

پتروولوژی گرانیت‌های مجموعه دگرگونی گشت (غرب رشت)

منیر زندی فر^۱، محسن نصرآبادی^{۲*} و رضا نوزعیم^۳

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام‌خیمینی قزوین، قزوین

۳- دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران

نویسنده مسئول: nasrabady@sci.ikiu.ac.ir*

دریافت: ۹۷/۸/۱۷ پذیرش: ۹۸/۶/۲۳

چکیده

مجموعه دگرگونی گشت در ارتفاعات تالش (البرز غربی) برونزد دارد. با توجه به شواهد صحرایی و میکروسکوپی، دو نسل گرانیت در مجموعه دگرگونی گشت وجود دارد. اولین نسل گرانیت (G_1) متوسط بلور و خاکستری روشن است و فابریک میلونیتی نشان می‌دهد. نسل دوم (G_2) شامل لوکوگرانیت‌های درشت بلور است که به داخل گرانیت نسل اول و سنگ‌های متاپلیتی تزریق شده است. کوارتز، پلاژیوکلاز، پتاسیم‌فلدسپار و بیوتیت کانی‌های سنگ‌ساز گرانیت نسل اول هستند. کانی‌های اصلی گرانیت نسل دوم، کوارتز و پتاسیم‌فلدسپار و پلاژیوکلاز است. تورمالین، گارنت و سیلیمانیت کانی‌های فرعی می‌باشند. شواهد کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی بیانگر آن است که گرانیت‌های نسل اول و دوم به ترتیب دارای خاستگاه آذرین و رسوبی هستند. شباهت ترکیبی قابل توجهی بین گرانیت‌های گشت به خصوص انواع نسل دوم و لوکوسوم میگماتیت‌های هم‌جوار و لوکوگرانیت‌های هیمالیا که شاخص جایگاه برخوردی هستند وجود دارد. تاریخچه زمین‌شناسی طولانی رویداد بسته شدن پالتوتتیس تشکیل نسل‌های متوالی گرانیت‌زایی در حاشیه فعال قاره‌ای از کربونیفر تا تریاس بالایی را در پی داشته است. احتمالاً در طی فرورانش و قبل از مرحله تصادم قاره‌ای، گرانیت‌های نسل اول در لبه بلوک توران شکل گرفته‌اند. مرحله نهایی محو پالتوتتیس با برخورد بلوک البرز و حاشیه جنوبی اورآسیا در طی فاز کوهزایی ائوکیمرین صورت گرفته و با تشکیل سنگ‌های دگرگونی متاپلیتی مجموعه گشت در اعماق میانی تا زیرین جایگاه برخورد قاره‌ای و گرانیت‌زایی نسل دوم خاتمه یافته است.

واژه‌های کلیدی: گرانیت، ذوب‌بخشی، جایگاه برخورد قاره‌ای، مجموعه گشت

پیشگفتار

آمفیبول از مذاب‌های بازیگرتر (کاسورن و براون، ۱۹۷۶). ۲- جابه‌جایی عناصر آلکالین از طریق فاز بخار (لوسو و همکاران، ۱۹۶۴). ۳- آلتراسیون ثانوی (همینگ و کارمایکل، ۱۹۷۳). ۴- آلیش ماگما (اوارت و استیپ، ۱۹۶۸). ۵- ذوب‌بخشی رسوبات پلیتی (گرین، ۱۹۷۶). در دو دهه اخیر به نقش ذوب‌بخشی رسوبات پلیتی در تشکیل مذاب لوکوگرانیتی تأکید بیش‌تری شده است (نابلک و لیو، ۲۰۰۴). در این تحقیق سعی شده است ضمن تمایز انواع گرانیت‌های موجود در مجموعه دگرگونی گشت، با بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ کل، جایگاه زمین‌ساختی و ارتباط پتروژنتیکی آن‌ها با زمین‌درز پالتوتتیس روشن گردد.

روش مطالعه

در طی دو بازدید صحرایی تعداد ۵۰ نمونه گرانیتی از مجموعه دگرگونی گشت جمع‌آوری گردید. پس از بررسی‌های میکروسکوپی مقاطع نازک، ۱۰ نمونه، که

گرانیت‌های قاره‌ای بخش عمده‌ای از پوسته قاره‌ای بالایی را تشکیل می‌دهند و ژنز آن‌ها ارتباط تنگاتنگی با فرایندهای زمین‌ساخت و دگرگونی دارد. بیش‌تر توده‌های گرانیتی بزرگ در محل پوسته قاره‌ای ضخیم شده حاصل از کوهزایی، فعالیت قوس قاره‌ای و برخورد قاره‌ای یافت می‌شود. در حالت عادی پوسته جامد می‌باشد از این‌رو به‌منظور تشکیل گرانیتوئیدها، آشفستگی‌های حرارتی مورد نیاز است. لوکوگرانیت‌های پرآلومینوس شاخص بخش‌های عمقی پهنه‌های کوهزایی می‌باشند. در این مناطق توده‌های گرانیتوئیدی متالومینوس بیوتیت و آمفیبول‌دار نیز یافت می‌شود. لوکوگرانیت‌های پرآلومینوس علاوه بر موسکویت و بیوتیت ماگمایی، دارای کانی‌های فرعی گارنت، کردیریت، سیلیمانیت و آندالوزیت نیز می‌باشند (کِلْمَنز و وال، ۱۹۸۱؛ کلارک، ۱۹۸۱). به منظور تشکیل مذاب لوکوگرانیتی مناطق کوهزایی چندین مکانیسم پیشنهاد شده که عبارتند از: ۱- جدایش

واضح و مشخص نمی‌باشد. در حال حاضر، بر پایه مشاهدات ساختاری و شواهد صحرایی و این حقیقت که بخش زیرین این مجموعه اثرات دگرگونی دونین را آشکار ساخته و همچنین نظر به قرارگیری آن در محل زون برخوردی پالتوتیس، این مجموعه دگرگونی به صورت ساختارهای ورقه‌ای نابرجا و بیگانه تلقی می‌شوند که احتمالاً در بردارنده سنگ‌های حوضه رسوبی هرسی‌نین صفحه توران، که به وسیله گسل‌های تراسی، در طول برخوردی کیمین، در موقعیت فعلی خود قرار گرفته هستند (علوی، ۱۹۹۶).

روابط صحرایی

با توجه به پاراژنهای کانی‌شناسی، زون‌های دگرگونی مجموعه دگرگونی گشت شامل بیوتیت، گارنت، استارولیت، کیانیت و سیلیمانیت (شکل ۱B) است (جوانمرد، ۱۳۹۳؛ جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۳) اما نظر به برونزد محدود واحدهای سنگی و وجود پوشش گیاهی متراکم، انجام نمونه‌برداری سیستماتیک و در نتیجه تعیین توالی ایزوگرادهای دگرگونی در صحرا میسر نیست. در بالاترین درجه دگرگونی که معادل زون سیلیمانیت است فرایند ذوب‌بخشی روی داده به طوری که وجود گنیس‌های سیلیمانیت‌دار با ساختار میگماتیکی (شکل‌های ۲A, B, C) بیانگر آن است که شرایط دما و فشار دگرگونی فراتر از منحنی ذوب گرانیته آب‌دار بوده است. روابط صحرایی در فابریک‌های میگماتیکی مبین آن است که میگماتیتهای مجموعه گشت عمدتاً از نوع متاکسیت می‌باشند (رزاقی، ۱۳۹۵).

مطابق شواهد صحرایی حداقل دو نسل گرانیته در این مجموعه دگرگونی قابل تمایز می‌باشند. گرانیته نسل اول (G_1) به رنگ خاکستری، از گسترش زیادی برخوردار است و در بعضی نقاط شواهد میلوئیتی شدن نشان می‌دهد. علاوه بر این، لوکوگرانیته‌های درشت بلور (G_2) تورمالین‌دار نیز در مجموعه گشت وجود دارند که به صورت رگه‌های صورتی یا روشن به‌داخل گرانیته‌های قدیمی تر تزریق شده‌اند (شکل ۲D). این گرانیته احتمالاً معادل گرانیته تورمالین‌دار منطقه ماسوله به سن تریاس بالایی است (درویش‌زاده، ۱۳۸۲). در بعضی نقاط، توده‌های لوکوگرانیتهی زینولیت‌هایی از سنگ‌های دگرگونی را در بر گرفته‌اند (شکل ۲E). از ویژگی‌های

شواهد دگرسانی کمتری دارند انتخاب و برای انجام آنالیز $JCP-MS$ و XRF ، به آزمایشگاه شرکت مواد معدنی زرآزما ارسال گردید. سپس به کمک نتایج حاصل و با استفاده از نرم‌افزارهای $Igpet$ ، $Excel$ و $Corel Draw$ نمودارهای ژئوشیمیایی رسم و تفسیر شدند.

زمین‌شناسی ناحیه‌ای

مجموعه دگرگونی گشت، بین طول‌های جغرافیایی $۴۹^{\circ}۰۰'$ تا $۴۹^{\circ}۱۵'$ و عرض‌های جغرافیایی $۳۷^{\circ}۰۰'$ تا $۳۷^{\circ}۱۰'$ واقع است. این مجموعه دگرگونی در غرب شهرستان رشت همراه با مجموعه‌های دگرگونی شاندرمن و اسالم در دامنه شمالی ارتفاعات البرز غربی از کوه‌های طالش برونزد دارد. مجموعه دگرگونی گشت که میزبان گرانیته‌های مورد مطالعه است با توپوگرافی مرتفع سازنده ارتفاعات جنوب غرب فومن بوده و با پوشش جنگلی انبوه پوشیده شده است.

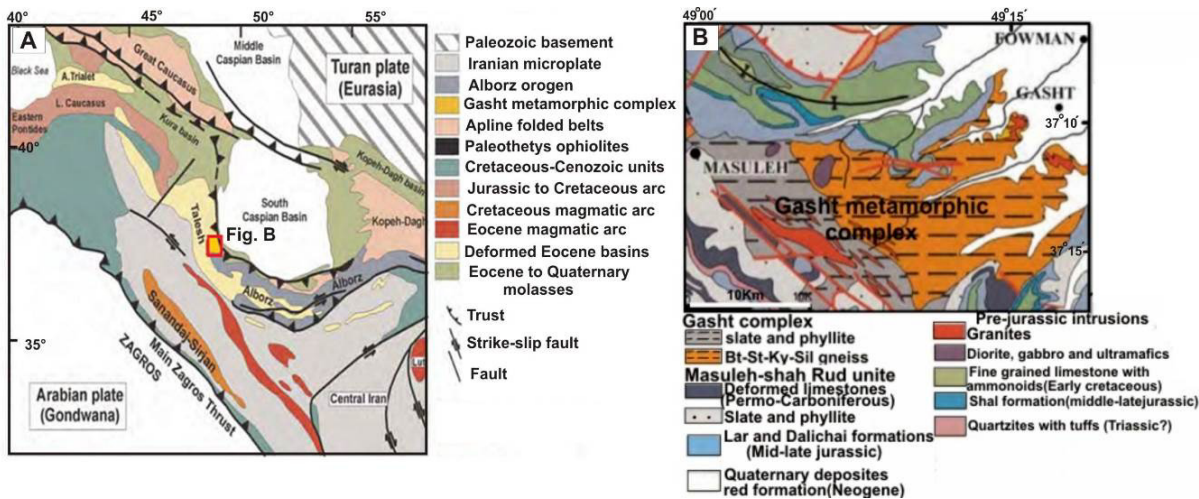
در کمر بند کوهزایی البرز، علاوه بر مجموعه دگرگونی گشت، چهار مجموعه دگرگونی دیگر نیز وجود دارد که عبارتند از سنگ‌های دگرگونی درجه پایین اطراف مشهد در ارتفاعات بینالود (سنگور، ۱۹۸۴؛ علوی، ۱۹۹۱؛ علوی و همکاران، ۱۹۹۷؛ شیخ‌الاسلامی و کوهپیمان، ۲۰۱۲؛ زانچتا و همکاران، ۲۰۱۳)، شیست‌های گرگان در البرز مرکزی (دل‌لوی و همکاران، ۱۹۸۱؛ زانچی و همکاران، ۲۰۰۹) و مجموعه شاندرمن (زانچتا و همکاران، ۲۰۰۹؛ عمران‌ی و همکاران، ۲۰۱۳a) - اسالم (سعادت و همکاران، ۱۳۹۳؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۷). این مجموعه‌های دگرگونی به‌عنوان بقایایی از منشورهای به هم افزوده و پوسته اقیانوسی حاصل از فروانش حوضه اقیانوسی پالتوتیس به زیر صفحه توران در نظر گرفته شده‌اند. در این میان، مجموعه دگرگونی گشت (شکل ۱A) از اهمیت منحصر به فردی برخوردار می‌باشد زیرا سنگ‌های دگرگونی مشابه این مجموعه در سایر نقاط البرز موجود نیست و فقر اطلاعات پترولوژیکی درباره آن بسیار مشهود است. ویژگی‌های سنگ‌شناختی و دگرگونی مجموعه گشت و همچنین خصوصیات ساختاری آن، مشابه سنگ‌های فانروزوئیک سیستم البرز نیست. در حقیقت، هیچ بخش شناخته شده‌ای در سرتاسر رشته کوه البرز، شبیه به مجموعه گشت دیده نشده است. بنابراین، منشأ و ویژگی‌های تکتونیک این مجموعه هنوز

روتیل اشاره کرد (شکل ۳A). بافت این گرانیت‌ها گرانولار است و بر اساس نام‌گذاری کانی‌شناسی مودال (اشترایکایزن، ۱۹۷۶)، عمدتاً از نوع مونزوگرانیت می‌باشند. در نمونه‌های میلونیتی که در صحرا به‌حالت ارتوگنیس دیده می‌شوند، بیوتیت با فابریک کینگ‌باند و ماهی‌مانند، کوارتز با خاموشی موجی و پلاژیوکلاز با ماکل گوه‌ای حضور دارند (شکل ۳B). در بعضی از این نمونه‌ها سیلیمانیت نیز وجود دارد (شکل ۳C).

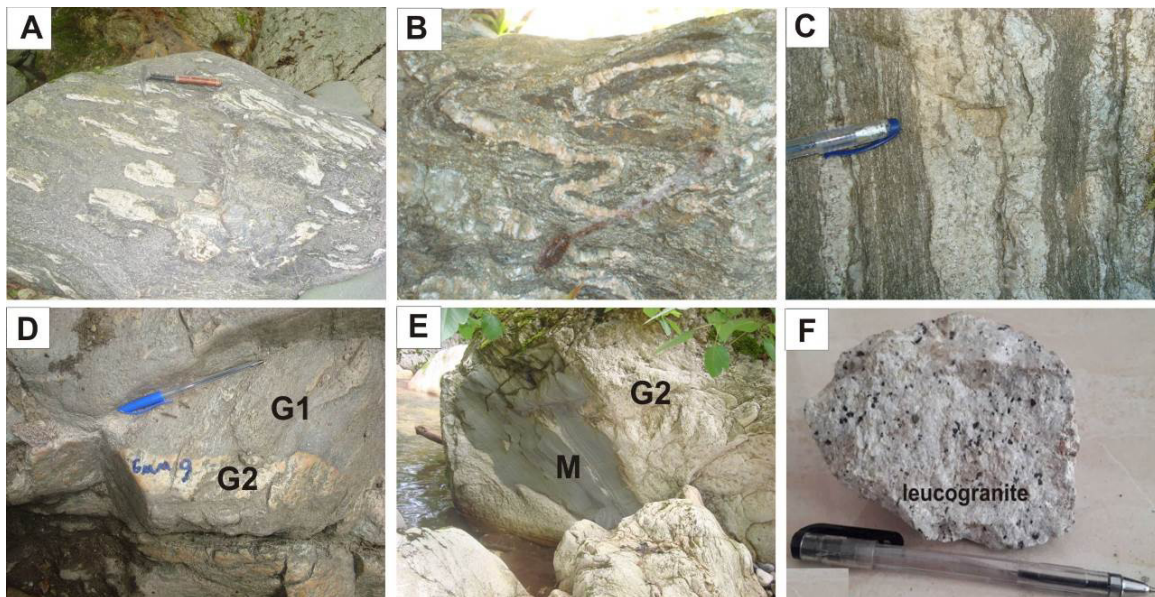
مهم این لوکوگرانیت‌ها فراوانی تورمالین‌های تیره در آن است (شکل ۲F).

پتروگرافی

گرانیت نسل اول از کانی‌های سنگ‌ساز کوارتز (۲۰ تا ۳۵٪)، پلاژیوکلاز (۲۰ تا ۳۵٪)، پتاسیم‌فلدسپار (۱۵ تا ۲۵٪) و بیوتیت (۵ تا ۱۰٪) شده‌اند. از کانی‌های فرعی می‌توان به موسکویت، سیلیمانیت، زیرکن، آپاتیت و



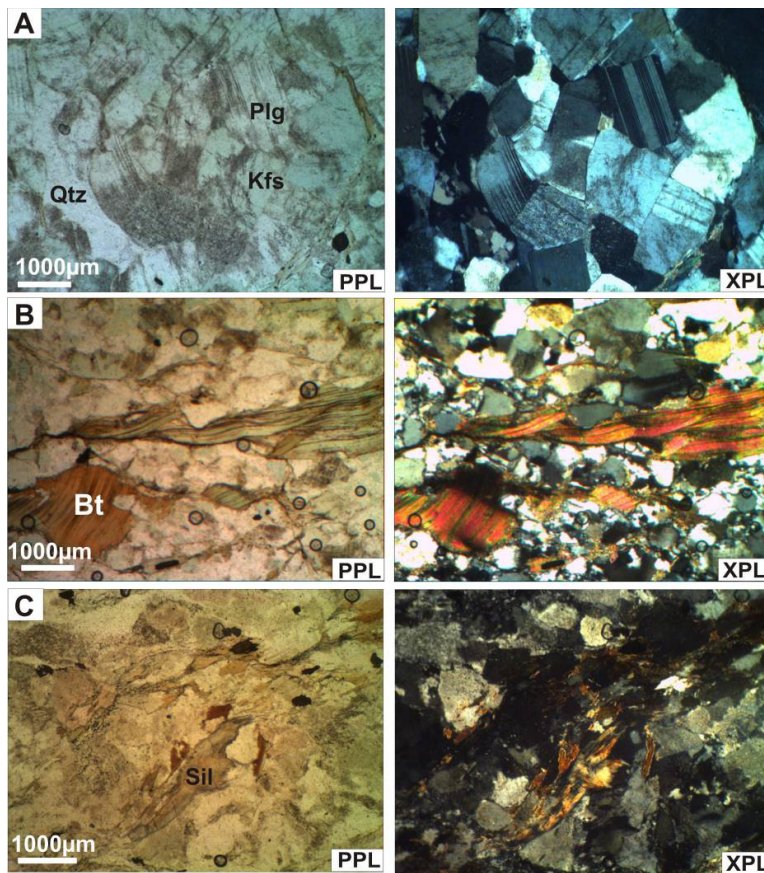
شکل ۱. (A) موقعیت ساختاری البرز و پهنه‌های زمین‌شناسی اطراف آن (زانچتا و همکاران، ۲۰۰۹). (B) نقشه زمین‌شناسی ساده از مجموعه دگرگونی گشت (با تغییرات از کلارک و همکاران، ۱۹۷۵).



شکل ۲. (A) میگماتیت با فابریک لکه‌ای. (B) فابریک چین‌خورده میگماتیت. (C) فابریک لایه‌ای در میگماتیت. (D) تزریق گرانیت لوکوگرات نسل دوم (G₂) به داخل گرانیت میلونیتی نسل اول (G₁). (E) در برگرفته شدن سنگ‌های دگرگونی (M) مجموعه گشت توسط گرانیت نسل دوم. (F) نمونه دستی لوکوگرانیت (G₂) با فراوانی کانی تورمالین.

گرانیت‌ها، دو نوع موسکویت وجود دارد: ۱- موسکویت با حالت تیغه‌ای، خودشکل و درشت (Ms_1) که احتمالاً منشأ ماگمایی دارند (شکل ۴D). ۲- موسکویت‌های ورقه‌ای ریز (Ms_2) که در رگه‌ها و شکستگی‌های فلدسپار در حال تشکیل می‌باشند و در شرایط دگرسانی به وجود آمده‌اند. حضور این چنین کانی‌های غنی از آلومینیم، مبین منشأ رسوبی (*S-type*) گرانیت‌های نسل دوم است.

گرانیت نسل دوم عمدتاً از کوارتز (۲۰ تا ۳۰٪)، پتاسیم فلدسپار (۲۰ تا ۳۵٪) و پلاژیوکلاز (۱۵ تا ۲۵٪) تشکیل شده است (شکل ۴A). این گرانیت‌ها نسبت به انواع نسل اول درشت بلورتر بوده و از مقادیر بیش‌تری پتاسیم فلدسپار نسبت به پلاژیوکلاز برخوردارند. مقدار بیوتیت نیز در گرانیت نسل اول فراوان‌تر است. کانی‌های فرعی گرانیت نسل دوم شامل گارنت (شکل ۴B)، سیلیمانیت (شکل ۴C) و تورمالین (شکل ۴D) است. در این



شکل ۳. مقاطع میکروسکوپی گرانیت نسل اول. A) کوارتز، پلاژیوکلاز و پتاسیم‌فلدسپار کانی‌های سنگ‌ساز بیش‌تر گرانیت‌های نسل اول می‌باشند. B) شواهد دگرشکلی بیوتیت (*Bt*) با فابریک کینگ باند و حالت ماهی‌مانند. C) کانی فرعی سیلیمانیت در گرانیت نسل اول. علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانس (۲۰۱۰) اقتباس شده است.

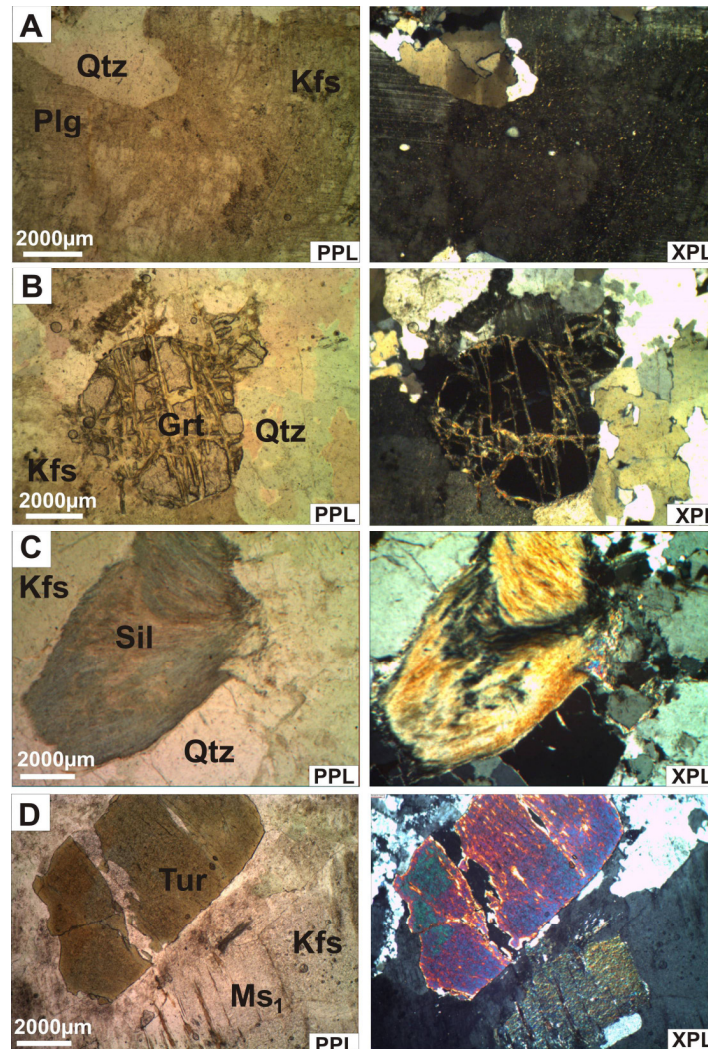
شیمی سنگ کل

نتایج شیمی سنگ کل عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی ۱۰ نمونه از گرانیت‌های مجموعه گشت (۶ نمونه گرانیت نسل اول و ۴ نمونه از نسل دوم)، در جدول ۱ ارائه شده است. در ادامه ضمن طبقه‌بندی و تعیین جایگاه تکتونیکی و سری ماگمایی، به مقایسه گرانیت‌های مجموعه گشت و لوکوگرانیت‌های هیمالیا اقدام شده است.

بر اساس طبقه‌بندی نمودار سیلیس در برابر مجموع آلکالن (میدلموست، ۱۹۹۴)، نمونه‌های مورد مطالعه از نوع گرانیت ساب‌آلکالن هستند (شکل ۵A). منحنی متمایز کننده سری ماگمایی آلکالن از ساب‌آلکالن، از ایرواین و باراگار (۱۹۷۱) اقتباس شده است. مطابق طبقه‌بندی دولاروش و همکاران (۱۹۸۰) نیز، این نمونه‌ها گرانیت و آلکالی‌گرانیت می‌باشند (شکل ۵B). آکانر (۱۹۶۵)، بر اساس مقادیر کانی‌های نورماتو ارتوز،

که در مبحث پتروگرافی اشاره شد در گرانیتهای نسل اول میزان پلاژیوکلاز نسبت به پتاسیم‌فلدسپار از فراوانی بیش‌تری برخوردار است در حالی‌که در گرانیتهای نسل دوم این نسبت بر عکس است.

آنورتیت و آلبیت نمودار سه‌تایی را به‌منظور طبقه‌بندی گرانیتهای معرفتی کرده است. مطابق این نمودار، گرانیتهای نسل اول ترونجمیت و انواع نسل دوم گرانیتهای می‌باشند (شکل ۵C). این طبقه‌بندی با کانی‌شناسی دو نوع گرانیتهای نسل اول و نسل دوم هم‌خوانی دارد. همانطور



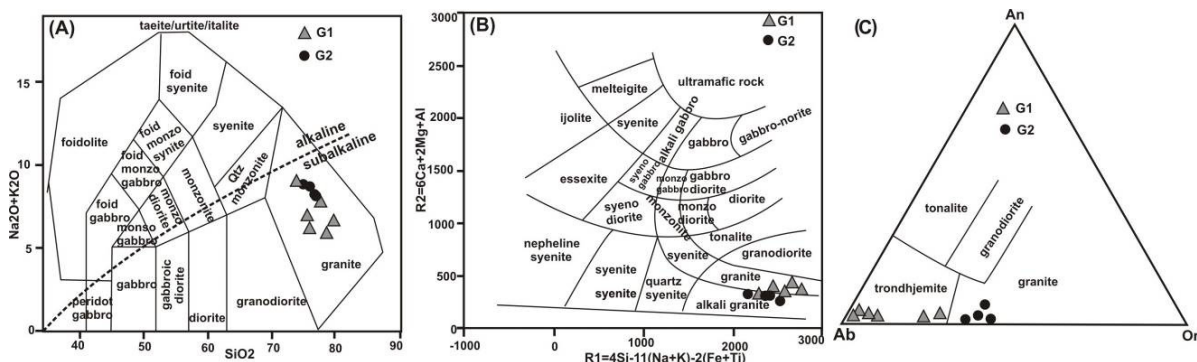
شکل ۴. مقاطع میکروسکوپی گرانیتهای نسل دوم. (A) کوارتز (*Qtz*)، پتاسیم‌فلدسپار (*Kfs*) و پلاژیوکلاز (*Plg*) کانی‌های سنگ‌ساز گرانیتهای نسل دوم می‌باشند. (B) کانی فرعی گارنت (*Grt*) در گرانیتهای نسل دوم. (C) سیلیمانیت (*Sil*) از کانی‌های فرعی گرانیتهای نسل دوم می‌باشد. (D) تورمالین (*Tur*) و موسکویت ماگمایی (*Ms1*) در گرانیتهای نسل دوم.

مهم‌ترین نمودار متمایزکننده سری ماگمایی آلکالن از ساب‌آلکالن است. فراست و همکاران (۲۰۰۱) نمودار دوتایی Na_2O+K_2O-CaO در برابر SiO_2 و نمودار FeO/MgO در برابر SiO_2 را به‌منظور رده‌بندی سری ماگمایی گرانیتهای ارائه کرده‌اند. مطابق نمودار Na_2O+K_2O-CaO در برابر SiO_2 نمونه‌های گرانیتهای گشت، عمدتاً در گستره کلسیک-آلکالی و

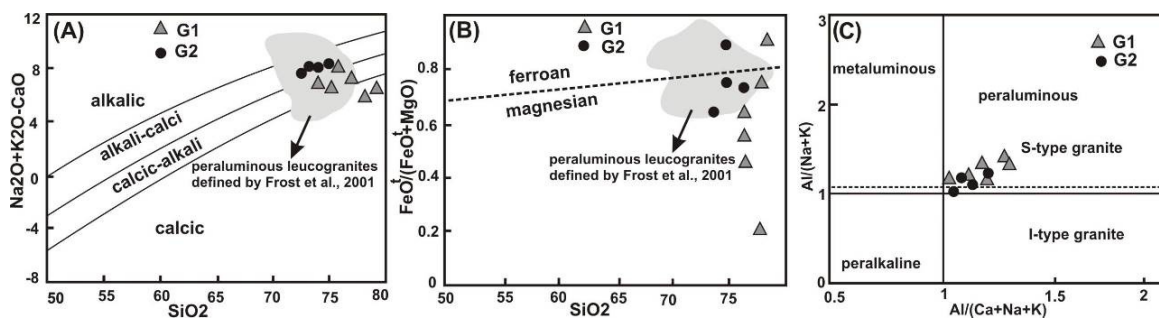
برای تعیین سری ماگمایی روش‌های مختلفی بر پایه بررسی عناصر آلکالن، قلیایی و فرومنیزین پیشنهاد شده است. روش‌هایی که عناصر آلکالن را مدنظر دارند با بررسی فراوانی اکسیدهای CaO ، Na_2O ، K_2O در سنگ که ارتباط مستقیم با نوع و مقدار فلدسپارها دارد به تعیین ماهیت سری ماگمایی می‌پردازند. نمودار مجموع آلکالی‌ها در برابر سیلیس (ایرواین و باراگار، ۱۹۷۱)

محدوده لوکوگرانیت‌های تعریف شده توسط فراست و همکاران (۲۰۰۱) واقع می‌باشند (شکل ۶B). سنگ‌های آذرین گرانیتوئیدی را بر اساس شاخص اشباع آلومینیم، به سرشار از آلومین، متاآلومین و سرشار از آلکالن (شاند، ۱۹۴۳؛ مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹) تقسیم می‌کنند. در نمودار دوتایی $Al/(Na+K)$ در برابر $Al/(Ca+Na+K)$ مانیار و پیکولی (۱۹۸۹)، تمامی گرانیت‌های مجموعه گشت دارای ماهیت پرآلومین هستند (شکل ۶C).

آلکالی-کلسیک قرار می‌گیرند (شکل ۶A). به‌منظور مقایسه، محدوده ترکیبی لوکوگرانیت‌ها (فراست و همکاران، ۲۰۰۱) نیز در این نمودار و نمودار بعدی نشان داده شده است. مطابق این نمودار، نمونه‌های گرانیتی مجموعه گشت هم‌پوشانی ترکیبی قابل توجهی با محدوده لوکوگرانیت‌ها نشان می‌دهند. در نمودار $FeO/FeO+MgO$ در برابر SiO_2 نمونه‌های گرانیتی مجموعه دگرگونی گشت عمدتاً در محدوده مگنیزین جای دارند. در این نمودار ترکیب تمامی گرانیت‌های G_2



شکل ۵. (A) مطابق طبقه‌بندی میدلموست (۱۹۹۴)، نمونه‌های مورد مطالعه از نوع گرانیت هستند. (B) با توجه به نمودار دولاروش و همکاران (۱۹۸۰)، موقعیت ترکیبی نمونه‌های آذرین گشت در محدوده گرانیت و آلکالی‌گرانیت واقعند. (C) بر اساس نمودار سه‌تایی آلپیت-ارتز-آنورتیت (اکونور، ۱۹۶۵) نمونه‌های گرانیتی نسل اول از نوع ترونجمیت و انواع نسل دوم گرانیت می‌باشند.

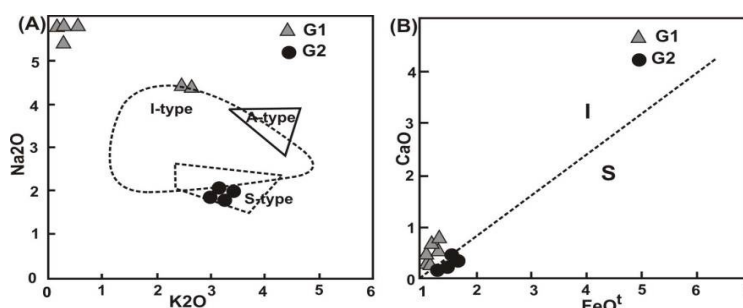


شکل ۶. (A) با توجه به نمودار Na_2O+K_2O-CaO در برابر SiO_2 (فراست و همکاران، ۲۰۰۱)، گرانیت‌های مجموعه گشت عمدتاً در گستره کلسیک-آلکالی و آلکالی-کلسیک قرار می‌گیرند. (B) مطابق نمودار $FeO/FeO+MgO$ در برابر SiO_2 (فراست و همکاران، ۲۰۰۱)، نمونه‌های گرانیتی مجموعه دگرگونی گشت عمدتاً در سری منیزیم جای دارند (فراست و همکاران، ۲۰۰۱). محدوده ترکیبی لوکوگرانیت‌ها به منظور مقایسه نمایش داده شده است. (C) مطابق نمودار دوتایی $Al/(Na+K)$ در برابر $Al/(Ca+Na+K)$ (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)، گرانیت‌های گشت دارای ماهیت پرآلومین هستند.

ژنز ماگماهای فلسیک نقش داشته‌اند متمایز نمود. مقادیر نسبت روبیدیم به استرانسیم از جمله فاکتورهایی است که در این زمینه کاربرد دارد (بارکر، ۱۹۷۹). در ماگمای حاصل از ذوب‌بخشی این نسبت بین ۰/۱ تا ۰/۱۰ می‌باشد در حالی‌که اگر فرایند تفریق در ژنز ماگما دخالت داشته باشد این نسبت کمتر از ۰/۱۰ است. با

ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین، از جمله گرانیت‌ها منعکس‌کننده سنگ منشأ، فرایندهای ژنتیکی و جایگاه تکتونیکی تشکیل آن‌هاست (وینتر، ۲۰۱۱). توزیع عناصر نادر و اصلی از روندهای متفاوتی در طی فرایندهای ذوب‌بخشی و تفریق برخوردارند. بنابراین با مطالعه نحوه توزیع عناصر می‌توان فرایند ذوب‌بخشی و تفریق را که در

غیرکوهزایی (A) میسر نشده است. اما رابطه مکانی و زمانی نزدیک این گرانیت‌ها با سنگ‌های دگرگونی مجموعه گشت که بخشی از کمربند کوهزایی ائوکیمرین است (میکائیلی، ۱۳۹۲؛ عمرانی و همکاران، ۲۰۱۳b؛ جوانمرد، ۱۳۹۳؛ جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵) در تضاد با جایگاه زمین‌ساختی غیرکوهزایی آن‌هاست. با توجه به نمودارهای متمایزکننده گرانیت‌های نوع I از S (وایت و چپل، ۱۹۸۳؛ چپل و وایت، ۲۰۰۱)، گرانیت‌های نسل اول از نوع I و گرانیت‌های نسل دوم دارای خاستگاه S می‌باشند (شکل ۷).



شکل ۷. (A) مطابق نمودار دوتایی Na_2O به K_2O وایت و چپل (۱۹۸۳)، دو نمونه از گرانیت‌های نسل اول از نوع I و گرانیت‌های نسل دوم از نوع S می‌باشند. (B) مطابق نمودار CaO در مقابل $FeOt$ چپل و وایت (۲۰۰۱)، گرانیت‌های نسل اول از نوع I و گرانیت‌های نسل دوم از نوع S می‌باشند.

هم‌چنین باچلر و باودن (۱۹۸۵) بر پایه تغییرات عناصر اصلی، نمودار دوتایی $R1-R2$ را به منظور تفکیک جایگاه زمین‌ساختی گرانیتوئیدها ارائه کرده‌اند. در این نمودار گرانیتوئیدها به انواع گوشته‌ای، پیش از برخورد، پس از برخورد، انتهای کوهزایی، غیرکوهزایی، همزمان با برخورد و پس از کوهزایی تفکیک شده‌اند. مطابق این نمودار، گرانیت‌های مجموعه گشت در ناحیه ۶ و ۷ یعنی در قلمرو همزمان با برخورد و بعد از کوهزایی قرار می‌گیرند (شکل ۹A). در نمودار دوتایی نسبت‌های لگاریتمی Th/Yb در برابر Ta/Yb (شاندل و گورتون، ۲۰۰۲) نمونه‌های گرانیتی گشت عمده‌تاً در ارتباط با فرورانش بوده و در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند (شکل ۹B).

سان و مک دوناف (۱۹۸۹) با ترسیم دو نمودار دوتایی نسبت Ce/Pb به Ce و Nb/U به Nb موقعیت بازالت پشته میان اقیانوسی ($MORB$) و بازالت جزایر اقیانوسی (OIB) را در آن نشان داده‌اند. موقعیت پوسته قاره‌ای بالایی (UCC) و پوسته قاره‌ای کلی (BCC) در این نمودار

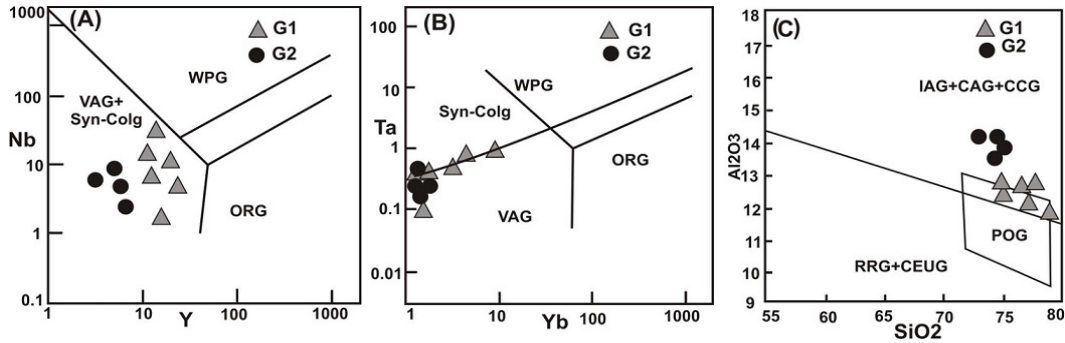
توجه به نسبت روبیدیم به استرانسیم در نمونه‌های مورد مطالعه که بیش‌تر از ۰/۰۱ است نقش فرایند ذوب‌بخشی در ژنز ماگمای منطقه تأیید می‌گردد. نظر به نبود مقادیر قابل‌توجه ماگماهای حدواسط و مافیک همزاد با گرانیت‌های مورد مطالعه، دخالت فرایند ذوب‌بخشی در ژنز گرانیت‌های مجموعه گشت نسبت به رویداد تفریق از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده است. یکی از طبقه‌بندی‌های ژنتیکی مرسوم، تقسیم‌بندی گرانیت‌ها به انواع I ، M ، S و A می‌باشد. نظر به در اختیار نداشتن عنصر گالیوم (Ga) در داده‌های شیمی سنگ کل، استفاده از نمودارهای متمایزکننده گرانیت‌های کوهزایی (I ، S) از

نمودارهای متمایزکننده جایگاه تکتونیکی

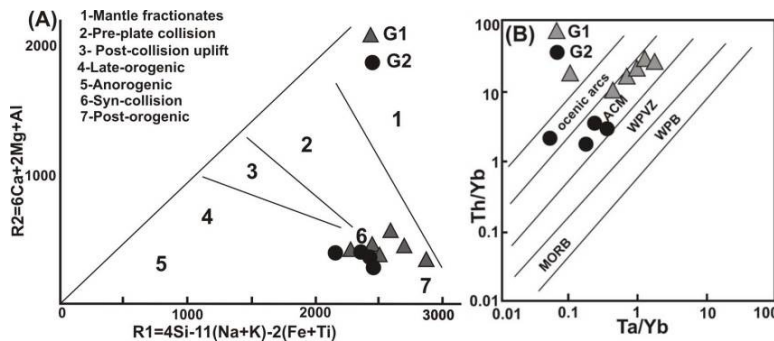
پیشینه تمایز ماگمای جایگاه‌های زمین‌ساختی مختلف با استفاده از داده‌های ژئوشیمیایی به پیرس و کان (۱۹۷۳، ۱۹۷۱) بر می‌گردد. پیرس و همکاران (۱۹۸۴) با استفاده از عناصر با میدان پایداری بالا (Y ، Nb ، Yb ، Ta) نمودارهایی را به منظور تمایز جایگاه تکتونیکی گرانیتوئیدها معرفی کرده‌اند. مطابق نمودار دوتایی ایتربیم در برابر نیوبیوم، گرانیت‌های گشت از جایگاه‌های داخل صفحه‌ای و پشته میان اقیانوسی متمایز بوده و دارای خاستگاه قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد هستند (شکل ۸A). در نمودار دوتایی ایتربیم در برابر تانتالیم نیز گرانیت‌های مجموعه گشت در محل مرز متمایزکننده جایگاه‌های قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد واقعند (شکل ۸B). با توجه به نمودار دوتایی Al_2O_3 در برابر SiO_2 (مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)، گرانیت‌های گشت از گرانیت‌های جایگاه ریفت و خشکی‌زاد قاره‌ای متمایز بوده و در ارتباط با جایگاه حاشیه فعال قاره‌ای و برخورد قاره‌ای هستند (شکل ۸C).

ترکیب گرانیت‌های گشت مشابه ترکیب پوسته قاره‌ای کل است و شباهت ترکیبی زیادی با لوکوگرانیت‌های هیمالیا دارند.

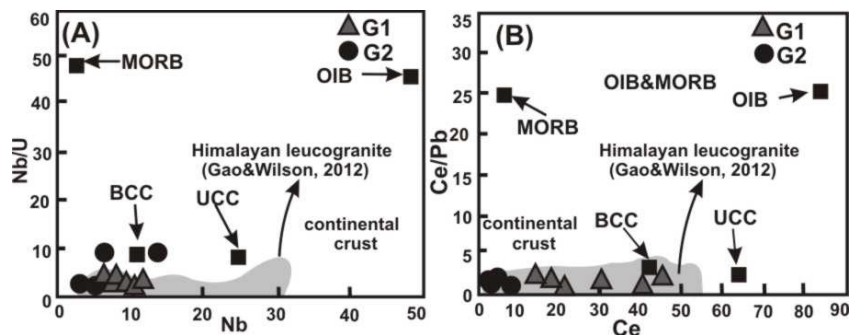
به ترتیب از تایلور (۱۹۸۵) و رودنیک و فونتاین (۱۹۹۵) اقتباس شده است (شکل‌های A, B). محدوده ترکیبی لوکوگرانیت‌های هیمالیا (ژائو و ویلسون، ۲۰۱۲) نیز به منظور مقایسه نشان داده شده است. مطابق این نمودارها،



شکل ۸. تمایز جایگاه تکنونیکی گرانیت‌های مجموعه گشت. (A) مطابق نمودار دوتایی ایتیریم در برابر نیوبیم (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)، نمونه‌های گرانیتی گشت در جایگاه قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد تشکیل شده‌اند (ORG: گرانیت‌های پشته‌های میان اقیانوسی، WPG: گرانیت‌های درون صفحه‌ای، VAG: گرانیت‌های قوس آتشفشانی، syn-COLG: گرانیت‌های همزمان با برخورد). (B) بر اساس نمودار دوتایی ایتیریم در برابر تانتالیم (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴)، گرانیت‌های گشت در مرز بین جایگاه‌های قوس آتشفشانی و همزمان با برخورد واقعند. (C) در نمودار Al_2O_3 در برابر SiO_2 (مانیبار و پیکولی، ۱۹۸۹)، ژنز گرانیت‌های مجموعه گشت با جایگاه حاشیه فعال و برخورد قاره‌ای مرتبط است (IAG: گرانیتوئیدهای جزایر قوسی، CAG: گرانیتوئیدهای قوس قاره‌ای، CCG: گرانیتوئیدهای برخورد قاره‌ای، POG: گرانیتوئیدهای بعد از کوهزایی، RRG: گرانیتوئیدهای مرتبط با ریفت، CEUG: گرانیتوئیدهای خشکی‌زاد قاره‌ای).



شکل ۹. (A) مطابق نمودار دوتایی باچلر و باودن (۱۹۸۵)، گرانیت‌های مجموعه گشت دارای خاستگاه همزمان و بعد از کوهزایی هستند. (B) بر اساس نمودار نسبت‌های لگاریتمی Th/Yb در برابر Ta/Yb (شاندل و گورتون، ۲۰۰۲) بیش‌تر نمونه‌ها در ارتباط با فرورانش بوده و در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند (WPB: بازالت‌های درون صفحه‌ای، ACM: حاشیه فعال قاره‌ای، WPVZ: مناطق آتشفشانی درون صفحه‌ای).

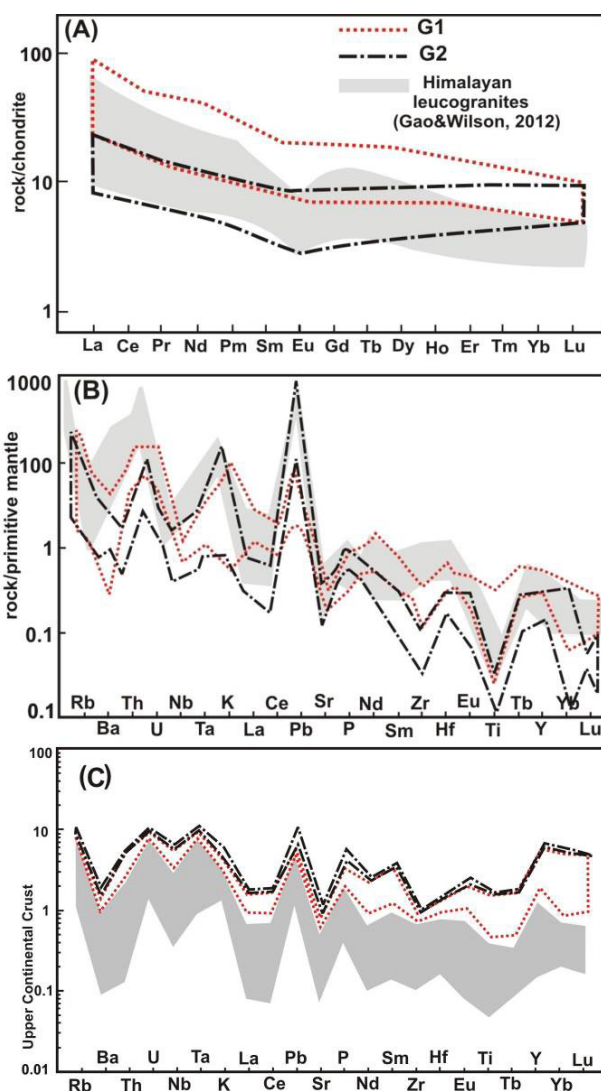


شکل ۱۰. (A) در نمودار دوتایی نسبت Nb/U به Nb (سان و مک دوناف، ۱۹۸۹) گرانیت‌های گشت ترکیبی مشابه پوسته قاره‌ای کل دارند و عمدتاً در محدوده ترکیبی لوکوگرانیت‌های هیمالیا واقعند. (B) مطابق نمودار دوتایی نسبت Ce/Pb در برابر Ce (سان و مک دوناف، ۱۹۸۹) نیز ترکیب گرانیت‌های گشت بیش‌تر مشابه پوسته قاره‌ای کل بوده و با محدوده ترکیبی لوکوگرانیت‌های هیمالیا هم‌پوشانی نشان می‌دهند.

الگوی عناصر نادر خاکی و چندعنصری

الگوی عناصر نادر خاکی گرانیت‌های گشت که نسبت به کندریت نرمالیزه شده در شکل ۱۱A نشان داده شده است. هر دو گرانیت‌های نسل اول و دوم، دارای الگوی عناصر نادر خاکی نسبتاً شیب‌دار می‌باشند و از عناصر نادر خاکی سبک نسبت به سنگین غنی‌شدگی نشان می‌دهند. گرانیت‌های نسل اول در مقایسه با نسل دوم دارای تمرکز بالاتری از عناصر نادر خاکی هستند. به منظور مقایسه، الگوی عناصر نادر خاکی لوکوگرانیت‌های

همالیا (ژائو و ویلسون، ۲۰۱۲) نیز نمایش داده شده است. الگوی عناصر نادر خاکی گرانیت‌های گشت مخصوصاً انواع نسل دوم، شباهت ژئوشیمیایی زیادی نسبت به لوکوگرانیت‌های همالیا نشان می‌دهند اما لوکوگرانیت‌های همالیا تهی‌شدگی بیش‌تری از عناصر نادر خاکی سنگین دارا هستند و احتمالاً بیانگر وقوع رویداد ذوب‌بخشی و تشکیل مذاب لوکوگرانیتی در عمق بیش‌تر است.



شکل ۱۱. (A) الگوی عناصر نادر خاکی نمونه‌های گرانیتی مجموعه گشت که نسبت به کندریت (سان و مک دوناف، ۱۹۸۹) نرمالیزه شده‌اند. این الگو در گرانیت‌های گشت مخصوصاً انواع نسل دوم مشابه لوکوگرانیت‌های همالیا می‌باشد. (B) در نمودار چندعنصری نرمالیزه شده نسبت به گوشته اولیه (سان و مک دوناف، ۱۹۸۹)، الگوی نمودار عنکبوتی گرانیت‌های گشت شاخص جایگاه فرورانش است و شباهت نسبتاً زیادی با لوکوگرانیت‌های همالیا نشان می‌دهند. (C) مطابق نمودار چندعنصری نرمالیزه شده نسبت به پوسته قاره‌ای بالایی (رودنیک و ژائو، ۲۰۰۳)، الگوی نمودار عنکبوتی گرانیت‌های گشت مشابه لوکوگرانیت‌های همالیا است و غیر از عناصر استرانسیم و باریوم، از دیگر عناصر نسبت به پوسته قاره‌ای بالایی غنی‌شده‌تر است.

سن تریاس بالایی ایجاد شده است (کریم‌پور، ۲۰۱۰؛ زانچتا و همکاران، ۲۰۱۳؛ میرزآباد و همکاران، ۲۰۱۳). اما در البرز غربی، شروع بسته شدن حوضه اقیانوسی وسیع پالئوتتیس با حاکم شدن شرایط دگرگونی زون فرورانش و تشکیل شیست‌های آبی اسالم (سعادت و همکاران، ۱۳۹۳؛ نصرآبادی و سعادت، ۱۳۹۵؛ روزتی و همکاران، ۲۰۱۷) و اکلوزیت‌های شاندرمن (زانچتا و همکاران، ۲۰۰۹؛ عمرانی و همکاران، ۲۰۱۳a) در کربونifer مشخص می‌باشد. شاخص‌های ژئوشیمیایی گرانیات لیسار در ارتفاعات طالش به سن ژوراسیک (معدنی‌پور، ۱۳۹۲)، به جایگاه تکتونیکی بعد از برخورد (فاز کوهزایی ائوکیمرین) نسبت داده شده است (جانی‌پور، ۱۳۹۳). با وجود این، درباره شواهد ماگماتیسم و دگرگونی مرتبط با مرحله نهایی بسته شدن پالئوتتیس و رویداد برخورد قاره‌ای در منطقه البرز غربی کمتر سخنی به میان آمده است. شیمی سنگ کل آمفیبولیت‌های مجموعه دگرگونی گشت بیان‌گر تشکیل پروتولیت آن‌ها در جایگاه حاشیه فعال قاره‌ای می‌باشد (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵). گرادیان زمین‌گرمایی منتج از دما- فشارسنجی این آمفیبولیت‌ها و متاپلیت‌های هم‌جوار، رابطه تبدیلی کیانیت به سیلیمانیت، حضور استارولیت و نبود کردیریت در متاپلیت‌های گشت رودخان نیز با گرادیان دگرگونی باروین یا کوهزایی سازگار است (میکائیلی، ۱۳۹۲؛ جوانمرد، ۱۳۹۳؛ رزاقی، ۱۳۹۵).

همان‌طور که در مباحث قبل اشاره شد شاخص‌های ژئوشیمیایی گرانیات‌های مجموعه گشت بیش‌تر با جایگاه تکتونیکی برخورد قاره‌ای هم‌خوانی دارند. وجود شباهت ژئوشیمیایی بین این گرانیات‌ها و لوکوگرانیات‌های هیمالیا که حاصل ذوب‌بخشی سنگ منشأ متاپلیتی در جایگاه برخوردی هستند (ژائو و ویلسون، ۲۰۱۲) توسط عمرانی و همکاران (۲۰۱۳b) نیز خاطر نشان شده است. با توجه به قرابت آذرین (*I-type*) و ماهیت دگرگون شده گرانیات‌های قدیمی‌تر نسل اول (G_1)، برقراری ارتباط ژنتیکی بین واقعه دگرگونی و تشکیل این گرانیات‌ها در مجموعه دگرگونی گشت پیچیده می‌باشد. اما انواع نسل دوم (G_2) دارای خاستگاه رسوبی (*S-type*) هستند و مقادیر کم تیتانیم موجود در آن‌ها بیانگر آن است که بر اثر ذوب‌بخشی منتج از آبدزائی موسکویت به‌وجود آمده‌اند (عمرانی و همکاران، ۲۰۱۳b؛ رزاقی، ۱۳۹۵).

به منظور شناسایی جایگاه تکتونیکی و ارزیابی نقش گشته و پوسته در ژنز گرانیات‌های مورد مطالعه، تمرکز عناصر کمیاب و نادر خاکی نمونه‌های گرانیاتی مجموعه گشت نسبت به گوشته اولیه (سان و مکدوناف، ۱۹۸۹) سنجیده شده است. برای مقایسه الگوی نمودار عنکبوتی لوکوگرانیات‌های هیمالیا (ژائو و ویلسون، ۲۰۱۲) نیز در این نمودار نمایش داده شده است. مطابق این نمودار، شباهت زیادی از نظر الگوی نمودار عنکبوتی بین گرانیات‌های گشت و لوکوگرانیات‌های هیمالیا (ژائو و ویلسون، ۲۰۱۲) موجود است (شکل ۱۱B). در این نمودار، عناصر Zr و Ti با Ta ، Nb و Ba با آنومالی منفی و عناصر Pb ، Th و Rb با آنومالی مثبت مشخص هستند. وجود آنومالی منفی Ti ، Ta ، Nb و آنومالی مثبت Pb در گرانیات‌ها بیانگر ژنز مرتبط با فرورانش و مشارکت مواد پوسته‌ای در ژنز ماگما می‌باشد. آلدانماس و همکاران (۲۰۰۶) تهی‌شدگی Nb و Ti را شاخص مشارکت حاشیه فعال قاره‌ای در ژنز ماگما می‌دانند. در نمودار چندعنصری سنجیده شده نسبت به پوسته قاره‌ای بالایی (رودنیک و ژائو، ۲۰۰۳) نیز، شباهت زیادی از نظر الگوی عناصر عنکبوتی بین گرانیات‌های گشت و لوکوگرانیات‌های هیمالیا مشاهده می‌شود (شکل ۱۱C) اما گرانیات‌های گشت دارای تمرکز بالاتری از عناصر نسبت به لوکوگرانیات‌های هیمالیا هستند.

تفسیر جایگاه تکتونیکی گرانیات‌های مجموعه دگرگونی گشت در ارتباط با زمین‌درز پالئوتتیس

رویداد کوهزایی کمربندهای برخوردی، شامل فرورانش و به دنبال آن برخورد قاره‌ای می‌باشد که با ضخیم‌شدگی پوسته‌ای و کاهش سرعت هم‌گرایی دنبال می‌شود. در راستای البرز، شواهد ماگماتیسم و دگرگونی بسته شدن حوضه اقیانوسی پالئوتتیس در مناطق شمال شرق ایران، گرگان و البرز غربی به‌خوبی ردیابی شده است. در پهنه شمال‌شرق ایران، واقعه فرورانش پالئوتتیس با گرانیات‌زایی در حاشیه فعال قاره‌ای توران به سن کربونifer بالایی و ایجاد منشورهای به‌هم افزوده همراه بوده است (علوی، ۱۹۹۶؛ زانچتا و همکاران، ۲۰۱۳). با خاتمه فرورانش و برخورد قاره‌ای ایران با توران (کوهزایی ائوکیمرین)، گرانیات‌های شاخص‌های ژئوشیمیایی و ایزوتوپی پوسته قاره‌ای در مناطق تربت جام و مشهد به

جایگاه برخورد قاره‌ای در حال کشش و در نهایت ذوب مواد پوسته‌ای و تشکیل مذاب گرانیتی است.

نتیجه‌گیری

شواهد صحرایی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی، مبین وجود دو نسل گرانیت در مجموعه دگرگونی گشت است. شاخص‌های ژئوشیمیایی این گرانیت‌ها بیش‌تر با جایگاه برخورد قاره‌ای سازگار است و شباهت زیادی با لوکوگرانیت‌های جایگاه برخوردی هیمالیا نشان می‌دهند. تاریخچه زمین‌شناسی طولانی رویداد بسته شدن حوضه اقیانوسی پالئوتتیس با تشکیل سنگ‌های رخساره شیست آبی و اکلوزیت اسالم و شاندرمن در کانال فرورانش و گرانیت‌زایی در حاشیه فعال قاره‌ای توران همراه بوده است. احتمالاً در طی فرورانش و قبل از مرحله تصادم قاره‌ای، گرانیت‌های نسل اول در لبه بلوک توران شکل گرفته‌اند. مرحله نهایی محو حوضه اقیانوسی پالئوتتیس با برخورد بلوک البرز و حاشیه جنوبی اورآسیا در طی فاز کوهزایی ائوکیمرین با تشکیل سنگ‌های دگرگونی متاپلیتی مجموعه گشت و ذوب‌بخشی اعماق میانی تا زیرین جایگاه برخورد قاره‌ای و گرانیت‌زایی نسل دوم خاتمه یافته است. گرانیت‌های نسل اول در طی برخورد قاره‌ای فولیاسیون‌دار و به ارتوگنیس تبدیل گشته و ماگماتیسیم مافیک حاشیه فعال قاره‌ای نیز تحت شرایط رخساره آمفیبولیت دگرگون شده است.

منابع

- جانی‌پور، ر (۱۳۹۳) ژئوشیمی و پترولوژی سنگ‌های ماگمایی منطقه تالش-لیسار، غرب گیلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- جعفری، م (۱۳۸۸) پترولوژی سنگ‌های مافیک مجموعه دگرگونی گشت، شهرستان فومن، گیلان، رساله کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- جوانمرد، م. ر (۱۳۹۳) پترولوژی مجموعه دگرگونی گشت، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- جوانمرد، م. ر، نصرآبادی، م. و قلی‌زاده، ک (۱۳۹۵) کانی‌شناسی، ژئوشیمی و جایگاه زمین‌ساختی متابازیت‌های مجموعه دگرگونی گشت (باختر رشت). مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی، ۲، ۲۵۸-۲۴۳.

ملانوسوم‌های سیلیمانیت‌دار عاری از موسکویت مجموعه دگرگونی گشت سنگ منشأ احتمالی این گرانیت‌هاست. از طرفی شباهت کانی‌شناسی و ترکیبی قابل‌توجهی بین لوکوگرانیت‌های نسل دوم و لوکوسوم میگماتیت‌های هم‌جوار وجود دارد (رزاقی، ۱۳۹۵). این امر بیانگر آن است که گرانیت‌های نسل دوم، حاصل تجمع لوکوسوم تمایز یافته از میگماتیت‌ها می‌باشند. در این رابطه محمدی (۱۳۹۵) نیز، فراوانی تورمالین در سنگ‌های دگرگونی و گرانیتی مجموعه گشت را به فعالیت سیالات غنی از بور در طی دگرگونی و گرانیت‌زایی نسبت داده است. این عنصر با کاهش دمای لیکیدوس گرانیت آب‌دار (پیچاوانت، ۱۹۸۱) و کم کردن ویسکوزیته مذاب (دینگول و همکاران، ۱۹۹۲)، ضمن تسهیل رویداد ذوب‌بخشی متاپلیت، تمایز راحت‌تر مذاب از سنگ منشأ میگماتیتی و تشکیل توده‌های مذاب لوکوگرانیتی تورمالین‌دار را در مجموعه گشت فراهم نموده است.

با این تفاسیر، احتمالاً در طی فرورانش و قبل از مرحله تصادم قاره‌ای، گرانیت‌های نسل اول در لبه بلوک توران شکل گرفته‌اند. مرحله نهایی محو حوضه اقیانوسی پالئوتتیس با برخورد بلوک البرز و حاشیه جنوبی اورآسیا در طی فاز کوهزایی ائوکیمرین می‌باشد که با تشکیل سنگ‌های دگرگونی متاپلیتی مجموعه گشت و رویداد ذوب‌بخشی در اعماق میانی تا زیرین جایگاه برخورد قاره‌ای و تشکیل گرانیت‌های نسل دوم (احتمالاً معادل گرانیت تورمالین‌دار ماسوله) همراه بوده است. از طرفی مرحله برخورد قاره‌ای، گرانیت‌های منتج از فرورانش نسل اول، فولیاسیون‌دار، میولونیتی و دگرگون شده‌اند. در این رابطه در اختیار داشتن نسبت‌های ایزوتوپی استرانسیم و نئودیمیوم و داده‌های سن‌سنجی، کمک شایانی به فهم دقیق‌تر ژنز گرانیت‌های مجموعه گشت و ارتباط تشکیل آن‌ها با فاز کوهزایی ائوکیمرین خواهد نمود.

با توجه به داده‌های پترولوژیکی و ساختاری موجود، شناسایی منبع حرارتی و فهم مکانیسم ذوب‌بخشی در مجموعه دگرگونی گشت مشکل است. افزایش دمای توام با کاهش فشار مسیر دگرگونی متاپلیت‌های گشت رودخان (رزاقی، ۱۳۹۵) و وقوع ماگماتیسیم مافیک گوشته‌ای در این منطقه (جعفری، ۱۳۸۸)، احتمالاً مبین رویداد افتادگی بعد از برخورد و به دنبال آن‌ها ذوب استنوسفر بالا آمده و افزایش گرادیان زمین‌گرمایی

- through amphibole fractionation. *L. Geol*, 84: 467-476.
- Chappell, B. W. and White, A. J. R (2001) Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Science*, 48: 489-499.
- Clark, G. C., Davies, R. G., Hamzhepour, B., Jones, C. R (1975) Explanatory text of the Bandar-e-Pahlavi quadrangle map, 1/250000, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Clarke, D. B (1981) The mineralogy of peraluminous granites: a review. *Can. Mineral*, 19: 3-17.
- Clemens, J. D. and Wall, V. J (1981) Origin and crystallization of some peraluminous (S-type) granitic magmas. *Can. Mineral*, 19: 111-131.
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. and Marchal, M., 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1, R2-diagrams and major element analysis, its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29: 183-210.
- Delaloye, M., Jenny, J. and Stampfli, G (1981) K-Ar dating in the eastern Elburz (Iran). *Tectonophysics*, 79: 27-36.
- Dingwell, D. B., Knoche, R., Webb, S. L. and Pichavant, M (1992) The effect of B₂O₃ on the viscosity of haplogranitic liquids. *American Mineralogist*, 77: 457-461.
- Ewart, A. and Stipp, J. J (1968) Petrogenesis of the volcanic rocks of the central North Island, New Zealand, as indicated by a study of Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ ratios, and Sr, Rb, K, U and Th abundances. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32: 699-736.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J., Frost, C. D (2001) A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42: 2033-2048.
- Gou, Z. and Wilson, M (2012) The Himalayan leucogranites: Constraints on the nature of their crustal source region and geodynamic setting. *Gondwana Research*, 22: 360-376.
- Green, T. H (1976) Experimental generation of cordierite or garnet-bearing granitic liquids from a pelitic composition. *Geology*, 4: 85-88.
- Heming, R. F. and Carmichael, I. S. E (1973) High temperature pumice flows from the Rabaul caldera. Papua, New Guinea. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 38: 1-20.
- Karimpour, M. H., Stern, C. R., Farmer, L (2010) Zircon U-Pb geochronology, Sr-Nd isotope analyses, and petrogenetic study of Dehnow diorite and Kuhsangi granodiorite (Paleo-Tethys), NE Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37: 384-393.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A (1971) A guide to the chemical Classification of the common volcanic rock. *Can. J. Earth Sci.*, 8: 523-548.
- جوانمرد، م. ر، نصرآبادی، م.، داوودی، ز. و قلی‌زاده، ک (۱۳۹۳) مجموعه دگرگونی گشت: مثالی از دگرگونی P/T متوسط کمربندهای کوهزایی، سی‌سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران، ۳۰۶-۳۱۳.
- درویش‌زاده، ع (۱۳۸۲) زمین‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران.
- رزاقی، ص (۱۳۹۵) میگماتیت‌زایی مجموعه دگرگونی گشت، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- سعادت، م.، نصرآبادی، م. و آسیابانها، ع (۱۳۹۳) دما- فشارسنجی و تفسیر جایگاه تکتونیکی سنگ‌های رخساره شیبست آبی مجموعه دگرگونی اسالم (شمال‌باختر رشت)، مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان، ۱۹، ۱۵۴-۱۳۸.
- محمدی، م (۱۳۹۵) تورمالین‌زایی مجموعه دگرگونی گشت، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- معدنی‌پور، س (۱۳۹۲) الگوی زمانی و فضایی برخاستگی همراه با فرسایش در کوه‌های تالش، شمال‌غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- میکائیلی، ر (۱۳۹۲) پترولوژی سنگ‌های رسی دگرگونی گشت و ماسال، شمال ایران، رساله دکتری، دانشگاه تبریز.
- Alavi, M (1991) Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 983-992.
- Alavi, M (1996) Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran. *Journal of Geodynamics*, 21(1): 1-33.
- Alavi, M., Vaziri, H., Seyed-Emami, K., Lasemi, Y (1997) The Triassic and associated rocks of the Nakhlak and Aghdarband area in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin. *Geological Society of America Bulletin*, 109: 1563-1575.
- Aldanmaz, E. Koprubasi, N., Gurer, O. F., Kaymakci, N. Gourgaud, A (2006) Geochemical Constraints on the Cenozoic, OIB-type alkaline volcanic rocks of NW Turkey, implications for mantle. *Lithos*, 86: 50-76.
- Bachelor, R. A. and Bowden, P (1985) Petrologic interpretation of granitoid rocks series using multi-cationic parameters. *Chemical Geology* 48, 43-55. *Canadian Mineralogist*, 19: 3-17.
- Barker, F (1979) Trondhjemites, Dacites and related rocks. Elsevier, Amsterdam, p 659.
- Cawthorn, R. G. and Brown, P. A (1976) A model for the formation and crystallization of corundum-normative calc-alkaline magmas

- Society of American Bulletin*, DOI: 10.1144/jgs2016-130
- Rudnick, R. L., Fountain, D. M (1995) *Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective*. *Reviews of Geophysics*, 33: 267-309.
- Rudnick, R. L., Gao, S (2003) *Composition of the Continental Crust*. *Treatise Geochem*, 3: 1-64.
- Schandl, E. S., and Gorton, M. P (2002) *Application of high field strength elements to discriminate tectonic setting in VMS environments*. *Economic Geology*, 97: 629-642.
- Sengör, A. M. C (1984) *The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia*. *Geological Society of America, Special Paper*, 195: 1-82.
- Shand, S. J (1943) *Eruptive rocks. Their Genesis, Composition, classification, and Their Relation to Ore- Deposits, a Chapter on Meteorite*. New York: John Wiley and Sons.
- Sheikholeslami, M. R., Kouhpeyma, M (2012) *Structural analysis and tectonic evolution of the eastern Binalud Mountains, NE Iran*. *Journal of Geodynamics*, 61: 23-46.
- Streckeisen, A (1976) *To each plutonic rock its proper name*. *Earth Sci. Rev*, 12: 1-33.
- Sun, S., McDonough, W. F (1989) *Chemical and isotopic-systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes*. In: Saunders, A. D., Norry, M. J. (Eds.), *Magmatism in Ocean Basins*, *Geological Society of London Special Publication*, 42: 313-345.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M (1985) *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- White, A. J. R., Chappell, B. W (1983) *Granitoid types and their distribution in the Lachland fold belt, southern Australia*. *The Geological Society of America*, 154: 21-34.
- Winter, J (2011) *Principle of igneous and metamorphic petrology*. Pearson new international edition, Upper. Saddle River, New Jersey.
- Whitney, D. L., and Evans, B. W (2010) *Abbreviations for names of rock-forming minerals*. *American Mineralogist*, 95: 185-187.
- Zanchetta, S., Berra, F., Zanchi, A., Bergomi, M., Caridroit, M., Nicora, A. and Heidarzadeh, G (2013) *The record of the Late Paleozoic active margin of the Paleo-Tethys in NE Iran: Constraints on the Cimmerian orogeny*. *Gondwana Research*, 24: 1237-1266.
- Zanchetta, S., Zanchi, A., Villa, I., Poli, S., Muttoni, G (2009) *The Shanderman eclogites: a Late Carboniferous high-pressure event in the NW Talesh Mountains (NW Iran)*. In: *South Caspian to Central Iran basins* (Eds. Brunet, M. F., Wilmsen, M. and Granath, J. W.)
- Luth, W. C., Jahns, R. H. and Tuttle, O. F (1964) *The granite system at pressures of 4 to 10 kilo bars*. *J. Geophys. Res*, 69: 759-773.
- Magazine for Geo-Scientists*. Amsterdam, 12: 1-33.
- Maniar, P. D. and Piccoli, P. M (1989) *Tectonic discrimination of granitoids*. *Geological Society of America Bulletin*, 101: 635-643.
- Middlemost, E. A. K (1994) *Naming materials in the magma/igneous rock system*. *Earth Science Review*, 37: 215-224.
- Middlemost, E. A. K (1985) *Magmas and Magmatic Rocks*. Longman. 226p.
- Mirnejad, H., Lalonde, A. E., Obeid, M., Hassanzadeh, J (2013) *Geochemistry and petrogenesis of Mashhad granitoids: An insight into the geodynamic history of the Paleo-Tethys in northeast of Iran*. *Lithos*, 170: 105-116.
- Nabelek, P. I. and Liu, M (2004) *Petrologic and thermal constraints on the origin of leucogranites in collisional orogens*. *Earth Sciences*, 95: 73-85.
- O'Connor, J. T (1965) *A classification for quartz-rich igneous rock based on feldspar ratio*. In: *US Geological Survey Professional Paper B525*. USGS, p.79-84.
- Omrani, H., Michaeli, R., Moazzen, M (2013b) *Geochemistry and petrogenesis of the Gash peraluminous granite, western Alborz Mountains, Iran*. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh*, 268(2): 175-189.
- Omrani, H., Moazzen, M., Oberhänsli, R., Tsujimori, T., Bousquet, R., Moayyed, M (2013a) *Metamorphic history of glaucophane-paragonite-zoisite eclogites from the Shanderman area, northern Iran*. *Journal of Metamorphic Geology*, 31: 791-812.
- Pearce, J. A, Cann, J. R (1971) *Ophiolite origin investigated by discriminant analysis using Ti, Zr, and Y*, *Earth planet. Sci. Lett*, 12: 339-349.
- Pearce, J. A. and 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. Harris, N. B. W. Tindle, A. G., 1984. *Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock*. *Journal of petrology*: v. 25, p. 956-983.
- Pichavant, M (1981) *An experimental study of the effect of boron on a water saturated haplogranite at 1kbar vapor pressure*. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76: 430-439.
- Rossetti, F., Monié, P., Nasrabad, M. Lucci, F., Theye T., Saadat, M (2017) *Early Carboniferous subduction zone metamorphism preserved within the Paleo-Tethyan Rasht ophiolites (western Alborz, Iran)*. *Geological*

Special Publications, Geological Society, London, 312: 57-79.

Zanchi, A., Zanchetta, S., Berra, F., Mattei, M., Garzanti, E., Molyneux, S (2009) *The Eo-Cimmerian (Late? Triassic) orogeny in North Iran. In: South Caspian to Central Iran basins (Eds. Brunet, M. F., Wilmsen, M. and Granath, J. W.) Special Publications Geological Society, London, 312: 31-55.*

Petrology of granites from the Gash metamorphic complex

*M. Zandifar¹, M. Nasrabad^{*2} and R. Nozaem³*

1, 2- Dept., of Geology, Faculty of Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin

3- School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran

** nasrabad@sci.ikiu.ac.ir*

Recieved: 2018/11/8 Accepted: 2019/9/14

Abstract

Gash metamorphic complex is cropped out in the Talesh Mountain (Western Alborz). According to the field and microscopic evidences, there are two generations of granite in the Gash metamorphic complex. The first generation of granite (G_1) is medium grained and light gray and displays mylonitic fabric. The second generation (G_2), contains coarse leucogranites that has been injected into the first generation of granite and metapelitic rocks. Quartz, plagioclase, K-feldspar and biotite are the rock forming minerals of the first generation granite. The main minerals of the second generation granite are quartz, K-feldspar and plagioclase. Tourmaline, garnet and sillimanite are accessory minerals. Geochemical and mineralogical evidences indicating that the precursor of first and second generation of granites are I- and S-type, respectively. There is considerable compositional similarity particularly between the second generation granite and leucosome of the adjoining migmatites and Himalayan leucogranites that are indicator of collision setting. The prolonged geological history of Paleo-Tethys closure episode was resulted in successive generations of granitization in the continental active margin from Carboniferous to Upper Triassic. Probably, during subduction and prior to continental collision stage, the first generation of granites have been formed in the edge of Turan block. The final stage of Paleo-Tethys vanishing has taken place as a consequence of collision between Alborz block and southern margin of Eurasia during Eo-Cimmerian orogeny and terminated with the formation of metapelitic of Gash complex in the middle to lower depth of the continental collision setting and production of the second generation of granitization.

Keywords: *granite, partial melting, continental collision setting, Gash complex.*