بررسی پهنه‌های دگرسانی و آمیختگی ماگمایی در محدوده معدنی کهنگ

مریم فرمهینی فراهانی [۱*]، احمد خاکزاد [۲]، هوشنگ اسدی هارونی [۳] و محمدهاشم امامی [۴]

[۱] استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران
[۲] دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۳] استادیار، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
[۴] دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۸

چکیده

معدن مس و مولیبدن پورفیری کهنگ در استان اصفهان و ۱۰ کیلومتری خاور شهرستان زفره و در کمربند آتشفشانی- نفوذی ارومیه - دختر قرار گرفته است. بیش از ۹۰ درصد سنگ‌های این محدوده اکتشافی تحت تأثیر سیال‌های گرمابی دگرسان شده است به گونه‌ای که انواع دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر مس و مولیبدن پورفیری در آنجا دیده می‌شود. بیشتر سنگ‌های منطقه از نوع حدواسط تا اسیدی نیمه‌آتشفشانی است و دگرسانی‌های فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی را نشان می‌دهند. با توجه به این که توده اصلی ذخیره تحت تأثیر فرسایش قرار نگرفته است و در ژرفا قرار دارد، دگرسانی پتاسیک در سطح محدوده رخنمون ندارد. در بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه اکتشافی از روش‌های مختلفی همچون دورسنجی، مطالعه مقاطع نازک و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها استفاده شده است. مسئله دیگری که در این پژوهش به آن پرداخته شده آمیختگی ماگمایی است؛ این مسئله با شواهد سنگ‌نگاری همچون بافت غربالی، حاشیه‌های خلیجی در درشت‌بلورهای اولیه کوارتز و چگونگی تأثیر سیال‌های گرمابی در بلورهای پلاژیوکلاز به‌ویژه در واحدهای سنگ‌شناختی آندزیت پورفیری تأیید می‌شود. از سوی دیگر حجم گسترده سنگ‌های اسیدی و نیمه‌اسیدی، محدوده قابل توجه دگرسانی و حضور دو نسل کانه‌زایی هر کدام به‌گونه‌ای نشان از آمیختگی ماگمایی در محدوده اکتشافی است. در این پژوهش به همانندی‌های کهنگ و دیگر پورفیری‌ها در پهنه ارومیه- دختر توجه شده است.

کلیدواژه‌ها : دگرسانی، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک، سیلیسی‌شدن، سیال گرمابی، آمیختگی ماگمایی، بافت غربالی، پورفیری، دورسنجی.

***نویسنده مسئول:** مریم فرمهینی فراهانی
E-mail: fm_farahani@yahoo.com

۱-پیش‌گفتار

محدوده اکتشافی کهنگ در شمال خاوری برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوهپایه و در بخش شمال خاوری چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اصفهان قرار دارد. این محدوده بر پایه بررسی‌های متفاوت از دید ذخیره مس و مولیبدن پورفیری مستعد شناخته شده است (اسدی هارونی، ۱۳۸۵). در این پژوهش برای پی بردن به نزدیک‌ترین نواحی به توده معدنی به‌چگونگی پهنه‌بندی نواحی دگرسانی توجه شده و در این راستا از روش‌های مختلف بهره گرفته شده است .

۲-هدف از پژوهش

با توجه به این که محدوده معدنی کهنگ از دید ذخیره مس و مولیبدن پورفیری مستعد شناخته شده است و این ذخایر در سطح زمین رخنمون ندارد، یکی از مؤثرترین روش‌های بررسی این گونه ذخایر، شناسایی و بررسی انواع پهنه‌های دگرسانی در برگیرنده توده‌های معدنی است (کریم‌پور، ۱۳۸۴). این هاله‌ها ارتباط ژنزی خوبی با پدیده‌های تشکیل کانسار دارند و تجلی اصول ژئوشیمیایی حاکم بر مهاجرت عناصر هستند. به همین دلیل، الگوی پهنه‌بندی خوبی از خود نشان می‌دهند که با سوی جریان محلول‌های کانی‌ساز مرتبط است و با تشخیص درست آنها می‌توان به سو و مرکز کانی‌سازی در منطقه پی برد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). بنابراین، در این پژوهش گوناگونی و شعاع تأثیر دگرسانی‌ها در منطقه مورد بررسی قرار گرفت و در این راستا برای دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر از روش‌های گوناگون بررسی‌های صحرایی، سنگ‌نگاری، کانه‌نگاری و دورسنجی استفاده شد.

۳-روش کار

در پروژه اکتشافی کهنگ با توجه به اینکه کل محدوده به مقدار کم تا زیاد تحت تأثیر سیال‌های گرمابی دگرسان شده‌اند، به‌منظور بررسی هاله‌های دگرسانی از بررسی‌های صحرایی، تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه مقاطع نازک و نتایج تجزیه نمونه‌ها به روش XRF استفاده شد. در این راستا در اولین مراحل پس از بازدیدهای صحرایی، مطالعه گزارش‌های زمین‌شناسی منطقه (اسدی هارونی، ۱۳۸۵) و بررسی تصاویر ماهواره‌ای ۶۰ نمونه سنگی برای تهیه مقاطع نازک، صیقلی و تجزیه شیمیایی XRF برداشت و همچنین به منظور دست‌یابی به نتایج مستدل و دقیق‌تر در بررسی هاله‌های دگرسانی منطقه از اطلاعات ژئوشیمیایی نیز بهره گرفته شد و در پایان پس از تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی، پهنه‌های دگرسانی کهنگ با برخی از ذخایر پورفیری در پهنه ارومیه- دختر مقایسه شده است. (جدول‌های ۱ و ۲)

۴- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

اندیس معدنی کهنگ با مساحت تقریبی ۱۰ کیلومتر مربع روی پهنه ماگمایی ارومیه -دختر قرار دارد. این پهنه بخشی از کمربند فلززایی اوراسیاست و در نتیجهٔ فعالیت‌های ماگمایی در سنوزوییک به‌ویژه نئوژن- پلئیستوسن ایجاد شده است (Förster et al., 1972). بنا به باور نبوی (۱۳۵۵) و درویش‌زاده (۱۳۷۰) کمربند ماگمایی ارومیه- دختر مرز باختری ایران مرکزی و بزرگ‌ترین کمربند مس شناخته شده در ایران بوده و سنگ‌های سازنده آن بیشتر سنگ‌های آتشفشانی حدواسط و آذرآواری‌های وابسته به آنهاست.

۵-زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه

سنگ‌های موجود در محدوده معدنی بیشتر از نوع آتشفشانی، نیمه‌آتشفشانی و نیمه ژرف است به‌گونه‌ای که می‌توان گفت اصلی‌ترین واحدهای سنگ‌شناختی منطقه واحدهای آندزیت، آندزیت پورفیری، داسیت پورفیری، ریوداسیت پورفیری، دیوریت، میکروگرانیت پورفیری و کوارتزمونزونیت است. گدازه‌های آندزیتی با سن ائوسن، بیشتر در بخش‌های حاشیه‌ای قرار دارد. سنگ‌های نیمه‌آتشفشانی آندزیت پورفیری و ریوداسیت پورفیری که جوان‌تر از سنگ‌های پیشین هستند، در بخش‌های داخلی‌تر و جوان‌ترین واحدهای سنگی منطقه یعنی کوارتزمونزونیت‌ها، میکروگرانیت‌ها و گرانیت‌های پورفیری بیوتیت‌دار در بخش‌های مرکزی محدوده

قرار گرفته‌اند. بر پایه بررسی‌های دورسنجی و سنگ‌نگاری انجام‌شده در منطقه می‌توان گفت بیش از ۹۰ درصد سنگ‌های محدوده اکتشافی تحت تأثیر سیال‌های گرمابی به مقدار کم تا زیاد دگرسان شده‌اند و افزون بر این آن تحت تأثیر حرکات زمین‌ساختی نیز قرار گرفته‌اند (فرمهینی فراهانی، ۱۳۸۷). بر پایه بررسی‌های سنگ‌نگاری و دورسنجی رابطه مستقیم ساختارهای زمین‌ساختی منطقه با کانه‌سازی تأیید می‌شود. به گونه‌ای که، مهم‌ترین گسل منطقه با روند شمال خاور- جنوب باختر با طول تقریبی ۷۰۰ متر و یک سری ساختارهای حلقوی کوچک، که از مرکز سامانه دگرسانی می‌گذرند، پتانسیل کانه‌سازی بالایی دارند (فرمهینی، ۱۳۹۱).

۶-نشانه‌های صحرایی دگرسانی در منطقه

در بازدیدهای صحرایی از منطقه برخی از نشانه‌های زمین‌شناسی مرتبط با ذخایر پورفیری همچون واحدهای سنگی برشی و دگرسان‌شده، دایک‌های برشی (شکل‌های ۲، ۳ و ۴)، استوک‌ورک‌های سیلیسی کانه‌دار و پهنه‌بندی دگرسانی‌ها دیده شدند. بر پایه نشانه‌های سنگ‌نگاری، دایک‌های برش موجود در محدوده معدنی کهنگ تحت‌تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک و تا حدی فیلیک قرار گرفته‌اند و سرشار از اکسید آهن و گاه دارای رگچه‌های کوارتز- سریسیت هستند. در مطالعه مقاطع نازک این سنگ‌ها مشخص شد که پلاژیوکلازها از حاشیه به فلدسپار قلیایی تبدیل و آمفیبول‌ها کلریتی و گاه توسط بیوتیت‌های ثانویه جایگزین شده‌اند؛ کانی‌های مافیک نیز توسط اپیدوت، کلسیت و کلریت جایگزین شده‌اند و در زمینه سنگ افزون بر تیغه‌های پلاژیوکلاز، کانی‌های مافیک، نهان‌بلورهای (کریپتوکریستال‌های) سیلیسی، کلریت، مگنتیت و تیتانومگنتیت حضور دارند (شکل ۱) .

۷- تأثیر دگرسانی بر واحدهای مختلف سنگ‌شناختی منطقه

از آنجا که میزان و چگونگی تأثیر سیال‌های گرمابی، توسط فاکتورهای بسیاری همچون ساخت و بافت سنگ‌ها و ژئومتری ماده معدنی کنترل می‌شود، لازم است در هنگام مطالعه محدوده‌های دگرسانی در منطقه به این کنترل‌کننده‌های ساختاری و شیمیایی توجه شود. بر پایه بررسی تصاویر ماهواره‌ای در محدوده پورفیری کهنگ مشخص شد که بیشتر سنگ‌های موجود در محدوده، تحت تأثیر سیال‌های گرمابی به مقدار کم تا زیاد دگرسان شده‌اند. در بازدیدهای صحرایی، مطالعه مقاطع نازک و نتایج تجزیه نمونه‌ها به‌روش XRF (جدول ۱) نیز این مسئله تأیید می‌شود به گونه‌ای انواع دگرسانی‌های مرتبط با ذخایر پورفیری مانند پروپیلیتیک، فیلیک، آرژیلیک، سیلیسی‌شدن در منطقه آشکار است. حال به تفکیک نوع دگرسانی، به چگونگی و میزان تأثیر سیال‌های بر واحدهای سنگی منطقه پرداخته می‌شود .

۷-۱.دگرسانی پروپیلیتیک

طی بررسی‌های انجام‌شده در محدوده اکتشافی مشخص شد که گدازه‌های آندزیتی و به مقدار کمتر آندزیت‌های پورفیری (آدابی و کریم‌پور، ۱۳۸۱) تحت‌تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند. محلول گرمابی غنی از منیزیم، آهن، کلسیم، سدیم و بی‌کربنات ابتدا بر کانی‌های فرومنیزین مانند پیروکسن و آمفیبول و سپس پلاژیوکلازها تأثیر گذاشته و سبب تجزیه و تغییرات ثانویه در آنها شده به گونه‌ای که میکرولیت‌ها و تیغه‌های متقاطع پلاژیوکلاز (بیشتر از نوع آندزین) موجود در خمیره سنگ از حاشیه به فلدسپارقلیایی، اپیدوت و کربنات تبدیل شده‌اند و پیروکسن و آمفیبول موجود در میان تیغه‌ها گاهی توسط کلریت، اپیدوت، اکسیدآهن و کانه‌ها جایگزین شده‌اند. اسفن و کوارتز ثانویه نیز به‌عنوان محصول دگرسانی در متن سنگ دیده می‌شود. در مقاطع حاصل از آندزیت‌های پورفیری منطقه، درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین و قالب کانی‌های مافیک به‌چشم می‌خورد. پلاژیوکلازها به کانی‌های رسی، کلریت و اپیدوت تجزیه‌شده‌اند و قالب کانی‌های مافیک توسط کلریت، اپیدوت، کلسیت و کوارتز جایگزین شده است. زمینه از میکرولیت‌ها و تیغه‌های متقاطع پلاژیوکلاز تشکیل شده است که گاه حالت جریانی نشان می‌دهند. بیشتر فلدسپارهای خمیره اپیدوتی شده‌اند و میان آنها کلریت، اسفن و کانی‌های میکایی دیده می‌شود. همچنین مقادیری سیلیس نیز در خمیره به‌چشم می‌خورد. مقداری از کانی‌های سنگ هنوز سالم مانده و تحت‌تأثیر دگرسانی قرار نگرفته است. می‌توان چنین بیان کرد که حضور درشت بلورها و زمینه متشکل از تیغه‌های پلاژیوکلاز نشان‌دهنده یک سنگ نیمه‌ژرف (Sub Volcanic) است که در مراحل بعدی تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته است (شکل‌های ۵ و ۶).

۷-۲.دگرسانی آرژیلیک

بر پایه مطالعات مقاطع نازک و نتایج حاصل از روش XRF مشخص شد که واحد داسیت پورفیری تا حدی تحت تأثیر این دگرسانی قرارگرفته است. گفتنی است با توجه به این که در برخی از ارتفاعات محدوده آرژیلیکی منطقه، به‌طور محدود دگرسانی آلونیتی نیز به‌چشم می‌خورد و به عبارتی همپوشانی میان دگرسانی آرژیلیک و آلونیتی به‌طور محدود در برخی از نواحی دیده می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده عملکرد سیال‌های اسیدی و تشکیل پهنه آرژیلیک پیشرفته در اندیس کهنگ است (علیرضایی، ۱۳۷۸). همچنین واحد ریوداسیت پورفیری تأثیرات دگرسانی آرژیلیک و فیلیک را نشان می‌دهد. این سنگ‌ها که دارای درشت بلورهای کوارتز با حاشیه خلیجی و فلدسپارهای سریسیتی‌شده و گاه رسی‌شده با خمیره‌ای متشکل از کوارتزهای بسیار دانه‌ریز و سریسیت‌ها هستند (شکل ۷) در برخی از مقاطع قالب کانی‌های مافیک کاملا دگرسان و تورمالین‌های شعاعی به‌چشم می‌خورد.

موارد قابل توجه در مورد این نوع دگرسانی در منطقه کهنگ این است که سنگ‌های متأثر از آن افت شدیدی نسبت به اکسیدهای قلیایی از خود نشان می‌دهند که این مسئله در نتایج تجزیه XRF نمونه‌ها و نمودارها نیز مشهود است (شکل‌های ۸ و ۹). از سوی دیگر حضور کانی تورمالین در این محدوده بیانگر حضور گاز بور در سیال گرمابی مؤثر در منطقه و همچنین با توجه به چیرگی کانی‌های رسی و نبود کانی‌های دگرسانی دما بالا مانند پیروفیلیت و آندالوزیت مشخص می‌شود که دمای سیال گرمابی پایین بوده است.

۷-۳. دگرسانی فیلیک

بیشترین تأثیر سیال‌های گرمابی اسیدی ایجادکننده این نوع دگرسانی در بخش‌های مرکزی‌تر منطقه دیده می‌شود، این مسئله به‌وسیله حضور کانی‌های سریسیت، کوارتز ثانویه و پیریت و نوع رگچه‌های دگرسانی قابل تأیید است. کانی‌های رسی، اسفن و روتیل به‌صورت فرعی در این محدوده دیده می‌شوند. مطالعه مقاطع نازک و نتایج حاصل از روش تجزیه شیمیایی XRF نشان از این مطلب دارد که بخش‌های قابل توجهی از منطقه مانند واحدهای سنگی کوارتزمونزونیتی، میکروگرانیت پورفیری و گرانودیوریت پورفیری که نشانه سنگ‌های نیمه‌ژرف هستند و در بخش‌های مرکزی‌تر قرار دارند، تحت تأثیر دگرسانی فیلیک و گاهی فیلیک تا پروپیلیتیک قرار داشته‌اند. همان گونه که در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ دیده می‌شود بر اثر این دگرسانی بخش‌های چیره از کانی‌های اولیه سنگ‌ها توسط سریسیت، کوارتز و کانی‌های کدر جایگزین شده‌اند. نفوذ این توده‌های آذرین نیمه‌ژرف به درون سنگ‌های دربرگیرنده همچون آندزیت‌ها و آندزیت‌های پورفیری سبب دگرسانی و برشی شدن واحدهای کهن‌تر شده است و خود نیز تحت تأثیر سیال گرمابی قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین کانی‌های پورفیری در این سنگ‌ها فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز و کوارتز اولیه است که با نفوذ و تأثیر سیال گرمابی در منطقه تا حدودی توسط کانی‌های ثانویه جایگزین شده‌اند. در واحد سنگ‌شناختی کوارتزمونزونیت درشت‌بلورهای فلدسپار در شرایط قلیایی به سریسیت، پیریت، کوارتز ثانویه و اکسیدآهن تبدیل شده‌اند و کوارتز اولیه با حاشیه خلیجی در آنها دیده می‌شود. گاهی فلدسپارها به طور کامل توسط سریسیت، کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن جایگزین شده‌اند؛ کوارتز ثانویه در زمینه تبلور دوبار یافته و کانه‌های مگنتیت، هیدروکسیدهای آهن و گاه کلریت دیده می‌شوند.

در میکروگرانودیوریت کانی‌های مافیک به‌وسیله کلریت، اکسید و هیدروکسید آهن و درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز توسط سریسیت، کلریت و کانی‌های رسی جایگزین شده‌اند. در زمینه نیز کوارتز ثانویه، سریسیت، کانه‌های کدر، مالاکیت و ژاروسیت دیده می‌شود. در میکروگرانیت، بیوتیت‌دار پورفیری پلاژیوکلازها سریسیتی شده و بیوتیت‌ها به اکسید آهن، مسکوویت و کلریت تبدیل شده‌اند. کوارتزهای ثانویه در زمینه حضور دارند و در واحد میکروگرانیت، پلاژیوکلازها که حالت پهنه‌بندی نشان می‌دهند، سریسیتی و گاه توسط کانی‌های رسی و اکسید آهن جایگزین شده‌اند. در این سنگ‌ها درشت‌بلورهای کوارتز اولیه با حاشیه واکنشی و کوارتزهای ریز خمیره به‌صورت بی‌شکل هستند. فلدسپارهای قلیایی گاه تحت تأثیر سیال سریسیتی شده‌اند و به‌طور کلی می‌توان گفت که بر اثر شکل‌گیری همبود (پاراژنز) کوارتزهای ثانویه، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، پیریت و سریسیت در این سنگ‌ها دگرسانی فیلیک ایجاد شده است. همچنین کانی‌های فرعی اسفن و روتیل و آناتاز نیز در سنگ حضور دارند. در یک جمع‌بندی، واحدهای سنگی یادشده بیشتر تحت تأثیر دگرسانی فیلیک قرارگرفته‌اند و در برخی مواقع گذر دگرسانی فیلیک به پروپیلیتیک را نشان می‌دهند و مسئله کنترل ساختاری توسط گسل‌ها مشهود است. به‌گونه‌ای که می‌توان گفت تأثیر سیال‌های گرمابی در پی برشی شدن و تکتونیزه شدن در منطقه صورت گرفته است.

۷-۴. دگرسانی سیلیسی

بر پایه بررسی‌های صحرایی پوش سنگ سیلیسی در منطقه، در بخش‌های بالایی دگرسانی آرژیلیک و گاه فیلیک به‌چشم می‌خورد. بدین ترتیب که پس از شکسته‌شدن ساختار فلدسپارها و تبدیل آنها به کانی‌های رسی، سیلیس اضافی به‌صورت یک پوشش در بخش‌های بالایی نواحی دگرسانی یادشده ایجاد شده است. همچنین بر پایه مطالعات سنگ‌نگاری مشخص شد واحدهای کوارتزمونزونیت و داسیت پورفیر تحت تأثیر فرایند سیلیسی‌شدن قرار گرفته‌اند. گفتنی است این پدیده با فرایند کانه‌زایی همراه است و گاه عملکرد تأثیرات زمین‌ساختی و برشی‌شدن روی این سنگ‌ها دیده می‌شود (شکل ۱۳).

۸- علت نبود پهنه دگرسانی پتاسیک در نمونه‌های سطحی منطقه

در بررسی‌های صحرایی و مطالعه مقاطع نازک هیچ اثری از هاله دگرسانی پتاسیک دیده نشد با توجه به این که این دگرسانی در کنار توده نفوذی نیمه ژرف قرار دارد و دارای مقادیری از ذخیره است، نبود تأثیرات این دگرسانی در سطح به عنوان فاکتوری مثبت و نشانه‌ای بر نبود تأثیر فرسایش در نظر گرفته می‌شود. این مسئله در بررسی‌های ژئوشیمیایی و نتایج تجزیه نمونه‌ها تأیید شده است (فرمهینی ۱۳۸۸).

۹-بررسی شعاع تأثیر و پهنه‌بندی هاله‌های دگرسانی به روش دورسنجی

برای تشخیص شعاع تأثیر و چگونگی هاله‌های دگرسانی در محدوده معدنی، تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت بر این اساس مشخص شد که همه واحدهای سنگی موجود در محدوده معدنی تحت تأثیر سیال‌های گرمابی قرار گرفته‌اند که بر پایه نوع واحد سنگی و محل قرارگیری آن نسبت به ذخیره این تغییرات متفاوت است. شکل ۱۴ تصویر قلمروهای دگرسانی محدوده می‌باشد که به روش مؤلفه اصلی مورد پردازش قرار گرفته است، همان گونه که دیده می‌شود بخش‌های دارای کانی‌های هیدروکسیل‌دار که شامل پهنه فیلیک (به‌دلیل حضور سریسیت) و پهنه آرژیلیک در بخش‌های مرکزی‌تر قرار دارد و پهنه غنی از اکسیدهای آهن یا پهنه پروپیلیتیک در حاشیه قرار دارد .

۱۰- نشانه‌های آمیختگی ماگمایی و تأثیر آن در سیال‌های گرمابی در منطقه

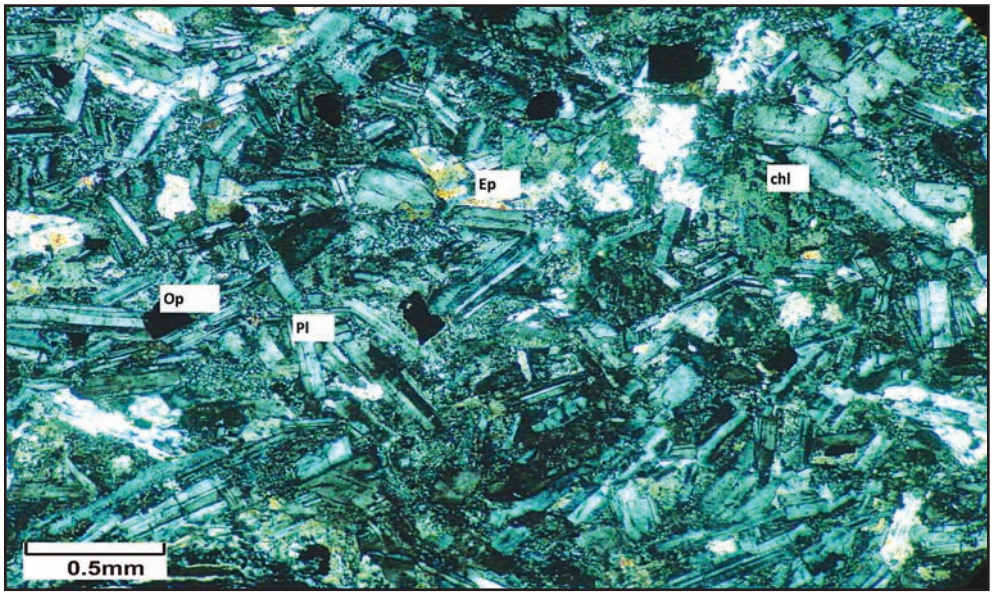
در هنگام بررسی‌های سنگ‌نگاری در واحد آندزیت پورفیری در کهنگ نشانه‌هایی از تزریق دست کم ۲ نوع ماگما در این محدوده دیده شد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به حضور بافت غربالی، درشت‌بلورهای با حاشیه خلیجی و تفاوت تأثیر سیال‌های گرمابی بر بخش‌های مختلف پلاژیوکلازهای دارای پهنه‌بندی اشاره کرد. بر پایه نشانه‌های سنگ‌نگاری در مورد آمیختگی ماگمایی می‌توان به ۳ مرحله اشاره کرد: ۱- مرحله پیش از آمیختگی، در این مرحله هسته پلاژیوکلازهای کلسیک ایجاد شده‌اند؛ ۲- مرحله آمیختگی، این مرحله سبب خوردگی حاشیه بلورها و افزایش سرعت سرد شدن ماگمای هیبرید (دو رگه) و ایجاد بافت غربالی شده است؛ ۳- مرحله پس از آمیختگی که مرحله به تعادل رسیدن نیز هست و ایجاد یک پلاژیوکلاز سدیک در حاشیه کرده است. (شکل‌های ۱۵، ۱۶ و ۱۷)

۱۱- نشانه‌های کانه‌نگاری گویای تأثیر دو سیال کانه‌دار در منطقه

در ذخایر پورفیری، سیال گرمابی مراحل پایانی فعالیت، نقش مؤثری در کانه‌زایی دارد. به‌همین دلیل حضور دو نسل کانه سولفیدی در این مناطق می‌تواند نشان از دو مرحله کانه‌زایی و همچنین تأثیر نفوذ دو سیال کانه‌دار در زمان‌های متفاوت است، این مسئله در مقاطع صیقلی برگرفته از سنگ‌های کانه‌دار کهنگ کاملاً نمایان است. به گونه‌ای که نسل اول کانه‌های سولفیدی کاملاً دگرسان شده و توسط کانه‌های مالاکیت و گوتیت جایگزین شده‌اند (مهرپرتو و حلمی، ۱۳۷۹)، در صورتی که نسل دوم کانه‌ها به‌طور سالم و غیر دگرسان دیده می‌شوند (شکل‌های ۱۸ تا ۲۱). کانی کالکوپیریت بیشتر به‌عنوان یک کانی درونزاد با منشأ سیال بازماندی است و منشأ جوی ندارد و اگر تحت تأثیر سیال‌های جوی قرار گیرد با کانی‌های پهنه اکسیدان همچون مالاکیت جایگزین می‌شود. با توجه به حضور کالکوپیریت‌های کاملا سالم در کنار کانی‌های کاملا جایگزین‌شده با کانه‌های ثانویه مسئله آمیختگی ماگمایی در کهنگ تقویت می‌شود.

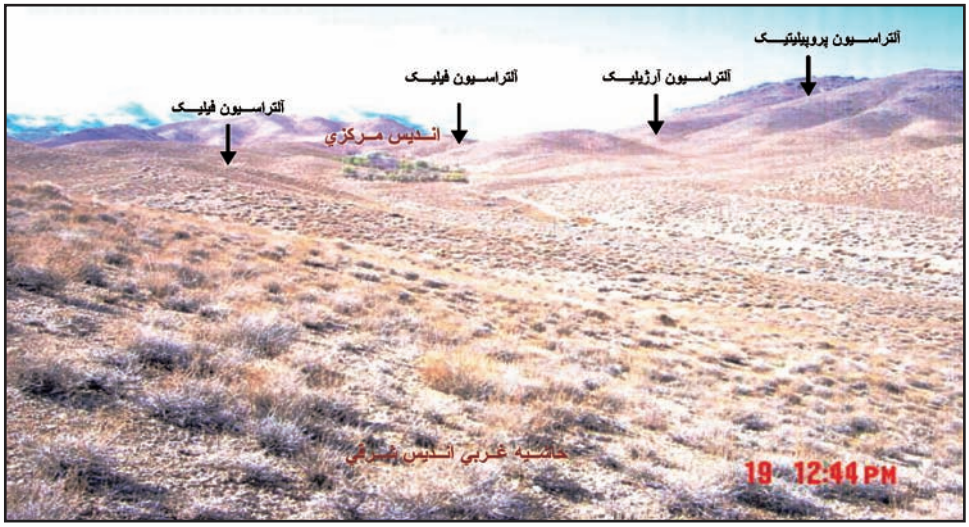
۱۲-نتیجه‌گیری

پس از بررسی واحدهای سنگی در منطقه و مطالعات سنگ‌نگاری مشخص شد که یک سری سنگ‌های آندزیتی در منطقه هستند که اپیدوتی شده‌اند و سنگ‌های نیمه آتشفشانی آندزیت پورفیری و ریوداسیت پورفیری موجود در منطقه که جوان‌تر از سنگ‌های پیشین هستند، تحت تأثیر دگرسانی شدیدتر قرار گرفته‌اند. در بخش‌های درونی‌تر سنگ‌های یادشده، میکروگرانیت‌های پورفیری و میکروگرانیت‌های پورفیری بیوتیت‌دار قرار دارند که بیوتیت‌های موجود در این سنگ‌ها بر اثر بیرون آمدن آهن، به کلریت و مسکوویت تبدیل و پلاژیوکلازها گاه سریسیتی شده‌اند. سنگ‌های دگرسان، خردشدگی از خود نشان می‌دهند و این مسئله نشان از آن دارد که سنگ‌های منطقه افزون بر دگرسانی، تحت تأثیر حرکات زمین‌ساختی نیز قرار گرفته‌اند. در یک نگاه کلی می‌توان گفت که در محدوده اکتشافی یک پهنه‌بندی دگرسانی دیده می‌شود. به‌گونه‌ای که، بخش‌های بیرونی سامانه دگرسانی پروپیلیتیک را به نمایش گذاشته و بخش‌های میانه نشان‌دهنده دگرسانی آرژیلیک و دارای کانی‌های رسی است. بخش‌های مرکزی سامانه نشان‌دهنده پهنه فیلیک است و گاه رگه‌های کوارتز- مگنتیت را نشان می‌دهند و مالاکیت و اکسیدهای آهن دارند. از سوی دیگر نشانه‌های سنگ‌نگاری همچون بافت غربالی، حاشیه خلیجی برخی از کانی‌ها و چگونگی تأثیر دگرسانی بر بلورهای فلدسپاری، پهنه‌بندی به‌ویژه در محدوده آندزیت پورفیری و حجم قابل توجه سنگ‌های اسیدی و سیال‌های گرمابی در منطقه نشان‌دهنده آمیختگی ماگمایی است و این موضوع نشان می‌دهد که گوناگونی، سنگ‌شناسی در محدوده اکتشافی تنها حاصل مسئله تفریق ماگما نبوده بلکه آمیختگی ماگماها نیز در این مورد مؤثر بوده است و به عبارتی ماگماهای متفاوت در تمرکز کانه‌های مس مؤثر بوده به‌گونه‌ای که این مسئله بر پایه بررسی مقاطع صیقلی سنگ‌های کانه‌دار منطقه و حضور دست کم دو نسل کانه‌های سولفیدی تأیید می‌شود. گفتنی است که برای نشان دادن شعاع تأثیر سیال‌های گرمابی و چگونگی پهنه‌بندی هاله‌ها از روش دورسنجی نیز استفاده شد.

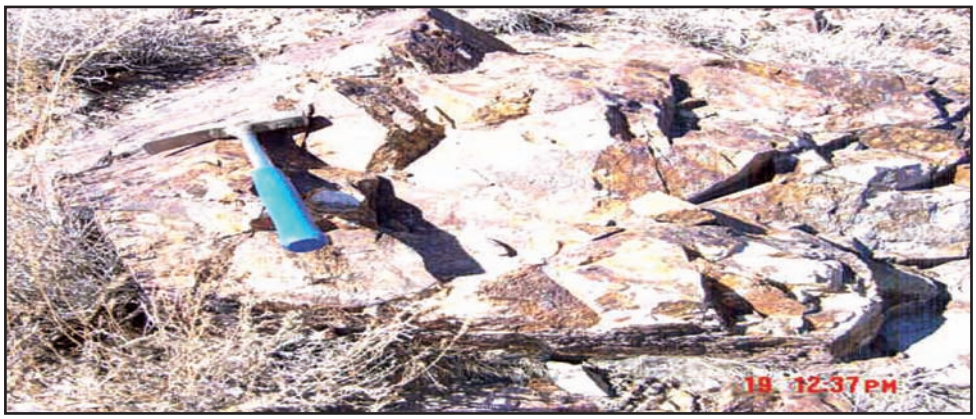


شکل ۱- نمایی از میکرودیوریت‌های برگرفته از دایک‌های منطقه که تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته‌اند و آثار آن را با حضور پلاژیوکلازهای سریسیتی‌شده و تبدیل‌شده به اپیدوت و کلریت نشان می‌دهند. کانی‌های کدر از نوع مگنتیت و تیتانومگنتیت هستند (نور xpl).

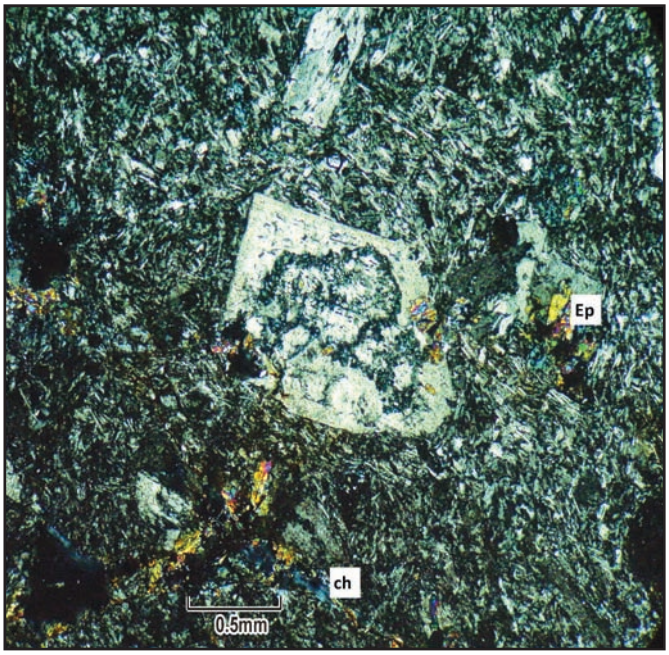
شکل ۲- تصویری از دایک‌های برشی (Breccia Dikes) در شمال خاور محدوده اکتشافی کهنگ.



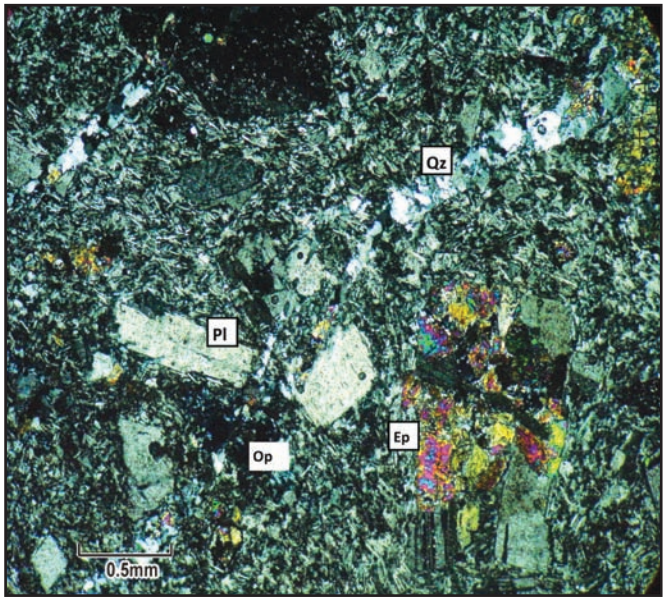
شکل۳ -پهنه‌بندی هاله‌های دگرسانی در سنگ‌های منطقه معدنی.



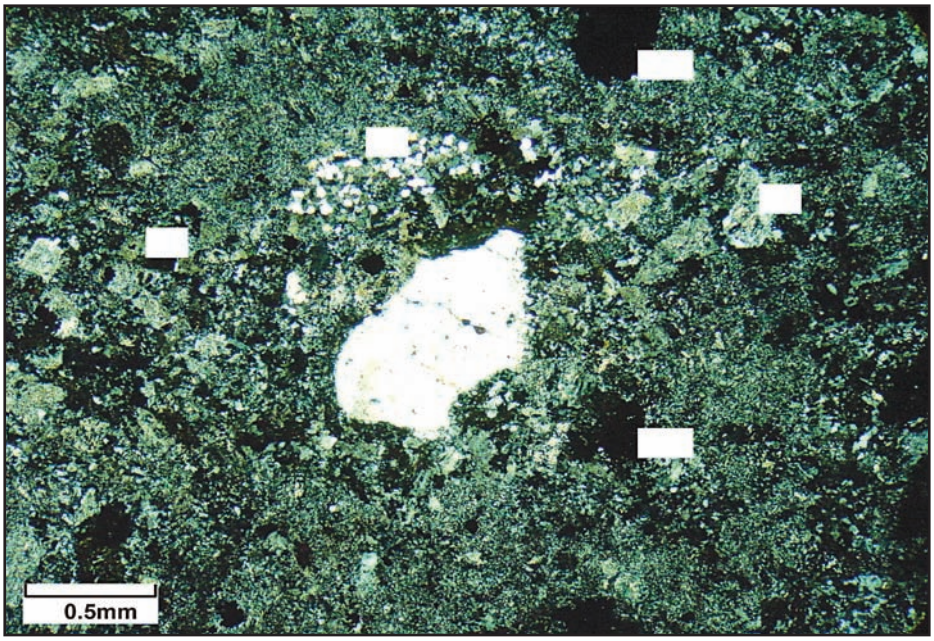
شکل۴- شدت و تأثیر دگرسانی و برشی شدن در سنگ‌های منطقه معدنی.



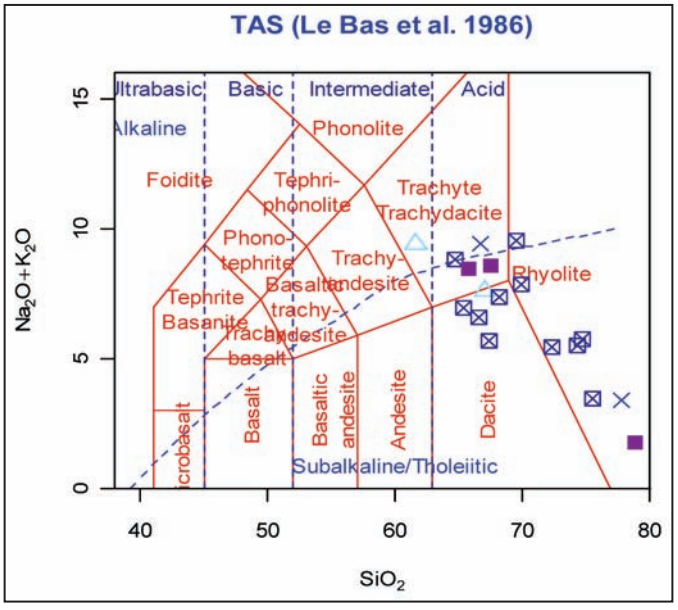
شکل ۵- تأثیر دگرسانی پروپیلتیک در سنگ‌های آندزیت پورفیری با تبدیل پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلریت و حضور رگچه‌های کوارتز ثانویه و کلریت آشکار است. بافت تمام بلورین با خمیره میکرولیتی بیانگر نیمه‌ژرف بودن سنگ‌های مورد مطالعه است (نور آنالیزور).



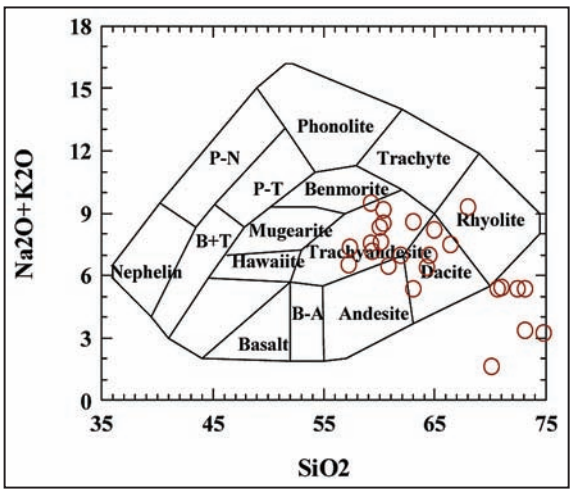
شکل ۶ - شواهد دگرسانی پروپیلتیک در سنگ‌های نیمه‌ژرف آندزیت پورفیری را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود بلورهای پلاژیوکلاز به اپیدوت و کلریت و آمفیبول‌ها به کلریت و اکسید آهن تبدیل شده‌اند (نور آنالیزور).



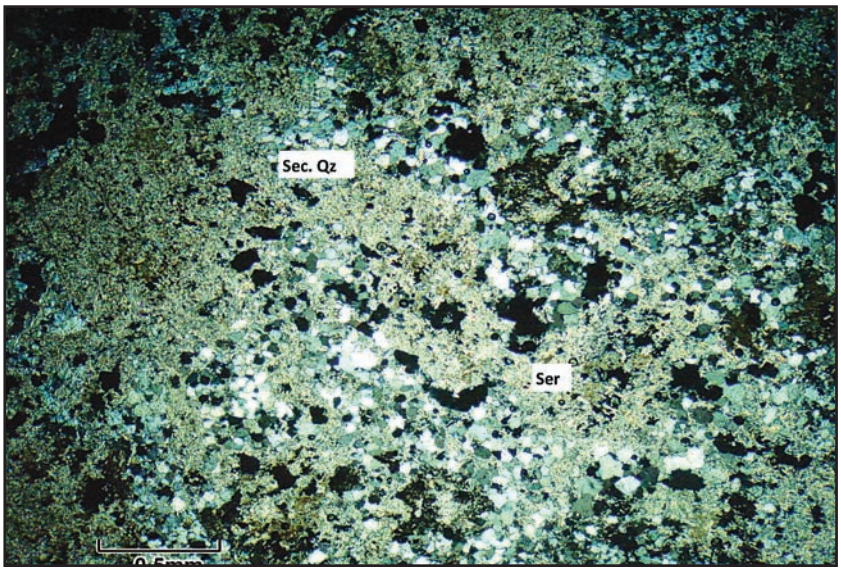
شکل ۷- پورفیرهای کوارتز اولیه با حاشیه خلیجی، پلاژیوکلاز و قالب کانی‌های مافیک پرشده با اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در خمیره سرشار از کوارتز ثانویه، کانی‌های رسی، سریسیت و کانی‌های کدر و به‌همراه مالاکیت و ژاروسیت در داسیت پورفیری.



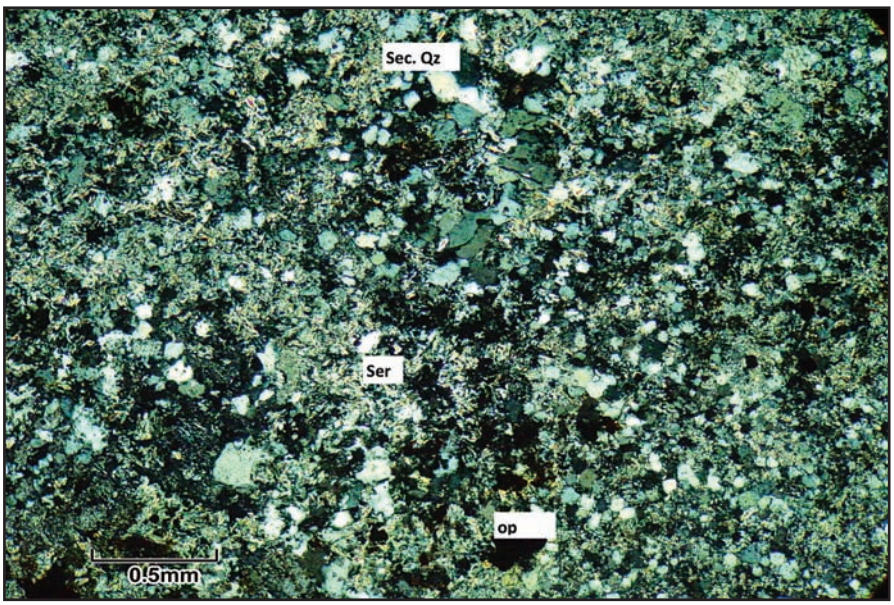
شکل ۸ – در نمودار تاس Lebas et al. (1986) که بر پایه نسبت اکسیدهای قلیایی به سیلیس رسم می‌شود؛ افت شدید این اکسیدها نشان از تأثیر دگرسانی آرژیلیک در واحدهای سنگی تراکی‌داسیت، داسیت و ریولیت در منطقه است.



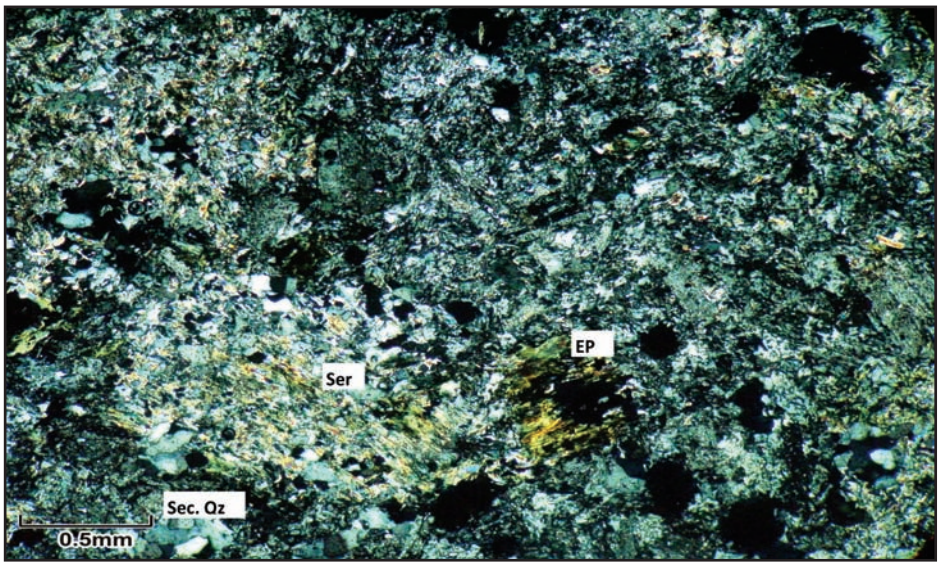
شکل ۹ – در نمودار Cox et at. (1979) که بر پایه نسبت Na_2O+K_2O/SiO_2 رسم شده‌اند؛ افت شدید اکسیدهای قلیایی در سنگ‌های داسیتی و تراکی‌آندزیتی و ریولیتی منطقه بیانگر خروج سدیم و پتاسیم در اثر رسی شدن فلدسپار است.



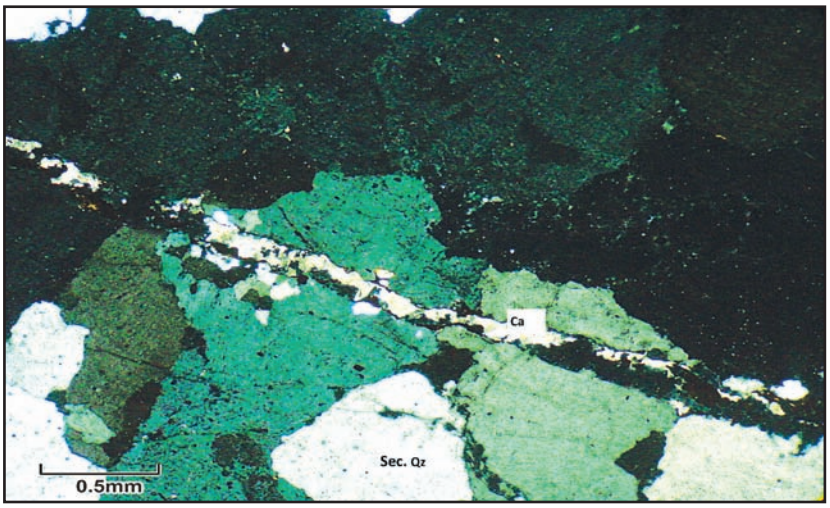
شکل ۱۰- دگرسانی فیلیک با تبدیل پلاژیوکلازها به سریسیت در خمیره سرشار از کوارتز، سریسیت و کانی کدر در یک سنگ آذرین نیمه‌ژرف با ترکیب داسیت دیده می‌شود (نور XPL).



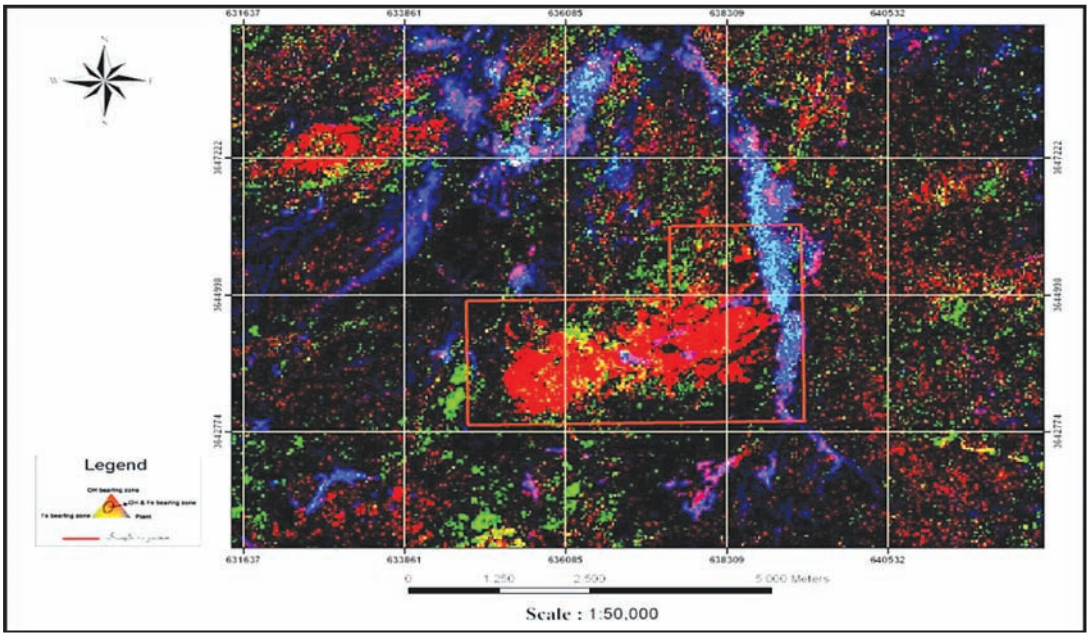
شکل ۱۱- دگرسانی فیلیک در یک سنگ آذرین اسیدی آتشفشانی تا نیمه‌ژرف با بافت پورفیریک تا میکروگرانولار با تبلور بلورهای سریسیت، کوارتز ثانویه و کانی‌های کدر فراوان (نورXPL).



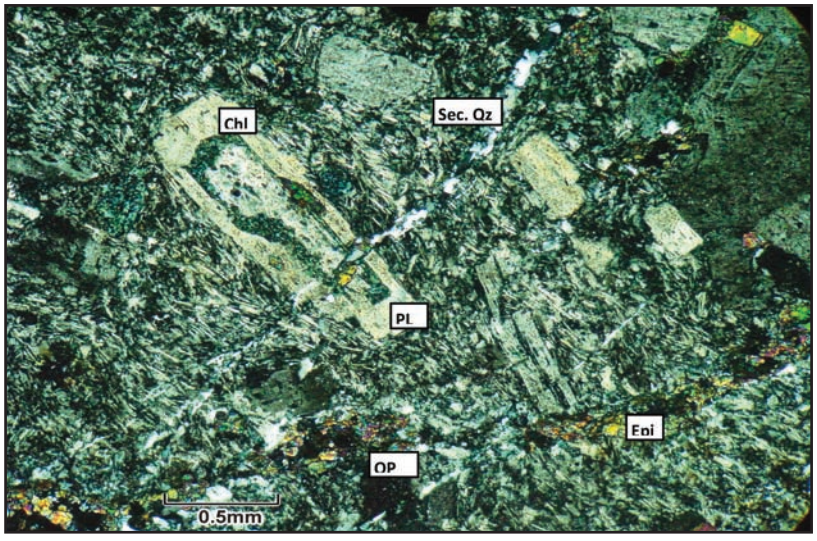
شکل ۱۲- گذر از دگرسانی فیلیک به پروپیلیتیک در یک میکروگرانیت برشی‌شده با رشد بلورهای سریسیت در کنار کوارتز ثانویه، اپیدوت و کلریت (نور XPL).



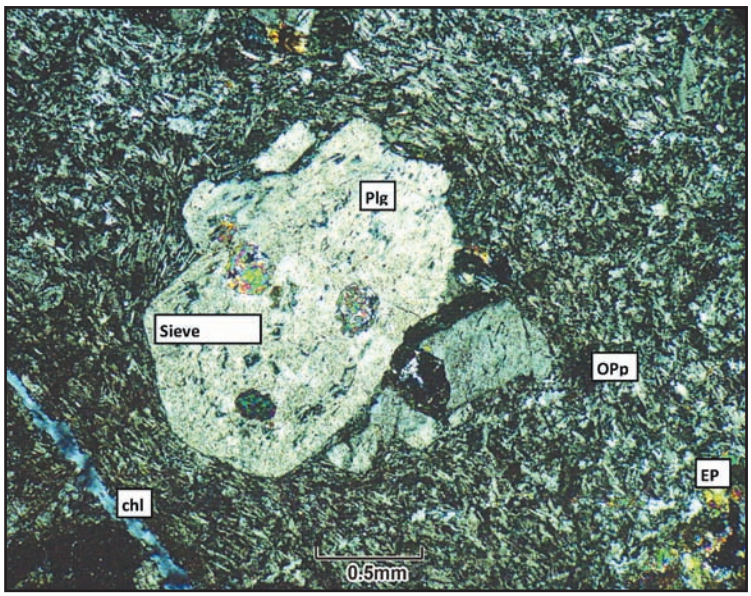
شکل ۱۳- نمونه‌ای از دگرسانی سیلیسی در منطقه کهنگ که حاصل آن تشکیل کوارتزهای درشت‌بلور ثانویه و نیز رگچه‌های دارای کلسیت و کانی‌های فلزی در امتداد شکستگی‌ها بوده است (نور آنالیزور).



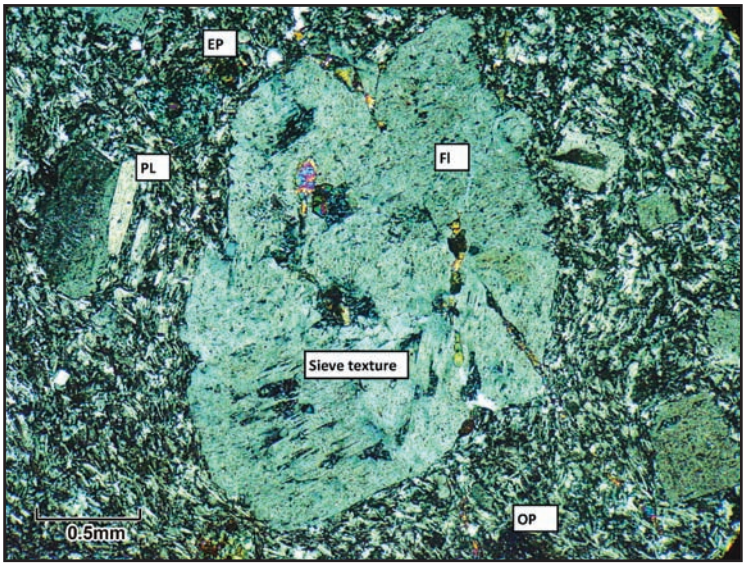
شکل ۱۴- در این تصویر با روش مؤلفه اصلی و تلفیق ترکیب باندهای مختلف، یک نمای کلی از منطقه نشان داده شده است که با کمک آن می‌توان تأثیر سیال‌های گرمابی و دگرسانی را بر واحدهای سنگی منطقه مشاهده کرد (نواحی رس‌دار و کانی‌های دارای یون هیدروکسیل با رنگ سرخ، مناطق آهن‌دار با رنگ سبز و پوشش گیاهی با رنگ آبی مشخص شده است).



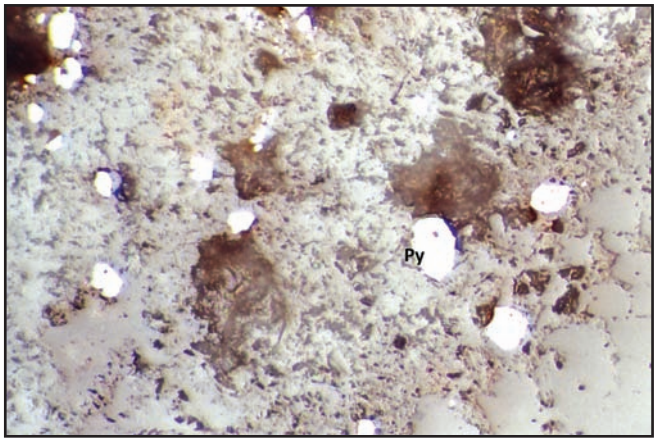
شکل ۱۵- نمونه‌ای از آندزیت‌پورفیری که همزمان با زمین‌ساخت تحت تأثیر دگرسانی پروپیلتیک نیز قرار گرفته و بافت پورفیری جریانی را نشان می‌دهد؛ کانی‌های حاصل از دگرسانی، اپیدوت و کلریت هستند و تشکیل رگچه پرشده از بلورهای کوارتز ثانویه ناشی از عملکرد زمین‌ساخت است. پهنه‌بندی نوسانی پلاژیوکلاز ناشی از آمیختگی ماگمایی است (نور آنالیزور).



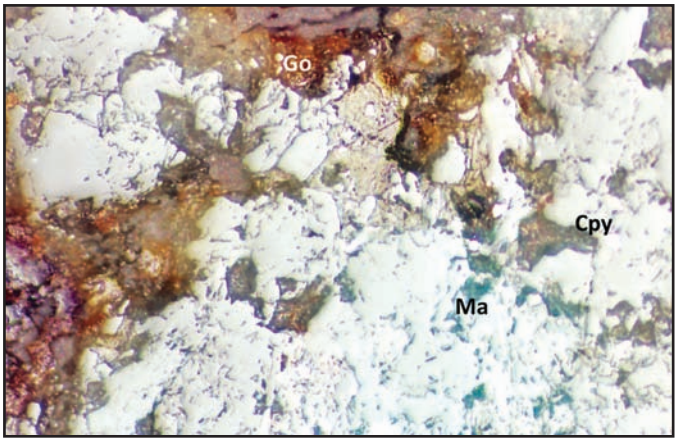
شکل ۱۶- تصویر بافت غربالی، جهت‌یافتگی میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، کانی‌های اپیدوت و رگچه‌های کلریتی در واحد آندزیت‌پورفیری که تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته‌اند (نور آنالیزور).



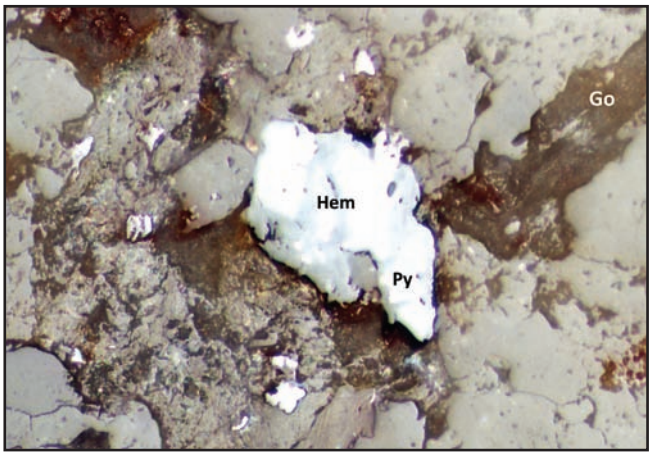
شکل ۱۷ - در این شکل بافت غربالی در بلور فلدسپار، بلورها و رگچه‌های اپیدوتی و کلریتی آشکارا دیده شود (نور آنالیزور).



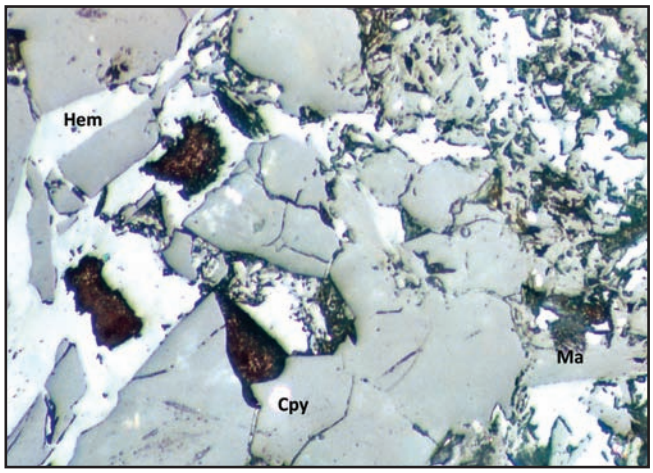
شکل ۱۸- دراین تصویر دو نسل کانی‌های سولفیدی دیده می‌شود به‌گونه‌ای که می‌توان پیریت‌های سالم و غیر هوازده را در کنار گوتیت دید.



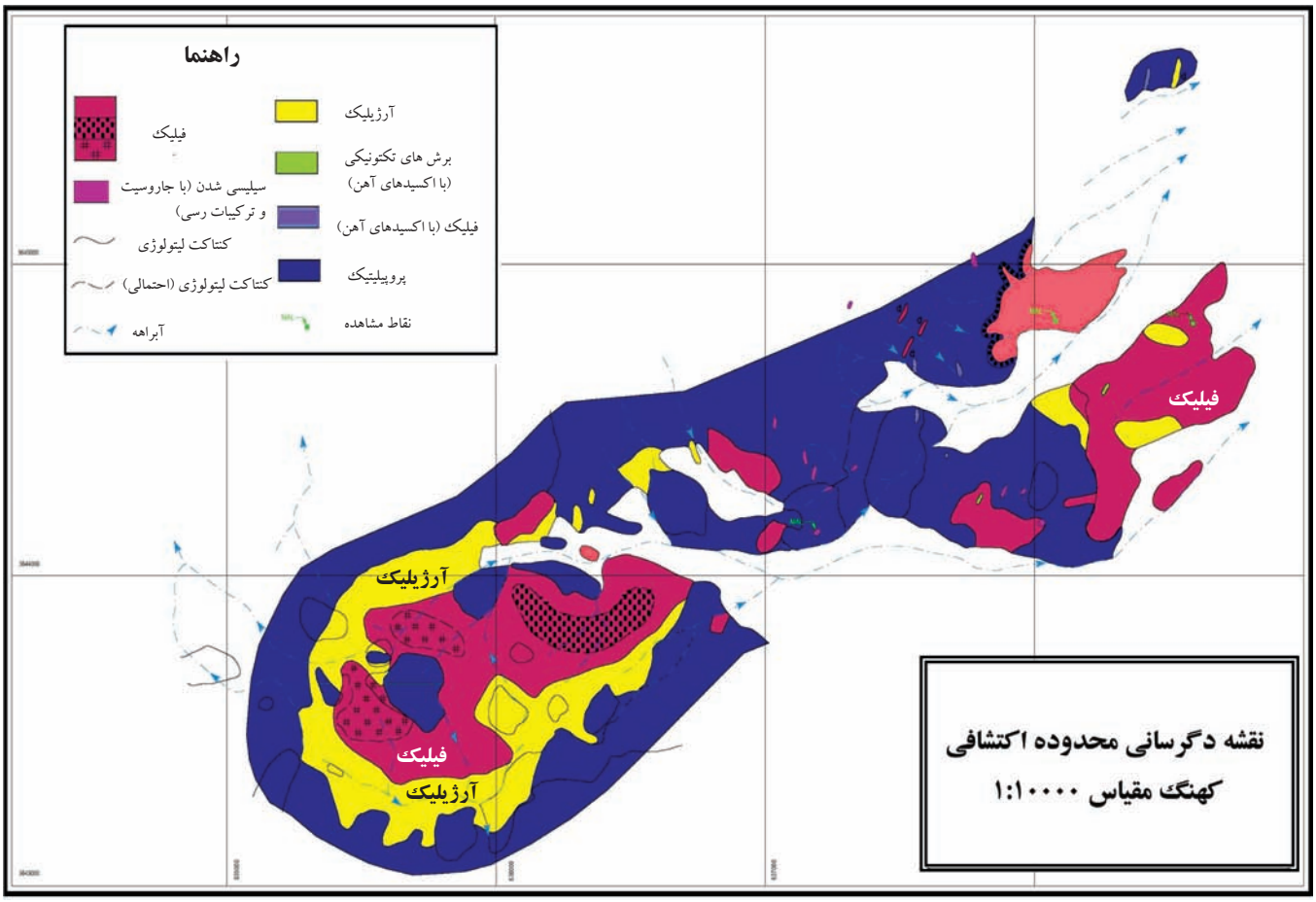
شکل ۱۹ – در این تصویر کالکوپیریت در کنار مالاکیت و گوتیت دیده می‌شود.



شکل ۲۰ – در این شکل کانه‌های پیریت که از حاشیه به هماتیت تبدیل شده‌اند و همچنین کانه گوتیت قابل مشاهده است .



شکل ۲۱- این شکل نشان از حضور دو نسل کانه‌های سولفیدی بوده به‌گونه‌ای که کانه‌های مالاکیت و گوتیت حاصل دگرسانی کانه‌های سولفیدی نسل اول در کنار پیریت و کالکوپیریت نسل دوم دیده می‌شود.



شکل ۲۲- نقشه دگرسانی کهنگ

جدول ۱- واحدهای سنگ‌شناختی محدوده اکتشافی کهنگ

واحدهای لیتولوژی موجود در محدوده اکتشافی	نوع دگرسانی موثر بر آن	سن واحد لیتولوژی
گدازه های آندزیتی	پروپیلیتیک	ائوسن
آندزیتهای پورفیری	فلیک همراه با آلبیتیزاسیون آرژیلیک و در قسمتهای داخلی تر با آلبیتیزاسیون فیلیک دیده میشود	ائوسن بالایی
سنگهای آتشفشانی برشی شده	فیلیک و آرژیلیک	میوسن پایینی
داسیت های پورفیری	در بیشتر مواقع دگرسانی فیلیک بر آن تاثیر گذاشته است	میوسن میانی
میکرودیوریت	فیلیک و پروپیلیتیک	میوسن بالایی
کوارتز مونزونیت	فیلیک و پروپیلیتیک	میوسن بالایی

جدول ۲- مقایسه ذخیره کهنگ با برخی از ذخایر مس پورفیری در ارومیه- دختر

نام کانسار	سرچشمه	سونگون	محدوده اکتشافی کهنگ	ویژگی‌های کانسارهای Mo و Cu پورفیری
سنگ درون‌گیر	آندزیت‌ها، توده نفوذی، دایک‌ها و گدازه‌های داسیتی ائوسن	سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و نیمه‌آتشفشانی الیگوسن	آندزیت‌ها، آندزیت پورفیرها داسیت‌ها و ریوداسیت پورفیری	سنگ‌های آتشفشانی تا نیمه‌آتشفشانی حدواسط
ترکیب سنگ نفوذی	گرانودیوریت‌پورفیری، دیوریت‌کوارتزدار	گرانیت، گرانودیوریت و میکرومونزونیت	کوارتزمونزونیت، دیوریت و میکروگرانیت‌پورفیری	گرانودیوریت‌ها، مونزونیت‌ها کوارتزمونزونیت‌ها، دیوریت‌ها و حتی گاه سینیت‌ها و گرانیت‌ها
شکل توده نفوذی	استوک نفوذی	استوک نفوذی	احتمالاً استوک نفوذی	استوک و گاه بخش‌های بالایی یک باتولیت
سن توده نفوذی	میوسن	الیگومیوسن	میوسن	بیشتر در محدوده زمانی مزوزوییک و سنوزوییک یافت می‌شود
انواع دگرسانی	پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک	پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک	فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک	پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک
شکل‌های کانی‌سازی	افشان و استوک‌ورک	افشان و استوک‌ورک	افشان و استوک‌ورک	افشان و استوک‌ورک
نشانه‌های صحرایی	پهنه‌های دگرسانی برش‌های گرمابی دایک‌های قلوه‌سنگی	پهنه‌های دگرسانی برش‌های گرمابی دایک‌های قلوه‌سنگی	پهنه‌های دگرسانی، برش‌های گرمابی، دایک‌های قلوه‌سنگی	پهنه‌های دگرسانی، برش‌های گرمابی، دایک‌های قلوه‌سنگی
بررسی‌های ژئوفیزیکی	در اکتشاف این توده معدنی از روش‌های ژئوفیزیکی استفاده شده است.	در اکتشاف این توده معدنی از روش‌های ژئوفیزیکی استفاده شده است.	در مراحل اولیه اکتشاف از روش‌های مغناطیس‌سنجی و IP استفاده شده است.	با توجه به حضور کانه‌های سولفیدی و رگچه‌های کوارتز مگنتیتی در این محدوده‌های کانساری می‌توان از روش‌های IP و مغناطیس‌سنجی در مراحل اکتشاف استفاده کرد.
تأثیر هوازدگی	کانه‌های سولفیدی بخش‌های سطحی اکسید شده‌اند و در ژرفا پهنه برونزاد دارد.	کانه‌های سولفیدی بخش‌های سطحی اکسیده شده‌اند و در ژرفا پهنه برونزاد دارد.	کالکوپیریت در بخش‌های سطحی توسط مالاکیت جایگزین شده و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن جایگزین پیریت شده‌اند. گپ‌های سیلیسی در برخی نقاط به چشم می‌خورند. با توجه به نشانه‌های موجود احتمال حضور پهنه برونزاد در ژرفا وجود دارد.	بر اثر هوازدگی کانه‌های بخش‌های سطحی اکسید شده و ترکیبات مس شسته شده و سبب ایجاد پهنه برونزاد در ژرفا می‌شود.
کانه‌ها	کالکوپیریت، پیریت مس مولیبدنیت، اسفالریت گالن، بورنیت، کالکوزیت کوولیت، مالاکیت	کوپریت، مگنتیت، هماتیت دیژنیت، روتیل، مس کالکوپیریت، پیریت مولیبدنیت، اسفالریت گالن، بورنیت، کالکوزیت کوولیت، مالاکیت، آزوریت	مالاکیت، مگنتیت، پیریت کالکوپیریت، گوتیت، لیمونیت ژاروسیت، هماتیت ایلمنیت‌دار اسفالریت	کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت، آزوریت گالن، بورنیت، کالکوزیت، کوولیت مولیبدنیت، اسفالریت، انارژیت کوپریت، مگنتیت، هماتیت
عیار و تناژ	عیار میانگین این کانسار درصد ۱/۱۳و مقدار تناژ آن بیش از ۱۰۰۰ میلیون تن برآورده شده است.	عیار میانگین مس در این کانسار در حدود ۷/۰ درصد است.	نامشخص	میزان عیار به طور میانگین میان ۰/۴ تا ۱ درصد و در بیشتر موارد متغیر است مقدار تناژ در بیشتر موارد میان ۵۰ تا ۵۰۰ میلیون تن است.

کتابنگاری

آدابی، م. ح. و کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۸۱- نام‌گذاری و طبقه‌بندی جامع سنگ‌های رسوبی،آذرین و دگرگونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد،۲۷۲ صفحه.

اسدی‌هارونی، ه.، ۱۳۸۵- گزارش مطالعات زمین‌شناسی محدوده اکتشافی کهنگ.

حسنی‌پاک، ع. ا.، ۱۳۷۷- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی(مواد معدنی)، انتشارات دانشگاه تهران.

درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰- زمین‌شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ص ۹۰۸.

علیرضایی، س.، ۱۳۷۸- زمین کانسارها (ترجمه)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۱۵۵ صفحه.

فرمهینی‌فراهانی، م.، ۱۳۸۷- مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی و کانی‌شناسی محدوده اکتشافی کهنگ، رساله دکترا، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۴۷ صفحه.

فرمهینی‌فراهانی، م.، ۱۳۸۸- بررسی های ژئوشیمیایی در محدوده اکتشافی کهنگ، فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۷۳.

فرمهینی‌فراهانی، م.، ۱۳۹۱- نتایج مطالعات دورسنجی و علل بررسی هاله‌های مرکب در محدوده اکتشافی کهنگ، فصلنامه علوم‌زمین، شماره ۸۱.

کریم‌پور، م. ح.، ملک‌زاده، آ. و حیدریان، م. ر.، ۱۳۸۴- اکتشاف ذخایر معدنی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۲ صفحه.

مهرابی، ف.، ۱۳۷۴- کانی‌های سنگ‌ساز در مقطع نازک، ترجمه کتاب Rock-forming Minerals in Thin Section، نوشته Pichler & Schmitt-Riegraf (1995)، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۶۳ صفحه

مهرپرتو، م. و حلمی، ف.، ۱۳۷۹- پیش درآمدی بر اورمیکروسکوپی کاربردی، ترجمه کتابIntroduction to practical ore microscopy، نوشته Ineson (2000)، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ صفحه

نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.

References

Cox, K. G., Bell, J. S. & Pankhurst, R. J., 1979-The Interpretation of Igneous Rocks: Allen and Unwin, London, 450 p.

Förster, H., Fesefeldt, K. & Kürsten, M., 1972- Magmatic and orogenic evolution of the central Iranian volcanic belt, in 24th International Geologic Congress, edited by J. E. Armstrong, and H. D. Hedberg, pp. 198–210, Int. Geol. Congr., Montreal, QC, Canada.

Kaufman, H., 1988- Mineral exploration along the Aqaba-Levanat structure by use of TM data, concepts, processing and results. International Journal of Remote Sensing, 9,1630-1658.

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zanettin, B., 1986- A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali–silica diagram. Journal of Petrology 27, 750–745 pp.

Middlemost, E. A. K.,1994 - Naming Materials in the magma ,igneous rock system p. 215-224.

The Investigation of Alteration Zones and Magma Mixing In Exploration Kahang Area

M. Farmahini Farahani [1*], A. Khakzad [2], H. Asadi Harooni [3] & M. H. Emami [4]

[1] Assistant Professor, Islamic Azad Uinversity, Karaj Branch, Karaj, Iran
[2] Associate Professor, Islamic Azad Uinversity, North Tehran Branch, Tehran, Iran
[3] Assistant Professor, Industrial University of Esfehan, Esfehan, Iran
[4] Associate Professor, Islamic Azad Uinversity, Eslam-Shahr Branch, Tehran, Iran

Received: 2012 June 13 Accepted: 2013 May 08

Abstract

Kahang copper and molybdenum mine is located in Esfahan province and 10 Km far from the east of Zefreh town that is on Urumieh-Dokhtar volcanoplutonic belt. The Kahang region is an alteration and breccia zone. Generally, hydrothermal fluids have affected more than % 90 of rocks of this region. These alteration are related to Copper (Cu) and Molybdenum (Mo) porphyry deposits. Most of the rocks are acidic, semi acidic and sub volcanic. Several kinds of alteration are observable in kahang as propylitic, argilic, silisification and phyllic. The basic oxides were highly decreased in dacite and rhyodacites of exploration area. This is an evidence of argilic alteration effect on the rock units considering that main deposit is not affected by erosion, placed in depth and potassic alteration is not exposed at surface. In study of existing alteration several methods such as remote sensing, studying of thin section and the chemical analysis of samples were used. Another issue that has taken into consideration in this paper is the magma mixing. This subject is confirmed by petrographic evidence such as sieve texture, corroded rims in primary phenocryst quartz, and hydrothermal effects on plagioclases especially in porphyritic andesites. Moreover, the extensive acidic rocks, notable alteration expanse, and also two generations of mineralization reveal assimilation in the studied area. This text has examined the similarities between Kahang and other porphyries in the Urumieh-Dokhtar zone.

Keywords: Alteration, Phyllic, Argilic, Propylitic, Silisification, Hydrothermal Fluid, Magma Mixing, Sieve Texture, Porphyry, Remote Sensing.
For Persian Version see pages 183 to 194
*Corresponding author: M. Farmahini Farahani; E-mail: fm_farahani@yahoo.com