

مطالعه کانه‌زایی کانسار مگنتیت دهبید فارس با استفاده از داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی

محمدعلی رجب‌زاده^{۱*}، صغری راستی^۲

^۱عضو هیات علمی بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز
^۲دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شیراز

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۲۳

چکیده

کانسار مگنتیت دهبید در شمال‌شرق استان فارس در حاشیه جنوبی زون دگرگونی ساندج- سیرجان واقع شده است. کانه‌زایی در شکلهای رگه‌ای و عدسی در امتداد گسل‌های NW-SE در درون دولومیت سیلیسی شده با سن تریاس رخ داده است. بر اساس داده‌های کانی‌شناسی، مگنتیت و به مقدار کمتر هماتیت با بافت توده‌ای تشکیل دهنده کانسار آهن می‌باشند که به صورت سیمانی قطعات زاویه‌دار سنگ میزبان را در بر می‌گیرند. داده‌های ژئوشیمیایی کانسنگ نشانگر تغییرات وسیع آهن از ۳۴ تا ۷۵ درصد وزنی است. مقادیر عناصر فسفر، تیتانیوم، کروم و وانادیوم بسیار پایین بوده و نسبتهای Cr/V، Ni/Co در کنار بی‌هنجاری مثبت Eu، بی‌هنجاری منفی Ce، $Eu/Sm < 1$ و $La/Lu > 1$ و غنی‌شدگی شدید از عناصر LREE نسبت به عناصر HREE، داده‌های صحرایی و بافتی نشانگر منشأ گرمایی ذخیره آهن و تشکیل آن از طریق فرآیند پر کردن فضای خالی است. توده‌های آذرین پراکنده با ماهیت ریولیتی و بازالتی در محدوده مورد مطالعه به عنوان منشأ آهن و موتور گرمایی در سیستم گرمایی عمل کرده‌اند و کاهش ناگهانی دما و احتمالاً فشار در اثر اختلاط سیالات عوامل اصلی نهشته شدن اکسید آهن از سیال کانه‌دار محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: کانسار آهن، مگنتیت، نهشته گرمایی، کانه‌زایی، دهبید.

مقدمه

سطحی تا بسیار عمیق (بیش از ۲ کیلومتر) تغییر می‌کند. این ذخایر به ترتیب از نوع اکسیدی (هماتیت و مگنتیت) در سیستمهای حرارت بالا و سپس کربناتی (سیدریت) در سیستمهای گرمایی حرارت پایین تشکیل می‌شوند [۲]. در نهشته‌های گرمایی، توده‌های آذرین به عنوان منبع گرمایی و بسیاری از ترکیبات شیمیایی سیال گرمایی عمل می‌کنند [۳]. منطقه دهبید در شمال‌شرق استان فارس دارای ذخایر بسیار با ارزشی از نهشته‌های اکسیدی آهن (مگنتیت و هماتیت) در درون سنگهای رسوبی-دگرگونی است و مطالعات زمین‌شناسی این ذخایر در شناخت نوع، جایگاه سنگ شناختی-تکتونیکی و پی‌جویی ذخایر پنهان دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است. هدف از این مقاله ارائه داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی به منظور تعیین منشأ نهشته‌های آهن در سنگهای رسوبی-دگرگونی منطقه دهبید در اطراف روستای گوشتی است.

بیش از ۹۰ درصد آهن جهان از ذخایر رسوبی و رسوبی-آتشفشانی استخراج می‌شود. مقادیر کم اما مهمی از آهن نیز (۱ تا ۲ درصد) از کانسنگ‌های ماگمایی نفوذی و کمی بیشتر از آن، از کانسنگ‌های مرتبط با فرآیندهای آتشفشانی تأمین می‌گردد. نهشته‌های آهن در ابعاد کوچک‌تر نیز به اشکال اسکارن و گرمایی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند [۱-۲]. بسیاری از کشورهای فاقد کانسارهای عظیم آهن رسوبی نظیر ایران، جهت توسعه صنعت فولاد خود نیازمند بهره‌برداری از تمامی ذخایر آهن موجود در کشور خود می‌باشند. در این بین مطالعه بر روی کانسارهای آهن گرمایی سهم بزرگی از پژوهشهای مرتبط با مطالعات زمین‌شناسی آهن را در سالهای اخیر به خود اختصاص داده است. کانسارهای گرمایی به شکلهای رگه‌ای، عدسی و استوک‌ورک از طریق فرآیندهای دگرسانی گرمایی و یا پر کردن فضاهای خالی تشکیل می‌شوند. عمق تشکیل این کانسارها بسیار متفاوت بوده و از محیطهای

*مسئول مکاتبات: rajabzad@susc.ac.ir

روش مطالعه

از محدوده روستای گوشتی شهرستان صفاشهر (دهبید) ۷۵ نمونه از ماده معدنی وسنگهای میزبان در امتداد ۱۵ پیمایش طولی و عرضی به همراه داده‌های صحرایی جمع‌آوری گردیدند. مطالعات سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی با استفاده از روش‌های معمول میکروسکوپی بر روی ۱۸ عدد مقطع صیقلی و ۳۵ عدد مقطع نازک و همچنین روش آنالیز دستگاهی XRD صورت گرفته است. تعداد ۲۷ نمونه نیز به روش شیمی‌تر در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه شیراز و ۲۰ نمونه به روش ICP در آزمایشگاه SGS کانادا برای تعیین عناصر اصلی، جزئی و عناصر نادر خاکی، تجزیه شیمیایی شده‌اند. داده‌های صحرایی، کانی‌شناختی و شیمیایی حاصل در جهت تعیین منشأ ذخایر معدنی‌آهن و نحوه کانه‌زایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

زمین‌شناسی منطقه

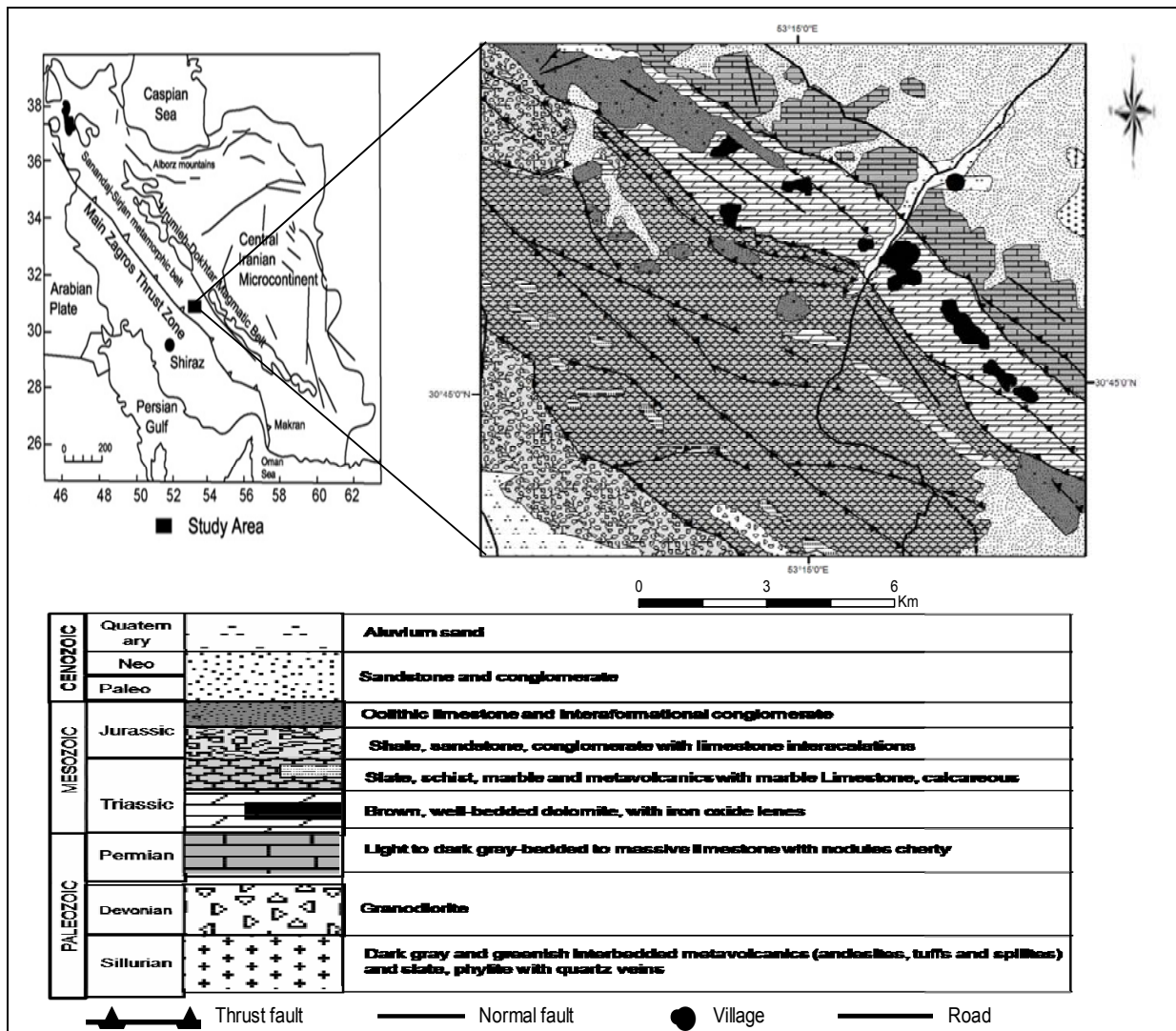
منطقه مورد مطالعه در ۱۷۶ کیلومتری شمال‌شرق شیراز و ۱۹ کیلومتری شمال‌شرق دهبید در اطراف روستای گوشتی مابین طولهای جغرافیایی $۱۸^{\circ} ۱۶' ۵۳''$ و $۱۶^{\circ} ۱۶' ۲۹''$ و عرضهای جغرافیایی $۳۳^{\circ} ۴۴'$ و $۳۰^{\circ} ۴۴' ۵۲''$ در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ نقشه زمین‌شناسی دهبید، در حاشیه جنوبی زون سنندج-سیرجان قرار گرفته است. زون برشی دگرگونی سنندج-سیرجان بخشی از کمربند چین خوردگی-رورانگی زاگرس در ایران به شمار می‌آید [۴]. از لحاظ تکتونیکی، ساختار زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از صفحه‌های رورنده‌ای تشکیل شده است که به شدت تحت تأثیر چین خوردگی‌های بعدی قرار گرفته‌اند [۵-۶]. واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل تشکیلات رسوبی، دگرگونی و توده‌های آذرین می‌باشند. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی مربوط به دوران پالئوزوئیک (سیلورین-دونین پیشین) شامل کوارتزت، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده، فیلیت و مرمر می‌شوند که همراه با لابه‌های نازک چرت و ماسه‌آهکی واقع در شمال‌شرقی منطقه رخنمون دارند و به وسیله واحدهای سنگی جوانتر با سن پرمین شامل شیل، ماسه‌سنگ و آهک بلورین به رنگ تیره بطور ناپیوسته و به موازات سایر تشکیلات منطقه در اطراف روستای گوشتی پوشیده شده‌اند. مهمترین نهشته‌های آهن به اشکال رگه‌ای و عدسی درون سنگهای رسوبی دگرگون شده پرمین و بیشتر در دولومیت‌های به شدت سیلیسی شده تریاس ایجاد

شده‌اند (شکل ۱). دولومیت و سنگ آهک قهوه‌ای با سن تریاس حاصل رسوبگذاری در یک حوضه کم ژرفا و کرانه‌ای است [۷]. تریاس پایانی بعد از یک توقف در رسوبگذاری با فعالیتهای آتشفشانی آغاز می‌شود. حضور گدازه‌های ریولیتی و آندزیتی با ترکیب آلکالن نشان‌دهنده آغاز شکافت نفوتیتس در این منطقه است. رسوبگذاری کرانه‌ای و کم ژرفا از نوع ماسه‌سنگ، کنگلومرا و شیل‌های مربوط به زمان ژوراسیک بوده و کرتاسه پیشین نیز با نهشته‌های ماسه‌سنگ و شیل آغاز شده و با سنگهای آهکی پایان می‌یابد. از اواخر الیگوسن تا اوایل میوسن رسوبات دریای کم‌ژرف در منطقه تشکیل شده‌اند که با رسوبات عهد حاضر پوشیده می‌شوند.

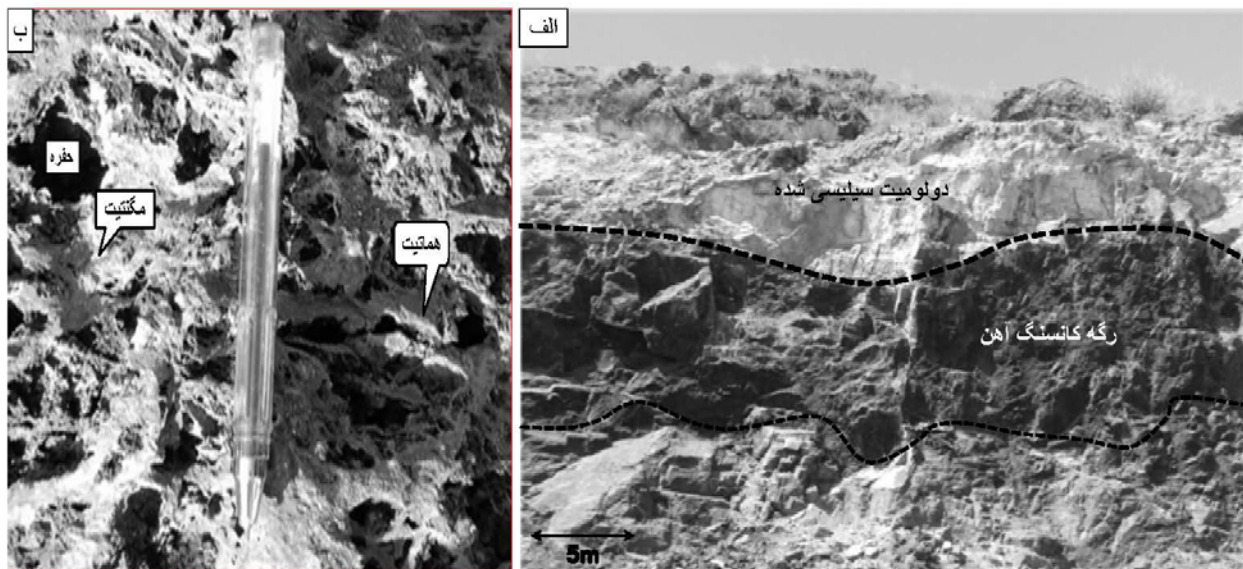
نهشته‌های آهن دهبید بیشتر به شکلهای رگه‌ای و عدسی در امتداد منطقه‌ای به طول تقریبی ۷۰۰ متر و عرض ۳۰-۴۰ متر در سنگ میزبان دولومیت سیلیسی شده تریاس قرار دارند. جهت امتداد و شیب رگه‌های معدنی با تبعیت از سنگهای میزبان به ترتیب شمال‌غرب- جنوب شرق با مقدار ۴۰-۶۰ درجه به سمت شمال‌شرق بوده و حضور ساختهای نواری یا لایه‌ای متقارن نهشته‌های معدنی در ارتباط با سنگهای میزبان برشی شده نشانگر ورود سیال کانه‌زا به درون سنگهای میزبان در امتداد فضاهای کششی است (شکل ۲الف). حضور گسترده ساخت لانه زنبوری به ویژه در بخشهای مرکزی مناطق کانه‌زایی شده نشانگر نهشته شدن ترکیبات آهن به صورت پر کردن فضاهای خالی در سنگ میزبان است (شکل ۲ب). قطعات زاویه‌دار سنگ میزبان که به وسیله ماده معدنی به صورت سیمانی در بر گرفته شده‌اند نیز این فرآیند را تأیید می‌کنند.

کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی

مطالعات میکروسکوپی و داده‌های XRD نشان می‌دهند که کانسار آهن دهبید دارای کانی‌شناسی ساده‌ای بوده و مگنتیت فاز اصلی نهشته‌های معدنی در منطقه مورد مطالعه است. در کانسنگ آهن با بافت توده‌ای تا انتشاری، بلورهای ریز تا درشت مگنتیت به شکل سیمانی قطعات زاویه‌دار دولومیت و سیلیس سنگ میزبان را در بر گرفته‌اند (شکل ۳ الف). مطالعات میکروسکوپی نشانگر وجود دست کم دو نسل از مگنتیت می‌باشد.



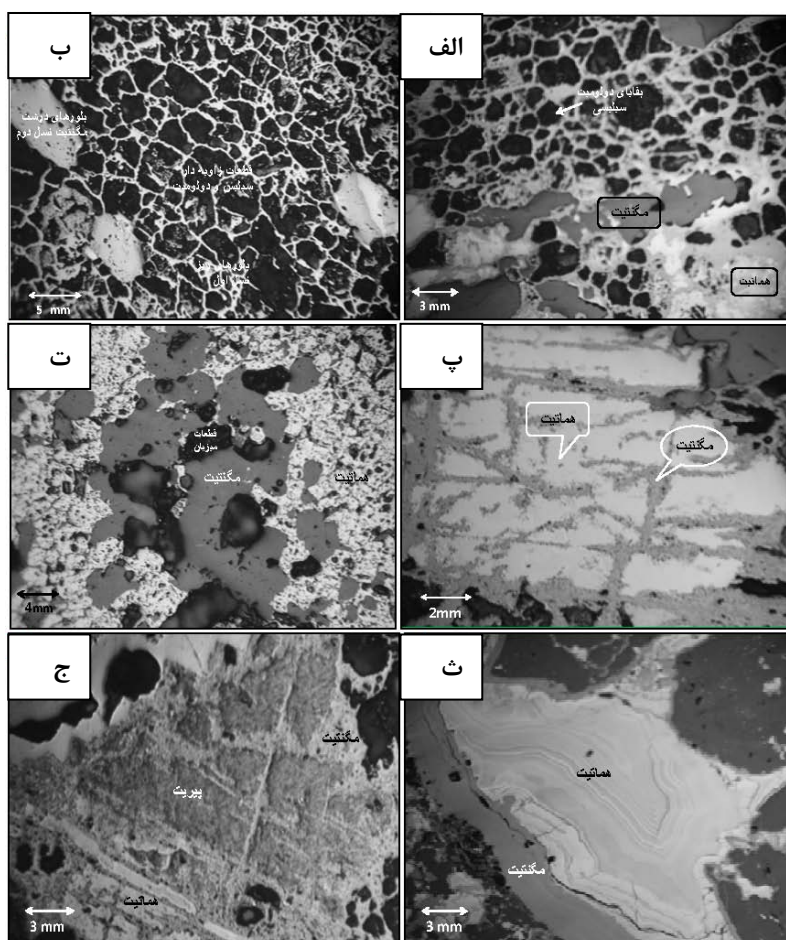
شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه دهبید در بخش جنوبی زون دگرگونی سنندج-سیرجان (اصلاح شده بعد از [۷]).



شکل ۲. الف) لایه‌بندی با ساخت نواری متقارن در رگه مگنتیت و ب) ساخت لانه زنبوری در بخش‌های میانی مناطق کانه‌زایی شده.

مگنتیت نسل اول به صورت بافت اسکلتی و دانه‌ریز در زمینه کانسنگ دیده می‌شود که فضاهای خالی را پر کرده است و مگنتیت نسل دوم دارای بافت انتشاری و درشت بلور بوده که نشانگر تبلور مجدد و رشد بلورهای درشت به خرج بلورهای اولیه دانه ریز در اثر دگرگونی همزمان یا پس از تکتونیک است (شکل ۳ب). اثرات اکسیداسیون مگنتیت به هماتیت، مارتیت، اسپکیولاریت، گوتیت و لیمونیت در امتداد شکستگیها و ترکهای توده‌های معدنی به خصوص در مناطق سطحی فراوان است. اکسیداسیون مگنتیت به هماتیت در زیر میکروسکپ به صورت تشکیل هماتیت تیغه‌ای در سطح مگنتیت (شکل ۳پ) و یا به صورت جانیشینی منطقه‌ای با هسته‌هایی از مگنتیت باقیمانده به شکل زونینگ (مارتیتی شدن) قابل مشاهده است (شکل ۳ت) [۸-۹]. در نمونه‌هایی که در آنها هماتیت کاملاً جایگزین مگنتیت شده است، ساختمان داخلی مگنتیت با رخهای اکتاندری حفظ شده است. حضور رگ‌چه‌هایی از هماتیت با بافت کلوفرمی نیز می‌تواند حل شدن مگنتیت در یک محل و سپس اکسیداسیون آن و ته‌نشینی هماتیت ثانویه را در فضای خالی نشان دهد (شکل ۳ث). مارتیتی شدن مگنتیت در بخشهای برشی و خرد شده دارای شدت بیشتری است [۹]. اکسیدهای آهن آبدار (گوتیت و لیمونیت) در بین کانیهای ثانویه، فراوان‌ترین گونه‌های شیمیایی می‌باشند که در امتداد شکستگیها به وفور مشاهده می‌شوند و با افزایش عمق به شدت کاهش می‌یابند. بر اثر عملکرد سیال جوی غنی از آهن در سطح زمین، بخش وسیعی از سنگهای میزبان به میزان زیادی نشانگر آغستگی کانیهای غیرفلزی دولومیت، کوارتز و فلدسپات به آهن می‌باشند. پایدارترین هیدروکسید آهن‌دار گوتیت است [۱۰] که بر اثر پدیده انحلال و اکسیداسیون سطحی به صورت بافت لانه زنبوری (boxwork) در نهشته‌های آهن دهید ایجاد شده است. کانیهای سولفیدی (پیریت و کلکوپیریت) به مقدار بسیار ناچیز همراه با اکسیدهای آهن دیده می‌شوند که به شکل تأخیری نسبت به مگنتیت ایجاد شده‌اند و در ذخایر مگنتیتی، مراحل نهایی گرمایی را نشان می‌دهند [۱۱] و معمولاً در شرایط اکسیداسیون سطحی به اکسید و هیدروکسیدهای آهن دگرسان می‌شوند. بافت جانیشینی دروغین پیریت و خوردگی کالکوپیریت توسط

هماتیت و مگنتیت تأیید کننده این مطلب است (شکل ۳ج). علی‌رغم حضور بافتهای جانیشینی نظیر شکلهای دروغین کانیها، پهن شدگی رگه‌ها در محلهای واکنش‌پذیر، رشد تداخلی نامنظم و همچنین حضور جبهه جانیشینی پیشرونده [۲] بافتهای پرکننده فضای خالی مانند بافتهای نواری متقارن، لانه زنبوری، کلوفرمی، مهمترین گروه بافتهای مطالعه شده در مقاطع میکروسکوپی کانسنگ آهن می‌باشند. کانیهای باطله شامل دولومیت، کوارتز و به مقدار ناچیزی فلدسپار پتاسیم‌دار می‌شوند. کانیهای دولومیت و به میزان بسیار گسترده‌تر کانی کوارتز و اشکال دیگر سیلیس در سرتاسر توده‌های معدنی دیده می‌شوند در حالی که فلدسپارهای پتاسیم‌دار در فواصل کم و محدود به حاشیه رگه‌های معدنی دیده می‌شوند که به میزان کمی به سریسیت و کانیهای رسی دگرسان شده‌اند. سنگهای آذرین کمتر دگرسان شده در محدوده معدنی، بسیار کوچک و پراکنده بوده و مرز مشخص با سنگهای رسوبی دگرگونی میزبان ندارند. این سنگها در سطح زمین به شکل جزایر کوچک باقیمانده از بخشهای زیرین ظاهر شده‌اند که در سنگهای مجاور نفوذ کرده‌اند و سپس در اثر فرسایش ظاهر شده‌اند. توده‌های آذرین عموماً دانه متوسط تا پورفیری با درشت بلورهای فلدسپار آلکال و به مقدار کمتر پلاژیوکلاز خود شکل با ماکل پلیسننتیک در زمینه‌ای از کوارتز می‌باشند که در اثر دگرسانی بخش زیادی از فلدسپارها در امتداد شکستگیها به کانیهای سریسیت و رس تبدیل شده‌اند. در تبدیل بخشی از پلاژیوکلاز به کلینوزئیت رنگ آبی برلن به خوبی در پلاژیوکلاز قابل مشاهده است که به عقیده [۱۲] رنگ آبی برلن نشانگر جانیشینی آهن به جای کلسیم در شبکه پلاژیوکلاز و تبدیل آن به کلینوزئیت در مراحل میانی جانیشینی است. اغلب سنگهای آذرین به شدت دگرسان شده و در این حالت نمونه‌های دستی به دلیل حضور کانیهای فراوان سبز رنگ خانواده آمفیبول (هورنبلند)، به رنگ سبز دیده می‌شوند. حضور رگه‌هایی از سیلیس ثانویه که در اشکال رگه‌ای و رگ‌چه‌ای توده‌های معدنی و سنگهای میزبان را قطع نموده‌اند نشانگر مراحل پایانی فعالیت سیال گرمایی است. سیلیس در نمونه‌های کانسنگ به صورت کوارتز ریز بلور بی شکل تا نیمه خود شکل در فضاهای بین کانیهای فلزی نهشته شده است.



شکل ۳. الف) بقایای دولومیت سیلیسی شده زاویه‌دار در سیمانی از اکسیدهای آهن، ب. مگنتیت نسل اول به صورت بافت اسکلتی و دانه‌ریز در زمینه کانسنگ و مگنتیت نسل دوم دارای بافت انشاری و درشت بلور، پ) بافت مارتیتی در اثر دگرسانی مگنتیت به هماتیت، ت) جانیشینی هماتیت با هسته‌هایی از مگنتیت باقیمانده، ث. بافت کلوفرمی در کانی هماتیت و ج. جانیشینی دروغین پیریت به وسیله هماتیت.

ژئوشیمی

نتایج شیمیایی حاصل از تجزیه ۴۷ نمونه از کانسنگ آهن، سنگ میزبان و توده آذرین به روشهای ICP و شیمی تر در جداول (۳ و ۲، ۱) آورده شده‌اند. با توجه به تطابق بسیار خوب داده‌های تجزیه شیمیایی به این دو روش، به جز برای عناصر طلا، نقره و REE که از روش ICP استفاده شده است، در مورد بقیه عناصر از داده‌های هر دو روش آزمایشگاهی استفاده گردیده است. این داده‌ها نشانگر تغییرات وسیع مقدار آهن در نمونه‌های کانسنگ از ۳۴ تا ۷۵ درصد وزنی است. علی‌رغم بالا بودن میزان فسفر در سنگهای میزبان نهشته‌های آهن (۲۳۳-۳۰/۵ ppm)، مقدار فسفر کانسنگ بسیار پایین است (۹۱/۲-۲/۴ ppm) به طوری که با دور شدن از مرکز رگه معدنی به سمت سنگ میزبان افزایش منظمی در میزان این عنصر مشاهده می‌شود (جداول ۱ و ۳). همچنین مقادیر عناصر ماگما

دوست تیتانیوم ($<0.2\%$ درصد)، کروم ($<0.1\%$ درصد)، وانادیوم (۱۰ ppm)، کبالت (۲۰/۴ ppm) و نیکل (۱۰/۷ ppm) در کانسنگ بسیار پایین بوده و همبستگی مثبت فسفر با این عناصر نشانگر منشأ یکسان آنهاست. مقدار متوسط منگنز در کانسنگ مگنتیت دهید حدود ۴/۵ درصد وزنی است و با توجه به عدم مشاهده کانیهای مستقل منگنز در نمونه‌های کانسنگ (مطالعات میکروسکوپی و XRD)، نشانگر جانیشینی Fe^{2+} به وسیله Mn^{2+} در شبکه مگنتیت است که با همبستگی مثبت بین MnO و Fe_2O_3 در نمونه‌های مورد مطالعه مطابقت دارد (شکل ۴ الف). در بین اکسیدهای اصلی دیگر بیشترین مقدار مربوط به ترکیب MgO است که تا ۵/۳ درصد وزنی ثبت شده است. همبستگی منفی بین آهن و منیزیم نشان می‌دهد که آهن در شبکه دولومیت جانشین منیزیم شده است.

جدول ۱. نتایج شیمیایی کانسنگ آهن و سنگ میزبان منطقه دهبید با استفاده از روش ICP.

نمونه	Cr ₂ O ₃ %wt	P ₂ O ₅ %wt	K ₂ O %wt	Na ₂ O %wt	CaO %wt	MgO %wt	MnO %wt	TFeO %wt	Al ₂ O ₃ %wt	TiO ₂ %wt	SiO ₂ %wt
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۹	<۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۲	>۱۰	۵۲/۷	۰/۱۴	<۰/۰۱	۳/۶۱
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۱	<۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۶۶	۶۰/۹	۰/۰۸	<۰/۰۱	۲۵/۴
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	۰/۰۶	<۰/۰۱	<۰/۱	۰/۱۲	۰/۱	۰/۸۸	۶۶/۳	۰/۱۵	<۰/۰۱	۲۱/۲
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۱۱	<۰/۱	۰/۲۷	۰/۰۴	۲/۷۷	۷۲/۶	۰/۳۹	۰/۰۲	۸/۰۷
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۵	<۰/۱	۰/۴۲	۰/۳۷	۴/۰۶	۶۵/۳	۰/۴	۰/۰۲	۱۱/۶
کانسنگ مگنتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۲	<۰/۱	۰/۶	<۰/۰۱	۱/۴۶	۷۴/۱	۰/۱۸	۰/۰۱	۱۹/۴
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۵	<۰/۱	۱/۲۸	۴/۲۷	۴/۰۸	۵۰/۵	۰/۴۹	۰/۰۴	۶/۵۵
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۹	<۰/۱	۰/۷۶	۰/۶۶	۶/۶۲	۷۲/۷	۰/۱۶	۰/۰۱	۳/۸
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۲	<۰/۱	۱/۵۸	۱/۰۳	۵/۷۳	۵۸/۴	۰/۰۸	<۰/۰۱	۱۵/۲
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۳	<۰/۱	۰/۶۷	۰/۲۷	۷/۸۷	۶۶/۷	۰/۲۶	۰/۰۱	۱۰/۳
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۶	<۰/۱	۰/۷۲	۰/۷۳	۵/۴۵	۶۱/۸	۰/۲	۰/۰۱	۱۷/۶
کانسنگ هماتیتی	<۰/۰۱	۰/۴۱	۰/۰۵	<۰/۱	۳/۲۲	۱/۵۷	۴/۹۵	۶۶/۸	۰/۱۳	<۰/۰۱	۴/۰۶
سنگ میزبان	۰/۰۱	۰/۰۴	۶/۷۶	۰/۱	۰/۰۱	۱/۱۱	۰/۰۱	۲/۸۱	۱۸/۴	۰/۰۲	۶/۵
سنگ میزبان	<۰/۰۱	۰/۰۳	۷/۶۸	۰/۱	۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۰۱	۲/۲۴	۱۱	۰/۱۳	۷/۴۸
نمونه	Y (ppm)	V (ppm)	Ta (ppm)	Zr (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Sm (ppm)	Cs (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)
کانسنگ مگنتیتی	۱۷/۲	۶	۰/۵	۲/۳	۲/۶۵	۰/۷	۵/۳	۰/۳	۲/۷	۸۸۰	۹۷۲۰۰
کانسنگ مگنتیتی	۳/۶	<۵	۱/۲	۱/۷	۴/۱۵	۰/۳	۰/۸	<۰/۱	۱/۵	۹۰	۲۱۵۰۰
کانسنگ مگنتیتی	۲/۸	<۵	<۰/۵	۲	۲/۸۹	۰/۱	۱	<۰/۱	۱	۴۰	۳۵۷۰
کانسنگ مگنتیتی	۲/۸	۹	<۰/۵	۵/۴	۱/۶۶	۰/۵	۲/۳	<۰/۱	۴/۲	۲۴۰	۳۷۰۰۰
کانسنگ مگنتیتی	۴/۶	۱۵	<۰/۵	۴/۷	۸/۶۷	۰/۳	۱/۴	۰/۴	۶/۸	۴۴۰	۲۰۳۰۰
کانسنگ مگنتیتی	۲/۸	۸	۱/۲	۳/۵	۰/۴۲	۰/۱	۰/۶	<۰/۱	۱/۳	۳۰	۶۷۰
کانسنگ هماتیتی	۳/۷	۲۵	<۰/۵	۷/۱	۴/۳۵	۱	۰/۸	۰/۱	۴/۲	۴۱۰	۱۲۵۰
کانسنگ هماتیتی	۵/۷	۱۰	<۰/۵	۲/۱	۱/۳۶	۰/۵	۳/۳	۰/۱	۱/۹	۴۴۰	۷۱۴۰
کانسنگ هماتیتی	۵/۸	۱۱	<۰/۵	۲/۴	۰/۹۶	۰/۲	۱/۸	<۰/۱	۰/۷	۶۱۰	۱۶۵۰۰
کانسنگ هماتیتی	۵/۵	۱۱	<۰/۵	۴/۴	۲/۶۳	۰/۴	۱/۲	<۰/۱	۲/۷	۳۶۰	۱۴۳۰
کانسنگ هماتیتی	۸/۹	۱۶	<۰/۵	۶/۲	۳/۰۵	۰/۳	۱/۹	<۰/۱	۲/۲	۳۵۰	۳۱۰۰
کانسنگ هماتیتی	۴/۹	۱۰	<۰/۵	۳/۵	۲/۱۵	۰/۲	۱/۷	<۰/۱	۱/۶	۲۵۰	۳۱۱۰
سنگ میزبان	۱۷/۵	۱۲۵	۱/۱	۱۴۵	۲/۶۹	۱۳/۴	۵	۴/۷	۲۹۰	۵۰	۲۸۴۰
سنگ میزبان	۲۹	۶	۲	۱۷۰	۱/۹۴	۱/۱۵	۴/۴	۰/۶	۱۸۷	۲۰	۲۰۴۰
نمونه	Nd (ppm)	Pr (ppm)	Ce (ppm)	La (ppm)	Ag (ppm)	Mo (ppm)	Sn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
کانسنگ مگنتیتی	۱۶/۷	۲/۶۲	۲/۶۳	۱/۴/۶	<۱	۳	۱	۲۴	۴۲۵۰	۴۳	۱۱
کانسنگ مگنتیتی	۲/۳	۰/۴۳	۲/۶	۱/۹	<۱	۵	<۱	۱۸	۷۸	۵۲	۱۳
کانسنگ مگنتیتی	۲/۵	۰/۴۳	۲/۶	۱/۷	<۱	۳	۱	۲۲	۱۹	۳۰/۹	۷
کانسنگ مگنتیتی	۶/۵	۱/۳۷	۱۰/۱۶	۶/۱	<۱	<۲	۳	۱۳	۹۱۱	۱۷/۴	۴
کانسنگ مگنتیتی	۳/۳	۰/۶۲	۴/۱	۳/۲	<۱	<۲	<۱	۲۸	۲۲	۲۵/۵	۲۷
کانسنگ مگنتیتی	۱/۴	۰/۳۴	۲/۲	۱/۸	<۱	<۲	۲	۱۱	۵۲	۶۰/۳	۱۰
کانسنگ هماتیتی	۲/۶	۰/۶	۵/۵	۴/۱	<۱	۳	۱	۵۹	۱۳	۱/۲	۱۷
کانسنگ هماتیتی	۱۲/۸	۳/۰۱	۲۲/۸	۱۰/۱۶	۲	<۲	<۱	۲۸	۲۶۹	<۰/۵	<۵
کانسنگ هماتیتی	۵/۳	۱/۰۶	۷/۴	۳/۷	۵	<۲	<۱	۵۰	۳۲۲	۰/۷	۸
کانسنگ هماتیتی	۴/۳	۱/۱	۹/۳	۵/۹	۴	۴	<۱	۲۲	۱۷۸	۰/۸	<۵
کانسنگ هماتیتی	۵/۷	۱/۱۶	۸/۷	۵	۲	<۲	<۱	۲۷	۵۵۳	<۰/۵	۵
کانسنگ هماتیتی	۵/۳	۱/۲۱	۸/۸	۴/۷	۳	<۲	<۱	۲۸	۱۳	۰/۹	۱۷
سنگ میزبان	۳۵/۶	۱۲	۱۳۴	۱۰/۶	<۱	<۲	۵	<۵	۱۸	۱۰/۶	۱۵
سنگ میزبان	۲۲	۵/۸۳	۵۰	۲۵/۵	<۱	<۲	۳	۶	۷	۵۴/۲	۳
نمونه	Au (ppb)	Lu (ppm)	Yb (ppm)	Tm (ppm)	Er (ppm)	Hf (ppm)	Ho (ppm)	Dy (ppm)	Tb (ppm)	Gd (ppm)	Eu (ppm)
کانسنگ مگنتیتی	-	۰/۱	۰/۷	۰/۱۵	۱/۱۶	<۱	۰/۴۴	۲/۸۸	۰/۷	۵/۶۲	INF
کانسنگ مگنتیتی	-	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۳۲	<۱	۰/۱۱	۰/۶۴	۰/۱۴	۰/۹۹	INF
کانسنگ مگنتیتی	۴۸	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۳۸	<۱	۰/۱۳	۰/۷۹	۰/۱۸	۱/۱۶	۰/۳۲
کانسنگ مگنتیتی	۹	۰/۱۳	۰/۳	۰/۰۷	۰/۶۴	<۱	۰/۲۵	۱/۷۵	۰/۳۹	۲/۶۷	INF
کانسنگ مگنتیتی	۱۹	۰/۰۵	۰/۳	۰/۰۵	۰/۴۵	<۱	۰/۱۶	۱/۰۳	۰/۲۵	۱/۷۲	INF
کانسنگ مگنتیتی	۴۳	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۴۳	<۱	۰/۱۶	۰/۸۴	۰/۱۵	۰/۷۴	۰/۲۱
کانسنگ هماتیتی	۳۴	۰/۰۶	۰/۲	۰/۰۵	۰/۲۹	<۱	۱	۰/۵۹	۰/۱۳	۰/۹۳	۰/۲۱
کانسنگ هماتیتی	-	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۳۶	<۱	۰/۱۶	۱/۳	۰/۳۲	۲/۹۸	INF
کانسنگ هماتیتی	-	۰/۰۷	۰/۲	۰/۰۵	۰/۴۸	<۱	۰/۱۸	۱/۲۱	۰/۲۵	۱/۸۸	INF
کانسنگ هماتیتی	۲۳	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۴۵	<۱	۰/۱۷	۱/۱۵	۰/۲۲	۱/۴۶	۰/۵۵
کانسنگ هماتیتی	-	۰/۰۵	۰/۴	۰/۰۹	۰/۸۲	<۱	۰/۳۵	۲/۰۷	۰/۳۵	۲/۳۱	۰/۵۳
کانسنگ هماتیتی	۲۷	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۵	۰/۳۸	<۱	۰/۱۶	۱/۰۴	۰/۲۴	۱/۹۵	۰/۵۵
سنگ میزبان	-	۰/۳۳	۲/۱	۰/۳۲	۲/۲۶	۴	۰/۶۷	۳/۲۶	۰/۶۶	۲/۳۵	۱/۲۱
سنگ میزبان	-	۰/۴	۱/۸	۰/۴۴	۳/۴۳	۵	۱/۰۵	۴/۹۱	۰/۸	۴/۰۳	۰/۷۲

مقادیر بالای پتاسیم در سنگهای میزبان (۳-۳/۷ %wt) با حضور دگرسانی پتاسیمی نارس (مقادیر ناچیز فلدسپار و بیوتیت) در نمونه‌های سنگ میزبان مربوط به حاشیه رگه‌های مگنتیت نشان داده می‌شود (شکل ۴ ب). همچنین مقادیر عناصر قلیایی ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) از ۱/۳ تا ۷/۴ درصد وزنی تغییر می‌کند و همبستگی مثبت شدیدی بین این دو عنصر

($R=0.78$) مشاهده می‌شود. بالا بودن عناصر قلیایی در سنگ میزبان حاشیه ماده معدنی نشانگر ایجاد دگرسانی پتاسیمی به وسیله سیال همزمان با فرآیند کانه‌زایی است. انطباق خوب پتاسیم با آلومینیم به دلیل حضور مسکوویت و بیوتیت در زون دگرسانی پتاسیمی می‌باشد [۱۳-۱۴].

جدول ۲. نتایج شیمیایی توده‌های آذرین منطقه دهبید با استفاده از روش ICP.

نمونه	Cr ₂ O ₃ %wt	P ₂ O ₅ %wt	K ₂ O %wt	Na ₂ O %wt	CaO %wt	MgO %wt	MnO %wt	TFeO %wt	Al ₂ O ₃ %wt	TiO ₂ %wt	SiO ₂ %wt
توده نفوذی	<0.01	0.06	8/89	0.2	1/39	0.25	0.14	2/24	11/8	0.18	69/3
توده نفوذی	<0.01	0.05	9/84	0.2	2/43	0.26	0.12	2	13/6	0.23	69/8
توده نفوذی	0.01	0.09	7/1	0.5	0.23	0.33	0.01	1/2	11/7	0.08	60.2
توده نفوذی	<0.01	0.24	1/14	4/2	7/11	5/0.9	0.18	11/9	14/2	1/97	47/8
توده نفوذی	<0.01	0.3	1/47	3/5	6/53	5/0.6	0.3	14/5	13/8	2/23	48/3
توده نفوذی	<0.01	0.3	1/37	3/7	7/62	5/29	0.27	13/1	14/4	2/41	49/8
نمونه	U (ppm)	Y (ppm)	V (ppm)	Ta (ppm)	Zr (ppm)	Th (ppm)	Ga (ppm)	Cs (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)
توده نفوذی	3/34	15/5	21	<0.15	126	10.9	13	0.4	155	30	1480
توده نفوذی	3/53	27/7	22	0.16	158	11/8	15	0.4	167	30	1630
توده نفوذی	1/73	19/9	12	1/4	67/3	1/4	13	1/1	147	1240	87100
توده نفوذی	0.99	33/2	315	1/2	184	3/4	21	1/2	39/7	220	300
توده نفوذی	2/0.3	36	324	1	173	2/8	21	3/2	65/8	180	340
توده نفوذی	1/61	36/3	325	0.9	178	2/2	20	2/6	57/4	250	270
نمونه	Sm (ppm)	Nd (ppm)	Ce (ppm)	La (ppm)	Ag (ppm)	Mo (ppm)	Sn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
توده نفوذی	5/1	25/8	60	31/3	1	<2	3	6	<5	3/4	5
توده نفوذی	4/6	22/4	54/1	28/6	1	<2	3	8	<5	3	<5
توده نفوذی	7/4	28/1	54/2	24	<1	<2	1	17	278	97/7	6
توده نفوذی	5/7	23/9	42/4	21/8	<1	<2	2	75	58	73	42
توده نفوذی	5/6	22/1	38/6	18/1	1	<2	2	99	69	41/4	24
توده نفوذی	5/2	21/9	36/1	16/4	<1	<2	2	96	16	39/7	23
نمونه	Pr (ppm)	Yb (ppm)	Tm (ppm)	Er (ppm)	Hf (ppm)	Ho (ppm)	Dy (ppm)	Tb (ppm)	Gd (ppm)	Eu (ppm)	
توده نفوذی	6/74	2/2	0.37	2/7	3	0.86	4/22	0.71	4/59	0.7	
توده نفوذی	6/0.6	2/6	0.39	2/99	4	0.92	4/54	0.74	4	0.6	
توده نفوذی	6/72	1/3	0.25	2/0.4	2	0.69	4/14	0.96	6/24	INF	
توده نفوذی	5/5	3/3	0.54	4/0.9	5	1/29	6/48	0.12	6/1	1/72	
توده نفوذی	5/0.8	3/2	0.52	4/12	4	1/31	6/49	1/0.4	6/23	1/96	
توده نفوذی	4/76	3/2	0.53	4/0.6	4	1/28	6/45	1/0.3	6/2	1/94	

جدول ۳. نتایج شیمیایی نمونه‌های کانسنگ آهن و سنگ میزبان منطقه دهبید با استفاده از روش شیمی‌تر.

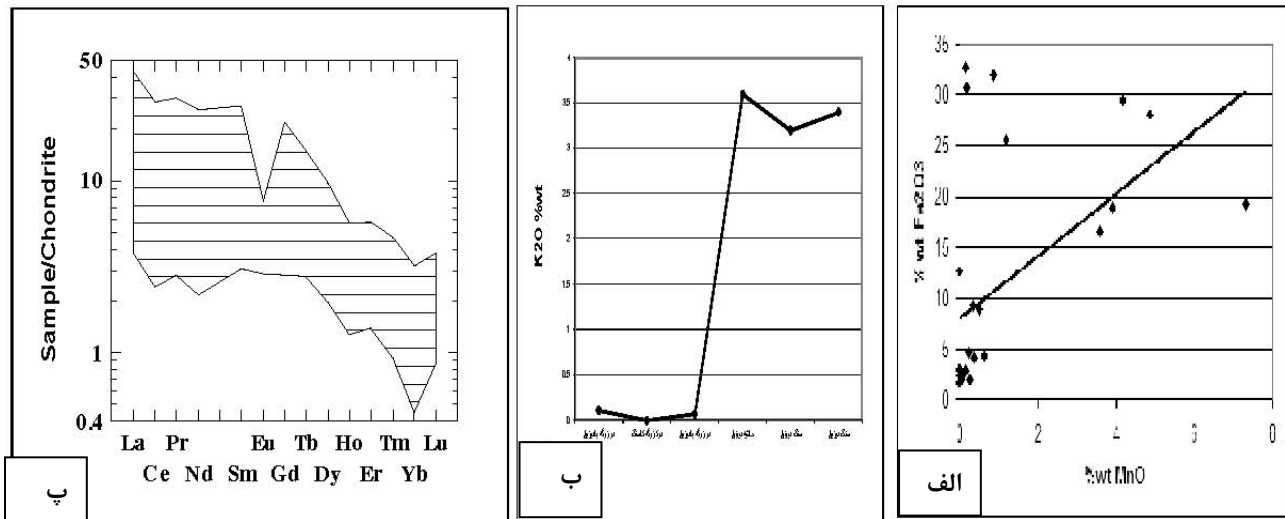
نمونه	MgO %wt	Na ₂ O %wt	CaO %wt	MnO %wt	K ₂ O %wt	P ₂ O ₅ (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Pb (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	TFeO
مگنتیت	۲/۲	۱	-۰/۰۰۲	-۰/۳۳	-۰/۰۲	۲۹	۱۰	۱۸۲	۳۱/۸	۹/۹	۱۱/۵	۱۶/۵	۶۰/۵
مگنتیت	۱/۷	۱/۲	-۰/۰۲۷	-۰/۱۷	-۰/۰۴	۸۹/۷	۵/۶	۲۶/۷	۳۵/۳	۱۳/۷	۵۱/۸	۵۹/۱	۴۹/۶۵
مگنتیت	-۰/۹	۱/۰۳	-۰/۰۰۷	-۰/۱۵	-۰/۰۳	۱۵/۷	۷/۱	۳۲/۵	۲۳/۴	۴۳/۹	۱۹	۴۵/۵	۴۷/۰۲
مگنتیت	۱/۹	۱/۰۱	-۰/۰۰۴	-۰/۱۶	-۰/۰۱	۶۱/۴	۴/۵	۲۸۹	۸۰۲	۸/۶	۱۰/۹	۵۶/۴	۳۸/۰۹
مگنتیت	۱/۵	-۰/۹۷	-۰/۱۴	-۰/۱۵	-۰/۰۵	۴/۹	۲۰/۶	۴۴/۵	۳۵/۳	۵/۸	۴۳/۸	۱۳۲	۶۱
مگنتیت	۳/۴	-۰/۹۸	-۰/۱۷	۳/۵	-۰/۱۱	۶۲/۸	۱۱/۲	۳۸/۵	۴۱/۴	۳۳/۹	۸۶/۱	۱۷/۵	۵۲/۳۴
مگنتیت	۱/۷	۱/۲	-۰/۰۴	۷/۳	-۰/۰۳	۱۱/۵	۶/۷	۵۷/۵	۳۵/۵	۱۱/۳	۱۱۸	۱۴/۶	۷/۴
مگنتیت	۱/۶	۱/۰۹	-۰/۰۰۹	۴/۸	-۰/۱۲	۶۳/۷	۲/۵	۶۰۱	۶/۶	۱۹/۵	۵۲/۱	۱۲۸	۶۴/۷
مگنتیت	۲/۰۸	۱/۱	-۰/۰۲	۴/۱۷	-۰/۰۶	۲/۶	۴۱/۴	۳۲/۸	۱۶/۷	۳۱	۸۷/۶	۱۲/۴	۵۹/۰۹
مگنتیت	۱/۹	۱/۱	-۰/۰۰۹	۳/۹	-۰/۰۹	۶۴/۶	۳۷/۳	۴۸/۶	۱۵/۳	۳۳/۹	۵۴/۳	۱۳/۵	۶۱/۸۹
مگنتیت	-۰/۷	-۰/۰۹	-۰/۰۰۴	-۰/۳۵	-۰/۰۴	۲/۴	۱۶/۷	۲۵	۲۵/۲	۲۴/۶	۱۸/۴	۹/۱	۶۸/۳
مگنتیت	۱/۶	۱/۰۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۵	۶۲/۵	۲۳/۲	۲۶/۹	۴	۳۲/۲	۲۰/۳	۱۷/۷	۷۳/۰۲
مگنتیت	۱/۷	-۰/۹۷	-۰/۰۳	-۰/۸۷	-۰/۰۴	۹۱/۲	۲۵/۱	۳۰/۷	۲۹/۷	۲۳/۷	۲۵/۶	۴۳/۳	۷۱/۶
مگنتیت	۱/۸	۱/۱	-۰/۰۰۴	۱/۱	-۰/۰۴	۷۷/۸	۱۴/۸	۴۷/۸	۸۰۵	۳/۵	۱۰۶	۱۲/۳	۶۱/۸۴
میزبان	-۰/۸	-۰/۴۴	-۰/۰۰۷	-۰/۴۰	۳/۷	۱۲۱/۷	۱۳/۷	۳۰/۱	۸۷/۴	۲/۱	۲۵/۶	۵/۹	-
میزبان	۱/۲	-۰/۳۶	-۰/۰۱	-۰/۰۰۱	۳/۰۴	۲۳۳	۳۸/۶	۳۱	۲۱/۷	۳۱/۳	۲۵/۷	۲۲/۲	-
میزبان	۱/۵	-۰/۵۶	-۰/۰۴	-۰/۲۶	۳/۴	۱۱۹/۷	۳۵/۳	۱۰۲	۱۴/۹	۸/۹	۳۳/۵	۲۸/۳	-
میزبان	۱/۵	-۰/۶۱	-۰/۰۳	-۰/۰۰۹	۳/۵	۱۲۲	۱۸/۵	۴۹/۶	۷۸	۱۹/۳	۳۵/۸	۳/۶	-
میزبان	-۰/۹۵	-۰/۷۹	-۰/۲۹	-۰/۰۰۲	۳/۶	۱۷۷/۷	۱۱/۸	۲۹/۴	۱۹۴	۷/۳	۴۸	۱/۴	-
میزبان	۲	۳/۷	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱	۳/۶	۱۲۳/۸	۸/۷	۴۰/۲	۲۰۵	۲۵/۱	۳۱/۵	۳/۵	-
میزبان	۲/۳	۳/۸	-۰/۰۴	-۰/۰۰۶	۳/۴	۳۰/۵	۹/۷	۳۱/۹	۵۵/۱	۵/۹	۳۲	۴/۴	-
میزبان	۲/۸	۳/۹	-۰/۰۴	-۰/۰۰۴	۳/۵	۱۲۲/۹	۷/۴	۵۶/۸	۱۷۸	۹/۷	۳۸/۳	۴/۴	-
میزبان	۳/۹	۳/۹	-۰/۰۳	-۰/۰۰۹	۳/۴	۵۱/۷	۱۱/۷	۱۷۴	۳۰/۲	۹/۱	۹/۴	۱۰/۹	-
میزبان	۱/۲	۳	-۰/۰۹	-۰/۰۰۲	۳/۷	۱۲۴/۵	۲/۸	۲۱/۶	۲۴۱	۱۱/۱	۵۲/۵	۳/۴	-
میزبان	۳/۴	۳/۷	-۰/۰۲	-۰/۰۰۱	۳/۳	۱۶۱/۶	۲۲/۹	۱۰۳	۳۱	۷/۱	۹/۵	۴/۷	-
میزبان	۵/۳	۴	-۰/۰۴	-۰/۰۱۳	۳/۴	۱۸۴/۴	۷/۴	۵۶/۵	۸۰/۷	۷/۶	۴۷/۴	۴/۴	-
میزبان	۴/۲	۳/۹	-۰/۰۲	-۰/۱۶	۳/۳	۱۹۴/۱	۷/۷	۲۹	۷۹/۹	۱۱/۴	۱۰۸	۲۰/۶	-

کلسیم در پلاژیوکلاز می‌شود [۱۶]. مقدار بالای استرانسیم در سنگهای میزبان نشان‌دهنده جانشینی این عنصر به جای کلسیم و منیزیم در شبکه دولومیت است و با همبستگی شدید بین Sr و CaO مشخص می‌شود ($R=۰/۶۳$). میزان عناصر مولیبدن (۵-۱ ppm)، اورانیم (۰/۴-۸/۷ ppm)، روی (۹-۹۱۱ ppm)، طلا (۶۰۱-۱۱)، سرب (۳/۵-۴۴ ppm)، مس (۹-۹۱۱ ppm)، طلا (۹-۴۸ ppb) و نقره (< ۱ ppm) نیز بسیار پایین است (جدول ۱ و ۳). همچنین مقادیر REE نیز در نهشته‌های آهن دهبید بسیار پایین است (شکل ۴پ). نمودارهای عنکبوتی عناصر نادر خاکی موجود در زون‌های کنی‌سازی پس از بهنجار شدن با

رویدیم و باریم عناصری نامتحرک در کانیهای پتاسیم‌دار محسوب می‌شوند و فراوانی آنها به وسیله پتاسیم کنترل می‌گردد [۱۵]. بنابراین غنی‌شدگی این عناصر در اطراف رگه‌های معدنی، نشانگر فراوانی کنی‌فلدسپار در سنگ میزبان حاشیه توده‌های معدنی است. حضور مقادیر بالایی از عنصر باریم در نمونه‌های کانسنگی مورد مطالعه (تا ۹۷۲۰۰ ppm) نشانگر فعالیت سیال غنی از باریم در ضمن و یا بعد از کانه‌زایی است که در فاصله ۳۰۰ متری از نهشته‌های آهن مگنتیتی به صورت تشکیل توده‌های کوچک باریتی نشان داده می‌شود. عنصر استرانسیم به راحتی جایگزین پتاسیم در فلدسپات و

اطراف رگه‌های معدنی میزان عنصر Eu کاهش می‌یابد که می‌تواند نشانگر تغییر ترکیب کانی‌شناسی از پلاژیوکلاز به سمت کانیهای دگرسان شده‌ای همچون سریسیت باشد [۱۶].

کندریت [۱۷]، نشانگر یک شیب منفی با غنی‌شدگی از عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) با نابهنجاری منفی Ce است. در نمونه‌های



شکل ۴. الف. همبستگی مثبت بین آهن و منگنز در نهشته‌های مگنتیتی، ب. تغییرات K_2O در رگه کانسنگ و سنگ میزبان (فاصله نمونه‌برداری ۵ متر می باشد) و پ. نمودارهای عنکبوتی عناصر نادر خاکی نمونه‌های کانسنگ پس از بهنجار شدن با کندریت [۱۷].

بحث

ساختها و بافتهای گسترده شکافه پر کن [۲] در مقیاسهای مختلف در کانسارهای آهن نظیر لایه بندی نواری متقارن در امتداد مرز لایه‌بندی سنگهای میزبان، بافت لانه‌زنبوری به خصوص در بخشهای میانی رگه‌ها و کلوفرمی نشان می‌دهند که نهشته شدن ماده معدنی ناشی از تغییرات فیزیکی در سیال کانه‌زاست. تمرکز ماده معدنی در امتداد گسلهای سنگهای میزبان دولومیت سیلیسی شده بیانگر این موضوع بوده که فرآیندهای دولومیتی شدن و سیلیسی شدن به عنوان فرآیندهای آماده‌سازی زمینه کانه‌زایی آهن عمل کرده‌اند. وجود کانیهای اکسیدی و هیدروکسیدی فراوان در سطوح فوقانی کانسار با بافتهای حبابی، جعبه‌ای، شکل دروغین و کلوفرمی نشانگر عملکرد وسیع آبهای جوی و اکسیداسیون کانی مگنتیت به خصوص در امتداد شکستگیهای کانسنگ می‌باشد. در این بخش لازم به ذکر می‌باشد که بخشی از کانیهای هماتیت می‌تواند در دمای پایین در مراحل پایانی از سیال گرمابی در حین سرد شدن سریع سیال و ناپایداری کمپلکس‌های حمل کننده آهن نیز متبلور گردند. عامل اصلی سرد شدن سیال کانه‌زا، اختلاط با آبهای جوی در قسمت‌های کم عمق است. این هماتیت‌ها اغلب به شکل الیژیست صفحه‌ای مشخص می‌شوند

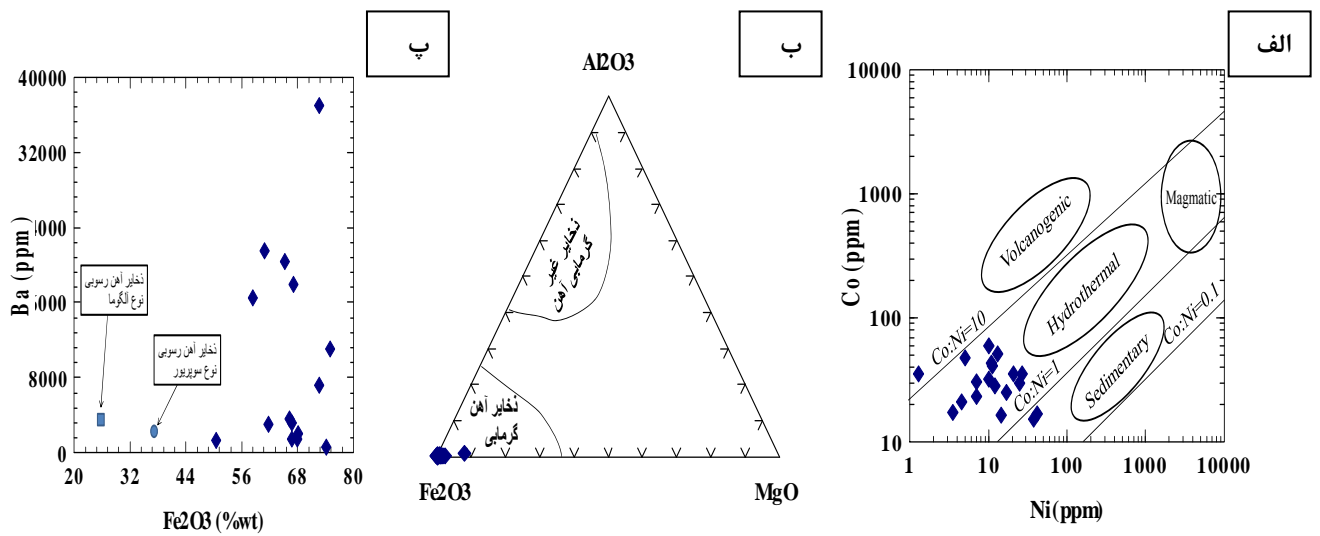
از لحاظ تکتونیکی منطقه دهبید از صفحه‌های رورانده‌ای در امتداد گسلهای تراستی با روند شمال‌غرب-جنوب شرق تشکیل شده است. کانه‌زایی آهن به صورت رگه‌ای و عدسیهای تخت درون سنگهای رسوبی دگرگون شده با سن پرمین و عمدتاً در دولومیت‌های شدیداً سیلیسی شده با سن تریاس در امتداد گسلها و زون‌های برشی صورت گرفته است که نشانگر اهمیت ساختارهای تکتونیکی در فرآیند کانه‌زایی است. گسلهای منطقه مربوط به اواخر دوران دوم زمین‌شناسی است و بنابراین تشکیل نهشته‌های آهن در منطقه می‌باید پس از این دوران اتفاق افتاده باشد. ترکیبات معدنی همراه با ایجاد هاله‌های ضعیف دگرسانی پتاسیمی در امتداد گسلهایی که به عنوان گذرگاه‌ها و کانالهایی برای عبور سیال کانه‌زا عمل کرده‌اند نهشته شده‌اند. مطالعات میکروسکوپی و تجزیه نمونه‌های معدنی به روش XRD نشان می‌دهند که کانسارهای آهن دهبید دارای کانی‌شناسی ساده‌ای بوده و به طور عمده از مگنتیت در عمق به همراه مقادیر کمی از هماتیت در سطوح نزدیک به سطح زمین تشکیل شده‌اند. وجود دو نسل از مگنتیت نشانگر تأثیر فرآیند دگرگونی بر روی نهشته‌های معدنی است. حضور

دهبید این نسبت برابر ۱۵ است. همچنین داده‌های موجود منتشر شده، بیانگر افزایش نسبت Co/Ni در جریان تفریق ماگمایی و در نتیجه موجب بالا رفتن این نسبت در سیالات گرمایی می‌شود [۲۴] به طوریکه بالا بودن نسبت Co/Ni در سیالات گرمایی (۷-۰/۲)، ویژگی خاص مگنتیت‌های گرمایی است [۲۵]. جایگاه نمونه‌های کانسنگ منطقه مورد مطالعه (متوسط Co/Ni ۳/۹) در نمودار Ni-Co در شکل (۵ الف) در محدوده ذخایر آهن گرمایی قرار می‌گیرد. همچنین داده‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که منگنز و باریم از عناصری هستند که در نهشته‌های گرمایی آهن به عیارهای بالایی می‌رسند و معمولاً از نمودارهای باریم آهن و آهن-آلومینیم-منگنز در تفکیک ذخایر گرمایی از ذخایر غیر گرمایی آهن استفاده شده است [۲۶]. موقعیت نمونه‌های منطقه دهبید کاملاً با منشأ گرمایی نهشته‌های این منطقه تطبیق دارد (شکل ۵ ب و پ).

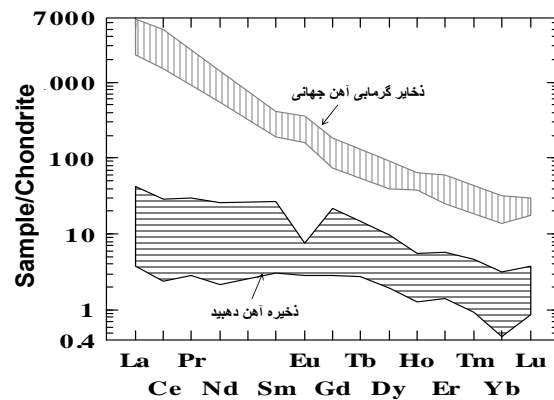
الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی REE در نمونه‌های کانسنگ ذخیره آهن دهبید دارای شباهت زیادی با ذخایر آهن گرمایی جهانی است (شکل ۶). بی‌هنجاری مثبت Eu، عناصر LREE نسبت به عناصر HREE و مقایسه الگوی کلی عناصر نادر خاکی در ذخیره آهن دهبید با ذخایر آهن گرمایی و ماگمایی نشان‌دهنده ویژگی گرمایی ذخیره آهن مورد مطالعه است. همچنین بی‌هنجاری منفی Ce در ذخایر گرمایی مورد مطالعه ذخیره آهن دهبید را از نهشته‌های با منشأ رسوبی با بی‌هنجاری مثبت Ce متمایز می‌سازد. توده‌های آذرین کوچک در فواصل چند صد متری از ذخیره آهن دهبید که به صورت جزایر کوچکی پس از فرسایش در درون دولومیت‌های سیلیسی شده میزبان کانسنگ آهن رخنمون یافته‌اند می‌توانند در خصوص منشأ مواد فلزی، گرما و بخشی از سیال کانه‌زا مورد توجه قرار گیرند. داده‌های شیمیایی بر روی نمونه‌های دگرسان نشده به روش تجزیه ICP جدول (۲) نشان می‌دهند، که توده‌های آذرین در این منطقه ریولیت و بازالت و از نوع آکالی تا ساب آکالی و VAG می‌باشند (شکل ۷) [۲۷-۲۸].

[۱۸]. حضور قطعات زاویه‌دار برشی شده دولومیت و سیلیس سنگ میزبان همراه با تغییرات وسیع عیار آهن حتی در فواصل کوتاه در نهشته‌های معدنی، تشکیل کانسار آهن را از طریق فرآیند پر کردن فضاهای خالی تأیید می‌کنند. عدم تشخیص کانیهای متداول منگنز مانند پیرولولوزیت در مطالعات میکروسکوپی و XRD در کنار ثبت مقادیر بالای این عنصر در داده‌های شیمیایی مربوط به کانسنگ آهن نشانگر جانیشینی Fe^{+2} به وسیله Mn^{+2} در شبکه مگنتیت است. همچنین حضور کانیهای نظیر کبالتیت، سافلوریت، دانیت، نیکولیت، کلوانتیت و مولیبدینت در این نهشته‌ها به اثبات نرسیده است که نشان می‌دهد عناصر کبالت، نیکل و مولیبدن نیز به علت شباهت یونی با آهن وارد شبکه مگنتیت شده‌اند. در داده‌های کانی‌شناسی هر نوع ترکیب بلورین که شاخص محیط‌های اسکارنی باشد، در نمونه‌های مورد مطالعه یافت نشده است.

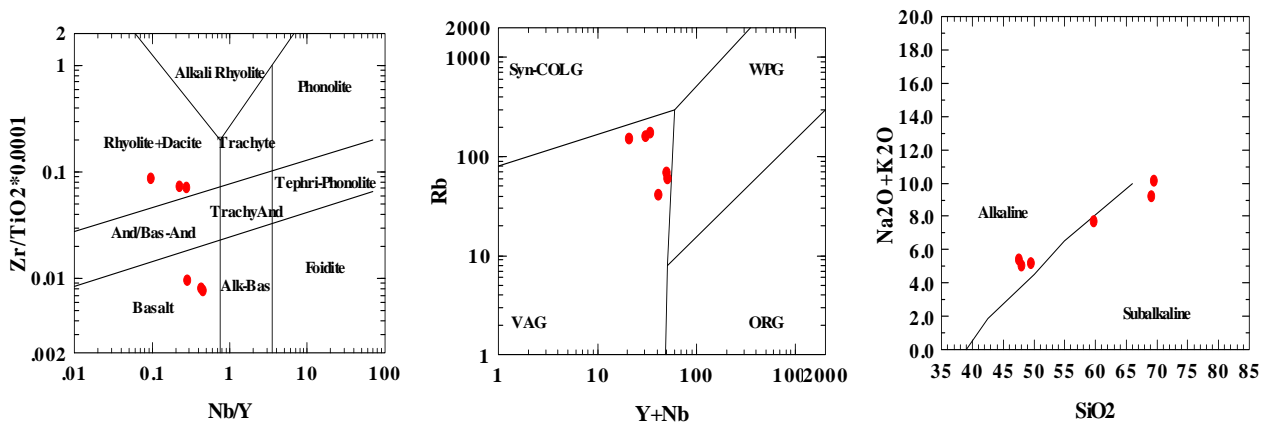
مقدار بسیار پایین عناصر فسفر، تیتانیوم و وانادیوم و بالا بودن میزان عنصر کروم و نسبت‌های Cr/V و Co/Ni در کانسنگ آهن دهبید، در مقایسه با میزان این عناصر و نسبتها در انواع نهشته‌های آذرین آهن هرگونه منشأ ماگمایی این کانسار را رد می‌کند. برای مثال در مطالعات ژئوشیمیایی میزان Cr در کانسارهای آذرین بین ۳-۲۰ ppm (زیر ۲۰ ppm در کانسارهایی نظیر Choghart ~۱۶/۵ ppm, El ۳ ppm, Kiruna ~۶/۵ Laco ~۲۰۰ ppm) در ذخایر آهن رسوبی تیپ راپیتان حدود ۲۵ ppm و ذخایر آهن گرمایی تا ۲۰۰ ppm (Candelaria, ppm~۶۶/۷ Iron Belt Chile, ppm~۱۳۶/۵ Sossego, ppm~۲۰۰ Igarape Bahia, ppm~۱۳۸ Sequeirinho~۲۰۰) ثبت شده‌اند [۱۹ تا ۲۳]. میزان کروم اندازه‌گیری شده در ذخایر آهن منطقه مورد مطالعه تا ۱۰۰ بیانگر شباهت آنها با ذخایر آهن گرمایی است. همچنین مقدار عنصر وانادیوم در ذخایر آهن ماگمایی در مقایسه با انواع گرمایی بسیار بالاست (El ۱۱۹۴ ppm, Kiruna~۱۱۹۴ ppm, Laco~۱۱۹۳ ppm). میزان متوسط این فلز در ذخیره آهن دهبید ۷/۸ ppm اندازه‌گیری شده است. نسبت Cr/V در اغلب ذخایر آهن ماگمایی و رسوبی کمتر از ۰/۱ و در ذخایر آهن گرمایی این نسبت بالاتر از ۱ می‌باشد (نظیر کانسار گرمایی Igarape Bahia در برزیل با حدود ۱/۳). در ذخیره



شکل ۵. الف. میزان کبالت و نیکل در نمونه‌های کانسنگی محدوده ذخایر آهن گرمایی [۲۵]، ب و پ. موقعیت نمونه‌های منطقه دهبید در نمودارهای مثلی Al₂O₃-Fe₂O₃-MgO و دوتایی [۲۶Ba-Fe₂O₃].



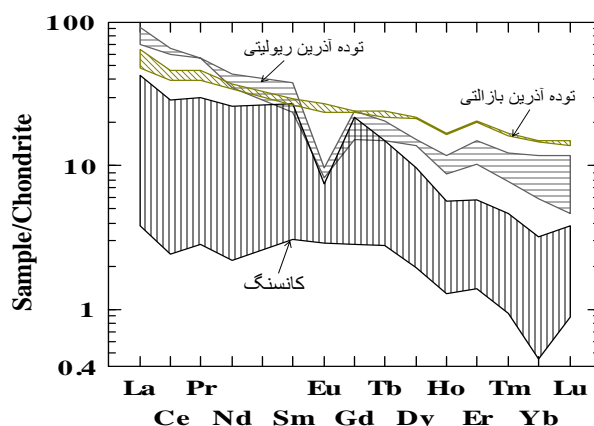
شکل ۶. الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی در نمونه‌های کانسنگ مگنتیت دهبید و مقایسه آن با ذخایر آهن گرمایی جهانی [۲۳].



شکل ۷. موقعیت ترکیب شیمیایی سنگهای آذرین پراکنده در منطقه دهبید در نمودارهای ژئوشیمیایی و جایگاه تکنونیک [۲۷-۲۸].

آنها در کندریت‌ها [۱۷] و شباهت این نمودارها با نمودارهای حاصل از داده‌های نمونه‌های کانسنگ، نشانگر اهمیت نقش توده‌های آذرین در فرآیند کانه‌زایی از طریق ایجاد سیال گرمایی کانه‌زاست (شکل ۸).

به دلیل شباهت نمودار عناصر نادر خاکی این دو توده می‌توان توده ریولیتی را تفریق شده از توده بازالتی دانست (شکل ۸). همچنین نمودارهای سری هارکر نشانگر همزاد بودن بازالت‌ها با ریولیت‌هاست. مقایسه نمودارهای بهنجار شده عنکبوتی شکل عناصر ناچیز و عناصر نادر خاکی در توده‌های ماگمایی به میزان



شکل ۸. مقایسه نمودارهای بهنجار شده عنکبوتی شکل عناصر نادر خاکی مربوط به توده‌های آذرین با نمودارهای حاصل از داده‌های نمونه‌های کانسنگ.

عبور سیال کانه‌زا عمل کرده‌اند نهشته شده‌اند. کانی‌شناسی ساده ذخیره آهن دهیید نشانگر شرایط فیزیکوشیمیایی نسبتاً پایدار محیط تشکیل کانسار است. حضور ساخت و بافت شکافه پرکن در مقیاسهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی در سرتاسر کانسار دهیید نشانگر اهمیت تغییرات فیزیکی (کاهش دما و فشار) سیال گرمایی در کانه‌زایی است. شباهت ژئوشیمیایی بین توده‌های آذرین و کانسنگ آهن موجب شده است که توده‌های آذرین به عنوان منشأ آهن، بخشی از سیال کانه‌زا و همچنین موتور حرارتی سیستم گرمایی در نظر گرفته شوند.

قدردانی

نویسندگان لازم می‌دانند از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز برای تأمین هزینه پژوهش و از مدیریت محترم شرکت معدنی مادکانسار و به خصوص آقای مهندس رازفر مدیر عامل شرکت که امکان انجام مطالعات صحرائی را فراهم آوردند تشکر و قدردانی نمایند.

بافتهای غالب در توده‌های معدنی از نوع شکافه پرکن بوده و نشانگر کانه‌زایی در اثر تغییرات فیزیکی در سیال کانه‌دار است. کاهش ناگهانی دما و احتمالاً فشار در اثر رسیدن سیال گرمایی به مناطق کم عمق و برشی شده و اختلاط آن با آبهای جوی اکسیدان که با کاهش خاصیت اسیدیته سیال و قابلیت انحلال کمپلکس‌های آهن همراه می‌باشند، از عوامل اصلی در نهشته شدن ترکیبات آهن محسوب می‌شوند [۲۱].

برداشت

داده‌های صحرائی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی بر روی کانسارهای آهن مگنتیت رگه‌ای-عدسی شکل دهیید در شمال شرق استان فارس در درون سنگهای برشی و خرد شده رسوبی-دگرگونی پرمین تا تریاس نشان می‌دهند که نهشته‌های اکسیدی آهن در اثر عملکرد یک سیال گرمایی که در امتداد گسلها و زون‌های برشی در حرکت بوده است ایجاد شده‌اند.

ترکیبات معدنی همراه با ایجاد هاله‌های ضعیف دگرسانی پتاسیمی در امتداد گسلهایی که به عنوان گذرگاههایی برای

منابع

- the Bathurst Mining Camp*", *Geochemistry of Sediment and Sedimentary Rocks* (2002) 139-170.
- [15] Edfelt A., Armstrong R. N., Olof Martinsson M. S., "Alteration paragenesis and mineral chemistry of the Tjarrojakka apatite-iron and Cu (-Au) occurrences, Kituna area, northern Sweden", *Mineralium Deposita* 40 (2005) 409-434.
- [16] Rollinson H. R., "Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation", Longman Publisher (1993).
- [17] Wakita H., Ray P., Scmitt R. A., "Abundance of 14 rare earth elements and 12 other trace elements in Opollo 12 samples: igneous & breccia rock" *Proc 2nd Lunar Sciences Conf* (1971) 139-1329.
- [18] Einaudi M.T., Meinert L.D., Newberry R.J., "Skarn deposits" *Economic Geology*, 75 Th Anniversary Issue (1981) 317-391.
- [19] Nystrom J.O., Henriquez F., "Magmatic features of iron ore of the Kiruna type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry" *Economic Geology* 89 (1994) 820 - 839.
- [20] Barker D. S., "Crystalization and JoAlteration of Quartz Monzonite Iron Springs Mining District, Uta: Relation to Association Iron Deposits" *Economic Geology* 90 (1995) 2197-2217.
- [21] Monteiro L. V. S., Xavier R. P., Hitzman M. W., Juliani C., Filho C. R. S., Carvalho E. R., "Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the Sossego iron oxide-copper-gold deposit, Carajas Mineral Province, Brazil", *Ore Geology Reviews* 34 (2008) 317-336.
- [22] Marschik R., Fontbote L., "The Candelaria-Punta Del Cobre iron oxide Cu-Au (-Zn-Ag) deposits, Chile", *Economic Geology* 96 (2001) 1799 - 1826.
- [23] Tallarico F. H. B., Figueiredo B. R., Groves D. I., Kositcin N., McNaughton N. J., Fletcher I.R., Rego J. L., "Geology and SHRIMP U-Pb geochronology of the Igarapé Bahia deposit, Carajas copper-gold belt, Brazil: An Archean (2.57 Ga) example of iron-oxide Cu-Au-(U-REE) mineralization", *Economic Geology* 100 (2005) 7-28.
- [24] White W. M., "Geochemistry", *Errata press* (2005) 701p.
- [25] Bajwah Z. U., Secombe P. K., Offler R., "Trace element distribution, Co: Ni ratios and
- [1] Stanton R. L., "Ore Petrology", McGraw-Hill international series in the earth and planetary sciences, New York xv (1972) 713 p.
- [2] Guilbert J. M., Park C. F., "The Geology of Ore Deposits", W.H. Freeman & Co (1997) 984 p.
- [3] Barton M. D., Johnson D. A., "Alternative brine sources for Fe oxide (-Cu-Au) systems: Implications for hydrothermal alteration and metals, in porter, T.M., ed., hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits, A global perspective" Adelaide, Australian Mineral Foundation 2 (2000) 43-60.
- [4] Alavi M., "Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran", *American Journal of science* 307 (2007) 1064-1095.
- [5] Sarkarinejad K. H., Azizi A., "Slip partitioning and inclined dextral transpression along the Zagros Thrust System, Iran", *Journal of Structural Geology* 30 (2008) 116-136.
- [6] Sarkarinejad K.H., Heyhat M., Faghieh A., Kusky T., "Heterogeneous ductile deformation and quartz c-axis fabric development within the HP-LT Sanandaj-Sirjan Metamorphic Belt, Iran", *Tectonophysics* 485 (2010) 283-289.
- [7] Taraz H., "Geology of the Surmaq-Dehbid area Abadeh regieon, central Iran" *Geol. Sur. Iran* (1974) Report No 37.
- [8] Ramdohr P., "The ore minerals and their intergrowth", (1980) Elsevier.
- [9] Craig J. R., Vaughan D. I., "Ore microscopy and ore petrography", John Wiley and Sons, Inc (1981) 406p.
- [۱۰] ترابیان س.، "کانه‌زایی و ژنز آنومالی معدن سه گل‌گهر سیرجان با تکیه بر توزیع عناصر جزئی"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تربیت معلم، ۱۳۸۶.
- [11] Marschik R., Spikings R., Kuscu I., "Geochronology and stable isotope signature of alteration related to hydrothermal magnetite ores in Central Anatolia, Turkey", *Miner Deposita* 43 (2008) 111-124.
- [12] Ness W.D., "Introduction to mineralogy", Oxford university press Inc (2000).
- [13] Hoffman D., "Geochemistry and Genesis of manganiferous silicate rich iron formation bands in the Broken Hill deposits, Aggeney, South Africa", *Exploration and Mining Geology* 3 (1994) 407-417.
- [14] Peter J.M., "Ancient iron formation: their genesis and use in the exploration for stratiform base metal sulphide deposits, with examples from

volcanic rocks", Canadian Journal of earth Sciences 8 (1971) 523-548.

[28] Pearce J. A., Harris N. B. W., Tiindle A. G., "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks", Journal of petrology 25 (1984) 956-983.

Genesis of the Big Cadiairon-copper deposit, New South Wales, Australia", Mineralium Deposita 22 (1987) 292-300.

[26] Russel M. J., Solomon M., Walse J. L., "The genesis of sediment-hosted exhalative Zinc+Lead deposit", Mineralium Deposita 16 (1981) 113-127.

[27] Irvine T. N., Baragar W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common