

سنگ‌نگاری، جایگاه زمین‌ساختی و منشأ سنگ‌های آذرین اولیگوسن - میوسن شمال رزن

راضیه محمدی^{۱*}، محمد هاشم امامی^۲ و منصور وثوقی عابدینی^۳

^۱ دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان، آشتیان، ایران.

^۲ پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

^۳ دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۰۷

چکیده

منطقه مورد مطالعه در حدود ۲۳۰ کیلومتری جنوب باختری تهران قرار گرفته است. مطالعات زمین‌شناسی بر روی این منطقه حاکی از وجود توده‌های نفوذی بازیک به سن احتمالی میوسن و گدازه‌هایی با طیف ترکیبی اسیدی تا بازیک به سن اولیگومیوسن است. سنگ‌های نفوذی به طور عمده ترکیب گابرویی داشته و گدازه‌ها را داسیت - ریوداسیت، آندزیت، تراکی آندزیت، هورنبلند آندزیت، آندزیت بازالتی و تراکی بازالتی تشکیل می‌دهد. سنگ‌های نفوذی بیشتر ماهیت قلیایی و گدازه‌ها کم و بیش ماهیت کلسیمی - قلیایی را نشان می‌دهند. در مطالعات ژئوشیمیایی ایزوتوپی گدازه‌های آندزیتی منطقه در محدوده ترکیب کل زمین قرار می‌گیرند، اما به نظر می‌رسد سنگ‌های گوشته‌ای ضمن استقرار در پوسته (بویژه پوسته قاره‌ای بالایی) با آن دچار آلودگی شده است. ترکیب BSE به طرف غنی‌شدگی از نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ جابه‌جا شده است که نمونه‌ای از سنگ‌ها چنین وضعیتی را نشان می‌دهد. نمودارهای عنکبوتی مربوط به عناصر کمیاب نشان می‌دهد که جایگاه زمین‌ساختی توده‌های نفوذی منطقه با محیط زمین‌ساختی کشتی مطابقت می‌نمایند. این در حالی است که گدازه‌ها دارای نمودارهای عنکبوتی با روند یکنواختی نبوده و به مناطق فرورانش شباهت بیشتری دارند. این مسئله بیانگر آن است که توده‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه با سنگ‌های آتشفشانی بخش جنوبی آن تفاوت ژنتیکی دارد.

کلیدواژه‌ها: خاستگاه ماگمایی، ژئوشیمی ایزوتوپی، آوج، رزن، آلابش ماگمایی، سنگ‌های آتشفشانی، سنگ‌های نفوذی

* نویسنده مسئول: راضیه محمدی

۱- مقدمه

بر اساس تقسیمات کشوری، بخشی از منطقه مورد مطالعه در استان همدان و بخشی دیگر در استان قزوین قرار گرفته و از نظر مختصات جغرافیایی بین طول‌های $49^{\circ}15'$ تا $49^{\circ}00'$ و عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}25'$ تا $35^{\circ}27'$ شمالی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه از لحاظ تقسیم‌بندی زمین‌شناسی، بخشی از زیر پهنه رزن و در مقیاس بزرگ‌تر، بخشی از پهنه سندانج - سیرجان به شمار می‌آید (Bolourchi & Hajian, 1979). از سال‌ها پیش برخی مطالعات زمین‌شناختی بر روی این منطقه صورت گرفته است. (Frei (1952); Mohajer & Pierce (1963); Bolourchi & Hajian (1979); Stahl (1911) و علایی و فودازی (۱۳۸۱)، (بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه) از جمله زمین‌شناسانی بودند که به بررسی منطقه از دیدگاه‌های گوناگون بویژه زمین‌شناسی عمومی آن پرداختند. به طور کلی مطالعات انجام گرفته بر روی سنگ‌های آذرین منطقه اندک بوده و به طور عموم برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ (کیبودر آهنگ) و ۱:۱۰۰۰۰۰ (رزن و آوج) انجام پذیرفته است. (Bolourchi & Hajian (1979) سنگ‌های آذرین منطقه را به دلیل عدم وجود فلدسپاتوئید در مقاطع نازک و نرم، جزء مری کلسیمی - قلیایی برشمردند. توده‌های پراکنده نفوذی با ترکیب گابرویی در باختر شهرستان آوج واقع شده و به صورت چندین توده کشیده در سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای درجه ضعیف زیرپهنه رزن شامل اسلیت و فیلیت تریق شده‌اند. گدازه‌ها نیز در شمال شهرستان رزن و جنوب آوج قرار گرفته‌اند. گدازه‌ها طیف ترکیبی از اسیدی تا بازی را نشان می‌دهند. وجود توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی در فاصله نه چندان دور از یگدیگر، پرسش‌هایی را پیرامون جایگاه و منشأ این سنگ‌ها مطرح می‌نمایند. در این پژوهش سعی شده تا با استفاده از نتایج مطالعات صحرایی، سنگ‌نگاری حدود ۲۰۰ مقطع میکروسکوپی و تجزیه و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی ۲۷ نمونه از گدازه‌ها و ۱۵ نمونه از توده‌های نفوذی و ۵ نمونه تجزیه ایزوتوپی از گدازه‌ها، منشأ و محیط زمین‌ساختی توده‌های مذکور بررسی شود.

۲- زمین‌شناسی عمومی

توده‌های نفوذی و گدازه‌های منطقه شمال رزن با روند کلی شمال باختر - جنوب خاور، بخشی از زیر پهنه ارومیه - دختر به شمار می‌رود (Bolourchi, 1979). کهن‌ترین رخنمون‌های سنگی منطقه مورد مطالعه که توده‌های نفوذی را نیز در بر گرفته‌اند را سنگ‌هایی با دگرگونی ضعیف (در حد رخساره شیست‌سبز) شامل اسلیت و شیست تشکیل می‌دهند و متعلق به تریاس بالایی - ژوراسیک هستند (Bolourchi, 1979). بر اساس مشاهدات صحرایی، توده‌های نفوذی مورد مطالعه با ترکیب عمده گابرویی در جنوب گسل آوج، در سنگ‌های دگرگونی درجه ضعیف فوق تریق شده‌اند (شکل ۱). توده‌های گابرویی با رخنمون‌های پراکنده روند شمال باختر - جنوب خاوری را به نمایش می‌گذارند. این روند در امتداد برگوارگی سنگ‌های با دگرگونی ضعیف در برگیرنده آنهاست. بر اثر تحمل دگرگونی دمای بالا، این سنگ‌ها میلونیتی شده‌اند. قاعده سنگ‌های دگرگون شده در ناحیه مورد مطالعه رخنمون ندارد، اما در بالا توسط سنگ‌هایی با دگرگونی ضعیف کرتاسه زیرین و سنگ‌های غیر دگرگونی انوسن در منطقه پوشیده شده‌اند. به نظر می‌رسد دگرگونی در حد فاصل کرتاسه و انوسن اتفاق افتاده است (Bolourchi, 1979). سرافراز (۱۳۷۴) با توجه به تریق ماگمایی نفوذی در سنگ‌های ژوراسیک، انوسن و اولیگوسن، آنها را به فعالیت‌های پلوتونیزم میوسن نسبت داده است. گدازه‌ها نیز به سن انوسن و اولیگوسن - میوسن هستند (که فقط بر روی گدازه‌های اولیگوسن - میوسن بحث به عمل می‌آید) بر روی سنگ‌های آتشفشانی انوسن سازند سرخ زیرین متعلق به اولیگوسن قرار می‌گیرند. این سازند به صورت دگرشیب روی سنگ‌های آتشفشانی انوسن و سازند‌های قدیمی‌تر را می‌پوشاند و خود توسط سازند قم (به سن اولیگوسن - میوسن) به صورت دگرشیب پوشیده می‌شود (علایی و فودازی، ۱۳۸۱). ستبرای زیادی از توف‌های سبز و سنگ‌های آتشفشانی رسوبات سازند قم را همراهی می‌نمایند. این مجموعه توسط سازند سرخ بالایی پوشیده می‌شود که به ظاهر در زمان بوردیگالین

نهشته شده‌اند (Bolourchi, 1979).

۳- سنگ‌نگاری

۳-۱. گدازه‌ها

گدازه‌های منطقه مورد مطالعه را داسیت-ریوداسیت، آندزیت، تراکی آندزیت، هورنبلند آندزیت، آندزیت بازالتی و تراکی بازالت تشکیل می‌دهد. مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که بافت گدازه‌ها پورفیری، میکرولیتیک پورفیری، گلوپورفیری و هیالوپورفیری است و فنوکریست‌ها گاه بافت سری‌ایت را نشان می‌دهند. دگرسانی کاتولینیتی‌شدن، سریسیتی‌شدن و سوموریتی‌شدن در فلدسپارها، کلریتی‌شدن در آمفیبول‌ها و بیوتیت‌ها کم و بیش در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شود. آندزیت‌ها بیشترین سهم از گدازه‌های منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. یکی از تفاوت‌های مهم داسیت‌ها-ریوداسیت‌ها با دیگر نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ حضور چشمگیر و فراوان‌تر پلاژیوکلازها با بافت غربالی است (شکل ۲). به طور کلی در این سنگ‌ها دو نوع پلاژیوکلاز با بافت متفاوت به چشم می‌خورد: نوع اول که به شدت غربالی بوده، حالت غباری داشته و حاوی حفره‌های بسیار ریز هستند و گاه دارای ادخال‌های شیشه نیز هستند (شکل ۲) و نسبت به نوع دوم فراوانی کمتری دارند و نوع دوم که بافت غربالی نشان نمی‌دهند و شکل بلوری به نسبت کامل‌تری نیز دارند. در زمینه برخی نمونه‌های داسیتی میکروپیلوهای بازیک مشاهده می‌شود (شکل ۳). در آندزیت‌ها، درشت بلورهای اصلی این سنگ‌ها را پلاژیوکلازهای خود شکلی تشکیل می‌دهند که منطقه‌بندی (زونینگ) و ماکل پلی‌ستیک از ویژگی‌های شایع آنها است. هورنبلندهای خود شکل که در برخی موارد دارای حاشیه‌های اپاسیتی شده و اکسیده هستند، از دیگر درشت بلورها به شمار می‌آیند (شکل ۴). کانی‌های پلاژیوکلاز تراکی آندزیت‌ها در برخی موارد معدود دارای بافت غربالی هستند. برخی از آنها دارای حواشی گرد شده‌اند که می‌تواند در اثر جذب مجدد ناقص باشد. هورنبلندها و بندرت بیوتیت‌های موجود نیز دارای حاشیه‌های اپاسیتی شده‌اند و برخی آمفیبول‌ها دارای حاشیه‌های واجدبی هستند. هورنبلند آندزیت‌ها حاوی مقادیر بیشتری هورنبلند به صورت خود شکل (سالم و اپاسیتی شده) هستند.

آندزیت‌های بازالتی علاوه بر هورنبلند دارای مقادیر قابل توجهی پیروکسن‌های خود شکل هستند که در بسیاری موارد در حاشیه‌های اپاسیتی و کربناتی شده‌اند. گاه اپاسیتی و کربناتی شدن به حدی پیشرفت نموده است که فقط قالبی از این کانی‌ها به جا مانده است. درشت بلورهای کلینوپیروکسن در تراکی بازالت‌ها به صورت خودشکل و نیمه‌شکل‌دار قابل مشاهده‌اند که برخی از آنها سالم و برخی دیگر اپاسیتی شده‌اند پلاژیوکلازها به عنوان درشت بلور کمتر در این سنگ‌ها دیده می‌شوند. زاویه خاموشی پلاژیوکلازها، ترکیب آنها را آندزین تا لابرادوریت نشان می‌دهد. خمیره سنگ از میکرولیت‌هایی تشکیل شده که گاه بافت جریان‌ی را به نمایش می‌گذارند. درشت بلورهای پیروکسن به صورت خود شکل و نیمه‌شکل‌دار قابل مشاهده‌اند که برخی از آنها سالم و برخی دیگر اپاسیتی شده‌اند. در این نوع سنگ‌ها بافت گلوپورفیری دیده می‌شود که می‌تواند نشانه‌ای از تبلور تفریقی باشد شواهد سنگ‌نگاری نشان می‌دهند برخی از گدازه‌های بازیک پورفیریک، دارای تجمعاتی از بلورهای اولیوین، کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز هستند. ترکیب شیمیایی گدازه‌های فوران یافته از یک خزانه ماگمایی حاوی چنین کانی‌هایی، حاکی از تشکیل انباشته‌های بلوری در قاعده حجره‌های ماگمایی است و نشان از تبلور جزء به جزء در حین تبلور ماگما را دارد.

۳-۲. توده‌های نفوذی

توده‌های نفوذی منطقه شامل گابرو، گابرویدوریت، گابروآنورتوزیت و دولریت هستند. گابروها بیشترین حجم سنگ‌های نفوذی را به خود اختصاص می‌دهند.

این سنگ‌ها در نمونه‌های دستی رنگ خاکستری تیره و دانه‌بندی متوسط را نشان می‌دهند. کانی‌های فلدسپاری به صورت تیفه‌های سفید رنگ و بلورهای پیروکسن به رنگ سیاه در متن نمونه‌ها قابل مشاهده هستند. در مطالعات میکروسکوپی گابروها به طور عموم از پیروکسن و پلاژیوکلاز تشکیل یافته‌اند و بافت افیتیک، ساب افیتیک و اینترگرانولار و گاهی کلاستیک از خود نشان می‌دهند (شکل ۵). بافت‌های مذکور می‌تواند دلیلی بر ژرفای کم ماگما باشد. پلاژیوکلازها از کانی‌های اصلی گابروها به شمار می‌روند و گاه فراوانی آنها به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد. این کانی‌ها به صورت خودشکل و نیمه‌شکل‌دار همراه با چند تایی مکرر (پلی‌ستیک) دیده می‌شوند. سطح برخی از این کانی‌ها تا حدودی دگرسان شده است. در موارد دگرسان شده، در ظاهر دگرسانی حاشیه‌ها کمتر از دگرسانی مراکز پیشرفت داشته است که می‌تواند دلیلی بر کلیت‌دارتر بودن مراکز نسبت به حاشیه‌ها باشد. پلاژیوکلازها در اثر دگرسانی به سریسیت، کلریت، کلسیت و اپیدوت تبدیل شده‌اند (شکل ۶). در مقاطع میکروسکوپی گابروها به ندرت منطقه‌بندی دیده می‌شود. وجود منطقه بندی در پلاژیوکلازها در نتیجه سرعت بیشتر تبلور نسبت به تعادل تلقی می‌شود (Shelly, 1993).

بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که بلورهای پلاژیوکلاز با ماگما در مدت طولانی در حال تعادل بوده‌اند. برخی بلورهای پلاژیوکلاز مشاهده شده در مقاطع نازک شکسته شده‌اند که می‌تواند در اثر تحمل دگر شکلی باشد. پیروکسن‌های موجود در گابروها به طور عمده از نوع کلینوپیروکسن بوده و فراوانی قابل ملاحظه‌ای دارند به طوری که در برخی نمونه‌ها ۴۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند. با توجه به زاویه خاموشی، نوع آنها اوژیت تعیین شده است. این کانی نیز مانند پلاژیوکلازها به صورت خودشکل تا نیمه‌شکل‌دار دیده شده و تا حدودی نیز دگرسانی نشان می‌دهند. دگرسانی اورالیتی، کلریتی و اپیدوتی شدن در این کانی‌ها مشاهده می‌شود. کانی‌های فرعی مانند مگنتیت، هماتیت، اسفن و آپاتیت نیز در نمونه‌ها حضور دارند.

۴- ژئوشیمی و محیط زمین‌ساختی

۴-۱. گدازه‌ها

به منظور تعیین ویژگی‌های ژئوشیمیایی و جایگاه زمین‌شناختی گدازه‌های اولیگوسن-میوسن منطقه مورد مطالعه، از نتایج ۲۷ تجزیه ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی آزمایشگاه XRF سازمان زمین‌شناسی و شرکت بینالود استفاده شده است (جدول ۱). نامگذاری گدازه‌ها (نمودار Winchester & Floyd, 1977) که بر اساس $(\text{Nb}/\text{Yb}) \cdot (\text{Zr}/\text{TiO}_2) \cdot 0/0001$ است (شکل ۷)، نمونه‌ها در محدوده‌های ریوداسیت-داسیت، آندزیت، تراکی آندزیت و بازالت واقع شده‌اند. مطالعه نرم (جدول ۲) گدازه‌ها نشان می‌دهد که بیشتر سنگ‌های آتشفشانی اولیگومیوسن در نرم خود کوآرتز دارند و بیشترین کوآرتز نورماتو نمونه‌ها ۳۶ درصد است. در نمونه‌هایی اولیوین نورماتو دیده می‌شود. تعداد نمونه‌های حاوی کروندوم نورماتو نیز قابل ملاحظه است که نشان دهنده میزان نسبی آلومین بالا در نمونه‌ها است. آنورتیت نورماتو نمونه‌ها بین ۴ تا ۲۰ درصد در نوسان است. در نمونه‌هایی نفلین نورماتو به چشم می‌خورد. آپاتیت کم و بیش در همه نمونه‌ها حضور دارد و پیروکسن نورماتو (انواع دیوپسید و هیپرستن) در بیشتر نمونه‌ها دیده می‌شود و با بازیک‌تر شدن سنگ مقدار آن افزایش نشان می‌دهد. مطالعه نرم سنگ‌های آتشفشانی منطقه نیز بار دیگر تفریق بلورین را اثبات می‌کند. با ترسیم تغییرات اکسیدهای عناصر قلیایی در برابر SiO_2 در نمودار (Irvin & Baragar, 1971) سری ماگمایی گدازه‌ها تعیین می‌شود. همانگونه که در شکل ۸ مشخص است بیشتر نمونه‌ها در محدوده

اندازه‌گیری به عمل آمد (جدول ۳). این دو نسبت ایزوتوپی در برابر هم دارای روند منفی هستند. (شکل ۱۲). همبستگی مثبت بین دو عنصر Hf و Zr با نسبت ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ که در نمونه‌های تجزیه شده به چشم می‌خورد، را برخی محققان (Rollinson, 1997) به آلودگی ماگمایی یا آمیختگی ماگمایی با منشاهای متفاوت نسبت داده‌اند. شکل‌های ۱۳ و ۱۴ روند مثبت هر دو عنصر Hf و Zr را نشان می‌دهد. به ظاهر ماگماتیسم آندزیتی منطبق از نظر ایزوتوپ‌های $^{143}\text{Nd}/^{142}\text{Nd}$ و $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ترکیب کلی زمین قبل از شکل‌گیری پوسته (BSE) قرار دارد (شکل ۱۵)، ولی گاه به نظر می‌رسد که سنگ‌های گوشته‌ای ضمن استقرار در پوسته (بویژه پوسته قاره‌ای بالایی) با آن دچار آلودگی ماگمایی شده که در نمونه‌های سنگ‌نگاری نیز بخش‌های نامنظم با ترکیب متفاوت تری نیز حضور دارند که شاهدهی بر این مدعاست. همان گونه که در نمودار مشخص است، ترکیب BSE به طرف غنی‌شدگی از نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ جابه‌جا می‌شود و نمونه‌ای از آندزیت‌ها چنین وضعیتی را نشان می‌دهد.

۴-۲. توده‌های نفوذی

برای بررسی ژئوشیمی نفوذی‌ها تعداد ۱۵ نمونه به روش XRF تجزیه شده‌اند. جدول ۴ داده‌های عناصر اصلی مربوط به تجزیه این توده‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی اکسیدهای عناصر قلیایی در برابر SiO_2 ترکیب سنگ‌شناسی سنگ‌های آذرین نفوذی منطقه شمال رزن تعیین شده است. همان گونه که شکل ۱۶ نشان می‌دهد تمامی نمونه‌ها در محدوده گابرو قرار می‌گیرند. مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک نیز این نتیجه‌گیری را تأیید می‌نماید. همچنین با توجه به شکل ۱۶ مشخص می‌شود که بیش‌تر نمونه‌ها در بخش بالایی (محدوده قلیایی) واقع می‌شوند.

برای مشخص نمودن وضعیت ژئوشیمیایی نمونه‌ها از نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی در برابر SiO_2 استفاده شده است (شکل ۱۷). میزان TiO_2 در محدوده ۰/۶۹ تا ۱/۶۶ تغییر می‌یابد و با افزایش SiO_2 ، روند افزایشی نشان می‌دهد. Ti می‌تواند جانشین Fe شود زیرا شعاع یونی نزدیک به هم دارند. روند Fe نیز مشابه Ti است. محدوده تغییر Al_2O_3 از ۱۲/۲۱ تا ۱۸/۶۴ است. این اکسید در برابر SiO_2 روند افزایشی اندکی دارد. علت به وجود آمدن چنین روندی تفریق اولیه ماگمایی است که کانی‌های مافیک مانند پیروکسن از ماگما جدا می‌شوند. به همین دلیل همراه با افزایش SiO_2 مقدار Al_2O_3 در ماگما افزایش نشان می‌دهد. میزان تغییرات Fe_2O_3 از ۷/۷۹ تا ۱۳/۶۵ درصد وزنی را شامل می‌شود. تغییرات این اکسید در برابر SiO_2 افزایشی است. این روند افزایشی حاکی از تبلور کانی‌هایی مانند کلینوپیروکسن است. محدوده تغییرات MgO نیز از ۶/۶۲ تا ۱۲/۱۴ است. فراوانی این اکسید در برابر SiO_2 روند کاهشی نشان می‌دهد. تبلور کانی‌های مافیک، روند کاهشی این اکسید را توجیه می‌کند. مقدار تغییرات اکسید CaO از ۸/۶۵ تا ۱۲/۸۸ را شامل می‌شود. این اکسید نیز در برابر SiO_2 روند کاهشی نشان می‌دهد که نتیجه مصرف این اکسید در حین تبلور پیروکسن‌های و پلاژیوکلازهای کلسیک است. دامنه تغییرات K_2O از ۰/۲۶ تا ۱/۷۹ است و روند آن با افزایش SiO_2 یک روند افزایشی ضعیف است. مقدار Na_2O نیز همانند K_2O یک روند افزایشی ضعیف را نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت تغییرات دو اکسید Na_2O و K_2O در برابر SiO_2 ، پراکندگی‌ها و عدم نمایش روند صعودی کامل می‌تواند در اثر دگرسانی باشد. محدوده تغییرات P_2O_5 در نمونه‌ها از ۰/۱ تا ۰/۳۷ است و با افزایش SiO_2 روند نشان می‌دهد. از آنجا که فسفر در مراحل اولیه تفریق ماگمایی مصرف نمی‌شود و در کانی‌هایی مانند آپاتیت حضور می‌یابد، چنین روندی قابل انتظار است. با توجه به روندهای مختلف بین اکسیدهای عناصر اصلی و SiO_2 ، تفریق بلورین یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی

کلسیمی - قلیایی واقع می‌شوند. نمونه‌هایی که در محدوده نیمه‌قلیایی واقع شده‌اند پس از پیاده شدن در نمودار مثلثی (Irvin & Baragar, 1971) در محدوده کلسیمی - قلیایی واقع می‌شوند (شکل ۹). با توجه به شکل ۹ مشخص می‌شود که نمونه‌ها روند تفریق ماگمایی را نیز به نمایش می‌گذارند.

به منظور بررسی وضعیت ژئوشیمیایی گدازه‌های اولیگونسن - میوسن منطقه، از نمودارهای فراوانی اکسیدهای عناصر اصلی در برابر SiO_2 استفاده شده است (شکل ۱۰). محدوده تغییرات Al_2O_3 در نمونه‌ها به طور تقریبی از ۱۲ تا ۱۶ درصد وزنی است. در نمودار، این اکسید تا حدودی روند افزایشی را در برابر افزایش SiO_2 همراه با اندکی پراکندگی به نمایش می‌گذارد. تبلور و تفریق محدود کانی‌های مافیک مانند پیروکسن در مراحل اولیه تفریق ماگمایی موجب افزایش Al_2O_3 شده است. میزان TiO_2 در نمونه‌ها بین ۰/۴۵ تا ۱/۸ متغیر است. با افزایش SiO_2 روند کاهشی به طور کامل مشخصی در نمونه‌ها به چشم می‌خورد. عنصر Ti دارای شعاع یونی مشابه با Fe است و در کانی‌های مافیک جانشین این عنصر می‌شود و روندی مشابه Fe را خواهد داشت. دامنه تغییرات MgO از ۳ تا ۷ درصد وزنی در تغییر است و فراوانی آن با افزایش SiO_2 کاهش مشخصی می‌یابد. این روند با تبلور کانی‌های مافیک مصرف‌کننده این اکسید مطابقت دارد. اکسیدهای Na_2O و K_2O به ترتیب دارای مقادیر ۱/۶ تا ۶/۳ و ۰/۳ تا ۷/۶ هستند. این دو اکسید همراه با پراکندگی‌های مشخصی روند مثبتی را نشان می‌دهند. مقدار تغییرات و پراکندگی اکسیدهای عناصر متحرکی مانند Na و K تا حدود زیادی به علت دگرسانی سریپیتی شدن و رسی شدن است. اکسید P_2O_5 دارای دامنه تغییراتی از ۰/۱ تا ۱/۰۴ است و با افزایش SiO_2 کاهش می‌یابد. این وضعیت حاکی از ناسازگار بودن فسفر و تبلور آپاتیت در اواخر مراحل تبلور ماگمایی و تفریق بلورین است. نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در برابر SiO_2 نشان می‌دهد که تبلور تفریقی نقش اصلی را در تکامل ژئوشیمیایی ماگما به عهده دارد. برای تعیین و تشخیص محیط زمین‌ساختی ماگمایی گدازه‌ها، فراوانی عناصر کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده با گوشته اولیه، مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۱۱).

نمودار عنکبوتی مربوط به گدازه‌های اولیگونسن - میوسن منطقه حاکی از آن است که Sr و Ba افزایش نشان می‌دهد. باریم جانشین پتاسیم فلدسپار، هورنبلند و بیوتیت می‌شود. محتوای باریم ممکن است بیانگر نقش یکی از این فازها باشد. Sr نیز به راحتی جانشین Ca در پلاژیوکلاز و K در پتاسیم فلدسپار می‌شود. این در حالی است که این عنصر در شرایط گوشته به صورت یک عنصر ناسازگار عمل نموده و به سهولت وارد فازهای کانیایی نمی‌شود. همان گونه که از نمودار شکل ۱۱ مشخص است نمونه‌های گدازه K و Ti فقیر شدگی نشان می‌دهند. از سوی دیگر برآمدگی‌های مثبت در نمودارهای عنکبوتی بیشتر ناشی از اجزای افزوده شده به منشأ گوشته‌ای توسط سیال‌های زون فرورانش‌اند. (Wilson, 1989)

اهمیت نسبت‌های ایزوتوپی رادیوژنیک در آن است که آنها به طور مکرر در وقایع تفریق شیمیایی که تشکیل و تکامل ماگماها را همراهی می‌کنند، ثابت باقی می‌مانند. زیرا ایزوتوپ‌های سنگین‌تر، از یکدیگر ضمن تعادل بلور-مایع جدا نمی‌شوند. بنابراین در اتای ذوب بخشی ماگما، ترکیب ایزوتوپی منشأ خود را به ارث می‌برد. این وضعیت در حین فرایندهای تبلور تفریقی بعدی ثابت خواهد ماند مشروط بر آن که ماگما به وسیله تأثیر متقابل سنگ‌های دیواره یا ترکیب ایزوتوپی مشخص با بخش‌های دیگر آلوده نشود (Wilson, 1989). به منظور بررسی ژئوشیمی ایزوتوپی با هدف کامل‌تر نمودن مطالعات ژئوشیمیایی، بویژه برای تشخیص آلاینش احتمالی ماگما، ۵ نمونه از آندزیت‌های اولیگونمیوسن برای تجزیه شیمیایی ایزوتوپی به کشور چین ارسال شد و از نسبت‌های ایزوتوپی $^{143}\text{Nd}/^{142}\text{Nd}$ و $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در آنها

روند تحول ماگمایی تشکیل دهنده گدازه‌ها حائز اهمیت بوده است. حضور دو نوع آمفیبول و یا دو نوع پیروکسن به طور کامل ایستایی شده و سالم در یک مقطع، حالت غباری و وجود حفره‌های بسیار ریز روی برخی از پلاژیوکلازهای دارای بافت غربالی (امامی و خلعتیری، ۱۳۷۶) از شواهد آمیختگی ماگمایی در گدازه‌های منطقه است. با توجه به چنین مشاهداتی، شاید بتوان علت تشکیل پلاژیوکلازهای منطقه را به هر دو عامل (آمیختگی ماگمایی و افت سریع فشار) نسبت داد. فراوانی FeO کل در سنگ‌های نفوذی منطقه چشمگیر است. فراوانی این اکسید در سنگ‌های بازی حاکی از ژرفای ماگمای سازنده این سنگ‌ها است (Hiorse, 1993). فراوانی این اکسید در برابر Mg با نسبت ۰/۶ که بر اساس مطالعات (Hiorse, 1993) صورت پذیرفته است (شکل ۲۲) با ژرفای حدود ۶۰ کیلومتری برای ماگمای سازنده مطابقت دارد. توده‌های نفوذی منطقه، دارای میانگین نیکل ppm ۶۰، کروم ppm ۱۸۳ هستند. بنابراین ماگمای تشکیل دهنده آنها نمی‌توانستند در تعادل با گوشه بالایی قرار گیرند (Wilson, 1989). از این رو این ماگما به احتمال، یا تحولات ماگمایی را متحمل شده و یا از یک گوشه متاسوماتیزه منشأ گرفته‌اند. نظریات و مدل‌های مختلف در ارتباط با محیط تکون‌ماگمایی شمال زون ایران مرکزی و ارومیه - دختر عنوان شده است. عده‌ای از محققان خاستگاه ماگمایی زون ارومیه - دختر را برخورد بلوک ایران و عربستان می‌دانند (معین وزیری، ۱۳۸۳) و برخی دیگر آن را به وجود تیغه‌های گرمایی در زیر بلوک ایران نسبت می‌دهند (Emami, 1981). Bolourchi (1979) معتقد است ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های آذرین منطقه در میان اسلیت‌ها (نفوذی‌ها) و سازند قم (آتشفشانی‌ها) تزریق شده و توسط ساختارهای زمین‌شناسی کنترل شده است.

سرافراز (۱۳۷۴) نیز توده‌های نفوذی آوج را متعلق به میوسن می‌داند. تفاوت‌های ژئوشیمیایی مشخصی بین توده‌های نفوذی و آتشفشانی‌های بخش جنوبی آن بر خلاف فاصله نزدیک وجود دارد. همان گونه که مشخص شد، گدازه‌ها ویژگی سری ماگمایی کلسیمی - قلیایی و نفوذی‌ها قلیایی را نشان می‌دهند. علاوه بر آن از نظر عناصر کمیاب در نمودارهای عنکبوتی نیز تفاوت‌هایی آشکار است. همان گونه که در شکل‌های ۱۸، ۱۱، ۱۹، ۲۰ مشخص است، عناصری مانند Ba، Nb، La در نفوذی‌ها غنی شده‌اند. غنی‌شدگی از Nb یک از وجه مشخص‌کننده مناطق کبشی است. این در حالی است که نسبت به برخی عناصر دیگر فقیرشدگی نشان می‌دهند. بنابراین منشأ سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نفوذی منطقه تفاوت ژئوتیکی نشان می‌دهند. علت ماگماتیزم ویژه فعالیت آتشفشانی منطقه در واقع توسعه نیروهای کششی در اثر بالادستی پوسته قاره‌ای و گسل خوردگی آن است که منجر به کاهش فشار بر روی مواد سازنده گوشه شده، ذوب شده و به سمت پوسته صعود نموده است. ماگمای حاصل به احتمال زیاد در بخش‌های زیرین پوسته تا حدودی متوقف شده و شرایط ذوب پوسته نیز هر چند اندک فراهم شده است. این وضعیت آرایش ماگمایی را نیز توجیه می‌نماید.

۶- نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در شمال رزن همدان و حدود ۲۳۰ کیلومتری جنوب باختری تهران واقع شده است. توده‌های نفوذی با ترکیب عمده گابرویی در بخش باختری شهرستان آوج و گدازه‌ها با ترکیب بازیتک تا اسیدی در بخش جنوبی توده‌های قرار دارند. توده‌های نفوذی گابرویی در میان سنگ‌های دگرگونی درجه ضعیف (اسلیت تا شیست) مربوط به مزوزویک تزریق شده‌اند و روندی مشابه بر گوارگی سنگ‌های دگرگونی اطراف خود را دارا هستند. این توده‌ها توانسته‌اند هاله دگرگونی مجاورتی کوچکی را در حاشیه توده‌های نفوذی ایجاد نمایند. همچنین در اطراف گابروها حاشیه انجماد سریع نیز مشاهده می‌شود که در محل بی‌واسطه با سنگ میزبان

است که در حین تبلور ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های نفوذی اتفاق افتاده است. نمودارهای عنکبوتی به منظور تعیین تفریق بلورین یا ذوب بخشی به کار می‌رود. در این رابطه، الگوهای RBE در سنگ آذرین به وسیله شیمی RBE منشأ آن سنگ و تعادل بلور-مذاب که در طول تکامل آن سنگ رخ داده کنترل می‌شود (Rollinson, 1997). شکل ۱۸ نمودار عنکبوتی مربوط به عناصر نادر خاکی RBE نمونه‌ها که با کندریت بهنجار شده‌اند، را نشان می‌دهد. همان گونه که مشخص است، تغییراتی در رابطه با عناصر Lu و Eu، Yb مشاهده می‌شود.

بر اساس تحقیقات (Nelson, 2004) اگر الگوی عناصر نادر خاکی (کمیاب) مربوط به درصد‌های مختلف ذوب بخشی و درجات مختلف تفریق بلوری، نسبت به کندریت بهنجار شوند، در مراحل اولیه ذوب بخشی عناصر LREE با فراوانی زیاد وارد مذاب شده و به عکس آن، عناصر HREE با مقادیر کمتر حضور دارند. در این حالت مقادیر عناصری مانند Lu و Yb در درصد‌های متفاوت ذوب بخشی به نسبت ثابت است، اما با بیشتر شدن درجات تفریق بلوری این عناصر نیز افزایش نشان می‌دهند. بهنجاری مثبت Eu را می‌توان به جدایش کانی‌های کلینوپروکسن، ارتوپروکسن و اسفن نسبت داد (Rollinson, 1997). در نتیجه الگوی فراوانی عناصر کمیاب، نمونه‌های آذرین نفوذی با الگوی تفریق بلوری بیشتر مطابقت می‌نماید. نمودار عنکبوتی مربوط به عناصر جزئی نیز در تشخیص جایگاه زمین‌ساختی ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های نفوذی شایان اهمیت است. نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب با کندریت و گوشه اولیه بهنجار شده است (شکل‌های ۱۹ و ۲۰). محیط‌های زمین‌ساختی مختلف، الگوهای ویژه خود را دارا هستند. برخی نمودارها یکنواخت (مانند MORB) و برخی غیر یکنواخت (مانند مناطق فورانش) هستند (Kampunzu et al., 2003). در نمودار مربوط به توده‌های نفوذی منطقه، غنی‌شدگی را در عناصر Ba, Zr, La, Nb مشاهده می‌نمایم که با یک موقعیت زمین‌ساختی کبشی و کافت قاره‌ای مطابقت می‌نماید. با توجه به تغییرات اکسیدهای عناصر قلیایی در برابر SiO₂ در نمودار (Irvin & Baragar, 1971) می‌توان سری ماگمایی سنگ‌های نفوذی را تعیین نمود. همان گونه که در شکل ۲۱ مشخص است بیشتر نمونه‌ها در محدوده قلیایی واقع می‌شوند.

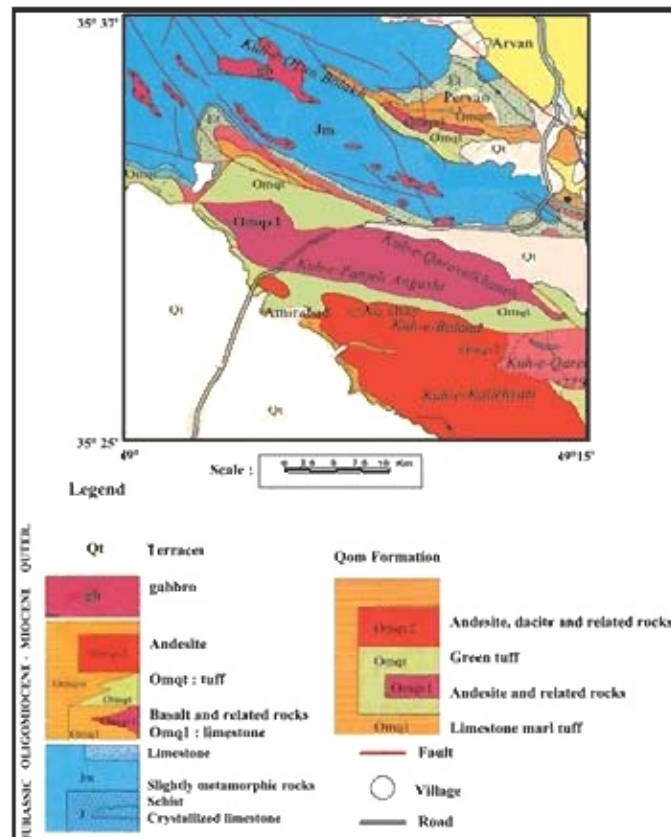
۵- خاستگاه و تحولات ماگمایی

سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه شامل توده‌های نفوذی و آتشفشانی است. نتایج مطالعه مقاطع نازک و نمودارهای ژئوشیمیایی گدازه‌ها حاکی از آن است که گدازه‌ها طیف ترکیبی از بازی تا اسیدی را نشان داده و به خوبی گویای روند تفریق هستند. برخی پدیده‌ها در ارتباط با گدازه‌ها حائز اهمیت است. از جمله این موارد می‌توان به ایستایی شدن برخی کانی‌ها اشاره نمود. کانی‌هایی مانند هورنبلند، پیروکسن و در موارد معدودی بیوتیت این پدیده را نشان می‌دهند. علت تشکیل چنین امری را برخی به افت سریع فشار مربوط می‌دانند (Rutherford & Hill, 1993). عقیده بر آن است که افت فشار محدوده پایداری کانی‌ها را کاهش داده و آنها را دچار واجدبی می‌نماید. در نتیجه حاشیه سیاه‌رنگی در اطراف بلورهای مانند هورنبلند تشکیل می‌شود که به آن حاشیه ایستایی می‌گویند (Devine & Singurdasson, 1995). از سوی دیگر، در برخی نمونه‌ها بافت غربالی مشاهده می‌شود. در مورد تشکیل این بافت سه نظریه وجود دارد که عبارتند از: رشد اسکلتی سریع، آمیختگی ماگمایی و افت سریع فشار یا دکمپرسیون ماگمایی که جزئیات هر نظریه توسط محققان مختلف بحث شده است (جلالی قمبواتی، ۱۳۷۸) از میان این نظریه‌ها، رشد سریع اسکلتی طرفداران چندانی ندارد، اما دو عامل دیگر را امروزه مهم‌ترین عوامل تشکیل بافت غربالی می‌دانند (امینی، ۱۳۸۱). با توجه به دو پدیده یاد شده، افت سریع فشار در

قرار دارد.

۶۰ کیلومتری برای ماگمای سازنده توده‌های نفوذی است. ماگمای تشکیل دهنده توده‌های نفوذی به دلیل مقدار کم کروم و نیکل نمی‌توانسته‌اند در تعداد با گوشه بالایی قرار گیرند. از این رو این ماگما به احتمال یا شمولات ماگمایی را متحمل شده و یا از یک گوشه متاسوماتیزه منشأ گرفته‌اند. بررسی نمودارهای تنکیتی مربوط به عناصر کمپاب (BSE) در نمونه‌های مربوط به توده‌های نفوذی نشان می‌دهد که این نمونه‌ها به‌نحوی می‌باشند از BSE را نشان می‌دهند که می‌توان آن را به جدایش کانی‌های کلئوپیروکسن، ارتوپیروکسن و اسفن نسبت داد. افزایش میزان عناصری مانند Nb و Ta روند تفریق بلوری را نشان می‌دهد. به طور کلی می‌توان گفت که انگوری فراوانی عناصر کمپاب نمونه‌های آخرین نفوذی با ماهیت تفریق بلوری بیشتر مطابقت دارد. نمودارهای تعیین سری ماگمایی، توده‌های نفوذی را کم و بیش قلیایی و سنگه‌های آتشفشانی را به طور عمده کلسیمی-قلیایی معرفی می‌نماید. شواهدی دال بر هر دو پدیده آلیاژ و آمیختگی ماگمایی ویژه در سنگه‌های آتشفشانی دیده می‌شود. اما ابراز نظریه قطعی مبنی بر این که کدام پدیده تأثیر بیشتری داشته و در چه ژوئایی صورت پذیرفته است، نیازمند مطالعات دقیق‌تر است. نمودارهای تنکیتی مربوط به عناصر جزئی که برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی به کار رفته‌اند نشان می‌دهد که توده‌های نفوذی منطقه از عناصری مانند Ba/Zr ، La/Sm ، Th/U ، Th/Sm و Th/U که زمین‌ساختی کشفی مطابقت می‌نمایند این در حالی است که گدازه‌ها دارای نمودارهای تنکیتی با روند یکنواختی نبوده و تا حدودی به صورت برجستگی و فرورفتگی مشاهده می‌شوند و به مناطق فرورانش شباهت بیشتری دارند. این مسئله بیانگر آن است که توده‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه با سنگه‌های آتشفشانی پهنای جنینی آن تفاوت ژئیکمی دارد.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی، توده‌های نفوذی به طور عمده ترکیب گابروی و گدازه‌ها در طیف ترکیبی داسیت-ریوداسیت، آندزیت، تراکی آندزیت، هوریتند آندزیت، آندزیت بازالتی و تراکی بازالت قرار می‌گیرند. نمودارهای ژئوشیمیایی که برای تعیین ترکیب سنگه‌شناسی استفاده شده‌اند نیز این نتایج را تأیید می‌کنند. بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی، نمودارهای ژئوشیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی هر برابر SiO_2 ، رفتار عناصر کمپاب و نمودار منطی تعیین سری ماگمایی روند تفریق ماگمایی را در گدازه‌ها مشخص می‌دارند. در گدازه‌های داسیتی میکروپیلوهای با ترکیب بازی‌تر مشاهده می‌شود که به آمیختگی ماگمایی مرتبط است. در نمونه‌های با ترکیب سنگه‌شناسی داسیت-ریو داسیت منطقه، پلاژیوکلازهای با بافت غربالی مشاهده می‌شود. در برخی نمونه‌ها دو نوع پلاژیوکلاز با بافت متفاوت به چشم می‌خورد: نوع اول که به شدت غربالی بوده و گاه دارای میان‌پاره‌های شیشه هستند و نسبت به نوع دوم فراوانی کمتری دارند و نوع دوم که بافت غربالی نشان نمی‌دهند و شکل بلوری به نسبت کامل‌تری نیز دارند. مشاهده این مورد دخالت افت فشار و آمیختگی ماگمایی به صورت همزمان را در روند تحول ماگمایی این نوع سنگه‌ها متحمل می‌سازد. در مطالعات ژئوشیمیایی ایزوتوپی گدازه‌های آندزیتی منطقه در محدوده ترکیب کل زمین BSE قرار می‌گیرند، ولی به نظر می‌رسد سنگه‌های گوشه‌های زمین استقرار در پوسه (پوسه پوسه قاره‌ای بالایی یا آن چهار آلودگی شده است. ترکیب BSE به طرف غنی‌شدگی از نسبت $^{87}Sr/^{86}Sr$ جابه‌جا شده است که نمونه‌ای از سنگه‌ها چنین وضعیتی را نشان می‌دهد. فراوانی FeO در برابر Al_2O_3 نسبت ۱/۶ حاکی از ژوئای حدود



شکل ۱ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (بخشی از چهارگوش کبودر آهنگ

(Bolourchi, 1979)

جدول ۱ - نتایج تجزیه XRF بر روی گدازه‌های منطقه شمال رزن

Ox	No	R.Sb.01	R.Sb.06	R.Sb.10	R.Ac.24	R.Ac.30	R.Nz.37	R.Nz.39	R.Nz.40	R.Nz.41	R.Nz.42	R.Nz.45	R.Sz.31	R.E.102	R.L.103
SiO ₂	63.86	63	51.41	64.38	65.72	64.87	63.98	65.38	69.8	66.36	67.32	66.46	73.33	72.8	
TiO ₂	0.623	0.84	1.011	1.068	0.804	0.77	1.09	1.06	0.723	0.815	0.74	0.96	0.45	0.47	
Al ₂ O ₃	15.59	16.08	15.42	14.82	15.54	15.23	15.78	15.11	12.3	15.23	15.7	13.92	13.81	13.64	
Fe ₂ O ₃	2.183	2.34	3.111	2.568	2.332	2.504	2.27	2.56	2.232	2.318	2.24	2.46	1.95	1.97	
FeO	3.847	4.34	5.159	4.156	3.705	3.63	3	2.467	1.125	2.225	1.6	3.98	0.6	1.06	
MnO	0.1133	0.22	0.735	0.33	0.283	0.147	0.237	0.315	0.374	0.185	0.253	0.2	0.16	0.185	
MgO	4.9	1.92	3.35	2.3	2.34	1.065	1.946	0.678	0.788	1.6	1.565	2.129	0.82	0.95	
CaO	2.127	2.56	12.21	1.163	3.229	4.685	3.61	4.717	4.9	3.27	2.405	3.84	1.42	1.1	
Na ₂ O	3.9	3.9	2.84	1.6	2.719	5.025	3.78	5.307	4.93	4.44	4.27	2.718	3.55	3.54	
K ₂ O	1.75	2.53	2.16	5.603	2.85	0.95	0.76	0.817	1.708	2.8	3.265	2.86	3.45	3.88	
P ₂ O ₅	0.142	0.272	0.895	0.29	0.303	0.23	0.43	0.415	0.38	0.266	0.258	0.23	0.195	0.22	
TOTAL	98.99	99.02	98.99	97.9	99.8	98.9	97.88	98.8	99.2	99.5	99.7	99.75	99.6	99.7	

Ox	No	R.E.104	R.E.108	R.E.110	R.E.115	R.E.116	R.E.117	R.AF.408	R.AF.415	R.AF.203	R.AF.155	R.AF.321	R.AF.322	R.A.206
SiO ₂	74.33	71.66	68.7	68.94	65.56	70.11	48.64	20.07	67.77	55.7	57.28	57.06	61.46	
TiO ₂	0.38	0.48	0.86	0.77	0.77	0.65	2.127	1.19	0.72	1.79	0.705	0.86	0.894	
Al ₂ O ₃	15.45	15.02	16.44	14.16	16.34	16.46	12.96	14.58	16.51	16.57	16.45	16.45	12.39	
Fe ₂ O ₃	2.08	1.98	2.36	2.27	2.27	2.18	3.63	2.69	2.22	3.29	2.205	2.36	2.394	
FeO	0.75	0.77	1.35	3.817	2.43	0.75	7.73	7.89	2.36	4.29	3.553	3.82	6.43	
MnO	0.163	0.1	0.182	0.23	0.272	0.092	0.46	0.58	0.24	0.319	0.415	0.45	0.291	
MgO	0.35	0.97	0.712	3.076	2.67	0.353	6.007	6.81	1.44	5.209	4.84	5.107	4.05	
CaO	1.42	1.53	3.112	3.186	2.63	2.16	10.12	10.83	3.49	7.57	6.51	5.1	3.97	
Na ₂ O	5.47	5.12	4.52	3.85	5.3	2.98	2.44	2.75	3.32	3	3.7	4.078	2.71	
K ₂ O	0.86	2.27	0.55	2.197	1.44	4.9	2.177	2.52	3.55	2.29	3.895	3.417	2.34	
P ₂ O ₅	0.22	0.152	0.318	0.27	0.324	0.207	0.607	1.04	0.15	0.35	0.365	0.527	0.159	
TOTAL	99.6	98.02	97.88	99.48	99.24	99.83	99.8	98.83	99.84	99.7	99.83	99.22	97.08	

جدول ۲ - جدول نرم حاصل از داده‌های تجزیه شیمیایی گدازه‌های اولیگوسن - میوسن شمال رزن

samples	Q	Or	ab	an	lc	ne	C	ac	ns	wo	en	fs	Hy _{en}	Hy _{fs}	Oi _{fo}	Oi _{fs}	mf	ho	il	ap
R.Sb.4	17.11	16.27	32.96	9.27	0	0	2.62	0	0	0	0	0	12.25	4.46	0	0	3.12	0	1.18	0.31
R.Sb.06	11.06	20.88	41.41	11.11	0	0	0.11	0	0	0	0	0	4.80	5.05	0	0	3.39	0	1.60	0.59
R.Sb.10	0	18.69	22.18	19.95	0	0.99	0	0	0	14.57	8.38	5.53	0	0	0	0	4.55	0	3.12	1.95
R.Ac.24	18.77	44.97	13.52	4.07	0	0	2.14	0	0	0	0	0	5.75	4.39	0	0	3.72	0	2.03	0.63
R.Ac.30	27.55	16.89	23.3	14.28	0	0	2.75	0	0	0	0	0	5.86	4.10	0	0	3.35	0	1.53	0.66
R.Nz.37	15.70	5.63	50.99	11.70	0	0	0	0	0	4.27	1.77	2.52	0.89	1.27	0	0	3.30	0	1.46	0.50
R.Nz.39	17.29	4.53	49.24	14.96	0	0	0	0	0	0.23	0.15	0.06	4.75	1.96	0	0	3.79	0	2.09	0.95
R.Nz.40	16.26	4.94	54.48	10.72	0	0	0	0	0	3.16	1.76	1.28	0	0	0	0	3.79	0	2.06	0.93
R.Nz.41	29.74	10.18	41.98	6.41	0	0	0	0	0	2.30	1.98	0	0	0	0	0	2.78	0.33	1.38	0.84
R.Nz.42	21.20	16.60	37.61	13.35	0	0	0	0	0	0.56	0.40	0.12	3.61	1.05	0	0	3.36	0	1.55	0.58
R.Nz.45	22.50	19.65	35.62	10.29	0	0	1.19	0	0	0	0	0	3.86	0	0	0	3.79	1.17	1.39	0.56
R.Sz.31	27.20	16.96	23.03	17.34	0	0	0	0	0	0.18	0.10	0.07	5.24	3.99	0	0	3.58	0	1.83	0.50
R.E.102	35.95	20.29	30.09	5.92	0	0	2.10	0	0	0	0	0	5.24	3.99	0	0	3.58	0	1.83	0.50
R.E.103	34.22	22.99	29.97	4.18	0	0	2.08	0	0	0	0	0	2.38	0	0	0	2.66	0.14	0.89	0.48
R.E.104	36.03	5.10	46.39	7.07	0	0	0.93	0	0	0	0	0	0.88	0	0	0	1.27	1.21	1.11	0
R.E.108	29.36	13.45	43.34	5.72	0	0	2.04	0	0	0	0	0	2.43	0	0	0	1.42	1.01	0.91	0.33
R.E.110	35.0	1.99	39.3	13.87	0	0	2.72	0	0	0	0	0	1.82	0	0	0	2.50	0.68	1.67	0.71
R.E.115	23.07	12.55	31.41	13.74	0	0	0.21	0	0	0	0	0	7.42	1.09	0	0	8.52	0	1.41	0.57
R.E.116	18.79	8.52	44.79	11.15	0	0	0.97	0	0	0	0	0	6.67	3.65	0	0	3.29	0	1.46	0.71
R.E.117	29.49	29.03	25.23	9.52	0	0	1.76	0	0	0	0	0	0.83	0	0	0	0.68	1.71	1.29	0.45
R.AF.408	0	12.89	20.64	26.15	0	0	0	0	0	8.59	5.18	2.94	4.11	2.33	4.03	2.52	2.57	0	4.05	1.32
R.AF.415	0	13.89	23.52	16.32	0	0	0	0	0	13.31	7.75	4.92	1.10	0.70	5.86	4.11	3.95	0	2.29	2.30
R.AF.203	25.33	21.03	28.10	14.38	0	0	0	0	0	0.87	0.55	0.27	3.06	1.49	0	0	3.22	0	1.37	0.33
R.AF.155	7.60	13.54	25.35	24.22	0	0	0	0	0	4.30	3.20	0.67	10.07	2.12	0	0	4.77	0	3.40	0.76
R.AF.321	3.20	21.77	30.24	16.22	0	0	0	0	0	5.41	4.29	0.49	7.41	0.84	0	0	8.08	0	1.30	0.77
R.AF.322	2.28	20.37	34.73	16.57	0	0	0	0	0	2.42	1.65	0.58	11.22	3.93	0	0	3.45	0	1.65	1.16
R.A.206	18.77	44.97	13.52	4.07	0	0	2.14	0	0	0	0	0	5.75	4.39	0	0	3.72	0	2.03	0.63

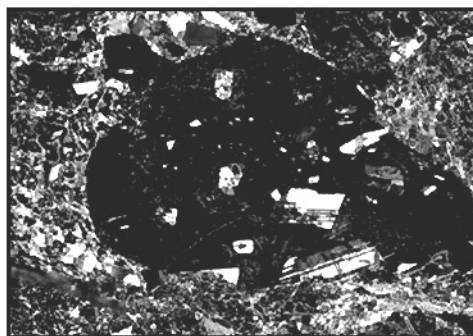
جدول ۳ - نتایج تجزیه ایزوتوپی ۵ نمونه از گدازه‌های آندزیتی

منطقه شمال رزن بر اساس $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ و $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$

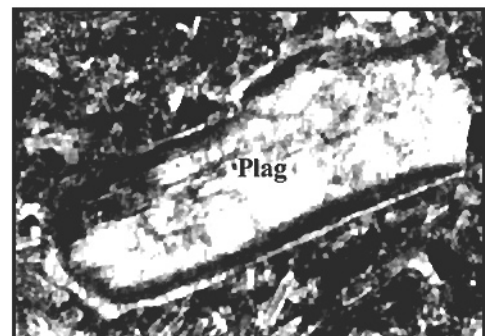
Samples	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
R. A.206	0.706435	0.512725
R. AF.155	0.704045	0.512752
R. AF.321	0.705309	0.512675
R. AF. 322	0.705216	0.512661
R.Sb.10	0.704528	0.512731

جدول ۴ - نتایج تجزیه XRF بر روی سنگ‌های آذرین نفوذی منطقه شمال رزن

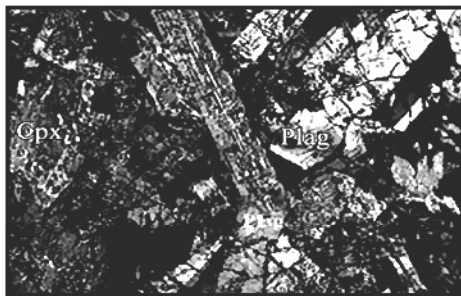
No Ox	AU-202	AM-321	AR-R1	AR-252	AM-104	AU-103	AR-122	AM-302	AM-T-205	AM-T-203	RM-146	AN-322	AR-162	AR-350	AM-303
SiO ₂	45.15	44.92	45	45.7	45.62	45.34	44.93	45	44.92	47.65	45.03	44.9	44.8	44.99	44.98
Al ₂ O ₃	16.66	15.07	13.77	12.94	15.36	17.25	14.04	17.46	13.64	18.64	12.89	13.13	13.05	13.7	12.21
Fe ₂ O ₃	9.69	11.54	9.23	13.09	11.63	8.16	12.99	10.55	10.46	7.79	11.29	13.65	12.11	13.37	13.24
MgO	8.42	8.22	10.76	8.55	6.97	8.19	9.9	7.37	12.14	6.62	12.29	7.26	7.16	10.04	8.69
CaO	10.37	11.02	11.26	9.96	10.8	11.91	9.68	9.63	11.99	10.02	12.31	10.41	12.88	8.65	12.16
Na ₂ O	2.65	2.46	1.84	3.34	2.87	2.87	2.44	2.53	1.47	3.12	1.42	3.93	2.77	2.56	1.59
K ₂ O	1.79	1.12	1.07	0.77	1.51	1.06	0.37	1.69	0.62	1.92	0.43	0.26	1.35	0.82	1.49
MnO	0.17	0.21	0.16	0.2	0.17	0.15	0.19	0.18	0.16	0.14	0.18	0.23	0.2	0.21	0.23
TiO ₂	1.96	1.31	1.7	1.22	1.1	1.88	1.44	1.25	1.69	1.87	0.89	1.66	1.4	1.27	1.26
P ₂ O ₅	0.15	0.37	0.1	0.21	2.16	0.1	0.21	0.34	0.12	0.16	0.11	0.28	0.23	0.24	0.13
Total	97.1	96.15	97.01	95.98	97.19	96.95	96.19	96	97.21	97.93	96.84	95.8	95.71	95.83	95.98



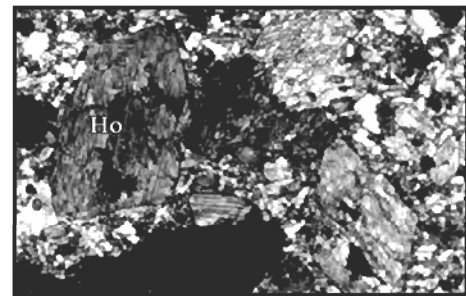
شکل ۳ - میکروپیلوی بازیک در یک نمونه داسیتی - نور پلاریزه (طول میدان دید ۶ میلی‌متر)



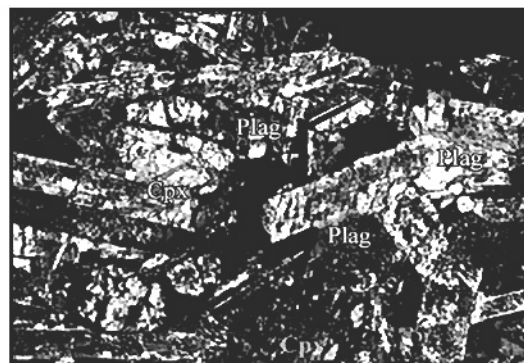
شکل ۲ - تصویر میکروسکوپی از درشت بلور پلاریوکلاز با بافت غربالی - نور پلاریزه (طول میدان دید ۳ میلی‌متر)



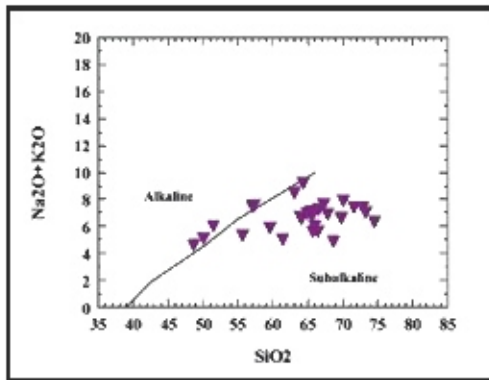
شکل ۵ - تصویر میکروسکوپی از بافت اینترگرانولار در گابرو - نور پلاریزه (طول میدان دید ۶ میلی‌متر)



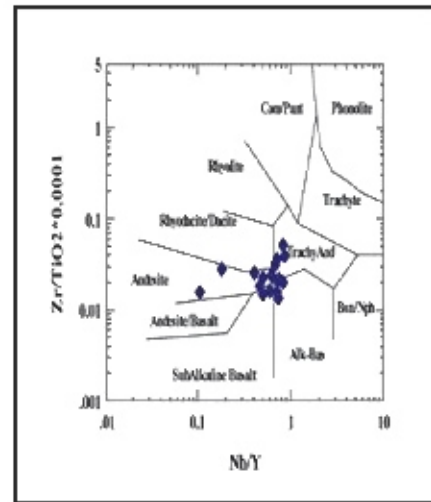
شکل ۴ - تصویر میکروسکوپی از درشت بلورهای هورنبلندهای سالم و اباستی شده - نور پلاریزه (طول میدان دید ۳ میلی‌متر)



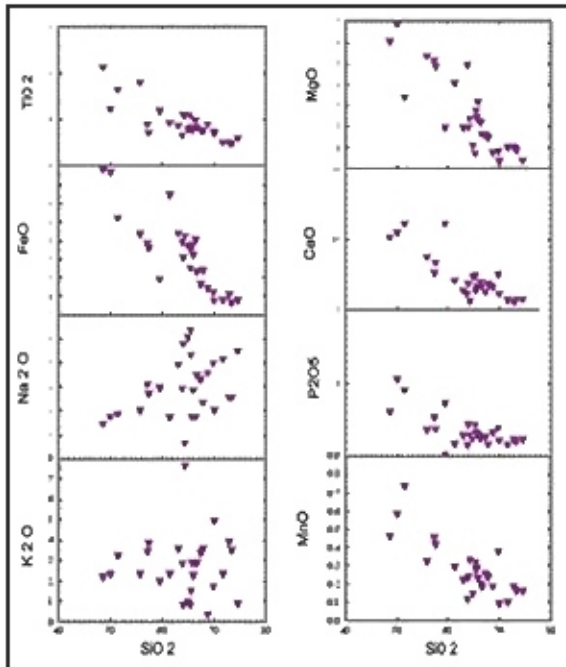
شکل ۶ - تصویر میکروسکوپی از دگرسانی پلاریوکلاز - نور پلاریزه (طول میدان دید ۶ میلی‌متر)



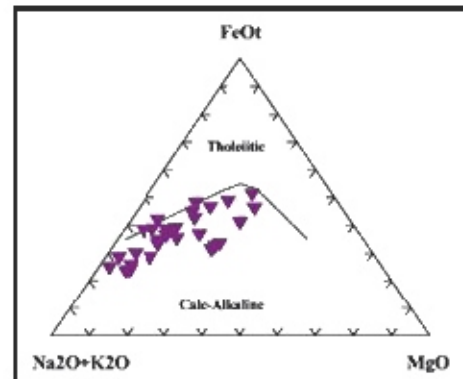
شکل ۴ - نمودار تعیین سری ماگمایی گدازه‌های شمال رزن (Irvin & Baragar, 1971) - نمونه‌ها به طور عمده در محدوده نئسپایی واقع شده‌اند.



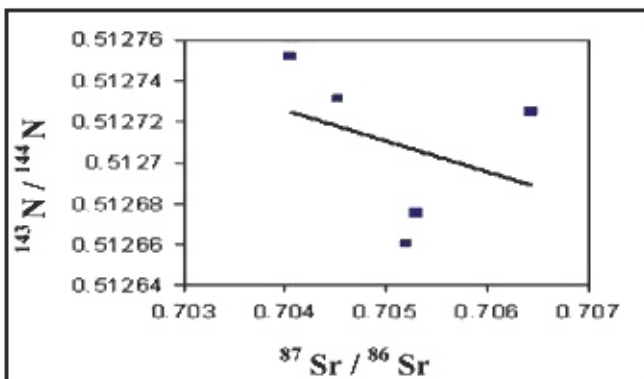
شکل ۵ - نمودار تعیین ترکیب سنگ‌شناختی گدازه‌های منطقه شمال رزن (Winchester & Floyd, 1977) نمونه‌ها در محدوده‌های داسیت - ریوداسیت، تراکی آندزیت، آندزیت و بازالت قرار گرفته‌اند.



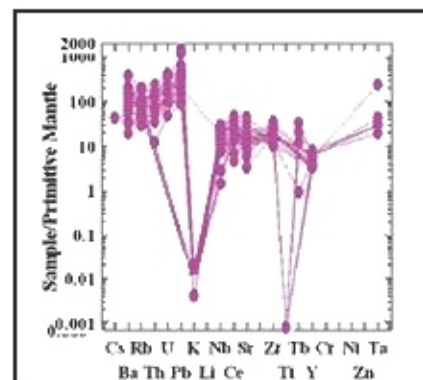
شکل ۶ - نمودارهای اکسید عناصر اصلی بر اساس نتایج داده‌های تجزیه‌ای نمونه‌های گدازه‌ها در برابر درصد وزنی SiO2 برای نمونه‌های گدازه‌های منطقه شمال رزن



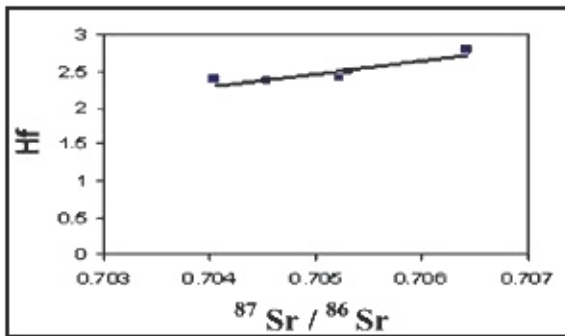
شکل ۷ - نمودار تعیین سری ماگمایی گدازه‌های شمال رزن (Irvin & Baragar, 1971) نمونه‌هایی که در نمودار تصویر در محدوده تیمه کلیایی واقع شده بودند در این نمودار در محدوده کلسیمی - کلیایی قرار دارند. این نمودار علاوه بر تعیین سری ماگمایی نشان دهنده تفریق ماگمایی نیز هست.



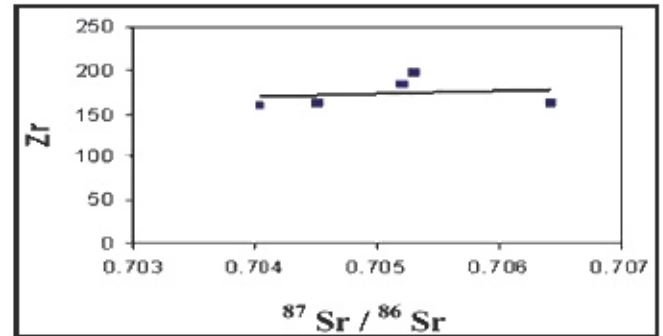
شکل ۸ - نمودار همبستگی میزان تغییرات $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ و $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ بر اساس نتایج تجزیه ایزوتوپی نمونه‌های گدازه اولیگوسن - میوسن منطقه شمال رزن



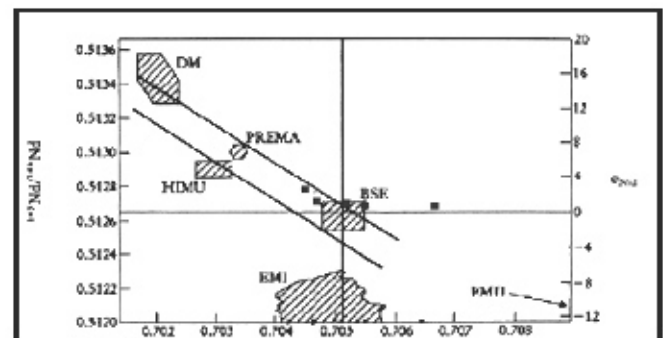
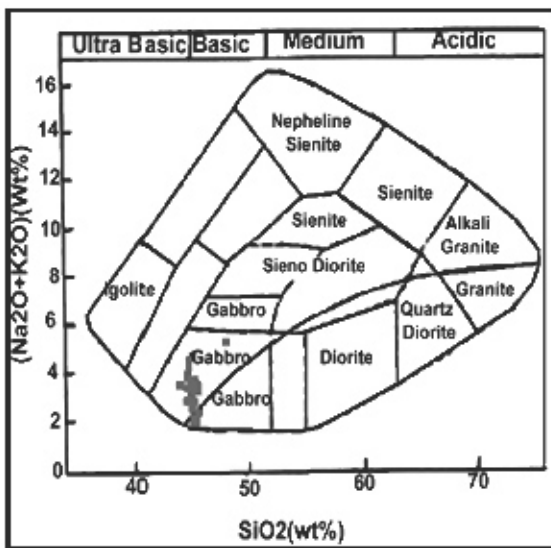
شکل ۹ - نمودار تنگستن عناصر کمیاب مربوط به گدازه‌های منطقه شمال رزن همان طبعی‌سازی شده نسبت به گروته نوبله - بر اساس (McDonough et al., 1992) - مقیاس از Rollinson (1997)



شکل ۱۳ - نمودار همبستگی ژئوشیمیایی عنصر Hf با نسبت‌های ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

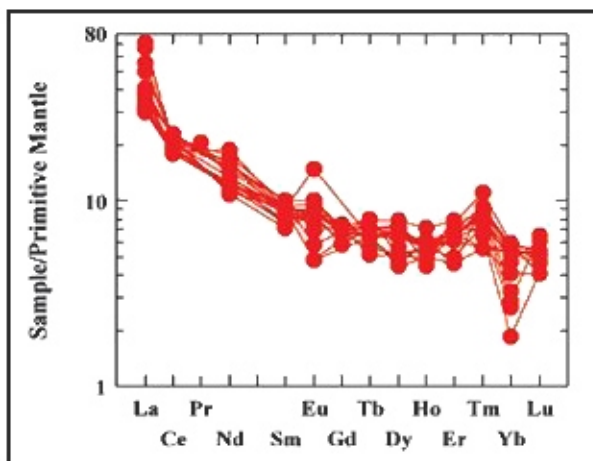


شکل ۱۴ - نمودار همبستگی ژئوشیمیایی عنصر Zr با نسبت‌های ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

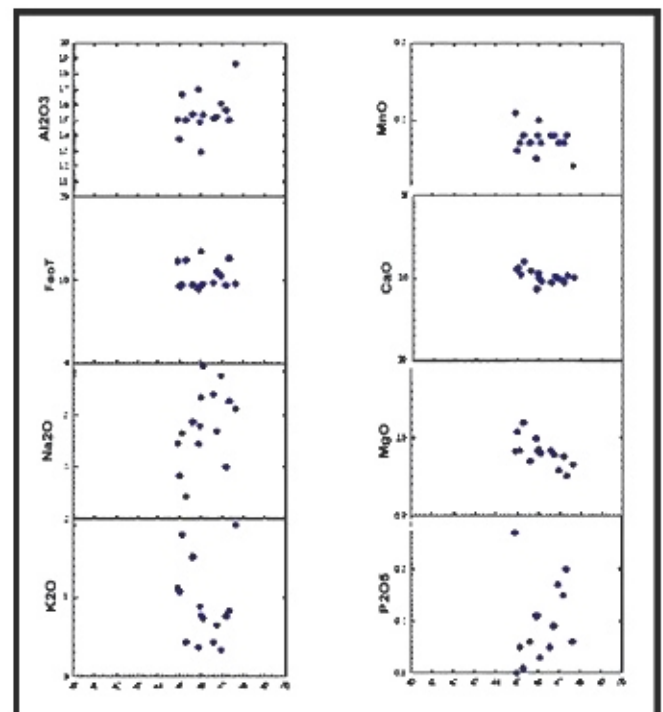


شکل ۱۵ - نمودار همبستگی ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در برابر $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ گروهه تهیه شده از BSE کل زمین و EMI و EMI₂ گروهه خنثی شده از HIMU گروهه دارای نسبت بالای U/Pb و PREMA ترکیب رایج به طور غالب مشاهده شده گروهه - نمونه‌ها در اطراف BSE قرار گرفته‌اند.

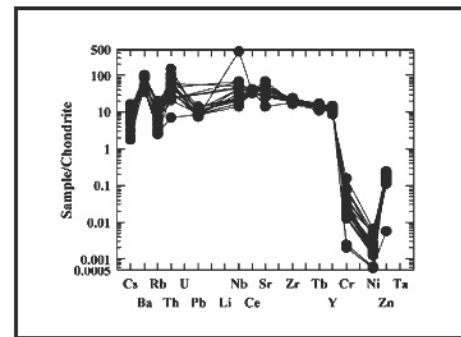
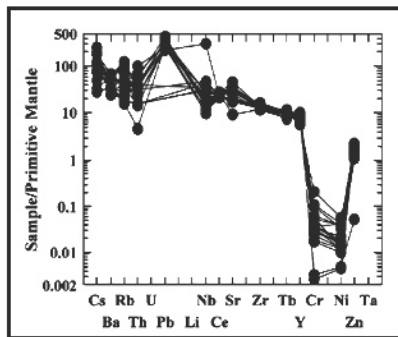
شکل ۱۶ - نمودار تعیین ترکیب سنگ‌شناسی نمونه‌های سنگ‌های آذرین نفوذی - تهرات اکسیدهای عناصر قلیایی در برابر SiO_2 (Wilson, 1989 و Cox et al., 1979)؛ نمونه‌ها در محدوده سنگ‌شناسی گابرو واقع شده‌اند.



شکل ۱۷ - نمودار همبستگی عناصر کمیاب نادر خاکی مربوط به نمونه‌های نفوذی که با گروهه اولیه پهن‌جاری شده‌اند بر اساس (McDonough et al., 1992) - مقیاس از (Rollinson 1997)

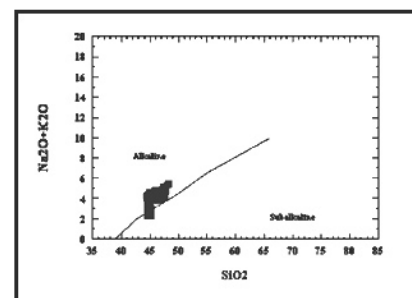
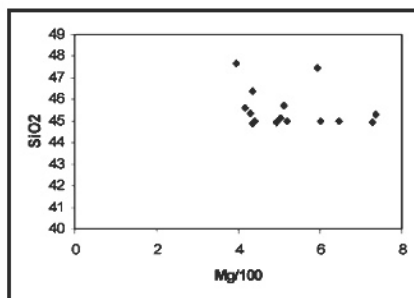


شکل ۱۸ - نمودارهای اکسید عناصر اصلی بر اساس نتایج داده‌های تجزیه‌ای نمونه‌های سنگ‌های آذرین نفوذی شمال رزن در برابر درصد وزنی SiO_2



شکل ۲۰ - نمودار عنکبوتی عناصر جزئی مربوط به توده‌های نفوذی که با گوشه اولیه بهنجار شده است. بر اساس McDonough et al. (1992) - اقتباس از Rollinson (1997)

شکل ۱۹ - نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب مربوط به توده‌های نفوذی که با کندریت بهنجار شده است. بر اساس McDonough et al. (1992) - اقتباس از Rollinson (1997)



شکل ۲۲ - نمودار تغییرات Mg/100 در برابر SiO₂ در سنگ‌های نفوذی با ترکیب گابرو در منطقه شمال رزن

شکل ۲۱ - نمودار تعیین سری ماگمایی توده‌های نفوذی منطقه شمال رزن (باختر آوج) بر اساس اکسیدهای عناصر قلیایی در برابر SiO₂؛ (Irvin & Baragar, 1971)

کتابنگاری

- امامی، م.ه. و خلعتبری، م.، ۱۳۷۶- بررسی شواهد اختلاط ماگمایی در سنگ‌های ترشیری منطقه نوران- نطنز (ایران مرکزی) خلاصه اولین مقالات همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.
- امینی، ص.، ۱۳۸۱- بافت پلاژیوکلازها و اهمیت آن در تفسیرهای پترولوژیکی: شواهدی از سنگ‌های آتشفشانی شمال شرق قروه، مجله علوم پایه، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. جلالی قمبوانی، م. و اصغرخواه فرخانی، ش.، ۱۳۷۸- بافت غربالی پلاژیوکلازها و اهمیت آن در تفسیرهای پترولوژیکی، شواهدی از سنگ‌های آتشفشانی شمال شرق قروه، فشرده مقالات سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شیراز.
- سرافراز، ف.، ۱۳۷۴- پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین منطقه آوج (قزوین) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم
- علائی مهابادی، س. و فودازی، م.، ۱۳۸۱- نقشه و گزارش ۱:۱۰۰۰۰۰ رزن همدان، سازمان زمین‌شناسی
- معین وزیری، ح.، ۱۳۸۳- چند نقطه عطف در تاریخچه تکتونوماگمایی ایران، فصلنامه علوم زمین، سال یازدهم، شماره ۵۰ - ۴۹

References

- Blourchi, M. H., 1979- Explanatory text of the Kabudar - Ahang Quadrangle Map. Geol. Surv. Iran
- Devine, J.D. and Sigurdsson, H., 1995- Petrology and eruption styles of Kich'em Genny submarine volcano. Lesser Antilles island arc. J. volc. Geotherm. Res.
- Emami, M.H., 1981- Geologie de la region de Qom - Aran (Iran): Contribution a L'etude Dynamique et Geochemique du Volcanisme Tertiaire de L'Iran Central. These d'Etat. Univer. Grenoble. France.
- Frei, E., 1952- Geological report on Jafarabad - Ab-e-Garm Region between Qazvin and Hamadan. Tehran, National Iranian oil Company
- Hirose, K., 1993- Partial melting of dry peridotites at high pressure: determination of compositions of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond Earth planet SCI lett. 114
- Irvine, T.N. and Baragar, H.U., 1971- A guide to Chemical Classification of the Common Volcanic rocks: Can. J. Sci., 8, p523
- Kampunzu, A.B., Tombale, A.R., Zhai, M., Bagai, Z., Majaule, T. and Modisi, M.P., 2003- Major and Trace Element Geochemistry of Plutonic Rocks from Francistown, NE Botswana. Lithos, 430- 460
- Mohajer, G.A., Pierce, G.R., 1963- Qazvin - Iran Earthquake. Bull.
- Nelson, S.A., 2004 - Magmatic Differentiation, Chemical Variation in rock suite, EENS 212. Tulan University 15 p
- Rollinson, H.R., 1997- Using geochemical data: Evaluations, Presentations. John Wiley and sons, 352pp.
- Rutherford, M.J., Hill, P.E.J., 1993- Geophy. Res.
- Shelly, D., 1993- Microscopic study of Igneous and Metamorphic rocks. Chapman & Hall, London.
- Stahl, A.F., Von, 1911- Permian: Handbch. Reh. Geol. Vol. 5, pt. 6, no 8
- Wilson, M., 1989- Igneous petrogenesis, Unwin Hyman, Lond. 466pp.

been caused by increasing and accumulation of constructions, and also increase of traffic in duration years. The further studies show that effect of loading decrease with depth. Amount of stability and settlement in each zone have important role to design and select the kind of foundation and lay out depth.

Key words: Zoning, Plat bearing, Settlement, Stability Parameters

For Persian Version see pages 71 to 78

*Corresponding author: F. Rezaei; E-mail: rezaie8 @ yahoo.com

Petrography, Tectonic Setting and Genesis of Oligocene – Miocene Igneous Rocks in Northern Part of Razan Area

R. Mohammadi^{1*}, M.H., Emami² and M. Vosoghiabedini³

¹ Faculty of Basic Sciences, Ashtian Branch, Azad University, Tehran, Iran

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

³ Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2006 November 14

Accepted: 2009 February 25

Abstract

The area is located about 230 km of southwest of Tehran. Based of geological observations, the plutonic rocks in the area consist of Neogene (Miocene) alkaline gabbro , gabbrodiorite, locogabbro and diabase . The Oligo - Miocene calc-alkaline extrusive rocks are dacite - ryodacite , andesite trachyandesite , hornblendandesite , basaltic andesite and trachybasalt . Studing on isotopic analyses of Nd and Sr indicate that surveyed area were contaminated with crustal rocks of Sialic composition . In isotopy geochemical studies, The Andesite samples are plotted in the limit of BSE; however, it seems that mantling rocks besides being settled in crust (esp. the upper continental crust) have been contaminated with in. The combination of BSE towards enrichment, from the proportion of ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr has shifted; a sample of rocks shows this position. Spider diagrams related to trace elements of plutonic samples which are used for identifying the tectonic setting show intrusives are in the extensive regime; while the lavas don't have a steady trend and are similar to subduction zones. This shows that the intrusives of the the investigated area are different genesis from the southern volcanic rocks.

Key words: Magmatic Genesis, Isotopic Geochemistry, Avaj, Razan, Magmatic contamination, Volcanic Rocks, Plutonic rocks

For Persian Version see pages 79 to 88

*Corresponding author: R. Mohammadi; E_mail: mohammadi_geo@yahoo.com

Mineralogy Studies of Mehdiabad Zinc-Lead Deposit- Yazd, Central Iran

M. Ghasemi ^{1*}, M. Momenzadeh¹, A. Yaghubpur ², A. A. Mirshokraei ³

¹ Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

² Tarbiat- Moalem University, Science Faculty, Tehran, Iran.

³ Itok Engineering Company, Tehran, Iran.

Received: 2007 July 24

Accepted: 2008 February 25

Abstract

Mehdiabad Zn-Pb-Ba deposit is located 110 km south-east of Yazd, in the Central Iran structural zone. The stratigraphic succession consists of three sedimentary formations of lower Cretaceous age. The Sangestan formation, the lowest unit of shale and siltstone with calcarenitic interbedded layers. This unit is overlain by ankeritic massive dolomite and dolomitic limestone of Taft formation. The Abkouh formation at the top is composed of cherty or clayey limestone with conglomeritic intercalation, lenses of massive reef limestone and calcareous shale. The structure of ore body shows a half-graben with a vast N-S syn form being complicated by the presence of poly phase faults. The main normal