

سنگ‌شناسی، زمین‌شیمی و خاستگاه زمین‌ساختی توده نفوذی کانسار آهن همیرد، شمال شرق سمنان

مریم حاجی بهرامی، نادر تقی‌پور*، قاسم قربانی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

(دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۱۴، نسخه نهایی: ۹۶/۴/۱۰)

چکیده: کانسار آهن همیرد در ۷۴ کیلومتری شمال شرق سمنان و در منطقه جام واقع شده است. این منطقه در شمال پهنه ایران مرکزی قرار دارد. رخنمون‌های سنگی این منطقه شامل مجموعه سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت تا آندزیت بازالیت، توف و آذرآواری‌های با سن ائوسن میانی هستند که توده‌های نفوذی مونزونیتی و مونزودیوریتی در آنها تزریق شده‌اند. کانه‌زایی آهن در محل تماس توده نفوذی با سنگ‌های آتشفشانی رخ داده است. حضور گسترده هماتیت همراه با مقادیر فرعی مگنتیت، پیریت، باریت و کلسیت از ویژگی‌های مهم کانی‌زایی در کانسار آهن همیرد است. کانی‌زایی به شکل رگه‌ای و عدسی‌هایی با ترکیب هماتیت و به مقدار کمتر مگنتیت است. بر اساس ویژگی‌های زمین‌شیمیایی، ماهیت ماگمای تشکیل‌دهنده توده شبه آتشفشانی همیرد، آهکی-قلیایی و آهکی-قلیایی غنی از پتاسیم بوده و از نوع متآلومین متعلق به گرانیتوئیدهای نوع I قوس‌های آتشفشانی است. غنی‌شدگی عناصر LIL نسبت به عناصر HFS و بی‌هنجاری منفی Nb و Ti و قرار گرفتن آن‌ها در گستره VAG نشان می‌دهد که توده نفوذی شبه آتشفشانی همیرد در یک محیط زمین‌ساختی ماگمایی قوس آتشفشانی وابسته به فرورانش تشکیل شده است.

واژه‌های کلیدی: سنگ‌شناسی؛ زمین‌شیمی؛ قوس آتشفشانی؛ کانسار آهن همیرد؛ سمنان.

مقدمه

ماگمایی و سیالات جوی را به عنوان خاستگاه محلول‌های گرمایی بیان کردند. هدف از این پژوهش، بررسی روابط سنگ-شناسی، کانی‌زایی و ویژگی زمین‌شیمیایی توده نفوذی کانسار آهن همیرد به منظور تعیین ماهیت زمین‌شیمیایی و خاستگاه زمین‌ساختی توده نفوذی این کانسار است.

روش بررسی

جهت بررسی سنگ‌نگاری و کانی‌نگاری توده نفوذی و کانی-زایی، تعداد ۳۶ مقطع نازک و ۱۲ مقطع صیقلی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی زمین‌شیمیایی سنگ‌های منطقه همیرد، تعداد ۴۰ نمونه طی عملیات صحرایی از توده نفوذی شبه آتشفشانی منطقه برداشت شد.

در استان سمنان یک کمر بند کانی‌زایی آهن وجود دارد که از شمال سمنان شروع می‌شود و تا جنوب شرق شاهرود ادامه دارد. کانسار آهن همیرد در بین مختصات 36° تا 43° طول شرقی و 48° تا 53° عرض شمالی و در ارتفاع متوسط ۱۹۰۰ متر از سطح دریا واقع است. این کانسار دارای آهن با عیار متوسط ۴۵ تا ۵۰ درصد است. از اطلاعات موجود در این منطقه، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ است. همچنین حاجی بهرامی و همکاران [۱] با بررسی دماسنجی میانبارهای سیال و ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، کربن و گوگرد کانسار آهن همیرد، آمیزه‌ای از سیالات

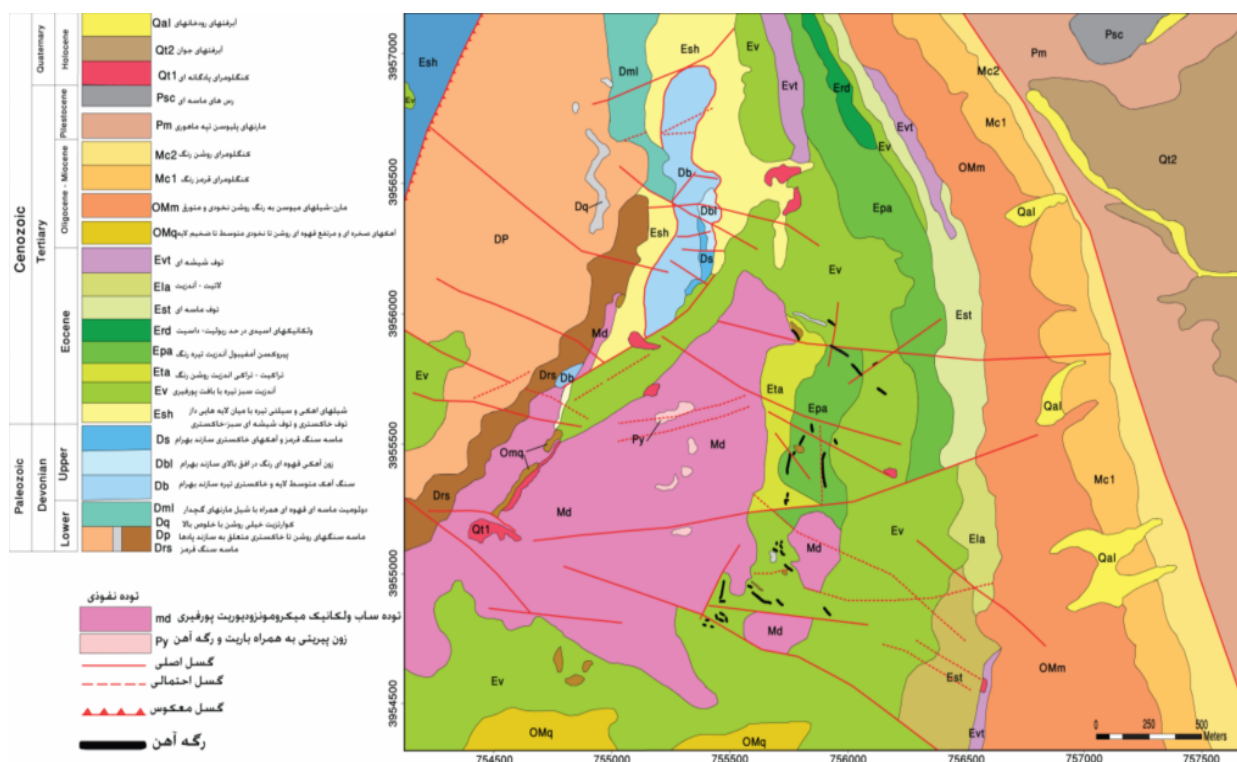
آتشفشانی در طول تاریخ زمین‌شناسی ایران محسوب می‌شود [۲]. طبق نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه مورد بررسی [۳]، (شکل ۱)، رخنمون‌های سنگی ناحیه شامل: ۱- مجموعه کنگلومرای و آهکی به سن پالئوسن- ائوسن پسین ۲- توف و شیل همراه با میان لایه‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی و ماسه سنگی ۳- مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا به سن ائوسن میانی و ۴- تشکیلات آهن‌دار مجموعه آتشفشانی- شبه آتشفشانی و توفی- شیلی سازند کرج به سن ائوسن است.

در کانسار آهن همیرد، توده نفوذی شبه آتشفشانی با ترکیب عمده میکروموزودوپریت به درون سنگ‌های آهکی، آذرآواری و آتشفشانی (آندزیت تا آندزیت بازالت) نفوذ کرده و سبب جایگزینی ماده معدنی در سنگ میزبان شده است (شکل های ۲ الف و ب). ماده معدنی در کانسار آهن همیرد بیشتر به صورت عدسی‌های کوچک و رگه‌های هماتیته درون سنگ‌های آتشفشانی (معادل با سازند کرج به سن ائوسن میانی) جای گرفته است. کانه‌زایی در این منطقه از سیستم گسلی پیروی کرده و با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی در قسمت بالایی توده نفوذی شبه آتشفشانی رخ داده است.

پس از تهیه مقاطع نازک و بررسی آن‌ها، تعداد ۱۶ نمونه که دارای کمترین میزان دگرسانی و بیشترین تنوع ترکیبی بودند، انتخاب و آماده سازی شدند. سپس نمونه‌ها از طریق تجزیه ۳۸ عنصری با ذوب لیتیم متابورات و به روش‌های ICP-MS (جهت تعیین مقدار عناصر فرعی و کمیاب) و ICP-AES (جهت تعیین مقدار اکسیدهای اصلی) در آزمایشگاه ALS Chemex کشور کانادا بررسی شدند.

زمین‌شناسی عمومی منطقه

کانسار آهن همیرد در منطقه جام واقع شده است که در این ناحیه می‌توان دو واحد زمین‌ساختی مختلف را تشخیص داد. گسل عطاری مرز جداکننده کوه‌های البرز از ایران مرکزی است و با شیب حدود ۸۰ درجه به سمت جنوب، این دو بخش را از هم تفکیک می‌کند [۲]. بر اساس این منطقه‌بندی، منطقه‌ی مورد بررسی در مرز بین دو منطقه نام برده و از نظر مکانی در پهنه ایران مرکزی قرار دارد. فعالیت‌های آتشفشانی ترشیری در منطقه همیرد محدود به ائوسن میانی بوده و شامل گسترش وسیعی از گدازه‌های ریولیتی تا بازالتی و آذرآواری آندزیتی تا داسیتی است. این فرایند گسترده‌ترین و شدیدترین فعالیت



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی ۱/۵۰۰۰ معدن آهن همیرد [۴].



شکل ۲ الف) رخنمون توده نفوذی شبه آتشفشانی در نزدیکی کانسار آهن همیرد (دید به سمت جنوب). ب) رخداد دگرسانی شدید و کانه‌زایی در مرز توده نفوذی شبه آتشفشانی (دید به سمت شمال).

سنگ نگاری

با توجه به بررسی‌های سنگ‌شناسی و میکروسکوپی صورت گرفته در منطقه‌ی، واحدهای سنگی شامل سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی-رسوبی و توده نفوذی شبه آتشفشانی می‌باشد. توده نفوذی در منطقه مورد بررسی از وسعت سطحی بسیار کمی برخوردار است. این سنگ‌ها از نظر مکانی در ارتباط نزدیک با کانه‌زایی در کانسار آهن همیرد هستند.

سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی

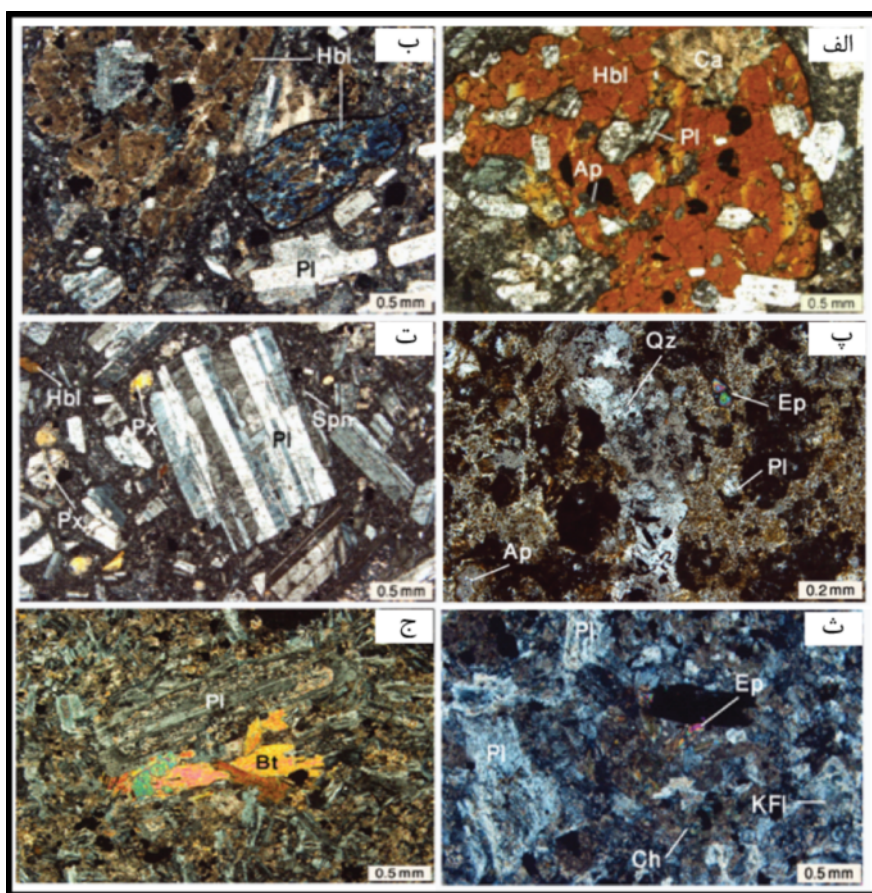
این سنگ‌ها از فراوانترین سنگ‌های منطقه بوده و شامل آندزیت، آندزیت بازالتی و توف سنگی بلوری به سن ائوسن هستند. سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن از نظر سنگ‌شناسی، رنگ، شدت هوازدگی و گسترش در گستره کانسار تنوع زیادی دارند. پایین‌ترین بخش این دنباله سنگ‌های آندزیتی و آندزیتی بازالتی سبز تیره است که بیشترین گسترش را در میان سنگ‌های آتشفشانی ائوسن دارند. این واحد به عنوان سنگ میزبان اصلی کانی‌سازی آهن است که توده شبه آتشفشانی مونزودیوریت در آن نفوذ کرده است. سنگ‌های آندزیتی و آندزیتی بازالتی دارای بافت پورفیری با زمینه ریزبلوری و ریزسنگی هستند که پلاژیوکلاز، هورنبلند و پیروکسن با فراوانی متفاوت از درشت بلورهای غالب در این سنگ‌ها هستند (شکل‌های ۳ الف، ب و ت، جدول ۱).

توف‌ها از دیگر سنگ‌هایی هستند که در کانسار همیرد رخنمون زیادی پیدا کرده‌اند و میزبان بعضی از رگه‌های کانه-

سازی شده در منطقه بوده و در نمونه دستی دارای رنگ سبز تا قهوه‌ای هستند. درشت بلورها بخش اندکی از این سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند و شامل پلاژیوکلاز، اپیدوت، آپاتیت، کوارتز، سریسیت، کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن هستند. خمیره بیشتر متشکل از خاکستر آتشفشانی است و کانی‌های موجود در زمینه بیشتر به سریسیت و کانی‌های آرژیلیتی تبدیل شده-اند (شکل ۳ پ، جدول ۱). رگچه‌های کوارتزی دارای بلورهای شکل‌دار کوارتز در زمینه‌ای از نوع لیتیک (قطعات سنگی) هستند.

توده نفوذی شبه آتشفشانی

در کانسار آهن همیرد یک توده شبه آتشفشانی با ترکیب مونزونیت و مونزودیوریت پورفیری درون مجموعه آتشفشانی-رسوبی ائوسن تزریق شده است و به صورت پراکنده در سرتاسر منطقه مورد بررسی دیده می‌شود. این سنگ‌ها، به رنگ خاکستری تیره تا روشن دیده می‌شوند و از نظر اندازه بلوری، متوسط تا ریزبلور هستند. مونزودیوریت‌ها در نمونه دستی نسبت به مونزونیت‌ها تیره‌تر و دارای بافت پورفیری هستند. توده مونزونیتی و مونزودیوریتی با دگرسانی شدیدی همراه بوده و در مقاطع میکروسکوپی دارای بافت دانه‌ای، ریزدانه‌ای و پورفیری با خمیره ریزدانه، متشکل از کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، کانی‌های تیره، کلریت، بیوتیت و کربنات است (شکل‌های ۳ ث و ج، جدول ۱).



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی کانسار آهن همبرد: (الف) سنگ آندزیت بازالت دربردارنده هورنبلند درشت بلور دارای بافت خال خال که از بلورهای پلاژیوکلاز، آپاتیت، کلسیت و کانی کدر به صورت ادخال تشکیل شده است. (ب) هورنبلند با حاشیه سوخته در یک سنگ آندزیتی که توسط کربنات و کلریت جایگزین شده است. (پ) توف سنگی بلوری یک نمونه چندریختی (ت) پلاژیوکلاز با ماکل پلی سینتتیک به همراه پیروکسن، هورنبلند و کانی فرعی اسفن در یک سنگ آندزیت بازالت. (ث) تشکیل اپیدوت‌های ثانویه و کلریت در اثر دگرسانی گرمایی پلاژیوکلازها در یک سنگ مونزونیتی. (ج) بلورهای صفحه‌ای و نیمه شکل‌دار بیوتیت در یک مونزودیوریت پورفیری. [۵]: پلاژیوکلاز: Pl، پیروکسن: Px، بیوتیت: Bt، هورنبلند: Hbl، کلریت: Ch، اپیدوت: Ep، فلدسپار پتاسیم: Kf، آپاتیت: Ap، اسفن: Spn. علائم اختصاری برگرفته از مرجع [۶].

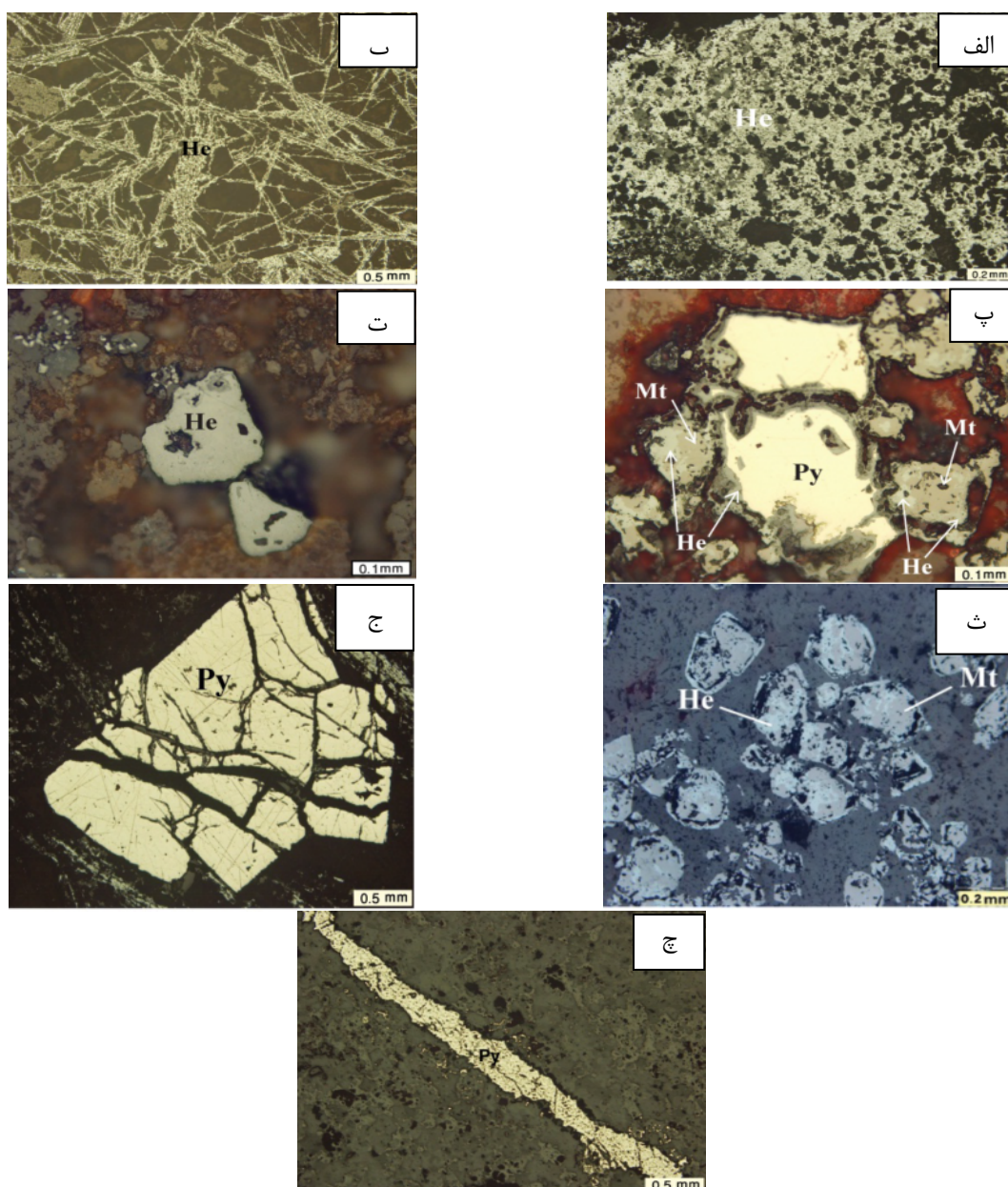
جدول ۱ ویژگی‌های بافت و کانی‌شناسی سنگ‌های مربوط به کانسار آهن همبرد.

نوع سنگ	بافت سنگ	درشت بلور شاخص	دیگر موارد
آندزیت	دارای بافت پورفیری با زمینه نهان بلوری تقریباً ۵۰ تا ۵۵ درصد درشت بلور	پلاژیوکلاز: (۲۵-۲۰)٪ و ۰.۵ تا ۱.۵ mm، هورنبلند (۱۵-۱۰)٪ و ۰.۷ تا ۱.۲ میلی متر، پیروکسن (۵-۲)٪ و ۰.۱ تا ۰.۱ میلی متر و به مقدار اندک کوارتز	سنگ میزبان، اغلب کانی آپاتیت حضور دارد. هورنبلند با حاشیه سوخته و حفظ قالب از کلریت پر شده است. پیروکسن‌ها در بیشتر موارد به کلسیت و کربنات‌ها دگرسان شده‌اند.
آندزیت بازالت	بافت پورفیری با زمینه شیشه‌ای، ریزسنگی و نهان بلوری بافت خال خال هورنبلند و گلوپروپورفیری	پلاژیوکلاز: (۲۰-۱۵)٪ و ۰.۱ تا ۱.۰ میلی متر، هورنبلند (۱۵-۱۰)٪ و ۰.۱ تا ۱.۵ میلی متر، پیروکسن (۱۵-۱۰)٪ و ۰.۲ تا ۰.۸ میلی متر	سنگ میزبان کانی‌زایی است
لاپیلی کریستال توف	بافت آذرآواری	پلاژیوکلاز، اپیدوت، آپاتیت، کوارتز، سریست، کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن	سنگ میزبان کانی‌زایی است
مونزونیت	بافت دانه ای و ریزدانه ای زمینه دانه ریز و متشکل از کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، کانی‌های کدر، کلریت و کربنات‌ها	پلاژیوکلاز: (۳۵-۳۰)٪ و ۰.۱ تا ۰.۶ میلی متر، فلدسپار قلیایی (۳۵-۳۰)٪ و ۱ تا ۱.۵ میلی متر، کانی‌های فرومنیزین به مقدار جزئی	به درون سنگ‌های آتشفشانی-آتشفشانی رسوبی (آندزیت و آندزیت بازالت‌ها و توف) نفوذ کرده است و کانه‌زایی رخ داده است.
مونزودیوریت پورفیری	بافت پورفیری با زمینه ریز دانه ای از پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، پیروکسن و کربنات	پلاژیوکلاز: (۶۵-۶۰)٪ و ۰.۱ تا ۰.۸ میلی متر، پیروکسن (۱۰-۵)٪ و ۰.۲ تا ۱.۰ میلی متر، بیوتیت (۳-۲)٪، هورنبلند > ۲٪	با کانی‌زایی و دگرسانی شدید همراه است.

کانی‌زایی

در کانسار آهن همیرد، کانه‌زایی هماتیت در مرز تماس توده نفوذی شبه‌آتشفشانی با سنگ میزبان صورت گرفته است. در این کانسار کانه اصلی هماتیت است و کانی‌های پیریت، مگنتیت، باریت و کلسیت به مقدار کمتر در آن یافت می‌شوند. توده هماتیتی کانسار همیرد از ابتدا به صورت مگنتیت و پیریت بوده که در نتیجه چرخش آب‌های اکسیژن‌دار هماتیتی شده است. بر اساس نظر هاینز و همکاران [۷]، برای تشکیل هماتیت در قسمت بالایی کانسار، حضور اکسیژن ضروری است و

گریزندگی اکسیژن باید افزایش یابد. برای این منظور، آب‌های جوی اکسیدان به‌عنوان بهترین منبع خارجی تامین‌کننده اکسیژن، با چرخش در بخش‌های بالایی ذخیره می‌توانند کانسار را اکسید کنند [۸،۷]. هماتیت موجود در کانسار همیرد، هم خاستگاه اولیه دارد و هم به صورت ثانویه یافت می‌شود که این دو را با توجه به نمونه‌های دستی و بررسی‌های میکروسکوپی می‌توان به دو نسل تقسیم کرد: هماتیت نسل اول: به صورت سیمانی قطعات سنگ درونگیر را به هم متصل کرده است و دارای بافت انتشاری است (شکل ۴ الف).



شکل ۴ الف) بافت انتشاری در هماتیت نسل اول. ب) بافت کلوفرمی در هماتیت نسل دوم. پ) تبدیل پیریت و مگنتیت به هماتیت. ت) بافت جانشینی و هماتیت جانشین شده در قالب پیریت. ث) پدیده مارتیتی شدن و تبدیل مگنتیت و پیریت به هماتیت. ج) بافت تنش آواری و برشی در پیریت. چ) بافت رگه ای پیریت. علائم اختصاری برگرفته از مرجع [۶].

کانی‌های سولفیدی است که به مقدار اندک (۱ تا ۲ درصد) با پیریت و هماتیت دیده می‌شود. بلورهای کالکوپیریت به صورت لکه‌های بی‌شکل و پراکنده درون کانی‌های باطله مشاهده می‌شود.

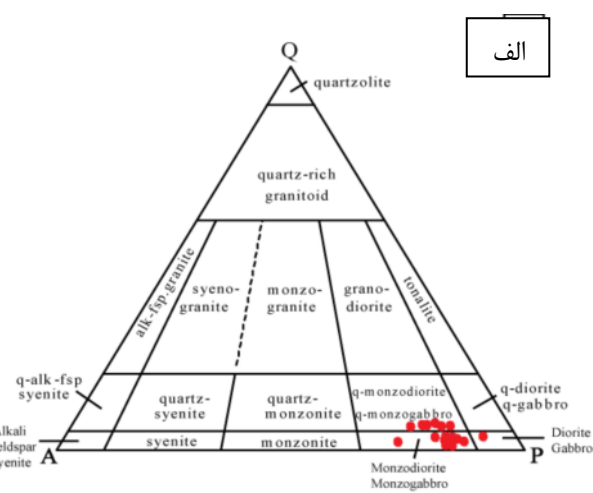
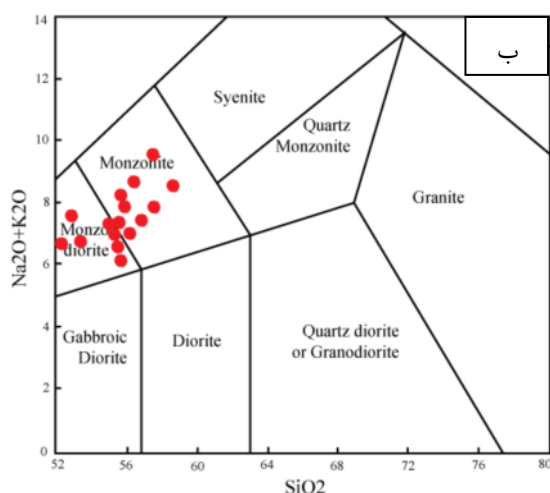
زمین‌شیمی

نتایج تجزیه شیمیایی توده نفوذی شبه‌آتشفشانی کانسار همیرد برای اکسیدهای عناصر اصلی و مقادیر کانی‌های هنجاری آن، به صورت درصد وزنی و برای عناصر کمیاب و خاکی نادر به صورت قسمت در میلیون، در جدول ۲ و ۳ آورده شده است.

به منظور نامگذاری سنگ‌های شبه‌آتشفشانی موثر در تشکیل کانسار آهن همیرد از نمودارهای مراجع [۱۲، ۱۱] استفاده شده است (شکل‌های ۵ الف و ب). بر اساس این نمودارها، سنگ‌های شبه‌آتشفشانی منطقه‌ی مورد بررسی شامل مونزونیت، مونزودیوریت، مونزوگابرو و کوارتز مونزودیوریت هستند و بر نمودار AFM [۱۲]، در محدوده آهکی-قلیایی واقع شده‌اند (شکل ۶ الف). در نمودار تغییرات SiO_2 نسبت به K_2O [۱۳] نمونه‌های مورد بررسی به سری‌های آهکی قلیایی و آهکی قلیایی غنی از پتاسیم تعلق دارند (شکل ۶ ب). با توجه به نمودار A/CNK نسبت به A/NK [۱۴] (شکل ۶ پ)، نمونه‌های مورد بررسی از نظر شاخص اشباع آلومین در گستره متآلومین قرار گرفته‌اند. درجه اشباع آلومین A/CNK کمتر از یک است که از مشخصه‌های مهم گرانیتهای نوع I محسوب می‌شود [۱۵]. بنابراین سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی از نظر خاستگاه ماگمایی مشابه با گرانیتهای نوع I هستند [۱۶]، (شکل‌های ۷ ت و ث).

هماتیت نسل دوم: این نسل از هماتیت شامل دو نوع است: الف: هماتیت نوع اسپیکولاریت: که هماتیت‌های اولیه به صورت اشکال تیغه‌ای - سوزنی هستند (شکل ۴ ب). حضور این هماتیت دمای پایین فاز سیال را نشان می‌دهد. این نوع هماتیت‌ها در بخش‌هایی تشکیل می‌شوند که گریزندگی اکسیژن در محیط بالا باشد. ب: هماتیت ثانویه: که این نوع هماتیت از اکسیدشدن پیریت و مگنتیت در شرایط سطحی تشکیل شده است. دارای بافت جانشینی است و به صورت پولکی و پراکنده و کلوformی دیده می‌شود (شکل‌های ۴ پ، ت و ث).

بلورهای مگنتیت دارای فراوانی بسیار کمتر از هماتیت هستند. مگنتیت به صورت ریزدانه با بافت پراکنده و انتشاری دیده می‌شود. مگنتیت در بسیاری از موارد دچار اکسایش شده و به هماتیت تبدیل شده است (شکل ۴ ث). مارتیتی شدن یک نوع بافت جانشینی است که در اثر سیالات اکسیدان رخ داده است [۹]. در اثر این فرآیند، پس از شکل‌گیری توده کانسنگی و همزمان با هجوم سیالات دمای پایین، مگنتیت به هماتیت تبدیل می‌شود [۱۰]. پیریت کانی سولفیدی غالب در کانسار آهن همیرد به صورت شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار است و مهمترین کانی همراه با مگنتیت و هماتیت به شمار می‌آید و در بعضی موارد از حجم قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. در شکل ۴ ج، بافت پیریت به صورت تنش آواری و برشی دیده می‌شود. رایج‌ترین بافت پیریت به صورت رگه‌ای در کانسنگ اکسیدی دیده می‌شود که تغییرات گریزندگی اکسیژن و فعالیت گوگرد را نشان می‌دهد (شکل‌های ۴ چ و ۲ ث). کالکوپیریت از دیگر



شکل ۵ الف) موقعیت نمونه‌های کانسار همیرد در نمودار طبقه بندی [۱۰]. ب) رده‌بندی سنگ‌های شبه‌آتشفشانی کانسار آهن همیرد با استفاده از نمودار مرجع [۱۱].

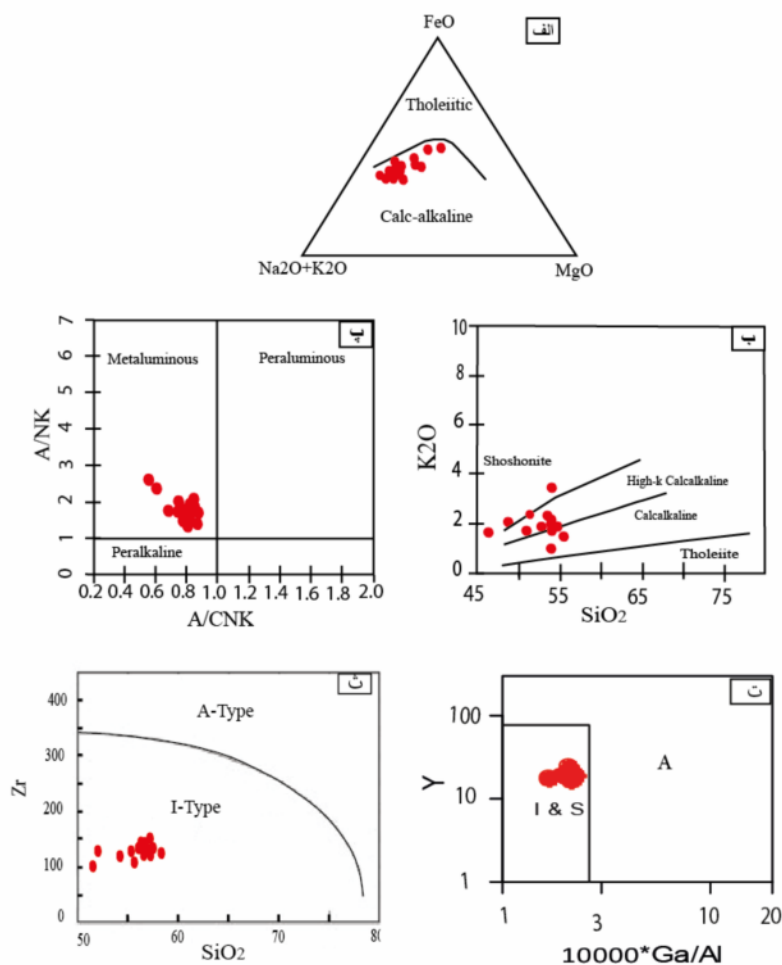
جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و مقادیر کانی‌های هنجاری توده نفوذی کانسار آهن همیرد (بر حسب درصد).

Sample	Hm1	Hm2	Hm3	Hm4	Hm5	Hm6	Hm7	Hm8	Hm9	Hm10	Hm11	Hm12	Hm13	Hm14	Hm15	Hm16
SiO ₂	۵۱	۵۲٫۸	۵۴٫۳	۵۴٫۴	۵۴٫۲	۵۳٫۹	۵۵٫۵	۵۳٫۷	۵۴٫۱	۴۶٫۲	۴۴٫۴	۴۸٫۷	۵۴٫۴	۵۱٫۴	۵۳٫۷	۵۴
TiO ₂	۱٫۱۲	۰٫۹۱	۰٫۹۳	۰٫۹۱	۰٫۸۹	۰٫۸	۰٫۹۴	۰٫۹۹	۱٫۰۱	۱٫۳۵	۱٫۲۷	۰٫۹۵	۰٫۸۶	۱٫۰۳	۰٫۹۷	-
Al ₂ O ₃	۱۸٫۵	۱۷٫۳	۱۷٫۷	۱۷٫۷	۱۷٫۵	۱۶٫۸	۱۷٫۸	۱۷٫۲	۱۸٫۱	۱۶٫۱	۱۴٫۹۵	۱۶٫۲	۱۶٫۳۵	۱۸٫۲	۱۷٫۵۵	۱۸
Fe ₂ O ₃	۶٫۷۶	۷٫۰۶	۷٫۲۸	۶٫۵۹	۶٫۳۴	۷٫۱۱	۶٫۷۳	۶٫۴۴	۶٫۴۹	۸٫۸۲	۹٫۲۴	۸٫۵۸	۶٫۳۵	۷٫۱۲	۶٫۹۱	۷٫۲۳
FeO _t	۶٫۰۸	۶٫۳۵	۶٫۵۵	۵٫۹۲	۵٫۷	۶٫۳۹	۶٫۰۵	۵٫۷۹	۵٫۸۳	۷٫۹۳	۸٫۳۱	۷٫۷	۵٫۷۱	۶٫۴	۶٫۲۱	۶٫۵
MnO	۰٫۱۱	۰٫۱۷	۰٫۱۳	۰٫۱	۰٫۱۲	۰٫۱۳	۰٫۱۱	۰٫۱۱	۰٫۰۹	۰٫۲۱	۰٫۲۶	۰٫۲۱	۰٫۱	۰٫۱۵	۰٫۱	۰٫۱۴
MgO	۱٫۲۸	۲٫۴۵	۳٫۰۷	۱٫۹۴	۱٫۸۱	۲٫۷۹	۱٫۷۹	۱٫۵۵	۱٫۹	۳٫۱۸	۴٫۰۳۴	۲٫۷۶	۱٫۶۲	۲٫۹۱	۱٫۵۸	۳٫۳۸
CaO	۸٫۱۹	۷٫۱۲	۶٫۵۲	۵٫۶۴	۵٫۱۵	۴٫۵۲	۴٫۷۱	۶٫۰۳	۶٫۵۲	۱۱٫۲	۱۲	۷٫۵	۴٫۹۱	۶٫۶۳	۶٫۹۵	۶٫۹۱
Na ₂ O	۴٫۷	۴٫۸۴	۴٫۵۳	۵٫۰۳	۵٫۷۳	۴٫۷۱	۷٫۵۳	۶٫۰۴	۴٫۵۶	۳٫۰۶	۲٫۶	۴٫۴۶	۵٫۷۵	۴٫۸۷	۴٫۴۶	۴٫۳۲
K ₂ O	۱٫۷۷	۱٫۸۷	۱٫۹۲	۲	۲٫۱۶	۳٫۵۱	۱٫۴۹	۰٫۹۵	۲٫۱۳	۱٫۶۹	۱٫۴۲	۲٫۱۲	۱٫۹۶	۲٫۳۷	۲٫۳۴	۱٫۷۳
P ₂ O ₅	۰٫۵۸	۰٫۳	۰٫۳۱	۰٫۲۹	۰٫۲۸	۰٫۲۴	۰٫۴۲	۰٫۴۱	۰٫۲۷	۰٫۳۸	۰٫۳۶	۰٫۴۳	۰٫۲۶	۰٫۲۷	۰٫۲۵	۰٫۲۴
LOI	۴٫۳	۳٫۴۱	۱٫۹۹	۴٫۳	۲٫۸۹	۴٫۵۲	۳٫۹	۲٫۲	۳٫۵۹	۸٫۶۵	۹٫۷	۶٫۸۹	۲٫۳۹	۲٫۹۱	۲٫۴۹	۲٫۸
Total	۹۸٫۶	۹۸٫۵	۹۹	۹۹٫۲	۹۷٫۴	۹۹٫۳	۱۰۱	۵۹٫۹	۹۹	۱۰۱	۱۰۰٫۵	۹۹٫۱	۹۵٫۲	۹۸٫۲	۹۷٫۶	۱۰۰
A.CNK	۰٫۷۵	۰٫۷۵	۰٫۸۳	۰٫۸۵	۰٫۸۳	۰٫۸۵	۰٫۷۹	۰٫۷۸	۰٫۸۳	۰٫۵۹	۰٫۵۴	۰٫۶۹	۰٫۷۹	۰٫۸۰	۰٫۷۷	۰٫۸۳
A.NK	۱٫۹۱	۱٫۷۳	۱٫۸۶	۱٫۷	۱٫۴۹	۱٫۴۵	۱٫۲۷	۱٫۵۷	۱٫۴۸	۲٫۳۴	۲٫۵۷	۱٫۶۸	۱٫۴۱	۱٫۷۲	۱٫۷۷	۲

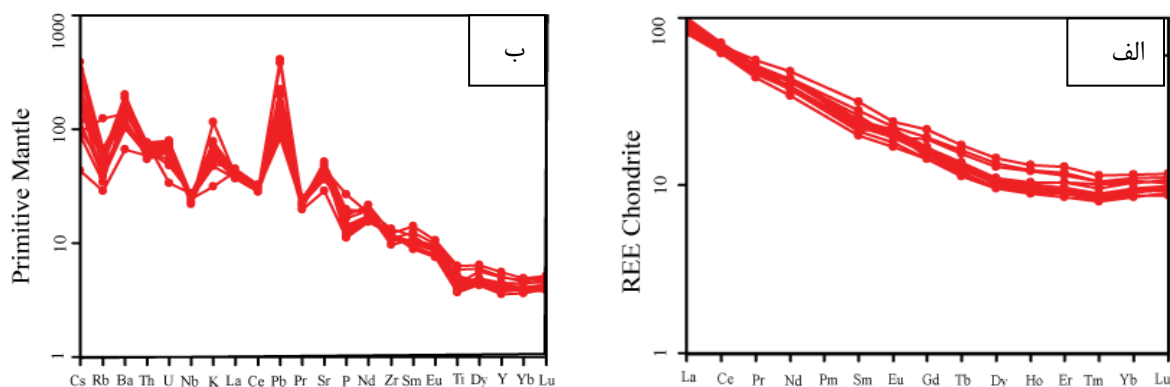
A.CNK: Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O); A.NK: Al₂O₃/(Na₂O+K₂O)

جدول ۳ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر فرعی و خاکی نادر توده نفوذی کانسار آهن همیرد (بر حسب ppm).

Sample	Hm1	Hm2	Hm3	Hm4	Hm5	Hm6	Hm7	Hm8	Hm9	Hm10	Hm11	Hm12	Hm13	Hm14	Hm15	Hm16
Trace elements																
Ba	۸۷۲	۱۰۱۰	۱۰۲۵	۱۱۱۵	۱۱۵۰	۹۶۴	۱۰۶۰	۴۶۲	۱۰۹۰	۷۴۸	۷۰۷	۱۳۴۵	۱۰۵۵	۱۴۱۰	۱۰۶۰	۱۳۱۵
Ni	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۷	۵<	۵<	۵<	۵	۵	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<
Rb	۲۴٫۲	۳۳٫۴	۳۵٫۱	۳۲٫۶	۳۸٫۷	۷۸٫۶	۲۱٫۶	۱۸٫۳	۳۴٫۱	۲۸٫۴	۲۴٫۱	۳۰	۳۲٫۵	۳۷٫۴	۴۲٫۶	۳۱٫۸
Co	۸	۱۴٫۵	۱۵٫۳	۱۱٫۷	۱۲٫۲	۱۵٫۹	۹٫۶	۱۷٫۴	۹٫۷	۱۷٫۴	۱۸	۹٫۶	۱۱٫۷	۱۶٫۴	۱۳٫۲	۱۳٫۴
Cs	۰٫۹۳	۱٫۷۴	۱٫۲۸	۱٫۵۵	۱٫۲۶	۰٫۷۵	۰٫۷	۰٫۳۴	۱٫۴	۱٫۹۱	۱٫۲۹	۰٫۷۸	۲٫۵۴	۲٫۳۹	۳٫۰۹	۱٫۳۹
V	۱۱۵	۱۲۳	۱۲۴	۱۲۰	۱۲۱	۱۳۰	۱۴۴	۱۴۰	۱۶۱	۲۴۱	۲۳۱	۱۱۹	۱۴۷	۱۷۱	۱۶۳	۱۵۲
Ag	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<	۱<
Zr	۱۰۸	۱۲۱	۱۲۷	۱۲۴	۱۳۰	۱۳۴	۱۳۰	۱۱۷	۱۳۴	۱۳۶	۱۲۳	۱۴۸	۱۳۰	۱۲۱	۱۳۰	۱۳۲
Sr	۹۳۸	۹۰۲	۹۹۳	۸۶۰	۹۵۳	۶۰۳	۱۱۰۰	۱۰۸۰	۹۵۰	۹۶۲	۹۰۱	۷۶۶	۹۶۲	۱۰۶۰	۱۰۵۵	۱۰۲۰
Cr	۱۰<	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۲۰	۱۰<	۱۰<	۱۰<	۲۰	۲۰	۱۰	۱۰<	۱۰	۱۰	۱۰
Nb	۱۷٫۲	۱۵٫۶	۱۶٫۳	۱۶	۱۶٫۴	۱۶٫۲	۱۷٫۹	۱۷٫۵	۱۸٫۷	۱۹٫۳	۱۷٫۷	۱۹٫۴	۱۸٫۳	۱۸٫۶	۱۸٫۴	۱۶٫۹
Ga	۱۷٫۳	۲۰٫۳	۲۱٫۴	۲۰٫۹	۲۰٫۸	۱۹٫۸	۲۱٫۱	۱۸٫۸	۲۰	۱۹٫۳	۱۸٫۵	۱۹٫۹	۱۴٫۷	۱۸٫۹	۲۰٫۲	۲۰٫۴
Cu	۱۰	۹	۱۰	۵<	۸	۸	۵	۱۲	۳۱	۲۷	۱۶	۶	۱۹	۱۸	۱۱	۵۲
Zn	۱۶۹	۹۱	۱۲۷	۷۹	۱۷۳	۱۰۲	۶۰	۱۲۸	۱۶۹	۱۷۶	۲۴	۷۸	۱۲۵	۷۱	۱۹۹	۱۶۹
Pb	۲۹	۸	۸	۶	۱۰	۷	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۵<	۱۰	۸	۱۰	۲۷
Hf	۲٫۹	۳٫۲	۳٫۳	۳٫۳	۳٫۴	۱۳٫۵	۳٫۵	۳٫۴	۳٫۶	۳٫۸	۳٫۴	۳٫۸	۳٫۴	۳٫۶	۳٫۴	۳٫۶
Ga	۱۷٫۳	۲۰٫۳	۲۱٫۴	۲۰٫۹	۲۰٫۸	۱۹٫۸	۲۱٫۱	۱۸٫۸	۲۰	۱۹٫۳	۱۸٫۵	۱۹٫۹	۱۴٫۷	۱۸٫۹	۲۰٫۲	۲۰٫۴
Ce	۵۲٫۴	۵۲٫۸	۵۴٫۷	۵۴	۴۵٫۵	۴۹٫۷	۵۷٫۴	۵۵٫۲	۵۳٫۴	۵۵٫۵	۵۰٫۷	۵۴٫۶	۵۲٫۵	۵۲٫۶	۵۲٫۷	۴۹٫۶
Th	۴٫۶۵	۵٫۳۸	۵٫۵۷	۵٫۸۷	۶٫۰۲	۶٫۵۳	۴٫۹۹	۴٫۹۴	۵٫۳	۵٫۵	۵٫۰۵	۶٫۴۴	۶٫۲۱	۵٫۹۳	۵٫۹۹	۵٫۹
Tl	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<	۵<
Mo	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<	۲<
Ta	۱٫۲	۱	۱	۱	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۱
U	۱٫۳۳	۱٫۳۶	۴٫۴۱	۱٫۴۸	۱٫۵۲	۱٫۶۸	۱٫۱۷	۱٫۳۶	۱٫۶۴	۱٫۰۲	۱٫۱۵	۰٫۷۱	۱٫۵۶	۱٫۵۷	۱٫۵۳	۱٫۵
Ba/Nb	۵۰٫۷	۶۴٫۷	۶۲٫۸	۹۶٫۶	۷۰٫۱	۵۹٫۵	۵۹٫۲	۲۶٫۴	۵۸٫۲	۴۰٫۶	۳۹٫۹	۶۹٫۳	۵۷٫۶	۷۵٫۸	۵۷٫۶	۷۷٫۸
Rare earth elements																
La	۲۶٫۱	۲۸٫۴	۲۹٫۴	۲۹٫۸	۳۰٫۲	۲۷٫۲	۳۱	۲۹٫۲	۲۸٫۵	۲۷٫۲	۲۵٫۱	۲۸٫۷	۲۹٫۴	۲۷٫۹	۲۸٫۶	۲۵٫۱
Ce	۵۲٫۴	۵۲٫۸	۵۴٫۷	۵۴	۵۴٫۵	۴۹٫۷	۵۷٫۴	۵۵٫۲	۵۳٫۴	۵۵٫۵	۵۰٫۷	۵۴٫۶	۵۲٫۵	۵۲٫۶	۵۲٫۷	۴۹٫۶
Pr	۶٫۰۹	۵٫۷۹	۶٫۰۱	۵٫۸۲	۶٫۰۱	۵٫۴	۶٫۳۶	۶٫۴	۵٫۹۹	۶٫۸۴	۶٫۱۴	۶٫۲	۵٫۸۲	۵٫۹۵	۵٫۸۵	۵٫۶۴
Nd	۲۴٫۹	۲۲٫۵	۲۳٫۶	۲۲٫۴	۲۳٫۲	۲۰٫۶	۲۵٫۲	۲۵٫۸	۲۳٫۱	۲۸٫۹	۲۶٫۳	۲۵٫۵	۲۲٫۶	۲۳٫۶	۲۲٫۹	۲۲٫۸
Sm	۴٫۷۳	۴٫۳۶	۴٫۳۶	۴٫۱۸	۴٫۲۶	۳٫۸۸	۴٫۶	۴٫۷۷	۴٫۴۳	۶٫۱۸	۵٫۵	۵٫۱۲	۴٫۰۹	۴٫۴۹	۴٫۳۸	۴٫۴۲
Eu	۱٫۵۸	۱٫۶	۱٫۶۲	۱٫۵۸	۱٫۵۷	۱٫۲۵	۱٫۵۳	۱٫۵۶	۱٫۵	۱٫۷۶	۱٫۶۵	۱٫۴۳	۱٫۳۲	۱٫۴۶	۱٫۴۳	۱٫۴۳
Gd	۴٫۴	۴٫۰۶	۴٫۰۳	۳٫۷۹	۳٫۹۶	۳٫۷۴	۴٫۳۱	۴٫۳۶	۴٫۰۲	۵٫۵۷	۵٫۰۵	۴٫۹۲	۳٫۷۳	۴٫۰۸	۴٫۰۳	۳٫۹۹
Tb	۰٫۶۲	۰٫۶	۰٫۵۹	۰٫۵۵	۰٫۵۷	۰٫۵۶	۰٫۶۲	۰٫۶۵	۰٫۶	۰٫۸۳	۰٫۷۷	۰٫۷۳	۰٫۵۴	۰٫۶۱	۰٫۵۹	۰٫۶
Dy	۳٫۳۶	۳٫۳۴	۳٫۴۲	۳٫۱	۳٫۱۳	۳٫۱۷	۳٫۵۳	۳٫۵۸	۳٫۴۱	۴٫۶۹	۴٫۳۷	۴٫۱۴	۳٫۱	۳٫۴۷	۳٫۳۴	۳٫۲۹
Ho	۰٫۶۸	۰٫۷۱	۰٫۶۸	۰٫۶۴	۰٫۶۶	۰٫۶۶	۰٫۷۴	۰٫۷۵	۰٫۷	۰٫۹۵	۰٫۸۸	۰٫۸۷	۰٫۶۴	۰٫۷۲	۰٫۶۹	۰٫۶۷
Er	۱٫۹۷	۲٫۰۱	۲٫۰۲	۱٫۸۸	۱٫۸۷	۱٫۹۴	۲٫۲	۲٫۲	۲٫۰۱	۲٫۷۱	۲٫۵۱	۲٫۴۱	۱٫۸۹	۲٫۰۳	۱٫۹۸	۱٫۹۳
Tm	۰٫۲۷	۰٫۲۸	۰٫۲۹	۰٫۲۶	۰٫۲۷	۰٫۲۸	۰٫۳۳	۰٫۳۱	۰٫۲۹	۰٫۳۷	۰٫۳۴	۰٫۳۴	۰٫۲۶	۰٫۲۹	۰٫۲۹	۰٫۲۸
Yb	۱٫۸۳	۱٫۸۹	۱٫۹۷	۱٫۷۸	۱٫۹	۱٫۹۶	۲٫۱۵	۲٫۱۷	۱٫۹۷	۲٫۴۲	۲٫۲۲	۲٫۳۲	۱٫۹	۲٫۰۱	۱٫۹	۱٫۸۹
Lu	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۳۲	۰٫۲۹	۰٫۳	۰٫۳۱	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۳	۰٫۳۸	۰٫۳۳	۰٫۳۶	۰٫۳۱	۰٫۳۲	۰٫۳	۰٫۳۱
Y	۱٫۸۴	۱٫۸۷	۱٫۹۱	۱٫۶۲	۱٫۷۲	۱٫۷۷	۱٫۹۸	۲٫۰۲	۱٫۸۵	۲٫۵	۲٫۲۹	۲٫۲۷	۱٫۶۹	۱٫۹۲	۱٫۸۲	۱٫۸۲



شکل ۶ الف) نمودار مثلثی AFM برای تفکیک مجموعه تولیتی از آهکی قلیایی [۱۲]. ب) موقعیت نمونه‌های شبه آتشفشانی همیرد در نمودار SiO_2 نسبت به K_2O ، برگرفته از [۱۳]. پ) بررسی درجه اشباع شدگی آلومینیوم برای سنگ‌های شبه آتشفشانی همیرد با استفاده از نمودار مرجع [۱۴]. ت و ث) نمودار تغییرات Y نسبت به Ga/Al برای تفکیک گرانیتوئیدهای I و S از A [۱۵] و نمودار Zr نسبت به SiO_2 برای جدا سازی گرانیت‌های I و A از یکدیگر [۱۶].



شکل ۷ الف) نمودار عنکبوتی عناصر خاکی نادر نمونه‌های توده نفوذی کانسار همیرد بهنجار شده نسبت به کندریت [۱۷]. ب) نمودار بهنجار شده عناصر فرعی و کمیاب نمونه‌های توده نفوذی کانسار همیرد بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۱۸].

زمین شیمیایی نشان می‌دهد که توده‌های مورد بررسی از گرانیتوئیدهای نوع I هستند.

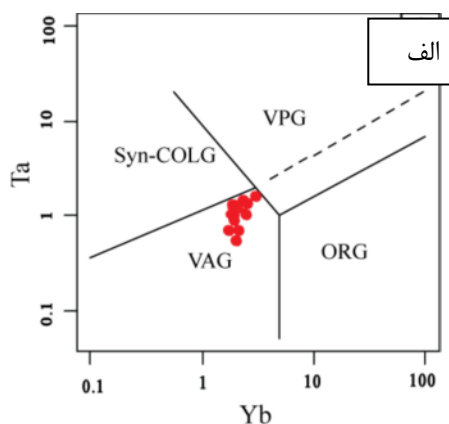
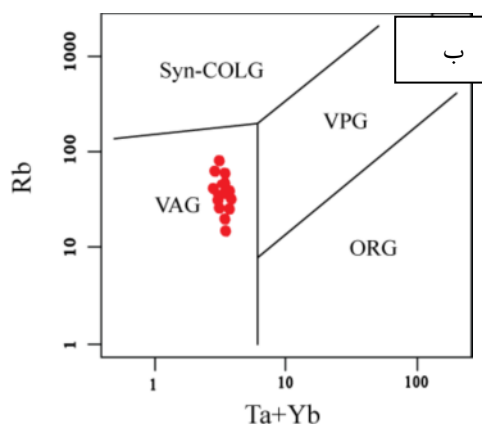
با توجه به نمودار شکل‌های ۸ الف و ب که جداکننده محیط‌های زمین‌ساختی مختلف گرانیتوئیدهاست، سنگ‌های منطقه در گستره وابسته به قوس آتشفشانی واقع شده‌اند. سنگ‌های شبه‌آتشفشانی منطقه‌ی مورد بررسی از نظر عناصر HFS تهی بوده و نسبت عناصر Nb/Y در آن‌ها پایین است (۰٫۷۷ تا ۱٫۰۸). نسبت پایین Nb/Y (۰٫۳۲ تا ۱٫۷۲) از ویژگی سنگ‌هایی است که در قوس‌های ماگمایی وابسته به فرورانش تشکیل شده‌اند [۱۹]. در نمودار Y نسبت به Sr/Y [۲۰] که برای تمایز ماگماهای آداکیتی از قوس آتشفشانی معمولی ارائه شده است نمونه‌های مورد بررسی در محدوده‌ی قوس واقع می‌شوند (شکل ۹). مقدار بالای نسبت Ba/Nb (بیشتر از ۲۸) شاخص سنگ‌هایی است که در مناطق وابسته به فرورانش در کرانه فعال قاره‌ای تشکیل شده‌اند [۲۲، ۲۱]. این نسبت در نمونه‌های مورد بررسی بیش از ۲۸ و به طور متوسط حدود ۵۸٫۵ است. در نمودارهای Rb نسبت به Ta و Ta+Yb نسبت به Yb [۲۳] نیز نمونه‌ها در گستره VAG قرار می‌گیرند.

برای بررسی تغییرات عناصر کمیاب و نادر خاکی از نمودارهای عنکبوتی مراجع [۱۷، ۱۸]، استفاده شده است. در نمودارهای عنکبوتی چند عنصری بهنجار شده نسبت به کندریت [۱۷] (شکل ۷ الف)، الگوی عناصر خاکی نادر نمونه‌های مورد بررسی روندی موازی و یکسان نشان می‌دهند و در همه نمونه‌ها، عناصر LREE نسبت به عناصر HREE غنی‌شدگی بیشتری دارند. در شکل ۷ ب، الگوی عناصر فرعی و کمیاب نسبت به گوشته اولیه بهنجار شده است [۱۸]. در این نمودار، عناصر LIL از جمله Cs, K, Ba, Sr, u, Pb غنی‌شدگی بالاتری نسبت به دیگر عناصر دارند و عناصر Rb, Nb, P, Ti, Th, Ce, Pr تهی‌شدگی نشان می‌دهند.

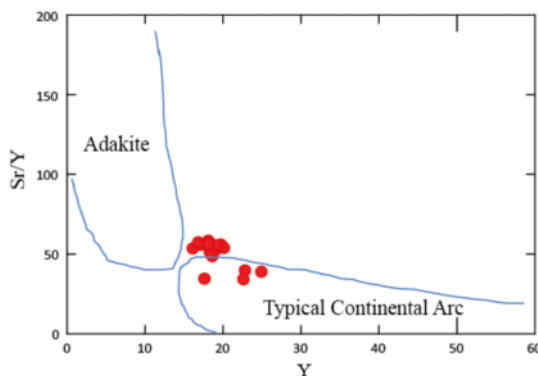
بحث

محیط زمین ساختی و سنگ زایی

همراهی توده‌های نفوذی مورد بررسی با سنگ‌های آتشفشانی، طیف ترکیبی مونزوگابرو-دیوریت-مونزودیوریت و مونزونیت، وجود اسفن اولیه، وجود پیروکسن، هورنبلند و بیوتیت در توده‌ها، عدم وجود کانی‌های دگرگونی چون گارنت و کوردیریت و ادخال آپاتیت در کانی‌های بیوتیت و هورنبلند و ویژگی‌های



شکل ۸ الف و ب) نمودار تفکیک‌کننده‌ی محیط زمین ساختی گرانیتوئیدها که نمونه‌های مورد بررسی در محدوده گرانیتوئیدهای وابسته به قوس آتشفشانی قرار می‌گیرند [۱۹].



شکل ۹ نمودار Sr/Y-Y برای تفکیک سنگ‌های آداکیتی از کمان آتشفشانی [۲۰].

نمودارهای عنکبوتی نمونه‌های مورد بررسی نیز از الگوی ماگمای آهکی قلیایی قوس‌های آتشفشانی قاره‌ای پیروی می‌کنند و مؤید این مسأله است. به‌طوری که بیهنجاری منفی Nb, P و Ti در این نمودارها از ویژگی‌های شاخص مناطق فرورانش هستند و یا آغشتگی با پوسته قاره‌ای را نشان می‌دهند [۲۴] به عقیده ویلسون [۲۴]، اگر یک مجموعه از سنگ‌های آذرین در اثر تحمل فرایندهای تبلور جدایشی با هم وابسته باشند، مقادیر عناصر کمیاب و نسبت‌های آن‌ها به‌طور یکسان و پیوسته تغییر می‌کند. یکنواخت بودن الگوی عناصر خاکی نادر سنگ‌های مورد بررسی نیز تأییدکننده این مطلب است. به طور کلی تشابه الگوی تغییرات عناصر خاکی نادر در واحدهای مختلف شبه آتشفشانی منطقه و تفاوت در میزان تمرکز این عناصر می‌تواند نشان دهنده ارتباط زایشی نمونه‌ها با هم و خاستگاه مشترک آنها باشد [۲۵]. عناصر خاکی نادر سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) تقریباً ۱۰ برابر غنی‌شدگی نشان می‌دهند. این غنی‌شدگی می‌تواند به دلیل درجات ذوب‌بخشی پایین و یا یک خاستگاه غنی شده از عناصر LREE و ماگماهای وابسته به فرورانش باشد [۱۴] و ویژگی مناطق فرورانش و یا آلاش ماگمایی توسط سنگ‌های پوسته‌ای است [۲۶، ۲۷]. در نمونه‌های مورد بررسی، Pb دارای بیهنجاری مثبت است که بر پایه نظر پیرس [۱۹]، آمیختگی ماگما با پوسته و آبدار بودن پوسته اقیانوسی فرورونده می‌تواند دلیلی بر این غنی‌شدگی باشد. بیهنجاری بسیار جزئی مثبت Eu در نمونه‌ها نشان‌دهنده انباشت پلاژیوکلاز است و بیهنجاری مثبت Sr و Ba در نمودار نیز آن را تأیید می‌کند.

به طور کلی داده‌های صحرایی، سنگ‌نگاری و زمین شیمیایی نشان می‌دهند که توده نفوذی منطقه مورد بررسی از نوع آهکی- قلیایی پتاسیم متوسط تا بالای کمان‌های آتشفشانی است. خاستگاه ماگماها در این جایگاه می‌تواند از

بخش‌های مختلف پوسته، گوه گوشته‌ای و یا ترکیبی از این دو باشد. برای تعیین و تمایز خاستگاه پوسته‌ای و گوشته‌ای می‌توان عناصر کمیاب را بررسی کرد. برای مثال نسبت عناصر Nb/Ce, Nb/La و $(La/Sm)^N$ در گوشته به ترتیب حدود ۰/۳۹، ۱/۰۱ و ۱ و در پوسته به ترتیب برابر ۰/۴۶، ۰/۲۳ و ۴/۲۵ [۱۸] است. در نمونه‌های مورد بررسی، این نسبت‌ها به ترتیب برابر حدود ۰/۵۳ تا ۰/۷، ۰/۲۹ تا ۰/۳۵ و ۲/۹ تا ۴/۶ هستند و بنابر این نشان‌دهنده خاستگاه پوسته‌ای برای توده مورد بررسی هستند. احتمالاً نفوذ ماگماهای بازی با خاستگاه گوشته‌ای موجود در منطقه باعث ذوب سنگ‌های پوسته‌ای و تشکیل سنگ‌های مورد بررسی شده‌اند. توده نفوذی و منطقه مورد بررسی بخش کوچکی از فعالیت ماگمایی دور خرد قاره شرق ایران مرکزی است و به احتمال زیاد پیامد فرورانش اقیانوس نئوتتیس به زیر ایران مرکزی است.

برداشت

توده نفوذی نیمه آتشفشانی مورد بررسی از نظر ترکیبی شامل مونزونیت و مونزودیوریت است. ماگمای تشکیل‌دهنده این توده شبه آتشفشانی از نوع آهکی قلیایی و آهکی قلیایی غنی از پتاسیم است و از نظر شاخص اشباع از آلومین در محدوده متاآلومین قرار می‌گیرد و از نوع گرانیته‌های نوع I است. به طور کلی تغییرات عناصر کمیاب و خاکی نادر در واحدهای مختلف شبه آتشفشانی کانسار همیرد روندی موازی و یکسان نشان می‌دهد که بیانگر ارتباط زایشی و خاستگاه مشترک آنهاست. بر اساس نمودارهای تمایز محیط زمین‌ساختی، توده شبه آتشفشانی کانسار آهن همیرد در یک محیط قوس آتشفشانی (VAG) جایگیری کرده است. کانه‌زایی آهن در مرز تماس توده نفوذی شبه آتشفشانی با سنگ میزبان صورت گرفته است و هماتیت اصلی‌ترین کانه کانسار است و همراه با آن کانی‌زایی کلسیت و باریت و کانی‌های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت به صورت بافت پراکنده و رگه‌ای) دیده می‌شوند.

مراجع

- [14] Peccerillo A., Taylor S.R., "Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey", Contrib. Mineral. Petrol. 58 (1976) 63-91.
- [15] Maniar P. D., Piccoli P. M., "Tectonic discriminations of granitoids", Geol. Soc. Amer. Bull. 101 (1989) 635-643.
- [16] Chappell B. W., White A. J. R., "I and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, Trans", R. Soc. Edinb. Earth Science 83 (1992) 1-26.
- [17] Boynton N.V., "Cosmochemistry of the rare earth elements, condensation and evaporation processes", In: Lipin, B.R., MacKay, G.A. (Eds.), Geochemistry and Mineralogy of Rare Earths, Mineralogical Society of America: Reviews in Mineralogy 21(1989) 1-24.
- [18] Sun S.S., McDonough W. F., "A chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implication for mantle composition and processes", Geological Society of London Special Publication 42 (1989) 313 - 345.
- [19] Pearce J.A., "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins", In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva Publications Ltd, Cheshire, U.K (1983) 230-249.
- [20] Defant M. J., Drummond M. S., "Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere", Nature 347 (1990), 662-665.
- [21] Temel A., Gundogdu M.N., Gourgaud A., "petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in konya, central Anatolia, turkey", J. Volcano, Geoth. Res., 85 (1998) 327-354.
- [22] Fitton J.G., James D., Kempton P.P.D., Ormerod D.S., Leeman W.P., "the role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the western united states", Journal of Petrology (1988) 331-349.
- [1] Hajibahrami M., Taghipour N., Ghorbani G., "Genesis of the Hamyerd iron deposit, northeastern Semnan: Using fluid inclusions and stable isotopes (S, C, O) studies". Geosciences 25 (2015) 61-70.
- [2] Berberian M., King G.G.P., "Toward the paleogeography and tectonic evolution of Iran", Canadian Journal of Earth Sciences 18(2) (1981) 210-265.
- [3] Hamrah Tolid Co., Exploration report of Hamyerd Fe deposit (2010).
- [4] Hamrah Tolid Co., Geological map Scale 1:5000 of Hamyerd Fe deposit (2011).
- [5] Bucher K., Grapes R., "Petrogenesis of Metamorphic Rocks", Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2011) 434P.
- [6] Whitney D.L., Evans B.W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", American Mineralogist 95 (2010) 185-187.
- [7] Haynes D.W., Cross K.C., Bills R.T., Reed M.H., "Olympic Dam ore genesis: A fluid mixing model", Economic Geology 90 (1995) 281-307.
- [8] Ness W.D., "Introduction to mineralogy", Oxford University Press (2000) 442.
- [9] Ramdohr P., "the ore minerals and their intergrowth", Elsevier (1980).
- [10] Velasko F., "Mineralogy and Origin of the skarn from Kala", Economic Geology 76 (1981) 719-727.
- [11] Middlemost E. A. K., "Magma and magmatic rocks, an introduction to igneous petrology", Longman Group U.K (1994) 73-86.
- [12] Streckeisen A., Le Maitre R.W., "A chemical approach to the Modal (QAPF) classification of the igneous rocks", N. J. b. Miner. Abh. 2 (1979) 169-206.
- [13] Irvine T., Baragar W., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", Canadian Journal of Earth Sciences 8 (1971) 523-548.

- [26] Nagudi N.O., Koberal C.H., Kurat G., *"petrography and geochemical of the Singo granite Uganda and implications for its origin"*, Journal of African earth Science 35 (2003) 55-59.
- [27] Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G., *"Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks"*, Journal of Petrology 25 (1984) 956-983.
- [23] Muller D., Groves D.I., *"Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization"*, lecture Notes in Earth Sciences 56 (1997) 296P.
- [24] Wilson M., *"Igneous Petrogenesis a global tectonic approach, Department of Earth Sciences, University of Leeds"*, Lodon, Unwin Hyman (1989).
- [25] Rollinson H.R., *"Aterrane interpretation of the Archaean Limpopo belt"*, Geol. Mag. 130 (1993) 755-765.