

ویژگی‌های سنگ‌های آتشفشانی جوان در جنوب خاوری بیجار

سید محمد حسین رضوی^{۱*} و علیرضا سیاره^۲

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران

^۲ گروه زمین‌شناسی زیست محیطی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۱/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۶/۱۲

چکیده

در شمال خاوری سندج (جنوب بیجار) واقع در استان کردستان، و در پهنه ساختاری سندج- سیرجان، سنگ‌های آتشفشانی جوان رخمون دارند. در این منطقه سنگ‌های وابسته به کرتاسه، الیگوسن، میوسن و پلیوسن نیز دیده می‌شوند. بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که در این منطقه، فعالیت آتشفشانی در دو مرحله صورت گرفته است. در مرحله نخست پرتاب مواد آذرآواری، سبب ایجاد مخروط آتشفشان و تشکیل دهانه شده و در مرحله بعد گدازه بیرون ریخته است. سنگ‌های آتشفشانی ترکیبی در محدوده تراکی آندزیت، آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت دارند. فقیر بودن ماگما از سیلیس، وجود آنالسیم و اولیوین، و نبود ارتوپیروکسن و پیژونیت از ویژگی‌های سنگ‌های منطقه است، که گواه بر وابسته بودن این ماگما به سری قلیایی است. شواهد سنگ‌نگاری مانند وجود بیگانه‌سنگ (زینولیت) گنیسی و وجود بیگانه‌بلور کوارتز با حاشیه واکنشی در سنگ‌های منطقه دلیل بر آرایش ماگما با پوسته است. از نظر ژئوشیمیایی، تغییرات Hf و Rb ، Sr و Pb نیز این پدیده را تأیید می‌کند. با توجه به وجود توپوگرافی پست سنگ‌های آتشفشانی، شکستگی‌ها و گسل‌های امتدادلغز و شواهد سنگ‌شناسی، درجه کم ذوب بخشی و آرایش پوسته‌ای می‌توان محیط زمین‌ساختی- ماگمایی کششی را برای منطقه در نظر گرفت. کشش محلی و باز شدگی در امتداد پهنه گسل‌های امتدادلغز راهی برای صعود ماگما به سطح زمین فراهم کرده است.

کلیدواژه‌ها: بیجار، سری قلیایی، سندج- سیرجان، آرایش ماگما

*نویسنده مسئول: سید محمد حسین رضوی

۱- مقدمه

در این منطقه سنگ‌های نفوذی با ترکیب دیوریت تا میکرومونوزودیوریت در اسلیت‌های کرتاسه برنزد دارد. گسل‌های متعددی با سازوکارهای گوناگون در منطقه عمل نموده‌اند. مهم‌ترین آنها گسل امتدادلغز بیجار است. همچنین در مسیر جوروندی- عربشاه گسل‌های کششی به احتمال ژرف دیده می‌شود که سبب خروج ماگمای بازالتی در میوسن شده است. گسل‌های ژرف دیگری نیز در اطراف روستاهای ندری، طهمورث و احمدآباد وجود دارد که موجب بالا آمدن ماگمای بازالتی در منطقه شده‌اند. وجود آنکلاوهای گنیسی از پی سنگ پوسته زیرین گویای ژرف بودن گسل‌ها است.

۳- ویژگی سنگ‌های آتشفشانی منطقه

آتشفشان‌های منطقه با مخروط‌های کم‌ارتفاع دارای امتداد شمال باختری- جنوب خاوری هستند. در این منطقه فعالیت آتشفشانی در میوسن بالایی آغاز شده و فعالیت آن به صورت خروج گاز و چشمه‌های گرمابی در مناطق باباگرگر و پیرصالح تا به امروز ادامه دارد. سنگ‌های ماگمایی کوتاه‌تر منطقه به صورت چینه‌ای- آتشفشانی (استراتوولکان) طی فازهای متناوب گدازه‌ای و انفجاری به وجود آمده‌اند که امروزه در مرحله گوگردزایی هستند. گدازه‌های آتشفشان جوروندی در میان مارن‌های میوسن، و گدازه‌های آتشفشان‌های احمدآباد، طهمورث و ندری روی واحدهای مارنی پلیوسن و آبرفت‌های جوان رخمون دارند.

گدازه آتشفشان جوروندی نهشته‌های میوسن را پوشانیده است. حرارت زیاد بازالت‌ها روی مارن‌های میوسن سبب پختگی خاک و رنگ سرخ آجری آن شده است. آتشفشان احمدآباد شامل تناوبی از گدازه و مواد آذرآواری است که مخروط آن از اسکوری تشکیل شده و گدازه آن تا آتشفشان جوروندی گسترش پیدا کرده است. در گدازه آن بیگانه سنگ‌هایی از پی سنگ گنیسی دیده می‌شود (شکل ۵- الف). آتشفشان طهمورث گاه حالت انفجاری داشته و مواد پرتابی آن شامل بمب‌های دوکی شکل و اسکوری همراه با خاکستر است. دهانه و مخروط آتشفشان از اسکوری تشکیل شده است. گدازه‌های این آتشفشان در چند مرحله با فاصله زمانی کوتاه بیرون ریخته‌اند.

آتشفشان‌های جوان احمدآباد، جوروندی، طهمورث و ندری، در جنوب شهرستان بیجار، در محدوده بین طول‌های جغرافیایی $30^{\circ} 47'$ تا $48^{\circ} 48'$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $30^{\circ} 35'$ تا $50^{\circ} 35'$ شمالی قرار دارند. راه دستیابی به محدوده مورد بررسی جاده آسفالت بیجار- قروه است (شکل ۱). این آتشفشان‌ها بر اساس تقسیم‌بندی زون‌های ساختاری- رسوبی ایران (Stöcklin, 1968; Berberian & Berberian, 1981) در پهنه سندج- سیرجان در راستایی با جهت شمال باختری- جنوب خاوری قرار گرفته‌اند و با راندگی بزرگ زاگرس در حدود یک صد کیلومتر فاصله دارند. آتشفشان‌های یادشده مورد توجه بسیاری از زمین‌شناسان بوده است. از جمله معین وزیری و امین سبحانی (۱۳۶۴) با مطالعه آتشفشان‌های جوان منطقه تکاب قروه سن میوسن پسین تا پلیستوسن را به آنها نسبت داده‌اند. زاهدی (۱۳۶۹) نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سندج را تهیه کرده است. وی اشاره دارد که گدازه‌های جوان، سنگ‌های رسوبی به سن پلیوسن را پوشانده است. معین وزیری (۱۳۷۷) افزون‌بر بررسی آتشفشان‌های جنوب بیجار آتشفشان‌های مورد بررسی (جوروندی، احمدآباد، طهمورث و ندری) را آتشفشان‌های بازالتی با مخروط اسکوری بیان کرده است. فنودی و سیاره (۱۳۸۳) با تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بیجار آتشفشان‌های منطقه را نیز مورد بررسی قرار داده‌است.

۲- زمین‌شناسی منطقه

از نظر چینه‌شناسی، سنگ‌های متعلق به کرتاسه، الیگوسن، میوسن، پلیوسن و نهشته‌های کوتاه‌تر در منطقه رخمون دارند (فنودی و سیاره، ۱۳۸۳). قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه متعلق به کرتاسه شامل اسلیت، اسپیلیت و توف است. سنگ‌های الیگوسن شامل تناوبی از ماسه‌سنگ و کنگلومرا است. میوسن شامل تناوبی از کنگلومرا، مارن، ماسه‌سنگ، گچ و سنگ آهک است. در برخی مناطق سنگ‌های بازالتی در میان مارن‌ها رخمون دارند. پلیوسن شامل مارن، توف، کنگلومرا و سنگ آهک است. نهشته‌های کوتاه‌تر شامل پادگانه‌های آبرفتی کهن، تراورتن، پادگانه‌های آبرفتی جوان، مخروط افکنه و آبرفت‌های بستر رودخانه‌ها است.

از کلسیم بوده باشد و یا تبلور زودرس اولیون سبب افزایش کلسیم در ماگما شده باشد (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۶۴). پلاژیوکلاز به مقدار کم به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار حضور دارد. این کانی با ساختار منطقه‌ای و ماکل تکراری بیشتر به صورت میکروفونوکریست است (شکل ۲-ج). آمفیبول به اکسیدهای آهن تجزیه شده است (شکل ۲-د). اسپینل به صورت میانبار در درون بلورهای درشت اولیون و نیز همراه با تیتانوماگنتیت در خمیره سنگ وجود دارد. با توجه به کانی‌ها و بافت سنگ‌ها، نام سنگ‌های گدازه‌ای تراکی آندزیت، آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت است.

۶- نامگذاری شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه

به منظور نامگذاری و بررسی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی تعداد ۲۰ نمونه از سنگ‌ها مورد تجزیه شیمیایی به روش XRF قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. برای نامگذاری سنگ‌های آتشفشانی از نمودارهای $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ نسبت به SiO_2 (Winchester and Floyd, 1977) $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \times 0.0001$ (Cox et al., 1979) و $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \times 0.0001$ نسبت به Nb/Y (Winchester and Floyd 1977) استفاده شد. در نمودار $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ سنگ‌های منطقه در محدوده بازالت قلیایی، هاوانیت، موژآریت و تراکی آندزیت قرار می‌گیرند (شکل ۳-الف). در نمودار $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \times 0.0001$ نسبت به SiO_2 سنگ‌های منطقه در محدوده بازالت قلیایی (شکل ۳-ب) و در نمودار $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \times 0.0001$ نسبت به Nb/Y در محدوده آلکالی بازالت-بازالت نیمه قلیایی، آندزیت بازالت و آندزیت واقع شده‌اند (شکل ۳-ج).

۷- سری‌های ماگمایی سنگ‌های منطقه

برای تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آتشفشانی از دو نمودار (Winchester & Floyd, 1977) $\text{P}_2\text{O}_5/\text{Zr}$ ؛ (Cox et al., 1979) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ استفاده شد. در نمودار $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ سنگ‌های آتشفشانی منطقه بیشتر در محدوده قلیایی و تعداد کمتری در محدوده نیمه‌قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۴-الف). در نمودار $\text{P}_2\text{O}_5/\text{Zr}$ نمونه‌های منطقه در محدوده قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۴-ب).

بنابراین سنگ‌های گدازه‌ای از نوع قلیایی هستند. ذوب بخشی، تفریق و آلاش ماگما می‌تواند در تشکیل ماگمای قلیایی نقش داشته باشد. معین وزیری و امین سبحانی (۱۳۶۴) تغییرات شیمیایی مختصری که در گدازه‌های قلیایی این منطقه دیده می‌شود، را ناشی از شرایط فیزیکی حاکم بر ذوب بخشی و یا یک تفریق بخشی ناقص در حین صعود ماگما می‌دانند. به نظر معین وزیری (۱۳۷۷) ماگمای بازی بر اثر نقصان فشار و افزایش حرارت از ذوب بخشی گوشه بالایی حاصل شده است. این افزایش حرارت سبب پیدایش گنبد حرارتی در پوسته شده که نتیجه آن ذوب بخشی پوسته و ایجاد ماگمای اسید در خارج از محدوده مورد بررسی (آتشفشان‌های شیدا، عربشاه و قره بلاغ) بوده است.

وجود بیگانه‌سنگ‌های گنیسی در سنگ‌های آتشفشانی بازی کواترنر، می‌تواند دلیلی بر ذوب بخشی پوسته اسیدی به حساب آید. در این صورت احتمال دارد که فعالیت آتشفشانی بازالتی کواترنر، گرادیان زمین‌گرمایی منطقه را افزایش داده و سبب ذوب پوسته گنیسی شده است. اما شواهد سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی گواهی بر آلاش ماگما است. از شواهد سنگ‌نگاری می‌توان به وجود بیگانه بلور کواترنر با حاشیه واکنشی (شکل ۵-الف) و وجود بیگانه‌سنگ با ترکیب گنیسی در گدازه آتشفشان‌های جوان در سنگ میزبان (شکل ۵-ب) اشاره کرد. بیگانه‌سنگ‌های گنیسی متخلخل بوده و تخلخل آن به علت ذوب گنیس و آزاد شدن مواد فرار پس از رسیدن بیگانه‌سنگ به سطح زمین است. تغییرات روییدیم، استرانسیم، سرب و هافنیم نیز آلاش پوسته‌ای را تأیید می‌کند (جدول ۱).

آتشفشان‌ندری نیز بیشتر شامل تناوبی از اسکوری و گدازه‌است. مخروط این آتشفشان نیز از اسکوری تشکیل شده و گدازه آن در حدود ۱۳ کیلومتر مربع را پوشانده است. دو واحد آتشفشانی به سن‌های میوسن و کواترنر، در شمال و شمال باختری روستای احمدآباد تا روستای جوروندی دیده می‌شود. نبود مواد آذر آواری، جریان گدازه‌ای با ستبرای کم و مخروط گدازه‌ای، دارا بودن لایه‌بندی با شیب حدود ۳۰ درجه، آتشفشان میوسن را از آتشفشان‌های کواترنر متمایز می‌سازد. همچنین فوران آتشفشان میوسن رامی توان از نوع هاوایی دانست، در حالی که آتشفشان‌های کواترنر شباهت به نوع استرومیولی دارند. فعالیت آتشفشان‌های کواترنر در طی سه مرحله رخ داده است. در مرحله نخست فعالیت آتشفشانی به شکل انفجاری بوده و شامل مواد آذر آواری از نوع خاکستر آتشفشانی تا بمب‌های دوکی شکل است. اکسیده بودن مواد پرتابی، بیان‌کننده حضور آب زیرزمینی است. با افزایش فشار بخار آب و در نتیجه افزایش فشار بخشی اکسیژن، پدیده اکسایش شدت یافته است. در مرحله دوم میزان گاز درون منبع ماگمایی کاهش یافته و گدازه بازالتی بدون حفره تشکیل شده است. در مرحله سوم، دوباره گاز درون مخزن ماگمایی افزایش یافته و فعالیت آتشفشانی به شکل انفجاری ظاهر گشته که شامل اسکوری و بمب است. شکل دوکی بمب‌های منطقه نشانگر فوران در حالت مذاب یا نیمه‌مذاب است. در حال حاضر فعالیت آتشفشان در مرحله گوگردزایی است و چشمه‌های آب گرم در اطراف آنها وجود دارد.

۴- روش مطالعه

مطالعه آتشفشان‌های منطقه در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است. در بخش صحرایی، با توجه به تغییرات سنگ‌شناسی، ریخت‌شناسی و ویژگی‌های فیزیکی، مانند رنگ و اندازه، تعداد ۱۰۰ نمونه برداشت شد. در بخش آزمایشگاهی با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان ویژگی‌های بافتی و کانی‌شناسی سنگ‌ها مورد شناسایی قرار گرفت. سپس ۲۰ نمونه از بازالت‌ها برای تجزیه شیمیایی به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF) انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفت و نتایج حاصل از تجزیه با استفاده از نرم‌افزار Minpet ارزیابی و پردازش شد.

۵- سنگ‌نگاری سنگ‌های گدازه‌ای

سنگ‌های گدازه‌ای در نمونه دستی خاکستری تیره، سیاه و سرخ رنگ هستند و بیشتر ساخت حفره‌ای دارند. حفره‌ها بیشتر از کلسیت و گاه از سیلیس پر شده است. ساخت حفره‌ای معرف مقدار قابل توجهی سیال در ماگمای سازنده این سنگ‌ها است (Philpotts, 1990). تصور می‌رود که اتاق ماگمایی وقتی از گاز اشباع بوده، سبب تشکیل اسکوری و گدازه‌های حفره‌دار، و زمانی که فقیر از گاز بوده، بخش‌های متراکم خاکستری تیره تا سیاه بدون حفره را ایجاد نموده است. در سنگ‌های منطقه انواع بافت‌های میکرولیتیک، میکرولیتیک حفره‌دار، پورفیریتیک، اینترسرتال و گلومروپورفیری حفره‌دار دیده می‌شود.

درشت‌بلورها شامل اولیون، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، فلوگوپیت و آمفیبول است که در زمینه‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، به همراه ریز بلورهایی از کلینوپیروکسن، آنالسیم، ساینیدین، اسپینل، تیتانوماگنتیت و گاه شیشه قهوه‌ای تا سیاه رنگ قرار دارند. گاه در میکرولیت‌ها حالت جریانی دیده می‌شود. الیون به صورت بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار است و بیشتر از حاشیه ایدنگسیته شده‌اند و گاه به سرپانتین و کلریت تجزیه شده است (شکل ۲-الف). کلینوپیروکسن‌ها، با ترکیب اوژیت و تیتانواوژیت، شکل دار تا نیمه شکل دارند و گاه ساختار منطقه‌ای و ماکل ساعت شنی دارند و به مقدار کم به کلریت تجزیه شده‌اند (شکل ۲-ب). کلینوپیروکسن‌ها از لحاظ کلسیم غنی هستند. در این حالت ممکن است ماگما غنی

کمانی و کوه‌های دریایی (سی‌مونت‌ها)، حاشیه فعال قاره‌ای و مناطق شکسته شده ژرف، تولید شود (Middlemost, 1985). اولین فعالیت آتشفشانی باعث بیرون ریختن ماگمایی با ترکیب اولیوین بازالت شده است. بر اثر باقی ماندن این ماگما در درون پوسته و درگیری آن با سنگ‌های پوسته، آرایش رخ داده است. بنابراین قرارگیری نمونه‌ها در محیط زمین‌ساختی ناهمخوان با منطقه به دلیل آرایش پوسته‌ای، تبلور بخشی کانی‌های ویژه و تجمع ناهماهنگ درشت‌بلورها است.

با توجه به وجود توپوگرافی پست سنگ‌های آتشفشانی، وجود شکستگی‌ها و گسل‌های امتداد لغز و شواهد سنگ‌شناختی، درجه کم ذوب بخشی و آرایش پوسته‌ای می‌توان محیط زمین‌ساختی - ماگمایی کششی را برای منطقه در نظر گرفت. کشش محلی و باز شدگی در امتداد پهنه گسل‌های امتداد لغز راهی برای صعود ماگما به سطح زمین فراهم کرده است. فعالیت آتشفشانی با ترکیب بازالتی در منطقه بیجار پیامد این بازشدگی است. (Boccaletti et al. 1977) پیدایش این آتشفشان‌ها را مربوط به دور شدن و جدایی خرده‌قاره‌های ایران و آناتولی می‌دانند که در این ناحیه کناره‌های آن به هم متصل بوده و جدایی آنها پس از برخورد ورقه عربستان با ایران بوده است. با توجه به سن و ویژگی ریخت‌شناسی، می‌توان گفت که سنگ‌های منطقه، به سن کواترنر، پس از برخورد دو صفحه ایران و عربستان تشکیل شده‌اند و چون دریای سرخ نیز در حال باز شدن است، نیروی زمین‌ساختی حاکم بر کل منطقه از نوع فشارشی است. افزون‌بر این، کم بودن حجم ماگمای بیرون ریخته نشانه حاکم بودن فشارش در منطقه است، که تا اندازه‌ای مانع صعود ماگما به سطح زمین شده است. از آن جا که در بعضی موارد فشارش و کشش با هم در یک زمان و در یک منطقه دیده شده‌اند. به نظر می‌رسد که فعالیت آتشفشانی خطی منطقه بیجار ناشی از فازهای کششی محلی و نتیجه چرخش میکروپلیت‌ها باشد. از طرفی مخروط‌های آتشفشانی منفرد و متعدد، در راستای گسل‌های عادی و امتداد لغز، بیشتر با روند شمال باختر - جنوب خاور، موازی با شکستگی زاگرس، در منطقه وجود دارد. ترکیب شیمیایی گدازه‌ها نیز نشانه فعالیت آتشفشانی ناشی از نیروی کششی است. اما تاکنون وقوع فازهای کششی از میوسن پسین تا کواترنر در جهت عمود بر شکستگی زاگرس گزارش نشده است.

۹- بحث و نتیجه‌گیری

منطقه مورد بررسی از نظر ساختاری در پهنه ساختاری سندج - سیرجان قرار دارد. از نظر چینه‌شناسی سنگ‌های متعلق به کرتاسه، الیگوسن، میوسن، پلیوسن و نهشته‌های کواترنر در منطقه رخنمون دارند. سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد بررسی متعلق به دو زمان میوسن پسین و کواترنر بوده و بازیک هستند. در این سنگ‌ها آرایش ماگمایی رخ داده است. وجود بیگانه‌سنگ در گدازه آتشفشان‌های جوان با ترکیب گنیسی و بیگانه‌بلورهای کوارتز با حاشیه واکنشی معرف آن است. ترکیب شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی منطقه بیجار نشان می‌دهد که گدازه‌ها از نوع تراکی آندزیت، آندزیت، آندزیت-بازالت و بازالت هستند و در قلمرو سنگ‌های قلیایی تا نیمه‌قلیایی قرار می‌گیرند.

نمودارهای عنکبوتی منطقه گویای وجود منشأ گوشته غنی شده و وجود شیب منفی در نمودارها حاکی از درجه کم ذوب بخشی است. در نمودارهای زمین‌ساختی - ماگمایی بازالت‌های منطقه با بازالت‌های درون صفحه‌ای (WPB) تطابق دارند. ماگماهای قلیایی منطقه بیجار از ذوب بخشی گوشته بالایی حاصل شده‌اند. تغییرات شیمیایی مختصری که در گدازه‌های قلیایی منطقه دیده می‌شود، گواهی بر آرایش ماگما است. وجود بیگانه بلور کوارتز با حاشیه واکنشی، و وجود بیگانه‌سنگ با ترکیب گنیسی در گدازه آتشفشان‌های جوان در سنگ میزبان و نیز تغییرات روییدیم، استرانسیم، سرب و هافنیم آرایش پوسته‌ای را تأیید می‌کند.

روییدیم در کانی‌های پتاسیم‌دار جانشین K می‌شود و نسبت روییدیم به پتاسیم با پیشرفت تفریق، افزایش می‌یابد. میانگین روییدیم در نمونه‌ها حدود ۴۳ ppm است. این مقدار، از میانگین این عنصر در بازالت‌ها که برابر ۲۱ ppm است، خیلی بیشتر، و از حد میانگین در پوسته که برابر ۹۰ ppm است (Mason & Morre, 1982) کمتر می‌باشد و می‌تواند آرایش پوسته‌ای را تأیید کند.

استرانسیم بیشتر در پلاژیو کلازهای کلسیم‌دار تمرکز می‌یابد. میزان استرانسیم نیز در بازالت‌های منطقه مورد بررسی (با میانگین ۱۴۰۴ ppm) بیشتر از میانگین این عنصر در پوسته (۳۷۵ ppm) است که می‌تواند تأثیر آرایش پوسته‌ای باشد. سرب در کانی‌های پتاسیم‌دار وارد می‌شود. میزان سرب در سنگ‌های منطقه، با میانگین ۱۲ ppm، بیش از مقدار آن در بازالت استاندارد، با میانگین ۷/۸ ppm است. تفریق بلوری و آرایش پوسته‌ای عوامل مؤثر در افزایش زیاد از حد سرب در سنگ‌های منطقه است. بنابراین افزایش سرب در نمونه‌ها نیز می‌تواند نشانه آرایش ماگمایی در منطقه باشد.

هافنیم در زیر کربن جایگزین Zr می‌شود. از مقایسه میانگین Hf نمونه‌ها (۶/۱ ppm) با پوسته (۳/۱ ppm) و بازالت استاندارد (۲/۷ ppm) آرایش پوسته‌ای تأیید می‌شود. در نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت، در نمونه‌های مورد بررسی بجز Cr و Ni، دیگر عناصر غنی شدگی نشان می‌دهند (شکل ۶-الف). در ماگمای بازالتی عناصر Cr, Ni وارد مذاب نمی‌شوند. در نمودارهای بهنجار شده نسبت به MORB همه عناصر نسبت به MORB غنی شدگی دارند (شکل ۶-ب) و نشانه این است که منشأ سنگ‌های بازالتی منطقه مشتق از گوشته است، اما گوشته‌ای که از گوشته سازنده بازالت‌های نوع MORB غنی تر است. فراوانی عناصر LREE نسبت به HREE به علت درجه ذوب بخشی پایین است و عوامل دیگری مانند منشأ ماگما و نوع کانی‌های وارد شده در ذوب می‌تواند سبب فراوانی LREE شود.

۸- الگوی زمین‌ساختی - ماگمایی

برای تعیین محیط زمین‌ساختی - ماگمایی منطقه از نمودارهای Zr/Y نسبت به Zr (Pearce & Cann, 1973) $Ti/100 - zr-yx3$ (Pearce & Norry, 1979) و $Zr/4-Y-Nbx2$ (Meschede, 1986) استفاده شد.

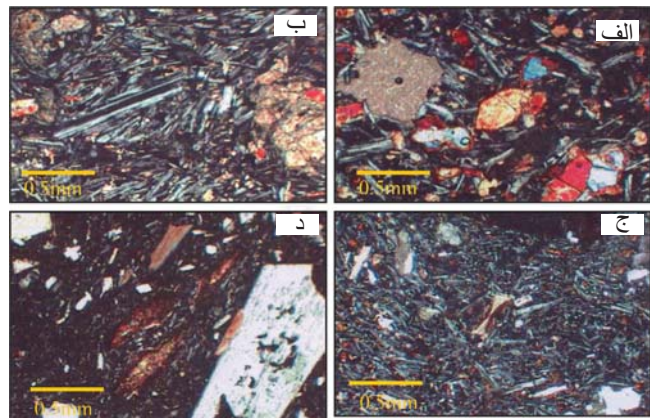
بر اساس نمودارهای Pearce & Norry (1979) سنگ‌های به سن میوسن در محدوده بازالت‌های درون صفحه‌ای و بازالت‌های کواترنر بسیار نزدیک و خارج از این محدوده واقع می‌شوند. در بازالت‌های کواترنر مقدار Zr نسبت به بازالت‌های میوسن بیشتر است (شکل ۷-الف). در نمودار مثلثی (Pearce & Cann (1973) سنگ‌های منطقه در محدوده بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار می‌گیرند (شکل ۷-ب).

همچنین در نمودار Meschede (1986) بازالت‌های میوسن و کواترنر نیز در محدوده‌های AI, AII قرار می‌گیرند که بازالت‌های درون صفحه‌ای جای دارند. یکی از دلایل دور شدن نمونه‌ها از قطب Nb و کشیدگی آنها به سمت ضلع پایین مثلث می‌تواند به علت آرایش پوسته‌ای باشد. (شکل ۷-ج). به نظر می‌رسد بر اثر ذوب بخشی در گوشته، محیط کششی محلی، موجب راهیابی ماگمای بازالتی به سطح زمین شده و در طی مسیر با پوسته زیرین و پوسته بالایی، که هر کدام ویژگی ژئوشیمیایی متفاوتی دارند، تبادل یونی انجام پذیرفته است. از این نظر نمونه‌ها نمی‌توانند بر حسب نوع عنصر در یک محیط ژئوتکتونیک یکسان قرار گیرند و بر حسب نوع تغییرات و تحولات ژئوشیمیایی حاکم بر ماگما، نمونه‌ها به گوشه‌ای از نمودارها متمایل می‌شوند.

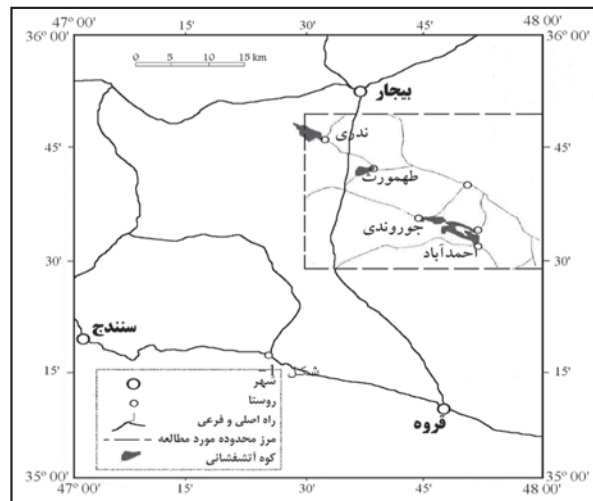
بررسی‌های سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که سنگ‌های منطقه از یک ماگمای مادر بازالتی با گرایش قلیایی ناشی شده است. این نوع ماگما می‌تواند در محیط زمین‌ساختی کافت‌های قدیمی (پالئوریف‌ها) و کافت‌های قاره‌ای، جزایر

فعالیت‌های آتشفشانی منطقه بیجار هستند. پس از ذوب بخشی گوشته، محیط کششی محلی سبب راه یافتن ماگمای بازالتی به طرف سطح زمین می‌شود.

از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی، شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه در صعود ماگمای بازالتی نقش مهمی ایفا کرده‌اند. به نظر می‌رسد کشش‌های محلی عامل بروز



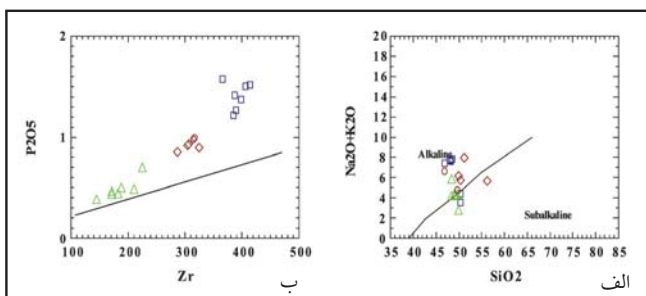
شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی از سنگ‌های منطقه الف) اولوین با حاشیه ایدنگستی (ب) میکروفنوکریست پلاژیوکلاز (ج) کلینوپیروکسن (اوژیت) با ماگل ساعت شنی (د) آمفیبول



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آتشفشان‌های منطقه مورد بررسی

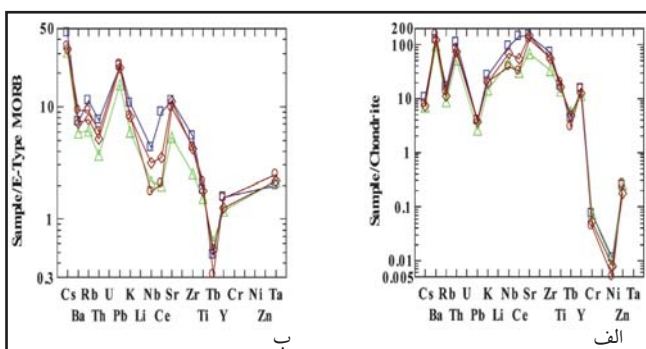
جدول ۱- تجزیه شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی جورندی، احمدآباد، طهمورت و ندری به روش XRF

مناطق	جورندی								احمدآباد						طهمورت				ندری	
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
SiO ₂	۴۸/۴۰	۴۸/۲۶	۴۹/۸۹	۴۸/۳۳	۴۹/۶۱	۴۹/۵۱	۴۹/۰۰	۵۰/۶۵	۵۰/۶۷	۴۸/۲۵	۴۸/۴۷	۴۷/۱۵	۴۸/۷۸	۴۸/۵۷	۵۰/۳۱	۵۱/۲۱	۵۶/۲۴	۴۹/۸۹	۴۷/۱۷	۴۹/۹۶
Al ₂ O ₃	۱۳/۴۹	۱۴/۳۹	۱۵/۲۴	۱۳/۴۵	۱۵/۴۸	۱۵/۳۳	۱۵/۵۵	۱۳/۷۶	۱۳/۸۶	۱۳/۷۹	۱۳/۶۳	۱۳/۲۴	۱۳/۸۹	۱۳/۴۵	۱۶/۰۴	۱۵/۸۹	۱۵/۰۴	۱۳/۲۷	۱۴/۸۴	۱۴/۴۴
Fe ₂ O ₃	۸/۱۵	۹/۳۴	۹/۸۶	۱۰/۰۹	۱۰/۱۳	۱۰/۵۱	۹/۸۳	۸/۰۹	۹/۸۶	۸/۳۳	۴/۴۶	۸/۶۵	۸/۲۹	۸/۵۷	۸/۹	۸/۵۴	۷/۱۷	۹/۲۶	۱۰/۸۳	۹/۲۶
Na ₂ O	۲/۵۹	۲/۹۱	۱/۵۲	۲/۲۹	۲/۸۶	۲/۵۸	۲/۱۱	۲/۳۹	۲/۳۴	۲/۳۳	۲/۳۶	۲/۲۶	۲/۲۹	۲/۲۰	۲/۶۳	۲/۰۲	۲/۵۸	۴/۱۵	۴/۱۰	۲/۹۲
K ₂ O	۱/۶۴	۱/۵	۱/۳۲	۱/۶۱	۱/۵۶	۱/۶۴	۱/۲۲	۱/۸۹	۱/۱۳	۲/۳۱	۳/۱۷	۳/۰۹	۳/۲۵	۳/۲۰	۲/۰۸	۱/۹۷	۲/۱۱	۲/۰۲	۲/۴۵	۱/۸۳
MgO	۹/۲۳	۹/۴۱	۷/۷۸	۷/۱۳	۹/۱۹	۹/۳۴	۹/۰۱	۷/۹۹	۸/۱۲	۷/۴۹	۷/۷۰	۸/۶	۷/۴۰	۷/۴۹	۶/۰۰	۵/۲۷	۶/۰۸	۷/۰۱	۷/۶۹	۷/۰۱
CaO	۹/۳۲	۸/۷۵	۱۰/۸۱	۱۰/۰۲	۹/۳۰	۸/۹۵	۹/۸۱	۲/۸۸	۸/۹۳	۹/۵۹	۹/۳۷	۹/۸۳	۱۰/۳۵	۱۰/۲۰	۹/۵۸	۸/۵۱	۶/۳۲	۸/۶۲	۹/۵۵	۸/۱۳
TiO ₂	۱/۵۹	۱/۴۹	۱/۶۵	۱/۹۲	۱/۲۷	۱/۵۵	۱/۳۵	۱/۷۸	۱/۷۱	۱/۸۲	۱/۷۹	۱/۸۶	۱/۸۶	۱/۸۹	۱/۸۱	۱/۶۶	۱/۸۱	۱/۸۷	۲/۲۲	۲/۰۸
MnO	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲
P ₂ O ₅	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۷۰	۰/۴۴	۰/۴۴	۱/۵۶	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۴۱	۱/۲۱	۱/۳۴	۱/۴۹	۱/۵۰	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۹۸	۰/۸۷
K	۱۳۶۴۷	۱۲۴۵۲	۱۰۹۳۳	۱۳۳۹۰	۱۲۹۵۰	۱۳۶۲۲	۱۰۱۳۶	۱۵۶۷۳	۹۳۵۶	۲۷۵۱۱	۲۶۳۳۳	۲۵۶۷۶	۲۷۰۱۲	۲۶۵۷۲	۱۷۲۸۳	۱۶۲۷۰	۱۷۵۳۲	۱۶۶۹۶	۲۰۳۳۸	۱۴۳۳۶
Ba	۳۴۹	۳۰۱	۳۶۵	۴۵۱	۲۴۷	۳۳۵	۲۷۳	۴۰۶	۳۸۴	۴۰۰	۳۹۳	۴۳۴	۴۳۱	۴۴۲	۴۱۶	۳۷۱	۴۱۷	۴۳۵	۵۴۵	۵۰۳
Rb	۲۵	۳۸	۳۸	۳۴	۳۲	۳۴	۱۳	۴۲	۴۰	۶۱	۶۱	۶۱	۶۵	۶۸	۲۹	۵۶	۲۷	۴۴	۳۸	۵۵
Sr	۷۵۲	۶۱۵	۹۵۶	۸۰۳	۷۵۹	۸۵۹	۱۰۰۳	۱۰۳۲	۱۰۳۲	۲۰۵۳	۲۰۲۲	۲۰۲۸	۲۰۰۹	۲۰۰۹	۱۸۲۲	۱۶۴۴	۱۷۷۴	۱۶۳۶	۱۹۴۹	۱۵۴۲
Cs	۲/۰۱	۱/۲۴	۳/۰۷	۱/۹۶	۱/۸۸	۱/۲۹	۲/۱۷	۲/۲۷	۱/۹۱	۳/۴۰	۲/۹۰	۳	۳/۱۹	۳/۵۳	۲/۹۴	۱/۹۱	۱/۴۰	۲/۰۸	۳/۱۶	۱/۲۱
Ga	۱۱۴۵۴	۱۶۵۴۴	۱۹۰۰۱	۱۹/۸۹	۱۸/۰۱	۲۰/۱۲	۱۸/۴۰	۱۰/۹۴	۱۶/۸۳	۱۶/۱۰	۱۵/۹۰	۱۶/۵۰	۱۸/۷۸	۲۰/۲۰	۱۹/۰۳	۱۵/۳۹	۱۲/۴۴	۸/۵۵	۲۰/۲۱	۲/۱۱
Ta	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۶۹	۱/۲۸	۲/۰۶	۰/۹۱	۱/۱۳	۰/۴۳	۱/۳۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۱/۲۱	۱/۴۴	۱۹/۰۳	۱۵/۳۹	۱۲/۴۴	۸/۵۵	۲۰/۲۱	۲/۱۱
Nb	۱۶/۲	۱۱	۲۱/۸	۱/۴	۲/۱/۸	۲/۱/۸	۱/۳/۳	۱/۳/۳	۱/۸/۲	۴۱	۳۹/۹	۴۱/۹	۴۶/۹	۴۸/۳	۳۹/۶	۳۹/۶	۳۹/۶	۳۹/۶	۱۴/۷	۱۴/۴
Hf	۶/۶۷	۱۰/۷۹	۷/۷۷	۸/۲۸	۳/۰۱	۱/۸۸	۲/۱/۴	۱۰/۷/۱	۱۰/۲/۴	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۶۰	۲/۲۰	۲/۴۴	۱/۹۸	۲/۰۵	۱۰/۸/۴	۱۰/۸/۴	۱۰/۷/۲	۱۰/۶/۴
Zr	۱۷۱	۱۴۵	۲۱۰	۲۲۵	۱۷۱	۱۸۳	۱۸۸	۳۶۸	۳۹۲	۳۹۰	۳۸۸	۴۰۰	۴۰۸	۴۱۶	۳۲۵	۳۰۷	۳۰۴	۲۸۷	۳۱۹	۳۱۷
Ti	۹۵۶۸	۸۶۸۱	۹۸۸۶	۱۱۵۰۰	۷۶۲۶	۹۲۸۶	۸۱۱۷	۱۰۶۶۵	۱۰۲۲۵	۱۰۹۱۱	۱۰۷۳۳	۱۱۱۷۵	۱۱۱۸۱	۱۱۳۵۵	۱۰۸۳۳	۹۹۶۶	۱۰۸۶۹	۱۱۲۴۱	۱۳۳۱۵	۱۲۵۰۰
Y	۲۱	۲۴	۲۵	۲۷	۲۹	۳۱	۲۶	۲۹	۳۳	۳۵	۳۵	۳۷	۳۸	۳۸	۳۱	۳۲	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴
Th	۲/۲۴	۲/۲۷	۱/۷۸	۲/۲۰	۲/۶۹	۲/۸۳	۱/۴۶	۴/۰۲	۴/۴۹	۴/۵	۴/۶	۴/۵	۴/۷۹	۴/۹۰	۲/۴۷	۴/۱۸	۲/۳۳	۳/۴۰	۲/۹۹	۴/۱۵
Cr	۳۲۸	۳۲۴	۲۶۲	۱۹۴	۳۳۹	۳۲۰	۳۰۵	۲۳۳	۲۸۹	۲۶۷	۲۹۲	۴۶۳	۲۸۳	۹۵۷	۱۹۷	۱۶۰	۱۹۹	۲۷۱	۱۷۹	۱۶۳
Ni	۱۷۱	۱۷۲	۱۴۳	۹۵	۱۶۸	۱۵۴	۱۴۹	۱۴۰	۱۶۹	۱۹۵	۱۹۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۱۳	۱۶۸	۱۲۱	۱۲۹	۱۳۳	۸۳	۸۵
Co	۳۶/۴	۳۷/۲	۳۵/۸	۳۶/۳	۳۷/۳	۳۸/۴	۳۶/۵	۲۸/۲	۲۷/۷	۲۹/۵	۲۹/۴	۳۱	۳۰/۵	۳۳/۲	۳۲/۴	۲۸/۸	۳۰/۳	۳۱/۵	۳۳/۶	۳۱/۶
Sc	۲۶	۲۴	۲۹	۲۵	۲۶	۲۷	۲۷	۲۰	۱۶	۲۳	۲۰	۲۵	۲۵	۲۴	۲۴	۱۹	۱۷	۲۰	۲۲	۱۶
V	۲۲۵	۲۱۶	۲۴۶	۲۷۸	۱۹۷	۲۲۷	۲۰۶	۲۶۲	۲۵۵	۲۶۱	۲۵۹	۲۷۴	۲۷۳	۲۷۷	۲۶۶	۲۴۹	۲۶۷	۲۷۳	۳۱۴	۲۹۶
Cu	۴۳/۸	۴۷/۲	۴۸/۵	۶۵/۱	۸۳/۴	۵۳/۴	۶۰	۴۲/۳	۶۴/۵	۵۰/۴	۴۷/۴	۴۷/۷	۶۲/۲	۶۸/۲	۵۴/۲	۵۷/۳	۴۹/۴	۶۸/۵	۴۷/۹	۴۷/۲
Pb	۶/۳	۷/۳	۹/۱	۹/۷	۱۱/۱	۱۲/۱	۱۱	۸/۷	۲۵/۳	۱۲/۷	۱۱/۹	۱۰/۶	۱۳/۷	۱۴/۲	۱۰/۲	۸/۴	۶/۵	۲۸/۲	۱۴	۱۴/۸
Zn	۸۲/۷	۸۶/۳	۹۰/۸	۲۸۱/۹	۱۰۱/۲	۹۴/۸	۸۹/۵	۱۰۳/۸	۱۱۸/۵	۱۰۲/۷	۱۰۰/۹	۱۱۴/۱	۱۱۸/۶	۱۲۳/۹	۹۰/۵	۷۸/۷	۷۹/۷	۴۸/۵	۱۲۵	۱۱۹/۷
Sn	۰/۷۹	۰/۹۱	۲/۰۸	۱/۰۰	۱	۰/۱۲	۱	۱/۰۰	۲/۷۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۸۶	۱/۱۴	۲/۴۵	۲/۷۹	
Mo	۱/۳۰	۱/۲۳	۲/۳	۲/۵۱	۱/۷۹	۲/۳۳	۲/۰۱	۳/۸۱	۲/۳۸	۴/۷۰	۴/۶۰	۴/۹۰	۵/۱۴	۵/۲۵	۳/۳۹	۳/۳۰	۲/۸۸	۲/۰۱	۴/۳۳	۴/۴۳
La	۶۴	۴۴	۷۹	۷۱	۵۷	۵۷	۶۰	۳۳	۶۲	۴۷	۴۶	۴۳	۲۱۱	۲۲۱	۱۲۷	۱۰۳	۵۸	۶۲	۶۲	۵۷
Ce	۲۷	۱۴	۲۵	۱۸	۴۴	۳۹	۴۲	۲۸	۲۱	۱۸۱	۱۸۲	۱۷۴	۱۷۴	۱۴۳	۹۶	۸۶	۱۴	۱۵	۲۸	۳۴
Nd	۵	۷	۴	۴	۲۵	۲۸	۳۰	۴	۵	۱۳۳	۱۲۸	۱۴۳	۱۲۵	۱۳۴	۷۵	۶۱	۷	۹	۷	۷
Sm	۳/۲	۲/۸	۲/۹	۴/۱	۳/۴	۳/۳	۲	۱/۸	۱/۸	۲	۲/۲	۲/۴	۲/۱	۲/۲	۲/۶	۱/۹	۲/۲	۲/۵	۳	۲/۸
Eu	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۸۶	۱/۱۵	۱/۲۹	۱/۰۴	۱/۰۲	۰/۵۷	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۷۵	۰/۵۱	۰/۶۳	۰/۸۱	۰/۹۱	۰/۸۳
Tb	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۲۰	۰	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۱۴
Yb	۳/۳۷	۳/۵۸	۳/۳۵	۲/۸۵	۳/۶۶	۳/۵۳	۳/۴۸	۳/۷۳	۳/۹۴	۳/۹۰	۳/۹۰	۳/۸	۳/۹۴	۴/۰۵	۳/۴۷	۳/۴۴	۳/۳۰	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳



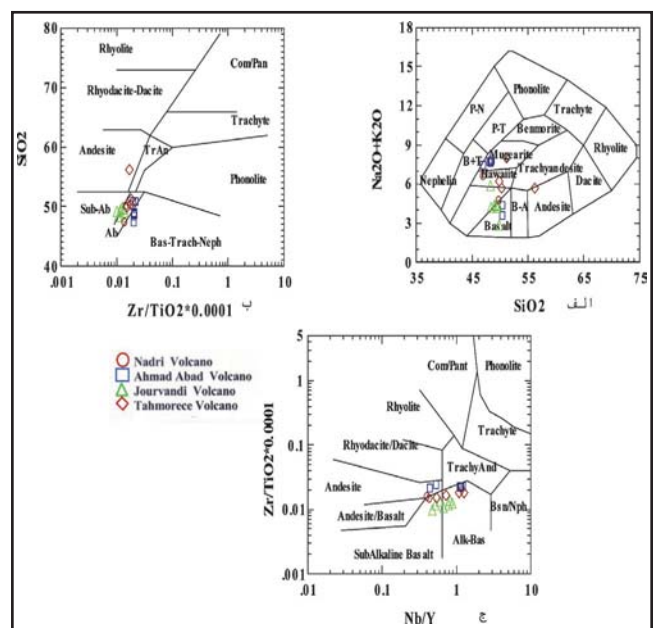
شکل ۴- تعیین سری‌های ماگمایی با استفاده از عناصر اصلی

نمودار الف: (1971) Irvine-Baragar نمودار ب: (1977) Winchester and Floyd



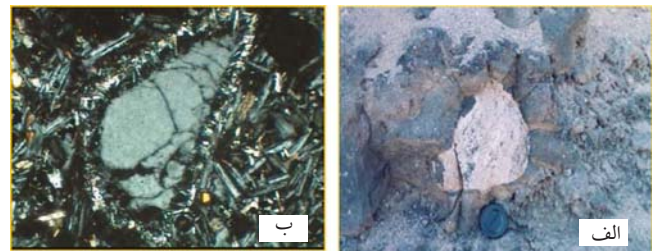
شکل ۶- نمودارهای عتکبوتی الف) بهنجار شده نسبت به Chondrite. ب) بهنجار شده نسبت

به MORB

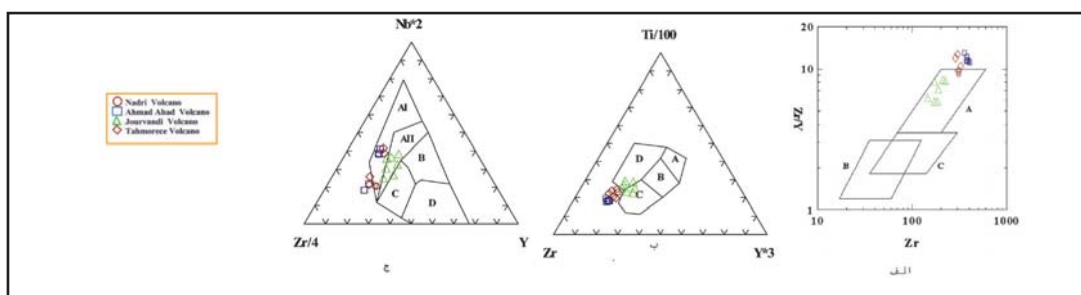


شکل ۳- نمودارهای تعیین نوع سنگ‌ها، الف) نمودار (1979) Cox et al.

ب) نمودار (1977) Winchester and Floyd، ج) نمودار (1977) Winchester and Floyd



شکل ۵- الف) بیگانه سنگ گنیسی در بازالت ب) کوارتز با حاشیه واکنشی



شکل ۷- نمودارهای زمین‌ساختی - ماگمایی

ب) نمودار (1973) Ti/100- Zr-Y*3 (Pearce and Cann)
 A,B= LKT = Low Potassium Tholeiites
 B = OFB = Ocean Floor Basalts
 B,C = CAB = Calc-Alkaline Basalts
 D = WPB=Within Plate Basalts

الف) نمودار (1979) Log Zr- Log (Zr/Y) (Pearce and Norry)
 A = Within Plate Basalts
 B = Island Arc Basalts
 C = Mid Ocean Ridge Basalts

ج) نمودار (1986) Zr/4- Y- Nb*2 (Meschede)
 AI-AII = WPA = within plate Alkaline Basalts
 AII-C = WPT = within plate Tholeiites
 B = P MORB = Mid-Ocean Ridge Basalts
 D = N MORB = Mid-Ocean Ridge Basalts
 C-D = VAB = Volcanic Arc Basalts

کتابنگاری

- زاهدی، م.، ۱۳۶۹- شرح نقشه، ۱:۲۵۰۰۰۰ سنندج، سازمان زمین‌شناسی کشور ۶۵ ص
- زاهدی، م.، ۱۳۶۹- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ سنندج، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فنودی، م.، صافی، ا. و سیاره، ع.، ۱۳۸۳- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ بیجار، سازمان زمین‌شناسی کشور
- معین وزیری، ح.، امین سبحانی، ۱۳۶۴- مطالعه آتشفشان‌های جوان منطقه تکاب - قروه انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران ۴۸ ص
- معین وزیری، ح.، ۱۳۷۷ - دیباچه‌ای بر ماگماتیسیم ایران، انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران ۴۰ ص.

References

- Berberian, F., Berberian, M., 1981- Tectonic-plutonic episode in Iran. In: Delany F. M., Gupta H.K. (Eds.) Am. Geophys. Union Geodynamics Series. Pp. 5-32.
- Boccaletti, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Matamed, A., Pasquare, G., Radicati Di Brozolo, F., Amin Sobhani, E., 1977- Neogene and quaternary volcanism of the Bijar (Western Iran) Bull. Volcano. Vo. 40-2, Italy.
- Cox, K. G., Bell, J. D. and Pankhurst, R. J., 1979- the interpretation of igneous rocks. Allen & Union. London.
- Irvine, T., Baragar, N., Can, W. P. A., 1971- Journal Earth Sci., 8, 523-548.
- Mason, B., Morre, C. B., 1982- Principles of geochemistry. Jhon Wiley & Sons. Inc., New York.
- Meschede, M., 1986- A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. Chem. Geol., 56, 207-218.
- Middlemost, E. A. K., 1985- Magmas and magmatic rocks, an introduction to igneous petrology. Longman Groupuk. UK.
- Mullen, E. D., 1983- MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis Earth Planet. Sci. Lett., 62, 53-62
- Pearce, J. A. & Cann, J. R., 1973- Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth Planet. Sci. Lett., 19, 290-300.
- Pearce, J. A. & Norry, M. J., 1979- Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. Con. Min. Petrol. 69: 33-47
- Philpotts, A. R., 1990- Principles of igneous and metamorphic Petrology. Prentice Hall, New Jersey.
- Rollinson, H. r., 1993- using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation [(Meschede 1986, Diagram: Zr/4- Y- Nb*2) (Mullen 1983, Diagram: MnO*10- P₂O₅*10- TiO₂)] Longman/Wyllie. Harlow/ New York.
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a review. AAPG Bulletin 52: 1229-1258.
- Winchester, J. A. & Floyd, P. A., 1977- Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol. 20, 325-343

contamination processes. In terms of geochemistry, the variations of Rb, Sr, Pb and Hf confirm this phenomenon as well. Based on low topography of volcanic rocks, suture zone, strike-slip faults, and petrologic evidence, low degrees of partial melting in source and crustal contamination in the region, the magmatism occurred in a tensional tectonomagmatic environment. Local tension and opening along the strike-slip fault zone provided a way for ascending of magma to the earth surface.

Keywords: Bijar, Alkaline Series, Sanandaj-Sirjan, Contamination

For Persian Version see pages 151 to 156

* Corresponding author: M. H. Razavi; E_mail: razavi@saba.tum.ac.ir

Geochemical and Mass Changes at the Sar-Faryab Bauxite Deposit, Kohgeloye and Bovair-Ahmad Province: Using Al, Ti, Zr and Y Geochemical Characteristics

A. Zarasvandi^{1*}, H. Zamanian², E. Hejazi³ & A.H. Mansour¹

¹ Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

² Department of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran

³ Department of Geology, Islamic Azad University, Khoramabad, Iran

Received: 2008 September 15

Accepted: 2008 January 26

Abstract

The Sar-Faryab bauxite deposit is located in 250 km east of Ahvaz city in Kohgeloye and Bovair-Ahmad Province, Iran. Structurally the deposit is located in the Zagros Simply Fold Mountain Belt and was formed between the Ilam and Sarvak Formations. The bauxite horizon in this deposit consists of marly limestone, argillite, oolitic-Pisolitic, yellow, red and white bauxite. This study uses the geochemistry of immobile elements (Al, Ti, Zr and Y) to trace the precursor rock of the bauxite deposit and to calculate the mass changes that took place during weathering and bauxitization. The result indicates that Si, Ca, Mg, K, Na elements are depleted and Al, Fe, Ti elements are enriched during the weathering and bauxitization. Geochemical data show that argillaceous debris in the Sarvak limestone can be the source of the Sar-Faryab bauxite deposit.

Keywords: Geochemical Variations, Bauxite, Sar-Faryab, Mass Changes

For Persian Version see pages 157 to 164

*Corresponding author: A. Zarasvandi; E-mail: zarasvandi@yahoo.com

Inverse Modeling of Magnetic Data Using Subspace Method

A. Nejadi Kalateh^{1*}, M. Mirzaei², N. Gouya¹ & E. Shahin³

¹ Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

² Science Faculty, Arak University, Arak, Iran

³ Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Abstract

In this paper we used orthogonal basis functions and expansion coefficients for inverse modeling of magnetic data. The basis functions chosen are normalized eigenvectors of second derivation of the objective function (Hessian matrix) calculate for an initial model. Limited number of basis vectors obtained in this way defines a new subspace in model parameters space. A new objective function is defined in term of these new parameters and minimized in subspace of original space. As in geophysical inverse problems we need to inverse matrixes that are functions data and geometry of data and model parameters. The matrix inversion in new subspace of the original space will be better conditions due to less dimensionality in the inversion. Since the most significant eigenvectors corresponding the largest eigen values in Singular Value Decomposition (SVD) of matrixes. Others eigenvectors have less influence in fitting data or lead inversion procedures to local minima. With apply subspace method inversion will be fast and stable against the noise. The efficiency of the method is tested with synthetic and real magnetic data (acquired from Moghan area, north-west of Iran). The results proved fast convergence and stability of inversion against the noise.

Keywords: Inverse modeling, Subspace method, Convergence, Matrix Projection, Orthogonal Functions

For Persian Version see pages 165 to 172

Modification of Anbalagan Method for Slide Hazard Zonation in Coastal Desert Area

M. Mahdavi^{1*}

¹ International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.

Received: 2008 May 25

Accepted: 2009 January 14

Abstract

A new method is developed using modification of Anbalagan method (1992) for slide hazard zonation in coastal desert area. A region in the south of Iran is studied using the method, and the result is compared with the result of zonation using Anbalagan method. This comparison shows that the use of new method can provide better results for slide hazard zonation in coastal desert area in the middle scales.

Key words: Hazard Zonation, Landslide, Slide, Coastal Desert Area.

For Persian Version see pages 127 to 132

*Corresponding author: M. Mahdavi; E_mail: mahdavi@iiees.ac.ir

Petrogenesis of Chah Salar Granitoidic Pluton (SW of Neishabour)

M. Sadeghian^{1*}, H. Ghasemi¹ & Z. Farsi¹

Received: 2008 February 19

Accepted: 2009 January 26

Abstract

Chah Salar granitoidic pluton is located in the N of Chah-Salar village, SW of Neishabour, in the northern margin of structural Central Iran zone. This pluton intruded in Sabzevar ophiolitic Zone and based on the field observations, petrographical and geochemical classification diagrams, its lithological composition composed of diorite, quartzdiorite, granodiorite and alkali feldspar granite. Alkali feldspar granites as a much fractionated end-members of this rock association are intruded in this pluton in the form of dikes or apophyse shapes. Granitic pegmatites and their associated quartzolites are the most differentiated end-member of this rock association. Their subvolcanic equivalents such as pyroxene-bearing andesite, andesite, trachyandesite and dacite cut this pluton in the forms of dikes or domes. The studied rocks show variety of textures including granular, myrmekitic, graphic, porphyritic, microlitic porphyry and pilotaxitic. Except alkali feldspar granites which are highly fractionated, the other lithological compositions, on the variations diagrams of major, trace and rare earth elements versus SiO₂ or differentiation index show continuous compositional variations. This pluton has calc-alkaline and metaluminous nature and belongs to I-type granitoids. Also tectonic setting discrimination diagrams indicate that the Chah Salar granitoidic pluton belongs to volcanic arc granitoids (VAG) and Continental arc granitoids (CAG). Detailed investigations of field geology, petrography and geochemical characteristics indicate that magma-forming of this pluton is resulted from partial melting of subducted oceanic slab (metabasite) or metasomatized mantle wedge and then evolved by fractional crystallization, magma contamination or magma mixing.

Keywords: Petrogenesis, Granitoidic Pluton, Continental arc Granitoids, Fractional Crystallization, Chah Salar, Neishabour.

For Persian Version see pages 133 to 150

* Corresponding author: M. Sadeghian; E_mail: Sadeghianm1386@yahoo.com

Properties of Young Volcanic Rocks in southeast of Bijar

M. H. Razavi^{1*} & A. Sayyareh²

¹ Department of Geology, Tarbiat Moallem University, Tehran, Iran

² Department of Environmental Geology, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2008 September 02

Accepted: 2009 January 27

Abstract

In the south of Bijar, north east of Sanandaj in the Kordestan Province, and in the Sanandaj-Sirjan structural zone, young volcanic rocks are present. In this area, rocks with Cretaceous, Oligocene, Miocene and Pliocene ages are also observed. Based on field observations, volcanic activities occurred during two main stages. In the first stage, eruption of pyroclastic material made a volcanic cone and a crater. In the next stage, lava erupted. Volcanic rocks are a combination of trachyandesite, andesite, andesite-basalt and basalt. In the magma poor in silica, presence of olivine and analcime and lack of orthopyroxene and pyroxene are the evidence of alkaline type magma series. Petrographical evidences such as the existence of gneiss xenoliths and quartz xenocrysts with reaction rims are the results of