

کانی‌شناسی توده‌ی آهنی منطقه‌ی حاج الیاس در شمال باختری نهیندان، خاور ایران

محمدحسین زرین‌کوب^{۱*}، پوریا کتابی^۱، محمدشیوا^۲، محسن عسگری^۳

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- گروه معدن، دانشکده فنی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳- شرکت حدید سنگ پویا، بیرجند، ایران.

(دریافت مقاله: ۸۹/۲/۲۲ ، نسخه نهایی: ۸۹/۴/۲۶)

چکیده: بر اساس مشاهدات صحرایی، داده‌های مغناطیسی و آنالیزهای شیمیایی در منطقه‌ی حاج الیاس واقع در شمال باختری نهیندان، یک توده‌ی آهنی در درون سنگ آهک‌های دولومیتی کرتاسه زیرین شناسایی شد. نفوذ یک توده‌ی دیوریت پورفیری آهن‌دار به درون سنگ‌های کربناتی باعث کانی‌زایی آهن در این منطقه شده است. بررسی حدود ۷۵۰ متر مغزه‌های بهدست آمده از ۷ گمانیت، بی‌جویی در منطقه، نشان داد که کانی‌زایی در مرز تماس توده‌ی دیوریتی با سنگ آهک‌های دولومیتی رخ داده است. مگنتیت، هماتیت و لیمونیت کانه‌های این زون هستند. پلازیوکلاز، کوارتز، کلسیت، دولومیت، گارنت، کلینوپیروکسن، هورنبلندر، تورمالین، هرسینیت، سرپانتین، اپیدوت، پیریت، اسفالریت و کالکوپیریت باطله‌های این زون را می‌سازند. گارنت بیشتر ترکیب آندرادیتی دارد. مگنتیت در درون شکستگی‌ها به هماتیت و لیمونیت دگرسان شده است. میانگین عیار آهن در زون کانه‌دار، ۷۰ درصد است. عیار مس و روی خیلی پایین است. بر اساس داده‌های کانی‌شناسی، کانی‌زایی در حاج الیاس با اسکارن نوع کلسیمی-منیزیمی همراه است.

واژه‌های کلیدی: اسکارن کلسیمی؛ منیزیمی؛ آهن؛ حاج الیاس؛ خاور ایران.

های ماغمایی انجام می‌شود، ولی در مراحل پسروندۀ این عمل

مقدمه

می‌تواند به وسیله‌ی آب‌های جوی نیز صورت می‌گیرد [۶]. گستره‌ی مورد بررسی در خاور ایران و جنوب استان خراسان جنوبی، در فاصله‌ی ۱۸۰ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان بیرجند، در شمال غربی نهیندان و در گستره‌ی جغرافیایی "۳۱°۵۲'۰۰" - "۳۱°۵۰'۳۰" طول خاوری در شمال باختری روستای دهنو در جوار مزار حاج الیاس جای دارد (شکل ۱). دسترسی به ناحیه از طریق جاده‌ی آسفالتی بیرجند-معدن قلعه زری امکان‌پذیر است. این جاده شمال باختری ناحیه را از طریق روستای بصیران به بیرجند وصل می‌کند. وجود آثار

اسکارن‌ها به عنوان یکی از شناخته شده‌ترین ذخایر اقتصادی تنگستان، قلع، مس، مولیبدن، سرب، روی، آهن و تقریباً به عنوان منابعی برای طلا، کبات، نقره، بیسموت، برلیوم، فلور، بر و عناصر نادر خاکی محسوب می‌شوند [۴-۱] در حالت کلی تشکیل اسکارن‌ها در سیستم‌های باز و در محیط‌های متفاوت گرمابی، ماغمایی تا چشممه‌های آبرگم صورت می‌گیرد. آبگون‌های دخیل در تشکیل اسکارن از آبگون‌های دگرگون تا ماغما و جوی متغیر است [۵]. ذخیره‌های اسکارن به صورت شاخص، نشان دهنده‌ی مراحل پیشرونده و پسروندۀ دگرگونی هستند [۱]. گرچه فرایند اسکارنی شدن پیشرونده به وسیله‌ی آبگون-

*نویسنده مسئول، تلفن - نمبر: ۰۵۶۱ ۲۵۰۲۰۴۱، پست الکترونیکی: zarrinkoub@yahoo.com

- نفوذی، سنگ میزبان، زون کانی‌سازی شده.
- رنگ آمیزی سنگ‌های کربناتی میزبان برای شناسایی کلسیت و دولومیت.
- تجزیه‌ی ۱۰ نمونه از زون کانه‌دار به روش XRF در Acme کانادا.
- آنالیز کیفی یک نمونه از گارنت‌های زون کانه‌دار به روش XRD برای تعیین نوع گارنت در دانشگاه بیر جند.

زمین‌شناسی منطقه

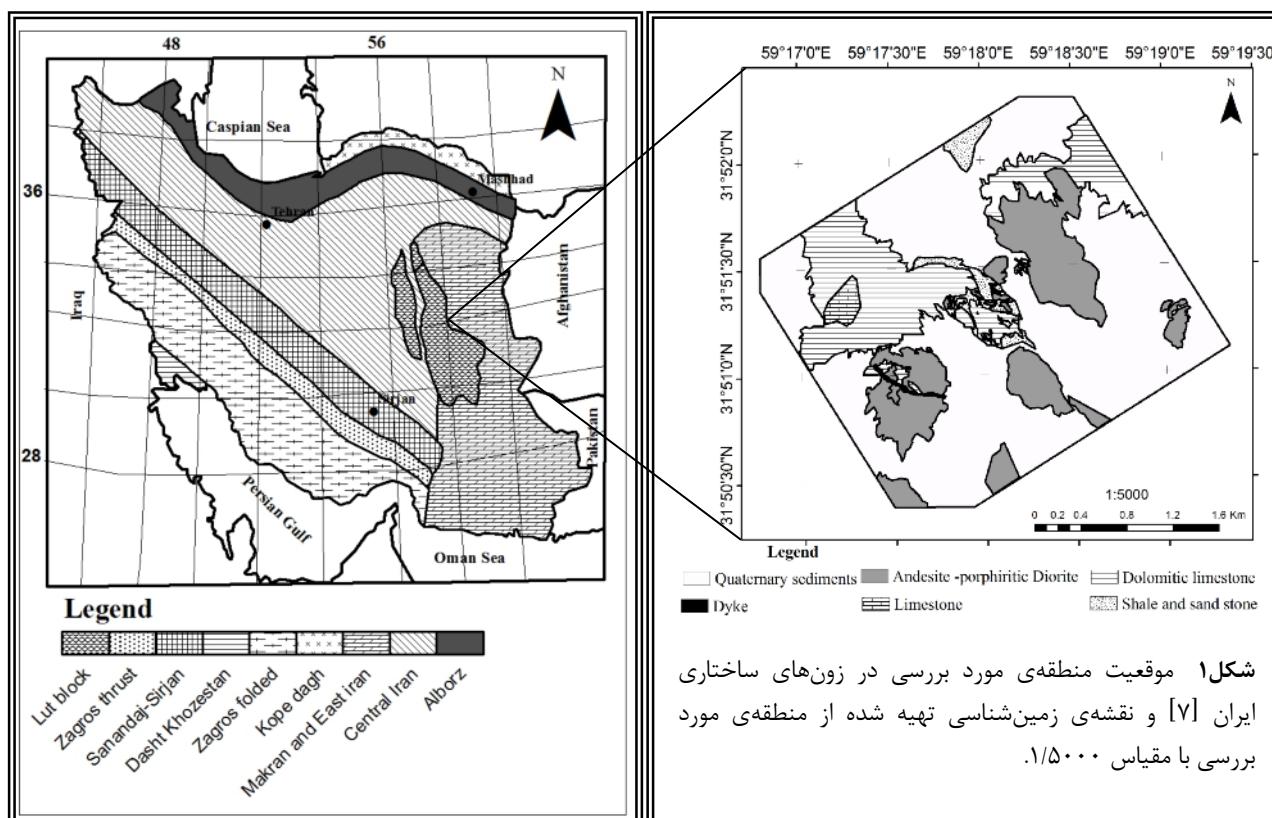
منطقه‌ی مورد بررسی در مرز خاوری ایالت ساختاری لوت [۷] و در گستره‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بصیران [۸] قرار می‌گیرد.

قدیمی‌ترین واحد سنگی موجود در این منطقه، شیل و ماسه سنگ‌های ژوراسیک‌اند، که با سنگ‌های کربناتی کرتاسه‌ی زیرین پوشانده شده‌اند. سنگ کربناتی با توده‌های شبه آتش‌شناختی کوارتز دیوریت پورفیری – دیوریت پورفیری وابسته به ترشیری قطع شده‌اند [۹]، و یک زون کانه‌دار را در جوار مزار حاج الیاس به وجود آورده‌اند (شکل ۲). جوان‌ترین واحد موجود در منطقه رسوب‌های وابسته به نئوژن است.

معدن‌کاری قدیمی در درون سنگ‌های کربناتی، وجود دایک‌های دیوریت پورفیری در درون سنگ‌های کربناتی کانی‌زایی شده، باعث شد تا این منطقه‌ی به عنوان یک منطقه دارای پتانسیل معدنی، مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این پژوهش، کانی‌شناسی سنگ‌رسوبی، توده‌ی نیمه عمیق نافذ، توده‌ی معدنی، عیارسنجدی و بررسی گسترش کانی‌زایی در عمق بوده است.

روش انجام کار

- کارهای انجام شده در این پژوهش عبارتند از:
- پی‌جوئی‌های ژئوفیزیکی به روش مغناطیس‌سنجدی به‌منظور معرفی مناطق امید بخش به گستردگی ۱ کیلومتر مربع.
- حفاری در منطقه با توجه به‌شناسایی مناطق امید بخش با روش مغناطیس‌سنجدی در ۷ گمانه‌ی پی‌جویی و در مجموع در حدود ۷۵۰ متر.
- بررسی مغزه‌های حاصل از حفاری.
- تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰ با نرم افزار Arc GIS.
- بررسی‌های سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی ۴۰ نمونه از توده‌ی



شکل ۱ موقعیت منطقه‌ی مورد بررسی در زون‌های ساختاری ایران [۷] و نقشه‌ی زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه‌ی مورد بررسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰.

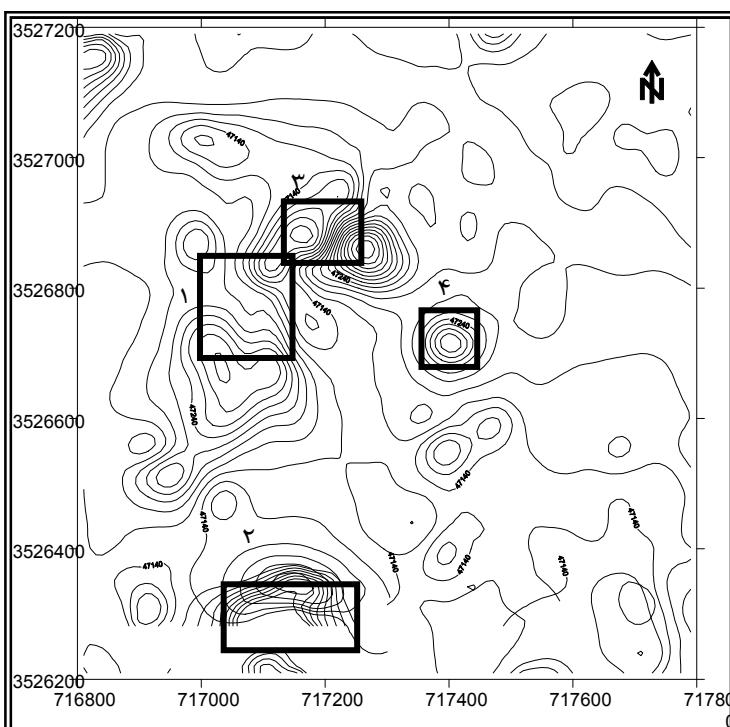


شکل ۲ نفوذ دایک کوارتز دیوریت پورفیری در سنگ آهک‌های دولومیتی و ایجاد زون آهن‌دار در منطقه‌ی حاج الیاس، نگاه به سمت شمال.

گستردگی حدود ۱ کیلومترمربع، با شبکه‌بندی منظم، از سوی شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر صورت گرفته است. توپوگرافی ناحیه از ۱۵۳۰ متر تا ۱۷۴۰ متر بالای سطح تراز دریا (در حدود ۲۱۰ متر) تغییر می‌کند. گمانه‌های اکتشافی در منطقه‌ی حاج الیاس، بر مبنای نتایج مغناطیسی سنجدی تعیین و مورد حفاری قرار گرفتند (شکل ۳).

ژئوفیزیک (مغناطیس‌سنجدی) در منطقه‌ی مورد بررسی حاج الیاس

پیمایش مغناطیس‌سنجدی منطقه‌ی حاج الیاس به منظور بررسی موقعیت و گسترش بی‌هنجاری‌های حاصل از وجود نهشته‌های مغناطیسی انجام شده است. این پیمایش با یک دستگاه ژئومتریکس پروتونی (G826-G816) و در ناحیه‌ای به

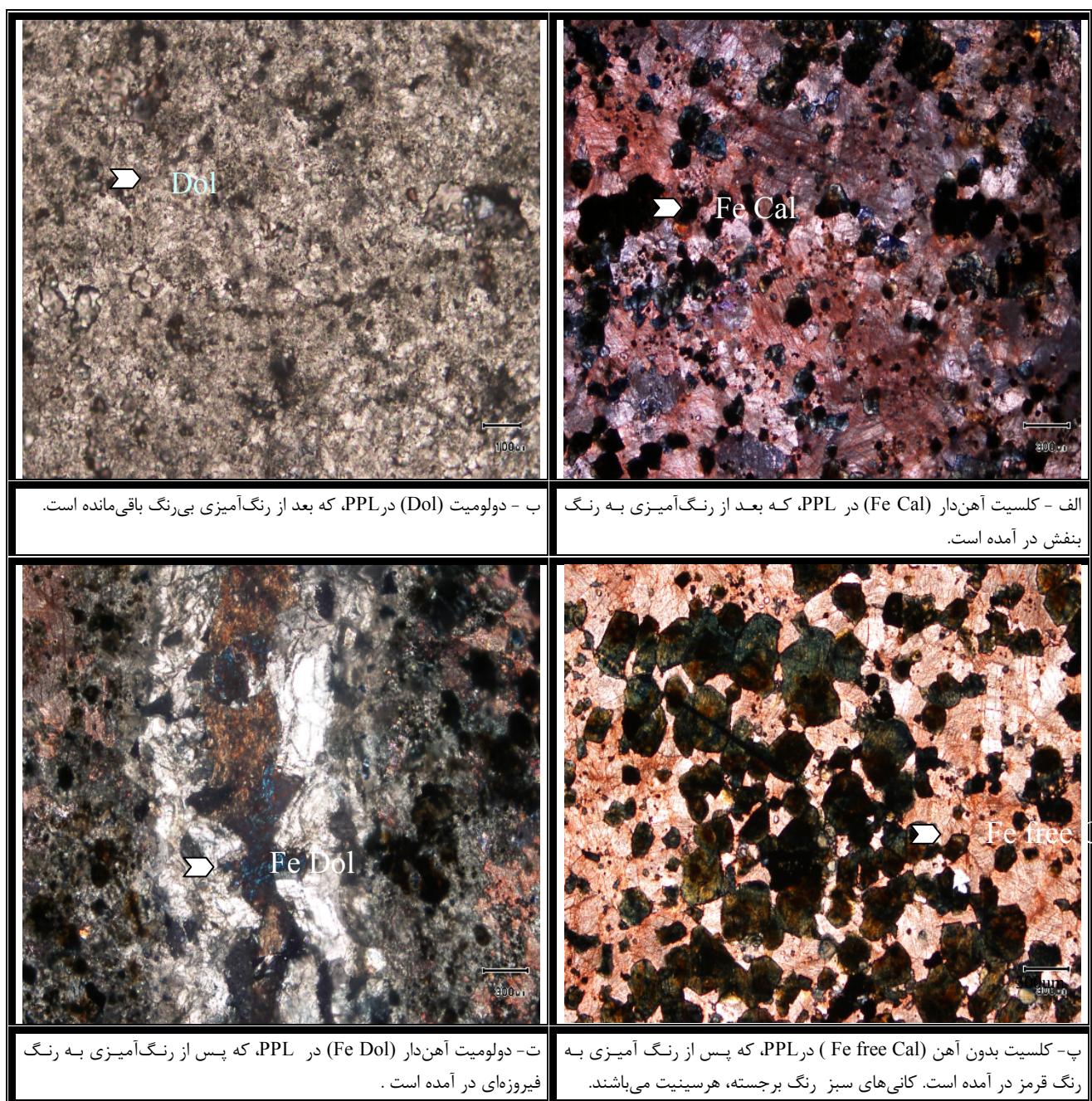


شکل ۳ نقشه‌ی شدت میدان مغناطیسی منطقه‌ی مورد بررسی حاج الیاس و نمایش گستره‌های پیشنهادی برای حفر گمانه‌های پی‌جوبی، که به ترتیب اولویت با شماره ۱ تا ۴ نشان داده شده‌اند.

وابسته به زون کانه‌دار واقع در اطراف توده‌ی نفوذی از سطح به عمق، دولومیت (شکل ۴-الف)، کلسیت آهن‌دار (شکل ۴-ب) و کلسیت بدون آهن (شکل ۴-پ) تشخیص داده شدند. در روش رنگ‌آمیزی، دولومیت بدون آهن بی‌رنگ، دولومیت آهن‌دار به رنگ فیروزه‌ای (شکل ۴-ت)، کلسیت بدون آهن به رنگ قرمز و کلسیت آهن‌دار به رنگ بنفش مشخص می‌شود [۱۰].

بحث و بررسی معرفی سنگ میزبان

بر اساس نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰، پی‌جوئی‌های صحرایی و بررسی مغزه‌های حاصل از حفاری و مقاطع نازک، سنگ میزبان توده‌ی آهنی حاج الیاس، سنگ کربناتی است. برای تشخیص کلسیت از دولومیت، مقاطع نازک کربناتی، رنگ آمیزی (Staining technique) شدند. سنگ‌های کربناتی (Staining technique)



شکل ۴ نتایج حاصل از رنگ‌آمیزی مقاطع نازک سنگ‌های کربناتی برای تعیین میزان کلسیت و دولومیت در سنگ میزبان توده‌ی نفوذی.

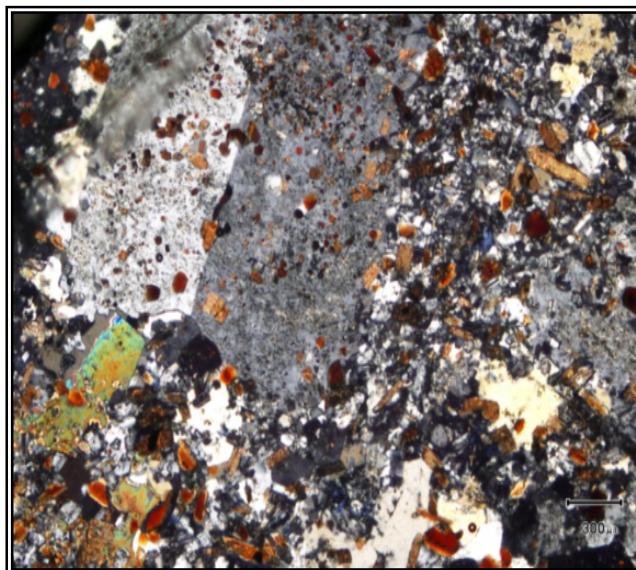
(شکل ۶-ت) می‌سازند. پلازیوکلاز، کوارتز، کلسیت، دولومیت، گارنت، کلینوپیروکسن، هورنبلنده، تورمالین، هرسبینیت، سرپانتین و اپیدوت از جمله کانی‌های مهم غیر فلزی در توده‌ی معدنی هستند. گارنت به عنوان یک کانی شاخص اسکارن‌ها در سنگ میزان فراوان است که با تجزیه‌ی شیمیایی به روش XRD از نوع آندرادیتی تشخیص داده شد، و گارنت آندرادیتی ویژه‌ی اسکارن‌های آهن و مس دار تعیین شده است [۱۴]. با توجه به قرارگیری ماده‌ی معدنی در سنگ کربناتی میزان توده‌ی آذرین، این کانی‌زایی در رده‌ی اگزواسکارن‌ها قرار می‌گیرد. عیار آهن در زون کانه‌دار با تجزیه‌ی شیمیایی به آمد. عیار آهن حدود ۷۰ درصد تعیین شده است. عیار مس در حد عادی ولی عیار روی حالت غیر عادی دارد و به ۴۰٪ گرم در تن می‌رسد. بررسی حدود ۷۵۰ متر از مغزه‌های به دست آمد از ۷ گمانه پی‌جوبی در منطقه، نشان داد که کانی‌زایی در مرز تماس توده‌ی کوارتز دیوریت پورفیری با سنگ آهک‌های دولومیتی رخ داده است. آثار کانه‌زایی در سطح نیز دیده می‌شود. عمیق‌ترین گمانه‌ی پی‌جوبی حفر شده در منطقه تا عمق ۲۱۵ متری ادامه یافته است. دو گمانه ۵ و ۶ و در مرز بین کوارتز دیوریت پورفیری و سنگ کربناتی به ترتیب در عمق‌های ۱۰٪ ۴۰ و ۲۴٪۵۰ متری به زون کانه‌دار برخورد کرده‌اند. ضخامت زون آهن‌دار در گمانه‌ی شماره ۵ برابر سه متر و در گمانه‌ی شماره ۶ چهار متر است. نتایج حاصل از گمانه‌های پی‌جوبی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در اعماق کم رخ داده و دارای گسترش چشمگیری نیست.

توده‌ی نفوذی

بر اساس بررسی‌های سنگ‌شناسی حاصل از ۴۰ مقطع نازک تهیه شده از دایک‌ها و نمونه‌های به دست آمده از مغزه‌های حفاری، توده‌ی نفوذی، دیوریت پورفیری تا کوارتز دیوریت پورفیری است. بافت مهم این توده‌ی پورفیری با زمینه‌ی ریز دانه‌ای و پویی کیلیتیک (شکل ۵) است. پلازیوکلاز، هورنبلنده و کوارتز کانی‌های مهم آن را تشکیل می‌دهند. پلازیوکلازها با ساختار منطقه‌بندی می‌تواند بیانگر افت سریع فشار و تغییرات ترمودینامیکی محیط تبلور باشد [۱۱] و بیشتر به اپیدوت و بهمیزان کمتر به کلسیت، کلریت و سرسیت دگرسان شده‌اند. بیوتیت نیز به عنوان محصولی از دگرسانی آمفیبول‌ها مشاهده می‌شود. اسفن و تورمالین از جمله کانی‌های فرعی این سنگ‌ها هستند. اپیدوت معمولاً به عنوان کانی باطله با اسکارن‌های دگرنهاد، به ویژه در مرز تماس با ذخیره دانه‌ها و تنوع بافتی این سنگ‌ها نشان می‌دهد که توده‌ی نفوذی منطقه در عمق‌های متفاوت (کم تا متوسط) جایگزین شده است [۱۲].

کانه‌زایی

مگنتیت مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی در زون کانه‌دار حاج الیاس محسوب می‌شود که در اثر هوازدگی سطحی طی فرایند مارتیتی شدن در طول شکستگی‌ها، به هماتیت و لیمونیت تبدیل شده است. کانی‌های فلزی زون کانه‌دار را مگنتیت (شکل ۶-الف)، هماتیت، لیمونیت، پیریت (شکل ۶-ب) و کالکوپیریت (شکل ۶-پ)، و به مقدار خیلی کم، اسفالریت



شکل ۵ بافت بوئیکلیتیک و پورفیری با زمینه‌ی ریزدانه‌ای در کوارتز دیوریت پورفیری در XPL



شکل ۶ مگنتیت به عنوان متداول‌ترین اکسید، و پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت سولفیدهای موجود در مقاطع صیقلی به زون کانه‌دار منطقه‌ی مورد بررسی هستند.

واکنش‌ها و مجموعه کانی‌های تشکیل شده در اسکارن‌ها به طور طبیعی به ویژگی‌های سنگ‌های دگرنهاد کننده، فشار کل و رژیم دمایی ترکیب آبگون‌های دگرنهاد کننده، فشار کل و رژیم دمایی مربوط می‌شوند [۱۵]. بررسی‌های میکروسکوپی زون‌های مختلف اسکارن در منطقه‌ی مورد بررسی نشان می‌دهد که

پیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی در زون کانه‌دار است. کالکوپیریت به مقدار بسیار اندک همراه با مگنتیت و پیریت مشاهده می‌شود. بلورهای کالکوپیریت دارای شکل مشخصی نیستند و بیشتر به صورت پرکننده‌ی فضای خالی در حاشیه‌ی مگنتیت و پیریت حضور دارند.

مقادیری از ولستونیت که در برش‌های نازک قابل مشاهده باشد، حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است و غالباً در مرمرهای نزدیک به محل تماس با توده‌ی نفوذی، از طریق واکنش مرمر با شاره‌های غنی از آب ماقمایی تولید می‌شود [۱۷]. نبود ولستونیت در اسکارن می‌تواند ناشی از نسبت پاپین SiO_2 به Fe_2O_3 (کمتر از ۳) باشد [۱۸].

۲- مرحله‌ی پسروند: که خود به دو مرحله قابل تفکیک است:
 الف) مرحله‌ی پسروند: پیشین: سیلیکات‌های کلسیمی بدون آب تشکیل شده در مرحله‌ی قبلی، به مجموعه‌ای از کانی‌های اکسیدی مثل مگنتیت و هماتیت (شکل ۷-ب)، سیلیکات‌ی کلسیمی آبدار مانند اپیدوت (شکل ۷-پ)، سولفیدی همچون پیریت و کالکوپیریت و کربناتی مانند کلسیت تبدیل می‌شوند که نشان از آغاز مرحله‌ی کانی‌سازی در طی این فرایند است. احتمالاً افزایش محلی گریزندگی اکسیژن نقش مهمی در شکل‌گیری اپیدوت‌ها داشته است [۱۹-۲۱]. عواملی از قبیل کاهش دما، واکنش اکسایشی و احیا در برخی از زون‌ها و یا خنثی شدن گرمابی‌ها (در تماس با سنگ کربناتی) تشکیل همبافت‌های کلوئیدی در اثر واکنش گرماب با سنگ‌های کربناتی، امکان ترکیب یون‌های فلزی آزاد شده با H_2S را فراهم می‌سازد و سبب تهنشست کانی‌های سولفیدی می‌شود [۲۲].

ب) مرحله‌ی پسروند: پسین: که مجموعه‌ی کانی‌های تشکیل شده در مرحله پیشین، تحت تاثیر گرمابی‌ها کم دما به مجموعه‌ای از کانی‌های ریز دانه مانند کلریت، تالک، سرپانتین (شکل ۷-ت)، کلسیت، کوارتز و کانی رسی تبدیل شده‌اند.

بررسی شرایط فیزیکوشیمیایی اسکارن منطقه‌ی حاج الیاس کانی‌های شکل‌گرفته در مراحل مختلف کانی‌زایی اسکارن حاج الیاس در چهار گروه سیلیکاتی، اکسیدی، کربناتی و سولفیدی قرار می‌گیرند. از آنجایی که بیشتر کانی‌ها بررسی شده در منطقه، در سیستم $\text{Ca}-\text{Fe}-\text{Si}-\text{O}-\text{H}-\text{C}$ قرار می‌گیرند می‌توان با احتیاط از نمودار $\log \text{fO}_2-\text{T}$ در فشار ۵۰۰ بار و $X\text{CO}_2 = 0.1$ [۱۶] که گستره پایداری کانی‌های اسکارنی را نشان می‌دهد برای تعیین شرایط ژئوشیمیایی احتمالی برای تشکیل اسکارن حاج الیاس استفاده کرد.

آندرادیت در محیط‌های اسکارنی معمولاً در دمای ۳۰۰ تا ۵۲۰ درجه و $X\text{CO}_2 = 0.1-0.6$ $\text{XCO}_2 = 0.16$ پایدار است [۱۶، ۲۳] و در خارج از این شرایط، آندرادیت به کوارتز، کلسیت، مگنتیت

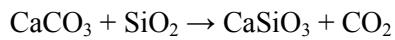
مراحل تکامل اسکارن که به موازات جایگزینی و تبلور کوارتز دیوریت پورفیری در منطقه حادث شده، شامل دو مرحله پیشرونده و پسروند است، که هرکدام با مجموعه‌های پاراژنزی و بافت‌های شاخص هر مرحله مشخص می‌شوند. این مراحل به ترتیب زمان تشکیل عبارتند از:

۱- مرحله‌ی پیشرونده: که خود به دو مرحله قابل تفکیک است:

الف) دگرگونی مجاورتی: که در اثر صعود ماقمای به بخش‌های بالایی پوسته رخ داده و سنگ آهک‌های موجود در منطقه‌ی را دولومیتی و متبلور کرده است. در این مرحله دگرگونی، کانسارسازی ایجاد نمی‌شود ولی می‌تواند نقش زمینه‌سازی را ایفا کند [۱].

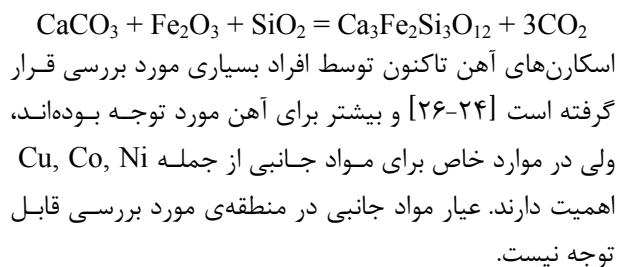
ب) مرحله‌ی تشکیل اسکارن: آماده شدن زمینه در مرحله دگرگونی مجاورتی، بستر مناسبی را برای نهشت مجموعه کانی‌های سیلیکاتی کلسیمی بدون آب از جمله گارنت آندرادیتی، پیروکسن (هدنبزیت) و اسپینل (هرسینیت) در زون اسکارنی حاج الیاس فراهم کرده است. با ادامه‌ی تبلور ماقمای، افزایش فشار حاصل از آبگون‌های ماقمایی آزاد شده، باعث بروز شکستگی‌هایی در درون سنگ‌های کربناتی مجاور می‌شود که می‌تواند معابری برای حرکت سریعتر شاره‌ها و زمینه‌ای برای اختلاط آن‌ها با آب‌های جوی فراهم کند. در مراحل دگرنهادی، شاره‌ای حاوی Fe , Si , Mg با چاکی بالا و حالت نسبتاً اکسنده باعث واکنش‌های کربن‌زدایی و گسترش سیلیکات‌های کلسیمی غنی از آهن بدون آب می‌شوند [۱۶] و آندرادیت که یکی از سیلیکات‌های کلسیمی بدون آب اصلی در بیشتر ذخایر اسکارن آهن است در این راستا تشکیل می‌شود. در منطقه‌ی حاج الیاس پیروکسن نیز همراه با گارنت در زون‌های اسکارنی به عنوان یک کانی سیلیکات کلسیم بدون آب در مرحله پیشرونده اسکارن‌زایی تشکیل شده است. روابط پاراژنزی و عدم مشاهده بافت‌های جانشینی، حاکی از رشد همزمان پیروکسن و گارنت در این زون است (شکل ۷-الف).

در بررسی‌های میکروسکوپی و صحرایی حضور ولستونیت محرز نشد و به نظر می‌رسد که شرایط لازم برای ایجاد این کانی فراهم نشده است. مهم‌ترین واکنش تشکیل ولستونیت در اسکارن‌ها به صورت زیر است:

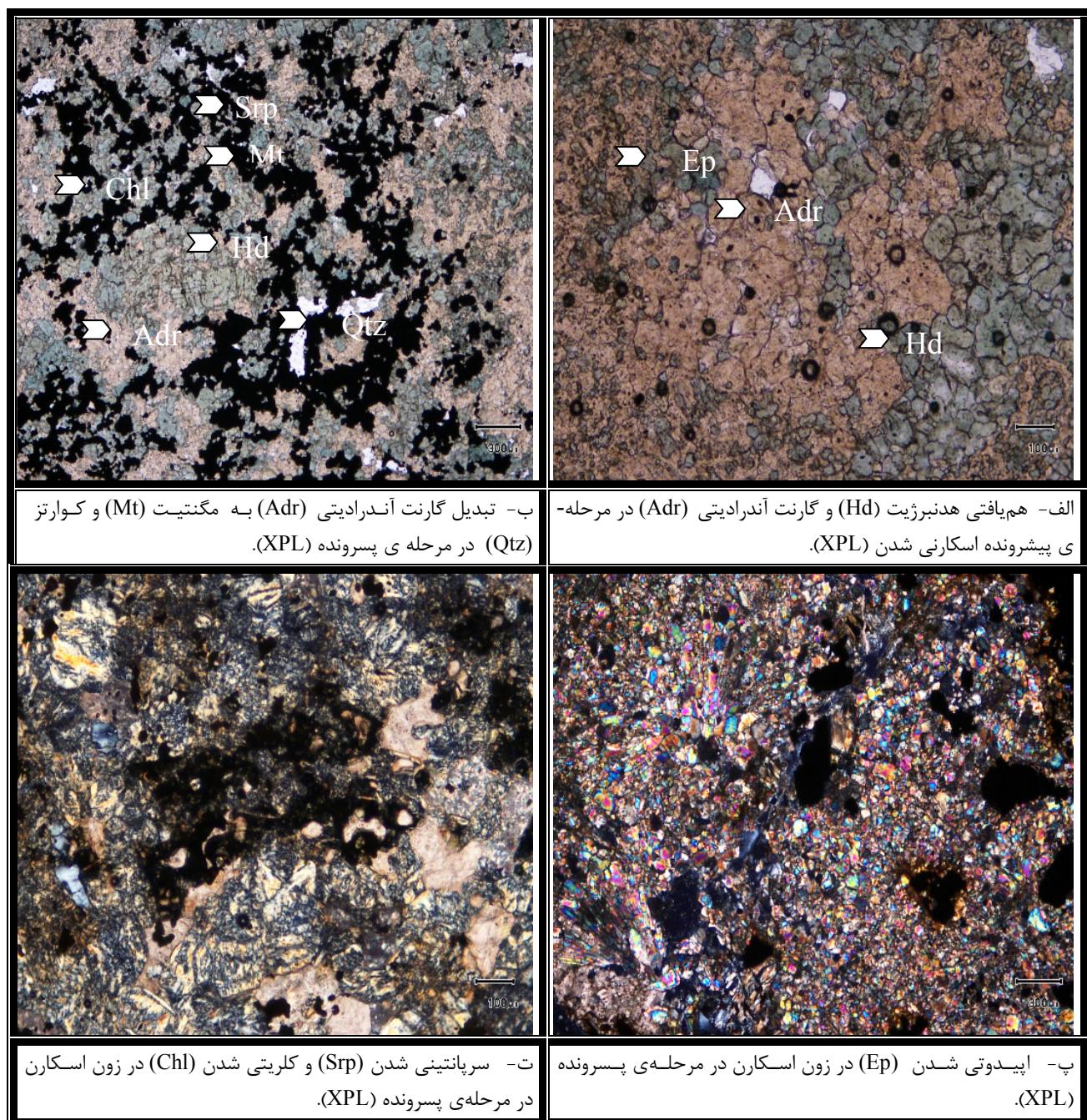


این واکنش هنگامی روی می‌دهد که فاز شاره‌ی غنی از CO_2 به وسیله‌ی آب رفیق شده باشد. دمای لازم برای تشکیل

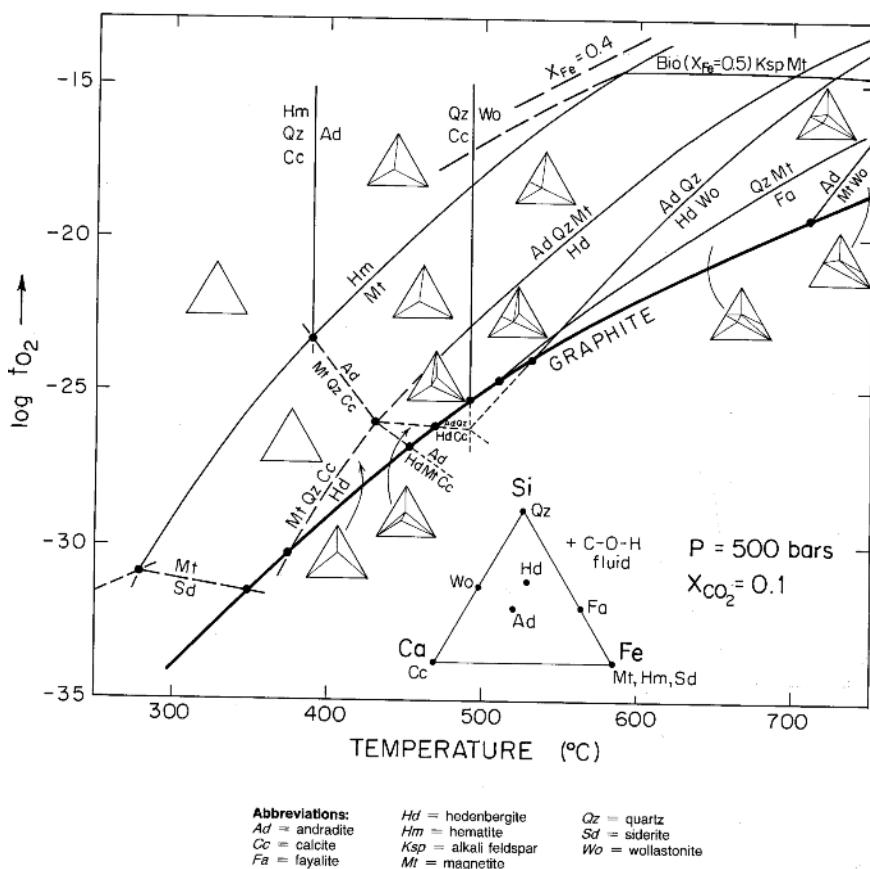
نیز این ادعا را تایید می‌کند.



تجزیه می‌شود. نبود ولاستونیت در اسکارن‌های این منطقه دلیلی بر تشکیل آن در دمای کمتر از ۵۵۰ درجه‌ی سانتیگراد است (شکل ۸). اسکارن‌زایی در مرحله‌ی پیشرونده با اضافه شدن Fe_2O_3 و SiO_2 به سنگ آهک و تشکیل گارنت آندرادیتی همراه بوده است. وجود گارنت آندرادیتی، اپیدوت و عدم حضور پیروتیت حاکی از آن است که این اسکارن در شرایط اکسایشی شکل گرفته است. [۱۸] برخورد به زون آهن‌دار در اعماق کم در گمانه‌های پی‌جوبی منطقه‌ی حاج الیاس



شکل ۷ کانی‌شناسی زون اسکارن در مراحل پیشرونده و پسرونده در منطقه‌ی حاج الیاس.



شکل ۸ با توجه به نمودار $\log f\text{O}_2$ نسبت به دما، [۱۳]، حضور آندرادیت و عدم حضور ولاستونیت در اسکارن منطقه‌ی حاج الیاس، احتمالاً اسکارنی شدن در دمای کمتر از ۵۵۰ درجه رخ داده است.

تشکیل می‌دهند. کانی‌سازی آهن در زون گارنت-پیروکسن رخ داده است. با توجه به حضور آندرادیت که در محیط‌های اسکارنی در دمای ۳۰۰ تا ۵۲۰ درجه و $\text{XCO}_2 = 0.1-0.6$ تشکیل می‌شود و عدم حضور ولاستونیت که در اسکارن‌ها در دمای ۶۰۰ رخ می‌دهد، اسکارن منطقه‌ی حاج الیاس احتمالاً در دمای کمتر از ۵۵۰ درجه تشکیل شده است. نتایج حاصل از گمانه‌های پی‌جویی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در اعماق کم رخ داده و دارای گسترش قابل توجهی نیست.

قدرتانی

کلیه هزینه‌های این پژوهه از سوی شرکت حديد سنگ پویا پرداخت شده است. از مدیر عامل و هیئت مدیره این شرکت به خاطر همکاری صمیمانه‌شان تشکر می‌شود. از آقای دکتر غلامرضا میراب شبستری عضو محترم هیئت علمی دانشگاه بی‌رجند به خاطر همکاری در امر رنگ‌آمیزی سنگ‌های کربناتی منطقه‌ی حاج الیاس، تشکر می‌کنیم.

برداشت

براساس بررسی‌های صحرایی، مقاطع میکروسکوپی نازک و رنگ‌آمیزی مقاطع، سنگ میزان توده‌ی آهنی منطقه‌ی حاج الیاس، سنگ آهک منسوب به کرتاسه تحتانی است که دولومیتی شده است. شواهد صحرایی و کانی‌شناسی، کانی‌زایی از نوع اسکارن را تایید می‌کند. با توجه به وجود کانی‌های منیزیم‌دار مانند سریانتین، تالک و هرسینیت و سنگ میزان آهک دولومیتی این اسکارن در رده‌ی کلسیمی-منیزیمی قرار می‌گیرد. عیار آهن در آن بالا و حدود ۷۰ درصد و کانی‌های سولفیدی پیریت، کالکوپیریت و به مقدار کمتر اسفالریت از کانی‌های فرعی آن است جنس توده‌ی نفوذی آن دیبوریت پورفیری-کوارتز دیبوریت است. کانی‌های غیرفلزی شناسایی شده در زون کانی‌زایی شده عبارتند از پلاژیوکلاز، کوارتز، کلسیت، دولومیت، گارنت، کلینوپیروکسن، هورنبلند، تورمالین، هرسینیت، اپیدوت و کانی‌های فلزی را مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، پیریت و به مقدار خیلی کم، اسفالریت و کالکوپیریت.

مراجع

- [۱۴] کوهساری ا.ح، میر دهقان س.ک، انصاری ع.ح، "مطالعات کانی شناسی اسکارن های کوه آهن یزد، مجموعه مقالات پانزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران - دانشگاه مشهد، (۱۳۸۶)، ص ۲۹۳-۲۸۸.
- [۱۵] Guilbert J.M., Lowell J.D., "Variations in zoning patterns in porphyry ore deposits", Canadian Institute of Mining Bulletin, 67. (1974) 99- 109
- [۱۶] Einaudi M.T., Burt D.M., "Introduction—terminology, classification and composition of skarn deposits", Economic Geology .,vol.77,No.4, (1982) 745-754.
- [۱۷] Bucher K., Frey M., "Petrogenesis of metamorphic rocks.", Springer, Berlin, (1994) 318 pp.
- [۱۸] Deer W. A., Howie R. A., Zussman J., "An introduction to the rock forming minerals. Second edition", Longman Scientific and Technical, (1992) 696 p.
- [۱۹] Berman R.G., Brown T.H., Greenwood H.J., "An internally consistent thermodynamic data base for minerals in the system $Na_2O-K_2O-CaO-MgO-FeO-SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3-TiO_2-H_2O-CO_2$ ", Atomic Energy of Canada Technical Report TR-337, (1985) 62p.
- [۲۰] Perkins E. H., Brown T. H., Berman R.G., "PTX-SYSTEM: three programs for calculation of pressure-temperature composition phase diagrams", Computers and Geosciences 12, (1986) 749-755.
- [۲۱] Shimizuki H., "Characteristics of skarn deposits and related acid magmatism in Japan", Economic geology. v.75, (1980) 173-183.
- [۲۲] Barnes H.L., "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits", John Wiley and Sons, New York. (1979) 422 pp.
- [۲۳] Harriss N.B., Einaudi M.T., "Skarn deposits in the Yeringtin,Nevada: Metasomatic skarn evolution near Ludwig", Economic geology 77, (1982) 877-898.
- [۲۴] Sangster D.F., "The contact metasomatic magnetite deposits of southwestern British Columbia", Geol. Surv. Canada Bull. (1969) 172, 79.
- [۲۵] Sokolov G.A., Grigorev V.M., "Deposits of iron, in Smirnov", V.I., ed., Ore deposits of the USSR: London, Pittman, v. 1, 1977, p. 7-113.
- [۲۶] Grigoryev N.A., Sazonov V.N, Murzin V.V., and Gladkovskiy, "Sulfides as gold carriers in skarn magnetite deposit skarns and ores: Geochem", Intern. v. 27, (1990)142-146.
- [۱] Einaudi M.T., Meinert L.D., Newberry R.J., 'Skarn deposits', Econ. Geol. 75th Anniversary Volume (1981) 317-391.
- [۲] Meinert L.D., "Skarns and skarn deposits", Geosci. Canada 19, (1992). 145-162.
- [۳] Meinert L.D., "Igneous petrogenesis and skarn deposits", Geol. Assoc. Canada Spec. Pap. 40, (1993) 569-583.
- [۴] Misra K.C. "Understanding Mineral Deposits", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands(2000).
- [۵] Cook S.J.Bowman J.R., "contact metamorphism surrounding the Alta stock;finite element model simulation of the heat – and $^{18}O/^{16}O$ mass–transport during prograde metamorphism", jour.sci.,297 (1997) 1-55.
- [۶] Meinert L.D., Hedenquist J.W., Satoh H., Matsuhisa Y., "Formation of anhydrous and hydrous skarn in Cu–Au ore deposits by magmatic fluids", Economic Geology 98, (2003) 147-156.
- [۷] Stocklin J., "Structural history and tectonic of Iran", A review, The American association (1968).
- [۸] افتخار نژاد ج، "نقشه زمین‌شناسی چهارگوش بصیران با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰، شماره ۷۸۵۳، سازمان زمین‌شناسی کشور. (۱۳۷۱).
- [۹] شاهین ا. زرین کوب م، ح، شبستری غ، ر، کتابی پ، عباسلو ف، "کانی شناسی و ژئوشیمی توده آهنه منطقه‌ی حاج الیاس در شمال باختری نهبندان"، خاور ایران، مجموعه مقالات هفدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران دانشگاه همدان، (۱۳۸۸)، ص ۶-۱.
- [۱۰] Dickson J.A.D., "A modified staining technique for carbonates in thin section", Nature (1965) 205,587.
- [۱۱] Shelly D., "Igneous and metamorphic rocks under the microscope", Chapman and Hall, London, (1993) 445.
- [۱۲] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "Rock-forming Minerals", vol. 1B. Disilicates and Ring Silicates. Longmans, London. (1986).
- [۱۳] یزدانی م، جهانگیری ا، شکوئی ح، "بررسی پترولوجی توده‌ی نفوذی و زون اسکارنی حاصل از آن در منطقه‌ی نبی جان (جنوبغرب کلیبر)، مجموعه مقالات پانزدهمین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران- دانشگاه مشهد، (۱۳۸۶)، ص ۱۳۹-۱۳۴