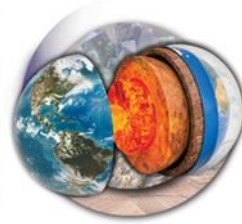


بسمه تعالی



۴۱ چهل و یکمین
گردهمایی (همایش ملی)
علوم زمین
The 41th National
Geosciences Congress



عنوان: بررسی زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، مینرالوگرافی و دگرسانی اندیس پلی‌متال قوری‌درق- آذربایجان شرقی

اسامی نویسندگان: مریم معصومی^۱، سید غفور علوی^۲، وارطان سیمونز^۳ حسین ناصری^۴

^۱ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران Masoomiimaryam@gmail.com

^۲ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران ghafour-alavi@tabrizu.ac.ir

^۳ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران Simmonds-vartan@yahoo.co.uk

^۴ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران hossein.nasari62@gmail.com



چکیده

محدوده کانی سازی طلای قوری درق در ۵۰ کیلومتری شهرستان میاندواب، ۲۵ کیلومتری غرب قره آغاج، در استان آذربایجان غربی قرار دارد. این محدوده از لحاظ زمین شناسی ساختاری در زون البرز-آذربایجان و زیر زون تکاب قرار گرفته است. واحد های رخنمون یافته در این محدوده شامل شیست های پرکامبرین، شیل های کهر، واحدهای توفی-آندزیتی و توده های داسیتی و توده های نفوذی دیوریتی الیگوسن-میوسن و واحدهای کواترنری می باشد. بخش شرقی منطقه که بیشتر از برونزدهای پرکامبرین و پالئوزوئیک، سنگ های دگرگونی گنایس و آمفیبولیت تشکیل شده، دارای سیمای فرسایشی خشن و دره های کم شیب است. در حالی که بخش میانی آن به طور عمده از نهشته های کنگلومرای و رسوبات مخروط افکنه ای پلیوسن و کواترنری تشکیل شده و دارای سیمای فرسایشی ملایم است. سنگ های آذرآواری مربوط به ترشیری بخش عمده ای از غرب را پوشش داده است. در این محدوده با توجه به فعالیت های آتشفشانی و ساب ولکان، با شواهد دگرسانی بسیاری مواجه می شویم. در زون های دگرسان حضور رگه و رگچه های سیلیسی بسیار فراوان است. کانی سازی به صورت رگه ای و زون های اکسید آهن در داخل واحدهای شیستی پرکامبرین و شیل کهر واقع گردیده است. هدف از این مطالعه بررسی زمین شناسی، کانی شناسی، مینرالوگرافی و دگرسانی اندیس پلی متال قوری درق می باشد. بر اساس مشاهدات صحرایی، بزرگترین رگه سیلیسی کانه دار دارای طول تقریبی ۱۸۰۰ متر، عرض ۵ متر می باشد. بیشترین کانی سولفیدی درون رگه های سیلیسی شامل پیریت است. همچنین، در رخنمون های سطحی، بخش های سیلیسی دارای آغستگی شدید به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن می باشند و رنگ سیلیس قهوه ای تا خاکستری است. دگرسانی غالب در این منطقه آرژیلیکی می باشد. در این مطالعه سعی بر این خواهد بود که با تکیه بر بررسی های صحرایی، کانی شناسی اطلاعات جامعی از نوع سنگ های درونگیر رگه ها، فرم کانی سازی و دگرسانی های رخ داده، زون های دگرسانی و در آخر تیپ کانی سازی ها ارائه شود.

کلمات کلیدی: زمین شناسی، کانی شناسی، مینرالوگرافی، دگرسانی، قوری درق

ABSTRACT

Ghori Deragh gold mineralization area is located 50 km from Miandovab city, 25 km west of Qara Aghaj, in west Azerbaijan province. In terms of structural geology, this area is located in the Alborz-Azerbaijan zone and under the Takab zone. Outcrop units in this area include Precambrian schists, kahar shales, tuff-andesite units and dacite masses and Oligocene-Miocene diorite intrusive masses and Quaternary units. The eastern part of the region, which is mostly composed of Precambrian and Paleozoic outcrops, gneiss and amphibolite metamorphic rocks, has a rough erosion surface and shallow valleys. While its middle part is mainly composed of conglomerate deposits and sediments of Pliocene and Quaternary alluvial cones and has a mild erosion surface. Tertiary pyroclastic rocks have covered a major part of the west. In this area, due to the volcanic and subvolcanic activities, we encounter many alteration evidences. In the alteration zones, the presence of silica veins is very abundant. Mineralization in the form of veins and iron oxide zones is located inside Precambrian schist units and Kahr shale. The purpose of this study is to investigate the geology, mineralogy, mineralogy and alteration of the polymetallic index of Gouridargh. For this purpose, 8 types of metamorphic rocks have been analyzed by ICP-MS. According to field observations, the largest mineralized silica vein has an approximate length of 1800 meters and a width of 5 meters. The most sulphide minerals in siliceous veins include pyrite. Also, in surface outcrops, siliceous parts are heavily stained with iron oxides and hydroxides, and the color of silica is brown to gray. The dominant alteration in this area is argillic. In this study, an attempt will be made to provide comprehensive mineralogy information on the types of rocks included in the veins, the form of



mineralization and the changes that occurred, the zones of changes, and finally, the type of mineralizations, based on field surveys.

مقدمه

بخشی از محدوده معدنی در شهرستان چاراویماق استان آذربایجان شرقی قرار دارد. این محدوده معدنی در ۵۰ کیلومتری شرق میاندوآب ۲۵ کیلومتری غرب قره آغاج قرار دارد. این محدوده شامل بخش میانی حاشیه جنوبی غربی نقشه (۱:۱۰۰۰۰۰) قره آغاج [۱] است. و چند وجهی نامنظم را شامل می شود. این منطقه بین طول های جغرافیایی " ۴۰ ' ۳۸ ° تا " ۵۴ ' ۳۸ ° ۴۶ ° شرقی و عرض های جغرافیایی " ۴۹ ' ۵۹ ° تا " ۴۷ ' ۳ ° ۳۷ ° قرار دارد. کشور ایران سرزمین منحصر به فرد به لحاظ زمین شناسی و بسیار غنی از مواد معدنی فلزی و غیر فلزی است که بعضی از این ذخایر در کلاس جهانی قرار دارند. و شناسایی و معرفی این ذخایر گامی در جهت شناسایی ثروت برای نسل های آینده بوده و حرکت در مسیر توسعه پایدار می باشد. یکی از برنامه های توسعه اقتصادی کشور شناسایی مواد معدنی نظیر: Au-Cu- Mo-Cd-K-Pb- Re- Zn-Sn و خاستگاه آن ها در قالب مطالعات زمین شناسایی سیستماتیک است. طلا از گذشته های بسیار دور به دلیل جلای زیبا، کمیاب بودن، شکل پذیری خوب، مقاومت زیاد در مقابل اکسیدشدن و نیز سایر واکنش های شیمیایی مورد توجه انسان قرار گرفته است و از اهمیت خاصی برخوردار است. اکتشاف و استخراج طلا برای کشورها اهمیت ویژه ای دارد. کشور عزیزمان ایران نیز دارای ذخایر ارزشمند طلا است. محدوده کانی زایی مورد مطالعه نیز در زون سنندج-سیرجان واقع شده است. واحد کانی سازی اپی ترمال فلزات گران بها از جمله مقادیر قابل توجه طلا می باشد. مهمترین سیمای کانی سازی در این منطقه زون های کانه دار رگه ای و رگچه ای است. در این مطالعه سعی بر این خواهد بود که با تکیه بر بررسی های صحرایی، کانی شناسی اطلاعات جامعی از نوع سنگ های درونگیر رگه ها، ، فرم کانی سازی و دگرسانی های رخ داده ، زون های دگرسانی و در آخر تیپ کانی سازی ها ارائه شود. در این مطالعه مقدمه کوتاهی در مورد طلا انواع کانسارهای اپی ترمال بیان خواهد شد. تا پیش زمینه ای درباره منطقه مورد مطالعه باشد.

زمین شناسی منطقه

محدوده اکتشافی قوری درق براساس تقسیمات زمین شناسی ساختاری ایران در پهنه سنندج - سیرجان قرار گرفته اند. موقعیت محدوده اکتشافی را در زون های ساختاری ایران به نمایش می گذارد. به لحاظ موقعیت ژئودینامیکی، این ناحیه بخشی از کمربند کوهزاد زاگرس و منطبق بر حاشیه فعال قاره ای است. و محدوده معدنی مورد مطالعه بخشی از زون ایران مرکزی را شامل می شود که در نیمه غربی آن بخش های از زون ماگمایی ترشیری و در بخش شرقی و شمال شرقی سنگ های دگرگونی رخنمون دارد (سنندج - سیرجان) این محدوده به بیان دقیق تر از نظر تقسیمات محیط تکتونو-ماگمایی ایران و خاورمیانه بین سه زون ساختاری ارومیه - دختر، سنندج - سیرجان و ایران مرکزی قرار گرفته است.



راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

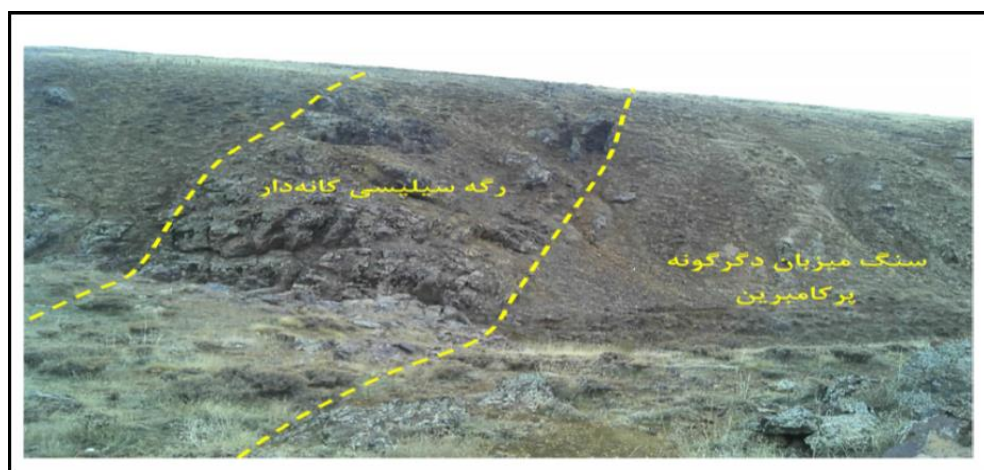
دسترسی به این محدوده از طریق جاده آسفالتی میان‌دواب-باروق به طول ۴۸ کیلومتر تا روستای اربط و سپس جاده خاکی به طول ۲ کیلومتر از روستای اربط تا روستاهای قوری درق و یاستی کند امکان پذیر می باشد. روستاهای قوری درق، اربط سفلی و یاستی کند نزدیکترین آبادی ها به محدوده کانی سازی بوده و به ترتیب در شمال، مرکز، و جنوب محدوده واقع هستند (شکل ۱).



شکل ۱: راه‌های دسترسی به منطقه قوری درق



کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه بستگی به گسترش و روند زون‌های شکستگی دارد. و از نوع رگه، رگچه‌ای می‌باشد. واحدهای میزبان کانه زائی طلا تحت تأثیر فرآیندهای دگرشکلی و گسلش متعدد قرار گرفته است، به گونه‌ای که گسل‌های امتداد لغز و نرمال متعددی به همراه شکستگی‌ها و دسته درزه‌های متعددی قابل مشاهده است. به دلیل گسترش و توسعه زون‌های دگرسانی و کانه زائی بصورت رگه‌های سیلیسی -سولفیدی متعدد با روند شمال غرب-جنوب شرق، به نظر می‌رسد که فرآیندهای ساختاری نقش مهم و تعیین کننده‌ای در کنترل کانه زائی طلا در منطقه داشته است. این کانیسازی در امتداد پهنه گسلی رخ داده است که واحدهای قدیمی تر را از واحدهای جوانتر آندزیتی به سن ائوسن جدا می‌سازد. همچنین، تزریق توده نفوذی با ترکیب دیوریتی در داخل این مجموعه می‌تواند هم مستقیماً به عنوان منبع سیالات و فلزات کانساری و نیز بطور غیرمستقیم به عنوان موتور حرارتی در چرخش سیالات هیدروترمال و کانیسازی طلا نقش داشته باشد. بر اساس مشاهدات صحرایی، بزرگترین رگه سیلیسی کانه دار دارای طول تقریبی ۱۸۰۰ متر، عرض ۵ متر می‌باشد (شکل ۲). بیشترین کانی سولفیدی درون رگه های سیلیسی شامل پیریت است. همچنین، در رخنمونهای سطحی، بخشهای سیلیسی دارای آغستگی شدید به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن می‌باشد و رنگ سیلیس قهوه ای تا خاکستری می باشد در شرق این محدوده، کانسار طلای گلی واقع گردیده است که کانیسازی در آن کانسار، عمدتاً بصورت رگه ای در داخل واحدهای آهکی الیگومیوسن رخ داده است. همچنین، وجود معدن آهن گویداش در منطقه نیز مؤید پتانسیل بالای محدوده معدنی از نظر توان کانیسازی فلزی باشد. بنظر می‌رسد که تزریق توده های نفوذی اسیدی تا حدواسط به سن الیگومیوسن به داخل توالی‌های آتشفشانی -رسوبی، سبب تشکیل این کانی سازی ها گردیده است. شایان ذکر است که وجود چشمه های تراورتن ساز در منطقه و ذخایر تراورتن و مرمر، نشانگر پویایی منطقه از لحاظ تکتونیک می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از آنالیزهای انجام گرفته در آزمایشگاه زراژما و بینالود بر روی تعداد ۱۶ نمونه، عیار طلا متغیر بوده و حداکثر تا ۲۱ ppm می‌رسد.



شکل ۲: نمایی از رگه کانه‌دار سیلیس دار دارای پیریت و اکسیدهای آهن دید به سمت شرق



مینرالوگرافی

کانی های هیپوژن:

پیریت: این کانی به فرم های شکل دار تا بی شکل در انواع سنگ های مختلف که دگرسانی فیلیک و آرژیلیک دارند و نیز در رگه های کانه زایی شده دیده می شوند. در نمونه ما پیریت حالت شکستگی داشته و رنگ آن کرمی است. این کانی در بیشتر مواقع در حال تجزیه به اکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت) است (شکل ۳).

کالکوپیریت: این کانی بیشتر به فرم بی شکل بوده و رنگ آن در زیر میکروسکوپ مایل به زرد می باشد. یعنی نسبت به پیریت زرد رنگ تر می باشد. و در بیشتر موارد در داخل رگه مینرالیزه جانشین اسفالریت می شود (شکل ۴).

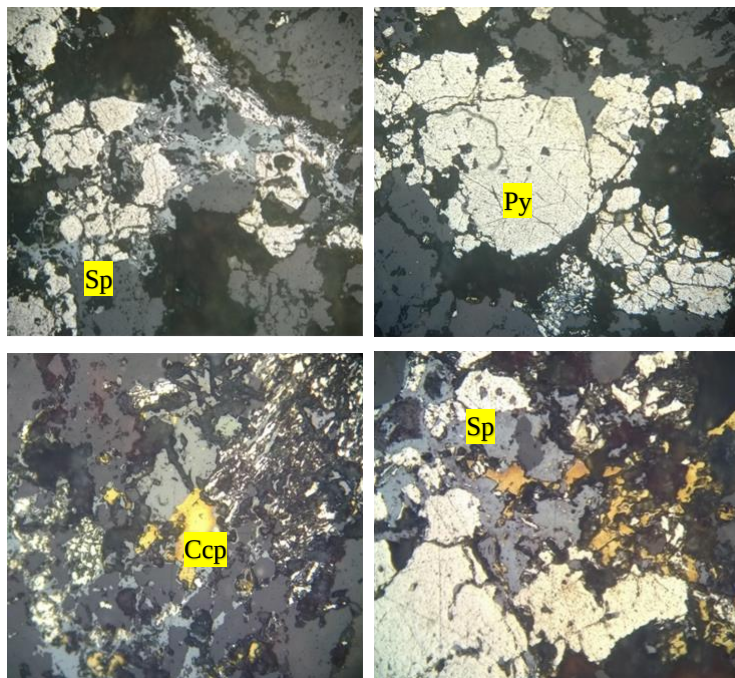
اسفالریت: این کانی بیشتر به فرم شکل دار تا بی شکل در انواع مختلف سنگ دیده می شوند. در بیشتر مواقع اسفالریت جانشین کالکوپیریت می شود. در برخی نقاط بلورهای شکل دار پیریت توسط اسفالریت جانشین شده است. رنگ آن در زیر میکروسکوپ بیشتر طوسی می باشد (شکل ۵).

بورنیت (Cu_5FeS_4): از جمله کانی های سولفیدی هیپوژن در این زون می باشد که در نسل اول با کالکوپیریت هم رشدی نشان می دهد ولی در مرحله سوپرژن جانشین کالکوپیریت شده است.

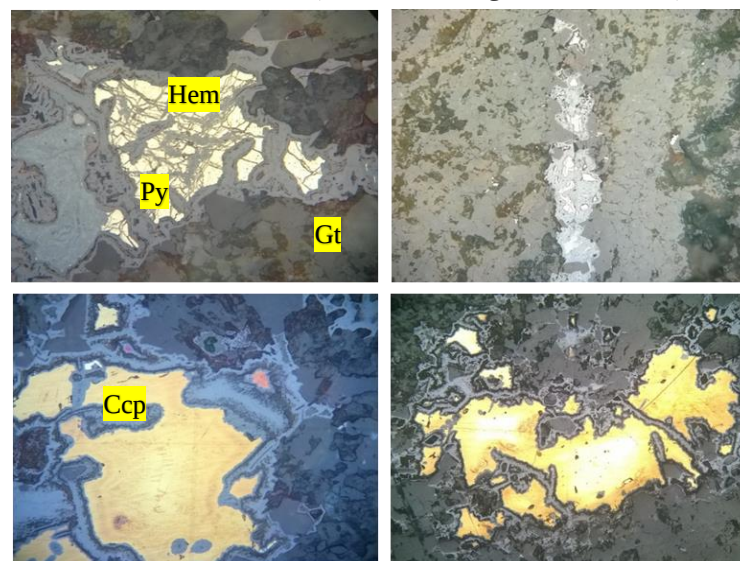
طلای طبیعی: طلا به صورت جزئی و ریز در داخل رگه- رگچه های سیلیسی مشاهده گردید. طلا در این رگچه ها با کوارتز، پیریت و کالکوپیریت همراه می باشد و به دلیل جایگزین این کانه ها درون حفرات سیلیسی، به نظر می رسد که همگی همزمان نهشته شده اند. طلا به علت کنتاکت و شباهت زیاد با کالکوپیریت در تصویر قابل تشخیص نیست بنابراین از نشان دادن آن خودداری گردید.

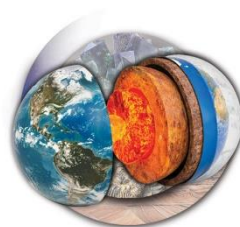
کانی های سوپرژن

اکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت): این کانی ها در نمونه های دگرسان و به ویژه در دگرسانی آرژیلیک در نمونه های دستی به رنگ قهوه ای و در زیر میکروسکوپ نیز به رنگ قهوه ای متمایل به نارنجی دیده می شوند. و بیشتر در اثر تجزیه پیریت ها تشکیل می شود (شکل ۶)

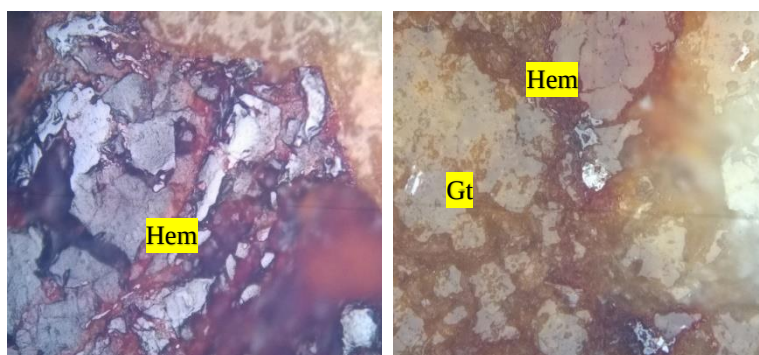


شکل ۳: کانی سازی در رگه سیلیسی رخ داده است و شامل کانی سازی سولفیدی پیریت است که سپس توسط کالکوپیریت جانشین شده است و در نهایت اسفالریت جانشین کالکوپیریت شده است. در برخی نقاط بلورهای شکلدار پیریت توسط اسفالریت جانشین شده‌اند.

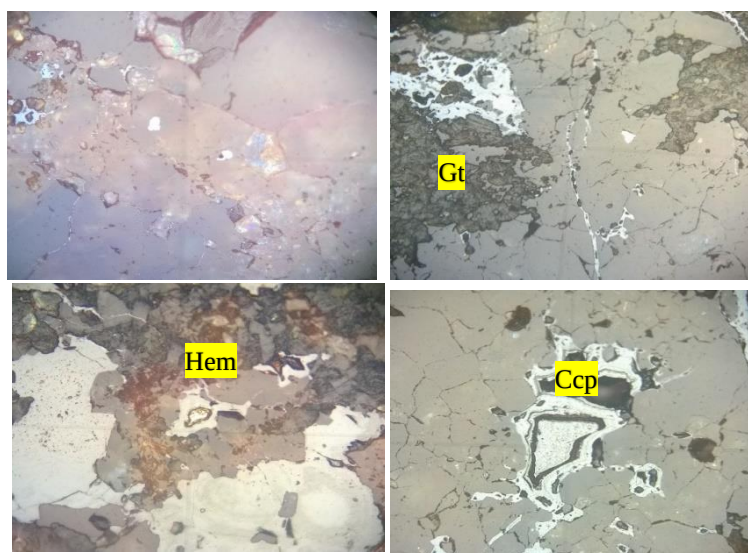




شکل ۴: کانی سازی در نمونه اسکارنی رخ داده است و شامل کانی سازی سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و بورنیت است که تشکیل پیریت مقدم بر دیگر سولفیدها بوده است. بورنیت جانشین کالکوپیریت شده است و در برخی نقاط جانشینی کوپریت و سپس هماتیت و گوتیت نیز مشاهده می شود. بلورهای پیریت خود توسط هماتیت و گوتیت جانشین شده اند.



شکل ۵: کانی سازی در نمونه داسیتی تا ریوداسیتی و بغرم افشان و رگه- رگچه ای رخ داده است. بلورهای نیمه شکلدار تا بی شکل احتمالا پیریت که کاملاً توسط هماتیت و گوتیت جانشین شده اند و نیز رگچه های گوتیت و لیمونیت سنگ را قطع کرده اند. با توجه به کانی سازی افشان پیریت در داسیتهای منطقه این نمونه از زون فروشست- اکسید این توده برداشت شده است.

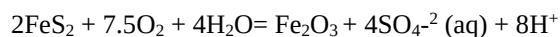


شکل ۶: کانی سازی سولفیدی در رگه سیلیسی شامل رگچه ها و بلورهای نیمه شکلدار و پراکنده است که توسط کالکوپیریت جانشین شده است. تحت فرایندهای سوپرژن این مجموعه توسط هماتیت و گوتیت جانشین شده اند و همچنین رشد کولفورم هماتیت به همراه گوتیت و لیمونیت در آن مشاهده می شود.

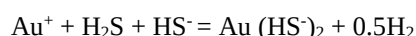
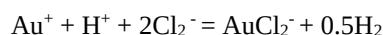


مکانیسم نهشت کانه‌ها:

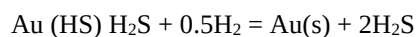
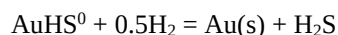
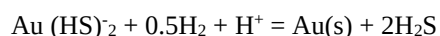
براساس مطالعات صحرایی و مینرالوگرافی، کانی‌سازی سولفیدی و سولفوسالتی، غالباً در رگه- رگچه‌های سیلیسی رخ داده است. پیریت متداول‌ترین سولفید هیپوژن در همه‌ی زون‌های دگرسانی حضور داشته و به شکل دیسیمینه و رگچه‌ای در آن‌ها مشاهده می‌گردد. اکسایش پیریت و سایر سولفیدهای آهن‌دار منجر به تشکیل هماتیت و یا لیمونیت در برونزدهای سطحی زون‌های دگرسانی آرژیلیک و سیلیسی و سرپستی شده است. واکنش مربوط به اکسایش پیریت را می‌توان طبق واکنش زیر بیان نمود، همچنین پیریت می‌تواند به طور مستقیم به هماتیت تبدیل شود (Guilbert and Park, 1968): [3]



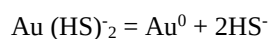
در سیستم‌های اپی‌ترمالی، Au در حالت‌های ۱+ و ۲+ به صورت کمپلکس‌های کلریدی یا بی‌سولفیدی حمل می‌شوند. واکنش‌های مسئول در کمپلکس نمودن طلا در حالت اکسیداسیونی ۱+ طبق واکنش زیر می‌باشد (Seward, 1979): [4]



نهشت طلا از کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در سیالات هیدروترمال با PH نزدیک به خنثی، بخارات و سیالات اسیدی و سیالات اسیدی غنی از گوگرد توسط واکنش‌های زیر صورت می‌گیرد (Pokrovski et al., 2014): [5]



از سوی دیگر اکسیداسیون H_2S را به همراه دارد به نوبه خود ضمن حمله به آلومینوسیلیکات (شست و شوی اسیدی)، باعث آزاد شدن الکترون در سیستم و ناپایداری کمپلکس‌های سولفیدی می‌شود (مانند الکترون گرفتن Au^+) واکنش مربوطه به صورت زیر می‌باشد (Piranjo., 2009): [6]



در محیط‌های اپی‌ترمال، نوع عنصر غالب با مقدار شوری متناسب می‌باشد (Simmons et al., 2005). [7] بر این اساس فلزات پایه و نقره به صورت کمپلکس‌های کلرایدی حمل می‌شوند و در مقابل کمپلکس بی سولفیدی $\text{Au}(\text{HS})^-$ در محیط اپی‌ترمال برای حمل طلا مهم‌تر می‌باشد (Seward and Barnes, 1997). [8] خنثی شدن اسیدی انتقال طلا را به واسطه افزایش لیگاندهای HS^- تسهیل می‌کند که این عامل توسط تخریب فلدسپارها در زون‌های دگرسانی اطراف رگه- رگچه‌های پیریت $\pm$ کالکوپیریت $\pm$ سولفات در مسیر انتقال سیالات بین توده پورفیری و ذخایر اپی‌ترمال رخ می‌دهد.



برش‌های هیدروترمالی و تکتونیک:

برش‌های تکتونیک با عملکرد گسل‌های معکوس و نرمال منطقه در ارتباط می‌باشند که از سنگ‌های آذرین حد واسط در محدوده آندزیت-تراکی آندزیت که توسط محلول‌های هیدروترمالی شدیداً سیلیسی شده به همراه سیلیس آمورف شیری تا خاکستری رنگ تشکیل شده‌اند. سیمان بین برش‌ها از سیلیس میکروکریستالین تا درشت دانه که به رنگ خاکستری تا سفید می‌باشند و سیلیس میکروکریستالین سولفیدی سیاه رنگ متغیر می‌باشد. برش‌های هیدروترمالی حاصل فشار سیالات ماگمایی می‌باشند. سیالات با منشأ ماگمایی که از داخل زون‌های شکسته و خرد شده عبور می‌کنند، دارای قطعاتی از سنگ‌های میزبان و سیمان نهشته شده ابتدایی هستند که در زمینه‌ای از نهشته‌های ثانویه قرار گرفته و در این محیط‌ها معمولاً برش‌های تکتونیک و هیدروترمالی باهم مشاهده می‌شوند (Corbett and Leach, 1997). [9]

ارتباط کانی‌سازی با تکتونیک و گسلش:

منطقه میان‌دواب و زون ایران مرکزی از لحاظ تکتونیک فعال بوده و گسل‌های متعددی با روندهای مختلف مربوط به قبل، هم‌زمان و پس از کانی‌سازی مشاهده می‌شود. در محدوده مورد مطالعه نیز مرتبط با بافت سیلیسی-برشی در امتداد زون گسلی و برشی شده با امتداد شمال غرب-جنوب شرق قطع شده است. در ارتباط با این تکتونیک، رگه‌ی سیلیسی-برشی و چندین رگه-رگچه سولفیدی متقاطع کانه‌زایی شده در زون مورد مطالعه قابل مشاهده است. زون‌های گسلی و خرد شده مسیر مناسبی برای حرکت سیالات کانه‌ساز فراهم نموده‌اند.

کانی‌شناسی کانی‌های باطله

براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده، اصلی‌ترین کانی باطله‌ی همراه زون کانی‌سازی شده در منطقه کانی کوارتز می‌باشد. کوارتز بیشترین کانی موجود در رگه-رگچه‌های کانی‌سازی شده، زون‌های دگرسانی سیلیسی، آرژیلیک و حتی سنگ‌پوش این زون می‌باشد. کانی کوارتز غالباً به رنگ‌های روشن و شیری رنگ مشاهده می‌شود ولی در قسمت‌هایی که به همراه آهن و کانی‌های سولفیدی تشکیل شده، رنگ‌های طیف قرمز و تیره به خود گرفته است. کوارتز در منطقه مورد مطالعه در قالب بافت‌های شکاف پرکن، بافت گرانوبلاستیک، بافت افیتیک، بافت‌های جانیشینی، لپیدوبلاستیک، شطرنجی تشکیل شده است و مطالعه این بافت‌های مرتبط با کانی‌سازی می‌تواند اطلاعات باارزشی درباره نحوه تشکیل کانسار و ماهیت و خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیالات کانه‌ساز در اختیارمان قرار خواهد داد.

دگرسانی

طبق مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی زون‌های دگرسان گسترش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. به علت وجود داشتن زون‌های نفوذپذیر و متخلخل اولیه مانند توف و ثانویه مانند گسل‌ها و درزه‌ها شدت دگرسانی زیاد است. زیرا که شکستگی‌ها و گسل‌های فراوان در این منطقه مجاری مناسبی برای جهت عبور محلول‌های گرمایی فراهم نموده است. در نتیجه در گسترش زون‌های دگرسان نقش قابل توجهی ایفا نموده‌اند. به دلیل عبور فلوئیدهای گرمایی در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها رگه‌های سیلیسی تشکیل شده و کانی‌ها ته‌نشین می‌شوند. مطالعات در این مناطق نشان می‌دهد که دگرسانی در این مناطق شامل آرژیلیک، سیلیسی، سریسیتی است.

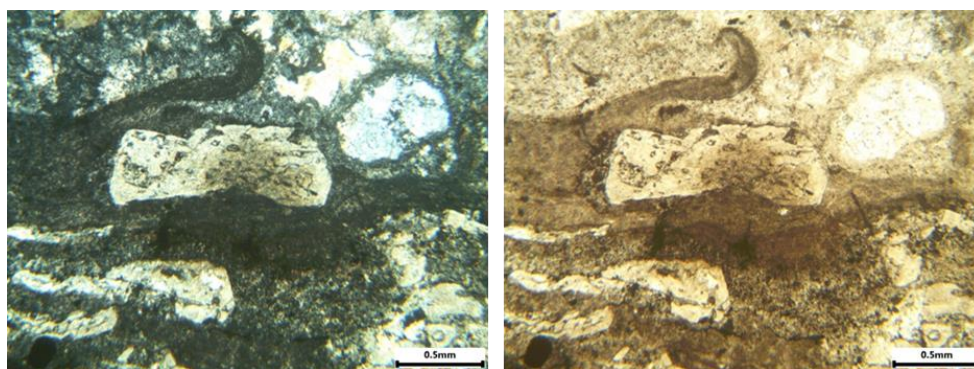
دگرسانی هیپوزن



زون‌های دگرسانی هیپوژن گسترش وسیعی در این منطقه دارند. بر اساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی، فرآیندهای هیپوژن در منطقه از مرکز به سمت حاشیه رگه‌ها شامل زون‌ها و رگه اصلی سریستی، آرژیلیک، پروپیلیتیک می‌باشد.

دگرسانی سریستی

دگرسانی سریستی به نوع فلیک و در بعضی از ذخایر به آلتراسیون کوارتز، سرسیت و پیریت (QSP) نیز معروف است. کانی‌های مهم آلتراسیون سریستی عبارتند از: سرسیت، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت، دیکیت، کائولین و آندالوزیت که در آن‌ها مقدار درصد سرسیت از بقیه بیشتر است. کانی‌های فرعی عبارتند از: کلسیت، آپاتیت و آنیدریت. زون سرسیت یکی از مهمترین دگرسانی موجود در منطقه می‌باشد. که به طور عمده در داخل پلاژیوکلازها موجود است. و در سنگ ریولیت پلاژیوکلازها: به صورت نیمه شکل‌دار و در اندازه‌های ریز در خمیره قرار داشته و سریستی شده‌اند. برخی پلاژیوکلازها در جهت جریان قرار گرفته‌اند و سریستی شده‌اند (شکل ۷).



شکل ۷: حالت جریانی در خمیره سنگ که تبلور دوباره پیدا کرده است؛ پلاژیوکلاز در جهت جریان قرار داده و سریستی و سیلیسی شده است (تصویر سمت راست با نور PPL و تصویر سمت چپ با نور XPL)

دگرسانی آرژیلیکی

هیدرولیز شدید سیلیکات‌های آلومینیوم دار (محیط اسیدی) باعث تشکیل زون آرژیلیک می‌شود. دگرسانی آرژیلیکی با تشکی کانی‌های رسی مانند کائولینیت، مونت موریونیت، ایلیت، سرسیت، کلریت، پیروفیلیت و اسمکتیت شناخته می‌شود. (Seedorff et al., 2005) [10]. این دگرسانی گسترش زیادی دارد. به علت وجود اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در این زون باعث تشکیل رنگ‌های قرمز، زرد و نارنجی می‌شود. نتایج آنالیز XRD نشان می‌دهد که این نوع دگرسانی از نوع آرژیلیک حدواسط است. مهم ترین کانی‌های رسی در این زون عبارتند از ایلیت و به مقدار خیلی کم کائولینیت و مونت موریونیت. (میرانوری، ۱۳۹۷). [2] وجود کانی‌هایی مانند ایلیت، اسمکتیت و کلریت نشان می‌دهد که PH خنثی است. ولی وجود کانی‌هایی مانند کائولینیت، دیاسپور و آنازاس نشان می‌دهد PH اسیدی در محلول‌های هیدروترمال است. (Reyes, 1990) [11] به همین علت pH محلول‌های هیدروترمال در این منطقه در حد خنثی تا کمی اسیدی است (شکل ۸).



شکل ۸: دگرسانی آرژلیکی

دگرسانی پروپلیتیک

به مجموعه‌ای از آلتراسیون کلریتی، اپیدوتی، زودیزیتی اطلاق می‌شود. کانی‌های مهم دگرسانی پروپلیتیک شامل اپیدوت، زوئیزیت، کلینوروئیزیت، کلریت، کلسیت، آلبیت و پیریت می‌شود. در این آلتراسیون اکسیدهای آهن، سربیسیت و کنتولین به مقدار کمتر یافت می‌شوند. آلتراسیون پروپلیتیک در مقایسه با زون سربیسیتیک ویا آرژلیک از شدت کمتری برخوردار است. رگچه‌های مهم زون پروپلیتیک شامل رگچه‌های کلریت، اپیدوت و کرینات است. این نوع از دگرسانی خارجی‌ترین دگرسانی موجود در منطقه است. و در سنگ میزبان رگه‌های طلا قابل مشاهده است. در سنگ متاریوداسیت سنگ توسط رگچه‌های کوارتز- اپیدوت قطع شده است. بافت سنگ پورفیرو لیپیدو بلاستیک است و دگرسانی سربیسیتیک متوسط- پروپلیتیک ضعیف تا متوسط را تحمل کرده است.

دگرسانی سوپرژن

مجموعه زون‌های دگرسانی هیپوژن به وسیله محصولات مربوط به فرآیند سوپرژن در این مناطق همپوشانی شده‌اند. مطالعه مقاطع نازک و صیقلی نشان داده که از مهمترین این کانی‌ها می‌توان به همتایت، گوتیت، لیمونیت، کوپریت، بورنیت اشاره کرد. سولفیدهای مس و کانی‌های رسی مهمترین کانی‌های مرحله غنی‌شدگی سوپرژن در منطقه هستند. در این محیط بر اثر اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی مانند پیریت، اسیدسولفوریک طبق واکنش زیر تولید می‌شود:



در این واکنش کانی گوتیت تولید می‌شود.

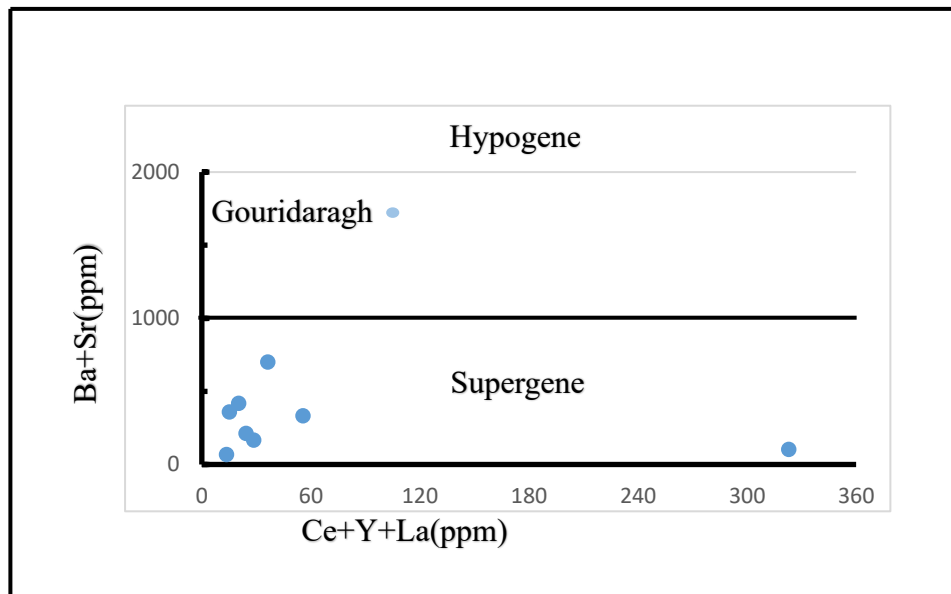
نوع محلول‌های مسئول دگرسانی گرمایی

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، دگرسانی در این مناطق شامل دگرسانی‌های هیپوژن و سوپرژن است. محققین مختلف از روش‌های متفاوتی جهت تعیین نوع محلول‌های دگرسان کننده استفاده می‌کنند. طبق (Maiza et al(2003 [13] چنانچه نمونه‌های زون دگرسانی حاوی کمتر



از یک درصد وزنی TiO_2 باشند، محلول‌های دگرسان‌کننده دارای ماهیت هیپوژن و اگر بیش از یک درصد باشد دارای ماهیت سوپرژن هستند. مقدار TiO_2 در تمامی این منطقه کمتر از یک درصد است. لذا می‌توان گفت محلول‌های سوپرژن نقش اصلی را در ایجاد زون‌های دگرسان در این منطقه بر عهده داشتند. از دیگر روش‌ها جهت تشخیص نوع محلول‌های دگرسان‌کننده، استفاده از نمودار $(Ba+Sr) - (Ce+Y+La)$ است. مقادیر $Ba+Sr$ بالا مرتبط با محلول‌های هیپوژن و مقادیر $Ba+Sr$ پایین مرتبط با محلول‌های سوپرژن هستند (Dill et al., 1997). [14]

بررسی نمودار $(Ba+Sr) - (Ce+Y+La)$ در این مناطق نشان می‌دهد که محلول‌های سوپرژن به طور عمده در تشکیل زون‌های دگرسانی دخالت داشته‌اند (شکل ۹).



شکل ۹: نمودار $(Ba+Sr) - (Ce+Y+La)$ (Dill et al., 1997) جهت تعیین نوع محلول‌های دگرسان‌کننده در منطقه مورد مطالعه، نمودار فوق نشان می‌دهد که محلول‌های سوپرژن نقش اصلی را در تشکیل زون‌های دگرسان بر عهده داشته‌اند اگرچه محلول‌های هیپوژن نیز بی‌تاثیر نبوده‌اند.

نتیجه‌گیری:

کانی‌زایی در بخش شرقی محدوده معدنی به صورت رگه‌های سیلیسی کانه‌دار و زون‌های دگرسانی کانه‌دار حاصل از توده پورفیری پنهان تمرکز دارد. منطقه از لحاظ تکتونیکی، فعال بوده که در آن گسل‌ها و شکستگی‌های مربوط به قبل و بعد کانی‌زایی به چشم می‌خورند و مانند مجرای برای عبور سیالات گرمایی عمل نموده و علاوه بر دگرسانی موجب نهشته شدن کانه‌های فلزی نیز شده‌اند. کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه بسته به گسترش و روند زون‌های شکستگی از نوع رگه-رگچه‌ای می‌باشد. کانی‌زایی این منطقه از نوع رگه‌های سیلیسی با طول ۱۸۰۰ متر و عرض ۵ متر می‌باشد. اطراف این رگه‌ها در فواصل نزدیک توسط دگرسانی آرژیلیک و در فواصل نسبتاً دورتر دگرسانی پروپیلیتیک، کلریتی، سریسیتی



تشکیل شده است. در سنگ میزبان این رگه‌ها، رویدادهایی مانند جوشش موجب تشکیل رگچه‌های متنوع همراه با کانی‌سازی سولفیدی شده است که مهمترین کانه‌های آن شامل پیریتی، کالکوپیریت و اسفالریت می‌باشد. همچنین، به واسطه عملکرد فرآیندهای سوپرژن بخش‌های پیریتی به کانی‌های ثانویه اکسید آهن (هماتیت و گوتیت) تبدیل شده است. از نظر مینرالوگرافی، پیریت‌ها به فرم شکل‌دار تا بی‌شکل در انواع سنگ‌هایی که متحمل دگرسانی آرژلیک شده‌اند و نیز در رگه‌های کانی‌زایی شده دیده می‌شود. کالکوپیریت به صورت بسیار نادر در رگچه‌های سیلیسی و به صورت ادخال درون پیریت‌های داسیتی در اطراف توده‌های پورفیری دیده می‌شود. اکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت) نیز نمونه‌های دگرسان و به ویژه در دگرسانی آرژلیکی در نمونه‌های دستی به رنگ قهوه‌ای وجود دارد.

زون های دگرسانی توسعه یافته در منطقه عمدتاً شامل دگرسانی آرژلیک، کلریتی، سریسیتی، سیلیسی و دگرسانی پروپیلیتیک بوده و براساس مطالعه کانی‌شناسی زون‌های دگرسانی، کانی‌های رسی، پیریت، کوارتز برای دگرسانی سریسیت و کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن برای آرژلیک و همچنین کانی‌های رسی و رگچه‌های برشی سیلیسی‌شده برای دگرسانی سیلیسی و کانی‌های اپیدوت، کلریت، آلبیت شاخص دگرسانی پروپیلیتیک مشاهده گردید که دگرسانی نوع آرژلیکی و پروپیلیتیک نوع غالب بوده است.

منابع:

- [۱] رضایی، ح. و فنودی، م. ۱۳۸۸، تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه قره آغاج.
- [۲] میرانوری، ا.، ۱۳۹۷. مطالعات ژئوشیمی، دگرسانی، کانه‌زایی و ژنز زون‌های طلادار در سنگ‌های آذرین زایلپیک، ساریلار و نوقدوز، شرق اهر، استان آذربایجان شرقی. رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۸۱ ص، ۲۱۵ ص.
- [3] Guilbert, J. M., Park, Jr. C. F., 1986. The Geology of Ore Deposits. Freeman and Company, New York.
- [4] Seward, T.M., and Barnes, H.L., 1997. Metal transport by hydrothermal ore fluids, in Barnes, H.L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3rd ed. New York, John Wiley and Sons 435-486.
- [5] Gleb S. Pokrovski, Nikolay N. Akinfiyev, Anastassia Y. Borisova, Alexandre V. Zotov, and Kalin Kouzmanov., 2014. Gold speciation and transport in geological fluids: insights from experiments and physical-chemical modelling 43-107pp.
- [6] Piranjo, F., 2009. Hydrothermal processes and mineral system. Springer Science, New York, 123p.
- [7] Simmons, S.F., White, N.C., John, D., 2005. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. Economic geology 100TH anniversary volume, 485-522.
- [8] Seward, T.M., and Barnes, H.L., 1997. Metal transport by hydrothermal ore fluids, in Barnes, H.L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3rd ed. New York, John Wiley and Sons 435-486.
- [9] Corbett, G. J., and Leach, T. M., 1998. South west Pacific Rim Gold-Copper System: Structure. Alteration and Mineralization, Short course Manual 235p.
- [10] Seedorff, E., Dilles, J.H., Proffett, J.M., Einaudi, M.T., Zurcher, L., Stavast, W. J., Barton, M.D., Johnson, D.A., 2005. Porphyry- Related deposits: characteristics and origin of Hypogene features. In: economic Geology 100 th Anniversary, 251-298.
- [11] Reyes, A. G., 1990. Petrology of philippine geothermal system and the application of alteration mineralogy to their assessment. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 43(1), 279-309



- [12] Alpers, C.N., and Brimhall, G.H., 1989. Paleohydrologic evolution and geochemical dynamics of cumulative supergene metal enrichment at La Escondida, Atacama Desert, northern Chile. *Economic Geology* 84 (2), 229-255.
- [13] Maiza, P. J., Pieroni, D., Marfil, S. A., 2003. Geochemistry of hydrothermal Kaolins in the SE area of Los Menucos, Province of Rio Negro, Argentina. *Clay Odyssey Elsevier, Amsterdam*, 123-130.
- [14] Dill, H. G., Boss, H. R., Henning, K., Fricke, A., Ahrendt, H., 1997. Mineralogical and chemical variations in hypogene and supergene kaolin deposits in a mobile fold belt the Central Andes of northwestern Peru. *Mineralium Deposita* 32, 149-163.