

## مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی در محدوده اکتشافی کهنگ

مریم فرمینی فراهانی<sup>۱</sup>، احمد خاکزاد<sup>۲</sup>، هوشنگ اسدی هارونی<sup>۳</sup>، محمد هاشم امامی<sup>۴</sup>، ایرج رسا<sup>۵</sup>

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- استادیار دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر

۵- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۴/۲۰

### چکیده

محدوده اکتشافی کهنگ در شمال شرق اصفهان و بر روی کمر بند ماگمایی ارومیه - دختر واقع بوده و بر اساس بررسی های مختلف زمین شناسی از جمله مطالعات پتروگرافی، مینرالوگرافی، دورسنجی و ژئوشیمیایی از نظر ذخیره مس و مولیبدن مستعد شناخته شده است. بر اساس مطالعات پتروگرافی مشخص شد مهم ترین واحدهای سنگ شناسی این منطقه، با مساحت تقریبی ۱۰ کیلومتر مربع شامل آندزیت، آندزیت پورفیری، داسیت و ریوداسیت پورفیری، دیوریت، کوارتز مونزونیت و میکروگرانیت پورفیری بوده و روند تغییرات در منطقه از حاشیه به سمت قسمت های مرکزی از حد واسط به اسیدی می باشد بطوریکه در اطراف و قسمت های بیرونی واحد های آندزیتی و آندزیت پورفیری و در بخش های مرکزی سنگ های کوارتز مونزونیتی و میکروگرانیت پورفیری دیده می شوند. نکته قابل توجه آنکه کلیه واحدهای سنگ شناسی منطقه به مقدار کم تا زیاد تحت تاثیر دگرسانی و برشی شدن قرار گرفته اند. بر اساس بررسی های ژئوشیمیایی و مطالعات میکروسکوپی مشخص شد که سری ماگمایی در منطقه از نوع ساب آکالن بوده و بیشترین میزان کانه زایی در قسمت های مرکزی منطقه و در سنگ های کوارتز مونزونیتی و دیوریتی صورت گرفته است. بر اساس مطالعات مینرالوگرافی حضور کانه های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، تیتانیت هماتیت ایلمنیت دار، مگنتیت، گوتیت، لپیدوکروسیت و مارتیت در منطقه مشهود می باشد. نکته قابل توجه آن که بر اساس این مطالعات وجود حداقل دو نسل کانه زایی سولفیدی در منطقه تأیید می شود. بطوری که کانی های نسل اول تحت تأثیر سیالات جوی توسط کانی های زون اکسیدان از جمله مالاکیت، هماتیت و گوتیت جایگزین شده اند در حالی که کانی های سولفیدی نسل دوم با بافت افشان به طور سالم و بدون هیچ گونه تغییری در مقاطع دیده می شوند. با توجه به حضور وسیع کانه های اکسیدی و هیدروکسیدی نمونه های سطحی احتمال وقوع زون سوپرژن در منطقه مطرح می شود.

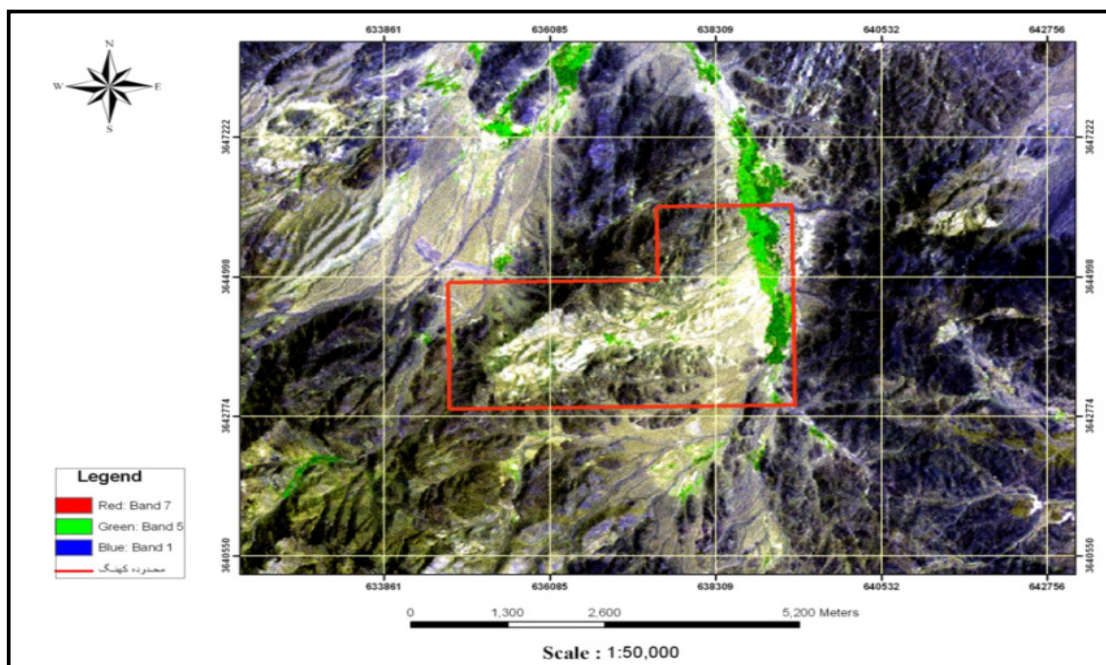
واژگان کلیدی: پتروگرافی، کانه زایی، مینرالوگرافی، سوپرژن، ذخیره پورفیری کهنگ، مس و مولیبدن، ارومیه - دختر

### مقدمه

محدوده اکتشافی کهنگ در قسمت شمال شرقی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کوهپایه واقع شده است. این برکه خود در بخش شمال شرقی چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اصفهان قرار گرفته است.

ابعاد  $AB=1/3\text{km}$  ،  $BC=4/7\text{km}$  ،  $CD=3/6\text{km}$  ،  $DE=1/8\text{km}$  ،  $EF=4/8\text{km}$  و  $AF=6/7\text{km}$  واقع بوده و در درون کادر قرمز در تصویر ماهواره ای زیر مشخص شده است [13].

اندیس معدنی کهنگ بر روی کمر بند ماگمایی ارومیه دختر واقع شده و بر اساس بررسی های اولیه از نظر ذخیره مس و مولیبدن مستعد شناخته شده است [۴]. محدوده کهنگ در شش ضلعی فرضی ABCDEF به



شکل ۱- در این تصویر محدوده اکتشافی کهنگ در درون کادر قرمز رنگ مشخص شده [۴]

### زمین شناسی کهنگ

گدازه های آندزیتی با سن ائوسن قدیمی ترین واحد سنگی اندیس کهنگ بوده [۲] که عمدتاً در حاشیه محدوده اکتشافی قرار دارند و از نظر کانی سازی مس و مولیبدن فاقد ارزش اقتصادی می باشند در قسمت های داخلی تر منطقه واحدهای آندزیت پورفیری حضور دارند و بعد از آن سنگ های آتشفشانی برشی شده با سن میوسن پایینی دیده می شود در قسمت های داخلی تر واحد داسیت پورفیری مشاهده می شود که از لحاظ سنی در حد میوسن میانی بوده و دگرسانی فلیک بر آن تأثیر

گذاشته و نهایتاً در مرکزی ترین قسمت های محدوده اکتشافی کهنگ توده های نفوذی نیمه عمیق میکرودیوریت و کوآرتز مونزونیت مشهود است. این واحدهای سنگی از لحاظ سنی در حد میوسن بالایی بوده و جوانترین واحدهای سنگی منطقه محسوب می شوند [۲] و مانند دیگر واحدهای مذکور تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند. بیشترین کانه سازی مس و مولیبدن رانیز در این محدوده داریم در بعضی از قسمت های منطقه برش های گرمابی و دایک های قلوه سنگی نیز بطور محدود مشهود می باشد [۲،۷].

### تکتونیک کهنگ

در محدوده کهنگ چندین گسل اصلی با دو روند شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی حضور دارند که تا حد زیادی مسئله کانی سازی در منطقه نیز توسط این ساختارهای تکتونیکی کنترل می شود مهم ترین گسل موجود در منطقه به طول ۷۰۰ متر با روند شمال شرقی- جنوب غربی از بخش مرکزی سیستم آلتراسیون و زون دارای پتانسیل بالای کانی سازی عبور می کند این گسل در امتداد چند دره عمیق با گسل های با روند شمال غربی- جنوب شرقی و گاه شمالی- جنوبی قطع شده است در مرکز سیستم دگرسانی چندین ساختار حلقوی کوچک وجود دارد که به نظر می رسد در ایجاد کانی سازی و دگرسان نمودن واحدهای مختلف سنگی موجود در منطقه نقش مؤثری داشته اند [۷,۸].

### روش کار

هدف اصلی در این کار تحقیقی ارائه نتایج مطالعات پتروگرافی محدوده و بررسی کانه های موجود در اندیس معدنی مس و مولیبدن کهنگ می باشد. برای دستیابی به این اهداف مراحل زیر انجام شده است:

۱- بازدید های اولیه زمین شناسی از منطقه و مطالعه گزارشات موجود

۲- بررسی تصاویر ماهواره ای منطقه (تصاویر سنجنده TM)

۳- برداشت نمونه های سنگی (تا حد امکان بطور سیستماتیک) برای مطالعه لیتوژئوشیمیایی در منطقه

۴- برداشت بیش از ۳۵ نمونه سنگی جهت تهیه مقاطع نازک و صیقلی و بررسی پتروگرافی و کانه شناسی در منطقه

۵- آماده سازی، آنالیز و پردازش داده های حاصل از ۱۴۳ نمونه برداشت شده از منطقه به منظور بررسی های ژئوشیمیایی و پترولوژیکی

۶- برداشت ۲۷ نمونه سنگی از محدوده های مورد بررسی جهت مطالعه XRF به منظور تعیین نوع کانی ها و میزان فراوانی اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده سنگها در منطقه

۷- تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری نهایی با استفاده از کل داده های به دست آمده

### مطالعات پتروگرافی در کهنگ

با توجه به اینکه محدوده اکتشافی کهنگ یک منطقه کاملاً آلتزه شده بود و تمام سنگها به مقدار کم تا زیاد تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند [16]. نمونه برداری ها از منطقه به منظور مطالعات ژنز و نشان دادن تنوع دگرسانی ها و چگونگی ارتباط کانی ها و بافت سنگ ها صورت گرفته است. در این راستا حدود ۲۰۰ نمونه از قسمت های مختلف منطقه برداشت شد. در حین نمونه برداری سعی شده نمونه ها طیف وسیعی از واحدهای سنگی را پوشش دهند [۳]. برای تعیین و تثبیت واحدهای مختلف سنگی در این اندیس معدنی علاوه بر مطالعه مقاطع نازک و صیقلی از نتایج آنالیز XRF نیز استفاده شده است.

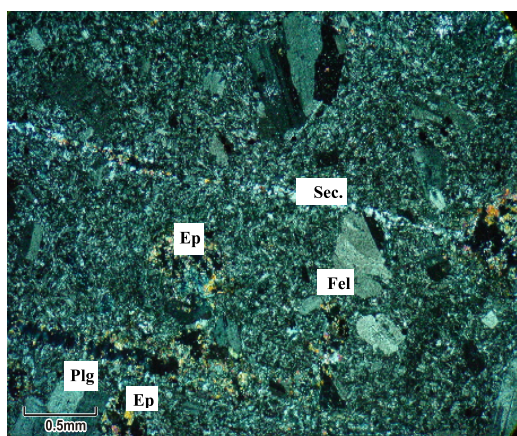
سنگ های قبلی می باشند. تحت تأثیر دگرسانی شدیدتر قرار گرفته اند. همچنین حضور کانی تورمالین در داسیت پورفیرها مؤید وجود بر در سیالات گرمابی مؤثر در منطقه می باشد [۷].

در قسمت های داخلی تر سنگ های مذکور میکروگرانیت های پورفیری میکروگرانیت های پورفیری بیوتیت دار قرار گرفته که دارای بلورهای درشت فلدسپات و بیوتیت می باشند.

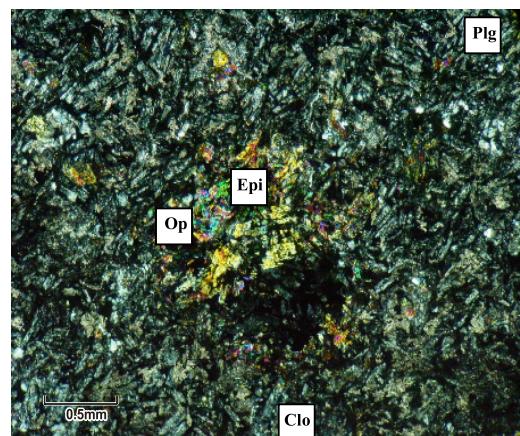
بر اساس مطالعات انجام شده در منطقه می توان نتیجه گرفت که با در نظر گرفتن نوع سنگ ها و سن آن ها یک روندی از سنگ های حدواسط ولکانیک (آندزیت ها) به سمت سنگ های نیمه اسیدی ساب ولکانیک (داسیت پورفیرها) با سن جوانتر و نهایتاً نیمه اسیدی تا اسیدی عمیق (کوارتز مونزونیت و میکروگرانیت پورفیری) در منطقه دیده می شود. [۵] (شکل های ۲ تا ۷).

به طوری که حدود ۲۲ مقطع نازک و ۱۲ مقطع تهیه شده و ۲۷ مورد از نمونه ها آنالیز XRF شده اند. همچنین ۱۴۳ نمونه سنگی نیز تحت آنالیز ICP-MS قرار گرفته و در مطالعات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی منطقه از آن ها استفاده شد. بر اساس این مطالعات مشخص شد که مهم ترین واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل آندزیت، داسیت پورفیری دیوریت میکروگرانیت پورفیری و کوارتز مونزونیت بوده که تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند [۱۰، ۱۲]. در اکثر مقاطع نازک حضور کانه ها مشهود می باشد. در نمونه های برداشت شده از قسمت های مرکزی سیستم گاه رگه های کوارتز-مگنتیت دیده می شود همچنین این نمونه ها حاوی مالاکیت و اکسیدهای آهن می باشند [۷]. گدازه های آندزیتی با سن ائوسن قدیمی ترین واحد سنگی اندیس مس کهنک محسوب شده و تا حدی دگرسان شده اند.

سنگ های ساب ولکانیک آندزیت پورفیری و ریوداسیت پورفیری موجود در منطقه که جوانتر از

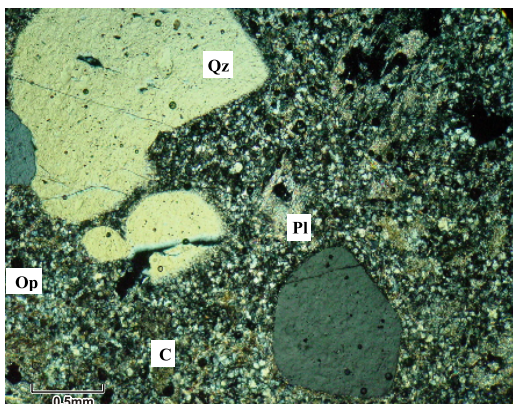


شکل ۳- نمونه ای از آندزیت پورفیرهای محدوده اکتشافی کهنک می باشد در اینجا تأثیر تکتو نیزاسیون و دگرسانی را بر این نوع سنگها می بینیم. (نور XPL)

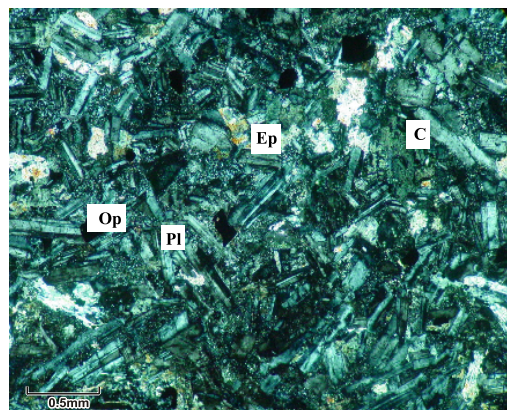


شکل ۲- این مقطع معرف آندزیت های حاشیه محدوده اکتشافی می باشد. (نور XPL)

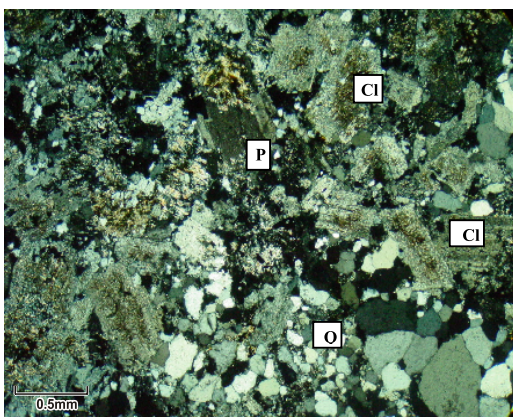




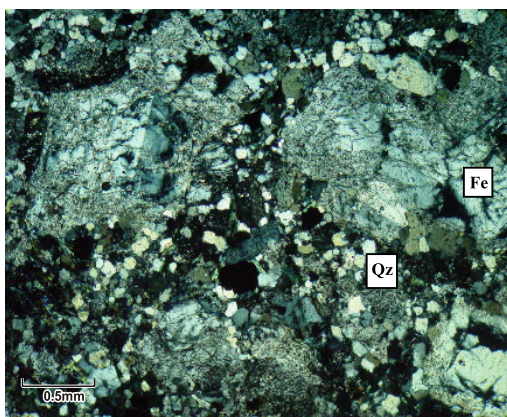
شکل ۵- نمونه ای از داسیت پورفیرهای منطقه می باشد.  
(نور XPL)



شکل ۴- در این مقطع نمونه ای از میکرودیوریت های منطقه با بافت اینترگرانولار سنگ سرشار از کانیهای اپیک از جمله اکسیدهای آهن می باشد (نور XPL)



شکل ۷- نمونه ای از میکروگرانیت های منطقه که دارای بافت گرانولار تا میکروگرانولار بوده و حاوی اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و کانه های اپیک می باشد (نور XPL)



شکل ۶- نمونه ای از کوارتز مونزونیت های منطقه، سنگ مینرالیزه و کانه دار می باشد (نور XPL)

ماهیت سنگ های موجود در منطقه از نوع حد واسط تا اسیدی می باشد (شکل ۹) [14]. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز XRF متوجه شدیم که سری ماگمایی در منطقه از نوع ساب آکالن است (شکل ۸) [15].

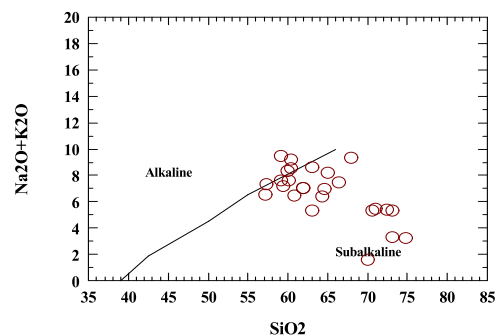
#### نتایج بررسی های پترولوژیکی در منطقه

بر اساس نمودارهای پترولوژیکی مشخص شد سنگهای نفوذی از نوع دیوریت، گرانودیوریت تا گرانیت بوده و سنگ های ولکانیک منطقه از نوع آندزیت، تراکی آندزیت، داسیت، ریوداسیت تا ریولیت می باشند و این موضوع خود تأییدی بر این مسئله است.

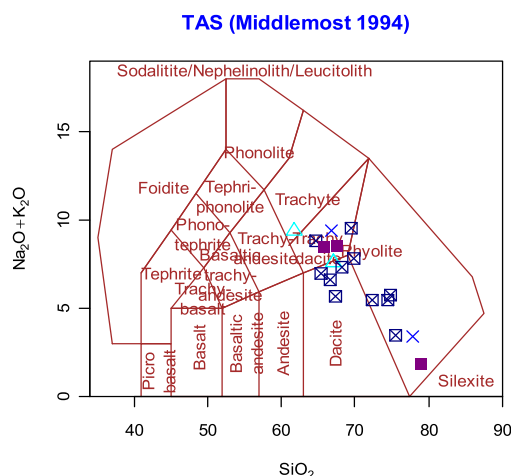
در قسمت های درونی تر واحدهای ولکانیکی پورفیری، سنگ های کوارتز مونزونیت و میکرو گرانیت پورفیری نفوذ کرده اند که نسبت به دیگر واحدهای سنگی منطقه جوان تر بوده و علاوه بر دگرسان کردن سنگ های قدیمی تر در برگیرنده، خود نیز در مراحل بعدی تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته اند. در قسمت های مرکزی این واحد به همراه رگه های کوارتز - مگنتیت، به طور محلی کانی سازی مس (مالاکیت) و اکسیدهای آهن به چشم می خورد بطوریکه می توان گفت بیشترین میزان کانه زایی مس مرتبط با این واحد لیتولوژیکی است [۷].

در بررسی های صحرایی در قسمت هایی از محدوده اکتشافی دایکهای جوان حاوی میکرودیوریت دیده می شود که پس از بررسی مقاطع مشخص شد از نظر حضور منیتیت و تیتانومنییت غنی می باشند. همچنین در بعضی از قسمت های شرقی محدوده اکتشافی بطور محلی برش های هیدروترمال قابل مشاهده می باشد که حضور کانه مالاکیت و تورمالین با بافت شعاعی در آن ها مشهود می باشد [۷].

لازم به ذکر است که در شمال شرق محدوده تحت بررسی یک سری دایک های قله سنگی به چشم می خورد که حاوی مالاکیت، کالکوپیریت و اکسیدهای آهن همچون هماتیت و گوتیت بود. این دایک ها معرف کانی سازی تیپ پورفیری می باشند و در بسیاری از سیستم های بزرگ مس پورفیری همچون سرچشمه وجود دارند. همچنین در رگه های سیلیسی پرکننده درز و شکاف های موجود در منطقه کانه های مالاکیت، پیریت و هماتیت مشاهده می شود.



شکل ۸- نمودار سری ماگمایی منطقه



شکل ۹- نمودار میدلموست معرف سنگ های منطقه

### کانه زایی در کهنگ

در بررسی های انجام شده مشخص شد که گدازه های آندزیتی که عمدتاً در حاشیه های محدوده اکتشافی کهنگ قرار دارند فاقد کانی سازی مس و مولیبدن می باشند. واحد داسیت پورفیری و آندزیت پورفیری که بخش وسیعی از منطقه را پوشش می دهند و از لحاظ سنی از واحد قبلی جوان تر بوده و به درون آن نفوذ کرده اند حاوی رگه ها و استوک ورک های سیلیسی و کوارتز مگنتیتی بوده که در بعضی از مواقع حاوی کانه های مالاکیت می باشند.

## مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی در محدوده اکتشافی کهنگ

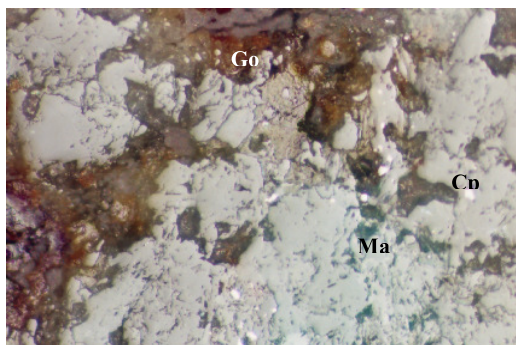
مالاکیت، هماتیت و گوتیت جایگزین شده اند در حالی که کانی های سولفیدی نسل دوم با بافت افشان به طور سالم و بدون هیچ گونه تغییری در مقاطع دیده می شوند. از طرفی حضور گسترده اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و قالب های اکسید شده پیریت و کربنات های مس و کلاهک سیلیسی معرف یک زون شسته شده در قسمت های سطحی و کانسار سوپرژن در عمق می باشند [۶,۹].

بر اساس مطالعات میکروسکوپی حضور کانه های کالکوپیریت، مالاکیت، پیریت، قالب های پیریت اکسید شد (Boxwork)، مارتیت، منیتیت، تیتانومینیت هماتیت های حاوی تیغه های ایلمنیتی، گوتیت و لیمونیت در منطقه تأیید شد [۷,۱۱]. نکته قابل توجه آن که بر اساس مطالعات مینرالوگرافی وجود حداقل دو نسل کانه زایی سولفیدی در منطقه تأیید می شود به طوری که کانی های نسل اول تحت تأثیر سیالات جوی توسط کانی های زون اکسیدان از جمله

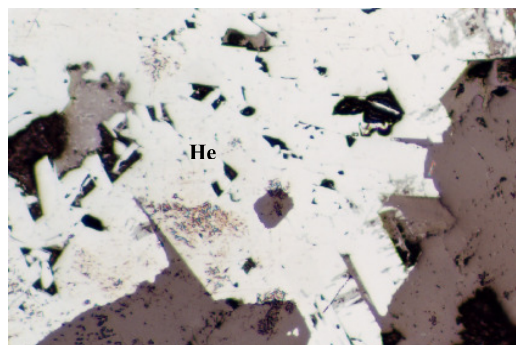
جدول ۱- پاراژنز کانه ها در محدوده اکتشافی کهنگ

کانه های فلزی	مراحل کانه زایی	
	هیپوژن	سوپرژن
هیدروکسید آهن گوتیت - لیدوکروسیت		—————
(مالاکیت)		—————
مارتیت		—————
تیتانیت		—————
کالکوپیریت ۲	—————	
پیریت ۲	—————	
کالکوپیریت ۱	—————	
پیریت ۱	—————	
هماتیت	—————	
منیتیت	—————	

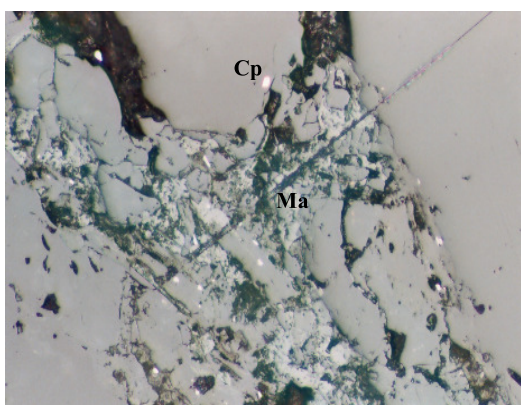




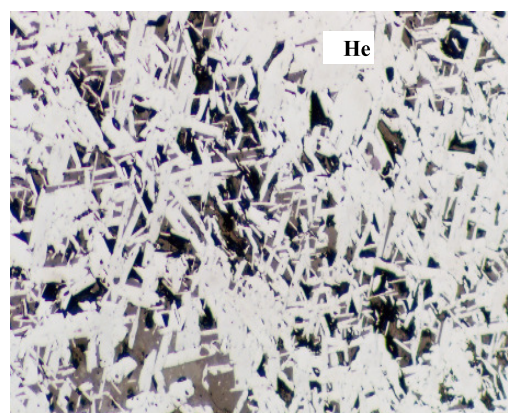
شکل ۱۵- در این شکل گوتیت و مالاکیت در امتداد شکستگی های سنگ برشی شده به چشم می خورد. (بزرگنمایی ۵۰ برابر - نور PPL)



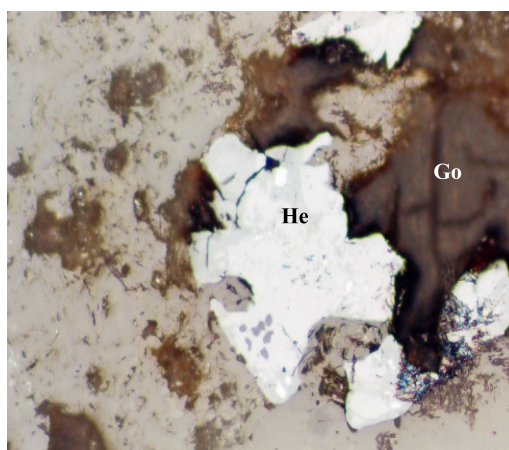
شکل ۱۴- در این مقطع هماتیت ایلمنیت دار به همراه گوتیت به چشم می خورد (بزرگنمایی ۵۰ برابر - نور PPL)



شکل ۱۷- در این مقطع کانیهای محصول هوازدگی از جمله مالاکیت و گوتیت در امتداد رگچه ها و کانیهای پیریت و کالکوپیریت بصورت پراکنده در متن سنگ پراکنده اند. (بزرگنمایی ۵۰ برابر - نور PPL)



شکل ۱۶- در این مقطع هماتیت داربستی دیده می شود (بزرگنمایی ۵۰ برابر - نور PPL)



شکل ۱۸- در این شکل هماتیت و گوتیت حاصل هوازدگی کانی های سولفیدی را می بینیم (بزرگنمایی ۵۰ برابر - نور PPL)



## نتیجه گیری

بر اساس مطالعات صحرایی و پتروگرافی در منطقه حضور سنگ های آندزیتی در قسمت های حاشیه ای آندزیت پورفیرها، داسیت ها و ریوداسیت های پورفیری در قسمت های داخلی تر و در نهایت در قسمت های مرکزی منطقه، کوارتز مونزونیت دیوریت و میکرو گرانیت پورفیری تأیید می شود به طوری که روند تغییرات پتروگرافی از حاشیه به سمت نواحی مرکزی که به صورت حدواسط به سمت اسیدی از سنگ های قدیمی تر به سمت سنگ های جوان تر و کانه دار منطقه است.

تأثیر دگرسانی بر اکثر واحدهای لیتولوژیکی منطقه مشهود است و این مسئله با بررسی تصاویر ماهواره ای نیز تأیید می شود.

همچنین بر اساس نتایج حاصل از آنالیز XRF و با استفاده از نرم افزارهای مرتبط مشخص شد که سری ماگمایی مؤثر در منطقه از نوع کالک آکالن بوده و سنگ های منطقه از نوع حد واسط به سمت اسیدی می باشند.

همچنین حضور کانی تورمالین در سنگ های منطقه از جمله داسیت پورفیرها مؤید وجود بر در سیالات هیدروترمال مؤثر در منطقه می باشد.

نکته قابل توجه دیگر این که بیشترین میزان کانه زایی و حضور کانی های سولفیدی مرتبط با ذخیره پورفیری متعلق به قسمت های مرکزی محدوده اکتشافی می باشد.

وجود اکسیدهای آهن از جمله هماتیت، گوتیت لیمونیت و کانه های ژاروسیت، مالاکیت و مقادیر بسیار کم کانی های سولفیدی و وجود قالب پیریت

اکسیده شده و حضور کلاهیک سیلیسی نشان دهنده یک زون شسته شده در قسمت های سطحی منطقه می باشد و این مسئله احتمال وقوع یک زون سوپرژن در عمق را مطرح می کند.

## منابع

- ۱- آدابی، م.ح.، کریم پور، م.ح. (۱۳۸۱)، نامگذاری و طبقه بندی جامع سنگهای رسوبی، آذرین و دگرگونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۷۲ ص.
- ۲- اسدی هارونی، ه. (۱۳۸۱)، گزارش، مطالعات زمین شناسی محدوده اکتشافی کهنگ، ۱۳۸ ص.
- ۳- حسینی پاک، ا. (۱۳۷۷)، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، انتشارات دانشگاه تهران ۶۰۱ ص.
- ۴- رادفر، ج.، کهنسال، ن. (۱۳۸۱)، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کوهمپایه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۵- سربابی، ف. (۱۳۸۱)، سنگ شناسی آذرین، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۹ ص.
- ۶- علیرضایی، س. (۱۳۷۸)، زمین کانسارها (ترجمه) انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۵۵ ص.
- ۷- فرمهبینی فراهانی، م. (۱۳۸۷) مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمی و کانی شناسی محدوده اکتشافی کهنگ، رساله دکتری، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۴۷ ص.
- ۸- فرمهبینی فراهانی، م. (۱۳۸۸) بررسی های ژئوشیمیایی در محدوده اکتشافی کهنگ، مقاله فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۳.
- ۹- کریم پور، م.ح.، سعادت س. (۱۳۸۴)، زمین شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، ۵۳۵ ص.
- ۱۰- مهربابی، ف. (۱۳۷۴)، ترجمه، کانیهای سنگ ساز در مقطع نازک، انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۶۳ ص.
- ۱۱- مهر پرتو، م.، حلمی، ف. (۱۳۷۹)، ترجمه، پیش درآمد بر اورمیکروسکوپی کاربردی، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ ص.
- ۱۲- وثوقی عابدینی، م. (۱۳۸۳)، مبانی تئوری عملی کانی شناسی نوری، انتشارات آریز زمین، ۲۹۰ ص.

13-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, pp1630-1658.

14-Middlemost, E.A.K., (1994), Naming materials in the magma, igneous rock system pp 215-224.

15-Pollard, P.J., Taylor, R.G., 2001, Paragenesis of the Grasberg Cu- Au deposit, Irian Jaya, Indonesia : results from logging section 13.

16-Rose, A.M., Burt, D.M., 1979, Hydrothermal Alteration, pp 173-235.