چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
www.geoconf.ir

بررسی مدل ژنتیکی کانسار مس رگه‌ای کوه ریگ (جنوب شرق طرود)

زهرا. دهقانی‌پور[1]*، فرجا.، فردوست [2]،حسین مهدیزاده شهری

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود zahradehghan454@gmail.com

[2] دانشیاردانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود faraj_fardoost@yahoo.com

[3] استاد عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

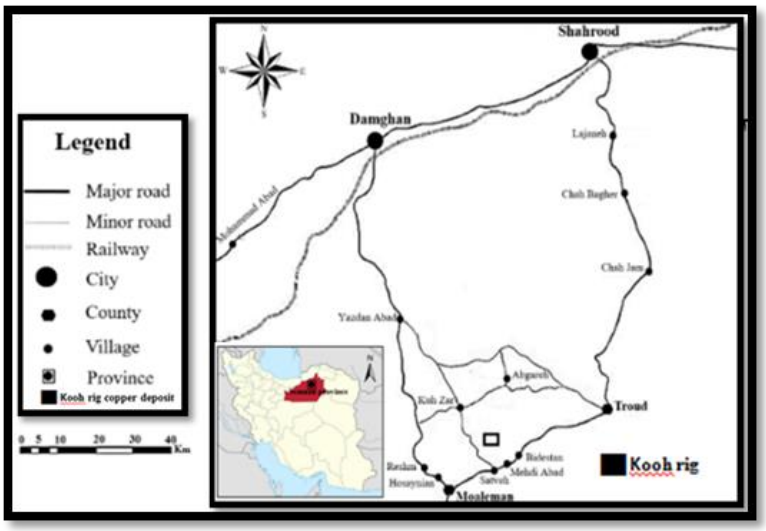
کانسار مس کوه‌ریگ در استان سمنان، ۱۵۰ کیلومتری جنوب شاهرود و ۱۸ کیلومتری جنوب شرق طرود، از نظر موقعیت زمین‌شناسی در دامنه جنوبی نوار آتشفشانی – رسوبی ترود- چاه‌شیرین، ضلع جنوبی ورقه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ طرود قرار واقع شده است. گدازه-های آندزیتی، آندزیت بازالتی، بازالت و سنگهای آذرآواری متعلق به ائوسن میانی میزبان کانه‌زایی می‌باشند. بر پایه مطالعات میکروسکوپی، کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی کانسار در ۶ گروه کانیایی متفاوت قرار می‌گیرند که عبارتند از: ۱.کانی‌های گروه سولفیدی (بورنیت، کالکوسیت، دیژنیت و کوولیت). ۲. کانی‌های گروه کربناته (مالاکیت). ۳. کانی‌های گروه سیلیکاته (کریزوکلا). ۴. کانیهای گروه اکسیدی و هیدروکسیدی (مگنتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت و اکسید منگنز). ۵.کانی‌های کلریدی مس(آتاکامیت و پاراکامیت) ۶. کانی‌های باطله (کوارتز، کلسیت، کلسیت منیزیم‌دار، دولومیت، باریت، ژیپس و کانیهای رسی). در این تحقیق، ضمن مشاهدات صحرایی،کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، مدل کانه‌زایی بطور شماتیک ترسیم و مورد تفسیر قرار گرفته است. بر اساس این تحلیل می‌توان کانسار مس کوه‌ریگ را در گروه کانسارهای مس گرمابی اپی‌ترمال با ساختار رگه‌ای و اپی‌ژنتیک با میزبان آتشفشانی-رسوبی قرار داد.

واژه‌های کلیدی: کانی‌سازی، مدل ژنتیکی، مس گرمابی، کوه ریگ، جنوب شرق طرود.

بحث و بررسی

۱.مقدمه

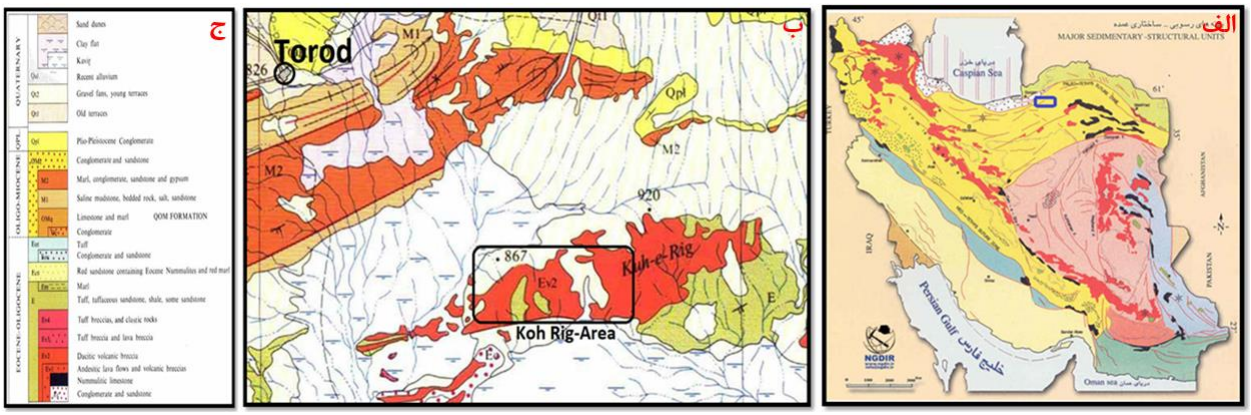
کانسار مس کوه‌ریگ، در استان سمنان، ۱۵۰ کیلومتری جنوب شاهرود و ۱۸ کیلومتری جنوب‌شرق طرود واقع شده است (شکل ۱). با بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی، ساخت و بافت هر کانسار می‌توان به رموز مختلف کانه‌زایی ، فرآیندهای زمین‌شناسی مؤثر بر تشکیل آن، و رفتار عناصر در طی تشکیل پی برد. همچنین مطالعه ساخت و بافت‌های موجود در کانسار می تواند در شناخت ویژگی‌های محیط تشکیل اهمیت داشته باشد که این اطلاعات در تعیین ارزش اقتصادی کانسار و تعیین روش فرآوری ماده معدنی بسیار موثر می باشد. در این تحقیق، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و مدل تشکیل کانسار مس کوه‌ریگ مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه

۲.زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی پهنه ایران مرکزی و دامنه جنوبی رشته کوه آتشفشان-رسوبی طرود–چاه‌شیرین واقع شده است [1] که بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ طرود را شامل می‌شود(شکل ۲ الف، ب و ج). گسل طرود-انجیلو و برآمدگی آتشفشانی طرود - چاه شیرین ، مهمترین عارضهٔ زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه می‌باشند. بر پایه مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی، واحدهای سنگی در محدوده کوه ریگ از نظر سنی و لیتولوژیکی شامل: مجموعه آتشفشانی-رسوبی با سن ائوسن میانی ، مجموعه رسوبی با سن الیگومیوسن، دایک‌های صفحه ای دیابازی و رسوبات عهد حاضر(پوشاننده واحدهای قبلی) می‌باشند [2]. بر اساس شواهد صحرایی و مطالعات میکروسکوپی، کانه‌زایی در منطقه کوه‌ریگ ، درون واحدهای آتشفشانی (گدازه و پیروکلاستیک) دگرسان و به مقدار ناچیز در رسوبات تخریبی الیگومیوسن رخ داده است.



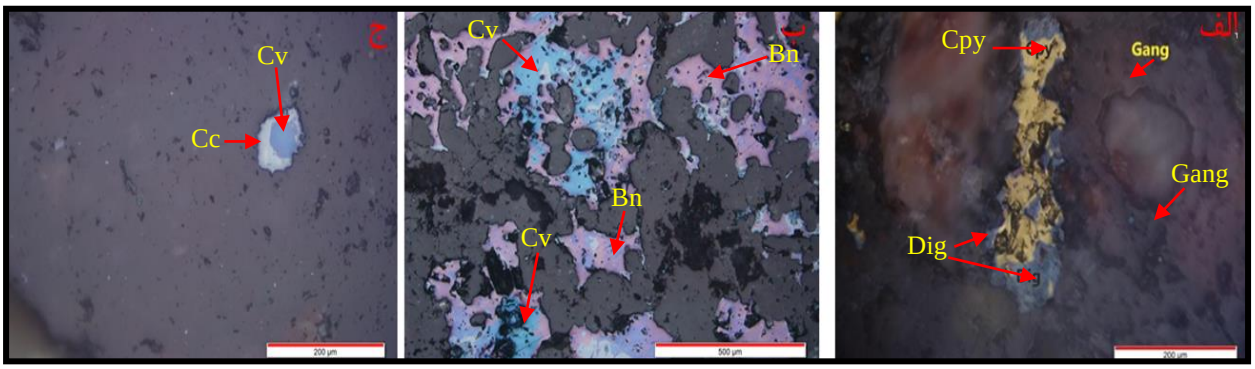
شکل ۲- الف) موقعیت نوار آتشفشانی- رسوبی طرود-چاه شیرین بر روی نقشه پهنه بندی ساختاری-رسوبی ایران(کادر آبی). ب) موقعیت کانسار کوه-ریگ بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ طرود. ج) راهنمای نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ طرود

۳.کانی سازی

مطالعه کانی‌های تشکیل دهنده و توالی پاراژنزی کانی‌ها، اطلاعات سودمندی در باره شرایط محیطی تشکیل هر کانسار را در اختیار می گذارد([3]. بر اساس مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته، کانی‌های تشکیل دهنده کانسار از نظر ترکیب شیمیایی در ۶ گروه کانیایی دسته بندی شدند. در زیر خصوصیات برخی از کانه‌های مهم شرح داده شده است.

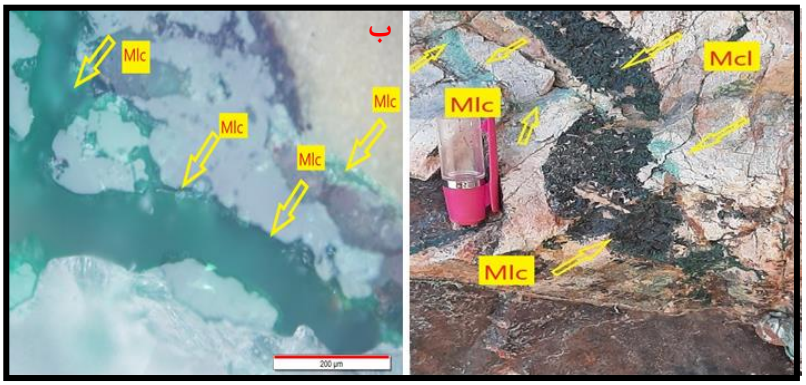
گروه اول شامل کانی‌های سولفیدی بوده که شامل: پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، کالکوسیت، دیژنیت و کوولیت می‌باشند. **پیریت** (FeS_2) جزء سختترین سولفیدها و سیستم تبلور کوبیک، سطح شکست صدفی و ناصاف و رنگ زرد از خصوصیات فیزیکی آن میباشد. معمولاً در حضور اکسیژن، آب و در محیط های سطحی که شرایط برای اکسید شدن آن مهیا باشد، ناپایدار است[4]. در محدوده مورد مطالعه از فراوانی کمی برخوردار بوده که احتمالاً در نتیجه قرارگیری در شرایط اکسیدان به اکسیدهای آهن تبدیل شده است. **کالکوپیریت** ($CuFeS_2$) در نمونه دستی رنگ زرد برنجی و خط اثر مایل به سبز تیره دارد. در مقاطع صیقلی با رنگ زرد برنجی، انعکاس بالا و آنیزوتروپی ضعیف مشخص می‌شود. کالکوپیریت یک کانی هیپوژن (اولیه) دما بالا است که در مرکز سیستم کانه‌زایی هیدروترمالی تشکیل و در شرایط سطحی و اکسیدان با حضور اکسیژن بسیار ناپایدار بوده و به کانی‌های ثانویه آهن‌دار و مس‌دار تجزیه می‌شود. آهن آزاد شده از تجزیه کالکوپیریت با اکسیژن محیط، تشکیل گوتیت و مس آزاد شده با گوگرد تشکیل کالکوسیت و کوولیت و در شرایط اکسیدان تشکیل مالاکیت داده است (شکل۲.الف). **بورنیت** (Cu_5FeS_4) ، یک کانی مشترک مس و آهن است. در نمونه دستی رنگ قرمز مسی، قهوه‌ای تا برنزی متغییر است و در مقاطع صیقلی با رنگ صورتی تا بنفش، انعکاس متوسط و آنیزوتروپی ضعیف مشخص می‌شود. بورنیت یک کانی هیپوژن دما بالا است که در مرکز سیستم کانه‌زایی هیدروترمالی تشکیل و در شرایط سطحی و اکسیدان با حضور اکسیژن بسیار ناپایدار بوده و به کانی‌های ثانویه آهن‌دار و مس‌دار تجزیه می شود. آهن آزاد شده از تجزیه بورنیت با اکسیژن محیط، تشکیل گوتیت و مس آزاد شده بگوگرد تشکیل کالکوسیت و کوولیت و در برخی مقاطع سبب تشکیل مالاکیت شده است. بافت جانشینی و بافت باقیمانده (جزیره‌ای) حاصل این فرایند می‌باشد. (شکل۲.ب) **کالکوسیت** (Cu_2S) در نمونه دستی به رنگ سیاه تا نقره ای با جلای فلزی و از لحاظ محیط تشکیل بیشتر در کانسارهای هیدروترمال، پورفیری و سوپرژن دیده می‌شود [5]. کالکوسیت در مقاطع صیقلی به‌صورت بافت دانه‌پراکنده و بیشتر جانشینی، همراه با کوولیت و مالاکیت مشاهده می‌شود. کالکوسیت حاصل از جانشینی به جای بورنیت و کالکوپیریت را اصطلاحاً کالکوسیت ثانویه می‌نامند ولی بندرت در مرکز برخی رگه‌های کانه‌دار

کالکوسیت اولیه نیز تشکیل شده است (شکل۲.ب). تشکیل **کوولیت** (**CuS**) در یک مجموعه مینرالی می‌تواند نشانه‌ای از تأثیر آبگون‌های اکسیدی و شستشوی مس در محیط سنگ باشد [6]. این کانه ثانویه در مقاطع صیقلی دارای رنگ آبی، طیفی از آبی تیره و آبی نیلی تا سفید مایل به آبی، چندرنگی قوی و آنیزوتروپی بالا و به صورت جانشینی در حاشیه کانی‌های بورنیت و کالکوسیت با بافت جانشینی، توده‌ای و پراکنده مشاهده می‌شود(شکل۲.پ).



شکل۲. الف) تصویر میکروسکوپی یک نمونه مقطع صیقلی. حضور کانه‌های کالکوپیریت و دیژنیت با بافت توده‌ای در زمینه باطله. ب) تصویر میکروسکوپی یک نمونه مقطع صیقلی. حضور کانه‌های بورنیت و کوولیت با بافت توده‌ای و جانشینی. ج) تصویر میکروسکوپی یک نمونه مقطع صیقلی. حضور کانه کولیت با بافت پرکننده فضای خالی.

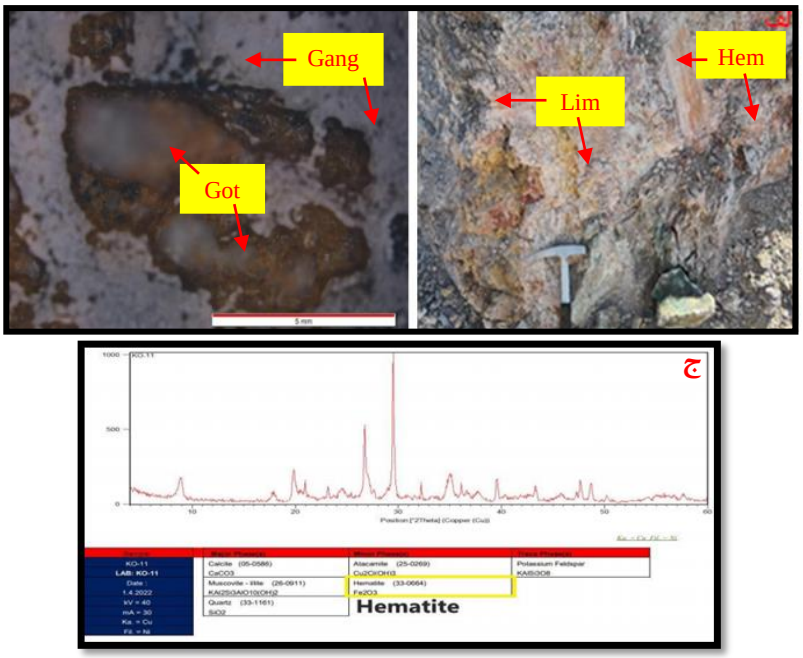
کانی‌های گروه کربناته دومین گروه کانیایی را تشکیل می‌دهند که شامل مالاکیت و آزوریت می‌باشد. **مالاکیت** (**$Cu_2(CO_3)(OH)_2$**)، فراوانترین کانی کربناته مس در طبیعت است و نام دیگر آن مرمر سبز است. مالاکیت فراوانترین کانی مس در محدوده مورد مطالعه می-باشد. آزوریت دیگر کانی کربناته مس است که فراوانی بسیار کمی در کانسار کوه ریگ دارد. مالاکیت در نمونه دستی به رنگ سبز و در مقاطع صیقلی به رنگ سبز با انعکاس کم، آنیزوتروپی و انعکاس داخلی قوی (سبز) با ساخت و بافت رگه –رگچه‌ای، شکافه پرکن، جانشینی، توده‌ای و پراکنده می‌باشد . ساختار رگه‌ای و رگه-رگچه‌ای اصلی‌ترین ساخت مشاهده شده از جمله ساخت غیرهمزاد (اپی-ژنتیک) در منطقه مورد مطالعه است[7] .



الف

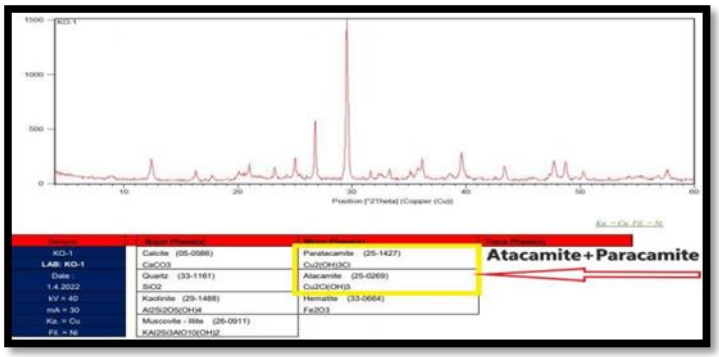
شکل۳. الف) تصویر صحرایی از مالاکیت. ب) تصویر میکروسکوپی یک نمونه مقطع صیقلی. حضور کانه مالاکیت با بافت رگه-رگچه‌ای.

کانی‌های گروه سیلیکاته سومین گروه کانیایی را تشکیل می‌دهند. **کریزوکلا** (**$(Cu,Al)_2H_2SiO_2.nH_2O$**)، تنها کانی سیلیکاته مس در این محدوده است که به صورت رگه‌ای و یا پراکنده فضای خالی با فراوانی نسبتاً ناچیز در اغلب نمونه‌ها به همراه مالاکیت دیده می‌شود و با رنگ آبی تا سبز-آبی، خط اثر سفید، شکستگی صدفی و جلای شیشه‌ای تا خاکی شناخته می‌شود. چهارمین گروه کانیایی شامل کانی‌های اکسیدی و هیدروکسیدی مانند مگنتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت و اکسید منگنز است. **لیمونیت**(**$FeOOH.nH_2O$**)، کانی اکسید آهن آبدار و غالباً به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای می‌باشد که بیشتر در قسمت‌های اکسیدان و به صورت ثانویه در سطح کانسار دیده می‌شود. در واقع این کانی محصول نهایی دگرسانی و هوازدگی اکسید و سولفیدهای آهن است که در بخش‌هایی از محدوده مشاهده می‌شود (شکل۴-الف). **گوتیت** (**$FeO.OH$**) دارای خاصیت مغناطیسی و پارامغناطیسی و منشأ آن ثانویه است. بر اثر پدیده انحلال و اکسیداسیون سطحی، کانیهای سولفیدی در قسمت سطحی کانسار دچار انحلال شده و یون گوگرد آنها از محیط خارج و هیدروکسیدهای آهن برجای مانده است. حضور گوتیت نشانگر نسبت اندک پیریت به کالکوپیریت، اسیدیته کم و میزان سولفید کل پایین است [8] (شکل ۴-ب). **مگنتیت** (**Fe_3O_4**) در منطقه مورد نظر بصورت اولیه و همزاد (سین‌ژنتیک) داخل سنگ میزبان تشکیل شده است. این کانی در مقاطع صیقلی به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای دیده می شود، آنیزوتروپ است و بازتابش داخلی ندارد. مگنتیت در کانسار مورد مطالعه فراوانی خیلی کمی دارد و به علت فوگاسیته بالای اکسیژن محیط، به هماتیت تبدیل شده است. **اکسیدهای منگنز** (**MnO_2**) به میزان کم به همراه مالاکیت در سطوح درزه‌ها و شکاف‌ها به شکل دندریتی و نقطه‌ای دیده می‌شوند. **هماتیت** (**Fe_2O_3**) یک کانی محیط اکسیدان است و اغلب در افق بالایی کانسارهای سولفیدی تشکیل می‌شود. برای تشکیل هماتیت، حضور اکسیژن ضروری است که برای این امر یک منبع خارجی لازم است تا اکسیژن مورد نیاز را فراهم کند و محتمل‌ترین منبع اکسیژن، آب‌های جوی هستند که در اثر چرخش در قسمت بالای کانسار باعث اکسیده شدن قسمتفوقانی کانسار می‌شود. از کانی‌های همراه آن می‌توان به مگنتیت، گوتیت و لیمونیت اشاره نمود .احتمالاً هماتیت بیشتر جایگزین پیریت و کالکوپیریت شده است. حضور هماتیت در نمودار پراش اشعه ایکس شناسایی شده است (شکل ۴-ج).



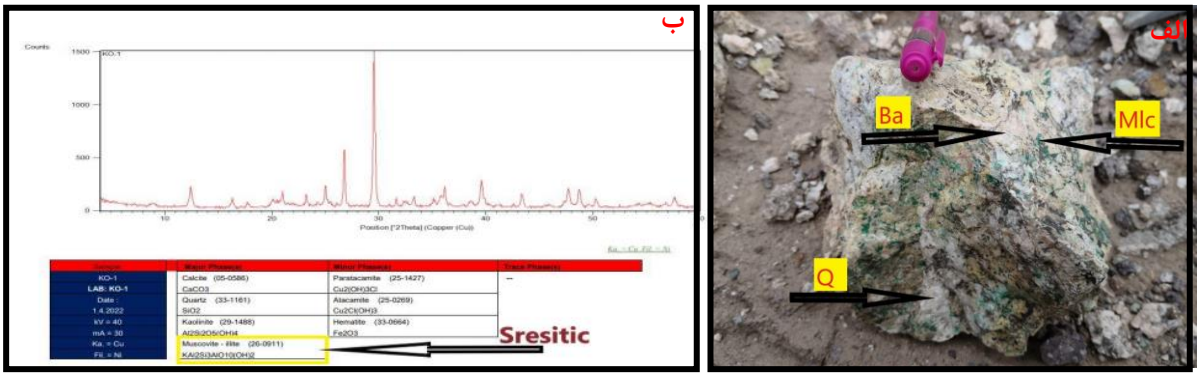
شکل۴.الف) تصویری از دیواره ترانشه اکتشافی که لیمونیتی شدن و هماتیتی شدن را نشان می‌دهد. ب) تصویر میکروسکوپی از حضور کانی گوتیت در یک نمونه صیقلی مربوط به محدوده مورد نظر. پ) نمودار پراش اشعه ایکس و شناسایی هماتیت بعنوان یک کانی اکسیدی در کانسار.

کانی‌های کلریدی مس پنجمین گروه کانیایی شناخته شده در محدوده‌ی کوه‌ریگ می‌باشند. به دلیل محیط تبخیری و حضور کانی‌های تبخیری مانند نمک، عنصر مس در فاز کلریدی نیز ظاهر شده است. مهمترین کانی‌های کلریدی مس در نمونه‌های مورد مطالعه آتاکامیت و پاراکامیت هستند که فقط در آنالیز پراش اشعه ایکس شناسایی شدند (شکل ۵).



شکل۵. نمودار پراش اشعه ایکس و شناسایی دو کانی آتاکامیت و پاراکامیت

آخرین گروه از کانی‌های محدوده، مربوط به گروه باطله می‌باشد که شامل کوارتز، کلسیت، کلسیت منیزیم‌دار، دولومیت، باریت، ژیپس و کانی‌های رسی است. از فراوانترین کانی باطله محدوده مورد نظر می‌توان به کلسیت ($CaCO_3$) اشاره کرد که بیشتر به صورت پرکننده درزه‌ها و شکستگی‌های سنگ میزبان یافت می‌شوند. کوارتز (SiO_2) در کانسار مورد مطالعه به صورت پرکننده شکستگی‌ها و حفرات موجود در سنگ میزبان یافت می‌شود. ژیپس در برخی قسمت‌های محدوده بصورت رگچه‌های باریک در افق‌های شدیداً دگرسان و اکسیدان یافت می شود. این کانی در نتیجه آزاد شدن گوگرد از ساختمان کانی‌های سولفیدی در شرایط اکسیدان و ترکیب شدن با کلسیم تشکیل شده است. باریت ($BaSO_4$) عمدتاً در محدوده دمای پایین دیده می‌شود[9] .در بخش جنوبی این محدوده، باریت به حالت رگه- رگچه‌ای و حفره پرکن یافت می‌شود (شکل ۶-الف). در برخی نقاط رگه‌های باریت ضخامت قابل توجهی دارند که بعنوان ماده معدنی استخراج می‌شود. کانی‌های رسی از جمله: کائولینیت، ایلیت، مونتموریونیت و مسکویت در بخش‌های شدیداً دگرسان و آرژیلیتی از فراوانی بالایی برخوردار می‌باشند(شکل ۶-ب).



۶- الف) نمونه دستی حاوی رگه-رگچه های مالاکیت، باریت و کوآرتز در محدوده‌ی مورد مطالعه. ب) نمودار پراش اشعه ایکس حاوی مسکوویت که معرف دگرسانی سریسیتیک می‌باشد.

۴.ژئوشیمی کانسار

ارتباط بین عناصر یکی از مهم‌ترین پرسش‌هایی است که ژئوشیمی‌دانان هنگام بررسی جدول داده‌های ژئوشیمیایی مطرح می‌کنند. این بررسی معمولاً با استفاده از روش‌های آماری همبستگی صورت می‌گیرد. بر این اساس به منظور شناخت ارتباط معنادار بین عناصر مختلف در تفسیر صحیح داده‌های ژئوشیمیایی و درک بهتر شرایط محیطی و کانه‌زایی صورت گرفته در منطقه، از ضریب همبستگی استفاده شده است(جدول۱). همانطور که مشاهده می‌شود عنصر نقره همبستگی مثبت متوسط به رنگ نارنجی با آرسنیک و همبستگی مثبت ضعیف به رنگ نارنجی با سرب دارد و همبستگی منفی متوسط به رنگ آبی با عناصر کروم، آهن و نیکل دارد. عنصر آرسنیک همبستگی مثبت قوی با سرب به رنگ قرمز، همبستگی مثبت ضعیف با روی به رنگ نارنچی و همبستگی منفی ضعیف به رنگ آبی با عناصر کلسیم و منگنز دارد.

عنصر مس همبستگی مثبت متوسط با آهن و روی دارد که به دلیل وجود کانه‌های کالکوپیریت و بورنیت می‌باشد. و همبستگی مثبت ضعیف با عناصر کروم، کبالت، مولیبدن و نیکل دارد. کبالت همبستگی مثبت قوی با عنصر روی و همبستگی مثبت متوسط با آهن و کروم دارد. کروم همبستگی مثبت قوی با آهن به رنگ قرمز دارد و همبستگی مثبت متوسط با عنصر کبالت، نیکل و روی دارد. همبستگی منفی متوسط به رنگ زرد با نقره دارد. سرب همبستگی مثبت قوی با آرسنیک و همبستگی مثبت متوسط با مولیبدن دارا می‌باشد. روی همبستگی مثبت قوی با کبالت و همبستگی مثبت متوسط با آهن، مس، کروم و آرسنیک دارد.

جدول ۱: ضریب همبستگی بین بعضی از عناصر به روش پیرسون (Pearson) در نمونه‌های کانسار مس کوه‌ریگ

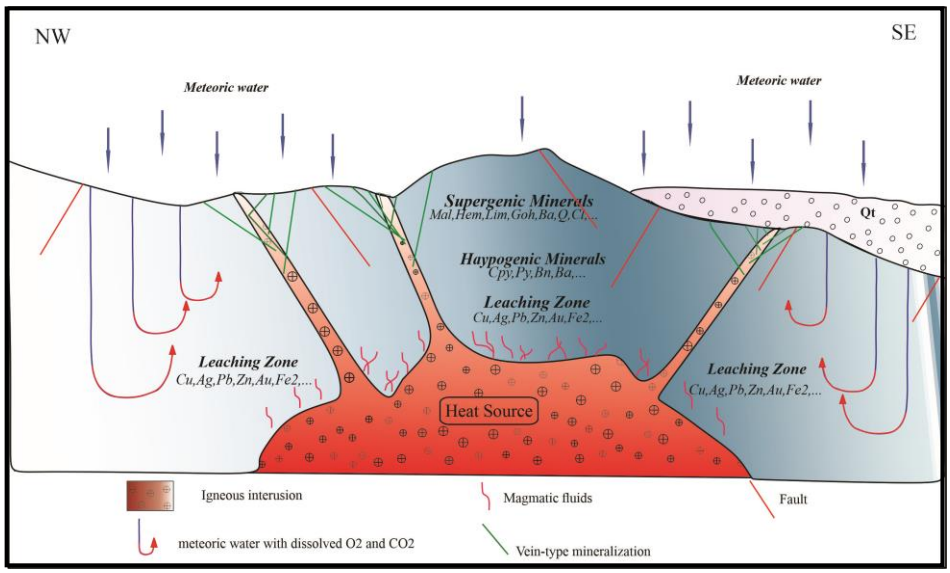
	Ag	As	cu	Ca	Co	Cr	Fe	Mg	Mo	Ni	Pb	Zn
Ag	1											
As	.449*	1										
cu	-0.355	0.124	1									
Ca	-0.019	-0.218	-0.189	1								
Co	-0.101	-0.023	0.264	0.087	1							
Cr	-.627**	-0.146	0.343	-0.357	.453*	1						
Fe	-.507*	-0.179	.513*	-0.236	.577**	.672**	1					
Mg	-0.311	-0.342	-0.058	0.404	0.005	0.169	0.304	1				
Mo	0.170	0.228	0.205	-0.270	-0.138	-0.048	0.043	-0.066	1			
Ni	-.642**	-0.073	0.105	-0.044	0.140	.583**	0.252	-0.039	-0.018	1		
Pb	0.302	.708**	0.296	-0.388	-0.173	-0.162	-0.069	-0.202	.526*	-0.197	1	
Zn	-0.058	.472*	.595**	-0.191	.718**	0.416	.552*	-0.104	0.188	0.040	0.364	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

۵.مدل شماتیک کانسار مس کوه ریگ

با توجه به مطالب ارائه شده در بخشهای قبلی، جهت درک بهتر نحوه رفتار سیالات گرمابی و همچنین نحوه تجمع و تشکیل ذخیره از سیال کانه‌دار در کانسار، مدل پیشنهادی به‌صورت شماتیک در شکل ۷ ارائه گردید. مطالعات ساختاری و کانه‌زایی در منطقه نشان می-دهند که جایگیری سیالات و شکل‌گیری رگه‌های کانه‌دار ارتباط مستقیمی با گسل‌ها و درزه و شکستگی‌ها دارد. در واقع حضور گسل‌های متعدد و همچنین درزه و شکستگی‌های فراوان در منطقه، زمینه را برای نفوذ سیال‌های کانه‌ساز فراهم کرده‌اند. از طرفی، تخلخل و نفوذپذیری بالایی سنگهای آذرآواری نیز در حرکت این سیالات بی‌تأثیر نیستند. بعلاوه درصدی از این گسل‌ها و شکستگی‌ها بعد از کانه-سازی تشکیل و گسترش یافته‌اند که نقش مؤثری در اکسیداسیون کانه‌ها و توسعه پهنه‌های اکسیدی در بخش فوقانی کانسار دارند. به‌نظر

می‌رسد که سیال‌های گرمابی فعال شده در کانسار کوه‌ریگ، در طی تزریق توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق به درون واحدهای میزبان، مس و عناصر دیگر را از سنگ‌های منطقه شسته و پس از چرخش در واحدهای سنگی و حرکت به سوی بالا، در امتداد گسل‌ها و درزه و شکستگی‌ها و همچنین مناطق نفوذپذیر سنگ میزبان نهشت داده است. بی‌شک این توده‌های نفوذی می‌توانند نقش معنی‌داری را به‌عنوان منبع حرارتی احتمالی بازی کرده و سبب جریان همرفتی آب‌های جوی مرتبط با سطح و آبهای زیرزمینی پیرامون خود شده باشند. با افزایش غلظت مس، کانی‌هایی نظیر کالکوپیریت و بورنیت شکل می‌گیرند. در ضمن کلسیت و کوارتز نیز به‌طور گسترده و همزمان با این کانه‌های سولفیدی به‌صورت اولیه تشکیل شده‌اند. در پی تغییر ماهیت سیالات به‌علت افزایش نفوذ آبهای سرد جوی و اختلاط هر چه بیشتر سیالات با یکدیگر و همچنین تغییر محیط ته‌نشست، کانه‌زایی مرحله بعدی یعنی سوپرژن و هوازدگی رخ داده است. در منطقه اکسایش، برخورد سیالات اکسیدان با پیریت باعث تجزیه این کانی به سولفات فریک و اسیدسولفوریک می‌گردد که سبب می شود تا آب‌های جوی بتوانند فلزات کانسنگ‌ها را حل کنند و در نتیجه باعث تشکیل کانی‌های هماتیت، لیمونیت و یا گوتیت در نزدیکی سولفیدهای مس شوند. آهن در بخش‌هایی که شدت فرآیند اکسیداسیون زیاد بوده، به‌طور کامل به هماتیت تبدیل شده است. علاوه بر این گوگرد آزاد شده، عاملی برای تشکیل ژیپس در رخنمون‌های سطحی منطقه محسوب می‌شود. اما در زیر سطح ایستابی پیریت به‌صورت دیگری ظاهر می‌شود و گوگرد خود را به آسانی در اختیار یون‌های مس، نقره و فلزهای دیگر می‌گذارد. بدون شک مس موجود در محلول می‌تواند گوگرد کانی‌های پیریت، کالکوپیریت و بورنیت را از آن خود کند و جانشین آهن در کانی‌های مذبور شود و در مناطق غنی شده برونزاد، به‌صورت کالکوسیت یا کوولیت نهشته و یونهای آهن نیز به فاز محلول وارد شوند. به علاوه، مالاکیت و کریزوکولا نیز از آب‌های رقیق‌تر و دارای مس کمتر، در محیط اکسیدان به‌صورت رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضاهای خالی و شعاعی شکل گرفته‌اند.



شکل ۷- مدل شماتیمکی تشکیل کانسار مس کوه‌ریگ

نتیجه گیری

براساس مشاهدات صحرایی و مطالعات کانه‌نگاری، کانه‌زایی در دو مرحله درونزاد(هیپوژن) و برونزاد (سوپرژن و هوازدگی) صورت گرفته که کانه‌های پهنه درونزاد (هیپوژن) را عموماً پیریت، کالکوپیریت و بورنیت تشکیل می‌دهند. همچنین بخش اعظم کانه‌های فاز اصلی کانه‌زایی به دلیل قرار گرفتن در پهنه اکسیدان-سوپرژن از بین رفته و کانی‌های ثانویه مس نظیر کالکوسیت،کوولیت، مالاکیت و

کریزوکولا به جای آن‌ها تشکیل شده‌اند. ساختارهای گسلی و شکستگی‌ها نقش اساسی در حرکت مذاب و همجنین چرخش سیالات گرمابی و در نهایت ایجاد فضای مناسب برای تجمع کانی‌ها و توده نفوذی نقش موتور حرارتی و گرم کردن آبهای فرورو داشته است.

منابع

[1]. آقانباتی س.ع، (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" چاپ اول، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ص۶۰۸

-[2]. بادوزاده کانرش، ح. حسن‌نژاد، ع. آ. ظهیری، ر. (۱۳۹۰). " بررسی کانه‌زایی کانسار آهن رباعی دامغان بر اساس مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمی، دانشگاه دامغان".

[3] Craig G.R. and Vaughan, P. (1994), "*Ore Microscopy and Ore Petrography"*. John Wiley and Sons, 434p. Institute, Falls Church, Virginia, 751p.

[4] Ramdohr, P. (1980) The Ore Minerals and Their Intergrowths. Pergamon Press, Oxford, 440 p.

[5] Marshal D., (Lyn)Anglin C. D., and Mumin H., 2004. "*Ore Mineral Atlas*".107 Page, Translated by: Zarasvandi A, Shahid Chamran University of Ahvaze.

[6] اسماعیلی زینلی،م. کریم‌پور،ح. و ملک‌زاده شفارودی،آ . (۱۳۹۳)، "سنگ‌نگاری، دگرسانی، کانی‌سازی و پیجویی-های ژئوشیمیایی در منطقه ی شمال غرب ارغش نیشابور "، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال ۲۲ ، شماره ۱، ص ۶۳ تا ۷۴.

[7] .Haynes D. W., Cross K. C., Bills R. T., Reed M. H. (1995). "Olympic Dam ore genesis; a fluid-mixing model". Economic Geology, 90(2), pp. 281 -307

[8] . Sillitoe R. H. (2005) "Supergene oxidized and enriched porphyry copper and related deposits" Economic Geology, 100, pp 723-768.

[9] Pirajno F. (2009), "Hydrothermal processes associated with meteorite impacts. In:Hydrothermal Processes and Mineral Systems Springer", Dordrecht, pp. 1097-1130.