گمانه‌ها
حداقل	۶۹۵۰	۲۴
حداکثر	۴۷۹۳۵	۶۲۶۰۳
میانگین	۱۸۲۶۱	۶۰۱۹

جدول ۲ نتایج تجزیه نمونه‌های کانی‌سازی منطقه کیمیا به روش (ICP-OES) (برحسب گرم بر تن)، توسط شرکت مطالعات معدنی زرازا.

عناصر (گرم بر تن) / نمونه	مختصات برداشت	Cu	Pb	Zn	Ag
CHEAP-۰۱	۳۵°۲۶'۴۶.۱۵"N - ۵۷°۳۶'۳۶.۰۱"E	۴۱۲۹۲	۳۰	۳۶	۰.۹۳
CHEAP-۰۳	۳۵°۲۶'۴۹.۲۶"N - ۵۷°۳۹'۶.۷۸"E	>٪۵	۲۷	۳۸	۰.۹۷
CHEAP-۰۴	۳۵°۲۶'۵۴.۵۶"N - ۵۷°۳۹'۱۰.۰۹"E	>٪۵	۶۲	۴۳	۱.۲۵
CHEAP-۰۵	35°۲۵'۸.۶۱"N - ۵۷°۳۷'۲۷.۸۰"E	>٪۵	۳۷	۴۵	۱۱.۹
CHEAP-۰۶	۳۵°۲۵'۸.۴۳"N - ۵۷°۳۷'۲۶.۲۸"E	۲۸۳	۲۲	۵۶	۰.۵۸
CHEAP-۰۷	۳۵°۲۷'۳۵.۰۴"N - ۵۷°۳۹'۲۴.۵۴"E	>٪۵	۲۳	۵۱	۰.۷۴
CHEAP-۰۸	۳۵°۲۷'۴۲.۳۸"N - ۵۷°۳۹'۲۴.۰۸"E	>٪۵	۳۰	۵۰	۰.۷۷
CHEAP-۰۹	۳۵°۲۷'۳۲.۹۳"N - ۵۷°۴۰'۱۸.۲۱"E	>٪۵	۲۸	۶۰	۰.۶۲



شکل ۶ مقدار عنصر مس در نمونه‌های برداشت شده از مغزه‌های حفاری منطقه مس کیمیا

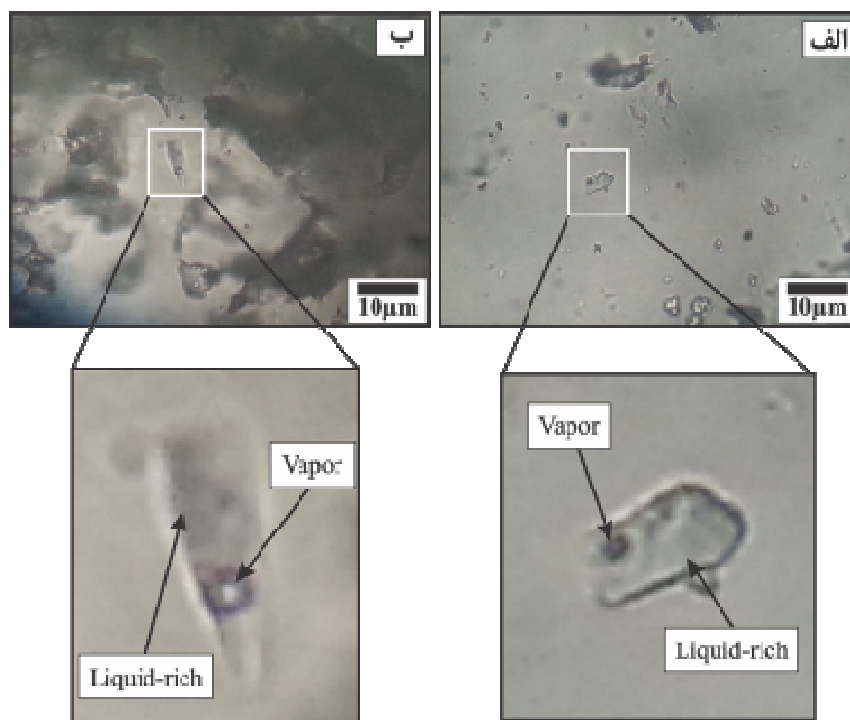
انتخاب نمونه و سنگ‌نگاری سیال‌های درگیر

در منطقه مس کیمیا، کانی‌سازی مس به همراه کانی‌های باطله کوارتز، کلسیت و باریت در رگچه‌ها رخ داده است. سه نوع رگچه اصلی کلسیت-کوارتز-پیریت، کلسیت-باریت-پیریت و کلسیت-کالکوزیت در منطقه وجود دارند. نخست، ۱۰ مقطع نازک صیقلی از کانی‌های باطله موجود در رگچه و همراه با کانی‌سازی مس از گمانه‌های زیرسطحی در منطقه تهیه و بررسی شدند. با بررسی‌های سنگ‌نگاری بیشتر، ۵ نمونه که احتمال بیشتری برای وجود سیال‌های درگیر داشتند انتخاب شدند و مقطع دوبر صیقل از آن‌ها تهیه گردید. از این میان، ۶۵

سیال درگیر برای دماسنجی، آزمایش گرمایش و برای تعیین نوع نمک‌ها و مقدار شوری، آزمایش سرمایش شدند که داده‌ها در جدول ۳ آمده‌اند. سپس، شکل، اندازه و فاز سیال‌های درگیر، بررسی شد. اندازه سیال‌های درگیر بررسی شده منطقه مس کیمیا ۶ تا ۱۰ میکرون است، اما اغلب کوچکتر از ۶ میکرون هستند. آن‌ها همچنین به صورت مدور و بی‌شکل بوده و کمتر میله‌ای و استوانه‌ای هستند (شکل ۷). براساس بررسی‌های انجام شده و تقسیم‌بندی‌های متداول رد [۱۳] و شفر [۱۴]، این سیال‌ها از نوع دوفازی غنی از مایع (LV) و تک‌فازی مایع (L) هستند که بررسی‌ها بر سیال‌های دوفازی (LV) انجام شد.

جدول ۳ چکیده نتایج ریزدماسنجی سیال‌های درگیر در منطقه مس کیمیا.

شماره نمونه	تعداد نمونه	نوع رگچه	کانی میزبان	$T_h(^{\circ}C)$		$T_m(^{\circ}C)$		شوری (wt.%)	
				کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
KA۱-۱۳	۱۷	Cal-Qtz-Py	کوارتز	۲۹۲	۳۳۲	-۱۳	-۱۲	۱۶	۱۷
KA۶۷	۱۴	Cal-Qtz-Py	کلسیت	۲۸۵	۳۳۰	-۱۴٫۲	-۱۳٫۲	۱۷٫۸	۱۸
KA۲-۲۳	۱۲	Cal-Cct	کلسیت	۲۳۰	۲۵۰	-۷٫۶	-۷٫۹	۱۰٫۴	۱۱٫۲
KA۳-۱۹A	۹	Cal-Cct	کلسیت	۱۴۹	۱۸۳	-۵٫۷	-۵٫۱	۱۸	۸٫۸
KA۱۰-۲۰	۱۳	Cal-Bar-Py	کلسیت	۳۰۰	۳۶۸	-۷٫۶	-۶٫۹	۱۰٫۴	۱۱٫۲

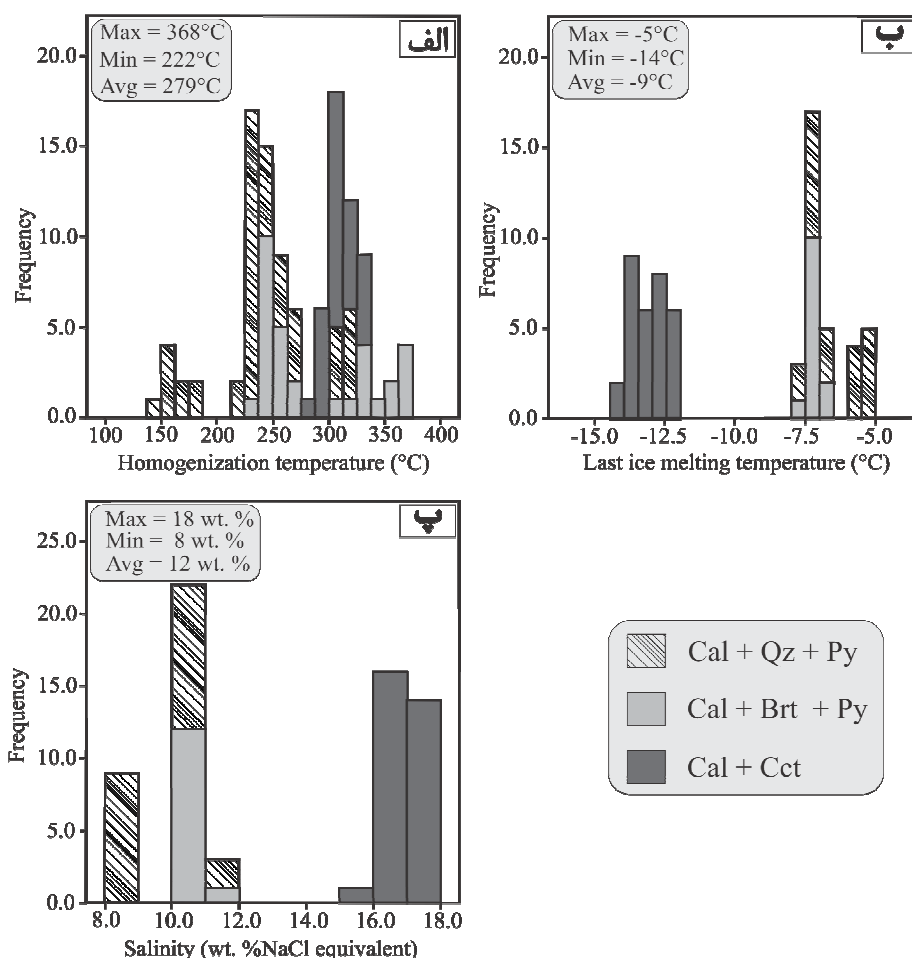


شکل ۷ تصاویری از سیال‌های درگیر دوفازی غنی از مایع (LV) در زیر میکروسکوپ نوری.

نتایج دماسنجی و تعیین شوری سیال‌های درگیر

با توجه به بررسی‌های انجام شده، کمترین دمای کلی همگن شدگی (T_h) منطقه ۱۴۹ تا ۳۳۲ درجه سانتی‌گراد و به طور میانگین دمای منطقه حدود ۲۶۲ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۳). دمای همگن شدگی در رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت ۲۸۵ تا ۳۳۲ درجه سانتی‌گراد، در رگچه کلسیت-کالکوزیت ۱۴۹ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و در رگچه کلسیت-باریت-پیریت ۳۰۰ تا ۳۶۸ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۸ الف). نخستین دمای ذوب شدگی رابطه مستقیمی با ترکیب نمک موجود در سیال گرمایی دارد [۱۵]. براساس دمای نقطه همگدازی، نخستین دمای ذوب شدگی (T_{fm}) در سیال‌های درگیر ۵۰/۳- تا ۵۲/۴- درجه سانتی‌گراد و میانگین آن ۵۱/۲- درجه سانتی‌گراد است. بر این اساس می‌توان گفت که نمک‌های KCl و $CaCl_2$ ، $MgCl_2$ در این سیال‌ها وجود دارند.

دمای ذوب آخرین بلور یخ (T_m) در رگچه‌ها به طور کلی بین ۵/۱- تا ۱۴/۲- درجه سانتی‌گراد و به طور میانگین ۹/۷- درجه سانتی‌گراد است (جدول ۳). T_m در رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت ۱۲- تا ۱۴/۲- درجه سانتی‌گراد و میانگین آن ۱۳- درجه سانتی‌گراد، در رگچه کلسیت-کالکوزیت ۵/۱- تا ۷/۶- درجه سانتی‌گراد و میانگین آن ۶/۴- درجه سانتی‌گراد و در رگچه کلسیت-باریت-پیریت ۶/۹- تا ۷/۶- درجه سانتی‌گراد و میانگین آن ۷/۱۶- سانتی‌گراد است (شکل ۸ ب). مقدار شوری در رگچه‌ها به طور کلی بین ۸ تا ۱۸ درصد و میانگین کلی آن ۱۳/۴ درصد است (جدول ۳). شوری در رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت ۱۶ تا ۱۸ درصد و میانگین آن ۱۷ درصد، در رگچه کلسیت-کالکوزیت ۸ تا ۱۱/۲ درصد و میانگین آن ۹/۷ درصد و در رگچه کلسیت-باریت-پیریت ۱۰/۴ تا ۱۱/۲ درصد و میانگین آن ۱۰/۷ درصد است (شکل ۸ پ).

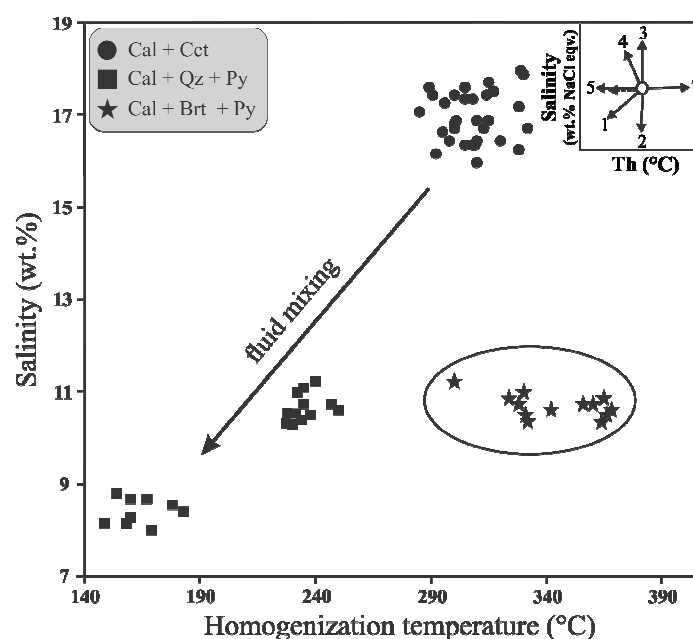


شکل ۸. نمودارهای ستونی برآمده از تجزیه‌های سیال‌های درگیر منطقه مس کیمیا: الف) دمای ذوب آخرین بلور یخ و ب) دمای همگن شدگی، ب) دمای ذوب آخرین بلور یخ و پ) درجه شوری.

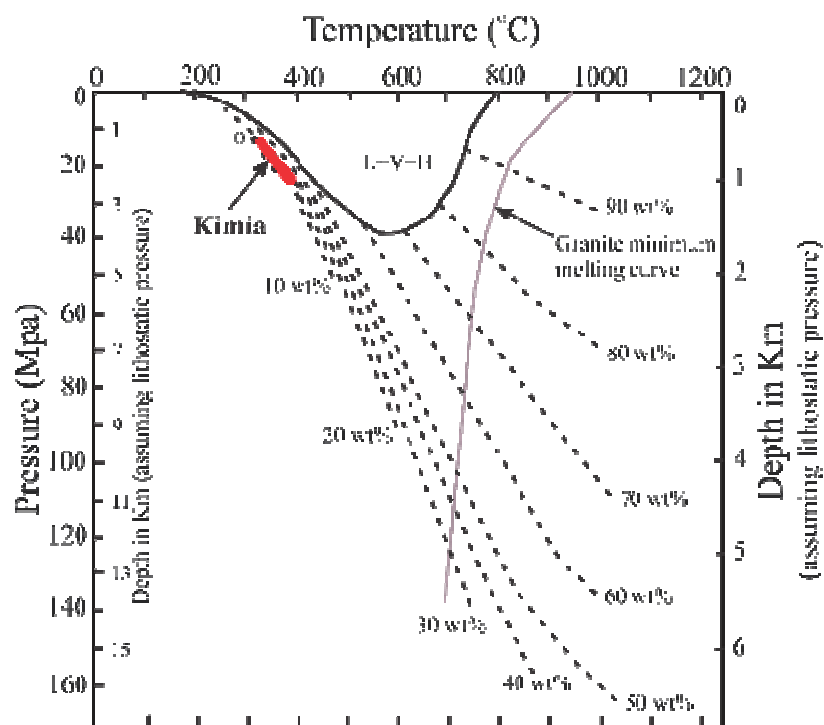
بحث

سانتی‌گراد و شوری بیش از ۱۰/۵ درصد و دیگری با دمای ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۸ تا ۹ درصد است. بررسی‌های سوارد [۱۷، ۱۶] نشان داده که در کانسارهای تشکیل شده در دماهای پایین‌تر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و یا در کانسارهایی که کانی‌شناسی آن‌ها گویای شرایط احیاء‌کننده است، کمپلکس‌های بی‌سولفیدی غالب هستند. این در حالی است که در ذخایر شکل گرفته در دماهای بالاتر از حدود ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و یا با حضور کانی‌های اکسیدی یا سولفیدی که بیانگر شرایط به نسبت اکسید کننده هستند، کمپلکس‌های کلریدی غلبه دارند. دمای تشکیل بیشتر نمونه‌های منطقه مس کیمیا نشان‌دهنده حمل عناصر در قالب کمپلکس‌های بی‌سولفیدی است و کاهش دما و غلظت H_2S دو عامل مهم رخداد کانی‌سازی و ته‌نشست سولفیدها هستند. همچنین فرآیند آمیختگی محلول ماگمایی گرم و شور و محلول جوی سرد و کم‌شور می‌تواند باعث کاهش دما، ناپایداری کمپلکس‌ها و ته‌نشینی فلزها شود. شکل ۱۰ نمودار عمق-دما-فشار سیال‌های درگیر منطقه مس کیمیا را نشان می‌دهد که براساس آن کانی‌سازی در منطقه در عمق ۵۰۰ متری تا یک کیلومتری بر اساس فشار سنگ‌ایستایی سطح زمین و فشار بین ۱۰ تا ۲۵ مگاپاسکال رخ داده است.

دگرگونی سیال کانه‌دار: با توجه به نمودار دمای همگن‌شدگی نسبت به شوری در شکل ۹، رگچه کلسیت-باریت-پیریت بیشترین دمای همگن‌شدگی را دارد. مقدار شوری سیال آن نیز نسبت به رگچه کلسیت-کالکوزیت کم‌تر است. همچنین از نظر دمایی، رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت نشان‌دهنده دو دسته با دمای کمتر از ۳۴۰ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از آن بوده که نشان‌دهنده سرد شدن آن در دو مرحله است. رگچه کلسیت-کالکوزیت که در ارتباط با مرحله اصلی کانی‌سازی مس در منطقه بوده، از سیالی با دمای کمی کمتر از رگچه پیشین (در برخی بخش‌ها از نظر دمایی همپوشی دارند) اما با شوری بیشتر تشکیل شده است. بنابراین می‌توان گفت که این دو نوع رگچه از دو سیال جداگانه تشکیل شده‌اند و رگچه نوع کلسیت-باریت-پیریت ربطی به کانی‌سازی مس منطقه ندارد. رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت در کمترین دما تشکیل شده و میزان شوری آن نزدیک به رگچه نوع کلسیت-باریت-پیریت است. براساس شکل ۹، به احتمال بسیار فقط فرایند آمیختگی دو سیال دما و شوری بالا با سیال دما و شوری پایین مانند آب-های جوی نقش مهمی در تشکیل کانی‌سازی و رگچه‌های منطقه داشته است. رگچه کلسیت-کوارتز-پیریت نیز دارای دو گستره دما و شوری، یکی با دمای ۲۲۸ تا ۲۵۰ درجه



شکل ۹ نمودار دمای همگن‌شدگی-درجه شوری منطقه مس کیمیا. روندهای ممکن تکامل سیال در نمودار دما-شوری [۱۳]: (۱) آمیختگی سیال A با سیال سردتر و شوری کمتر B، (۲ و ۳) آمیختگی سیال A با سیال‌های با شوری‌های مختلف ولی دمای یکسان، (۴) شوری فاز باقیمانده در اثر جوشش افزایش یافته است، (۵) سردشدگی سیال، (۶) باریک‌شدگی سیال‌های درگیر و (۷) تراوش سیال‌های درگیر طی گرمایش.



شکل ۱۰ نمودار دما-فشار-عمق برای سامانه $H_2O-NaCl$ [۱۸]. موقعیت محلول کانه دار منطقه مس کیمیا. (L=مابع، V=بخار، H=هالیت). خط چین ها نشان دهنده مقدار شوری محلول، خط سیاه رنگ نشانگر مرز سه فازی سامانه $NaCl-KCl-H_2O$ با Na/K در محلول به تعادل رسیده با آل بیت و فلدسپار قلیایی و خط خاکستری نشان دهنده منحنی ذوب کمینه گرانیات در دمای مورد نظر هستند.

دگرسانی هایی که این نوع کانسارها ایجاد می کنند بیشتر به صورت پروپیلیتی، کربناتی و کمتر سیلیسی، آرژیلیکی و هماتییتی هستند.

در مقایسه منطقه مس کیمیا با کانسارهای نوع مانتو در شیلی و ایران براساس بررسی های انجام شده می توان گفت که منطقه مس کیمیا شباهت های بسیاری به کانسارهای نوع مانتو در شیلی و سایر نقاط ایران دارد که در ادامه بیان می شوند.

موقعیت زمین ساختی در کانسارهای نوع مانتو شیلی محیط کششی کمان و پشت کمانی است. براساس بررسی های اسپینوزا [۱۹] و رامیرز [۲۰]، بیشترین رخداد کانی سازی مس نوع مانتو در مناطق کششی و در کمربندهای ماگمایی وابسته به فروانش ژوراسیک تا کرتاسه است. با توجه به گزارش های جباری [۶] و مهوشی [۷]، موقعیت زمین ساختی و محیط تشکیل واحدهای آتشفشانی شمال غرب بردسکن کمربندهای ماگمایی وابسته به پهنه فروانش هستند (جدول ۴).

سنگ میزبان: این نوع کانسارها بیشتر سنگ های آذرآواری آندزیتی و گدازه های آندزیتی بادامکی در توالی آتشفشانی

مدل کانی سازی: براساس ویژگی های شناسایی شده مس کیمیا و بررسی مناطق پیرامون، این منطقه شباهت بسیار به کانسارهای نوع مانتو دارد. در این نوع کانسارها، ویژگی هایی چون موقعیت زمین ساختی، سنگ میزبان، هندسه، کانی های اصلی، ساخت و بافت، باطله همراه رگچه ها و دگرسانی اهمیت دارند.

کانسارهای نوع مانتو به طور کلی مربوط به موقعیت های زمین ساختی کمربندهای ماگمایی وابسته به پهنه های فروانش هستند. از نظر هندسی، این کانسارها به صورت چینه کران بوده و سنگ میزبان آن ها اغلب سنگ های آتشفشانی چون بازالت، آندزیت، داسیت، تراکیت و دیگر سنگ های آتشفشانی هستند. همپنین از نظر کانی شناسی، کانی های اصلی آن ها شامل پیریت، کالکوپیریت، کالکوزیت و مس طبیعی هستند. ساخت و بافت در این نوع کانسارها بیشتر به صورت رگه و رگچه ای، پرکننده حفره ها، جانشینی و گاهی پراکنده نیز دیده شده است. از جمله باطله های این نوع از کانسارها می توان به کلسیت، سیلیس و به مقدار کم کلریت اشاره کرد.

آندزیتی-بازالتی آهکی قلیایی تا اندزیتی-داسیتی است [۲۰-۲۲]. در منطقه مس کیمیا نیز، سنگ میزبان پیروکسن آندزیت و کنگلومرای آتشفشانی ائوسن است. هندسه کانسار نوع مانتو در منطقه مس کیمیا مانند کانسار نوع مانتوی شیلی چینه‌کران است (جدول ۴).

کانی‌سازی مس در منطقه کیمیا نیز با کمربندهای ماگمایی

پهنه فرورانش ائوسن در ارتباط بوده و کانی‌سازی در واحدهای آندزیتی و کنگلومرا و همچنین در مرز بین این واحدها رخ داده است. کانی‌های اصلی در کانسار نوع مانتو در شیلی شامل کالکوزیت، پیریت، کالکوپیریت بورنیت و دیژنیت هستند. در منطقه مس کیمیا، کانی اصلی کالکوزیت و به مقدار کمتر کالکوپیریت و پیریت است (جدول ۴).

جدول ۴ مقایسه کانی‌سازی مس در منطقه کیمیا با کانسارهای نوع مانتو در ایران و شیلی.

ویژگی/کانسار	کیمیا شمال غرب بردسکن	کال ابری شمال غرب بردسکن	ورزگ قائن	کوشک بهرام ایران مرکزی	کشکویه رفسنجان	نوع مانتو شیلی
سنگ میزبان	پیروکسن آندزیت تا الیوین‌بازالت با بافت پورفیری و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی	آندزیتی، بازالتی و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی	آندزیت تا آندزیت-بازالت بادامکی و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی	آندزیت تا تراکی آندزیت حفره‌دار و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی	آندزیت با شکل‌های بادامکی و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی	آندزیت با شکل‌های بادامکی، ریوداسیت و دیگر سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی
هندسه	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران
کانی‌های اصلی	کالکوزیت، کوولیت، پیریت	کالکوزیت، کالکوپیریت، بورنیت، مس طبیعی، پیریت	کالکوزیت، دیژنیت، کوولیت، بورنیت، مس طبیعی و کمی کالکوپیریت	پیریت، کالکوپیریت، کالکوزیت، بورنیت، دیژنیت به همراه مقدار بالایی هماتیت و گوتیت	بورنیت، کالکوزیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت به همراه مقدار بالایی هماتیت	بورنیت و کالکوزیت، کالکوپیریت، پیریت، دیژنیت به همراه مقدار بالایی هماتیت
ساخت و بافت	رگه و رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی	رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی	رگه-رگچه‌ای، پرکننده بادامک‌ها، پراکنده	پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، جانشینی (پیریت)	پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، جانشینی (پیریت و پیرویتومن)	پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده، رگه-رگچه‌ای، جانشینی (پیریت و پیرویتومن)
باطله همراه رگچه‌ها	کربنات، سیلیس	کربنات، سیلیس	_____	کربنات، کلریت، سیلیس، هماتیت و فلدسپات قلیایی	کربنات، به مقدار کمتر سیلیس، کلریت، هماتیت و فلدسپات قلیایی	کربنات و کلریت، سیلیس، هماتیت و فلدسپات قلیایی
دگرسانی	پروپیلیتیک، کربناتی، سیلیسی، زئولیتی، کلریتی	پروپیلیتیک، کربناتی، سیلیسی، زئولیتی، کلریتی	کربناتی، کلریتی، پروپیلیتیک	گسترش ضعیفی شامل کربناتی، پروپیلیتیک، سرسیتی، سیلیسی، هماتیتی و آرزلیک	گسترش ضعیفی شامل کربناتی، هماتیتی و سرسیتی	گسترش ضعیفی شامل کربناتی، سیلیسی، پروپیلیتیک، سرسیتی و هماتیتی
مرجع	این پژوهش	[۶]	[۲۵]	[۲۶]	[۲۷]	[۲۴-۲۱]

[2] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., Mazaheri S.A., "Geology, mineralization and geochemistry of Tak I, Taknar polymetal massive sulfide (Cu-Zn-Au-Ag-Pb) deposit, Khorasan-Bardaskan", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol. 12, No. 2 (2004) 253-272.

[3] Taghadosi H., Malekzadeh Shafaroudi A., "Mineralogy, alteration, geochemistry, and fluid inclusion studies of Fe oxide-copper mineralization of Namegh area, NE Kashmar", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol. 26, No. 3 (2018) 541-554.

[4] Shojaezadeh Sh., Ebrahimi Nasabadi Kh., Haidarian Shahri M.R., "Estaj manganese mineralization, an example of volcano - sedimentary type manganese mineralization in the south of West Sabzevar" Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol. 25, No. 2 (2017) 411-426.

[5] Abbasnia H., Karimpour M., Malekzadeh Shafaroudi A., "Damanghor intermediate sulfidation epithermal Au mineralization, Northern Bardaskan: geology, alteration, mineralization, and geochemistry." Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol. 27, No. 3 (2019) 621-634.

[6] Jabari E., Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., "Stratified copper deposit (Manto-type) Cal Abri in Eocene volcanic-sedimentary complex northwest of Bardaskan, northeast of Iran", Journal of advanced applied geology. Vol. 7, No. 1 (2017) 1-19.

[7] Mahvashi M., Malekzadeh Shafaroudi A., "Cheshmeh Gaz (Nasim) copper deposit, NW Bardaskan: mineralogy, alteration, geochemistry, and determination of model", Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol. 24, No. 3 (2016) 419-434.

[8] EftekhariNezhad J., Aghanabati A., Hamzehpour B., Baroyant V., "1:250000 Geological map of Kashmar" Geological and mineralogical exploration survey of Iran, (1976).

همچنین کانی‌های باطله همراه با رگچه‌ها در کانسار نوع مانتو شیلی بیشتر کربنات و کلریت و مقدار محدودی سیلیس بوده که در منطقه مس کیمیا نیز باطله‌های غالب کربناتی و کلریتی هستند (جدول ۴).

برداشت

با بررسی‌های انجام‌شده در منطقه مس کیمیا و مقایسه آن با کانسارهای نوع مانتو در شیلی و ایران می‌توان نتیجه گرفت که براساس موقعیت زمین‌ساختی، سنگ میزبان، هندسه و سایر ویژگی‌ها، منطقه مس کیمیا از نوع مانتو و روزادی است. همچنین با توجه به گسترش توالی آتشفشانی-رسوبی ائوسن در شمال غربی بردسکن و وجود کانی‌سازی‌های متعدد مس چون چشمه‌گز (نسیم)، دهنه سیاه، چشمه هادی، زنگالو، چشمه مرضیه، رهبری، چشمه‌های و ریزاب که ویژگی‌های زمین‌شناسی کانی‌سازی مشابه دارند، این منطقه یک کمربند مهم برای ذخایر مس نوع مانتو (چینه‌کران) در شمال شرقی ایران است. از این رو لازم است که برنامه‌های تفصیلی اکتشافی برای این بخش در دستور کار قرار بگیرد.

قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۳/۵۲۰۶۷ مورخ ۱۳۹۹/۲/۹ انجام شده است. از جناب آقای مهندس علیرضا ماهی فیض‌آبادی برای همکاری‌های لازم و در اختیار قرار دادن اطلاعات زمین‌شناسی و زمین‌شیمی ترانشه‌ها و گمانه‌ها و همچنین اجازه بررسی گمانه‌های منطقه سپاسگزاریم. از جناب مهندس حمید حافظی مقدس برای کمک در تهیه مقاطع مربوط به منطقه بسیار متشکریم.

مراجع

[1] Lindenberg, H. G., Görler, K., Ibbeken. H., "Stratigraphy, structure and orogenetic evolution of the Sabzevar Zone in the area of Oryan Khorasan, NE Iran", Geol Surv Iran Rep, Vol. 51 (1978) 120-143.

- [19] Espinnoza, S., Veliz, H., Esquivel, J., Arias, J., Moraga, A. (1996), "*The cupriferous province of the Coastal Range, northern Chile*", Soc. Econ. Geol. Spec. Publ., 5, p. 19-32.
- [20] Ramirez, L.E., Palacios, C., Townley, B., Parada, M.A., Sial, A.N., Turiel, J.L.F., Gimeno, D., Valles, M.G., Lehmann, B., 2006, "*The Mantos Blancos copper deposit: an upper Jurassic breccia- style hydrothermal system in the Coastal Range of Northern Chile*", Mineralium Deposita, Vol. 41, p. 246-258.
- [21] Tosdal, R. M. & Munizaga, F., "*Lead sources in Mesozoic and Cenozoic Andean ore deposits, north-central Chile (30 – 34°S)*", Mineral Deposita, Vol. 38(2003) 234 – 250.
- [22] Wilson, N. S. F. & Zentilli, M., "*Association of pyrobitumen with copper mineralization from the Uchumi and Talcuna districts, central Chile*", International Journal of Coal Geology, Vol. 65(2006) 158–1.
- [23] Taylor, S. R. & McLennan, S. M., "*The continental crust: its composition and evolution*", Blackwell, Oxford, (1985).
- [24] Morata, D., Aguirre, L., Feraud, G., Fuentes, F., Parada, M. A. & Vergara, M., "*The Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range of central Chile: geochronology and isotopic geochemistry*", III South American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstracts Volume (CD), Sociedad Geológica de Chile, Santiago, Chile, (2001)321–324.
- [25] Alizadeh V., Momenzadeh M., Emami M.H., "*Petrography, Geochemistry, Mineralogy, Fluid Inclusions and Mineralization Study of Vorezg-Qayen Copper Deposit*" Scientific quarterly journal geosciences, Vol. 22, No. 86 (2012) 47-58.
- [26] Jebeli M., Lotfi M., Afzal P., Jafari Rad A.R., "*Kushk-e-Bahram (Manto-type) Stratabound copper mineralization, Central Iran*" National Geosciences Congress, Vol. 38, 2019.
- [9] Shahrabi M., Hoseini M., Shabani K., "*1:100000 Geological map of Bardaskan*", Geological and mineralogical exploration survey of Iran, (2010).
- [10] Hosseini. A., "*Final report of the second phase of exploration(detailed) of Kimia copper ore (2)*", Khorasan Razavi mining engineering system organization, 2018.
- [11] Steele-MacInnis M., Lecumberri-Sanchez P., Bodnar R.J., "*HOKIEFLINCS-H₂O-NACL: A Microsoft Excel spreadsheet for interpreting microthermometric data from fluid inclusions based on the PVTX properties of H₂O–NaCl*", Computer in Geosciences, Vol. 49 (2012) 334–337.
- [12] L. Whitney D., W. Evans B., "*Abbreviations for names of rock-forming minerals*", American Mineralogist, Vol. 95(2010), p. 185-187.
- [13] Roedder. E., "*Fluid inclusions, Reviews in Mineralogy*", Vol. 12 (1984) 644.
- [14] Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M., "*A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*", Blackie and Son, (1985) 239.
- [15] Lecumberri-Sanchez P., Steel-MacInnis M., Bodnar R.J., "*A numerical model to estimate trapping conditions of fluid inclusions that homogenize by halite disappearance*", Geochim Cosmochim Acta, Vol. 92 (2012) 14-22.
- [16] Seward. T.M., 1973., "*Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal solutions*", Geochim, cosmochim, Acta, 37: 379-399.
- [17] Seward, T.M., 1991, The hydrothermal geochemistry of gold, in: Foster, R. P. (ed.), gold metallogeny and exploration, Blackie and Sons Ltd. 432 p.
- [18] Fournier, R.O., "*Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic into brittle rock in the magmatic-epithermal environment*" Econ. Geol.94 (1999) 1193–1212.

Koshkoiye district of Rafsanjan, Dehaj-Sardoiye subzone”, Scientific quarterly journal geosciences, Vol. 24, No. 95 (2015) 123-144.

[27] Abolipour M., Rastad A., RashidNezhad Omran N., “*Manto-type copper mineralization in pyrobitumen-bearing porphyritic andesite,*