

کانی‌شناسی، بافت و ساخت و ژنز کانسار آهن - آپاتیت ذاکر (شمال خاور زنجان)

نسرین خانمحمدی^{۱*}، احمد خاکزاد^۲ و جواد ایزدیار^۱

^۱دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، زنجان، ایران.

^۲دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۱/۲۹

چکیده

کانسار آهن ذاکر (شمال خاور زنجان) در نوار ولکانوپلوتونیک طارم در زون ساختاری البرز باختری - آذربایجان واقع شده است. واحدهای سنگ‌شناسی در محدوده کانسار، سنگ‌های آتشفشانی - آذرآواری با ترکیب توف برشی - لاپیلی توف و گدازه‌های آندزیتی - بازالتی بخش آمند تشکیلات کرج هستند که طاق‌دیزی را تشکیل داده‌اند و توده‌های نفوذی با ترکیب کوارتز مونزودیریت، کوارتز مونزونیت و کوارتز سینیت (با سن الیگوسن) در امتداد محور طاق‌دیس موجود در این واحدها جایگیری کرده‌اند. کانه‌زایی آهن در حدفاصل توده نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی روی داده است. کانه اصلی کانسنگ، مگنتیت - آپاتیت همراه با مقادیر کمی کوارتز و کلسیت است. افزون بر کانی‌سازی آهن - آپاتیت، کانی‌های سولفیدی پیریت همراه با مقادیر کمی کالکوپیریت به صورت رگچه‌ای پس از کانسنگ اصلی در منطقه تشکیل شده‌اند. کانی‌سازی در ۵ شکل رگچه‌های استوک‌ورک مگنتیت، مگنتیت - آپاتیت توده‌ای، مگنتیت - آپاتیت نواری (باندی)، مگنتیت - آپاتیت رگه‌ای و رگچه‌های سولفیدی در محدوده دیده می‌شود. نفوذ توده معدنی در سنگ‌های آتشفشانی میزبان موجب متاسوماتیسم اسکارنی و تشکیل کانی‌های اکتینولیت، تالک، کلریت، فلوگوپیت، کوارتز، کلسیت و اپیدوت شده است. بر اساس بررسی‌های ژئوترموبارومتری بخش اسکارنی، واکنش‌های دگرگونی در حضور سیالی با ترکیب $X_{\text{CO}_2}=0.9$ دمای ۵۰۰-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۲ کیلو بار انجام گرفته است. بررسی‌های بافتی و ساختی در ناحیه نشان می‌دهد که ماده معدنی از توده گرانیتوئیدی ذاکر منشأ گرفته و در سنگ‌های آتشفشانی میزبان نفوذ کرده است. شواهد کانه‌نگاری از منشأ ماگمایی نوع کایرونای این کانسار حمایت می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ذاکر، زون ساختاری البرز باختری - آذربایجان، مگنتیت - آپاتیت، اسکارن، ژئوترموبارومتری، کایرونا

Email: Khanmohammadi15694@yahoo.com

*نویسنده مسئول: نسرین خانمحمدی

۱- مقدمه

کانسار آهن ذاکر به همراه کانسارهای آهن اسکند، کرده ناب و علی آباد در نوار فلزآواری طارم واقع شده‌اند که بخشی از زون ساختاری البرز باختری - آذربایجان به شمار می‌رود. این نوار از لحاظ مواد معدنی و بررسی‌های زمین‌شناسی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران داخلی و خارجی بوده است (مهرداد بهزادی، ۱۳۸۵). کانسار آهن ذاکر در فاصله ۲۲ کیلومتری شمال خاور شهرستان زنجان و ۲ کیلومتری خاور روستای ذاکر واقع شده است. دسترسی به آن از راه ارتباطی زنجان - گیلوان از طریق جاده زنجان - تهران امکان‌پذیر است. Hirayama (1966) با تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ طارم، توده‌های نفوذی منطقه را کوارتز مونزودیریت، کوارتز مونزونیت و کوارتز سینیت و واحدهای آتشفشانی را گدازه‌های آندزیتی - بازالتی و توف‌های ریبوداسیتی معرفی کرده‌اند. رحمانی (۱۳۸۳) با مطالعه کانسارهای آهن - آپاتیت زون طارم و ارائه شواهدی همچون عدم امتزاج دو مایع سیلیکاتی و اکسید آهن، منشأ آنها را ماگمایی معرفی کرد. با توجه به وجود کانسارهای یاد شده مطالعه کانسار آهن ذاکر راهنمای اکتشافی و مطالعاتی مناسبی خواهد بود تا بدین طریق کانسارهای دیگر منطقه مورد بررسی قرار گرفته و با کانسار آهن ذاکر مقایسه و ارتباط آنها با یکدیگر مشخص شود.

هدف از بررسی این کانسار، تعیین ژنز و نوع کانسنگ در توده نفوذی ذاکر بوده که در این پژوهش، افزون بر مطالعات سنگ‌شناسی، سنگ‌های آتشفشانی - آذرین منطقه، کانه‌زایی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن مورد بررسی قرار گرفته است. به مواردی از این اهداف پژوهش اشاره می‌شود:

۱- بررسی سنگ‌شناختی توده نفوذی و سنگ دربرگیرنده کانسار

۲- مطالعه سنگ‌شناسی و دگرسانی توده نفوذی

۳- مطالعه کانه‌نگاری، توالی پاراژنتیکی کانه‌ها و ژئوشیمی کانسار

۴- بررسی زمین‌شناسی ساختاری منطقه و عوامل کنترل‌کننده ساختاری تشکیل کانسنگ

۵- تعیین نوع و ژنز کانسار مورد مطالعه

در این راستا ۵۰ نمونه مقطع نازک و ۱۵ نمونه مقطع صیقلی برای مطالعات سنگ‌شناسی و کانه‌نگاری تهیه و ۲۷ نمونه به روش XRF برای بررسی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمی کانسنگ و همچنین ۱۱ نمونه به روش XRD تجزیه شدند.

۲- زمین‌شناسی

منطقه ذاکر در شمال خاور زنجان و در نوار ولکانوپلوتونیک طارم واقع شده است. این نوار در نتیجه فعالیت‌های ماگماتیک ترشیری البرز باختری - آذربایجان با روند NW - SE تشکیل شده است. ناحیه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ طارم (Hirayama, 1966) در محدوده‌ای بین طول جغرافیایی ۴۳° ۴۸' الی ۴۶° ۴۸' و عرض جغرافیایی ۳۷° ۳۶' تا ۳۹° ۳۶' شمالی قرار دارد. براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ ذاکر (شکل ۱) قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در محدوده، سنگ‌های آتشفشانی - آذرآواری با ترکیب توف برشی - لاپیلی توف و گدازه‌های آندزیتی - بازالتی بخش آمند تشکیلات کرج هستند. این واحدها چین‌خورده و طاق‌دیزی را تشکیل داده‌اند و توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی با ترکیب کوارتز مونزودیریت، کوارتز مونزونیت و کوارتز سینیت (با سن الیگوسن) در راستای NW-SE در امتداد محور طاق‌دیس در این واحدها جایگیری و موجب دگرگونی مجاورتی آنها در حد رخساره هورنبلند هورنفلس شده‌اند. رسوبات کواترن شامل پادگانه‌های آبرفتی، رسوبات آهکی آب شیرین، رسوبات مخروط افکنه‌ای و نهشته‌های آبرفتی دوران چهارم در بخش جنوبی محدوده، جوان‌ترین واحدهای زمین‌شناسی را تشکیل می‌دهند. کانه‌زایی آهن در حد فاصل توده نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری تشکیل شده است.

۳- سنگ‌شناسی

۱-۳. سنگ‌شناسی توده‌های نفوذی منطقه

- **کوارتز مونزونیت:** در این سنگ‌ها کانی‌های اصلی شامل بلورهای خودشکل

۴- کانه‌زایی

کانه‌زایی آهن در منطقه ذاکر حد فاصل توده نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری تشکیل شده است.

کانه اصلی کانسنگ، مگنتیت-آپاتیت است که همراه با مقادیر کمی کوارتز و کلسیت است. افزون بر کانی‌سازی آهن-آپاتیت، کانی‌های سولفیدی پیریت همراه با مقادیر کمی کالکوپیریت به صورت رگچه‌ای تشکیل شده‌اند. نفوذ توده معدنی در سنگ‌های آتشفشانی میزبان، باعث اسکارن‌زایی و تشکیل کانی‌های اکتینولیت، تالک، کلریت، کوارتز، کلسیت، اپیدوت و فلوگوپیت شده است. کانی‌های هماتیت، گوتیت و مالاکیت، حاصل دگرسانی کانی‌های مگنتیت، پیریت و کالکوپیریت در بخش‌های سطحی کانسار هستند.

۴-۱. مگنتیت

مگنتیت کانه اصلی کانسار بوده که به همراه آپاتیت بخش عمده کانسار را تشکیل داده است. این کانی دارای بافت توده‌ای، دانه‌ای و بافت کاتاکلاستیک است (شکل ۸). بافت کاتاکلاستیک از قطعات بلورین کاملاً فشرده در اندازه پودری تا چند سانتی‌متری تشکیل شده است. Redman & O' Reilly (1970) بر این باورند که به دلیل افزایش اکسیژن در محتوی ثابت کاتیون، بلورهای مگنتیت در واحد حجم، طی فرایند اکسایش در دمای پایین افزایش می‌یابند و بافت کاتاکلاستیک تشکیل می‌شود. افزون بر آپاتیت، مقادیری کوارتز و کلسیت هم با مگنتیت تشکیل شدند.

۴-۲. آپاتیت

آپاتیت کانی باطله چیره در کانسنگ مگنتیتی است. این کانی دارای رنگ صورتی و از نوع فلئور آپاتیت بوده و مقدار کلر آن پایین است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی دارای بلورهای خودشکل مونوپیرامیدال است و به صورت بلورهای شش وجهی کوچک و بزرگ و ستونی دیده می‌شود (شکل ۹).

۴-۳. اکتینولیت

فراوان‌ترین کانی سیلیکاتی آبدار همراه با مگنتیت در کانسار، آمفیبول نوع اکتینولیت است. این کانی دارای بافت دندردری است. همچنین اگرگات‌های شعاعی و اشکال سوزنی شکل و پرمماند از این کانی در داخل مگنتیت تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). بر اساس شواهد صحرایی در داخل توده مگنتیتی، رگه‌هایی از کانی اکتینولیت به صورت بلورهای سوزنی تشکیل شده است و بر اساس مطالعه نتایج تجزیه XRD از کانسنگ، وجود کانی اکتینولیت تأیید شده است (پیوست ۱).

۴-۴. پیریت

پیریت فراوان‌ترین کانی در رگچه‌های سولفیدی تشکیل شده در مراحل نهایی تشکیل کانسنگ است. بر اساس مطالعات کانه‌نگاری انجام گرفته، دو نسل از این کانی مشخص شده است. در نسل اول، کانی پیریت به صورت بلورهای بی‌شکل و نیمه شکل‌دار هستند که همراه با کانی‌های باطله در توده نفوذی و همچنین با مگنتیت در کانسنگ دیده می‌شوند (شکل ۱۱). نبود اشکال بلورین مشخص در کانی پیریت و ارتباط بافتی آن با مگنتیت، بیانگر رشد همزمان آنهاست. به عبارتی، تشکیل این نسل از پیریت، پیش از کانی مگنتیت شروع و حتی همزمان با تشکیل آن نیز ادامه داشته است. پیریت‌های نسل اول، به کانی گوتیت تبدیل شدند. این بافت جانشینی از حواشی بلورها شروع و اغلب تا درون بلورها توسعه یافته است. پیریت‌های نسل دوم، طی فاز تأخیری سولفیدی به صورت رگچه‌های سولفوری قطع‌کننده کانسنگ مگنتیتی (پرکننده شکستگی‌ها) تشکیل شدند. این گروه، بلورهای خودشکل کانی پیریت همراه با کانی کالکوپیریت هستند. کانی‌های پیریت در این نسل، نسبت به نسل اول سالم‌تر بوده و به مقدار کمتر توسط گوتیت جانشین شده‌اند (شکل ۱۲).

۴-۵. کالکوپیریت

کالکوپیریت به شکل‌های نامنظم و پرکننده فضاهای خالی، در شکستگی‌های

پلاژیوکلاز (لابرادوریت - آندزین) با ماکل پلی‌سنتتیک و پریکلین و فلدسپار قلیایی و کوارتز است. فلدسپارهای قلیایی به صورت نیمه شکل‌دار یا بی‌شکل در این سنگ حضور دارند و گاهی به صورت هاله‌ای با احاطه بلورهای پلاژیوکلاز تشکیل بافت آنتی راپاکیوی (مونزونیته) داده‌اند (شکل ۲). کانی‌های مافییک این سنگ‌ها، آمفیبول با ترکیب هورنبلند و بافت اسکلتی (شکل ۳) پیروکسن با ترکیب اوژیت و بیوتیت (مقدار کم) هستند. کانی‌های فرعی آپاتیت، اسفن، زیرکن و مگنتیت می‌باشند. کانی‌های ثانویه شامل سربست، کلریت، اپیدوت و کانی‌های رسی بوده و بافت این سنگ‌ها گرانولار، گرانوفیری و غربالی است (شکل ۴).

-کوارتز مونزودوپریت: کانی‌های اصلی سنگ پلاژیوکلاز، مقدار کمی فلدسپار قلیایی و کوارتز است. پلاژیوکلازها به سربست و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. کانی‌های مافییک شامل آمفیبول و بلورهای نیمه شکل‌دار پیروکسن هستند. کانی‌های فرعی آپاتیت، اسفن و بافت این سنگ‌ها گرانولار تا پورفیری و غربالی می‌باشند (شکل ۵).

-کوارتز سینیته: کانی‌های اصلی کوارتز سینیته عبارتند از فلدسپار قلیایی، پلاژیوکلاز به مقدار کم و مقادیر جزئی کوارتز آلکالی فلدسپار به شدت دگرسان شده و به کانی‌های رسی تبدیل شده است. کانی‌های مافییک شامل آمفیبول، بیوتیت و مقادیر جزئی مسکویت هستند. کانی‌های فرعی این سنگ‌ها را آپاتیت و کانی‌های کدر تشکیل می‌دهند. بافت سنگ گرانولار و به طور مشخص بافت گرانوفیر است (شکل ۶).

۳-۲. سنگ‌شناسی سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری منطقه

در محدوده ذاکر در نزدیکی کانسار دو واحد E_{ka}^6 و E_{ka}^8 از بخش آمند سازند کرج رخنمون یافته‌اند:

- واحد E_{ka}^6 : این واحد متشکل از توف برشی و لاییلی توف است. کانی‌های اصلی، کوارتز و فلدسپار قلیایی همراه با بلورهای زاویه‌دار پلاژیوکلاز هستند. فلدسپارهای قلیایی به سربست و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. کانی مافییک شامل بلورهای نیمه شکل‌دار پیروکسن است. حفرات سنگ از کوارتز ریز بلورین، کلریت و کلسیت پر شده و همچنین سنگ توسط رگچه‌های کلسیت، کلریت و سیلیس قطع شده است. قطعات سنگ‌های آتشفشانی با بافت هیالومیکروولیتی پورفیری در متن سنگ پراکنده هستند که احتمالاً این قطعات، جدا شده از سنگ‌های آتشفشانی عضوهای قدیمی سازند کرج هستند (شکل ۷).

- واحد E_{ka}^8 : این واحد بالایی‌ترین بخش آمند سازند کرج است که در این منطقه به دو زیر واحد E_{ka}^8-1 شامل توف بلورین، آندزیت پورفیری و E_{ka}^8-2 شامل اولیون-اوژیت بازالت پورفیری قابل تفکیک است:

- واحد E_{ka}^8-1 : این واحد با داشتن ذراتی بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر (به مقدار ۱۵ تا ۳۰ درصد) جزو توف‌ها طبقه‌بندی می‌شود. کانی‌های موجود در سنگ، بلورهای خرد شده و زاویه‌دار فلدسپار قلیایی، کوارتز و پلاژیوکلاز هستند که در خمیره‌ای از شیشه قرار دارند. کانی مافییک سنگ پیروکسن است. شکستگی‌های سنگ توسط رگچه‌های کلسیت، اپیدوت و کلریت پر شده و هماتیت و آپاتیت کانی‌های فرعی سنگ هستند.

- واحد E_{ka}^8-2 : این واحد شامل سنگ‌های آتشفشانی به رنگ سبز تیره تا سیاه بوده که در محل تماس با توده کوارتز مونزونیته متحمل دگرگونی مجاورتی در حد رخساره هورنبلند-هورنفلس شده است. کانی‌های تشکیل دهنده آنها پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی به مقادیر خیلی کم است. بلورهای خودشکل کانی پیروکسن (با ترکیب اوژیت) به صورت فنوکریستال و میکرو کریستال در سنگ دیده می‌شود. کانی‌های ثانویه در سنگ کلریت، اپیدوت، کلسیت و کانی‌های فرعی شامل آپاتیت و کانی کدر هستند. بافت این سنگ‌ها هیالومیکروولیتی پورفیری است.

۶- دگرسانی اسکارنی و ژئوترومبارومتری واکنش‌های انجام شده

در ناحیه ذاکر همزمان با جایگزینی توده معدنی در سنگ‌های میزبان آتشفشانی، دگرسانی اسکارنی رخ داده و کانی‌های اکتینولیت، ترمولیت، کلریت، تالک، فلوگوپیت، کوارتز، کلسیت و اپیدوت در سنگ‌های دیواره تشکیل شده است. مرحله بالا به عنوان مرحله دگرسانی قهقرایی از تشکیل اسکارن در نظر گرفته می‌شود که موجب تبدیل فازهای بدون آب مرحله اولیه به فازهای آبدار شده است. Frietsch (1978) کانی اکتینولیت را به عنوان یک کانی اصلی اسکارنی در کانسارهای تیپ کایرونا معرفی کرده است که در سنگ‌های میزبان به صورت رگه‌ای و توده‌های منظم بوده و رشد آن همزمان با تشکیل کانسار صورت گرفته است. مطالعات ژئوترموبارومتری بخش اسکارنی، بر اساس منحنی‌های مربوط به واکنش‌های شناخته شده در هاله دگرگونی، در نمودار فشار - حرارت، فشاری حدود ۲ کیلو بار را نشان می‌دهند. همچنین محاسبه محل تقاطع منحنی‌های واکنشی مربوط به فرض فعالیت یک برای همه فازها و رسم آنها بر روی نمودار حرارت - کسر مولی دی‌اکسید کربن (T-X_{CO2}) نشان می‌دهد که کسر مولی دی‌اکسید کربن هنگام دگرگونی برابر با ۰/۹ بوده است و دمای دگرگونی نیز ۵۰۰-۴۰۰ درجه سانتی گراد برآورد شده است.

۷- همبود (پاراژنز)

بر اساس مطالعات کانه‌نگاری و سنگ‌شناسی انجام شده و همچنین بررسی‌های صحرایی، توالی کانی‌زایی در منطقه به ۴ مرحله تقسیم می‌شود: (جدول ۱).

۷-۱. مرحله اولیه (آغازین)

کانی‌زایی آهن در مرحله اول با تشکیل مگنتیت در شکستگی‌های داریستی موجود در توده نفوذی نزدیک کانسنگ اصلی آهن شروع می‌شود. توده نفوذی ذاکر متحمل دگرسانی شده و شکستگی‌های داریستی در توده ایجاد می‌شود. پر شدن فضاها با خالی توسط سیال غنی از آهن باعث تشکیل کانه‌زایی آهن با بافت استوک‌ورک می‌شود. وجود مقادیری سولفور در درون توده نفوذی به صورت قطره‌های سولفیدی موجب تشکیل پیریت‌های نسل اول می‌شود. این پیریت‌ها در مراحل بعدی کانه‌زایی هم همراه کانه مگنتیت تشکیل می‌شوند. توالی همبود (پاراژنز) در این مرحله به صورت مقابل است: پیریت + مگنتیت + کوارتز + کلسیت

۷-۲. مرحله اصلی کانه‌زایی

مرحله اصلی کانه‌زایی با تشکیل ماگمای مذاب غنی از اکسید آهن که در اثر تفریق ماگمایی از توده نفوذی جدا شده، صورت گرفته است. کانسنگ آهن به صورت رگه‌ای در این مرحله تشکیل شده است. براساس کانی‌های همراه با مگنتیت و ارتباط آنها با یکدیگر، فاز اصلی کانه‌زایی به سه بخش جداگانه تقسیم می‌شود:

مرحله A: در این مرحله بخش اصلی کانسار تشکیل می‌شود و کانه‌های آن عبارتند از مگنتیت و آپاتیت. مگنتیت تشکیل بافت توده‌ای، دانه‌ای و کاتاکلاستیکی داده و هم‌رشدی آپاتیت با مگنتیت با شکل‌های توده‌ای، نواری و رگه‌ای در منطقه صورت گرفته است. به علت وجود فاز سیلیکاتی در درون مذاب آهن، کانی پیروکسن همراه با مگنتیت تشکیل شده است. بلورهای پیریت نسل اول در درون مگنتیت دیده می‌شوند که نشان‌دهنده این است که تبلور پیریت‌ها همراه با تشکیل مگنتیت در این مرحله ادامه داشته است. توالی کانی‌زایی در این مرحله به صورت زیر است: پیریت + مگنتیت + آپاتیت + پیروکسن + کوارتز + کلسیت

مرحله B: تشکیل کانی مگنتیت و آپاتیت در این مرحله ادامه داشته و احتمالاً کانی پیروکسن تشکیل شده در مرحله A به آمفیبول از نوع اکتینولیت تبدیل می‌شود. اکتینولیت در تعادل با مگنتیت و آپاتیت بوده و هم‌رشدی آن با مگنتیت در مقاطع میکروسکوپی و مشاهدات صحرایی کاملاً آشکار است. این کانی به صورت

مگنتیت و پیریت است. این کانی بیشتر به کولیت تبدیل و در مواردی، کولیت به صورت دروغین از این کانی تشکیل یافته است (شکل ۱۳). همچنین در اثر دگرسانی تبدیل‌شدگی به مالاکیت نشان می‌دهد (شکل ۱۵).

۴-۶. هماتیت

در بخش‌های نزدیک سطح زمین در مناطقی که کانسار رخنمون داشته و مگنتیت در معرض هوازدگی قرار گرفته، هماتیت تشکیل شده است. به‌طوری که در بخش‌های ژرف کانسار، مقدار هماتیت بسیار کم است. تمامی هماتیت‌های تشکیل شده در کانسنگ از نوع ثانویه هستند و طی فرایند مارتیتی شدن از اکسایش مگنتیت به وجود آمده‌اند. در کانسار مورد مطالعه، مارتیتی شدن از حاشیه دانه‌های مگنتیت و در امتداد شکستگی‌ها و سطوح رخ شروع شده (شکل ۱۴) و در مراحل پیشرفته‌تر در بخش‌های درونی کانه توسعه پیدا کرده است. در مواردی بخش بیشتر مگنتیت به هماتیت تبدیل و فقط آثاری از آن به صورت لکه‌هایی باقی مانده است.

۴-۷. گوتیت و مالاکیت

گوتیت و مالاکیت به ترتیب محصول دگرسانی مگنتیت و کانی‌های سولفیدی هستند. پیریت‌های نسل اول به طور کامل به کانی گوتیت تبدیل شده و آثاری از بلورهای آنها باقی مانده است (شکل ۱۲). مالاکیت به عنوان کانی کربناتی، حاصل اکسایش کالکوپیریت در رگچه‌های سولفیدی است (شکل ۱۵).

۵- انواع کانی‌سازی در منطقه ذاکر

براساس بررسی‌های صحرایی و مطالعه مقاطع میکروسکوپی کانی‌سازی آهن به ۵ طریق تشکیل شده است:

۵-۱. رگچه‌های نامنظم مگنتیت به شکل استوک ورک

توده نفوذی نزدیک کانسار دگرسانی و شکستگی‌هایی در توده سنگی تشکیل داده که کانه مگنتیت همراه با کوارتز و کلسیت فضاها را پر کرده و به صورت رگچه‌هایی، تشکیل بافت استوک ورک را داده است. دگرسانی از نوع کانی‌های رسی، کلریت و مونت‌موریلونیت است.

۵-۲. کانی‌سازی مگنتیت - آپاتیت به صورت توده‌ای

در ساختار توده‌ای، کانی آپاتیت به صورت بلورهای منفرد سفید رنگ و یا تجمعی از چندین بلور و قطعات بلوری تشکیل می‌شود. اندازه بلورها و قطعات بلورین در مقیاس وسیعی متغیر است. آپاتیت‌های درشت بلور به شکل منشوری بی‌پیرامیدال و سوزنی، که گاهی ابعاد بلور حتی به ۳۰ cm هم می‌رسد، تشکیل و فضای بین بلورها توسط کانی‌های کوارتز و کلسیت پر شده است.

۵-۳. کانی‌سازی مگنتیت - آپاتیت نواری (باندی)

مشخصه مهم ساختار نواری، وجود لایه‌ها یا نوارهایی از بلورهای ریزدانه صورتی تا سفیدرنگ آپاتیت در درون توده مگنتیت است (شکل ۱۶).

۵-۴. کانی‌سازی آپاتیت به صورت رگه‌ای در داخل مگنتیت

رگه‌های آپاتیت در درون توده مگنتیت به عنوان فاز نهایی کانی‌سازی مگنتیت-آپاتیت پیش از مرحله تشکیل سولفیدها به شمار می‌آیند. زمانی که بلورهای تشکیل شده آپاتیت در متن سنگ به ابعاد بزرگ‌تری برسد تشکیل رگه‌های آپاتیت را می‌دهد. به عبارتی این رگه‌ها متشکل از بلورهای درشت ابعاد به همراه بلورهای ریزدانه و خردشده آپاتیت هستند (شکل ۱۷).

۵-۵. کانی‌سازی سولفیدی به صورت رگچه‌ای

کانی‌سازی سولفیدی شامل کانی پیریت همراه با مقادیری کالکوپیریت است که به صورت رگچه‌های سولفوری در فاز تأخیری بعد از تشکیل مگنتیت-آپاتیت تشکیل شده‌اند. در این رگچه‌ها مگنتیت همراه با کانی‌های سولفیدی دیده می‌شود.

۱- توده نفوذی ذاکر غنی از آهن، فسفر، عناصر خاکی کمیاب، فلونور، کلر و عناصر رادیواکتیو از طریق دو سیستم گسله با روند NW-SE (منطبق بر امتداد محور طاق‌دیس موجود در سنگ‌های آتشفشانی میزبان) در حال هدایت به سوی سطح زمین بوده که در بخش‌های بالایی پوسته زمین در ژرفای کم مستقر می‌شود.

۲- با شروع فرایند انجماد ماگما، تبلور از بخش پایین ماگما آغاز و تا سقف توده نفوذی ادامه می‌یابد که طی این فرایند مواد فرا از مذاب خارج می‌شوند و در بخش مرکزی تجمع می‌یابند.

۳- مواد فرار پس از جدا شدن از مذاب به علت داشتن چگالی کمتر از آن به بخش بالایی توده نفوذی صعود کرده و با فشار وارده، باعث شکسته شدن سقف توده نفوذی می‌شوند. همچنین خروج مواد فرار موجب دگرسانی توده نیز می‌شوند. در این مرحله فاز اولیه اکسید آهن به صورت مگنتیت همراه با کوارتز و کلسیت درون شکستگی‌ها را پر کرده و تشکیل رگچه‌های استوک‌ورکی را می‌دهند.

۴- به دنبال مرحله ۳ فاز اصلی آهن - فسفات از مذاب سیلیکاتی تفکیک می‌شود. صعود یا فرورفتن مذاب آهن - فسفات در مذاب سیلیکاتی بستگی به نسبت گاز به سیال دارد یعنی در صورت بالا بودن مقدار گاز، توده مگنتیتی-آپاتیتی صعود خواهد کرد (Nasland et al., 2000). وجود مقادیر بالای P_2O_5 ، و مواد فرار مانند H_2O ، F و فلوگاسیته بالای اکسیژن در مذاب اولیه باعث جدایش مذاب مگنتیت-آپاتیت و تحرک آن می‌شود. بنابراین مذاب آهن - فسفات صعود و توده‌های آهن و آپاتیت را به وجود می‌آورد.

۵- همزمان با جایگزینی توده معدنی در سنگ‌های میزبان به علت افزایش مواد فرار، متاسوماتیسم اسکارنی رخ داده و کانی‌های دگرسانی مانند اکینولیت، تالک، کلریت و فلوگویت تشکیل شده است.

۶- با افزایش مقدار سولفور طی فاز تأخیری، در درون شکستگی‌های کانسنگ اولیه رگچه‌های سولفیدی تشکیل می‌شود.

۹- نتیجه‌گیری

کانسار آهن ذاکر به دلیل داشتن کانی‌های مگنتیت، آپاتیت و اکینولیت، متاسوماتیسم نوع اسکارنی، تماس مشخص با سنگ‌های میزبان، شکل ماده معدنی و موقعیت زمین‌ساختی مشابه با کانسارهای آهن ماگمایی در نقاط مختلف جهان است. کانسار آهن ذاکر بر اساس گروهی از شواهد صحرایی و ویژگی‌های کانه‌نگاری با کانسارهای ماگمایی نوع کایرونا مطابقت مناسبی نشان می‌دهند که در ذیل تشریح می‌شوند:

- ماگمای مولد کانسار آهن ذاکر، توده نفوذی کم ژرفایی بوده و سنگ میزبان ماده معدنی، سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالتی هستند.

- تماس بین ماده معدنی و سنگ‌های میزبان آتشفشانی مشخص بوده و همچنین نشانگر جوان بودن توده نفوذی نسبت به سنگ میزبان است.

- بخش اصلی کانسنگ، مگنتیت، آپاتیت و اکینولیت بوده که به صورت رگچه و رگه‌ای تشکیل شده است و کانی‌سازی سولفیدی یک فاز تأخیری نسبت به کانی‌سازی آهن-آپاتیت است.

- وجود اکینولیت دندردی همراه با مگنتیت، نشان‌دهنده منشأ ماگمایی این کانسار است.

- نفوذ توده معدنی داخل سنگ‌های آتشفشانی میزبان باعث ایجاد متاسوماتیسم اسکارنی و تشکیل کانی‌های اکینولیت، تالک، کلریت، کوارتز، کلسیت، اپیدوت و فلوگویت شده است. بر اساس مطالعات ژئوترموبارومتر بخش اسکارنی، واکنش‌های دگرگونی در حضور سیالی با ترکیب $X_{CO_2}=0.9$ ، دمای ۵۰۰-۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۲ کیلو بار انجام گرفته است.

اگرگات‌های شعاعی و اشکال سوزنی و دندردی درون مگنتیت تشکیل شده که نشان‌دهنده رشد همزمان این دو است. بافت دندردی اکینولیت در کانسارهای نوع کایرونا معمول است. (Nystrom & Henriquez, 1994) این بافت را یکی از ویژگی‌های کانسارهای آهن ماگمایی می‌دانند. مقادیر کمی کوارتز و کلسیت هم در این مرحله تشکیل شده است. روند تحولی کانه‌زایی در این مرحله به شرح زیر است: مگنتیت + آپاتیت + اکینولیت + کوارتز + کلسیت

مرحله C: این مرحله به عنوان فاز تأخیری سولفیدی، پس از تشکیل کانسنگ اصلی مگنتیت-آپاتیت در نظر گرفته می‌شود. در این مرحله کانی‌های سولفیدی پیریت با مقادیری کالکوپریت به صورت رگچه‌هایی تشکیل شده است. بلورهای شکل‌دار نسل دوم همراه با کالکوپریت در این مرحله تشکیل شدند. در این مرحله مگنتیت همراه با کانی‌های سولفیدی دیده می‌شود. توالی پاراژنتیک در این مرحله عبارتند از: مگنتیت + پیریت + کالکوپریت

۷-۳. مرحله اسکارن‌زایی

به دنبال تشکیل کانسنگ آهن و نفوذ ماگمای غنی از آهن در سنگ‌های میزبان آتشفشانی، دگرسانی قهقرایی به عنوان فاز متاسوماتیسم اسکارنی رخ داده و موجب تشکیل کانی‌های آبدار از جمله اکینولیت، تالک، کلریت و فلوگویت در این سنگ‌ها شده است. مطالعه مقاطع میکروسکوپی، وجود بلورهای ورقه‌ای شکل و خمیده کانی تالک را نشان می‌دهد. توالی پاراژنتیک در این مرحله عبارتند از: اکینولیت + تالک + کلریت + فلوگویت

۷-۴. مرحله پس از کانه‌زایی

در این مرحله، عملکرد فرایندهای اکسایش موجب تشکیل کانی‌های دگرسانی از کانی‌های تشکیل شده در مرحله اصلی کانه‌زایی شده‌اند. به‌طوری که طی فرایند اکسایش در بخش‌های سطحی و کم ژرفای کانسار، کانی‌های هماتیت، گوتیت، مالاکیت و کوولیت از کانی‌های مگنتیت، پیریت و کالکوپریت تشکیل شده است. کانی‌های تشکیل شده در این مرحله انواع زیر هستند:

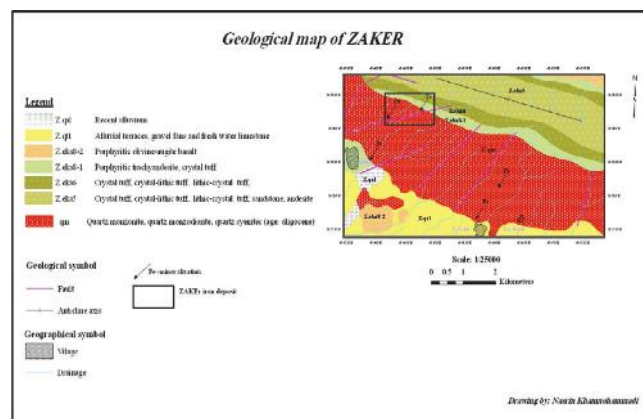
هماتیت + گوتیت + مالاکیت + کوولیت

۸- ژنز

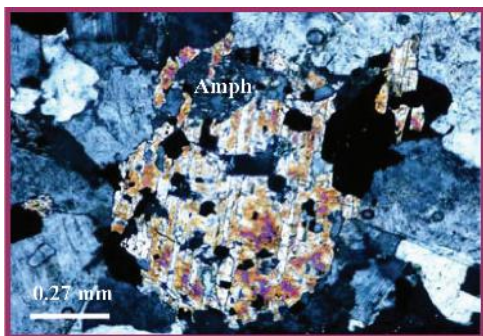
کانسارهای آهن-آپاتیت به کانسارهای تیپ کایرونا معروف است که در مناطق مختلف جهان وجود داشته و اغلب با سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی کم ژرفا همراه هستند. جزء اصلی تشکیل‌دهنده این کانسارها مگنتیت است که با مقادیر مختلفی آپاتیت و اکینولیت همراه است. کانسار آهن ذاکر از نوع کانسارهای آهن آپاتیت است که میزبان آن سنگ‌های آتشفشانی و توده نفوذی گرانیتیویدی است. بر خلاف مطالعات فراوانی که بر روی کانسارهای تیپ کایرونا انجام شده، نظرات مختلفی در مورد منشأ آنها وجود دارد. اغلب محققان از منشأ ماگمایی این کانسارها و جایگزینی ماگمای غنی از مواد فرار، با نهشته شدن از سیال‌های باقیمانده حمایت کرده و فرایند تفریق ماگمایی و اختلاط ناپذیری را به عنوان منشأ این کانسارها در نظر گرفته‌اند. شواهد ژئوشیمیایی و کانه‌نگاری، حاکی از ماگمایی بودن منشأ کانسار آهن ذاکر بوده و مطالعات سنگ‌شناسی و کانه‌نگاری نشان می‌دهد که کانی‌سازی در منطقه طی سه فاز جداگانه تشکیل شده است. در فاز نخست کانی‌سازی آهن از نوع مگنتیت، آپاتیت، کوارتز و کلسیت، فاز بدون آب است. فاز دوم کانی‌سازی، شامل مگنتیت، آپاتیت و اکینولیت، فاز آبدار بوده که نسبت به فاز اول غنی از کلسیم و فسفر است. فاز سوم، کانی‌سازی سولفیدی شامل پیریت و کالکوپریت است که به صورت رگچه‌هایی کانسنگ اصلی مگنتیت-آپاتیتی را قطع کرده است. براساس مطالعات ژئوشیمیایی و کانه‌نگاری، کانسار آهن - آپاتیت ذاکر به عنوان کانسار آهن - آپاتیت نوع کایرونا معرفی می‌شود. در مورد ژنز کانسار این گونه برداشت می‌شود که:

جدول ۱- جدول همبود (پاراژنز) کانه‌ها و کانی‌های موجود در کانسار آهن ذاکر

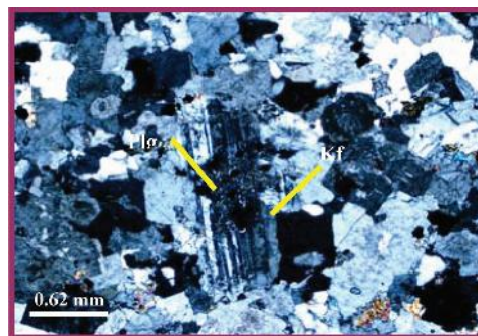
کانیها	مرحله اولیه	مرحله اصلی کانه زایی			مرحله اسکان زایی	مرحله بعد از کانه زایی
		مرحله A	مرحله B	مرحله C		
بیریت			نسل اول	نسل دوم		
مگنیتیت						
اپاتیت						
کوارتز						
کلسیت						
پروکسن						
اکسیدولیت						
کالکوپیریت						
هماتیت						
گوئیت						
مالاکیت						
کولولیت						
تالک						
کازریت						
فلوکوئیت						
اپیدوت						



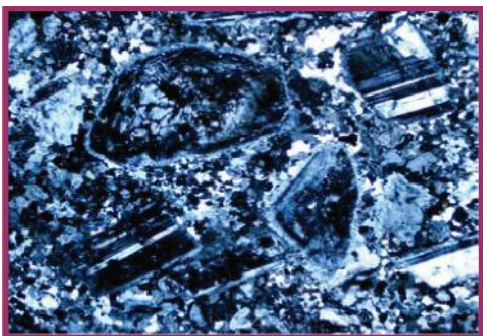
شکل ۱- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ ذاکر



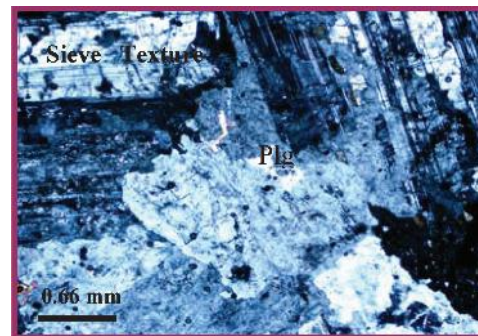
شکل ۳- بافت اسکلتی در آمفیبول (XPL, 100X)



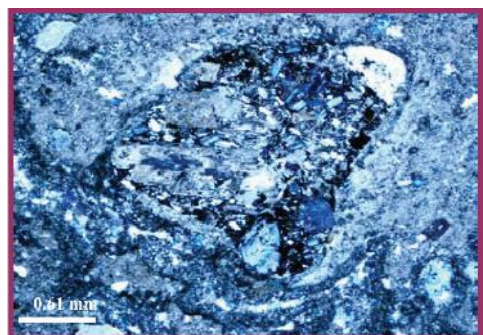
شکل ۲- بافت آنتی راپاکیوی در پلاژیوکلازها (XPL, 40X)



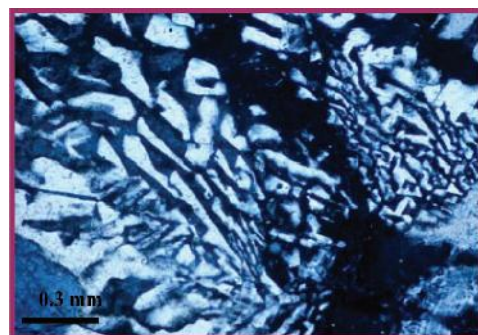
شکل ۵- بافت پورفیری و ساختار منطقه بندی در پلاژیوکلازها (XPL, 40X)



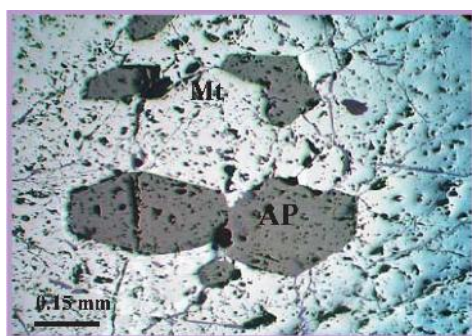
شکل ۴- بافت غربالی در پلاژیوکلازها (XPL, 40X)



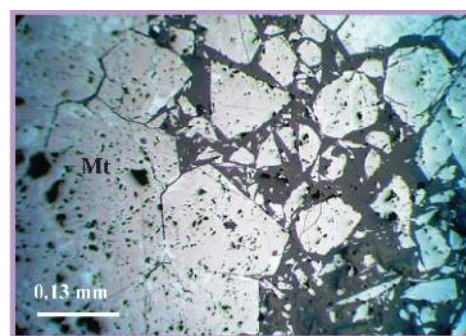
شکل ۷- قطعات سنگی پراکنده در متن سنگ واحد E_{ka}^6 (XPL, 40X)



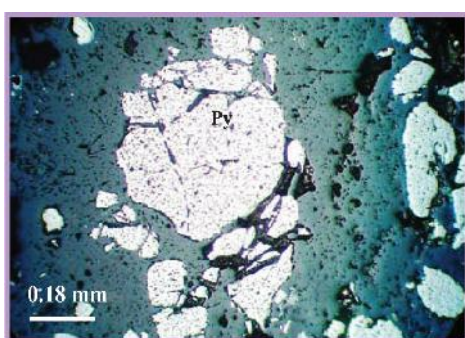
شکل ۶- نمایی از بافت گرانوفیری در کوارتز سینیت (XPL, 100X)



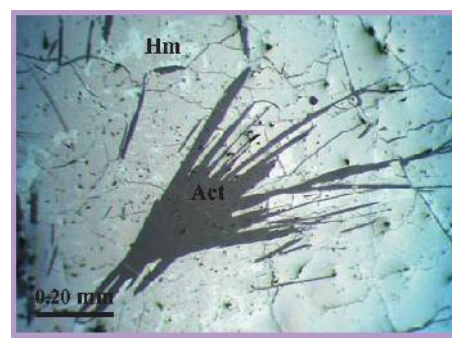
شکل ۹- بلورهای شش وجهی و پراکنده آپاتیت در داخل مگنتیت (10X).



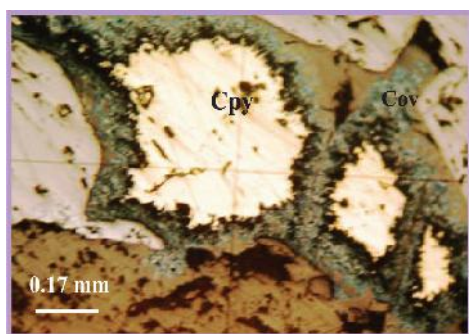
شکل ۸- بافت کاتاکلاستیک در مگنتیت، (10X).



شکل ۱۱- رشد پیریت‌های نسل اول در توده نفوذی ذاکر (10X).



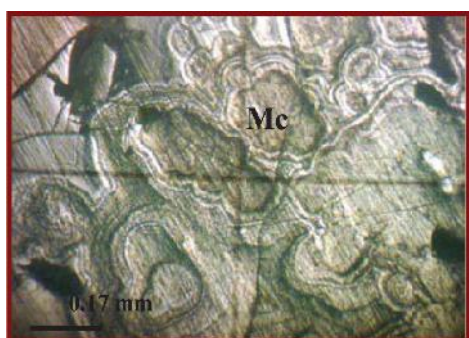
شکل ۱۰- کانی اکتینولیت دندربیتی در کانسنگ مگنتیتی (10X).



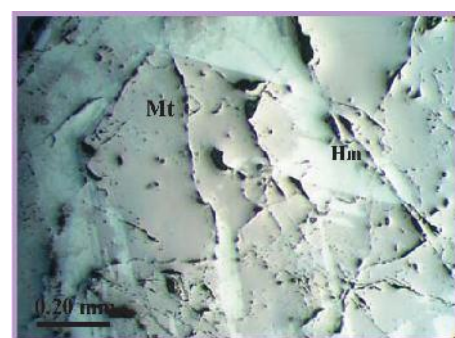
شکل ۱۳- کانی کالکوپیریت که به کوولیت تبدیل شده است. (10X).



شکل ۱۲- پیریت شکل‌دار و جانشینی کانی گوتیت در شکستگی‌های داخلی آن، (10X).



شکل ۱۵- کانی مالاکیت که از دگرسانی کانی کالکوپیریت تشکیل شده است (10X).



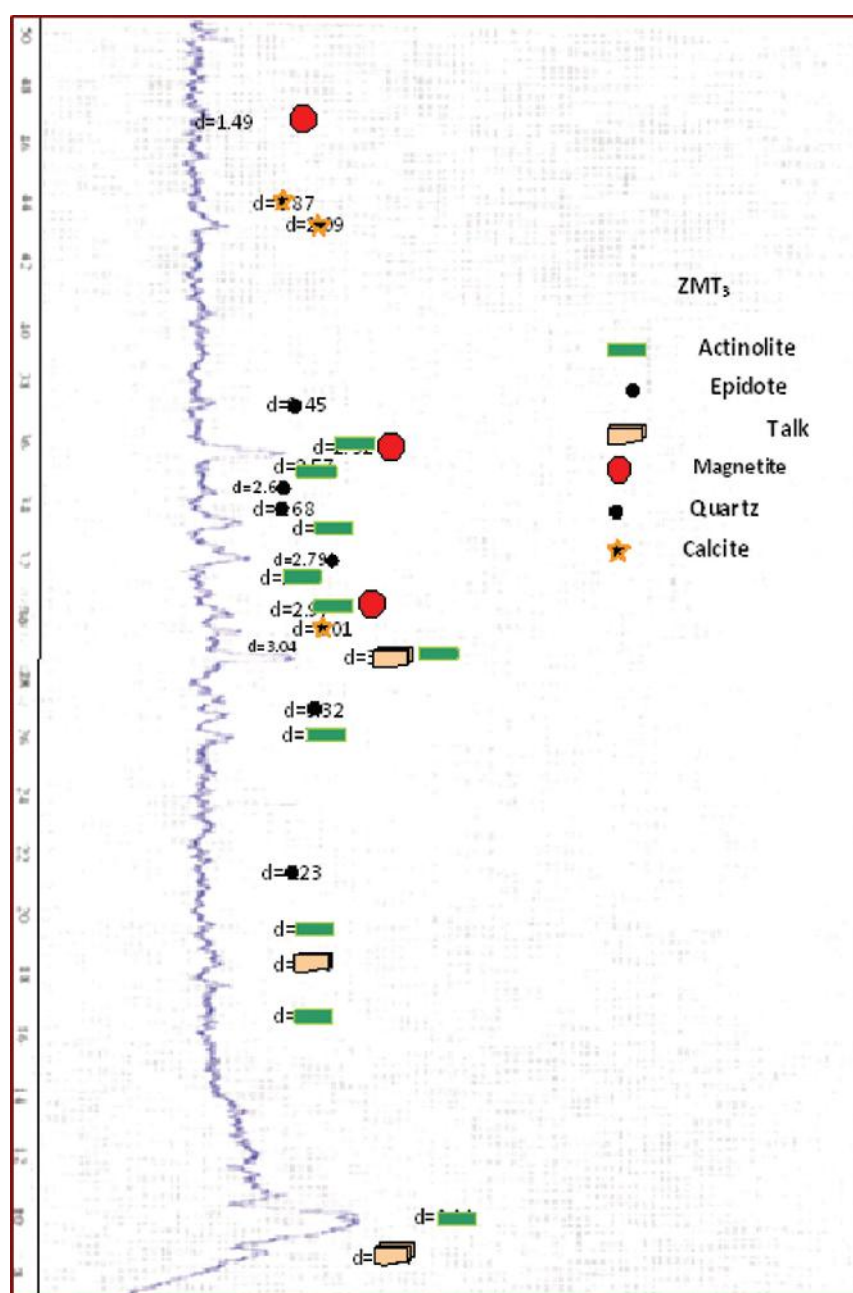
شکل ۱۴- تشکیل کانی هماتیت در امتداد سطوح رخ و حاشیه بلور مگنتیت، (10X).



شکل ۱۷- بلورهای درشت آپاتیت که در درون مگنتیت - آپاتیت رگه‌ای تشکیل شده است.



شکل ۱۶- نوارهای متشکل از بلورهای ریزدانه سفیدرنگ آپاتیت در درون مگنتیت - آپاتیت باندی



پیوست ۱- نمودار مربوط به تجزیه XRD که گویای وجود کانی اکتینولیت در کانستگ مگنتیتی است.

کتابنگاری

خانمحمدي، ن.، ۱۳۸۶- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن ذاکر (شمال خاور زنجان) ، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۲۵۰ صفحه.
 رحمانی، ش.، ۱۳۸۳- گزارش بررسی و معرفی نواحی امیدبخش معدنی در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طارم، ۷۳ صفحه.
 بهزادی، م.، ۱۳۸۵- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن آنومالی شمالی واقع در منطقه بافق- یزد، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

References

- Daliran, F., 2002- Kiruna- type iron ores and "apatite" of the Bafq district iron, with an emphasis on the Ree geochemistry of their apatites; in porter, T.M.(Ed), Hydrothermal iron oxide Copper- Gold and related deposits. A Global perspective, V.Z; PGC publishing, Adelaide, P303-320.
- Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J., 1962- Rock forming minerals. 5. Longman, London, 371pp.
- Frietsch, R., 1978- On the magmatic origin of iron ores of the kiruna – type. Economic geology, V.37, P 478-483.
- Loberg, B. E. H. & Horndahl, A. K., 1983- Ferried geochemistry of Swedish Precambrian ores. Mineralium Deposita, V.18, P 121-128.
- Nasland, H. R., Aguirre, R., Dobbs, F. M., Henriquez, F. & Nystrom, J. O., 2000- The Origin, emplacement and eruption of ore magmas. Internet.
- Nystrom, J. O. & henriquez, F., 1994- magmatic features of iron ores of the kiruna – type in chile and widen: ore textures and magnetite geochemistry. Economic geology, V.89, P 820-839.
- Hirayama, 1966- Explanatorytext of the Tarom Quadrangle map 1:100000 GSI.
- Redman, P. W. and O. Reilly, W., 1970, the synthesis and inversion of nonstoichiometric titanomagnetites. Phys. Earth planet. Inter., 4, P 121-128.

The Origin and Evolution of Quaternary Basaltic Magmas in NW Azerbaijan (Burlan to Gonbad) using Sr- Nd Studies

M. Kheirkhah^{1*} & M. H. Emami¹

¹Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran

Received: 2009 March 07

Accepted: 2009 December 12

Abstract

At the farthest end of NW Iran, the Quaternary basalts crop out in Azerbaijan province, located in Alpine – Himalaya belt and highly pleatue of Iran-Turkish, eastern Anatolian. The Quaternary volcanic units of NW Azerbaijan cover a broad compositional range from basalts, basaltic andesite, trachy andesite to trachyte. These rocks are erupted from deep tension, strike-slip faults in a pull a part basin and volcanic centers. Source of primary magmas and crustal contamination processes have certainly contributed to the understanding of the origin of basaltic rocks. Based on field area, petrography and petrology studies, 10 samples were selected for $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ measurements. The obtained results were correlated with other isotopic data of similar Quaternary basaltic rocks from Turkey. Isotopic study indicates that all of these rocks are derived from mantle and plot in Bulk Earth field and mantle array. The basaltic rocks in the northern area are derived from a depleted mantle and those from the southern area shows contamination by crust.

Keywords: NW Azerbaijan, Quaternary basaltic rocks, Isotopic study, Primary magmas, Depleted mantle, Crustal contamination.

For Persian Version see pages 113 to 118

*Corresponding author: M. Kheirkhah; E_mail: Kheirkhah.monireh@gmail.com

Mineralogrophy, Structural and Textural Studies and Genesis of Zaker Iron - Apatite Deposit (Northeast of Zanjan)

N. Khanmohammadi^{1*}, A. Khakzad² & J. Izadyar¹

¹ Dep. of Geology, Faculty of Sciences, Zanjan University, Zanjan, Iran.

²Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 2007 December 17

Accepted: 2009 April 18

Abstract

Zaker iron deposit is located in the northeast of Zanjan city and is a part of Taron volcano – plutonic belt in Azarbaijan – West alborze structural zone. The main rocks of the area consist of folded volcanic - volcanoclastic rocks including breccia tuff, lapilli-tuff and andezitic – basaltic lava of Amand member of Karaj formation with Eocene age that folded. Plutonic rocks with probably Oligocene age with various lithology changing from quartzmonzodiorite, quartzmonzonite to quartzsyenite with NW-SE trend were intruded into the volcanic – volcanoclastic rocks. Fe-mineralization occurred in interval of plutons and volcanic - volcanoclastic rocks. The main ore mineral is magnetite – apatite with minor amounts of quartz and calcite. As well as magnetite- apatite mineralization, pyrite with minor amounts of chalcopyrite occurred in sulphide veinlets. The mineralization has been seen in five forms: veinlets of magnetite in form of stock- work, massive magnetite- apatite, banded magnetite- apatite, coarse grained magnetite- apatite veins and sulphide veinlets. Intrusion of ore deposit into host volcanic rocks, are associated with skarn metasomatism that form actinolite, talc, chlorite, phlogopite, quartz, calcite and epidote. Geothermobarometry for the skarn part, indicate that X_{CO_2} is about 0.9, pressure of 2 kbar and the temperature is about 400-500 °C for metamorphic reactions. Detailed studies on textures and structures suggest the source of the iron from Zaker granitoid body and volcanic rocks are host rocks for iron deposit. Mineralogrophy investigations are indicative of magmatic origin and show the best correlation with "Kiruna-type" iron ores.

Keywords: Zaker, Azarbaijan – West Alborze structural zone, Magnetite – apatite, Skarn, Geothermobarometry, Kiruna

For Persian Version see pages 119 to 126

* Corresponding author: N.Khanmohammadi; Email: Khanmohammadi15694@yahoo.com