

زمین‌شناسی، کانه‌نگاری، ژئوشیمی و زایش معدن منگنز بزین، اردستان (استان اصفهان)

محمد لطفی^۱، سیده فریبا سجادی آل‌هاشم^{۲*} و محمدهاشم امامی^۳

^۱ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران-شمال؛ پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۲ کارشناس ارشد، پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۳ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر؛ پژوهشکده علوم‌زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۲۱

چکیده

کانسار منگنز بزین در ۲۵ کیلومتری جنوب-جنوب‌باختر اردستان و در کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر قرار دارد. واحدهای اصلی منطقه مورد مطالعه را توالی‌های آتشفشانی، آذرآوری و توده‌های نفوذی به سن ائوسن میانی تا الیگوسن پایینی تشکیل می‌دهند. گنبد ریولیتی پورفیری از این مجموعه، به سن ائوسن بالایی-الیگوسن پایینی، میزبان کانه‌زایی اقتصادی منگنز است. کانه‌زایی منگنز در کانسار بزین به صورت رگه‌هایی با امتداد چیره شمال‌خاور-جنوب‌باختر، با طول منقطع ۱/۵ کیلومتر و عرض متوسط ۱/۵ متر در دو کارگاه استخراجی یک و دو رخ داده است. ذخیره قابل بهره‌برداری این کانسار ۶۰ هزار تن با عیار میانگین ۵۰/۱۸ درصد MnO برآورد شده است. کانی‌های اصلی منگنز براونیت، بیکسبات، هاسمانیت، اسپسارتین، رودوکروزیت، منگانیت، پیرولوزیت، پسیلومان و کریتوملان هستند که به همراه کانی‌های آرسنیک و مس با بافت‌های توده‌ای، ریزبلور (میکرو کریستالین)، بلوری، کلوform و کلوییدال، حبابی‌شکل، سوزنی، تیغه‌ای، رگچه‌ای، برشی، استوک‌ورک و بازماندی دیده می‌شوند. بر پایه ویژگی‌های ژئوشیمیایی کانسنگ در این کانسار و مقایسه آنها با کانسارها و انواع شناخته شده منگنز، این کانسار همخوانی خوبی با کانسارهای گرمابی منگنز نشان می‌دهد. بر پایه ویژگی‌های زایشی مانند شکل کانه‌زایی، سنگ میزبان، ساخت و بافت کانسنگ، بررسی‌های کانی‌شناسی و کنترل‌کننده‌های زایشی نیز این کانسار قابل مقایسه با کانسارهای منگنز نوع اپی‌ترمال است. در مورد منبع احتمالی منگنز، می‌توان کانه‌زایی همزاد (سین ژنتیک) کم‌عیار در واحد کهن‌تر از گنبد ریولیتی را واحد تأمین‌کننده فلزات در نظر گرفت. به گونه‌ای که با نفوذ گنبد ریولیتی در این واحد، منگنز به صورت رگه‌های ناهمزاد (اپی ژنتیک) پرعیار در گنبد بالا تغلیظ شده است.

کلیدواژه‌ها: کانه‌زایی رگه‌ای، کانسار اپی‌ترمال، گنبد ریولیتی پورفیری، کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر، بزین، اردستان

E-mail: fariba.sadjadi@yahoo.com

*نویسنده مسئول: سیده فریبا سجادی‌ال‌هاشم

۱- مقدمه

(XRF) در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۵ نمونه کانسنگ با روش تلفیقی ICP-MS & ICP-OES با آماده‌سازی به روش چهار اسید، برای دستیابی به عناصر فرعی کانسنگ و ۳ نمونه از کانسنگ و ۴ نمونه از سنگ درون‌گیر به روش ICP-MS با آماده‌سازی ذوب لیتیم متابورات برای دستیابی به عناصر خاکی کمیاب در شرکت ALS Chemex کشور کانادا تجزیه شده‌اند (جدول ۱).

۲- زمین‌شناسی

از دید چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی در منطقه بزین واحدهای مختلف آتشفشانی، آذرآوری و سنگ‌های نفوذی دیده می‌شود. طبق نقشه ۱:۲۰,۰۰۰ منطقه (شکل ۲) این واحدها شامل موارد زیر هستند:

- واحد توف و آذرآوری‌های ائوسن میانی (E_4^{1-vc})، که تناوبی از توف و توف برش‌های فلسیک با آذرآوری‌های میانه تا مافیک است.

- واحد آندزیت، بازالت‌آندزیتی ائوسن بالایی (E_6^{ab}) که مجموعه‌ای از آندزیت-بازالت‌آندزیتی خاکستری تیره به همراه گدازه‌های ریولیتی-ریوداستیتی سفید رنگ، توف برشی و ایگنمبریتی است.

- واحد توف ریولیتی برشی ائوسن بالایی (E_6^1) که در باختر محدوده مورد مطالعه قرار دارد؛ این واحد خود، به سه بخش تقسیم می‌شود:

بخش ۱) پانزده متر مجموعه آذرآوری از توف برشی شیشه‌ای آهن‌دار به رنگ سرخ، با بافت ویتروکلاستیک آهن‌دار؛

بخش ۲) نوار باریکی به سترای یک تا سه متر توف آهکی چرتی شده شیشه‌ای با فنوکلاست‌های بلورین؛ در شکل ۴ رخنمون صحرائی و در شکل ۵ تصویر میکروسکوپی از این بخش مشاهده می‌شود.

بخش ۳) ریولیت‌های برشی سترلایه با قطعات زاویه‌دار تا کمی گرد شده و زمینه هم‌جنس. - گنبد‌های ریولیتی پورفیری ائوسن بالایی-الیگوسن زیرین (R.P.D) که بیشتر نقشه

کانسار منگنز بزین اردستان با موقعیت جغرافیایی $34^{\circ} 19' 40''$ طول خاوری و $33^{\circ} 15' 10''$ عرض شمالی در ۲۵ کیلومتری جنوب-جنوب‌باختر اردستان، در استان اصفهان قرار دارد (شکل ۱). این منطقه در ایران مرکزی و کمر بند ماگمایی ارومیه - دختر قرار گرفته است (رادفر، ۱۳۷۸). وجود کانسارها و اندیس‌های فراوان آهن و منگنز در بخشی از این کمر بند از قم تا ناین اهمیت این مطالعه را نشان می‌دهد. میزبان کانه‌زایی در کانسار بزین، گنبد ریولیتی پورفیری به سن ائوسن بالایی-الیگوسن پایینی است. ذخیره قطعی این کانسار برابر با ۱۱۱۳۲۵ تن و ذخیره قابل بهره‌برداری آن ۶۶۸۰۰ تن (حاج محمد ولی، ۱۳۸۱) با عیار میانگین ۵۰/۱۸ درصد MnO برآورد شده که در حال حاضر توسط بخش خصوصی در حال بهره‌برداری است. در این نوشتار تلاش می‌شود با نگاهی به زمین‌شناسی منطقه و توصیف کانه‌زایی‌های موجود، درباره ویژگی‌های کانی‌شناختی و ژئوشیمیایی کانسنگ و در پایان، چگونگی تشکیل و تمرکز ماده معدنی و نوع احتمالی آن بحث شود.

۲- روش مطالعه

در بررسی‌های صحرائی به منظور جدایش واحدها و مشخص کردن نوع سنگ میزبان کانه‌زایی، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس‌های ۱:۲۰,۰۰۰ (شکل ۲) و ۱:۵,۰۰۰ (شکل ۳) تهیه شده است. ۳۵ مقطع نازک از سنگ‌های منطقه برای مطالعات آزمایشگاهی، ۳۳ مقطع صیقلی و ۲ مقطع نازک-صیقلی از نمونه‌های کانسنگ تهیه و مطالعه شده است. برای شناخت کانی‌های موجود، ۲۶ نمونه به روش پراش پرتو ایکس (XRD) و همچنین، ۲۱ نمونه از واحدهای در برگیرنده ماده معدنی به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی برای دو عنصر منگنز و آهن در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تجزیه شده است. برای انجام مطالعات ژئوشیمیایی ۱۷ نمونه از کانسنگ و ۵ نمونه از سنگ درون‌گیر به روش تجزیه فلورسانس پرتو ایکس

۴-۱. کانه‌زایی منگنز در زیر واحد ویتریک کریستال توف آهکی از واحد E₁

در رخنمون‌های نازک‌لایه توف چرتی- در باختر کانسار بزنین- کانه‌زایی منگنز به صورت لامینه‌ها و عدسی‌های کوچک از کانی براونیت مشاهده می‌شود. تجزیه شیمیایی به روش جذب اتمی نشان‌دهنده ۱/۳۰ درصد MnO و ۲/۱۷ درصد Fe₂O₃ است. ساخت چین‌خورده توف با منگنز نشان‌دهنده تشکیل همزمان سنگ درون‌گیر و ماده معدنی و همزاد (سین‌ژنتیک) بودن آن است (شکل ۱۱). نکته قابل توجه در تمرکز کانی‌های منگنز در این رخساره، حضور محیط کربناتی و در نتیجه فراهم شدن محیط احیایی برای رسوب منگنز است؛ بنابراین، کانی‌های منگنز در بخش‌های کربناتی توف تمرکز بیشتری دارند. در بخش‌هایی که آهک‌ها ریز بلور (میکریتی) هستند، نوارهای باریکی از منگنز قابل مشاهده است؛ ولی، در نتیجه تبلور دوباره آنها طی فرایند دیاژنز و تشکیل آهک‌های درشت‌بلور (اسپاریتی)، کانی‌های منگنز نیز در این محل‌ها به حالت تجمعی و تمرکز درآمده‌اند (شکل ۱۲).

۴-۲. گنبد ریولیتی (R.P.D) ائوسن پسین-الیگوسن پیشین، به صورت پرعیار و اقتصادی

کانه‌زایی اقتصادی منگنز در کانسار بزنین، در گنبد ریولیتی پورفیری رخ داده است که به صورت رگه‌هایی با امتداد چیره N50°E و با شیب ۶۵ درجه به سوی جنوب خاور دیده می‌شود (سجادی، ۱۳۸۴). عملیات استخراجی در دو کارگاه مجزای یک (با طول ۲۵۰ متر و ستبرای ۳ تا ۵ متر و عیار میانگین ۵۲/۷۲ درصد MnO) و کارگاه دو (با طول ۷۰ متر و ستبرای ۰/۵ تا ۱/۵ متر و عیار میانگین ۴۶/۶۶ درصد MnO) انجام می‌شود. این دو کارگاه در یک رگه منگنزدار و با فاصله یک کیلومتری از یکدیگر قرار گرفته‌اند. در فاصله این دو کارگاه، رگه‌های کانه‌دار، به دلیل ستبرای کم ماده معدنی، قابل استخراج نبوده‌اند.

در محل رگه‌های منگنز برش‌های گرمایی دیده می‌شود. شواهدی مانند چرخش قطعات سنگ میزبان ریولیتی، نبود آردسنگ (Gouge) و مرز صاف شکستگی در قطعات سنگی، نشان‌دهنده گرمایی بودن این برش‌ها است (شکل ۱۳). دگرسانی همراه کانه‌زایی، در هر دو کارگاه، رسی و کربناتی شدن است. باطله کلسیتی پیش، همزمان و پس از کانه‌زایی به وجود آمده است. ساخت‌های قابل مشاهده در نمونه دستی بیشتر توده‌ای (شکل ۱۴) و گاه ریتیمیک همراه با آراگونیت (شکل ۱۵) و استوک‌ورک (شکل ۱۶) است. بافت‌های میکروسکوپی شامل بافت توده‌ای، ریزبلوری (میکروکریستالی)، بلوری، کلوفرم-کلوئیدی، حبابی‌شکل، سوزنی، تیغه‌ای، رگچه‌ای، برشی و بازماندی است.

فرایند برون‌زاد (سوپرژن) در کانسارهای منگنز سبب ایجاد تغییرات کانی‌شناختی نسبت به ژرفا و تغلیظ منگنز در سطح می‌شود. در کانسار بزنین نیز به علت اختلاف ارتفاع ۱۵۰ متری میان دو کارگاه یک و دو، فرایند برون‌زاد به‌طور متفاوتی بر آنها تأثیر گذاشته است. در کارگاه دو، به دلیل قرارگیری در تراز ارتفاعی پایین‌تر، کانی‌های اولیه منگنز مانند براونیت، بیکسبایت، اسپساریتین و رودوکروزیت نسبت به کارگاه یک فراوان‌تر هستند. در کارگاه یک فرایند برون‌زاد شدیدتر بوده است و پراکسیدهای منگنز مانند پیرولولزیت، پسیلوملان و کریپتوملان که می‌توانند در محیط‌های دارای پتانسیل اکسیداسیون زیاد به وجود آیند (Villiers, 1983)، بیشتر دیده می‌شوند. تأثیر تغییر در کانه‌های موجود و عیار نسبت به ژرفا و در نتیجه تأثیر فرایندهای برون‌زاد در مقیاس کوچک‌تر را می‌توان در نمونه‌های برداشت‌شده از سه تراز مختلف ارتفاعی یک چاه در کارگاه دو نیز در صورت جدول ۲ مشاهده کرد. بر پایه تجزیه XRD و مطالعات میکروسکوپی، کانه‌های اصلی در کارگاه یک شامل کانی‌های پیرولولزیت (شکل ۱۷)، پسیلوملان (شکل‌های ۱۸ و ۱۹)، براونیت (شکل‌های ۱۷ و ۱۹)، هاسمونیت (شکل ۲۰)، اسپساریتین (شکل ۲۱) و رودوکروزیت است. در این کارگاه، کانه‌های مالاکیت و کالکوسیت نیز مشاهده می‌شود. کانه‌های اصلی منگنزدار در کارگاه دو نیز شامل براونیت، بیکسبایت (شکل ۲۲) و کانی

۱:۲۰۰۰۰ را در برمی‌گیرد و واحدهای آذرآواری ائوسن میانی-بالایی را قطع می‌کند. ساخت آن پورفیری و درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز در آن قابل مشاهده است. به دلیل گرانروی زیاد گدازه ریولیتی، ساختار گنبدی‌شکل مورد انتظار است و ساخت‌های حاصل از سرد شدن، سبب لایه‌بندی‌های دروغین شده است. در این سنگ قطعات بیگانه‌ای از آذرآواری‌ها و آتشفشانی‌های کهن‌تر، در نمونه دستی (شکل ۶) و در مقطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود. بافت این سنگ در مقطع میکروسکوپی پورفیری، شامل بلورهای کوارتز و فلدسپار در زمینه‌ای ریزبلور و فسفوریک با تبلور دوباره شیشه است. این شیشه‌زدایی می‌تواند ناشی از سرد شدن تدریجی زمینه ویتروفیریک باشد. در برخی نمونه‌ها بافت جریان‌ی پورفیریتیک، میکروپگماتیستی و به صورت ضعیف گرافیکی نیز قابل مشاهده است. کانی‌های اصلی آن کوارتزهای شکل‌دار خلیجی با کناره‌های واکنشی که ۲۰ درصد حجم سنگ را تشکیل می‌دهند (شکل ۷)، ارتوز خلیجی و گاه کلسیتی شده، پلاژیوکلازهای (آلیت-الیگوکلاز) سریستی و کلسیتی شده هستند. کانی‌های بیوتیت، آمفیبول و به میزان کمتر اسفن، آپاتیت و کریستوبالیت نیز مشاهده شده‌اند. دگرسانی‌های موجود شامل سریستی شدن، کلسیتی شدن، رسی شدن، اپیدوتی شدن، آدولاریایی شدن و زئولیتی شدن در فلدسپارها، اپاسیتی شدن، کلریتی شدن و سرپانتینی شدن در کانی‌های تیره است. - واحد توف و توفیت ریولیتی- داسیتی (E₆^{PV}) که ۸۵ متر توالی آتشفشانی-رسوبی از توف ریولیتی-ریوداسیتی و توفیت هم‌جنس به همراه آهک قاعده‌ای به سن ائوسن بالا-الیگوسن زیرین است و تنها رخنمون آن در باختر نقشه ۱:۲۰،۰۰۰ (شکل ۲) سه کیلومتری باختر روستای ماست‌بندی دیده می‌شود. این واحد همزمان و جوان‌تر از گنبد ریولیتی پورفیری است (شکل ۸). بر پایه پیمایش دقیق صحرایی و مطالعات میکروسکوپی ۱۰ زیر واحد در آن جدا شده است. زیر واحد قاعده‌ای آن یک آهک پیریتی نازک‌لایه خاکستری رنگ و بدون فسیل است. در رخنمون صحرایی و مقاطع میکروسکوپی این سنگ آهک، قطعات سنگی و کانیایی از گنبد ریولیتی مجاور، در آن دیده می‌شود (شکل ۹). وجود این قطعات آتشفشانی نشان‌دهنده تشکیل همزمان آن با گنبد بالا در این محل است که به این پدیده، پیریت (Peperite) می‌گویند. پیریت به سنگ‌هایی گفته می‌شود که در اثر مخلوط شدن ماگما یا گدازه با رسوبات نرم کف دریا به وجود می‌آیند (Fisher, 1961). روی این آهک پیریتی، زیر واحدهای توف و آذرآواری قرار می‌گیرند. وجود ساخت‌هایی مانند ریپل‌مارک، قالب‌های وزنی و رنگ سرخ برخی زیر واحدها که دلیلی بر آهن‌دار بودن آنهاست، نشانگر محیط کم‌ژرفا و اکسیدان در زمان تشکیل آن است. مشاهده ریزبالتشک‌های (میکروپیلوهای) بازی در حال تخریب در مقطع میکروسکوپی، نشانگر آمیختگی ماگمای بازی و اسیدی است. - سنگ‌های نفوذی در منطقه شامل توده‌های ژرف دیوریت-مونزودیوریت (D-MD) است که گنبد ریولیتی را قطع می‌کنند و از آن جوان‌تر هستند. - نمودهای آخرین فاز ماگمایی در منطقه دایک‌های دیابازی، دیوریتی و ریولیتی هستند که واحدهای سنگی کهن‌تر را قطع کرده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳).

۴-کانه‌زایی و کانی‌شناسی

کانه‌زایی منگنز در منطقه مورد مطالعه، از قدیم به جدید، در سنگ میزبان‌های زیر دیده می‌شود (شکل ۱۰):

- زیر واحد ویتریک کریستال توف آهکی چرتی شده در قاعده واحد E₁ (ائوسن پسین)، به صورت کم‌عیار و غیر اقتصادی در باختر کانسار بزنین.
 - گنبد ریولیتی (R.P.D) ائوسن پسین-الیگوسن پیشین، به صورت پرعیار و اقتصادی در کانسار بزنین.
 - زیر واحد آهک پیریتی در قاعده واحد E₆^{PV} (ائوسن بالا-الیگوسن زیرین)، به صورت کم‌عیار و غیر اقتصادی.
- در ادامه کانه‌زایی‌های منگنز بررسی خواهد شد:

قرار گرفته‌اند، بنابر نتایج تجزیه XRD و مطالعات مقاطع میکروسکوپی، دارای اسپسارتین (گارنت منگنزدار) و شماری نیز دارای کانی‌های رسی هستند، از این رو، فراوانی آلومینیم و سیلیسیم در این نمونه‌ها موجب شده است که آنها از محدوده گرمایی خارج شوند. رفتار متفاوت عناصر طی فرایند برون‌زاد نیز می‌تواند در این امر دخالت داشته باشد. از دید عناصر خاکی کمیاب، تهی‌شدگی سریم نسبت به لاتانیم و مقدار میانگین مجموع عناصر خاکی کمیاب (۲۷۲/۶) در نمونه‌های کانسار بزین همخوانی خوبی با کانسارهای گرمایی منگنز نشان می‌دهد (سجادی آل‌هاشم و همکاران، ۱۳۸۴). نمودار بهنجار شده این عناصر نسبت به کندریت در شکل ۲۷- الف آورده شده است. تهی‌شدگی سریم نسبت به لاتان تأییدی بر منشأ گرمایی کانسار بزین است، این امر با مقایسه شکل‌های ۲۷- الف و ب نیز تأیید می‌شود. مقدار میانگین مجموع این عناصر در ۴ نمونه تجزیه شده ۲۷۲/۶ است، که نشان از منشأ گرمایی این کانسار دارد. به دلیل وجود اسپسارتین، مگنتیت و مونت‌موریلونیت در نمونه AFS-21، غنی‌شدگی مشخصی در محتوای کلی عناصر خاکی کمیاب این نمونه مشاهده می‌شود. این کانی‌ها می‌توانند دارای مقادیر بالایی عناصر خاکی کمیاب باشند.

۶- نتیجه‌گیری

برپایه تقسیم‌بندی Nicholson (1992a) و Roy (1988 & 1992) و با توجه به شکل رگه‌ای کانه‌زایی، نوع و سن سنگ میزبان، دگرسانی‌های سنگ دیواره، کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانه‌ها و ویژگی‌های ژئوشیمیایی کانسنگ، کانسار منگنز بزین در رده کانسارهای گرمایی منگنز قرار می‌گیرد. با مقایسه‌ای میان ویژگی‌های این کانه‌زایی و انواع جهانی منگنزهای گرمایی، به این نتیجه می‌رسیم که کانسار منگنز بزین بیشترین شباهت را با کانسارهای منگنز نوع اپی‌ترمال نشان می‌دهد. در جدول ۴ ویژگی‌های کانسار بزین با کانسارهای منگنز نوع اپی‌ترمال مقایسه شده است. با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان مراحل تشکیل و تمرکز منگنز در کانسار بزین را به صورت زیر بیان کرد:

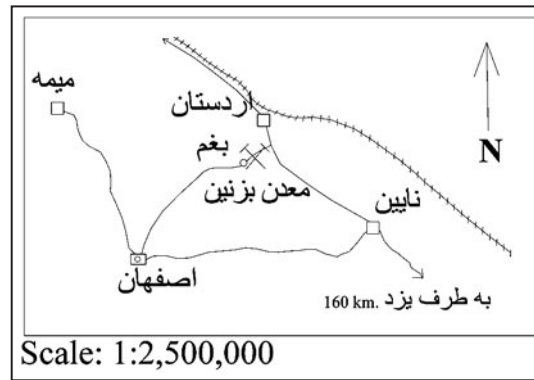
- ۱- نهشت همزاد منگنز در بخش توف آهکی چرتی شده شیشه‌ای، از واحد E_6^1 در اثر بیرون آمدن فومورول‌ها، در حوضه‌ای کم‌ژرفا؛
- ۲- تشکیل گنبد ریولیتی؛
- ۳- تشکیل همزمان آهک منگنزدار در حوضه دریایی کم‌ژرفا (ساحلی) در خاور گنبد ریولیتی؛
- ۴- ایجاد شکستگی‌هایی با روند چیره شمال خاور- جنوب باختر در گنبد ریولیتی، و در پی آن نفوذ آب‌های جوی در این شکستگی‌ها و گرم شدن آنها در ژرفا و تشکیل یک سیال گرمایی؛
- ۵- شسته شدن منگنز از بخش توف آهکی چرتی شده شیشه‌ای، از واحد E_6^1 و تمرکز آن در سیال گرمایی، این سیال داغ و پرفشار و دارای کمپلکس‌های فلزی در هنگام ورود به فضای خالی شکستگی‌ها، به دلیل کاهش دما و ناپایداری کمپلکس‌های فلزی، سبب نهشت کانی‌های منگنز در شکستگی‌ها شده است. فشار نفوذ این سیال سبب تشکیل برش‌های گرمایی با زمینه منگنز شده است؛
- ۶- ادامه فرایندهای زمین‌ساختی، چین دادن توالی‌های منطقه و بریدن و جابه‌جایی رگه‌های منگنز، فرسایش، هوازدگی و تأثیر فرایند برون‌زاد کانی‌های درون‌زاد منگنز و مس.

آرسنیک‌دار تیلایت است. کانی‌های رانسیت، کلوندتیت ($As_2O_3 = \text{Claudetite}$)، پیریت، مالاکیت، بروشانتیت، کُنچالسیت ($\text{Conichalcite} = \text{CaCu}(\text{OH})(\text{AsO}_4)$)، کوولیت، کالکوسیت، کوپریت، توریت، همتیت، گوتیت به همراه باطله کلسیت و انیدریت مشاهده شده است. کانی‌های مس در کارگاه دو بیشتر مشاهده شده‌اند. توالی همبود (تقدم و تأخر) تشکیل کانی‌های منگنز، آرسنیک، مس و آهن در کانسار بزین در شکل ۲۳ آورده شده است. این کانی‌ها به دو گروه اولیه (درون‌زاد) و ثانویه (برون‌زاد) تقسیم شده‌اند.

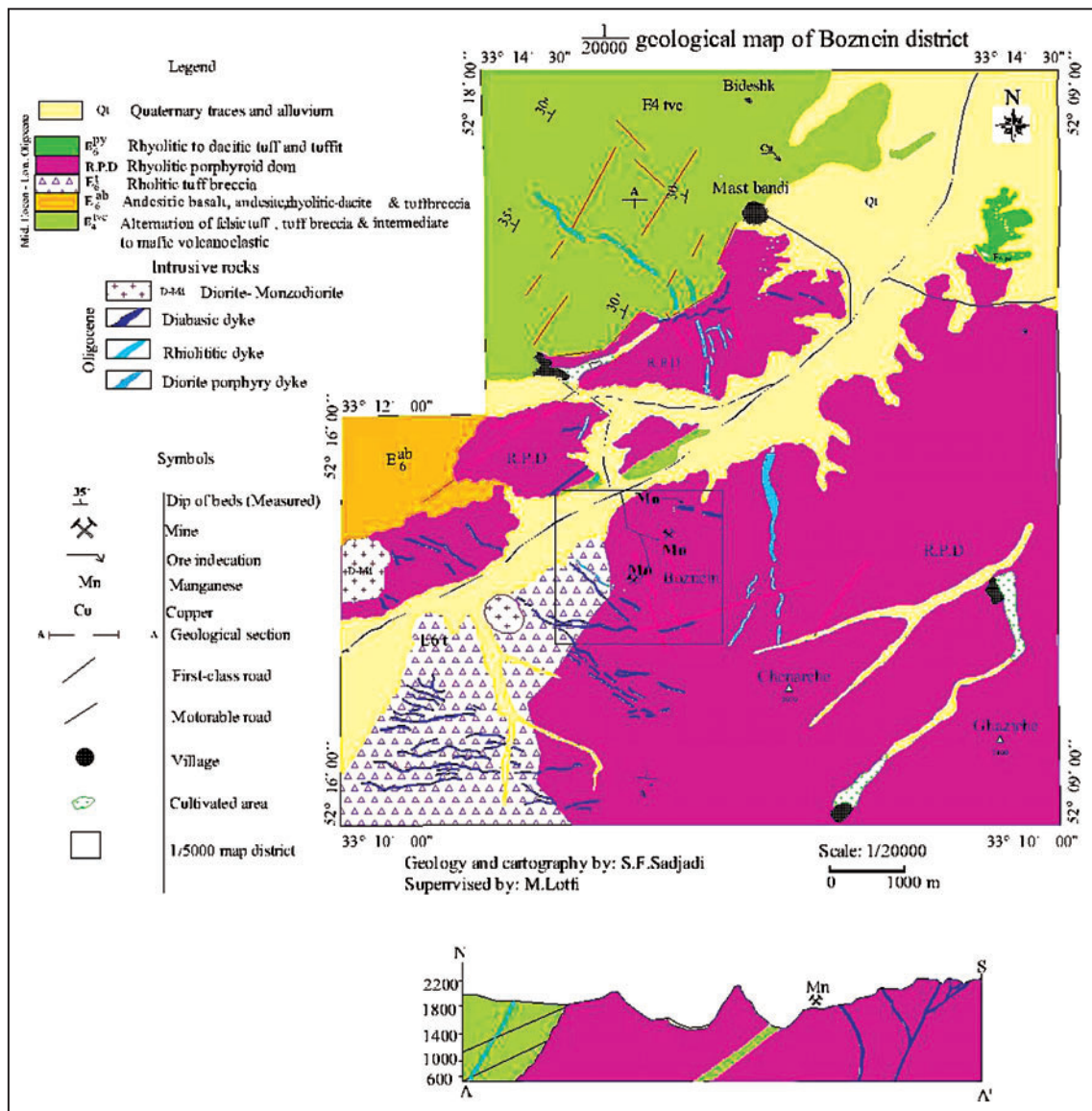
۴-۳. کانه‌زایی منگنز در آهک‌های پیریتی از واحد E_6^{PY} ، شمال خاور کانسار بزین
در شمال خاور کانسار بزین در جنوب روستای ماست‌بندی در آهک‌ها قاعده‌ای واحد E_6^{PY} عدسی‌ها و لامینه‌های کوچک منگنز (کانی براونیت) دیده می‌شوند که تجزیه شیمیایی به روش جذب اتمی یک نمونه از آن نشان‌دهنده ۲/۲۷ درصد MnO و ۰/۷۹ درصد Fe_2O_3 است. در تجزیه پراش پرتو ایکس این نمونه کانی فلئوئوریت گزارش شده است. ساخت لامینه و چین‌خوردگی همزمان آهک و کانه‌های منگنز نشان‌دهنده همزادبودن این کانه‌زایی است (شکل ۲۴). در مقیاس میکروسکوپی تمرکز کانه منگنز در راستای میکرواستیلولیت در شکل ۲۵ مشاهده می‌شود.

۵- ژئوشیمی کانسنگ در کانسار بزین

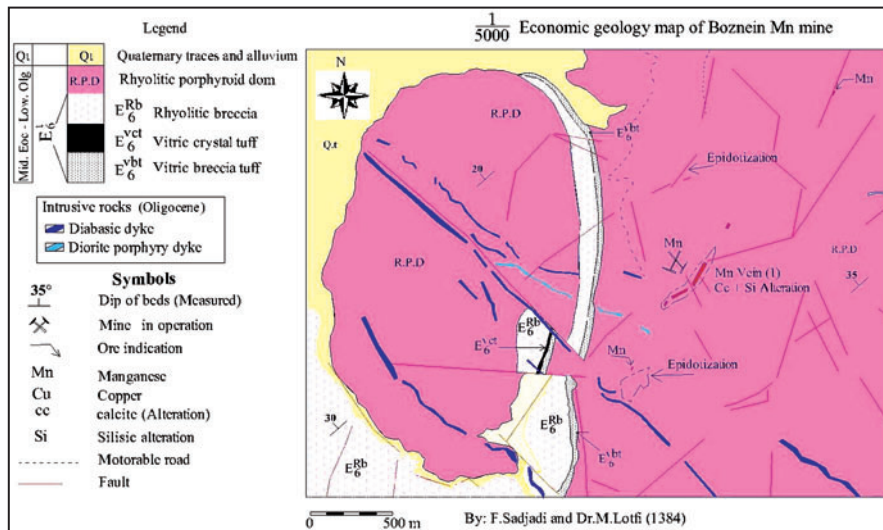
نمونه‌های کانسنگی کانسار بزین، غنی‌شدگی‌های قابل توجهی در عناصر آرسنیک، فلئوئور، باریم، استرانسیم، روی، آنتیموان، مس، سرب، تنگستن، برلیوم، مولیبدن، وانادیم و کادمیم نشان می‌دهند. عناصر غنی‌شده همراه با شماره ناهنجارترین نمونه آورده شده‌اند. به باور Nicholson (1992a) کانسارهای گرمایی منگنز بیشتر در عناصر Cd، Li، Zn، V، Sr، Sb، Pb، Mo، Cu، Ba، As به‌ویژه تنگستن و تالیم غنی‌شدگی نشان می‌دهند. نمونه‌های کانسنگ کانسار بزین غنی‌شدگی‌های قابل توجهی در عناصر یادشده در بالا به‌جز در دو عنصر تالیم و لیتیم نشان می‌دهند (جدول ۳). نمونه‌های مورد مطالعه حتی تهی‌شدگی مشهودی از این دو عنصر نشان می‌دهند. منگنز با عناصر تنگستن، رنیم، باریم، آنتیموان، لیتیم، گوگرد، مولیبدن، کادمیم، سرب و روی همبستگی مثبت و با عناصر فسفر، سیلیسیم، فلئوئور، سزیم، ایندیم، هافنیم، قلع، ریدیم، تالیم، کلسیم، توریم، نیکل، ژرمنیم، آهن و وانادیم همبستگی منفی نشان می‌دهد. به باور Nicholson (1992a)، همبستگی مثبت منگنز و مولیبدن یکی از شاخص‌های مربوط به کانسارهای منگنز گرمایی است. مقادیر بیشینه و کمینه نسبت Mn/Fe در کانسار منگنز بزین (۳۱۴/۵ تا ۱۲/۰۸) و مقدار میانگین آن (۹۸/۴۳) نیز این کانسار را در رده کانسارهای گرمایی منگنز قرار می‌دهد (Nicholson, 1992a). شاهدهی دیگر بر تأیید خاستگاه گرمایی این کانسار، قراردادن داده‌های نمونه‌های کانسنگی در نمودارهای $\text{As}+\text{Cu}+\text{Mo}+\text{Pb}+\text{Zn}$ در برابر $\text{Co}+\text{Ni}$ (Nicholson, 1992b)، $\text{Cu}+\text{Ni}+\text{Co}$ در برابر Co/Zn (Toth, 1980, after Shah & Moon, 2004) و نمودار مثلی $\text{Mn}-\text{Fe}-(\text{Co}+\text{Ni}+\text{Cu}) \times 10$ (modified by Toth, 1980, Bonatti et al., 1972) (after Shah & Moon, 2004) است که همگی در محدوده گرمایی قرار می‌گیرند (شکل‌های ۲۶- الف، ب و ج). در نمودار Al در برابر Si (Crerar et al., 1982) نمونه‌های کانسار منگنز بزین در محدوده نهشته‌های گرمایی و آب‌زاد-تخریبی قرار می‌گیرد (شکل ۲۶- د). نمونه‌هایی که در این نمودار در محدوده آب‌زاد-تخریبی



شکل ۱- راه دسترسی به معدن منگنز بزنین در شمال خاور اصفهان و هم‌جوار با روستای بغم.



شکل ۲- نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه معدنی بزنین (سجادی و لطفی، ۱۳۸۴).



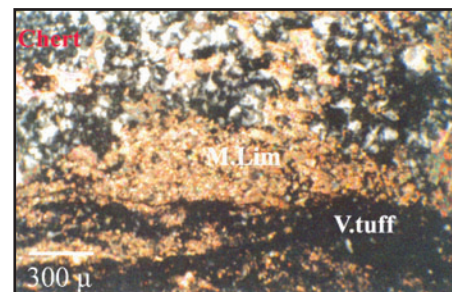
شکل ۳- نقشه ۱:۵۰۰۰ معدن منگنز بزنین (سجادی آل‌هاشم و همکاران، ۱۳۸۴).



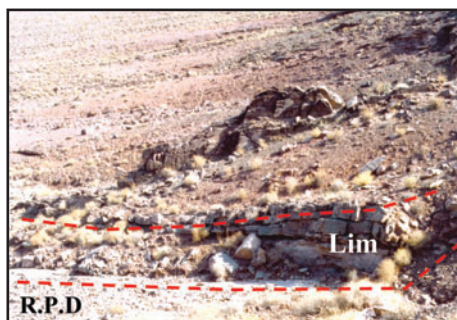
شکل ۴- نمایی از ویتریک کریستال توف آهکی (بخش ۲ از واحد E₆¹ در رخنمون صحرایی).



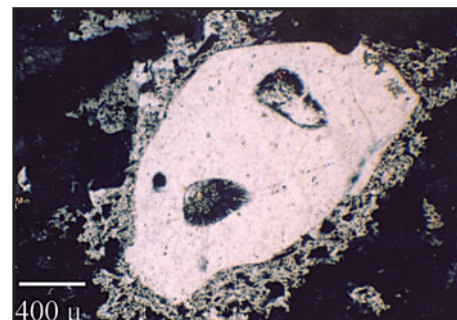
شکل ۶- نمایی از قطعات بیگانه زاویه‌دار مافیک در گنبد ریولیتی (R.P.D)، رگچه‌های منگنز نیز در تصویر مشخص است.



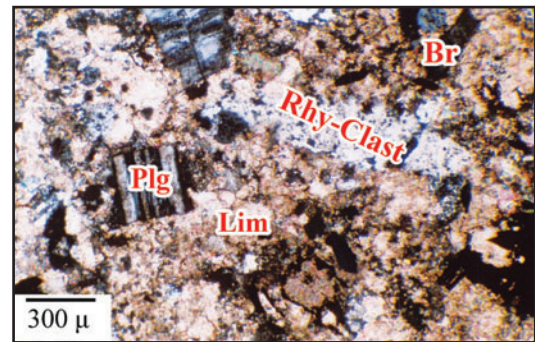
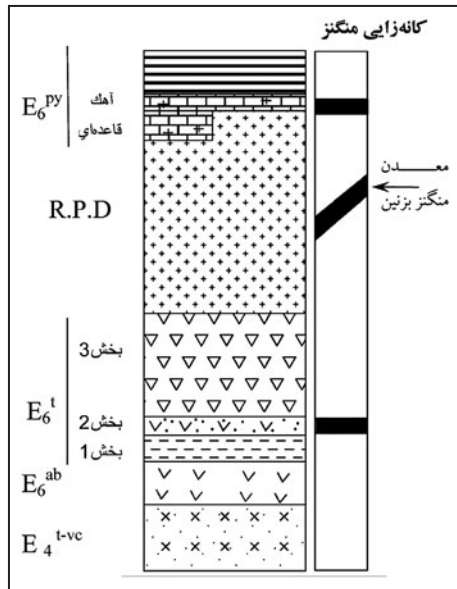
شکل ۵- تناوبی از چرت، آهک ریز بلور (میکروکریستالین) و توف شیشه‌ای (V.tuff) در ویتریک کریستال توف آهکی (بخش ۲ از واحد E₆¹، بزرگ‌نمایی ۶۳ برابر (XPL)



شکل ۸- نمایی از قاعده واحد E₆^{py} که در آن لایه‌های آهکی (Lim) در کنار گنبد ریولیتی (R.P.D) مشخص هستند، خاور روستای ماست‌بندی، دید به سوی شمال خاور.

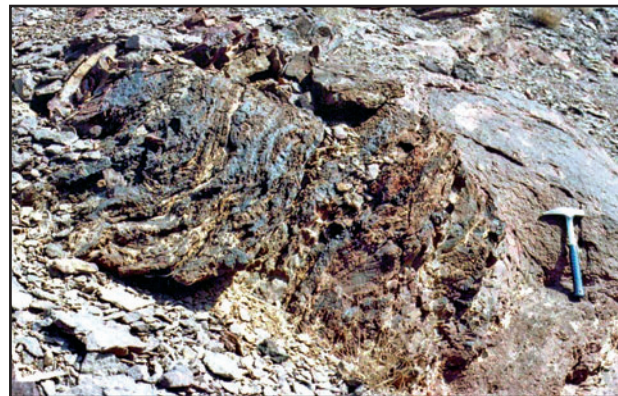


شکل ۷- درشت‌بلوری از کانی کوارتز (Qtz) با کناره‌های واکنشی در گنبد ریولیتی (R.P.D)، بزرگ‌نمایی ۵۰ برابر (XPL).

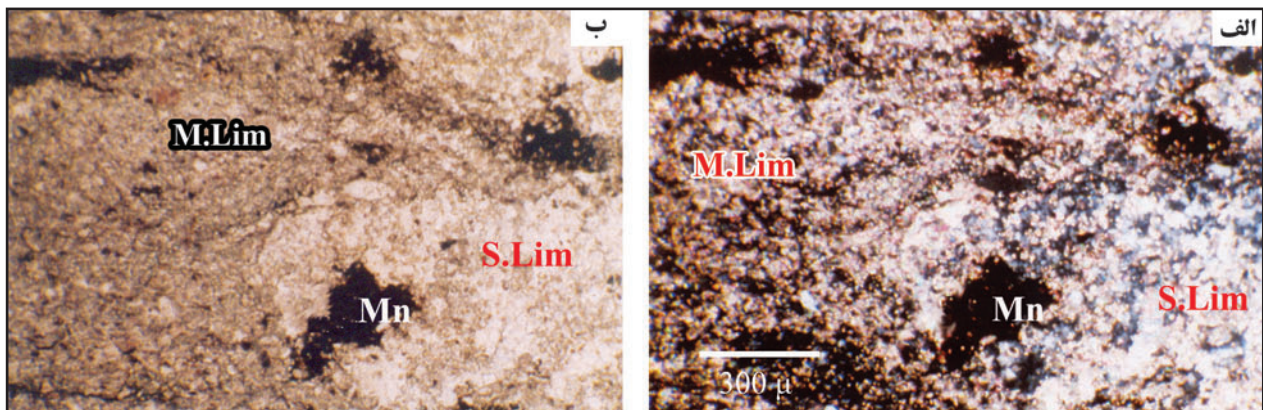


شکل ۹- تصویر میکروسکوپی از پدیده پیریتی شدن در آهک قاعده واحد E_6^{py} . بلور پلاژیوکلاز (plg) و تکه‌ای از سنگ ریولیتی (Rhy-Clast) در زمینه آهکی (Lim) دیده می‌شود. کانه اولیه براونیت (Br) نیز در تصویر مشخص است، بزرگ‌نمایی ۶۳ برابر (XPL).

شکل ۱۰- ستون چینه‌شناسی در منطقه معدن و کانه‌زایی‌های موجود، کانه‌زایی در R.P.D به صورت رگه‌ای قطع‌کننده، در بخش دوم E_6^t و آهک قاعده‌ای واحد E_6^{py} به صورت هم‌روند بالاییه‌بندی است.



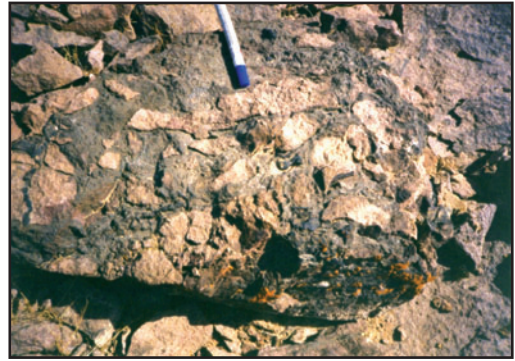
شکل ۱۱- چین‌خوردگی همزمان ویتریک کریستال توف آهکی و کانه‌های منگنز در مرز گنبد ریولیتی.



شکل ۱۲- منگنز (Mn) به صورت نواری در آهک ریز بلور (میکریتی) (M. Lim) و تمرکز آن به صورت تکه‌ای (Pach) در آهک‌های درشت بلور (اسپاریتی) (S. Lim) در میان لایه ویتریک کریستال توف از واحد E_6^t ، بزرگ‌نمایی ۶۳ برابر؛ الف) نور XPL و ب) در نور PPL



شکل ۱۴- تصویری از نمونه دستی اکسیدهای منگنز به همراه رودوکروزیت با ساخت توده‌ای.



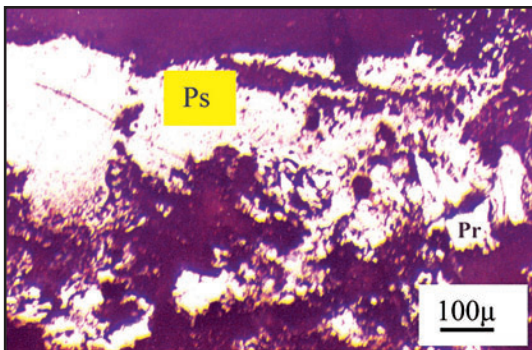
شکل ۱۳- نمونه دستی از برشی گرمایی با زمینه‌ای از کانی‌های منگنز.



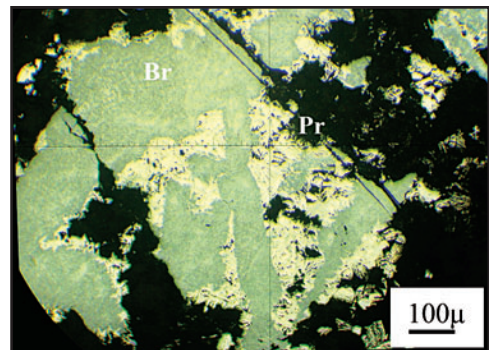
شکل ۱۶- تصویری از ساخت استوک‌ورک در نمونه دستی.



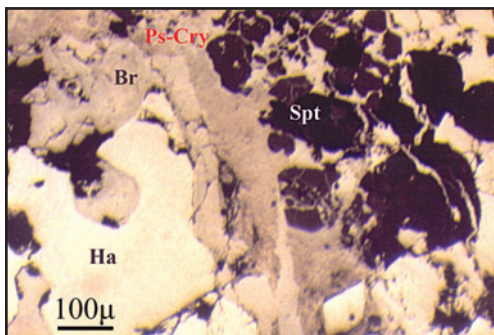
شکل ۱۵- نمونه دستی از ساخت ریتمیک کانی‌های منگنز و آراگونیت.



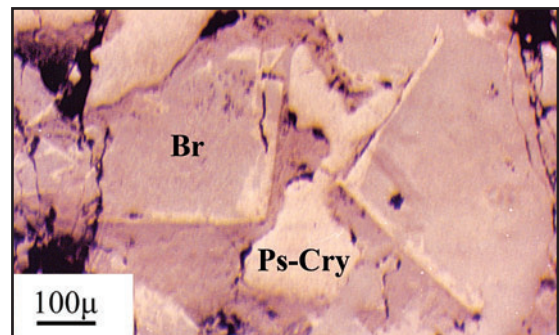
شکل ۱۸- بلورهای بی‌شکل پسیلوملان (Ps) در حال تبدیل به پیرولوزیت تیغه‌ای تا سوزنی (Pr)، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



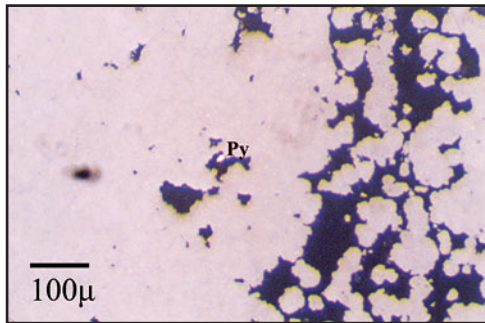
شکل ۱۷- پیرولوزیت سوزنی (Pr) که جانشین براونیت توده‌ای (Br) شده‌است، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



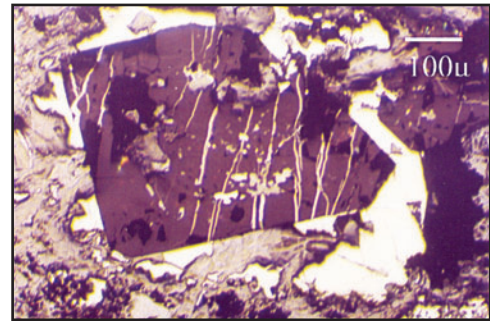
شکل ۲۰- فازهای هاسمونیت بلوری (Ha) در کنار براونیت توده‌ای (Br) در حال تبدیل به پسیلوملان- کریپتوملان (Ps-Cry) به همراه اسپسارتین برشی شده (Spt)، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



شکل ۱۹- تبدیل چند بلور شکل دار براونیت (Br) به پسیلوملان- کریپتوملان (Ps-Cry) از پیرامون، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



شکل ۲۲- تصویری از بافت توده‌ای و کلوییدی کانی بیکسبایت با میانبری از کانی پیریت (Py)، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



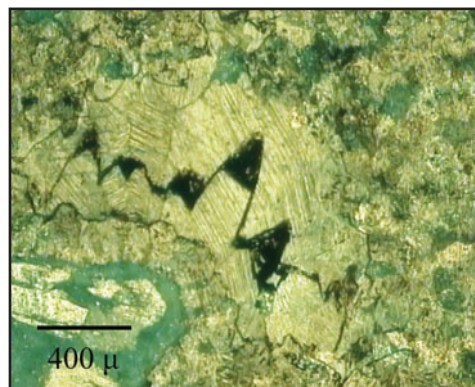
شکل ۲۱- بلور شکل‌دار اسپسارتین که توسط فاز سولفیدی در برگرفته شده و رگچه‌هایی از آن به درون اسپسارتین نفوذ کرده است با زمینه‌ای از هیدروکسید آهن، بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر (PPL).



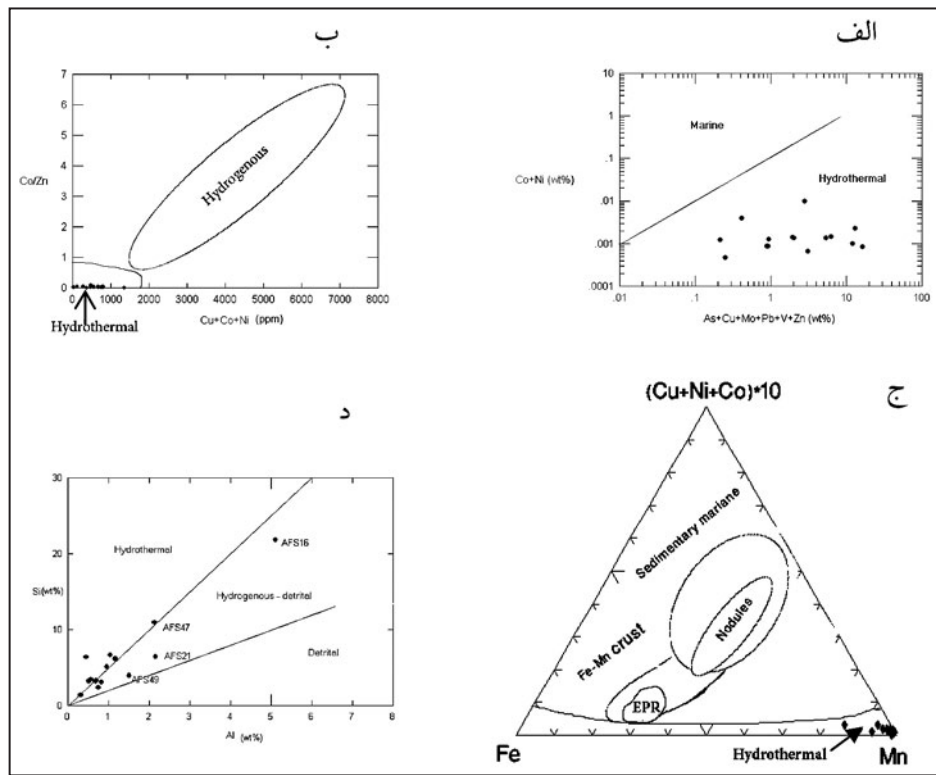
شکل ۲۴- لایه‌بندی ظریف آهک زیر واحد ۱ واحد E_6^{Pv} همراه با نوارهای سیاه منگنز؛ به چین خوردگی همزمان آهک و منگنز توجه شود.

مراحل	کانیها	هیپوزن	سوپرژن
مگنتیت	■		
پیریت	■		
کالکوپیریت	■		
اسپسارتین و کالدریت	■		
بیکسبایت	■		
رودوکوزیت	■		
منگانت	■		
براونیت	■		
هوسمانیت	■		
تیلاست	■		
پیرولوزیت	■		
کریستولان	■		
پسیلوملان	■		
کالکوسیت	■		
کوبولیت	■		
کوپریت	■		
تنوریت	■		
مالاکیت	■		
بروشانتیت	■		
کلودرات	■		
رآسنیت	■	■	■
کولتسلیت	■		
همانت	■		
اسیکبولازیت	■		
گوتیت	■		
کلسیت	■		

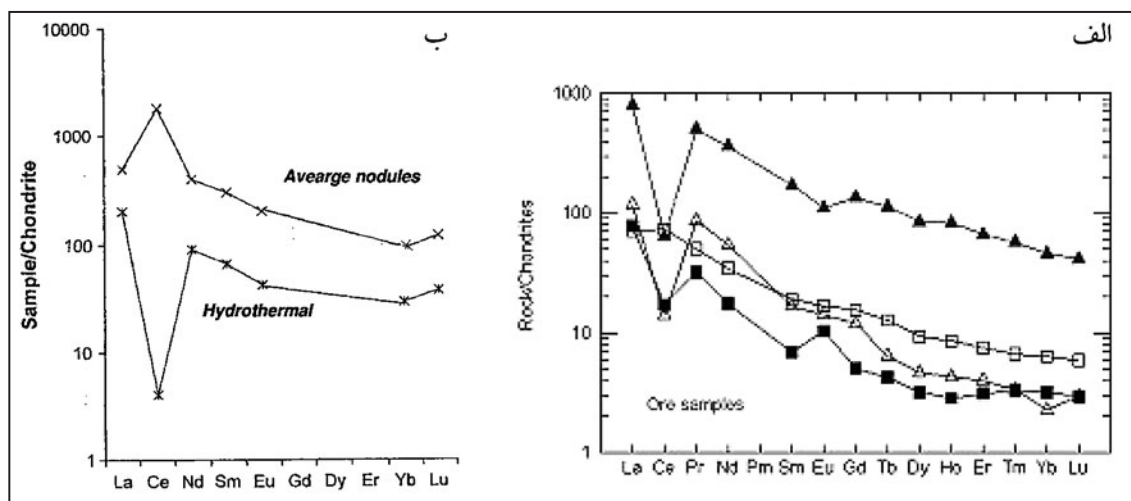
شکل ۲۳- توالی همبود (پاراژنتیک) تشکیل کانه‌ها و کانی‌های معدن بزنین.



شکل ۲۵- تمرکز کانی‌های منگنز (براونیت) در اثر انحلال فشاری، در طول بافت میکرواستیلولیتی در آهک‌های پیریتی از واحد E_6^{Pv} ، بزرگ‌نمایی ۴۰ برابر (XPL)



شکل ۲۶- الف) نمودار $Co+Ni$ vs $As+Cu+Mo+Pb+V+Zn$ و جدایش نهشته های گرمایی از دریایی (Nicholson, 1992)؛ ب) نمودار Co/Zn در برابر $Cu+Ni+Co$ (Toth, 1980; Shah & Moon, 2004)؛ ج) نمودار مثلثی بر پایه فراوانی $Mn-Fe-(Co+Ni+Cu)*10$ ، مختلف تشکیل نهشته های منگنز (Crerar et al., 1982) و موقعیت نمونه های معدن بزین در آنها. د) نمودار Si vs Al و جدایش فرایندهای



شکل ۲۷- الف) فراوانی عناصر خاکی کمیاب در نمونه های کانسنگ بزین، بهنجار شده نسبت به کندریت (Sun & M.C.D (1989) نقل از (Rollinson (1992)؛ ب) عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده نسبت به کندریت در کانسارهای منگنز: ▲ نمونه AFS-21، Δ نمونه AFS-11، ■ نمونه AFS-41 و نمونه AFS-24 و ب) عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده نسبت به کندریت در کانسارهای منگنز گرمایی (Ruhlin & Owen, 1986) و گرهک های (نودول های) منگنز (Haskin et al. (1966) نقل از (Shah & Moon (2004).

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه‌های معدن بزنین برای عناصر اصلی و فرعی با روش XRF (دیف خاکستری رنگ، نتایج به درصد) و روش تلفیقی ICP-MS & ICP-AES (نتایج به گرم در تن).

Sample	MnO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	BaO	StrO	As ₂ O ₃	F	L.O.I	Ag	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cs	Cu	Fe	Ga	Ge	Hf
AFS-11	64.02	0.43	7.1	1.49	2.59	11.73	0.14	<0.1	0.15	<0.01	<0.01	3.54	1	7.26	0.15	420	24.3	0.5	1.43	12.05	9.7	0.5	780	0.1	42.7	0.17	<0.1
AFS-14	45.92	0.65	7.34	1.12	0.48	21.47	0.04	<0.1	0.14	0.35	0.15	0.45	<0.5	21.3	0.65	2170	12.8	0.37	1.6	62.4	3.8	0.58	662	0.28	69.4	0.08	0.2
AFS-16	24.67	1.86	46.78	10.3	0.34	1.06	7.75	0.23	0.16	0.26	0.21	0.37	<0.5	5.58	2.75	2030	7.69	0.04	0.35	104.5	3	49.3	22.5	1.2	21	0.14	1.2
AFS-21	46.32	9.68	13.78	5.37	1.19	4.93	0.27	<0.1	0.19	0.54	0.21	0.63	<0.5	15.71	12.75	4500	35.8	15.7	15.05	54.1	7.1	0.92	1340	5.13	37.2	0.49	0.9
AFS-22	68.49	0.94	5.11	1.58	0.97	5.25	0.44	0.29	0.28	2.01	0.35	1.2	0.86	11.65	7.27	17998	26.1	0.29	23.9	35	6.4	1.5	361	0.35	57.3	0.1	0.2
AFS-24	62.24	1.14	3.01	0.73	1.4	5.76	<0.01	0.54	0.66	0.6	<0.01	4.3	1	18.73	0.04	3230	7.31	0.22	0.52	67.4	5.2	0.12	112	0.52	36.9	0.08	0.1
AFS-34	37.38	0.79	13.69	0.63	13	10.51	<0.01	<0.1	0.17	<0.01	<0.01	17.16	4.11	2.51	0.06	100	24.8	0.7	0.4	32.5	18.9	0.34	450	0.42	53.3	0.25	0.1
AFS-36	38.66	0.91	13.2	2.86	5.02	19.34	1.07	<0.1	0.18	0.11	0.02	8.23	1.8	8.37	0.04	700	20.5	0.31	0.74	39	12.1	2.13	533	0.48	34.5	0.11	0.3
AFS-38	28.28	1.2	10.9	2.66	13.03	13.51	0.88	<0.1	0.33	0.08	0.07	21.55	3.89	2.95	<0.01	540	42.4	0.57	1	18.4	6.7	2	732	0.79	30.4	0.11	0.1
AFS-40	46.71	0.77	6.88	0.79	11.4	10.97	0.11	<0.1	0.13	0.11	<0.01	15.85	3.67	2.16	0.02	870	35.7	0.67	0.69	8.52	7.9	0.39	456	0.41	52.5	0.06	<0.1
AFS-41	71.56	0.38	6.63	1.69	0.99	10.39	0.16	<0.1	0.54	0.18	0.02	0.11	<0.5	6.54	<0.01	960	45.5	0.16	0.69	15.65	10.8	0.66	541	0.03	49.6	0.07	<0.1
AFS-47	40.68	1.39	23.42	5.78	4.49	7.62	2.43	1.09	0.37	0.14	<0.01	6.94	1.5	3.6	0.08	870	27.8	0.73	0.61	38.8	10.8	3.09	647	0.86	42.2	0.11	0.5
AFS-49	45.69	1.28	8.4	3.15	0.88	24.95	0.08	<0.1	0.15	0.1	0.06	1.22	0.62	12.62	0.04	510	30	0.54	0.76	20.1	6.7	0.48	680	0.61	45.8	0.05	<0.1
AFS-50	63.44	0.77	14.3	2.49	1.89	6.8	0.85	<0.1	0.2	0.35	0.02	2.52	1.86	4.15	0.28	19.5	25.6	0.49	1.16	40.6	11	1.22	657	0.29	42	0.11	0.2
AFS-51	47.58	0.57	6.78	1.3	1.86	25.55	0.33	<0.1	0.12	0.12	<0.01	2.48	0.75	11.69	0.07	730	23.5	0.28	1.24	22.6	11.2	0.78	262	0.19	38.3	0.1	0.1

Sample	In	K	La	Li	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Re	S	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
AFS-11	0.037	0.07	3.3	5.22	0.02	0.1	1.7	50	112.5	5.2	<0.002	<0.01	969	<1	1	319	<0.2	<0.005	0.12	4.7	27	292	23	321	1.6	
AFS-14	0.01	0.05	23.8	6.4	10.25	0.11	0.6	1.5	50	190.5	2	0.003	0.01	489	1	0.6	1355	0.3	<0.005	0.9	4.9	11	120.5	24.9	165	7
AFS-16	0.023	5.57	51.1	5.8	4.25	0.19	7.1	1.7	230	20.3	314	0.002	<0.01	29.5	<1	0.8	1720	8	0.142	2.49	2.4	23	33.2	28.9	120	39.9
AFS-21	0.026	0.15	242	20.9	220	0.09	1.9	5.4	30	1650	10.2	0.004	<0.01	191.5	44	0.7	1885	2	0.047	2.3	4.4	163	352	129.5	2120	27.4
AFS-22	0.029	0.34	33.6	36.7	91	0.34	0.5	2.3	60	563	14.8	0.022	0.03	579	1	0.8	3000	0.7	0.008	0.26	4.2	18	1060	23.5	1800	8
AFS-24	0.057	0.02	25.2	1.6	11.75	0.61	0.4	1.3	90	49.3	0.5	0.028	0.11	>1000	3	0.8	61.3	0.9	<0.005	0.06	3.7	3	450	30	131	5.7
AFS-34	0.274	0.02	63.7	4.8	2.05	0.04	0.5	3.4	130	180	1.4	<0.002	0.03	639	3	3	86.6	0.4	0.005	<0.02	8.9	19	142	42.8	238	2.3
AFS-36	0.134	0.72	57.6	4.7	4.49	0.06	1.1	2.4	120	246	40.1	0.003	0.04	803	<1	0.8	140	1.1	0.021	0.56	6.9	23	144.5	22	257	8.9
AFS-38	0.299	0.53	30.2	2.3	9.47	0.04	0.6	1.8	90	291	25.9	<0.002	0.07	667	2	2.5	65.1	0.6	0.013	<0.02	3.9	39	178.5	7.9	260	3.9
AFS-40	0.275	0.08	18.6	2.4	2.94	0.04	0.4	2.2	50	451	4.3	0.004	0.02	964	3	2.8	110	0.2	<0.005	0.02	4.9	29	127.5	4.6	369	2.2
AFS-41	0.01	0.09	26.9	11.2	11.35	0.04	0.2	1.6	20	171	6.1	0.009	0.08	855	<1	0.7	183.5	<0.2	<0.005	0.29	5.4	42	440	9.4	591	2.3
AFS-47	0.128	1.56	49.5	4.8	4.3	0.4	2.4	2.6	140	215	85.9	0.004	0.06	685	2	2.6	110	2.5	0.05	0.3	7.4	26	223	19.2	261	14.8
AFS-49	0.02	0.06	20.5	5	1.29	1.03	0.2	1.9	100	110	3.2	0.006	0.01	>1000	<1	0.6	486	0.2	<0.005	0.1	3.8	4	276	7.4	237	2.5
AFS-50	0.061	0.57	83.7	23.1	10.65	0.05	1	2.4	50	283	31.7	0.007	0.04	838	<1	0.7	166.5	0.8	0.017	0.45	5.6	27	323	24.9	352	7.5
AFS-51	0.044	0.23	46.5	6.5	3.57	0.02	0.6	2.6	50	267	12.3	0.007	0.01	799	<1	0.7	136.5	0.4	0.009	0.41	4.9	15	275	29.4	311	4.6

جدول ۲- تغییرات کانی‌شناسی و عیار (بر پایه تجزیه‌های جدول ۱) با تغییر زرقا در مقیاس کوچک

شماره نمونه	ارتفاع (m)	MnO مقدار	نتایج تجزیه XRD
AFS-41	۱۸۴۵	٪۷۱/۵۶	منگانتیت، پیرولوزیت، پسیلوملان، براونیت، بیگسپایت
AFS-40	۱۸۳۰	٪۴۶/۷۱	براونیت، تیلانیت
AFS-38	۱۸۲۷	٪۷۸/۷۸	براونیت، تیلانیت

جدول ۳- عناصر غنی شده در نمونه های کانسنگ معدن بزنین و میزان غنی شدگی ها.

عنصر	مقدار میانگین	مقدار پیشینه	بی هنجارترین نمونه
آرسنیک	%4.3	%16.32	AFS 38
باریم	2505 ppm	%1.8	AFS 22
استرانسیم	655 ppm	3000 ppm	AFS 22
روی	489 ppm	2120 ppm	AFS 21
آنتیموان	654.5 ppm *	1000 ppm <	دو نمونه AFS 24 و AFS 49
مس	582 ppm	1340 ppm	AFS 21
سرب	320 ppm	1650 ppm	AFS 21
تنگستن	296 ppm	1060 ppm	AFS 22
مولیبدن	26 ppm	220 ppm	AFS 21
وانادیم	31.3 ppm	163 ppm	AFS 21
کادمیم	3.34 ppm	23.90 ppm	AFS 22
فلز نور	%1.91	%4.11	AFS 34
برلیوم	26.39 ppm	45.50 ppm	AFS 41

* میانگین بیان شده بدون در نظر گرفتن دو نمونه بالاتر از حد آشکارسازی است.

جدول ۴- مقایسه ویژگی های کانسارهای منگنز نوع اپی ترمال و کانسار منگنز بزنین اردستان

ویژگی های کانسار	منگنز اپی ترمال	کانسار بزنین
محیط کانسار	سنگ درون گیر	گدازه ها، توف ها، برش ها و آگلومراهای ریولیتی، داسیتی، آندزیتی یا بازالتی
	بافت سنگ درون گیر	پورفیری تا شیشه ای
	دامنه سنی	ترشیری
	محیط تشکیل	مراکز آتشفشانی
	خاستگاه زمین ساختی	مناطق با شکستگی های متقاطع (Through-going Fault)
توصیف کانسار	کانی شناسی	اسپارتین، کالدريت، رودو کروزیت، پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت، منگانو کلسیت، کلسیت، کانی های مس دار و آرسنیک دار شامل کوولیت، بروشانتیت، مالاکیت، کالکوسیت، کوپریت، تنوریت، تیلاسیت، کلودتیت، کونسلیت، کونچالسیت
	ساخت و بافت کانسنگ	رگه ای، شاخه ای (bunches)، قلوهای (nodular)، توده ای و افشان
	دگرسانی	کانولینیتی شدن
راههای اکتشافی	عوامل کنترل کننده تشکیل و تمرکز	گسل ها و شکستگی های متقاطع، سنگ های آتشفشانی برشی شده
	کانی های حاصل از هوازدگی	پسیلوملان، پیرولوویت، براونیت، واد، منگانیت، کریپتوملان، هوسمانیت، کرونادیت، اکسید آهن
	راهنمای ژئوشیمیایی	بی هنجاری عناصر W و Mn، Fe، P و با اهمیت کمتر (Pb-Ag-Au-Cu)
	کانسارهای وابسته	کانسارهای طلا و نقره اپی ترمال
	منابع	Cox & Singer (1986)؛ Mosier, 1988

کتابنگاری

- حاجی محمدولی، ف.، ۱۳۸۱- گزارش پایان اکتشاف کانسار منگنز اردستان، شرکت کانسار گستر جی، ۱۲۰ صفحه.
- رادفر، ج.، ۱۳۷۸- نقشه زمین‌شناسی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سجادی آل‌هاشم، س. ف.، ۱۳۸۴- بررسی کانی‌شناختی و عوامل کنترل‌کننده زایش کانسار منگنز بزین، واقع در جنوب باختر اردستان (استان اصفهان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۰ صفحه
- سجادی آل‌هاشم، س. ف.، لطفی، م. و امامی، م. ه.، ۱۳۸۴- ژئوشیمی معدن منگنز بزین (جنوب اردستان) رهیافتی به تعیین ژنز، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریم‌زاده ثمرین، ع.، ۱۳۸۱- داده‌های ژئوشیمیایی، ارزیابی، نمایش، تفسیر، ترجمه کتاب Using geochemical data: evalujhon...1992. انتشارات دانشگاه تبریز، ۵۵۷ صفحه.

References

- Bonatti, E., Fisher, D. E., Joensuu, O., Rydell, H. S. & Beyth, M., 1972- Iran- Manganese – Barium deposit from northern Afar Rift (Ethiopia): Economic Geology, V. 67, P. 717-730.
- British Columbia Geological Survey, 1998 - Model of deposits. WWW.B.C.ORG
- Cox, D. P. & Singer, D. A., 1986- Mineral Deposit models.
- Crerar, D. A., Namson, J., Sochyi, M., Lortta, W. & Feigenson, M., 1982- Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogies and implication for hydrothermal convection at oceanic spreading centers: Econ. Geol., v. 77, p. 519-540.
- Crerar, D. A., Cormick, R. K. & Barnes, H. L., 1980- Geochemistry of manganese. An overview, in: varetsov, I. M. and Grasselly, G., EDS., Geology and Geochemistry of manganese. Stuttgart, Schweizbart, Sche Verlag, v.1, p. 293-334.
- Fisher, R. V., 1961- Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. Geo. Soc. Am Bull, v. 72, p. 1409-1414.
- Mosier, D. & Jpage, N., 1988- Descriptive and Grade Tonnage Models of Volcanogenic Manganese Deposits in Oceanic Environments-a Modification, U.S. Geological Survey Bulletin, p.1811
- Nicholson, K., 1992a- Contrasting mineralogical – geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis, Eco. Geol., 87: 1253-1264.
- Nicholson, K., 1992b- Genetic types of manganese oxides deposits of Scotland: indicators of pol oceane –spreading rate and Devonin Geochemical mobility boundary, Econ., Geol., V.87 P.1301-1309.
- Roy, S., 1988- Manganese metallogenesis: A reaview: Ore Geo. Rev., v.4, p.155-170.
- Roy, S., 1992- Environments and processes of manganese deposition: Econ. Geol., v. 87, p. 1218-1236.
- Shah, M. T. & Moon, C. J., 2004- Sedimentary origin of Mn-Fe ore at UM Bogma, SW Sinai, Pakistan: Journal of Asian Earth Sciences., v. 23, p. 1-15.
- Toth, J. R., 1980- Deposition of Submarine Crusts rich in manganese and iron, Geol. Soc. Am. Bull. Pt., I., 91: 44-45.
- Villiers, JE. de., 1983- The manganese deposits of Griqualand west, south Africa: some mineralogical aspects: Econ. Geol., v. 78, p. 1108-1118.

Geology, Mineralography, Geochemistry and Genesis of Boznein Mn Mine, Ardestan (Esfahan Province)

M. Lotfi ¹, S. F. Sadjadi AleHashem ^{2*} & M. H. Emami ³

¹ Associate Professor, Islamic Azad University, Tehran North Branch; Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

² M.Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

³ Associate Professor, Islamic Azad University, Islamshahr Branch; Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Received: 2010 February 22

Accepted: 2011 July 12

Abstract

Boznein manganese deposit is located in 25 km south-southwest of Ardestan, part of Urmiyeh-Dokhtar magmatic belt. The main units in the studied area are volcanic-pyroclastic sequences & intrusive bodies of middle Eocene-lower Oligocene. Porphyroid rhyolitic dome (upper Eocene-lower Oligocene) is host rock of economic Mn mineralization. The mineralization occurred as veins trending mostly NE-SW of interrupted total length of 1.5 m width at two active mines of 1 and 2. Exploitable reserve of the mine is estimated to be 60,000 tons of an average grade of 50.18% MnO. The main Mn ore minerals including braunite, bixbyite, hausmanite, spessartine rhodochrosite, manganite, pyrolusite, psillomelane, cryptomelane that by As and Cu minerals. Ores shows massive, microcrystalline, euhedral, colloform, colloidal, bubble form, acicular, tabular, veinlet, breccia, stockwork and residual textures. In base of ore samples geochemical characteristics and comparison with studied Mn types and deposits, indicate a good match with hydrothermal Mn-deposits. In base of mineralization form, host rock petrography and age, ore texture and structure, mineralogy, geochemical characteristics and genetic controlling factors, the Boznein deposit shows similarities with epithermal Mn-deposit. Non-economic syngenetic Mn-mineralization in the unit older than rhyolitic dome can be considered as the possible source of the Mn. Contemporaneous with intrusion rhyolitic dome, Mn concentration led to high grade epigenetic Mn vein in surrounding porphyroid rhyolitic dome.

Key words: Vein mineralization, Epithermal deposit, Porphyroid rhyolitic dome, Urmiyeh-Dokhtar magmatic belt, Boznein, Ardestan

For Persian Version see pages 75 to 86

*Corresponding author: S. F. Sadjadi AleHashem; E-mail: fariba.sadjadi@yahoo.com