



مطالعه کانه‌زایی منگنز همراه با مجموعه آمیزه رنگین افیولیت نیریز در منطقه آبادیه طشک استان فارس با استفاده از داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی

محمدعلی رجب‌زاده^{1*}، نازنین زمان‌ثانی²

(1) عضو هیأت علمی بخش علوم زمین دانشگاه شیراز

(2) دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه شیراز

دریافت مقاله: 1391/8/28، پذیرش: 1391/11/25

چکیده

نهشته‌های معدنی منگنز به‌طور پیوسته در انواع سیماهای سین‌ژنتیک، دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک همراه با چرت‌های رادیولاریتی مجموعه آمیزه رنگین افیولیت نیریز در منطقه آبادیه طشک در شرق استان فارس تشکیل شده‌اند. داده‌های میکروسکوپی و XRD بر روی کانسنگ‌های منگنز، نشانگر کانی‌شناسی ساده ترکیبات منگنز است. پسیلوملان و براونیت به‌عنوان ترکیبات اولیه منگنز در سیمای سین‌ژنتیک به‌صورت نواری با سیلیس بی‌شکل و کوارتز در محیط رسوبی تشکیل شده‌اند. کانیهای براونیت و بیکسبیت به‌صورت نهشته‌های عدسی‌شکل، نشانگر سیمای دیاژنتیک می‌باشند که در محل چین‌های فرآیند دیاژنز ایجاد شده‌اند. کانیهای پیرولوزیت، اوروریت و رانشیت نیز به‌عنوان کانیهای اصلی حاصل از تحرک و رسوب‌گذاری مجدد منگنز با بافت شکافه‌پراکن طی فرآیندهای سوپرژن در چرت‌های رادیولاریتی میزبان در افق‌های فوقانی به‌صورت اپی‌ژنتیک تشکیل شده‌اند. کانسنگ‌های منگنز شامل مقادیر پایین TiO_2 (0/078-0/012 درصد)، Fe/Mn (0/06-0/02) و Al_2O_3 (0/92-0/019 درصد) و نسبت‌های بالای Si/Al (15/53-42/46) هستند. همچنین پایین‌بودن مقدار عناصر جزئی Co (ppm 131-31)، Cu (ppm 277-49) و Ni (ppm 193-86) به‌همراه ناهنجاریهای منفی Ce و مثبت Eu ، مجموع اندک REE و غنی‌شدگی $LREE$ در مقایسه با $HREE$ نشانگر تشکیل ترکیبات اولیه منگنز همراه با چرت‌های میزبان در محیط‌های مجاور پشته‌های میان‌اقیانوسی و در امتداد مجراهای برون‌دمی سیال گرمایی کف دریا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: منگنز، افیولیت نیریز، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آبادیه طشک.

مقدمه

مربوط به محیط‌های رسوبی می‌باشند که در آنها به دلایل اختلاف جزئی رفتار ژئوشیمیایی این دو عنصر در شرایط Eh و pH معین و احتمالاً نقش کاتالیزوری میکروارگانیزم‌ها، منگنز از آهن تفریق یافته و نهشته‌های با ارزش اقتصادی را تشکیل می‌دهد [4-5]. نهشته‌های رسوبی منگنز یا دارای منشأ آب‌زاد بوده که از طریق رسوب مستقیم از آب دریا به همراه عناصر خاک‌زاد و به دور از محیط‌های آتشفشانی تشکیل می‌شوند و یا با منشأ گرمایی می‌باشند که طی فرآیند برون‌دمی سیال گرمایی زیردریایی تشکیل می‌شوند [6-7]. مطالعات کانی‌شناسی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی در تعیین منشأ و جایگاه

منگنز عنصری بنیادی در صنعت فولاد است به‌طوری که هر تن فولاد بین 50 تا 60 کیلوگرم ماده معدنی منگنز با کیفیت بالا استفاده می‌شود [1-2]. این عنصر برای کنترل ناخالصی‌هایی مانند اکسیژن و گوگرد در فرآیند تولید فولاد به‌کار می‌رود و باعث افزایش پایداری و سختی آن در مقابل سایش مکانیکی و خوردگی شیمیایی می‌شود [3]. به‌علت شباهت ژئوشیمیایی و فراوانی آهن نسبت به منگنز ($Fe/Mn = 50$)، تشکیل کانسارهای دارای ارزش اقتصادی منگنز مستلزم جدایش این عنصر از آهن در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی است. مهمترین نهشته‌های معدنی منگنز

عرضه‌های جغرافیایی $29^{\circ}47'$ و $29^{\circ}55'$ قرار دارد. کوه دالانشین در غرب منطقه از سازنده‌های رسوبی آهکی - مارنی گروه بنگستان با سن آلبین پیشین تا سنومانین پیشین تشکیل شده است و آهک‌های لایه‌ای سازند آسماری-چهرم با سن ائوسن تا الیگوسن ارتفاعات روشن کوه را در شمال شرق منطقه ایجاد کرده‌اند. مجموعه افیولیتی نیریز در منطقه آبادیه طشک به صورت یک سیمای خطی ناپیوسته بین زاگرس مرتفع و روران‌دگی اصلی زاگرس به موازات امتداد عمومی زاگرس (شمال غرب-جنوب شرق) گسترده شده است. سنگ‌های سیلیسی رادیولاریتی، شیل‌های سیلیسی، بیگانه سنگ‌های توربیدیتی، آهک‌های دگرگون شده پلاژیک به همراه بازالت‌های اسپیلیتی شده به‌عنوان بخشی از آمیزه رنگین در جنوب و شمال شرق مجموعه افیولیتی نیریز دارای گسترش فراوانی می‌باشند. عوامل تکتونیکی موجب به هم ریختگی شدید این واحدهای سنگی شده به طوری که مرزهای سنگی با ساختارهای گسلی مشخص می‌شوند. این وضعیت تعیین ضخامت واقعی و روابط چینه شناختی را با مشکل مواجه ساخته است. با توجه به اینکه مجموعه افیولیتی در شرق منطقه بطور هم شیب به وسیله آهک ترپور با سن ماستریشتین پوشیده شده، سن جای‌گیری آن بر روی پوسته قاره‌ای پایان کرتاسه تعیین شده است [14-15]. نهشته‌های معدنی منگنز در درون مجموعه آمیزه رنگین افیولیتی به صورت 7 اندیس پراکنده و با سیمای متفاوت سین ژنتیک، دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک تشکیل شده‌اند (شکل 1).

سیمای سین ژنتیک

ترکیبات اولیه منگنز به صورت نوارهای نازک سیاه‌رنگ (به‌طور متوسط 2-3 سانتی‌متر) و به شکل افشان در سنگ‌های سیلیسی رادیولاریتی میزبان تشکیل شده‌اند. این نوارهای غنی از ترکیبات منگنز به صورت متناوب با سنگ‌های سیلیسی رادیولاریتی نازک‌لایه قرار گرفته‌اند که به همراه قالب‌های وزنی حفظ‌شده در سطح لایه‌بندی و هم‌بافتی این مجموعه با آهک‌های پلاژیک بیانگر تشکیل آنها در محیط رسوبی به صورت چینه‌سان می‌باشند. این نهشته‌ها عموماً به‌طور مستقیم بر روی گدازه‌های بالشی بازالتی و در بسیاری از مناطق بر روی سنگ‌های اولترابازیک سرپانتینی شده قرار می‌گیرند (شکل 2 الف).

زایشی نهشته‌های رسوبی منگنز مورد استفاده قرار می‌گیرند [6-8-9].

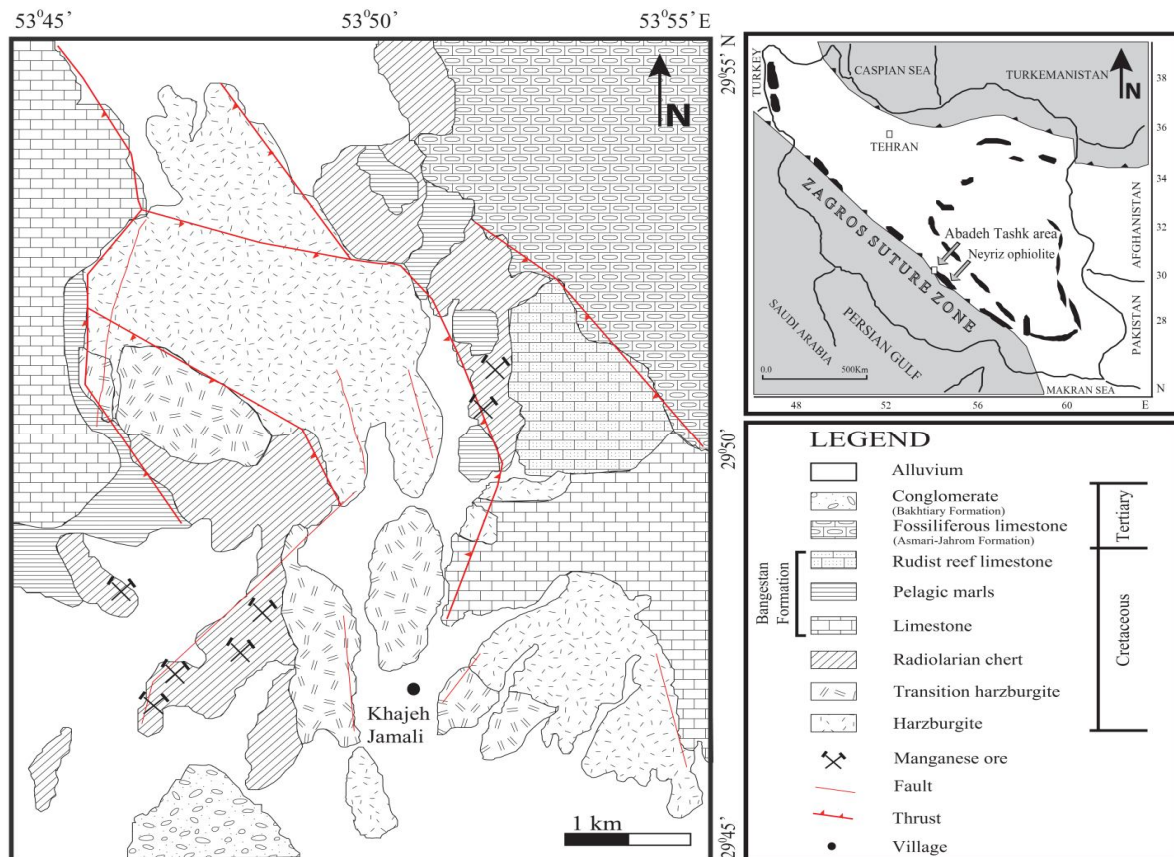
حضور نهشته‌های معدنی منگنز در منطقه آبادیه طشک استان فارس به همراه چرت‌های رادیولاریتی میزبان و بازالت‌های اسپیلیتی شده نشانگر جدایش وسیع منگنز از آهن در محیط عمیق دریایی است. در مطالعات پیشین زمین‌شناسی اقتصادی بر روی مجموعه افیولیتی آبادیه طشک کانسارهای کرومیت و اندیس‌های معدنی منگنز از نظر ژئوشیمیایی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [10-11-12-13]. در اغلب مطالعات مربوط به ذخایر معدنی منگنز، داده‌ها بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی سنگ‌های میزبان و موقعیت سنگ‌شناختی آنها مورد تفسیر قرار گرفته‌اند. در این مقاله از روابط صحرایی، داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی با تأکید بر نسبت عناصر اصلی و توزیع عناصر کمیاب و نادر خاکی در انواع کانسنگ‌ها و سنگ‌های میزبان به‌منظور تعیین نحوه تشکیل، منشأ و جایگاه نهشته‌های معدنی منگنز استفاده شده است.

روش مطالعه

تعداد 80 نمونه از انواع کانسنگ‌های منگنز و سنگ‌های سیلیسی میزبان آنها در پیمایش‌های عمود بر جهت طولی نهشته‌های معدنی برداشت شدند. تعداد 46 نمونه شاخص با استفاده از روش‌های میکروسکوپی نور انکساری و انعکاسی جهت تعیین روابط بافتی و پاراژنزی کانی‌شناختی مورد مطالعه قرار گرفتند. مطالعات کانی‌شناسی با انجام تجزیه تعداد 34 نمونه به روش پراش پرتو ایکس (XRD) در شرکت کانساران بینالود و در بخش فیزیک دانشگاه شیراز تکمیل گردید. تعداد 18 نمونه به روش شیمی تر در دانشگاه شیراز و تعداد 8 نمونه نیز با هدف تعیین توزیع عناصر نادر خاکی با استفاده از روش دستگاهی تجزیه ICP-MS در آزمایشگاه (AMDEL) استرالیا مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. از نمودارهای استاندارد ژئوشیمیایی برای تفسیر داده‌های شیمیایی استفاده شده است.

جایگاه زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در شمال شرق دریاچه طشک در استان فارس بین طول‌های جغرافیایی $53^{\circ}45'$ و $53^{\circ}56'$ و



شکل 1. موقعیت اندیس‌های معدنی منگنز همراه با آمیزه رنگین افیولیتی نیریز بر روی نقشه ساده زمین‌شناسی منطقه آباد طشک [برگرفته از 16 با کمی تغییرات]. برای مقایسه وضعیت کلی ورقه‌های در حال فروانش و موقعیت افیولیت‌های ایران به نقشه تهیه‌شده از افیولیت‌های ایران مراجعه شود [17].

در این نمونه‌ها اثرات رسوب‌گذاری اولیه به‌همراه پوسته‌های رادیولار به‌خوبی حفظ شده‌اند. این فسیل‌ها در اندازه‌های ریز (50 میکرون) تا درشت (350 میکرون) در متن سنگ دیده می‌شوند و تجمع اکسیدهای منگنز در اطراف فسیل‌های رادیولار به‌روشنی مشخص است. با افزایش فاصله از این سنگها میزان فسیل‌های رادیولار در نمونه‌های سنگ سیلیس کاهش می‌یابد (شکل 2 ب).

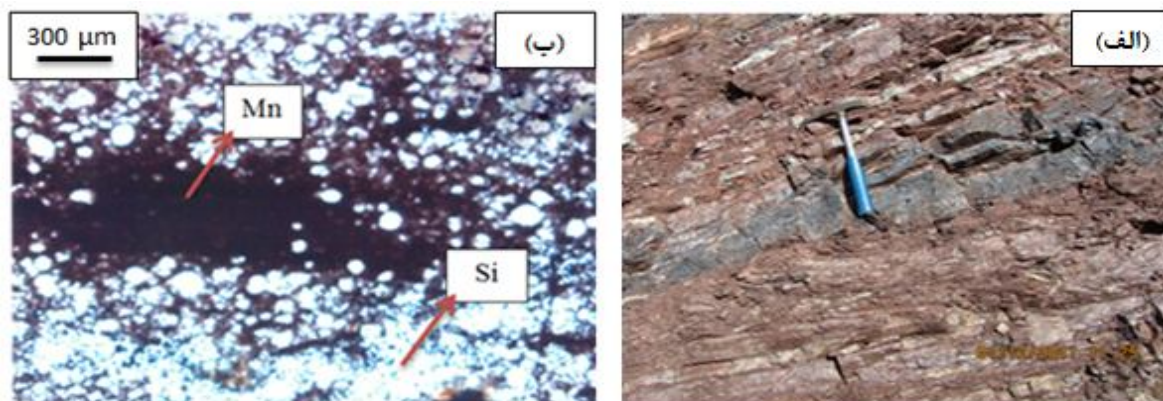
سیمای دیاژنتیک

عملکرد فازهای تکتونیک فشارشی و برشی به‌وسیله رخنمون‌هایی از گسلها، چینها و درزه‌ها بر روی واحدهای سنگی منطقه نشان داده می‌شوند. با توجه به مقاومت کمتر و رفتار پلاستیکی کانسنگ منگنز نسبت به سنگهای سیلیسی میزبان در برابر فشارهای تکتونیک، میان‌لایه‌های غنی از اکسیدهای منگنز در حالت پلاستیک دچار تحرک شده و از

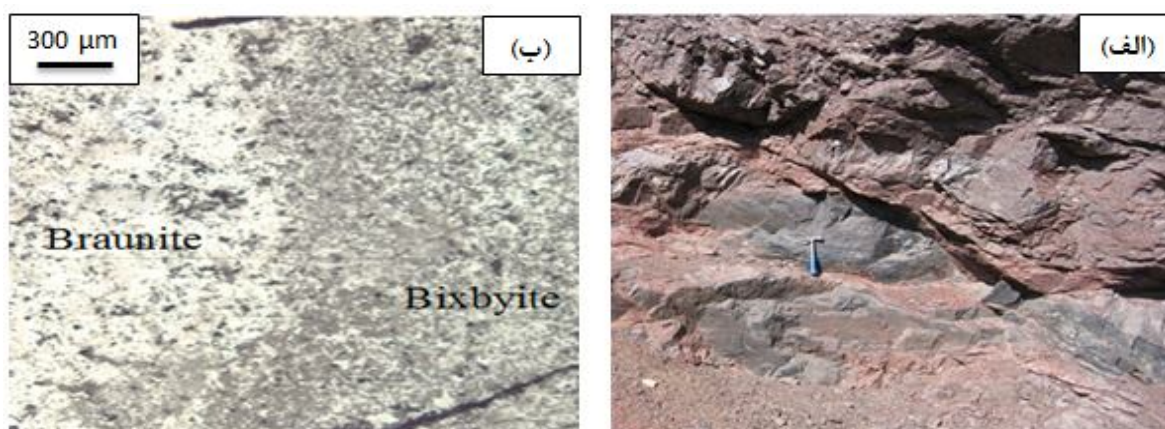
در زیر میکروسکپ نمونه‌های کانسنگ با سیمای سین ژنتیک، اغلب شامل ترکیبات بدون وجه منگنز (احتمالاً پسیلوملان) و کانی سیلیکاتی منگنز (براونیت) می‌شوند. کانی کوارتز و SiO_2 بدون وجه به‌همراه هماتیت به‌عنوان فازهای غالب در تمامی این نمونه‌ها می‌باشند. براونیت که پایدارترین کانی منگنز در تمام مراحل دیاژنز و دگرگونی درجه پایین است. از واکنش بین اکسیدهای بی‌شکل اولیه منگنز (ژل‌های پسیلوملان) و لجنهای سیلیسی با منشأ گرمابی و یا با منشأ زیستی (پوسته رادیولارها) طی واکنش $7\text{MnO}_2 + \text{SiO}_2 = (3\text{Mn}_2\text{O}_3)\text{MnSiO}_3 + 2\text{O}_2$ تشکیل می‌شود [18-19]. بافتهای تبدیل تدریجی فازها به‌همدیگر و انواع شکلهای کلوفرمی در این نمونه‌ها فراوان است. سنگهای سیلیسی منگنزدار در نورهای غنی از ترکیبات منگنز به‌تدریج به سنگهای سیلیسی تقریباً فاقد منگنز تبدیل می‌شوند. میزان افزایش ترکیبات منگنز با کاهش هماتیت و کوارتز همراه است.

درزه‌ها و جانیشینی فسیل‌های رادیولار به‌وسیله ترکیبات منگنز می‌شوند [20]. شرایط تشکیل کانی براونیت از واکنش بین ترکیبات اولیه منگنز و چرت‌های میزبان با افزایش دما و فشار ضمن فرآیند دیاژنز به میزان فراوانی فراهم شده است. کانی بی‌کسبیت با پیشرفت دیاژنز به‌صورت یک محصول واکنشی بین آهن موجود در چرت‌های هماتیتی و بخشی از براونیت طی واکنش $(3\text{Mn}_2\text{O}_3)\text{MnSiO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + 5\text{MnO}_2$ ایجاد می‌شود که در نمونه‌های مورد مطالعه با وجود رگه‌چه‌های جدایشی سیلیس مشخص می‌گردد. کانیهای کوارتز و هماتیت به‌عنوان باطله در سرتاسر کانسنگ حضور دارند (شکل 3 ب) [21].

لایه‌های نازک سنگهای سیلیسی رادیولاریتی به صورت عدسی و بودین جدا می‌گردند. در بخشهایی از چینهای کوچک ریتیک و چین خوردگیهای اصلی به‌خصوص در بخش لولای چینها که مؤلفه‌های فشار در آن قسمت کمتر هستند، تحت تأثیر ضخیم‌شدگی متمرکز شده‌اند. کانسنگهای منگنزی که متحمل فرآیندهای دیاژنتیک شده‌اند با ساخت توده‌ای با بافت متراکم قابل تشخیص می‌باشند (شکل 3 الف). ترکیبات منگنز در این نمونه‌ها شامل کانیهای براونیت $(3\text{Mn}_2\text{O}_3)\text{MnSiO}_3$ ، بی‌کسبیت $(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3$ و مقادیر کمی پیرولوزیت MnO_2 می‌شوند. انواع بافت‌های جانیشینی در ترکیبات منگنز فراوان بوده که شامل مرزهای تبدیل تدریجی کانیها به‌هم، جزایر باقی‌مانده، شکلهای هلالی در مرز کانیها، عدم جابه‌جایی محل



شکل 2. الف) نواربندی متناوب ترکیبات منگنز و چرت‌های رادیولاریتی میزبان در نهشته‌های با سیمای سین ژنتیک. ب) تصویر میکروسکوپی از تناوب نوارهای غنی از منگنز (Mn) و چرت رادیولاریتی میزبان (Si) در سیمای سین ژنتیک منگنز. اثرات فسیل‌های رادیولار در نوارهای چرت به خوبی حفظ شده‌اند.

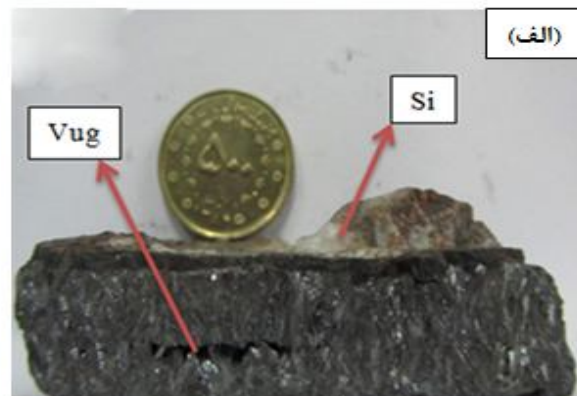
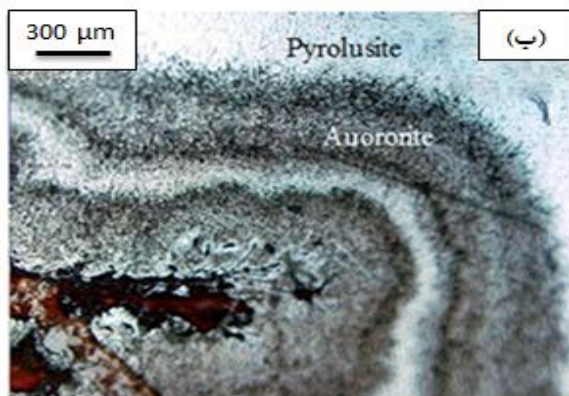


شکل 3. الف) عدسی منگنز در میان چرت‌های سیلیسی قرمز رنگ نشان‌دهنده نهشته‌های سیمای دیاژنتیک. ب) تصویر میکروسکوپی تبدیل تدریجی فازهای حاوی منگنز به‌هم در توده‌های عدسی‌شکل با سیمای دیاژنتیک در نور انعکاسی.

تغییرات تدریجی اندازه بلورها و وجود حفرات در بخش‌های مرکزی مواد معدنی دیده می‌شوند (شکل 4 الف) [20]. در نمونه‌های کانسنگ با سیمای اپی‌ژنتیک در زیر میکروسکپ، کانیه‌های اصلی شامل پیرولوژیت، اوروریت و رانشیت و مقادیر ناچیزی بیکسیت می‌شوند. همچنین کانیه‌های کوارتز و هماتیت به‌عنوان کانیه‌های باطله به میزان کم وجود دارند. بافت‌های جانیشینی حاصل در اثر فرآیندهای سوپرژن به‌صورت اکسیداسیون براونیت به پیرولوژیت و جانیشینی پیرولوژیت توسط اوروریت در شکلهای کلوپورمی مشاهده می‌شوند. با توجه به این‌که فرآیند جانیشینی در اثر واکنش‌های تبادل یونی در شرایط محیطی متفاوت از نظر دما، فشار و فوگاسیته اکسیژن صورت گرفته، انواع متفاوت فازهای کانیاپی ایجاد شده‌اند (شکل 4 ب) [21].

سیمای اپی ژنتیک

اثر فرآیندهای تکتونیکی شکنا با ایجاد گسل، شکستگی و سیستم‌های درزه‌ای با سازوکارهای متفاوت، هم در سنگهای سیلیسی رادیولاریتی میزبان و هم در واحدهای منگنزدار منطقه رخنمون یافته است. ترکیبات معدنی منگنز تحت تأثیر غنی‌شدگی سوپرژن و احتمالاً عملکرد آب‌هایی با ماهیت اسیدی و گرم تحرک مجدد یافته و ضمن آب‌شویی از سنگ میزبان در شرایط اکسایشی فزاینده به صورت ترکیبات اکسیدی درجه بالای منگنز در امتداد گسلها و درزه‌های موجود در سنگهای سیلیسی افقه‌ای بالاتر نهشته شده‌اند. در این کانسنگها، ترکیبات منگنز دارای عیار بالا بوده، مرز بین ماده معدنی و سنگ سیلیسی میزبان کاملاً مشخص و مواد معدنی در امتداد شکستگیها با بافت‌های شکافه پرکن نظیر بافت تاج خروسی،



شکل 4 الف) نمونه کانسنگ منگنز در سیمای اپی‌ژنتیک نشانگر همزمان بافت‌های تاج‌خروسی، تغییرات تدریجی اندازه بلورها و وجود حفرات (vug) و وجود مرز مشخص با سنگ سیلیسی میزبان (Si). ب) تصویر میکروسکوپی از جانیشینی پیرولوژیت توسط اوروریت در شکلهای کلوپورمی. نور عبوری قطبیده.

این مطالعه برای اولین مرتبه به‌همراه پیرولوژیت از نهشته‌های معدنی منگنز همراه با مجموعه‌های افیولیتی ایران گزارش می‌شوند. داده‌های کانی‌شناسی سنگهای سیلیسی میزبان نشان می‌دهد که کوارتز فاز غالب و کلسیت، هماتیت و پیرولوژیت به‌عنوان کانیه‌های فرعی این سنگها می‌باشند. نبود کانیه‌های شاخص دگرگونی درجه‌بالا نشان می‌دهد که نهشته‌های معدنی منگنز فقط متحمل دیاژنز و احتمالاً دگرگونی درجه پایین (رخساره پره‌نیت - پومپلثیت) شده‌اند (جدول 2). با استفاده از روابط بافتی و داده‌های کانی‌شناسی در انواع کانسنگهای منگنز از سیمای متفاوت می‌توان توالی پاراژنتیکی کانیه‌ها را در این نهشته‌ها تعیین کرد (جدول 1).

کانی‌شناسی به روش XRD

نتایج کانی‌شناسی کانسنگ منگنز و سنگهای سیلیسی میزبان آنها به روش XRD نیز نشانگر کانی‌شناسی ساده ترکیبات منگنز در سیمای مختلف در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. کانی براونیت به‌عنوان کانی اصلی اولیه منگنز، کانیه‌های براونیت، بیکسیت و مقادیر کم پیرولوژیت به‌عنوان کانیه‌های حاصل از عملکرد دیاژنز و احتمالاً دگرگونی درجه پایین و پیرولوژیت، رانشیت، اوروریت، رومانشیت و رامسدلیت در نمونه‌های مرتبط با مرحله تحرک و رسوب‌گذاری مجدد منگنز می‌باشند (سیمای اپی‌ژنتیک). دو کانی اوروریت (Mn,Ca) $Mn_3O_7 \cdot 3H_2O$ و رانشیت (Mn,Ca) $Mn_4O_9 \cdot 3H_2O$

جدول 1. توالی پاراژنتیکی کانپها در نمونه‌های کانسنگ و سنگهای سیلیسی میزبان در منطقه آباده طشک.

مرحله سوپرژن	مراحل دیاژنز و دگرگونی	مرحله پروتدیمی	فرمول شیمیایی کانی ها	کانی ها
		→	SiO ₂	سیلیس آمورف
		→	SiO ₂	کوارتز
		→	Fe ₂ O ₃ (amph)	اکسیدهای بی شکل آهن
	→		Fe ₂ O ₃	هماتیت
		→	(BaH ₂ O)Mn ₅ O ₁₀	پسیلومان
		→	MnO ₂	پیرولووزیت
	→		(3Mn ₂ O ₃)MnSiO ₃	براونیت
	→		(Mn,Fe) ₂ O ₃	بیکسبیت
→			(Mn,Ca)Mn ₄ O ₉ .3H ₂ O	رائشیت
→			(Mn,Ca)Mn ₃ O ₇ .3H ₂ O	اروریت
→			BeMn ²⁺ Mn ⁴⁺ ₈ O ₁₆ (OH) ₄	روماشیت
→			MnO ₂	رامسدالیت

مطالعات ژئوشیمیایی

جهت تهیه داده‌های ژئوشیمیایی از کانسنگها و سنگهای سیلیسی میزبان با توجه به حضور سیماهای متفاوت نهشته‌های معدنی منگنز در آمیزه رنگین افیولیتی نیریز نمونه‌های مرتبط مورد بررسی قرار گرفتند. داده‌های شیمیایی به روش شیمی تر بر روی عناصر اصلی نشان می‌دهند که در کلیه کانسنگهای منگنز میزان TiO₂ (0/078-0/012) و Al₂O₃ (0/92-0/019) بسیار پایین بوده که هرگونه منشأ خاک‌زاد و آب‌زاد حاشیه قاره‌ای را رد می‌کند (جدول 3) [6-23-22].

پایین بودن مقادیر متوسط $Al/(Al+Fe+Mn) = 0/108$ و بالا بودن میانگین نسبت $Si/Al = 100/68$ در ذخایر منگنز آباده طشک نیز ابزاری ساده در تشخیص منشأ گرمایی پروتدیمی محیطهای دریایی این نهشته‌هاست [25-24]. نسبت بالای Si/Al در نهشته‌های گرمایی معمول‌بوده و نشانگر تأمین محلی سیلیس به‌وسیله سیال گرمایی در مجاورت مجراهای پروتدیمی است، در حالی که در نهشته‌های رسوبی با منشأ آب‌زاد دریایی این میزان اندک بوده و عموماً در حدود 3 است [26-24-6]. غنی‌شدگی محلی آب دریا از سیلیس در اثر فعالیت گرمایی کف دریا موجب تکثیر فراوان رادیولارها می‌گردد. حضور فسیل‌های رادیولار با هیدروکسیدهای بی‌شکل آهن و منگنز در مجاورت مجراهای گرمایی پشته‌های میان‌اقیانوسی امروزی گزارش شده است [27-23-5]. آثار فسیل‌های رادیولار در نوارهای سیلیسی همراه با نوارهای غنی از ترکیبات منگنز نشان می‌دهد که دست‌کم بخشی از سیلیس

موجود در کانسنگها با سیمای سین ژنتیک دارای منشأ زیستی است. پایین بودن میانگین نسبت $Fe/Mn = 1/20$ نیز در ذخایر پر عیار منگنز نشانگر جدایش بسیار خوب منگنز از آهن در محیط رسوبی است. حلالیت کمتر آهن نسبت به منگنز موجب رسوب‌گذاری آهن در ابتدای ورود سیال گرمایی همراه با تغییر شرایط Eh و pH شده است در حالیکه نهشت منگنز در فاصله‌ای کمی دورتر از مجرای پروتدیمی سیال گرمایی صورت می‌گیرد. در فرآیند پروتدیمی سیال گرمایی در کف دریا و با تغییر شرایط فیزیکی شیمیایی ته‌نشست سریع آهن صورت می‌گیرد و محلول باقی‌مانده از Mn غنی می‌شود. حاصل این جدایش تشکیل نهشته‌هایی با نسبت بسیار پایینی از Fe/Mn است در صورتی که در نهشته‌های معدنی منگنز با منشأ آب‌زاد این میزان در حدود 1 می‌باشد [29-28-26-6]. بدون تردید در تفریق دو عنصر منگنز و آهن از هم، نمی‌توان نقش انتخابی میکروارگانیزم‌هایی نظیر باکتری‌ها، قارچها و جلبکها را نادیده گرفت [32-31-30-5] ولی تعیین این نقش نیازمند ارائه شواهد بیشتر است.

موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز در منطقه آباده طشک از لحاظ عناصر اصلی و جزئی بر روی نمودارهای [Co/Zn- [Co+Ni+Cu], [Fe-Mn-(Co+Ni+Cu)×10] نشان می‌دهد که ذخایر منگنز مورد مطالعه در محدوده نهشته‌های گرمایی قرار می‌گیرند (شکل 5). مقادیر بالای Mn و بسیار اندک Fe و عناصر Cu, Ni, Co از ویژگیهای نهشته‌های گرمایی Mn است در صورتی که نهشته‌های منگنز آب‌زاد تفکیک اندکی از Mn و Fe و مقادیر بالایی از عناصر جزئی Cu, Co, Ni را

به خوبی در محدوده کانسارهای گرمایی قرار می گیرند. Ni, Cu, Co, در نهشته های آبزاد فرومنگنز در مقایسه با نهشته های گرمایی منگنز در مجاورت پشته میان اقیانوسی غنی شدگی بسیار بالاتری نشان می دهند که ناشی از آهنگ آهسته نهشت و جذب سطحی این عناصر توسط اکسیدهای Mn می باشد [6-28].

دارا می باشند که نشان دهنده زمان طولانی تماس این نهشته ها در آب دریا و نهشت آهسته آنها به همراه جذب سطحی عناصر جزئی توسط فازهای کلوئیدی منگنز و آهن از آب دریا است. در ته نشینی سریع نهشته های Mn گرمایی مانع از جذب سطحی عناصر از منشأ آبزاد می گردد [28-29-33-34]. در نمودار Co/Zn-Co+Ni+Cu نیز نمونه های کانسنگ منگنز

جدول 2. نتایج کانی شناسی به روش XRD برای نمونه های کانسنگ و چرت های میزبان منگنز با سیمای متفاوت.

نمونه ها	کد نمونه	فاز اصلی	فاز فرعی	فاز کمیاب
نمونه های کانسنگ منگنز با سیمای سین ژنتیک	1	کوارتز - براونیت	کلسیت - دولومیت - کلریت	-
	2	کوارتز - براونیت	-	-
	3	براونیت	-	پیرولوزیت
	4	براونیت	-	بیکسپیت
نمونه های چرت های میزبان سیمای سین ژنتیک منگنز	5	کوارتز	براونیت	-
	6	کوارتز	براونیت	کلسیت
	7	کوارتز	-	ایلیت
	8	کوارتز	-	ایلیت - کلسیت
	9	کوارتز	-	کلسیت
	10	کوارتز	-	کلسیت
	11	کوارتز	-	کلسیت
	12	کوارتز	-	-
	13	براونیت	-	رانشتیت
نمونه های کانسنگ منگنز با سیمای دیاژنتیک	14	براونیت - کوارتز	-	کلسیت - رانشتیت
	15	براونیت - کوارتز	-	-
	16	براونیت	-	کوارتز - گلسیت - رانشتیت
	17	براونیت	بیکسپیت	-
	18	براونیت	-	رومانشیت - پیرولوزیت
	19	براونیت	بیکسپیت	-
	20	براونیت	-	رامسدلیت - پیرولوزیت
نمونه های چرت های میزبان سیمای دیاژنتیک منگنز	21	کوارتز	هماتیت	-
	22	کوارتز	هماتیت - کلسیت - پیرولوزیت	-
	23	کوارتز	براونیت	رانشتیت
	24	کوارتز	براونیت	رانشتیت
	25	کوارتز	-	هماتیت - پیرولوزیت - رامسدلیت
	26	کوارتز	هماتیت	-
نمونه های کانسنگ منگنز با سیمای اپی ژنتیک	27	پیرولوزیت	اروریت	کلسیت
	28	براونیت	رانشتیت	کلسیت
	29	کوارتز - براونیت - پیرولوزیت	رانشتیت	کلسیت
	30	کوارتز - براونیت	رانشتیت	-
	31	کوارتز - براونیت	رانشتیت	آلیت - کلسیت
	32	براونیت	رانشتیت	کلسیت
	33	براونیت	پیرولوزیت	رومانشیت
	34	کوارتز	بیکسپیت	آلیت - کلسیت

منگنز گرمابی است. Ba در این نهشته‌ها دارای منشأ گرمابی است در صورتی که Co به‌عنوان یک عنصر آب‌زاد شناخته می‌شود [7-24]. همبستگی مثبت بین دو عنصر Mn-Ba نیز نشانگر منشأ یکسان گرمابی و رفتار شیمیایی یکسان این دو عنصر است. مقادیر بالای Ba در نهشته‌های Mn از محیط‌های گرمابی گزارش شده است [25]. همبستگی مثبت بین دو عنصر Ba-Cu نیز منعکس‌کننده منشأ و رفتار شیمیایی مشابه این دو عنصر است. این دو عنصر در محلول‌های گرمابی متحرک بوده و در نهشته‌های منگنز گرمابی حضور می‌یابند [23].

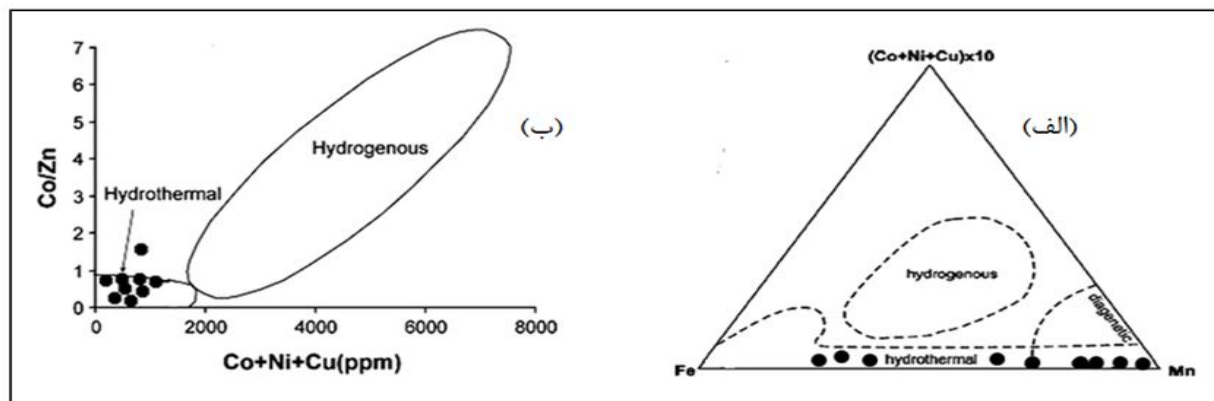
در داده‌های شیمیایی به‌دست آمده از کانسنگ منگنز بین عناصر Mn-Ti، Mn-Al، Ba-Co و همبستگی منفی و بین عناصر Al-Ti، Ba-Cu، و Mn-Ba همبستگی مثبت وجود دارد (شکل 6). وجود همبستگی منفی بین اکسیدهای TiO_2 -MnO و Al_2O_3 -MnO رفتار ژئوشیمیایی Ti و Al با Mn است. Mn یک عنصر فعال و با منشأ گرمابی است در صورتی که Ti و Al عناصر غیر فعال و با منشأ خاک‌زاد (کانیهای رسی) می‌باشند [24]. ضریب همبستگی منفی بین عناصر Ba-Co نیز منعکس‌کننده منشأ و رفتار ژئوشیمیایی متفاوت این دو عنصر در نهشته‌های

جدول 3. نتایج تجزیه شیمیایی به روش شیمی تر بر روی نمونه‌های کانسنگ و چرت‌های میزبان منگنز (مقادیر عناصر اصلی بر حسب درصد و عناصر فرعی بر حسب ppm می‌باشند. شماره نمونه‌ها مطابق جدول 2 است).

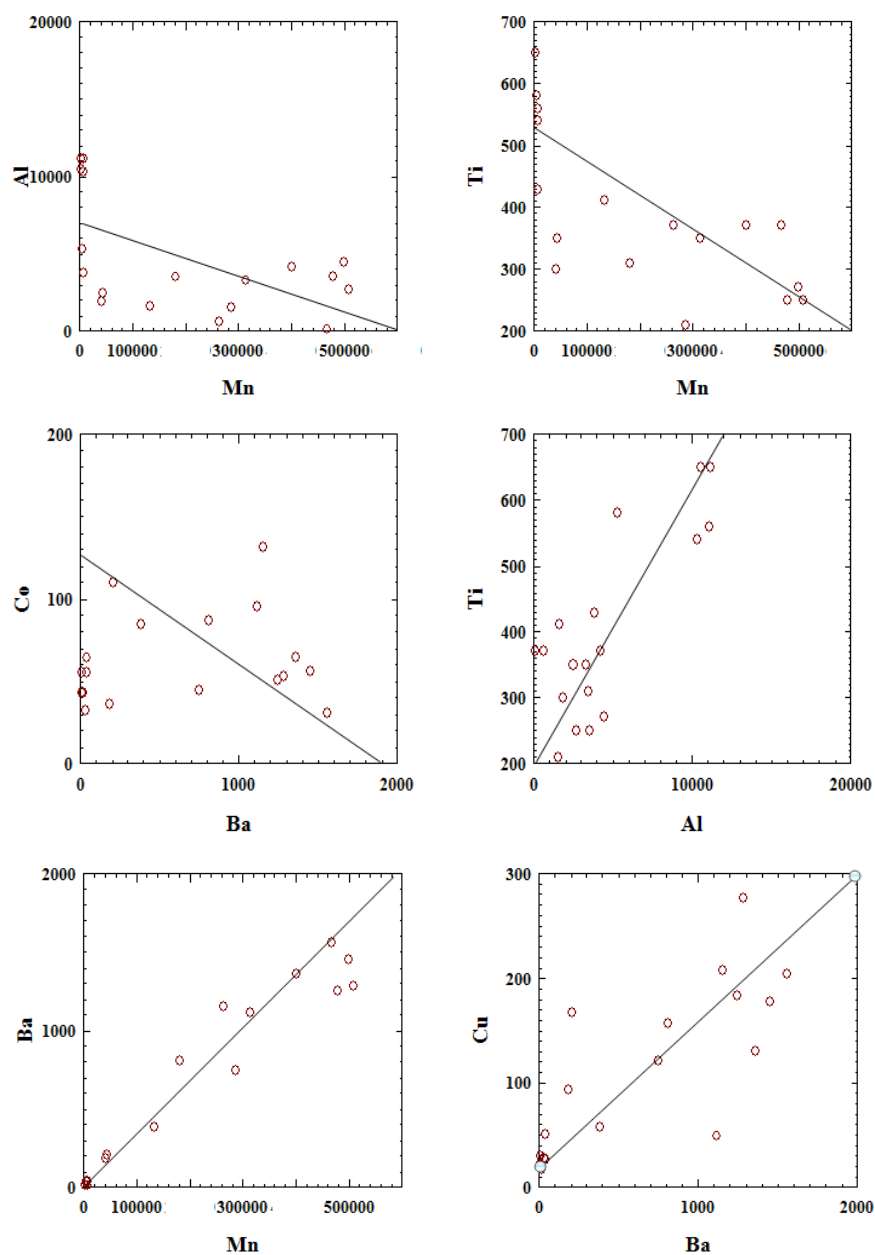
عناصر	نمونه‌ها	2	3	4	5	9	11	19	21	22
SiO ₂		43/22	26/11	60/04	92/57	88/28	93/85	33/22	89/31	90/63
TiO ₂		0/069	0/044	0/026	0/11	0/06	0/11	0/012	0/13	0/091
Al ₂ O ₃		0/83	0/54	0/13	1/99	0/49	2/13	0/019	2/19	1/95
Fe ₂ O ₃		1/06	1/10	1/18	1/46	1/2	0/96	2/01	2/4	3/54
MnO		52/69	67/59	35/59	0/35	5/74	0/52	60/35	1/02	0/86
MgO		0/1	0/21	0/16	1/65	0/033	0/24	0/26	0/56	0/58
CaO		0/33	1/43	0/18	1/12	1/12	1/01	2/31	1/52	0/11
Na ₂ O		0/39	0/34	0/078	0/11	0/13	0/10	0/39	0/96	0/47
K ₂ O		0/11	0/51	0/46	0/44	0/21	0/27	0/084	0/33	0/52
P ₂ O ₅		0/14	1/54	1/28	0/95	1/49	0/50	1/82	1/3	2/01
Co		65	53	131	43	110	43	31	55	32
Ni		87	153	193	45	56	23	131	12	67
Cu		131	277	207	23	167	17	205	30	28
Zn		96	99	85	57	120	34	108	58	56
Ba		1362	1285	1154	13	205	17	1561	12	38
Sr		128	188	289	67	129	27	829	35	31
Pb		56	87	148	15	55	19	154	20	31
Total		99/13	99/63	99/34	100/78	98/84	99/71	100/78	99/74	100/79
Si		19/79	11/83	26/93	43/27	41/27	43/87	15/53	40/07	42/37
Ti		0/037	0/025	0/037	0/065	0/035	0/065	0/037	0/056	0/054
Al		0/42	0/27	0/063	1/05	0/25	1/12	0/0100	1/11	1/03
Fe		0/72	1/184	0/789	1/01	0/83	0/67	1/4036	1/60	2/47
Mn		40/023	50/82	26/48	0/27	4/44	0/40	46/87	0/75	0/66
Si/Al		47/12	43/81	427/46	41/21	165/08	39/17	15/53	36/10	41/13
Fe/Mn		0/02	0/02	0/03	3/74	0/19	1/67	0/03	2/13	3/74
Al+Fe+Mn		11/16	52/27	27/33	2/33	5/52	2/19	48/28	3/46	4/16
Al/(Al+Fe+Mn)		0/0376	0/0052	0/0023	0/4506	0/0453	0/5114	0/0002	0/3208	0/2476

ادامه جدول 3. نتایج تجزیه شیمیایی به روش شیمی تر بر روی نمونه‌های کانسنگ و چرت‌های میزبان منگنز (مقادیر عناصر اصلی بر حسب درصد و عناصر فرعی بر حسب ppm می‌باشند. شماره نمونه‌ها مطابق جدول 2 است).

عناصر	نمونه‌ها	23	24	26	27	28	29	30	32	34
SiO ₂		72/75	89/1	89/45	52/82	22/87	60/70	34/03	50/35	87/67
TiO ₂		0/07	0/1	0/075	0/061	0/078	0/054	0/06	0/024	0/054
Al ₂ O ₃		0/32	1/04	0/73	0/65	0/92	0/68	0/64	0/32	0/38
Fe ₂ O ₃		2/03	3/49	5/34	1/31	1/42	1/55	1/63	1/41	1/96
MnO		17/34	0/75	0/91	41/67	69/97	30/94	59/52	41/03	5/71
MgO		0/31	0/98	1/06	0/65	0/17	0/025	0/42	0/91	0/54
CaO		3/52	1/03	0/13	0/48	1/17	2/53	1/33	2/06	0/82
Na ₂ O		0/06	0/85	0/072	0/29	0/25	0/38	0/39	0/58	0/33
K ₂ O		0/12	0/11	0/13	0/075	0/045	0/94	0/51	0/075	0/38
P ₂ O ₅		1/90	1/49	0/82	0/56	2/35	1/64	1/73	1/91	1/06
Co		85	55	64	95	56	87	51	45	36
Ni		75	57	12	109	105	142	105	86	127
Cu		58	27	51	49	177	157	183	121	93
Zn		57	101	35	99	133	135	112	85	57
Ba		387	39	41	1115	1450	810	1250	746	183
Sr		147	36	82	258	293	1167	892	321	85
Pb		56	80	53	27	77	112	121	181	89
Total		98/51	98/98	98/75	98/74	99/47	99/70	100/54	98/83	98/97
Si		34/01	40/81	40/97	23/94	9/83	27/01	16/54	21/15	38/40
Ti		0/041	0/058	0/043	0/035	0/027	0/031	0/025	0/021	0/030
Al		0/16	0/53	0/38	0/33	0/45	0/3493	0/3546	0/1535	0/19
Fe		1/41	2/26	3/71	0/88	0/91	1/047	1/187	0/8868	1/28
Mn		13/44	0/56	0/68	31/27	49/87	18/29	47/97	28/58	4/15
Si/Al		212/56	77/00	107/81	72/55	21/84	77/33	46/64	137/79	202/11
Fe/Mn		0/10	4/03	5/45	0/03	0/02	0/06	0/02	0/03	0/31
Al+Fe+Mn		15/01	3/35	4/77	32/58	51/23	19/69	49/51	29/62	5/62
Al/(Al+Fe+Mn)		0/0107	0/1582	0/0797	0/0101	0/0088	0/0177	0/0072	0/0052	0/0338



شکل 5. الف) موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز آباده طشک بر روی نمودار سه تایی $(Co+Ni+Zn) \times 10$ -Fe-Mn (برگرفته از 6-7). ب) موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز آباده طشک بر روی نمودار دوتایی Co/Zn در مقابل $Co+Ni+Cu$ (برگرفته از 6-31).



شکل 6. همبستگی عناصر Mn-Ti، Mn-Al، Ba-Co، Al-Ti، Ba-Mn و Cu-Ba در داده‌های شیمیایی کانسنگ منگنز آبداد طشک بر روی نمودارهای دوتایی (واحد ها بر حسب ppm می‌باشد).

(رخساره‌های distal) از شدت ناپهنجاریهای منفی Ce و مثبت Eu کاسته می‌شود [29-36]. همچنین مقدار اندک REE از ویژگیهای نهشته‌های گرمایی منگنز بوده که حاکی از نهشته‌شدن سریع آنهاست، در صورتی که در نهشته‌های آب‌زاد و گرگه‌های فرومنگنز با منشأ هیبرید، غلظت REE کلی بالا و ناپهنجاری مثبت Ce مشاهده می‌شود که نشانگر نهشته‌شدن اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز با آهنگی آهسته همراه با

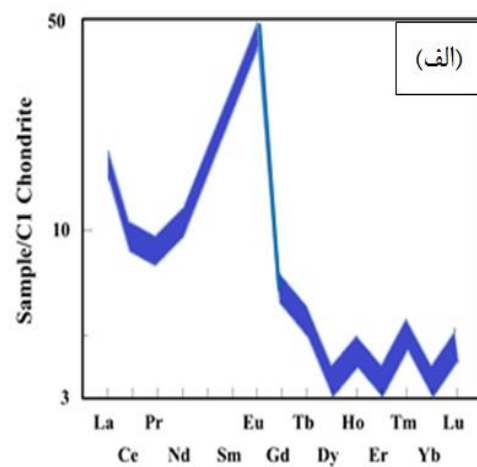
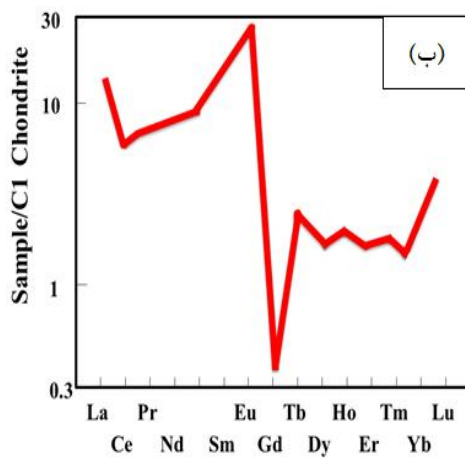
از میزان جذب سطحی مستقیم عناصر نادر خاکی (REE) از آب دریا جهت تعیین منشأ خاک‌زاد و یا گرمایی نهشته‌های رسوبی منگنز استفاده می‌شود [35-36]. ناپهنجاریهای منفی Ce و مثبت قوی Eu و نیز مجموع اندک REE و همچنین غنی‌شدگی LREE در مقایسه با HREE بیانگر نهشته‌های گرمایی منگنز در مجاورت پشته‌های میان‌اقیانوسی است (جدول 4). با دور شدن از مراکز پشته‌های میان‌اقیانوسی

مورد مطالعه با نهشته‌های امروزی مجاور پشته‌های میان‌اقیانوسی در نزدیکی محل مجراهای برون‌دمی کف دریا مطابقت دارند (شکل 7) [24-26].

جذب Ce می‌باشد [29]. الگوهای بهنجار شده توزیع عناصر REE در نمونه‌های کانسنگ منگنز مورد مطالعه با کندریت C1 نشان می‌دهند که نهشته‌های منگنز و چرت‌های میزبان

جدول 4. داده‌های شیمیایی عناصر نادر خاکی با استفاده از روش تجزیه شیمیایی ICP-MS (شماره نمونه‌ها مطابق جدول 2 می‌باشد).

نمونه (ppm)	حد آشکارسازی (ppm)	1	2	6	7	15	22	28	34
La	10	0	0	0	15	14	0	0	0
Ce	0/05	7/6	8/9	15/4	28/8	27/2	16/8	14/3	9/5
Pr	0/05	0/6	1/22	0/98	4/2	3/4	2/01	1/84	1/27
Nd	0/02	3/2	5/96	6/17	23/9	15/7	10/9	7/8	7/3
Sm	0/02	1/12	2/42	1/25	5/83	3/21	2/41	1/86	1/57
Eu	0/02	1/42	2/77	0/22	1/02	0/65	0/4	0/38	0/25
Gd	0/05	1/69	1/35	1/19	5/65	2/25	2/42	2	1/57
Tb	0/02	0/11	0/2	0/17	0/78	0/45	0/33	0/29	0/23
Dy	0/02	0/45	0/89	0/65	2/97	1/83	1/19	1/08	0/89
Ho	0/02	0/13	0/28	0/17	0/76	0/52	0/31	0/28	0/24
Er	0/05	0/27	0/51	0/28	1/32	1	0/53	0/47	0/44
Tm	0/05	0/06	0/13	0/05	0/25	0/2	0/11	0/09	0/09
Yb	0/05	0/32	0/6	0/23	1/08	1/06	0/57	0/44	0/34
Lu	0/05	0/17	0/12	0/04	0/16	0/17	0/08	0/07	0/05



شکل 7. الف) نمودار تغییرات غلظت میانگین REE در نمونه‌های کانسنگ منگنز (نمونه‌های شماره 1، 2، 15 و 28). ب) نمودار تغییرات غلظت میانگین REE در سنگ‌های سیلیسی میزبان نهشته‌های منگنز در منطقه آباده طشک (نمونه‌های شماره 6، 7، 22 و 34).

برداشت

ترکیبات معدنی منگنز به صورت سه سیمای سین ژنتیک، دیاژنتیک و اپی ژنتیک به طور پیوسته‌ای با سنگهای سیلیسی رادیولاریتی آمیزه رنگین افیولیت نیریز در منطقه آباده طشک تشکیل شده‌اند. ترکیبات اولیه در سیمای سین ژنتیک به صورت اکسیدهای بی‌شکل (اغلب به صورت پسیلوملان) و کانی براونیت به همراه سیلیس بی‌شکل در اثر تغییرات محلی فیزیوشیمیایی آب دریا از سیال گرمابی بروندمی در مجاورت پشته‌های میان‌اقیانوسی نهشته شده‌اند. کانیهای براونیت و بیکسبیت کانیهای غالب سیمای دیاژنتیک بوده که در عدسیهای منگنز و در محل لولای چینها تشکیل شده‌اند. پیرولوژیت، اروریت، رانشیت، رومانشیت و رامسدلیت به صورت ثانویه در مرحله اپی ژنتیک در اثر فعالیت سیالات سوپرژن در امتداد شکستگیهای سنگهای سیلیسی میزبان در افقهای بالاتر نهشته شده‌اند. نتایج ژئوشیمیایی نظیر ترکیب عناصر اصلی کانسنگهای منگنز شامل مقادیر پایین TiO_2 و Al_2O_3 و بالا بودن میزان متوسط نسبت Si/Al (15/53) - Ni و Cu ، Co ، همچنین پایین بودن عناصر جزئی Eu ، Ce و مثبت Eu ، مجموع اندک REE و غنی‌شدگی $LREE$ در مقایسه با $HREE$ و ارتباط تنگاتنگ مکانی اندیس‌های معدنی با چرت‌های میزبان حاوی فسیل رادیولار نشانگر تشکیل ترکیبات اولیه منگنز از سیال گرمابی در مجاورت پشته‌های میان‌اقیانوسی در امتداد کانال‌های بروندمی کف دریا می‌باشند. در این محیطها جدایش منگنز از آهن به خوبی صورت گرفته است.

قدردانی

نگارندگان این مقاله لازم می‌دانند از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز به خاطر حمایت مالی و معنوی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

مراجع

[1] زرین کوب م.ج، کلاگری ع.ا، برقی ب، "کانی‌شناسی و چگونگی پیدایش منگنز کمر تالر در خاور بیرجند (استان خراسان جنوبی)"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره 2 (1388) ص 309-318.

[2] Tengfel L., "Types and genesis of manganese oxide ores in Guangxi", southwest Chines Journal of Geochemistry 18 (1999) 87-96.

[3] Kesler S. E., "Mineral resources, Economic and environment", Mac Milian and Maxwell publishing, NewYork (1994) 391 p.

[4] Stone A. T., "Microbial metabolites and the reductive dissolution of manganese oxides: Oxalate and pyruvate", Geochimica et Cosmochimica Acta 51 (1987) 919-925.

[5] Preat A., Mamet B., Di Stefano P., Martire L., Kolo K., "Microbially-induced Fe and Mn oxides in condensed pelagic sediments (Middle-Upper Jurassic, Western Sicily)", Sedimentary Geology 237 (2011) 179-188.

[6] Shah M. T., Moon C. J., "Manganese and ferromanganese ores from different tectonic settings in the NW Himalayas, Pakistan", Journal of Asian Earth Sciences 29 (2007) 455-465.

[7] Tumiaty S., Martin S., Godard G., "Hydrothermal origin of manganese in the high-pressure ophiolite metasediments of Praborna ore deposit (Aosta Valley, Western Alps)", European Journal of Mineralogy 22 (2010) 577-594.

[8] Skarpelis N., Hatzipanagiotou K., Kaiserloglou M., "Manganiferous cherts in siliceous sediments overlying the Koziakas ophiolite, Western Thessaly, Greece", The Canadian Mineralogist 30 (1992) 415-421.

[9] Dasgupta H. C., Sambasiva Rao V. V., Krishna C., "Chemical environments of deposition of ancient iron and manganese rich sediments and cherts", Sedimentary Geology 125 (1999) 83-98.

[10] رجب‌زاده م.ع، "جایگاه زمین‌شناختی و سنگ‌شناختی کانسارهای کرومیت در شمال غرب افیولیت نیریز، منطقه آباده طشک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، (1370).

[11] میرزایی م، "مطالعه کانی‌شناسی و زمین‌شیمی اندیس‌های معدنی منگنز در منطقه آباده طشک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، (1383).

[12] بیرانوندپور ا، "جایگاه زمین‌شناختی ذخایر منگنز آباده طشک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز (1385).

[13] ابراهیمی ی.ع، "تعیین جایگاه سنگ‌شناختی ذخایر معدنی کرومیت به منظور ارائه راه‌کار پی‌جویی کرومیت در مجموعه افیولیتی در منطقه آباده طشک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، (1385).

- [25] Holtstam D., Mansfeld Y., "Origin of carbonate hosted Fe-Mn-(Ba, As, Pb, Sb, W) deposit of Langbon in Central Sweden", *Mineralium Deposita* 36 (2001) 641-657.
- [26] Alexe V., Trandafir V., Saptefrati G., Mihalache A., "Black chert-hosted manganese deposits from the Bistritei Mountains, Eastern Carpathians (Romania): petrography, genesis and metamorphic evolution", *Ore Geology Reviews* 24 (2004) 45-65.
- [27] Reolid M., Kadiri K. El., Abad I., Oloriz F., Jimenez-Millan J., "Jurassic microbial communities in hydrothermal manganese crust of the Rifian Calcareous Chain, Northern Morocco", *Sedimentary Geology* 233 (2011) 159-172.
- [28] Shah M. T., Moon C. J., "Mineralogy, geochemistry and genesis of ferromanganese ores from Hazara area, NW Himalayas, Northern Pakistan", *Journal of Asian Earth science* 23 (2004) 1-15.
- [29] Jach R., Dudek T., "Origin of a Toarcian Manganese carbonate/silicate deposit from Krizna unit, Tatra Mountains, Poland", *Chemical Geology* 224 (2005) 136-152.
- [30] Pecher K., Mccubbery D., Kneeder E., Rothe J., Barger J., Melgs q., Neelson K., Tonner B., "Quantitative charge state analysis of Manganese bio minerals in aqueous suspension using scanning transmission X-Ray Microscopy (STXM)", *Geochemica et cosmochimica Acta* 67 (2003) 1089-1098.
- [31] Tebo B. M., Bargar J. R., Clement B. G., Dick K. J., Murray K. J., Parker D., Verity R., Webb S. M., "Biogenic Manganese oxides: properties and mechanisms of formation", *Annul Review Earth and planetary science letters*. 23 (2004) 287-328.
- [32] Toner B., Fakra S., Villaobs M., Warwich T., Sposito G., "Spatially Resolved characterization of Biogenic Manganese oxide production within a Bacterial Biofilm", *Appllied Environmental Microbiology* 71 (2005) 1300-1310.
- [33] Hein J. R., Schulz M. S., Dunham R. E., Stern R. J., Bloomer S. H., "Diffuse flow hydrothermal manganese mineralization along the active Mariana and southern Izu-Bonin arc system, western Pacific", *Journal of Geophysical Research* 113 (2008) 29.
- [34] Bazilevskaya E. S., "Ocean Environment and Developing of Oceanic Iron-Manganese Ores", *Doklady Earth Sciences* 429 (2009) 1417-1419.
- [35] Dubinin A.V., Uspenskaya T. Y., Gavrilenko G. M., Rashidov V. A., "Geochemistry and
- [14] Nadimi A., "Mantle flow patterns at the Neyriz Paleo-spreading center", Iran. *Earth and Planetary Science Letters* 203 (2003) 93-104.
- [15] Rajabzadeh M. A., "Mineralization en chromite et elements du groupe du platine dans les ophiolites d'Assemion et de Neyriz, ceinture du Zagros", Ph.D Thesis. Polytechnique University of Lorraine (1998).
- [16] Rajabzadeh M. A., Nazari Dehkordi T., "Mineralogy, geochemistry and geotectonic significance of mantle peridotites with high-Cr chromitites in the Neyriz ophiolite from the outer Zagros ophiolite belts, Iran", *Journal of African Earth Sciences* 78 (2013) 1-15.
- [17] Hassanipak A. A., Ghazi A. M., Wampler J. M., "Rare earth element characteristics and K-Ar ages of the Band Ziarat ophiolite complex southeastern Iran", *Canadian Journal Earth Science* 33 (1996) 1534-1542.
- [18] Velilla N., Jimenez Millan J., "Origin and metamorphic evolution of rocks with braunite and pyrophanite from the Iberian Massif (SW Spain)", *Mineralogy and petrology* 98 (2003) 73-91.
- [19] Marescotti P., Frezzotti M. L., "Alteration of braunite ores from Eastern Liguria (Italy) during syntectonic veining processes: Mineralogy and fluid inclusions", *European Journal of Mineralogy* 12 (2000) 341-356.
- [20] Guilbert J. M., park C. F., "The geology of ore deposits", Freeman W.H and company NewYork (1986) 985.
- [21] Salem I. A., Ibrahim M. E., Monsef M. A. E., "Mineralogy, geochemistry, and origin of hydrothermal manganese veins at Wadi Malik, Southern Eastern Desert, Egypt", *Arabian Journal of Geosciences* 5 (2012) 385-406.
- [22] Rantitsch G., Melcher F., Meisel T., Rainer T., "Rare earth, major and trace elements in Jurassic manganese shales of the northern Calcareous Alps: hydrothermal versus hydrogenous origin of stratiform manganese deposits", *Mineralogy and petrology* 77 (2003) 109-127.
- [23] Dessle L. W., cronan V., Marchig M., Wiedicke M., "Hydrothermal sedimentation adjacent to propagating Valu Fa Ridge, Lau Basin, sw pacific", *Marine Geology* 162 (2000) 479-500.
- [24] Acharya B. C., Rao D. S., Sahoo P. K., "Mineralogy, chemistry and genesis of Nishikhal Manganese ore of south Orissa, India", *Mineralium Deposita* 32 (1997) 79-93.

[36] Mishra P. P., Mohapatra B. K., Singh P. P.,
“*Contrasting REE signatures on manganese ores
of iron ore group in North Orissa, India*”, *Journal
of Rare Earths* 25 (2007) 749-758.

*Genesis of Fe–Mn Mineralization in Island Arcs
in the West Pacific Ocean*”, *Geochemistry
International* 46 (2008) 1206-1227.