

مطالعه آلتراسیون‌های هیدروترمال در منطقه مارسار (شمال شرق اصفهان) و نقش آن‌ها در کانه‌زایی غیرفلزی

* مختاری، افشین^۱ - نقره‌نایان، موسی^۲ - مکی‌زاده، محمدعلی^۳

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه آزاد خواراسگان, Afshin.mokhtari@yahoo.com

(۲) دکتری پترولوژی، دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان

(۳) دکتری پترولوژی، استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان

چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۸۸ کیلومتری شهرستان اصفهان واقع شده است. با بررسی آلتراسیون هیدروترمال وجود انواع آلتراسیونهای آرژیلیک پیشرفته، متوسط و ضعیف، آلتراسیون پروپلیتیک، سیلیسی شدن، سرسیتی شدن، سوسوریتی شدن و کائولینیتی شدن محرز شده است. منشأ اصلی سیالات عامل دگرسانی‌ها، ماگمایی می‌باشد که به واسطه گسلها و از طریق دایکها به سطح بالا راه یافته و باعث دگرسانی ولکانیکها و پیروکلاستها در منطقه مارسار شده است. بر اساس آزمایشات XRD صورت گرفته وجود کانیهای ژاروسیت، ناتروژاروسیت، ایلیت و پیروفیلیت در منطقه تأیید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلتراسیون هیدروترمال، ژاروسیت، مارسار، آرژیلیک، پروپلیتیک

Abstract

Marsar area is located at about 88 kilometers from Isfahan city. Regarding to Hydrothermal alterations studied which includes various types of advanced argillic, middle argillic, week argillic, propolitics, silisic, seresitic, sosoritic and kaolonitization alterations. The main source of fluids is considered magmatic origine which has rise to upper levels by faults or through dykes and causes the volcanic & peroclastic rocks alteration. Regarding to XRD testing There are jarosite, natrojarosite, illite & Pyrophyllite minerals.

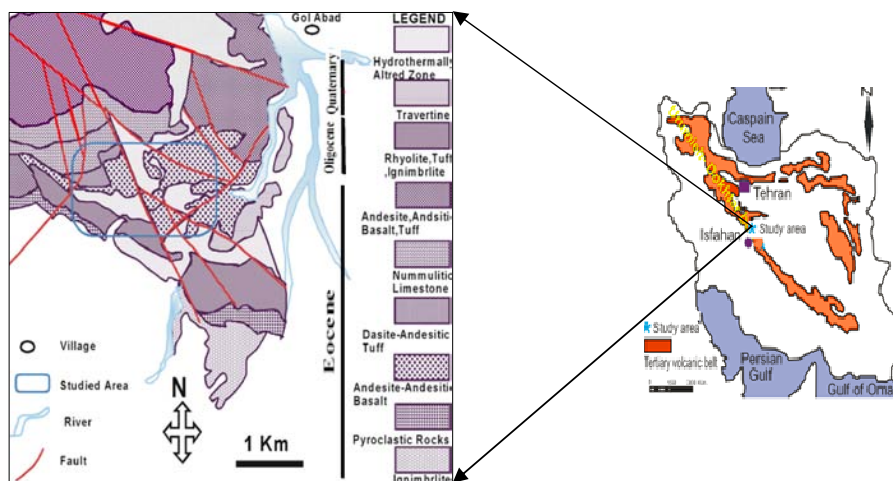
Key words: Hydrothermal alteration, Jarosite, Marsar, Argillic, Pyrophyllite

مقدمه

منطقه مورد نظر در فاصله ۸۸ کیلومتری شمال شرق اصفهان با طول جغرافیایی $17^{\circ} 01' 53^{\circ}$ و عرض جغرافیایی $38^{\circ} 18' 33^{\circ}$ و در حوالی روستای مارسار قرار دارد (شکل ۱). در خصوص زمین‌شناسی عمومی منطقه مارسار باید اشاره کرد که این منطقه بخشی از زون ماگمایی ارومیه دختر می‌باشد {۴} و به موازات بخش دگرگونی کمر بند سنندج - سیرجان قرار دارد {۲}.

دسترسی به منطقه از طریق جاده اصفهان - اردستان می‌باشد که پس از طی ۵۷ کیلومتر جاده آسفالت به سمت اردستان و رسیدن به روستای فسخود حدود ۲۴ کیلومتر راه شنی را طی و از روستاهای عباس‌آباد، گلمل، شورقستان و رنگان در امتداد خط آهن عبور نموده تا به روستای مارسار برسیم و منطقه مورد نظر در ۲ کیلومتری شمال روستای مارسار می‌باشد. در این منطقه پدیده آلتراسیون هیدروترمال به طور وسیع صورت گرفته است و مناطق دگرسان شده بیشتر در امتداد و در اطراف دایکهای موجود در منطقه می‌باشند که در اثر عملکرد این دایکها ترادفی از آندزیت، آندزیت-بازالت و توفها دگرسان شده است.

شکل (۱): منطقه مورد مطالعه به همراه نقشه زمین‌شناسی {۱}



روش تحقیق

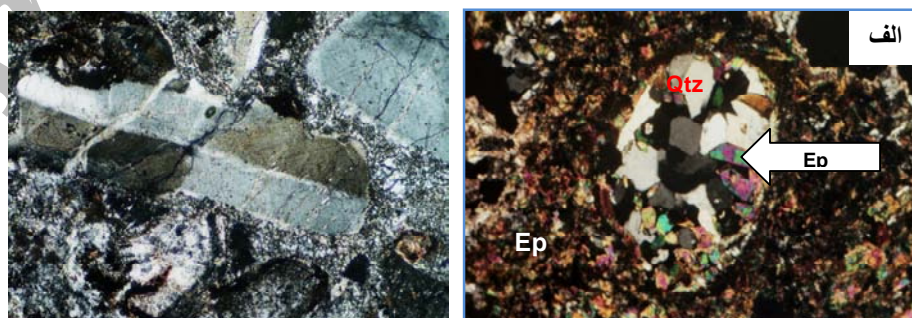
در این مقاله سنگهای آتشفشانی و آذرآواری سالم و دگرسان منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور پس از بازدید صحرایی تعداد ۱۵۰ نمونه از سنگهای سالم و دگرسان شده از منطقه برداشت شد و تعداد ۴۲ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد و مطالعات پتروگرافی توسط میکروسکوپ دو چشمی پلازیان (Olympus) در دانشگاه اصفهان انجام گرفت. همچنین جهت تعیین درصد عناصر اصلی و فرعی تعداد ۱۸ نمونه از سنگها در آزمایشگاه شرکت ذوب آهن اصفهان به روش شیمی تر مورد آزمایش قرار گرفت. برای مطالعه دگرسانیهای منطقه، بر اساس مشاهدات صحرایی و داده‌های ۴ نمونه XRD مطالعات صورت گرفته است. تعداد ۶ نمونه نیز جهت آنالیز به روش ICP-MS در آزمایشگاه تجزیه شرکت ACMI کانادا مورد آنالیز قرار گرفت.

بحث

وسعت دگرسانی در منطقه نشان‌دهنده شدت تاثیر سیالات گرمایی است. ولکانیکها در محل بیشتر تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند به همین دلیل بیشتر مطالعه بر روی آندزیتها و توفهای منطقه صورت گرفته است. این سنگها در اثر هجوم محلولهای هیدروترمال به شدت دچار دگرسانی شده و زونهای دگرسان شده را به وجود آورده اند.

از لحاظ سنگ‌شناسی بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان، منطقه شامل آندزیت-بازالت، آندزیت، داسیت، ریولیت و سنگهای پیروکلاستیک و یک منطقه به طور کامل دگرسان شده، می‌باشد (۱). آندزیتها در نمونه دستی به رنگ خاکستری تیره می‌باشد و بافتهای میکروولیتیک پرفیری و هیالوپرفیری نشان می‌دهند که فنوکریستهای از پلازیوکلاز و هورنبلند در زمینه فلدسپار و کوارتز دیده می‌شوند. کانیهای ثانویه کلسیت، سربیسیت، کلریت، اپیدوت، ژئولیت، کانیهای رسی، زیرکن و کانیهای اوپاک دیده می‌شود. همچنین با توجه به حضور پیروکسن می‌توان پیروکسن آندزیت را نیز تشخیص داد. شواهد پترولوژیکی و صحرایی نشان می‌دهند که شروع ولکانیسم منطقه به صورت فوران انفجاری بوده که سبب تشکیل سنگهای آذرآواری شده است و در مراحل آخر محلولهای گرمایی از طریق درز و شکافهای فراوانی که به واسطه حاکمیت تکتونیک شدید در ولکانیکهای منطقه حادث شده است، بالا آمده و سبب دگرسانی آنها گردیده است. در این منطقه عملکرد نیروهای تکتونیک قابل توجه بوده و چندین گسل نسبتاً بزرگ و کوچک با یک جهت و روند مشابه (شمال غرب- جنوب شرق) در منطقه عمل نموده است که از آن جمله می‌توان به گسل قم- زفره که از نزدیک منطقه مورد نظر عبور می‌کند اشاره کرد همچنین از دیگر گسلهای این منطقه می‌توان به گسل معکوس کچومثقال یا بنگان، گسل معکوس کوه دوشاخ، گسل ماربین- رنگان، گسل میلاجرد- زفره و گسل عباس‌آباد اشاره نمود (شکل ۱) (۲).

بر اساس مطالعات پتروگرافی صورت گرفته بر روی سنگهای سالم و دگرسان شده، انواع کانی‌های اصلی از نوع پلازیوکلاز، کلینوپیروکسن، آمفیبول، فلدسپات پتاسیم‌دار، کوارتز و کانی‌های فرعی اپیدوت، کلریت، ژاروسیت، ژئولیت، سربیسیت، سوموریت، آپاتیت، زیرکن و کانیهای اوپاک در سنگهای منطقه تشخیص داده شد. همچنین انواع بافتهای میکروولیتیک پرفیریک، هیالوپرفیریک، پیروکلاستیک، شارد کلاس، حفره‌ای، وزیکولار و برشی را در مقاطع میکروسکوپی می‌توان مشاهده کرد (شکل ۲).



شکل ۲) الف: بافت وزیکولار که به بافت بادامکی تبدیل شده است. XPL 40x ب: بافت پیروکلاستیک در توف. XPL 100X

آلتراسیون‌های هیدروترمال: از عوامل مهم آلتراسیون در منطقه می‌توان به وجود گسل‌های فوق‌الذکر که باعث هدایت محلول‌های داغ هیدروترمال از طریق دایک‌های اسیدی موجود در منطقه به سطح زمین شده‌اند، اشاره کرد. سنگ‌های میزبان منطقه بیشتر از نوع آذرآواری بوده که حالت توفی دارند و لایه‌بندی نیز در آنها هنوز مشخص می‌باشد و این لایه‌بندی به طور کامل از بین نرفته است و بعد از تاثیر محلول‌های هیدروترمال و ایجاد آلتراسیون نیز این لایه‌بندی در سنگها حفظ گردیده است (شکل ۳).



الف

شکل ۳: الف: وجود لایه‌بندی در سنگ مادر قبل از آلتراسیون ب: حفظ لایه‌بندی در توفها بعد از آلتراسیون

بر اساس آزمایشات XRD صورت گرفته بر روی سنگ‌های منطقه و نتایج بدست آمده از سازمان صنایع و معادن اصفهان کانی‌های جدول شماره ۱ تشخیص داده شده است {۲}.

جدول شماره ۱) نتایج آزمایشات XRD

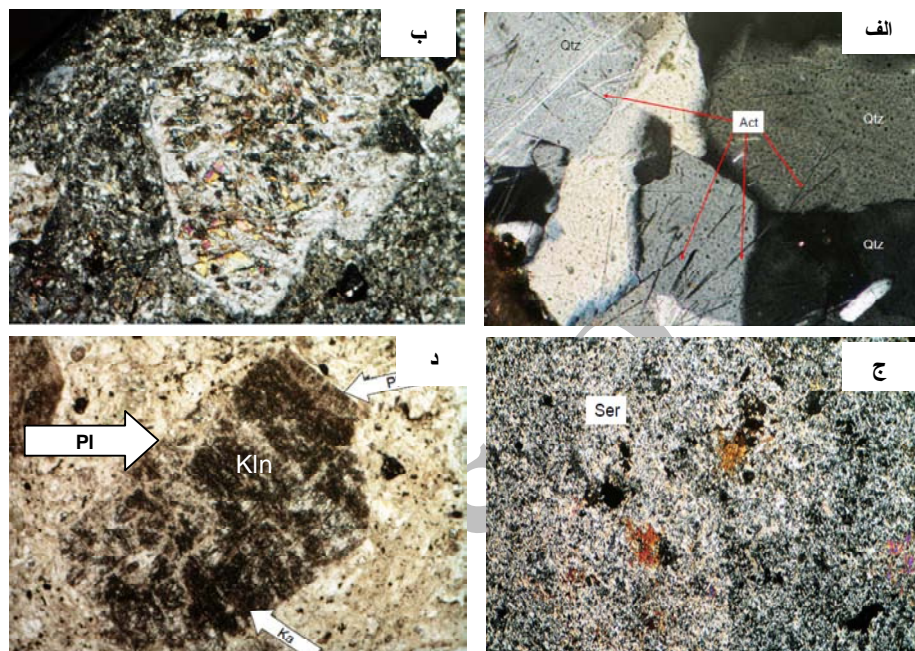
شماره نمونه	نتایج XRD	شماره نمونه	نتایج XRD
Ma-285	کوارتز - ایلیت - فلدسپات - ژاروسیت	Ma-43	آلیت - ژیس - کوارتز - ایلیت - ناتروژاروسیت
Ma-286	پروفلیت - کوارتز - فلدسپات - آناز	Ma-44	کوارتز - آلیت - مسکویت - موتموریونیت

همچنین بر اساس مشاهدات صحرائی صورت گرفته، ژیس و انواع اکسیدهای آهن از نوع هماتیت، لیمونیت و گوتیت در منطقه به حد وفور وجود دارد و در نقاط مختلف مشاهده می‌شود.

در این منطقه آندزیت‌ها و سنگ‌های آذرآواری تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال قرار گرفته و کانی‌های اپیدوت، کلریت، کلسیت همچنین آمفیبول‌های سوزنی (اکتینوت) در داخل کوارتز مشاهده می‌شود (شکل ۴ الف) در مرحله آخر، محلول‌های هیدروترمال باعث سوسوریتی شدن، سریسیتی شدن و کائولینیتی شدن پلاژیوکلازها شده است (شکل ۴ ب، ج، د).

آلتراسیون سوسوریتی شدن: از دیگر پدیده‌های آلتراسیون که در سنگ‌های حاوی فلدسپات و بخصوص در آندزیت‌هایی که تحت تاثیر محلول‌های آلتراسیون قرار گرفته‌اند سوسوریتی شدن می‌باشد. در شکل ۴-ب کانی ثانویه سوسوریت که به دلیل غنی بودن پلاژیوکلازها از آنورتیت می‌باشد، ایجاد می‌گردد. یک بلور پلاژیوکلاز در آندزیت را نشان می‌دهد. در اثر این تبدیل، پلاژیوکلازها به علت از دست دادن کلسیم دارای ترکیب سدیک‌تر می‌شوند و در نتیجه از پلاژیوکلاز بازیک به طرف پلاژیوکلاز اسیدی تمایل پیدا می‌نمایند در اثر پدیده سوسوریتیزاسیون مجموعه‌ای از کانی‌های ثانویه شامل آلیت، کلسیت، اپیدوت، کانی‌های اوپاک و کوارتز ثانویه را خواهیم داشت.

آلتراسیون کائولینیتی شدن: این فرایند بیشتر بر فلدسپار پتاسیم اثر می‌گذارد و معمولاً محصولات حاصله، آنقدر ریزدانه‌اند که ماده کاملاً دگرسان‌شده، در مقطع نازک، ظاهری بی شکل، خاکستری و غالباً تیره دارد (شکل ۴-د). این دگرسانی‌های در هنگام سرد شدن یا حوادث دگرسانی گرمایی رخ می‌دهند. با ورود آب و پراکندگی مجدد و یا خروج پتاسیم، سدیم و کلسیم و دیگر تغییرات همراه هستند.

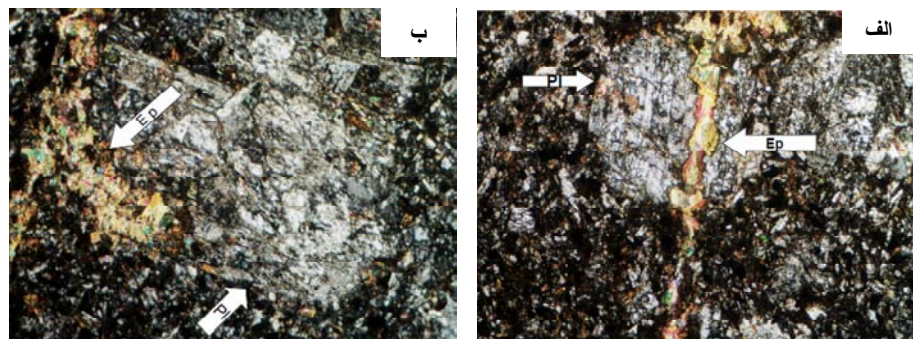


شکل ۴: الف: سوزنهای اکتینولیت در کوارتز XPL 100X ب: سوسوریتی شدن یک بلور پلاژیوکلاز XPL 100X ج: سریسیتی شدن عمومی در سنگ XPL 40x د: کانولینیتی شدن یک بلور پلاژیوکلاز XPL 100x

به طور کلی آلتراسیون‌های هیدروترمال در منطقه مورد مطالعه بر اساس جایگاه زمین‌شناسی در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند: (۱) آلتراسیون‌های هیدروترمال منطقه‌ای که خود شامل سریسیتی شدن و پروپلیتی شدن می‌باشد که انواع دگرسانی‌های اپیدوتی شدن، کلریتی شدن، کانولینیتی شدن، سیلیسی شدن و سوسوریتی شدن خود زیر مجموعه آلتراسیون پروپلیتیک می‌باشند. (۲) آلتراسیون هیدروترمال تحت کنترل ساختاری که خود شامل سه نوع آلتراسیون آرژیلیک می‌باشد (۱۰). در منطقه مورد نظر به علت فعالیت تکنونیک بالایی که به خاطر عملکرد گسل‌های منطقه وجود دارد، این نوع آلتراسیون به میزان زیاد اثر نموده است. آلتراسیون پروپلیتیک با تحمل آلتراسیون‌های شدیدتر به آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته یا اسید سولفات تبدیل می‌گردد (۳).

آلتراسیون پروپلیتیک: شاخص این نوع آلتراسیون دو کانی ثانویه اپیدوت و کلریت می‌باشد که اپیدوت‌ها ناشی از آلتراسیون پلاژیوکلاز، کلینوپروکسن و آمفیبول می‌باشند و آنها را به دو صورت رگچه‌ای و جانشینی (شکل ۵) و هم در مشاهدات صحرایی (شکل ۶، الف)، در منطقه دیده می‌شوند. همچنین کلریت‌ها نیز از آلتراسیون پلاژیوکلاز و آمفیبول به وجود آمده‌اند و آنها را به همراه زئولیت، کلسیت و اکسیدهای آهن در مقاطع میکروسکوپی دیده می‌شوند. پروپلیتی شدن بر اثر تغییر در سنگ‌های آندزیتی و داسیتی به وجود می‌آید و از طرف بسیاری از محققین به عنوان تغییرات حاصل از فرایندهای گرمایی در درجه حرارت پایین و متوسط ارزیابی می‌گردد.

دگرسانی پروپلیتیک به واسطه رنگ سبز خود در که توسط سنجش از دور انجام می‌شود به راحتی شناسایی می‌گردد. این دگرسانی معمولاً فاقد ارزش اقتصادی و کانه‌زایی می‌باشد و شناسایی آن برای دستیابی به کانسارها دارای اهمیت می‌باشد چون خارجی‌ترین بخش اکثر ذخائر مس را زون دگرسان پروپلیتیک تشکیل می‌دهد.



شکل ۵) الف: اپیدوت به شکل رگه‌ای بلور پلاژیوکلاز قطع نموده است. XPL 100X: اپیدوت جانشین قسمتی از پلاژیوکلاز گردیده است. XPL 100X
 آلتراسیون سریسیستیک: سریسیست یک نوع مسکویت آبدار می‌باشد که از تجزیه فلدسپاتها به وجود می‌آید و در محل مورد نظر جانشین پلاژیوکلازهای اسید و فلدسپاتهای K دار شده است (شکل ۶، ب).

همچنین این آلتراسیون به وسیله اجتماع مسکویت، کوارتز و مقادیری از پیریت، کلریت، ژیپس و هماتیت مشخص می‌شود {۶} که همگی موارد به استثنای پیریت در منطقه دیده شده است و فقدان پیریت در منطقه را می‌توان به تجزیه آن در اثر آبهای اسیدی با Ph کمتر از ۳.۵ نسبت داد {۳} (شکل ۶، ب). آلتراسیون سیلیسیستیک: زون دگرسان رخساره سیلیسیستیک در منطقه مارسار رخنمون دارد.

سیلیسی شدن در واقع یک نوع دگرسانی عمومی است که در اغلب دگرسانها یافت می‌گردد. اسید سولفوریک تولید شده طی واکنشهایی که در محبت دگرسانی اسید سولفات ارائه گردید با Ph کمتر از ۲ با سیلیکاتهای سنگهای آتشفشانی و آذرآواری واکنش داده و با انحلال عناصری مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و در سنگ باعث بالا رفتن مقدار سیلیس در منطقه می‌گردد به طوری که تنها کانی تشکیل دهنده این سنگها، سیلیس می‌باشد و حدود ۹۰ درصد از خلل و فرجها را پر می‌کنند.

رخنمونهای زون سیلیسی در منطقه مارسار بسیار فراوان می‌باشد. ظاهر صخره مانند و پراکنده این زون در منطقه بسیار شاخص می‌باشد سیلیسی شدن یک نوع آلتراسیون عمومی می‌باشد که در اثر انحلال عناصر اصلی سیلیکاته در سنگهای منطقه، باعث بالا رفتن مقدار کوارتز می‌شود که این نوع آلتراسیون منطقه‌ای به میزان زیاد در منطقه مشاهده می‌گردد (شکل ۶، د).

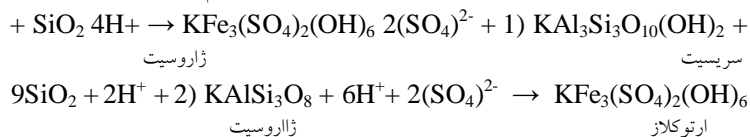
آلتراسیون آرژیلیک پیشرفته: این آلتراسیون با اجتماعات کانه‌هایی شامل آلونیت، پیروفیلیت و کائولینیت مشخص می‌شود {۱۱} به طوری که بافت اصلی سنگ به طور کامل از بین رفته باشد {۱۰}.

یکی از دلایل گسترش آلتراسیون آرژیلیک در منطقه می‌تواند وجود معدن خاک صنعتی مارسار (پیروفیلیت-کائولینیت) در نزدیکی منطقه مورد نظر باشد. ولی همگی و همکاران آلتراسیون اسید سولفات از آرژیلیک پیشرفته را توسط وجود آلونیت در اجتماع آلونیت+کائولینیت+کوارتز+پیریت متمایز می‌دانند {۷}.

در منطقه مورد مطالعه شاخص این نوع آلتراسیون کانی ژاروسیت می‌باشد که یکی از اعضای گروه آلونیت می‌باشد {۹}. مطالعات پتروگرافی، فراوانی ژاروسیت در منطقه را به دو صورت رگه‌ای و توده‌ای اثبات نموده است این کانی در نور عادی به رنگ زرد عسلی و در نور پلاریزه رنگهای اینترفرانس درجه بالا از خود نشان می‌دهد و رلیف این کانی خیلی زیاد می‌باشد (شکل ۶، ج).

با توجه به فراوانی Na و اکسیدهای آهن در منطقه، ژاروسیتها می‌توانند از نوع ناتروژاروسیت باشند آنها یک نوع ژاروسیت سدیم‌دار باشند {۳} به طور کلی می‌توان زون آرژیلیک پیشرفته را فراگیرترین زون دگرسانی در سنگهای آتشفشانی منطقه دانست.

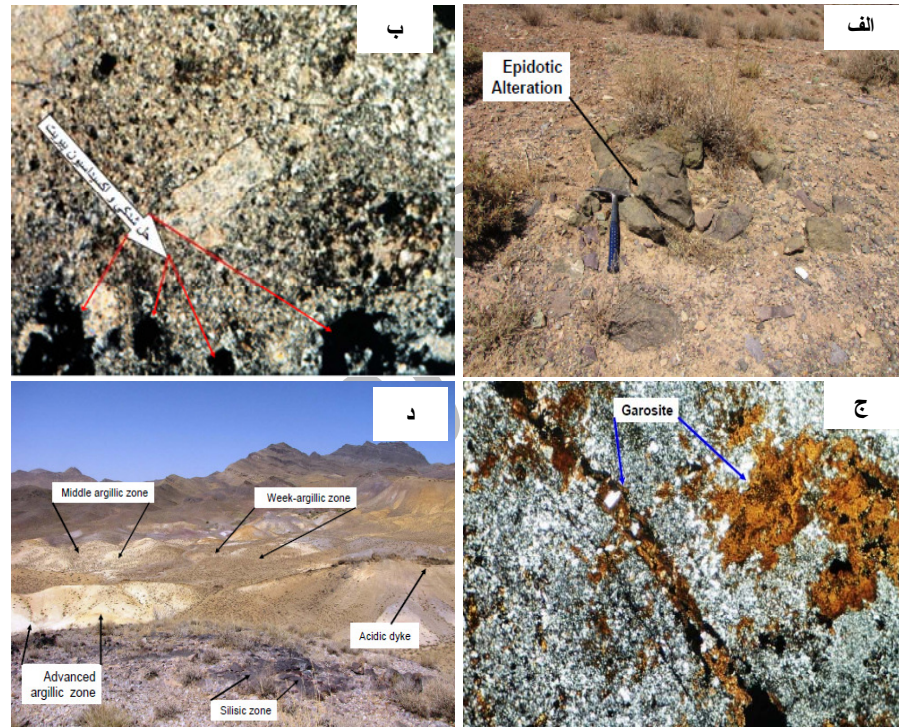
شواهد میکروسکوپی نشان می‌دهد که سریسیست و فلدسپات ارتوکلاز هم مستقیماً می‌توانند به ژاروسیت تبدیل گردند {۵}:



آلتراسیون آرژیلیک حد واسط: این آلتراسیون به واسطه کانی‌های رسی به ویژه کائولن، سریسیست، کوارتز، کلسیت، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن می‌باشد که با توجه به مشاهدات پتروگرافی و همچنین وجود ایلیت بر اساس نتایج آزمایشات XRD این نوع آلتراسیون نیز در منطقه مجرز

می‌باشد. همچنین گنجی پارازنز کانی‌هایی شامل سریسیت، کوارتز، فلدسپات K دارو کانی‌های رسی شامل کائولینیت و ایلیت را نشان دهنده این نوع آلتراسیون می‌داند {۱۰}.

آلتراسیون آرژیلیک ضعیف: در این آلتراسیون مقادیر کمی کانی‌های مربوط به آلتراسیون حدواسط کاهش یافته و فلدسپاتها و پلاژیوکلازها به صورت بخشی دگرسان شده‌اند که با توجه به مطالعات پتروگرافی صورت گرفته این نوع آلتراسیون نیز در منطقه مشهود می‌باشد {۱۰}. این آلتراسیون را با اجتماعی از کانی‌های کوارتز، فلدسپات K دار، آلبیت، سریسیت، کلریت، پیریت و کائولینیت که بافت سنگ تا حدود زیادی حفظ شده باشد، معرفی می‌کنند {۱۰}.



شکل ۶) الف: آلتراسیون اپیدوتی در مشاهدات صحرایی ب: حل شدگی و اکسیداسیون پیریت 40X XPL ج: ژاروسیت به صورت رگه ای و جانشینی XPL 40X: انواع آلتراسیون آرژیلیک، و آلتراسیون سیلیسیک به همراه یک دایک اسیدی در منطقه

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان انجام گرفته که بدینوسیله از زحمات آقایان مهندس آرش شفیع مدیر آموزش و پژوهش، مهندس محمدیاسر طیب‌نیا مدیر خرید مواد اولیه و انرژی و مهندس بهروز ترابی مدیر آزمایشگاه مرکزی شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان تشکر می‌گردد.

نتیجه گیری

وجود سنگ مادر مناسب (اسیدی حدواسط) همچنین وجود درز و شکاف فراوان در آنها باعث تشکیل معدن خاک صنعتی ماساراز از منشاء گرمابی در منطقه شده است.

بر اساس مطالعات پتروگرافی، مشاهدات صحرایی و همچنین نتایج آزمایشات XRD، آلتراسیون آرژلیک پیشرفته به واسطه وجود کانی ژاروسیت، کانی های رسی (کائولینیت، پیروفیلیت، ایلیت و کلریت)، کوارتز و ژیبس، در مقیاس وسیعی عمل نموده است که معدن خاک صنعتی مارسار گواه این موضوع می باشد.

از انواع دیگر آلتراسیون ها مشاهده شده در منطقه می توان به آلتراسیون های سربستییک و پروپلیتیک (این آلتراسیون خود دارای زیرمجموعه هایی شامل سوسوریتی شدن، کائولینیتی شدن، سیلیسی شدن، اپیدوتی شدن، کلریتی شدن) اشاره نمود.

آلتراسیون و کانه زایی غیرفلزی در منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر فرایندهای ساختاری و نفوذ محلولهای هیدروترمال از طریق دایکها در سنگهای منطقه که عمدتاً آندزیت، آندزیت-بازالت و توفهای پیروکلاستیک می باشند، صورت گرفته و در نهایت منجر به تشکیل معدن خاک صنعتی مارسار گردیده است. به طور کلی در منطقه مورد نظر می توان مجموعه ای از انواع آلتراسیونها را مشاهده نمود.

منابع:

- {۱} رادفر، ج.، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ناحیه اردستان، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- {۲} صنایع و معادن استان اصفهان، ۱۳۷۹، گزارش پایان طرح عملیات اکتشاف (رس صنعتی مارسار) شرکت معدن گوهران.
- {۳} مطهری، ز.، نوربهشت، الف.، نقره ثیان. و م.، ۱۳۸۷. ژنز آلتراسیون اسید سولفات در منطقه سرخ شاد، شمال غرب انارک (ایران مرکزی)، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد ۳۰، ص ۱۷-۲۸.
- {۴} محمدی، س. س.، وثوقی عابدینی، م.، هاشم امامی. و م.، (۱۳۷۶) پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای آتشفشانی منطقه اردستان ایران مرکزی، اولین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- {۵} نقره ثیان، م.، مکی زاده، م. ع.، شرافت، ش.، خدایمی. و م.، ۱۳۷۸، اولین گزارش از رخداد آلونیت و ژاروسیت در اندیس معدنی شهرزاد، مقاله در سمینار داخلی دانشگاه اصفهان.
- {6} Deyell, C. I., Thompson, J. F. H., Groat, L. A., mortensen, J. K., Friedman, R.M., 1998, The style and origin of alteration on the limonite creek property, central british Columbia (93/12), geological fieldwork, p. 31-1-31-8.
- {7} j. j., Hemely, W. R., jones, chemical aspects of arsenic alteration with emphasis on hydrogen metasomatism: ECON. GEOL., v. 59, p. 538-569; (1964).
- {8} fluid evolution of KARIMZADEH SOMARIN A., LENTZ D.R., 2008, Mineralogy, geochemistry and fossil hydrothermal system in the paleogene mendegin olcanic sequence, East Azarbaijan, Iran, Miner petrol 94: 123-143.
- {9} keiko, S., Hidetaka, K., 2000, morphology of jarosite, v. 38, p. 45-56.
- {10} tarom middle part of alteration in the Ganji, A. R., 2005, Mineralogical investigation of hydrothermal society of crystallography and mineralogy, vol. 13, P. 121-133. Iran, Iranian mountains-northwest of
- {11} Rockwell, Barnaby W., Hofstra, Albert H., 2009, mapping argillic and advanced argillic alteration in Utah, 1° x 2° quadrangle, southwestern arnites in the western Richfield volcanic rocks, quartzites, and quartz 39. using aster satellite data, rocky mountain section, vol. 41, p.