Archive of SID

مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، (JSIAU)
سال ۲۰، شماره ۷۷، پائیز ۱۳۸۹

بررسی توده بازیک ژوراسیک پایانی ـ کرتاسه زیرین شمال شاهرود با تاکید بر شواهد بافتی ، کانی شناسی

مسعود رباطیان

گروه زمین شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۸۵/۲/۲۶ **تاریخ پذیرش: ۸۷/۸/۲۲**

چکیده

مقدمه: چند تودهٔ بازیک نفوذی در شمال‌خاوری ایران در پهنه‌های البرز خاوری و گرگان رشت قرار گرفته است. این پلوتونیسم که برای نخستین بار در اینجا معرفی می‌گردد طی ژوراسیک پایانی کرتاسه زیرین به وقوع پیوسته است.

هدف: بررسی شواهدی که بتواند منشاء و چگونگی پدیدار شدن این توده‌های نفوذی را نشان دهد هدف این طرح می‌باشد.

روش بررسی: به منظور تحقق هدف مطالعات کاربرد چند روش الزامی است. تهیه مقاطع نازک میکروسکپی به تعداد لازم برای بررسی شواهد بافت، ساخت و ترکیب کانی‌شناسی و پتروگرافیک، ،انجام تجزیه شیمیایی به روش **XRF** ، آنالیز رادیوایزوتوپی برای تعیین سن دقیق سنگهای مورد بررسی به روش پتاسیم_آرگون از جمله روش های بررسی بوده است. بدین ترتیب نخست مقاطع نازک میکروسکپی به وسیله میکروسکپ با نور پلاریزه مطالعه شد. سپس برخی نمونه‌های سنگی تجزیه شیمیایی شده و نتایج آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تعیین سن دقیق نیز سنگهای مورد مطالعه به روش طیف‌سنجی‌جرمی مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج: توده‌های سنگی مورد بررسی در درون سازند شمشک نفوذ کرده و از نظر سنگ‌شناسی نیز بازیک‌اند که شامل گابرو، گابرونوریت، گابرودیوریت و گابرومونزونیت به ترتیب اهمیت و فراوانی آن ها می‌باشد. کانی های اصلی این سنگ ها شامل اولیوین، ارتو و کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز که معمولا کلسیک می‌باشد و کانی های فرعی

m_robatian@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

به ترتیب درصد فراوانی شامل: فلدسپارپتاسیم (که در مونزوگابرو فراوانی بیشتری حتی نسبت به پلاژیوکلازها از خود نشان داده‌اند)، آپاتیت، مگنتیت، آمفیبول (که در مونزوگابروها و در بافت های پگماتوئیدی فراوان ترند)، کوارتز و زیرکن هستند. از نظر بافت در چند مورد در گابرونوریت‌ها بافت کومولایی ادکومولا و در بقیهٔ موارد بافت های دانه‌ای، افیتیک، ساب‌افیتیک، اینترگرانولار، اینترسرتال و بعضاً پگماتیتی تشکیل شده است که فاقد هرگونه منطقه-بندی و آلتراسیون می‌باشند. تودهٔ نفوذی مزبور به لحاظ مکانیسم نفوذ و شکل از نوع لاکولیت می‌باشد و با توجه به ترکیب کانی‌شناسی و سکانس تبلور کانی ها و نیز توالی و سری کانی‌شناسی قابل مقایسه با پلوتونیسم کالکوآلکالن است. سن دقیق این توده‌های نفوذی ۱۲٦/٤ تا ۱٤٥/٦ میلیون سال پیش را به روش پتاسیم_آرگون (سنگ کل) نشان می‌دهد (ژوراسیک پایانی – کرتاسه زیرین) که مربوط به حرکات تکتونیکی آلپ آغازین می‌باشد.

نتیجه‌گیری: توده نفوذی مورد بحث با سن ژوراسیک پایانی_کرتاسه زیرین مربوط به یک ماگماتیسم با ماهیت کالکوآلکالن است که در طول یک کمربند از ترکیه و قفقاز (در باختر)، تا منطقه بند بیان افغانستان (در خاور) به وقوع پیوسته است. در برخی نقاط این کمربند، فعالیت های زمین‌شناختی به صورت فوران های ولکانیک نیز پدیدار شده اما بیشتر به صورت پلوتونیسم گزارش شده است. با توجه به قرار گرفتن توده‌های مورد مطالعه در این کمربند ولکانوپلوتونیسم می‌توان چنین عنوان نمود که توده‌های نفوذی مورد بحث طی ولکانوپلوتونیسم ژوراسیک-پایانی_کرتاسه زیرین تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: گابرو، بافت کومولایی و دانه‌ای، کانی های اولیوین، ارتو و کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، لاکولیت، ژوراسیک‌پایانی_کرتاسه زیرین.

مقدمه

منطقه مورد مطالعه در شمال‌شرق ایران، در شمال شهرستان شاهرود، قرار گرفته است. این سنگ‌ها شامل توده‌های نفوذی عمدتاً بازیک (گابرو) و یا حد واسط (گابرودیوریت و گابرومونزونیت به ترتیب اهمیت از نظر فراوانی و منشأ تشکیل) می‌باشند. این توده در داخل سازند شمشک نفوذ کرده است (شکل ۱). بطور کلی رخنمونهای سنگ‌های پرکامبرین و به ویژه پی‌سنگ مناطق شمال‌شرق ایران و همچنین تودهٔ مورد مطالعه را نمی‌توان به پی‌سنگ پنجرهٔ فرسایشی آق‌دربند، [۱] در تمام البرز شرقی تعمیم داد. زیرا در منطقه آق‌دربند سنگ‌های دوران پالئوزوئیک دگرگونی بوده و روند ساختاری شمالی_جنوبی آن‌ها نیز با روندهای ساختمانی و چینه‌ای شمال‌شرق ایران تفاوت بسیار آشکاری دارد.[۱،۲] متاسفانه در حال حاضر ابهامات و پیچیدگی‌های زیادی در مورد زمین‌شناسی شیست‌های گرگان، زمین‌شناسی منطقه آق‌دربند، مجموعه‌های زمین‌شناسی اعم از سنگ‌های دگرگونی و گرانیتی و حتی افیولیتی جنوب مشهد وجود دارد. همچنین ناقص بودن دانسته‌های ژئوفیزیکی در ارتباط با پوسته زمین در این پهنه‌ها، تعیین و تشخیص وضعیت پی‌سنگ پرکامبرین مناطق مورد مطالعه را مشکل کرده است. علاوه براین، در منطقه مورد مطالعه قدیمی‌ترین رخنمون‌ها مربوط به سنگ‌های دوران پالئوزوئیک بوده و بنابراین مشاهدهٔ مستقیم پی‌سنگ پرکامبرین امکان‌پذیر نمی‌باشد. در عین حال توالی سنگ‌های پالئوزوئیک سکانس تقریباً کاملی را

www.SID.ir

Archive of SID

در شمال شاهرود تشکیل داده است. البته در پالئوزوئیک زیرین و کربنیفر بالایی_تریاس تفاوت‌هایی در سرگذشت زمین‌شناسی شمال شاهرود (پهنه گرگان_رشت)[۳] با مناطق مجاور خود در شمال‌شرق ایران (پهنه‌های البرز شرقی و کپه‌داغ) وجود دارد. شرایط زمین‌شناسی منطقه شمال شاهرود به ویژه طی پالئوزوئیک بسیار شبیه به پهنه البرز شرقی می‌باشد، برای مثال در رخنمون‌های پالئوزوئیکِ پایانی منطقه جاجرم نیز چنین شباهت هایی بین مناطق شمال شاهرود (پهنه گرگان_رشت) و سراسر البرز شرقی مشهود است، یعنی این که زمین های این مناطق طی پالئوزوئیک پایانی_تریاس دارای شرایط خشکی و حاره بوده است[٤] و تشکیل سنگ‌های بوکسیتی_لاتریتی در تریاس مشابه منطقه "بندِ بیان" در افغانستان می‌باشد.[۵]

در عین حال پهنه گرگان_رشت طی کربنیفر_تریاس شرایط دریایی را طی کرده و بالازدگی زمین‌ها در تریاس، دارای مدت زمانی کوتاه‌تر و موقت بوده است. حوضه‌های نهشت رسوبات در تریاس بالایی_ژوراسیک زیرین در این پهنه دارای ویژگی‌های دریایی‌تری بوده و پهنه کپه‌داغ از این زمان به بعد به حوضهٔ رسوبی جداگانه و بسیار متفاوت و مشخص نسبت به بقیه مناطق شمال‌شرق تبدیل شده و سرگذشت زمین‌شناسی خاص خود را طی نموده است. به هر حال حرکات تکتونیکی آلپی از کیمرین آغازین در منطقه مورد بحث با پیشرفت این اوضاع، شرایط خاصی را برای منطقه به وجود آورده است. از ژوراسیک میانی به بعد ماگماتیسم ناحیه‌ای که در تمام طول یک نوار طولانی از ترکیه تا افغانستان رخ داده است، [۵،٦] منطقه مورد مطالعه در شمال‌شرق ایران را تحت تأثیر قرار داده است. در ادامه بحث به توضیح و توصیف سنگ‌شناسی توده‌های مورد مطالعه و طبقه‌بندی آن‌ها پرداخته و سپس توصیف ترکیب کانی‌شناسی و در نهایت به نتایج حاصل از این بررسی ها خواهیم پرداخت.

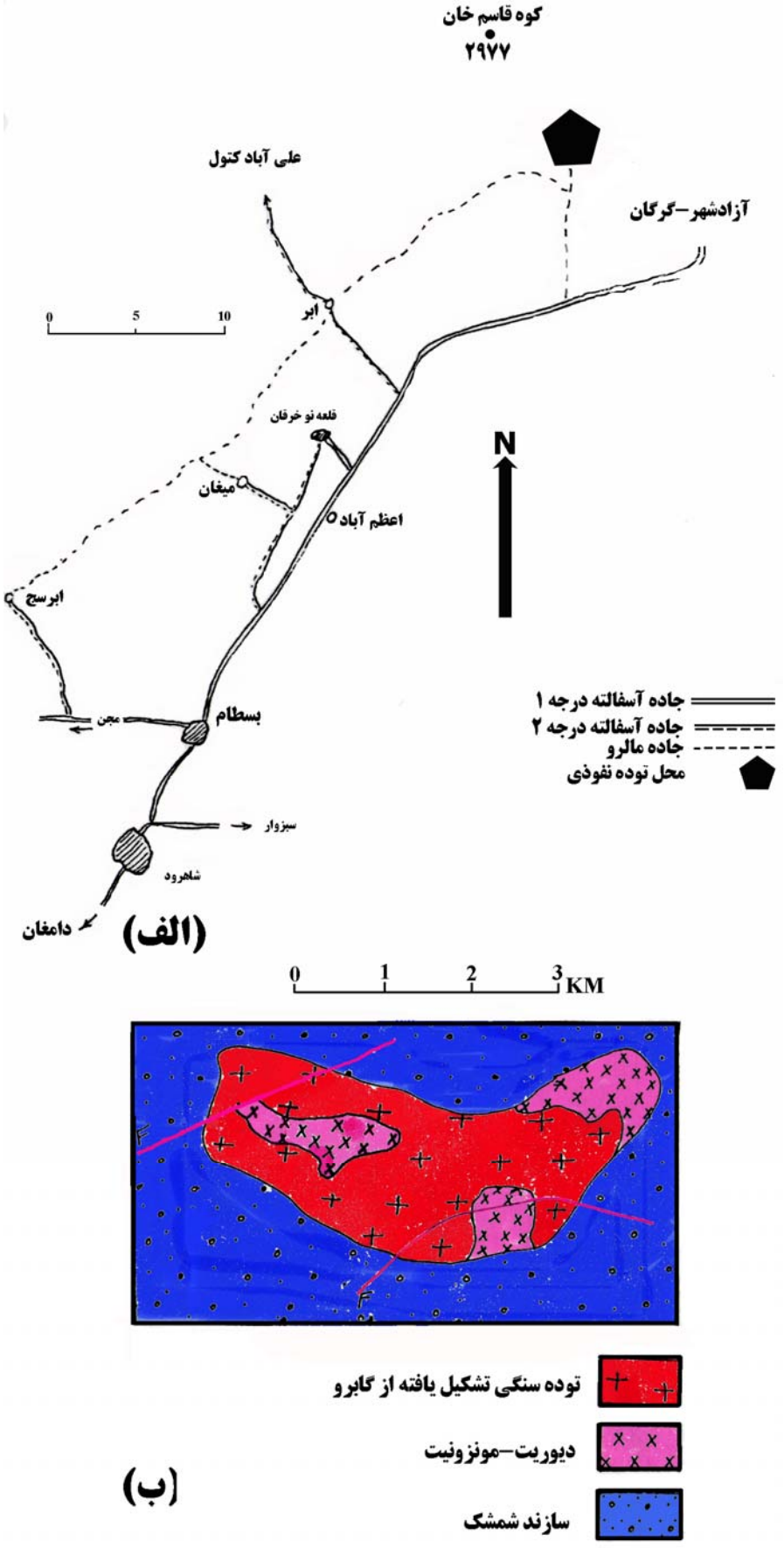
نتایج و بحث

ویژگی‌های بافتی، سنگ‌شناسی وکانی‌شناسی

از نظر ساختمانی و شواهد صحرایی تودهٔ مورد مطالعه در هسته یک تاقدیس در داخل سازند شمشک با سن نسبی تریاس بالایی ـ لیاس واقع شده است. در رده‌بندی صحرایی سنگ‌ها، می‌توان گفت که جنس سنگ‌ها اغلب گابروی ملانوکرات و یا ملاگابرو و فاقد هرگونه زینوکریست یا انکلاو می‌باشند. سنگ‌های مورد مطالعه از نظر ترکیب کانی‌شناسی شامل اولیوین، ارتو وکلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و کانی های فرعی به طور عمده آمفیبول، آپاتیت، فلدسپارپتاسیم (در برخی موارد و در بافت‌های پگماتوئیدی) و گاهی نیز منیتیت می‌باشند. البته نقش آمفیبول و فلدسپارپتاسیم که در بعضی نمونه‌ها میزان آن‌ها بالا می‌رود به لحاظ سیر تفریق ماگمایی حائز اهمیت می‌باشد که ترکیب کانی‌شناسی شامل اولیوین، ارتو وکلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و کانی های فرعی به طور عمده آمفیبول، آپاتیت، فلدسپارپتاسیم (در برخی موارد و در بافت‌های پگماتوئیدی) و گاهی نیز منیتیت می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱– موقعیت جغرافیایی (الف) و زمین‌شناسی تودهٔ نفوذی شمال شاهرود (ب).

www.SID.ir

Archive of SID

البته نقش آمفیبول و فلدسپارپتاسیم که در بعضی نمونه‌ها میزان آن‌ها بالا می‌رود به لحاظ سیر تفریق ماگمایی حائز اهمیت می‌باشد که در جای خود از آن بحث خواهد شد. از نظر بافتی می‌توان گفت که بافت‌های مشاهده شده در این سنگ‌ها بطور رایجی از گرانولار، افیتیک، ساب‌گرانولار، ساب‌افیتیک، اینترگرانولار وگاهی پگماتوئیدی و غیره تشکیل شده است. بافت‌های پگماتوئیدی به خصوص در مورد نمونه‌هایی مورد توجه می‌باشد که دارای مقادیر فراوانتری از دو کانی آمفیبول و فلدسپارپتاسیم هستند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که با وجود این که بافت‌های ساب‌افتیک، ساب‌گرانولار و دلریتی در این توده فراوان به چشم می‌خورد اما در هیچ کدام از نمونه‌های مطالعه شده حالت زونینگ یا منطقه‌بندی در کانی ها دیده نشده است و با وجود این می‌توان به سادگی باین نتیجه قابل دسترس اما مهم رسید که این سنگ‌ها یک نوع تودهٔ نفوذی به شمار می‌روند. تودهٔ مورد مطالعه دارای هاله دگرگونی ضعیفی در حاشیه خود می‌باشد که ماسه‌سنگ‌های کوارتزیتی شمشک را تحت تاثیر قرار داده و آثار پختگی ضعیفی در این ماسه‌سنگ‌ها دیده می‌شود. همچنین بافت رایج در حاشیه تودهٔ مورد مطالعه از نوع دلریتی و میکروگابرو می‌باشد. کانی های ثانوی موجود در این سنگ‌ها در امتداد درزه‌های تکتونیکی و کلیواژهای سنگیِ توده تشکیل و شامل آثاری از کلریت، کلسیت و یا اکسیدآهن (هماتیت) می‌باشد.

شواهد میکروسکپی سنگ‌های مورد مطالعه و بررسی های حاصل از نقطه‌شماری مقاطع نازک با توجه به رده‌بندی لومتر [۷] و لوباس و اشتراکایزن [۸] نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌ها در قلمرو گابرو، گابرودیوریت، مونزوگابرو و مونزودیوریت قرار می‌گیرند. در عین حال با توجه با این رده‌بندی و تکمیل بررسی های کانی‌شناسی، جداسازی کانی های تیرهٔ سنگ‌های گابرویی (اعم از اولیوین، پیروکسن و دیگر کانی ها) جهت انجام آزمایش های الکترون میکروپروب صورت پذیرفته و پس از بررسی آن‌ها کانی‌های زیر مورد شناسایی قرار گرفتند:

«ارتوپیروکسن (اغلب هیپرستن و برنزیت)، کلینوپیروکسن (اغلب اوژیت و یا فرواوژیت)، اولیوین و منیتیت».

همچنین با توجه به بررسی های کانی‌شناسیِ مدال و الکترون میکروپروب که در جدول ۱ آورده شده است و مقایسه آن‌ها با سنگ‌های گابرویی موجود در انواع پلوتونیسم‌های نقاط مختلف دنیا نشان می‌دهد که سنگ‌های مورد مطالعه را می‌توان به سه گروه اصلی طبقه‌بندی نمود: [۹،۱۰]

- گروه اول: سنگ‌های گابرو، گابرونوریت و بعضاً اولیوین‌دلریت و یا میکروگابرو می‌باشند. این بررسی ها توسط طبقه‌بندی مدال بر اساس نقطه‌شماری مقاطع نازک به دست آمده است.
- گروه دوم: سنگ‌های حد واسطی هستند که در آنالیز مدال دارای کمتر از پنج درصد کوارتز بوده و نسبت فلدسپار آلکالن (ارتوز) به پلاژیوکلاز آن‌ها بین ۳۵ تا ٦٥ درصد می‌باشد.
- گروه سوم: سنگ‌هایی هستند که دارای میزان کوارتز مدال کمتر از پنج درصد و بر خلاف گروه دوم نسبت فلدسپار آلکالن به پلاژیوکلاز در آن‌ها بیشتر می‌باشد.

در عین حال سنگ‌های گروه دوم، مونزوگابرو و مونزودیوریت‌ها بوده و در مونزوگابروها نسبت ارتوز بیشتر و در مونزودیوریت ها نسبت پلاژیوکلاز بیشتر می‌باشد. در گروه اول و دوم کانی های فرعی اغلب شامل منیتیت، آپاتیت و کوارتز است. در بعضی نمونه‌های مربوط به گروه اول، بیوتیت به صورت کانی فرعی بوجود آمده است که به نقل از پرسونز [۱۱] «ویندسوریت[۱]» (نوع خاصی گابرو) نامیده شده است. در بعضی از سنگ‌های مونزوگابرویی

www.SID.ir

Archive of SID

کانی آمفیبول به صورت فرعی قابل مشاهده است و با رایج‌تر شدن آمفیبول بافت سنگ از افیتیکی به پگماتوئیدی تغییر می‌کند به طوری که در سنگ‌های با بافت مزبور آمفیبول به صورت یک کانی اصلی و کوارتز به صورت فرعی در می‌آید و نسبت کانی اوژیت نیز نسبت به حالت اولیه بسیار کم می‌شود. البته شایان ذکر است که در بافت‌های مزبور کانی کوارتز هنوز هم جزء کانی های فرعی و در محل هایی که مونزوگابرو وجود دارند، قابل مشاهده است.

مجموعه‌های سنگی گروه دوم که در آن‌ها هر دو فلدسپار (فلدسپار آلکالن و پلاژیوکلاز) با هم در سنگ‌ها دیده می‌شوند، سنگ‌های دوفلدسپاری نامیده می‌شوند.(۱۱) بررسی های مربوط به آزمایشهای الکترون‌میکروپروب نشان می‌دهد که کانی های پلاژیوکلاز در سنگ‌های مونزودیوریت و گابرومونزونیتی به قطب آلبیت نزدیک شده و از نوع آندزین می‌باشد. به ویژه این که این تغییر ترکیب به سمت قطب سدیم‌دار در مونزوگابروها مشهود بوده و پیروکسن کلسیم‌دار (اوژیت) نیز از کانی های دیگری است که در مونزوگابروها فراوان است، اما در این سنگ‌ها نوع بافت افیتیکی بوده و هورنبلند، آپاتیت و کوارتز از کانی های فرعی محسوب می‌شوند. درعین حال با تفریق بیشتر ماگما، فلدسپارهای آلکالن به صورت بلورهای مستقلی تشکیل شده و کانی کوارتز در سنگ‌های گروه دوم حتی در بافت پگماتوئیدی به صورت کانی فرعی و ریز بلور در زمینهٔ سنگ مشاهده می‌شود.(۱۲)

در مقیاس ماکروسکپی سنگ‌های مورد مطالعه دارای دامنه تغییراتی از حد بازیک تا حدواسط می‌باشند. کانی های اصلی در گابروها و میکروگابروها به ترتیب فراوانی عبارتند از: کلینوپیروکسن (اغلب اوژیت)، پلاژیوکلاز و اولیوین. کانی های فرعی نیز عبارتند از: آپاتیت، زیرکن، منیتیت، آمفیبول و یا بیوتیت. همچنین بلورهای پیروکسن و پلاژیوکلاز شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار بوده و بررسی میکروسکپی نشان می‌دهد که ترکیب پلاژیوکلاز آن‌ها آنورتیتی می‌باشد. از نظر بافتی سنگ‌های مورد مطالعه دارای بافت‌هایی مانند هیپ‌ایدیومورفیک، گرانولار، افیتیک، ساب-افیتیک و نظایر آن‌ها هستند. مهمترین بافت قابل ذکر در بخش زیرین تودهٔ مورد مطالعه و در مجاورت ماسه-سنگ‌های شمشک، «بافت کومولایی» می‌باشد. این بافت را کانی های پلاژیوکلاز، پیروکسن و اولیوین تشکیل داده-اند. بافت‌های کومولایی در دو نقطهٔ تودهٔ نفوذی مورد مطالعه دیده می‌شوند. این بافت‌ها اگرچه فقط در دو مورد مذکور مشاهده شده‌اند، اما حضور آن‌ها می‌تواند از نظر ساز و کار تشکیل با اهمیت باشد. همان گونه که در قسمت قبلی ذکر شد، ساز و کار نفوذ این توده در حداقل فشارهای تکتونیکی و ماگمایی صورت پذیرفته است و با توجه به شواهد موجود (صحرایی و میکروسکپی) می‌توان به آسانی وجود و تشکیل بافت‌های کومولایی را به طور منطقی استنباط نمود. در عین حال فرآیند تفریق ثقلی[1] حاکی از شرایط یکنواخت و تقریباً ساکن در آشیانه یا محفظه ماگمایی در داخل سازند شمشک می‌باشد.

[1] - Windsorite

www.SID.ir

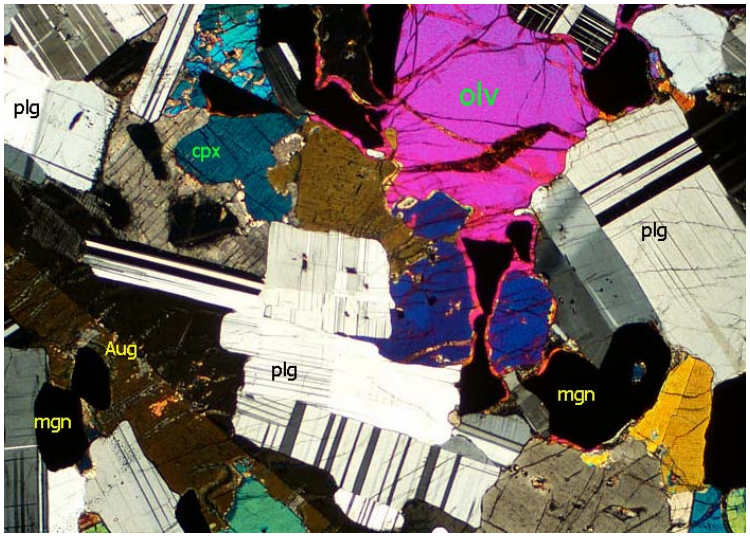
Archive of SID

فرآیند تفریق ثقلی که توسط وگر و همکارانش اولین بار در سال ۱۹۶۰ مطرح گردید، وجود بافت‌های کومولـه‌ای[۲] را منحصر به ساختمان‌های سنگی_چینه‌ای ولایه‌لایه ندانسته و تشکیل چنین بافت‌هایی را حتی به صـورت جزئـی و پراکنده در قسمت های زیرین یک تودهٔ ماگمایی تشریح کرده‌اند. در عین حال در بخـش هـای زیـرین تـودهٔ مـورد مطالعه بافت کومولایی عمدتاً از سه کانی پلاژیوکلاز، اوژیت و اولیوین تشکیل شده است که با توجه به خصوصیات بافتی_کانی‌شناسی آن می‌توان گفت که نوع کومولاهای مشاهده شده «ادکومـولا» مـی‌باشـد (شـکل ۲). بـه منظـور بررسی ترکیب شیمیایی دقیق کانی ها، از روش آنالیز نقطه‌ای توسط دستگاه SEM مجهـز بـه آنـالیزور اسـتفاده شـد (جدول ۱). لازم به توضیح است که نتایج آنالیزهای این جدول بر اساس مقادیر مختلف اکسیدهای عناصر و فرمـول شیمیایی کانی ها مورد محاسبه قرار گرفته است. روش محاسبه فرمول شـیمیایی ایـن کـانی هـا بـا ملحـوظ نمـودن پارامترها و ضرایب معرفی شده بر اساس تعداد اتم های اکسیژن هر یک از کانی‌ها با اقتباس از روش دیر[۱۳] به انجام رسیده است. نتیجه محاسبات صورت گرفته کاملاً مؤید ترکیب شیمیایی کانی های مربوطه می‌باشـد. در عـین حـال نتایج آنالیزها نیز نشان دهنده یکنواخت بودن ترکیب شیمیایی سه کانی پلاژیوکلاز، پیروکسن اوژیتـی و اولیـوین در مرکز و حاشیه آن‌ها می‌باشد. آنالیزها در ۵ مقطعِ تهیه شده صورت گرفته است که در پلاژیوکلازها از An>57% تـا An>57.5% ، در اولیوین دارای نسبت فایالیت به فورستریت از (Fa:Fo)(٤١/٥:٥٨/٥) تا حدود ۵۷:٤۳ درصـد و در پیروکسن‌هـا کـه ترکیـب اوژیـت را نـشان مـی‌دهنـد درصـد کـانی هـای ولاسـتونیت، انـستاتیت و فروسـیلیت از (Wo:En:Fs)(٤٥:٤٥:١٠) تا (٤٧:٤٣:١٠) می‌باشد. این نتایج نشان‌دهندهٔ تشکیل کانی هـا در حالـت یکنواخـت[۳]و در شرایط فیزیکوشیمیایی خاصی در محفظهٔ ماگمایی[٤] بوده است. نتایج حاصل از این بررسی‌ها و تلفیق آن‌هـا بـا داده-های صحرایی مؤید رخداد پدیدهٔ تفریق ثقلی در قاعدهٔ تودهٔ نفوذی است.

[1]-Gravity differentiation
[2]- Cumulative Textures
[3]- Steady state
[4] - Magma chamber

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمونه‌ای از بافت کومولایی در قاعدهٔ تودهٔ نفوذی مورد مطالعه. همان گونه که در تصویر نیز دیده می‌شود کانی‌های پلاژیوکلاز (plg)، اولیوین (olv)، اوژیت (aug)، کلینوپیروکسن (cpx) و منیتیت (mgn) در سنگ به طور شاخص دیده می‌شوند.

جدول ۱- آنالیزهای میانگین مربوط به کانی های پلاژیوکلاز، پیروکسن و اولیوین در دو نمونهٔ سنگی از تودهٔ بازیک گابرویی

پیروکسن‌ها			کاتیون‌ها بر اساس ٦ اتم اکسیژن		
عناصر	Sh 1	Sh 9	عناصر	Sh 1	Sh 9
SiO_2	53.54	52.26	Si	1.969	1.973
TiO_2	0.07	0.16	Al^{IV}	0.031	0.024
Al_2O_3	0.75	0.55	Al^{VI}	0.001	-
Fe_2O_3	2.88	3.02	Fe^{2+}	0.129	0.183
FeO	4.19	5.79	Fe^{3+}	0.080	0.398
MnO	0.22	0.48	Mg	0.806	0.403
MgO	14.70	16.17	Mn	0.007	0.015
CaO	23.41	28.25	Ti	0.002	0.005
Na_2O	0.75	0.23	Ca	0.922	0.617
Total	100.51	100.90	Na	0.053	0.383
اولیوین‌ها			**کاتیون‌ها بر اساس ٤ اتم اکسیژن**		
عناصر	Sh 1	Sh 9	عناصر	Sh 1	Sh 9
SiO_2	30.15	39.87	Si	1.002	1.017
TiO_2	0.20	0.03	Al	0.003	-
Al_2O_3	0.07	-	Ti	0.005	0.003
Fe_2O_3	0.43	0.86	Fe^{III}	0.011	0.010
FeO	65.02	45.38	Mg	0.052	0.061
MnO	1.01	0.22	Fe^{II}	1.808	1.912
MgO	3.05	13.20	Mn	0.028	0.016
CaO	0.18	0.25	Ca	0.078	0.061
Na_2O	-	0.04			
K_2O	-	0.01			
Total	100.11	99.87			

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱

پلاژیوکلازها			کاتیون‌ها بر اساس ۸ اتم اکسیژن		
عناصر	Sh 1	Sh 9	عناصر	Sh 1	Sh 9
SiO_2	40.50	41.50	Si	1.908	1.821
Al_2O_3	41.03	38.01	Al	1.880	1.912
CaO	15.71	16.49	Ca	1.505	1.312
FeO	0.09	0.01	Fe	0.003	0.001
Na_2O	3.41	4.70	Na	0.415	0.671
K_2O	0.70	1.15	K	0.001	0.131
Total	101.41	101.86			

* نتایج آنالیزهای مربوط به مقاطع کومولاها که توسط میکروآنالیزور SX_50 در آزمایشگاه SEM دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات) بوسیله مهندس میری اندازه‌گیری شده است.

سن توده نفوذی

سن نسبی: تودهٔ نفوذی مورد مطالعه در داخل سنگ‌های رسوبی منسوب به سازند شمشک (تریاس بالایی_لیاس) قرار داشته، و از این‌رو تودهٔ مزبور جوانتر از لیاس_دوگر می‌باشد، به طوری‌که ماسه‌سنگ‌های سازند شمشک تحت تأثیر قرار گرفته و آثاری از هالهٔ دگرگونی درجهٔ ضعیف در آن‌ها دیده می‌شود (قابل ذکر است که در منطقه شمال شاهرود و در پهنه گرگان_رشت طی ژوراسیک میانی نبود چینه‌شناسی وجود دارد). تودهٔ مورد نظر همان گونه که قبلا نیز اشاره شد با توجه به ساز و کار نفوذ و ساختمان زمین‌شناسی، نوعی لاکولیت محسوب می‌شود. بنابراین تشکیل این توده ناشی از فشارهای ماگمایی با حداقل دخالت پدیده‌های تکتونیکی بوده است. از سوی دیگر این توده در امتداد بخشی[1] از سازند شمشک نفوذ کرده (بخش ماسه‌سنگ کوارتزیتی زیرین) که ضخامت آن در تمام جاها یکسان نیست (برخلاف سیل‌ها). البته خواص مربوط به انعطاف‌پذیریِ شیل و ماسه سنگ (با میان‌لایه‌هایی از سنگ‌های تبخیری) در بخش بالایی سازند شمشک (شیلِ زغال‌دار بالایی) در تشکیل این توده دخالت داشته است. بنابراین با توجه به شرایط نفوذ ماگما و جنس سنگ‌های میزبان، سن ژوراسیک‌میانی و بعد از آن را می‌توان به این توده نسبت داد.

سن مطلق: از آن جایی که شرایط زمین‌شناسی به ویژه در ژوراسیک_کرتاسه و هم چنین رخدادهای زمین‌شناسی متنوع، در پهنه گرگان_رشت و همچنین البرزشرقی حائز اهمیت فراوانی می‌باشد؛ به منظور تعیین سن توده به روش دستگاهی، آزمایش هایی به روش پتاسیم_آرگون در کشور چین بر روی دو نمونهٔ سنگی انجام گرفته است که در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به بررسی های فوق‌الذکر حاصل از داده‌های ایزوتوپی سن تودهٔ نفوذی مورد مطالعه در شمالِ شاهرود را می‌توان به اوایل کرتاسهٔ زیرین نسبت داد. همان گونه که ملاحظه می‌شود سن نسبی بررسی شده با آنالیزهای مربوط به سن مطلق هم‌خوانی دارد.

[1] -Member

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج زمان سنجی انجام شده بر روی دو نمونهٔ سنگی گابرو در شمال شاهرود.

شماره نمونه	S131	S135
نام نمونه یا روش آزمایش	سنگ کل	پیروکسن
وزن نمونه (گرم)	0.1438	0.14625
پتاسیم (درصد)	1.38	0.99
$^{40}Ar^{*}(10molg^{-1})$	3.133	2.603
^{40}Ar (درصد)	12.9	8.72
$^{40}Ar^{*}/^{40}K$	0.007606	0.008811
سن میلیون سال(±1σ)	126.4±3.1	135.6±4.1

- علامت ستاره نشاندهندهٔ دو بار آزمایش و تکرار آن بوده است.
- طیف‌سنج‌جرمی با منشاء گازی مدل **RGA-10** ساخت کشور انگلستان می‌باشد.
- آزمایش توسط سانگ هایگینگ صورت گرفته است **(Sang Haiging)**.

نتیجه‌گیری

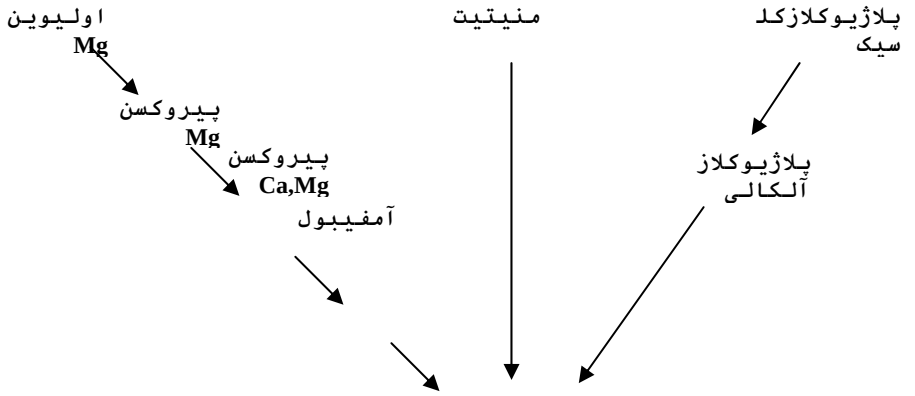
با توجه به پتروگرافی کانی های متشکله، می‌توان سکانس تبلور خاصی را برای کانی های موجود در سنگ‌های مورد بحث در نظر گرفت. بطور کلی سرگذشت تبلور توده‌های بازیک را به دو روش می‌توان استنباط نمود: ۱) روابط بین بافت‌ها یا کانی های موجود در سنگ‌ها، ۲) سیر تغییرات کانی‌شناسی سنگ‌ها از گابرو تا گابرودیوریت و گابرومونزونیت که به صورت سکانس چینه‌شناسی انواع سنگ‌ها[1] معرفی شده است.(۱۴) کانی هایی که بطور مشترک با توجه به شواهد بافتی و کانی‌شناسی شرح داده شدند؛ شامل اولیوین، پیروکسن، پلاژیوکلاز و کانی های فرعی هستند. به این ترتیب که در گابرونوریت‌ها ابتدا اولیوین و مقادیر کمی نیز ارتو و کلینوپیروکسن متبلور شده است. این کانی ها در سنگ‌های ملاگابرویی (گابروهای ادکومولایی و اولیوین‌گابرو و گابرونوریت‌ها) قابل مشاهده می‌باشند. پس از این مرحله، تبلور اولیوین متوقف شده است و علت توقف تبلور اولیوین محدود شدن نسبی دمای ماگما بوده که پس از آن بلافاصله تبلور پلاژیوکلاز و پیروکسن ادامه یافته است. با ادامه تفریق ماگما، سنگ‌های گابرومونزونیتی با مقادیری از فلدسپار آلکالن آشکار شده‌اند. آپاتیت و زیرکن که جزء کانی های فرعی محسوب می‌شوند، از ابتدا تشکیل و با حاکم شدن فشار جزئی اکسیژن، مقادیر بیشتری از کانی منیتیت به کانی های تشکیل دهندهٔ سنگ اضافه شده است. با محدود شدن تبلور کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن و پلاژیوکلازکلسیم‌دار، آمفیبول تشکیل شده است که میزان آن در سنگ‌های گابرودیوریتی و گابرومونزونیتی فراوان تر است. بدیهی است که کانی مزبور احتمالاً حاصل واکنش کلینوپیروکسن‌ها با مواد مذاب موجود بوده است. زیرا هیچ گونه شواهدی مبنی بر پدیده‌های دیگر مرتبط به تشکیل آمفیبول در سنگ‌ها به دست نیامده است. تبلور کانی های فوق‌الذکر در بافت‌های افیتیک، ساب‌افیتیک، اینترگرانولار و ادکومولا فقط به شرایط دمایی ماگما در حین تبلور این کانی ها و تفریق ماگمای در حال انجماد وابسته بوده است. بنابراین با توجه به ترکیب کانی‌شناسی حاصل از میکروپروب پیروکسن‌ها، اولیوین و نیز پلاژیوکلازها می‌توان گفت که تحت شرایط بافر بودن اکسیژن "منیتیت" متبلور شده و

[1]- Stratigraphy of Rock Types

www.SID.ir

Archive of SID

مذاب باقی مانده در اثر ادامهٔ تبلورجزئی از اکسیدهای MgO,CaO,FeO فقیر و از اکسیدهای K_2O,Na_2O, SiO_2 غنی شده است [۱۵]. در نتیجه، مسیر تبلور کانی‌های موجود در ماگما در حضور اولیوین، پیروکسنِ کلسیم‌دار، پلاژیوکلازِ آنورتیتی و منیتیت به وقوع پیوسته است. بنابراین به طور دقیق تر می‌توان سری واکنشی اسبورن (۱۹۷۹) را برای تفریق ماگمای تشکیل‌دهندهٔ این سنگ‌ها به صورت زیر در نظر گرفت:



در عین حال طی ژوراسیک پایانی_کرتاسهٔ زیرین ماگماتیسم نفوذی در رشته کوه‌های البرز از جمله در البرز غربی، البرز مرکزی، البرز شرقی و همچنین در پهنه گرگان_رشت گزارش نشده است و در مقالهٔ حاضر برای اولین بار این رخداد زمین‌شناسی منحصربه فرد در زمین‌شناسی ایران مطرح می‌شود. قابل ذکر است که در تهیهٔ نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ بجنورد و گرگان و همچنین نقشه‌های ۱/۱۰۰۰۰۰ بجنورد و رباط‌قره‌بیل نیز این توده‌های نفوذی با سن نامعلوم و یا کامبرین عنوان گردیده است. همچنین دو تودهٔ نفوذی دیگر مشابه تودهٔ گابرویی مورد بحث در این مقاله، در شمال‌شرق کشور وجود دارند. این توده‌های نفوذی از نظر ویژگیهای سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و شیمیایی شباهت های بسیار زیادی با همدیگر و نیز با تودهٔ شمال شاهرود دارند. جالب توجه است که دو تودهٔ دیگر هر یک در یک پهنه ساختاری_چینه‌ای مجزا از هم و به صورت زیر واقع شده‌اند:[۱۲]

۱)تودهٔ گابرویی شمال‌غربی رباط‌قره‌بیل، در داخل پهنه کپه‌داغ

(ورقه ۱/۲۵۰۰۰۰ کوه‌کورخود)، به سن: ۲/۶±۱۲۵/۶.

۲) تودهٔ گابرویی شرق اسفراین، در داخل پهنه البرز شرقی

(ورقهٔ ۱/۲۵۰۰۰۰ بجنورد)، به سن: ۳/۰±۱۱۳/۳.

همان گونه که اشاره شد سن تودهٔ نفوذی شمال شاهرود کرتاسهٔ زیرین می‌باشد. با توجه به رخدادهای کوهزایی و همچنین تقسیم‌بندی های ساختاری_چینه‌ای ایران[۳] ماگماتیسم مورد مطالعه در پهنه گرگان_رشت واقع شده است. این پهنه ساختاری_چینه‌ای از نظر شرایط زمین‌شناسی اعم از رخدادهای تکتونیکی، فعالیت های ماگمایی و تغییرات حوضه‌های رسوبی در طول دوران پالئوزوئیک متعلق به خشکی گندوانا بوده است. طی دوران مزوزوئیک (و در ادامه دوران سنوزوئیک) فعالیتهای تکتونیکی سبب پدیدار شدن و تفکیک پهنه‌های ساختاری_چینه‌ای چندی شده است که نبوی[۱۲،۳] دربارهٔ آن توضیح داده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

به طور کلی می‌توان چنین عنوان کرد که در هر یک از این پهنه‌ها، پدیده‌های زمین‌شناسی خاصی صورت گرفته که با پهنه‌های مجاور خود در شمال‌شرق ایران و نیز البرز مرکزی تفاوت های بسیار مشخصی دارد. تودهٔ نفوذی مورد بحث در این مقاله با سن ژوراسیک پایانی کرتاسه زیرین مربوط به یک ماگماتیسم با ماهیت کالکوآلکالن است که در طول یک کمربند از ترکیه و قفقاز (در غرب)، تا منطقه بند بیان افغانستان (در شرق) به وقوع پیوسته است.[۱۶،۵] در برخی نقاط کمربند مزبور، فعالیتهای زمین‌شناسی به صورت فورآن‌های ولکانیک، اما بیشتر به صورت پلوتونیسم گزارش شده است. با توجه به قرار گرفتن هر سه تودهٔ مزبور در این کمربند ولکانوپلوتونیسم[۱۶،۱۲،۶،۵] می‌توان چنین عنوان نمود که توده‌های نفوذی مورد بحث طی ولکانوپلوتونیسم ژوراسیک‌زیرین_کرتاسهٔ زیرین تشکیل شده‌اند.

سپاسگزاری

در فراهم نمودن این سطور از کمک‌های شایان و راهنمایی‌های بی‌دریغ و دلسوزانه شادروان استاد دکتر سیروس زرعیان، همچنین آقایان دکتر محمدرضا اسپهبد و دکتر منصور وثوقیِ‌عابدینی تشکر و قدردانی می‌نمایم، از آقای مهندس میری، کارشناس آزمایشگاه SEM و STM دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات و از آقای مهندس سامنی جهت ارائه تسهیلات لازم برای انجام آنالیزهای ایزوتوپی در کشور چین تشکر می‌کنم.

Refrences:

1. Ruttner, A., *Geol. Paleont. Abb.*, **168**(2N3), 256 (1984).
2. Rutter, A., *Abb. Geol*. B. A., Band 38, 6779,Wien. (1991).
3. Nabavi, M.H., *Introduction to Geology of Iran*., GSI, Tehran (1976).
4. Afshar Harb, A., *Geology of KopehDaq*., G. S. I., Tehran (1994).
5. Boulin J., Tectonophysics, **196**(3-4), 10 (1991).
6. Stampfli G., Marcoux J., and Baud A., *Paleogeogr Paleocli*., 87, 373 (1991).
7. Le Maitre, R.W., (ed), *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Black well, Oxford (1989).
8. Le bas, M.J., and Streckeisen, A., *J. Geol. Soc. Lon.*, **148**, 825 (1991).
9. Irvine, T.N., *J. Pertol*., **23**, 127 (1982).
10. Blatt, H., and Tracy, R.J., *Petrology Igneous, Sedimentary and Metamorphic*, 2nd Editin, Freeman and Co, NewYork (1995).
11. Persons, H.B., *The Encyclopedia Igneous and Metamorphic Petrology*, Bowes, KU (1989).
12. Robatian, M., *Ph.D. Thesis*: *Investigation of Upper Jurassic Early Cretaceous Basic Intrusion in North Shahroud Based on Texture, Mineralogy and Petrographic Evidences*., Science and Research Branch Islamic Azad University, Iran (2000).
13. Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., *An Introduction to the Rock forming Minerals*, Longman Scientific and Technical Pub, UK (1996).
14. De Bari, S.A, *J. Petrol*., **37**, 679 (1993).
15. Middlemost, E.A.K., *Chem. Geol*., **77**, 19 (1989).
16. Sengor, A.M.C., *Tectonophys.*, **75**, 181 (1993).

www.SID.ir