

چکیده

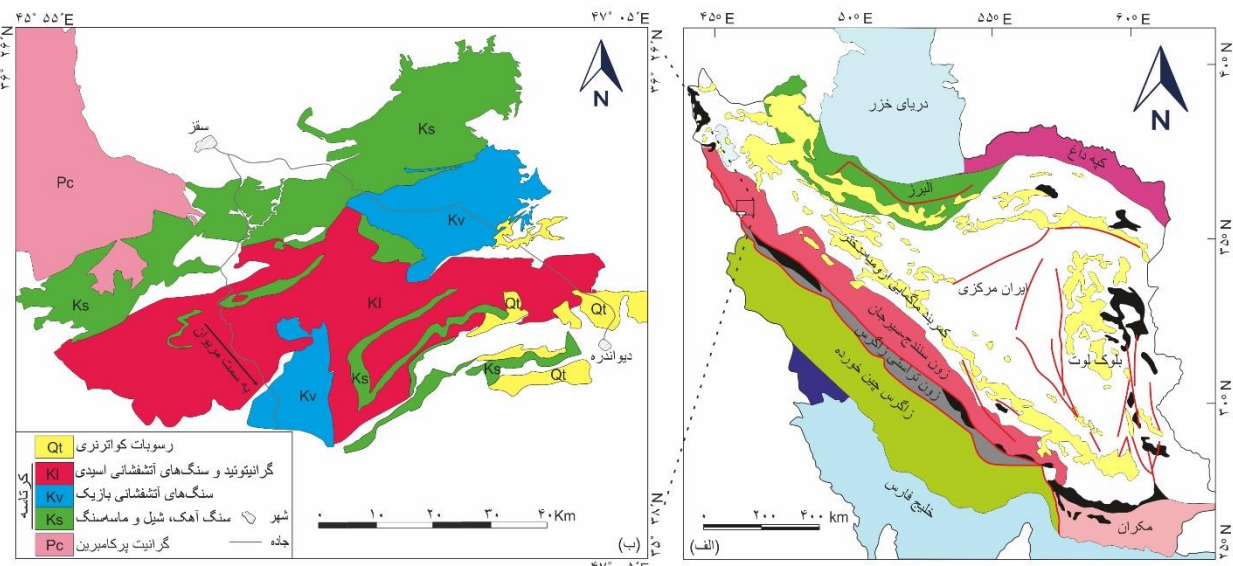
توده گرانیتی کرتاسه جنوب سقز در ۲۰ کیلومتری شهر سقز با روندی از غرب به شرق

مساحتی به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد و به لحاظ تقسیمات ساختاری زمین‌شناسی این منطقه در بخش شمالی زون سندج- سیرجان واقع شده است. این توده گرانیتی حاوی تعداد زیادی انکلاوهای مافیک گرد شده است که در اندازه‌های مختلف از ۱ سانتی‌متر تا ۲۵ سانتی‌متر می‌باشند. این انکلاوها در کل حجم توده نفوذی پراکنده هستند ولی توزیع آن‌ها به صورت یکنواخت نمی‌باشد. علاوه بر انکلاوها در این توده گرانیتی زون هیبریدی نیز مشاهده می‌شود به این صورت که رنگ روشن توده گرانیتی به تدریج تیره می‌شود. در این مقاله با استفاده از مشاهدات صحرایی و مطالعات پتروگرافی، تحولات ماگمایی توده گرانیتی کرتاسه جنوب سقز مورد بررسی قرار گرفته است. انکلاوهای کمپلکس گرانیتی کرتاسه جنوب سقز از نوع انکلاوهای مافیک میکروگرانولار ماگمایی MME هستند. به لحاظ سنگ‌شناسی این مجموعه شامل گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و گابروودیوریت است. ترکیب کانیایی این انکلاوها تفاوت چندانی با توده اصلی ندارد و تنها از لحاظ نسبت کانی‌ها با یکدیگر فرق دارند. وجود بافت‌هایی درهم رشدی مختلف مثل گرانوفیری، پرتیت و آنتی‌پرتیت، زون اسپایک، حواشی گرد شده در پلاژیوکلازها و بیوتیت و آمفیبول دارای خوردگی همگی شواهدی از اختلاط ماگمایی است.

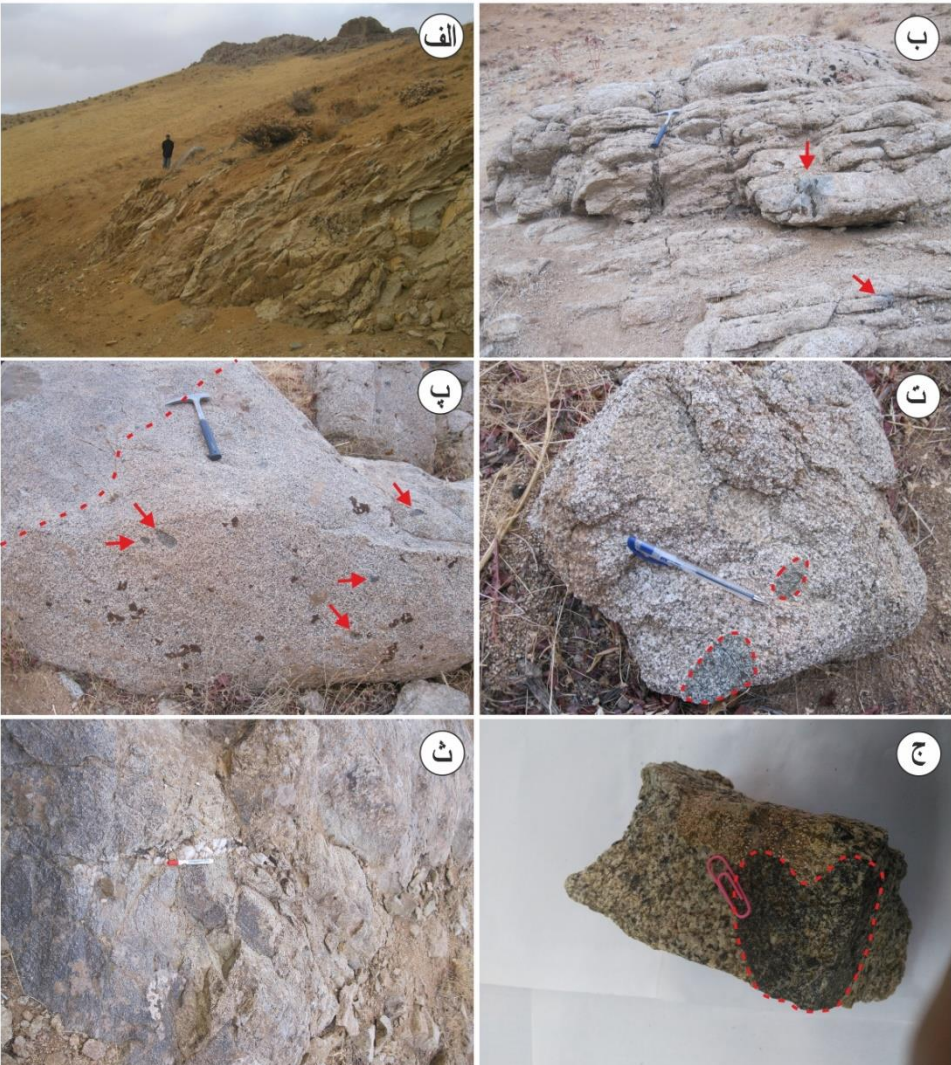
مشاهدات صحرایی و مطالعات پتروگرافی نشان می‌دهد که اختلاط ماگمایی به‌عنوان یک تحول ماگمایی اساسی بین یک ماگمای مافیک با ماگمای فلسیک تشکیل دهنده سنگ‌های گرانیتوئیدی کرتاسه جنوب سقز رخ داده است.

مقدمه

تحولات ماگما طی بالا آمدن آن از جمله موارد مهمی است که پترولوژیست‌ها همواره از طرق مختلف به بررسی و مطالعه آن پرداخته‌اند، از جمله روش‌های بررسی و مطالعه تحولات ماگمایی، شواهد صحرایی، کانی‌شناسی، مشخصات بافتی، ژئوشیمیایی و ایزوتوپی است. انکلاوها یا بیگانه سنگ‌های محصور در سنگ‌های آذرین یکی از شواهد بارزتری هستند که اطلاعات زیادی از نحوه استقرار ماگمای توده‌های گرانیتی، فعل و انفعالات، منشأ ماگما، اتناق ماگمایی و غیره در اختیار سنگ‌شناسان قرار می‌دهند [1].مطالعات زیادی در جاهای مختلف بر روی توده‌های دارای انکلاو جهت کسب اطلاعات درباره تحولات ماگمایی انجام شده است [6-1] . با توجه به ویژگی‌های ظاهری سنگ‌های اسیدی انکلاوها در آن‌ها راحت‌تر تشخیص داده می‌شود و به همین علت کسب اطلاعات از انکلاوهای آن‌ها در صحران نسبت به سنگ‌های مافیک می‌تواند دقیق‌تر باشد و نمونه‌برداری جهت گام‌های بعدی پژوهش با درصد اطمینان بیشتری از سنگ‌ها و انکلاوهای آن‌ها انجام شود، از طرفی دیگر بررسی دقیق پتروگرافی انکلاوها و سنگ میزبان آن‌ها با تعیین بافت‌ها و مجموعه کانی‌های سنگ‌ها می‌تواند مکملی برای اطلاعات به‌دست آمده از این انکلاوها در صحران باشد. توده گرانیتوئیدی کرتاسه جنوب سقز حاوی انکلاوهای زیادی می‌باشد که لازم است ارتباط این انکلاوها با توده گرانیتوئیدی جهت تعیین تحولات ماگمایی مشخص شود، در این مقاله با استفاده از مشاهدات صحرایی و مطالعات پتروگرافی این مسئله مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱: نقشه زون‌های ساختاری ایران [7] (ب) نقشه منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه‌های کتاب، مهباد، مریوان -بانه، سندج با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰، ۱۲-۱۹.



شکل ۲: الف) توده گرانیتوئیدی کرتاسه جنوب سقز (دید به سمت شمال غرب)، ب) انکلاوهای داخل توده گرانیتوئیدی، انکلاوهای بزرگتر از ۲۰ سانتی‌متر زون تدریجی با توده میزبان دارند و رنگ تیره‌تری نسبت به انکلاوهای کوچکتر دارند. ب) توده گرانیتی حاوی انکلاوهای کشیده که جهت جریان ماگما را نشان می‌دهند، زون هیبریدی در گوشه بالای سمت دیده می‌شود. ت انکلاوهای کوچکتر از لحاظ اندازه دانه و رنگ شبیه توده اصلی هستند. ت) تغییر رنگ تدریجی توده گرانیتوئیدی به علت اختلاط با یک ماگمای مافیک، ج) نمونه دستي از گرانیت حاوی انکلاو که قسمت وسط آن نسبت به حاشیه روشن‌تر می‌باشد.

بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹ The 23rd Symposium of Geological Society of Iran 10-11 November, 2020

شواهد اختلاط ماگمایی در گرانیتوئید کرتاسه جنوب سقز

*سمیه قلی‌پور، حسین عزیزی، فریبرز مسعودی

دکتری، پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

استاد، پترولوژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان

استاد، ژئوشیمی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

مواد و روش کار

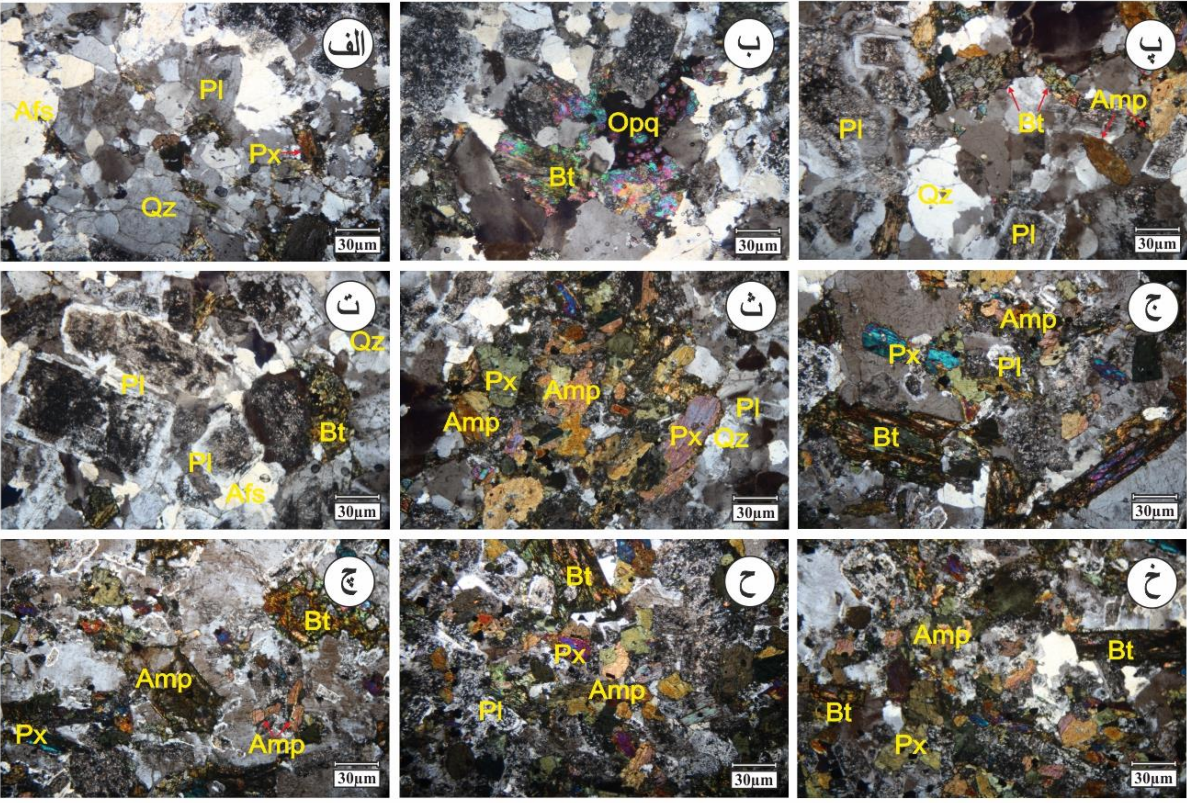
جهت تعیین تحولات ماگمایی توده گرانیتوئیدی کرتاسه جنوب سقز پس از مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه و بررسی‌های صحرایی محدوه مورد پژوهش ۴۰ نمونه از توده گرانیتوئیدی شامل توده اصلی، انکلاوهای داخل توده و زون تدریجی بین آن‌ها نمونه‌برداری شد و سپس از میان نمونه‌های برداشت شده ۳۰ عدد مقطع نازک جهت مطالعات پتروگرافی تهیه شد.

بحث

توده گرانیتوئیدی کرتاسه جنوب سقز در ۲۰ کیلومتری شهر سقز با روندی از غرب به شرق مساحتی به وسعت ۸۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد (شکل ۱). به لحاظ تقسیمات ساختاری زمین‌شناسی این توده در شمال زون سندج- سیرجان واقع شده است [7]. این توده نفوذی سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی بازیک کرتاسه زیرین و پی‌سنگ پرکامبرین را قطع کرده است [8] (شکل ۱). با توجه به مشاهدات صحرایی گاهی این سنگ‌ها به ویژه ریولیت‌های هم ارز آن‌ها در تناوب با سنگ‌های بازیک و رسوبی کرتاسه زیرین می‌باشند. این توده گرانیتی با رنگی روشن حاوی انکلاوهای مافیک گرد شده تا نیمه گرد شده‌ای هستند که در اندازه‌های مختلف از ۱ سانتی‌متر تا ۲۵ سانتی‌متر دیده می‌شوند. این انکلاوها تیره رنگ و ریز دانه‌تر از توده اصلی می‌باشند و مرز تماس آن‌ها کاملاً واضح و آشکار می‌باشد ولی گاهی انکلاوهای درشت‌تر زون تدریجی با توده میزبان نشان می‌دهند و تا حدودی گردشگی کمتری نسبت به انکلاوهای ریزتر دارند، به لحاظ رنگ انکلاوهای درشت، تیره‌تر از انکلاوهای ریز می‌باشند و دارای کانی‌های روشن کمی نسبت به انکلاوهای ریز می‌باشند، انکلاوها تا حدودی کشیدگی نیز نشان می‌دهند (شکل ۲). این انکلاوها در کل حجم توده نفوذی پراکنده هستند ولی توزیع آن‌ها به صورت یکنواخت نمی‌باشد و در حاشیه توده بیشتر قابل مشاهده هستند. علاوه بر انکلاوها در این توده گرانیتی زون هیبریدی نیز مشاهده می‌شود به این صورت که رنگ روشن توده گرانیتی به تدریج تیره می‌شود (شکل ۲). به لحاظ سنگ‌شناسی این مجموعه شامل گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و گابروودیوریت است که ترکیب بافتی و کانیایی آن‌ها به صورت زیر می‌باشد:

کانی‌های اصلی تشکیل دهنده گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌ها کوارتز (۳۵-۲۵ درصد حجمی)، آلکالی فلدسپار (۴۰-۲۵ درصد حجمی)، پلاژیوکلاز (۳۵-۲۰ درصد حجمی)، بیوتیت، آمفیبول و پیروکسن (۱۵-۱۰ درصد حجمی) و کانی‌های فرعی اسفن، زیرکن، آپاتیت سوزنی و کانی‌های اپک (۳ درصد حجمی) است. بافت اصلی این سنگ‌ها گرانولار می‌باشد و از بافت‌های دیگر قابل مشاهده در آن‌ها بافت پرتیتی، گرانوفیری و پیوئی کیلیتیک می‌باشد. بلورهای پلاژیوکلاز خودشکل، ماکل آلیبیتی و پلی سننتیک را نشان می‌دهند و از ویژگی‌های مشخص دیگر نمایش زون اسپایک و سرستی شدن برخی از این بلورها می‌باشد. آلکالی فلدسپارهای بی شکل درشت بلور در اکثر موارد بافت پرتیتی نشان می‌دهند. کانی‌های کشیده و شکل‌دار پیروکسن که در برخی قسمت‌ها در حال تبدیل شدن به آمفیبول می‌باشند و برخی از آن‌ها تا حدودی اپیدوتی شده‌اند. بیوتیت‌ها نیز گاهی اپکی شدن را نشان می‌دهند. در مقاطع گرانیت‌ها، انکلاوهایی که اندازه آن‌ها کوچکتر از ۱ سانتی‌متر هست و به‌عنوان میکروانکلاو شناخته می‌شوند به‌طوری که در نمونه دستي قابل تشخیص نیستند و تنها در زیر میکروسکوپ به‌صورت لخته‌هایی از کانی‌های مافیک قابل مشاهده می‌باشند [13] دیده می‌شود (شکل ۳).

انکلاوهای منطقه و زون هیبریدی توده گرانیتوئیدی به ترتیب ترکیب گابروودیوریت و کوارتز دیوریت را نشان می‌دهند. که بافت آن‌ها گرانولار است و بافت‌های فرعی پوئی کیلیتیک و آنتی پرتیت نیز در آن‌ها دیده می‌شود. ترکیب کانیایی آن‌ها شامل پلاژیوکلاز (۵۰-۴۰ درصد حجمی)، آلکالی فلدسپار (۲۰-۱۰ درصد حجمی)، کوارتز (۱۰-۵ درصد حجمی)، پیروکسن و آمفیبول (۴۰-۳۰ درصد حجمی)، بیوتیت (۳ درصد حجمی) و کانی‌های فرعی آپاتیت، زیرکن، اسفن و کانی‌های اپک می‌باشد درشت بلورهای پلاژیوکلاز دارای حواشی گرد شده‌اند و زون اسپایک در آن‌ها کاملاً مشخص می‌باشد، گاهی پلاژیوکلازها و آلکالی فلدسپارها در هم آمیخته شده و بافت آنتی‌پرتیت را به نمایش گذاشته‌اند. کانی‌های آمفیبول هم به‌صورت اولیه و هم ثانویه که از تبدیل پیروکسن بوجود آمده‌اند در آن‌ها دیده می‌شود، کانی‌های اولیه آمفیبول به همراه بیوتیت به صورت محلی خوردگی نیز نشان می‌دهند (شکل ۴).



شکل ۳: الف) گرانیت، آلکالی فلدسپارهایی که بافت پرتیت را نشان می‌دهد. ب) کانی بیوتیت اپکی شده. ب) گرانودیوریتی که حاوی پلاژیوکلازهای با زون اسپایک و بیوتیت‌های دارای خوردگی است. ت) پلاژیوکلازهای با حواشی گرد شده و زون اسپایک. ت) میکروانکلاو داخل گرانیت. ج) نمونه دیوریتی از زون تدریجی بین انکلاو و گرانیت با کانی‌های مافیک بیوتیت، پیروکسن و آمفیبول با بافت آنتی‌پرتیت. ج) بافت آنتی‌پرتیت، بیوتیت و آمفیبول اولیه دارای خوردگی همراه با آمفیبول‌های ثانویه که از تبدیل پیروکسن بوجود آمده‌اند. ح) نمونه‌ای از انکلاوها با ترکیب گابروودیوریتی. خ) کانی‌های مافیک بیوتیت، آمفیبول، پیروکسن و بافت آنتی‌پرتیت در انکلاوهای گابروودیوریتی. حروف اختصاری: آلکالی فلدسپار=Alfs، آمفیبول=Amp، اپک-Opq، بیوتیت=Bt، پلاژیوکلاز=Pl، پیروکسن=Px، کوارتز=Qtz، [14].



نتیجه گیری

شواهد اختلاط ماگمایی در سنگ‌های فلسیک کرتاسه سقز شامل ۱- شواهد صحرایی ۲- شواهد بافتی و ۳- شواهد کانیایی می‌باشد.

شواهد صحرایی این سنگ‌ها انکلاوها و زون هیبریدی هستند، انکلاوها بر اساس منشأ به چهار گروه تقسیم می‌شوند[13,6-2]: ۱-زینولیت‌ها قطعات سنگی هستند که در حین جایگیری ماگمای گرانیتی محصور شده‌اند، ۲- MMES (انکلاوهای مافیک میکروگرانولار ماگمایی) گلوله‌های گروی از ماگمای مافیک هستند که به داخل ماگمای گرانیتی تزریق شده‌اند [15]. ۳- اولیت‌ها که به‌عنوان قطعات تجمع یافته از مراحل اولیه تبلور ماگمای گرانیتی در نظر گرفته می‌شوند [16,17] ۴- باقی‌مانده‌ها، بقایای جامد ذوب نشده از سنگ‌های پوسته‌ای هستند [2,3]. با توجه به شواهد صحرایی انکلاوهای توده کمپلکس گرانیتی کرتاسه جنوب سقز از نوع انکلاوهای مافیک میکروگرانولار، ماگمایی MME با اندازه‌های مختلف می‌باشند، زون تدریجی انکلاوهای مافیک میکروگرانولار، ماگمایی MME با توده اصلی نشان می‌دهد که این انکلاوها به داخل ماگمای فلسیک تزریق شده بودن و با آن در واکنش بوده‌اند که طی بالا آمدگی و جایگیری ماگمای فلسیک گرد شده‌اند [1]که گردشگی آن‌ها حاکی اقامت طولانی آن‌ها داخل ماگمای فلسیک و تعامل با آن بوده است. زون هیبریدی مشاهده شده در این توده گرانیتی (شکل ۲) نشانگر این هست که ماگمای فلسیک تشکیل دهنده سنگ‌های گرانیتی با یک ماگمای مافیک اختلاط داشته است [13]و توزیع انکلاوها در کل توده نشان می‌دهد که اختلاط محدود نبوده است.

از سویی دیگر با توجه به مشخصات پتروگرافی ترکیب کانیایی این انکلاوها تفاوت چندانی با توده اصلی ندارد و تنها از لحاظ نسبت کانی‌ها با یکدیگر فرق دارند و همچنین ترکیب کانیایی میکرو انکلاوهای موجود در توده نفوذی که بقایایی از تزریق ماگمای مافیک به داخل ماگمای فلسیک هستند کاملاً شبیه انکلاوهای بزرگ می‌باشد که نشان دهنده قرابت آن‌ها است. این شباهت‌ها در ترکیب کانیایی می‌تواند بیانگر اختلاط ماگمایی باشد [18]. وجود بافت‌هایی مختلف مثل گرانوفیری، پرتیت و آنتی‌پرتیت که هم در زون تدریجی انکلاوها با گرانیت و هم در خود توده گرانیتی دیده می‌شود و تشکیل زون اسپایک در پلاژیوکلازها و نمایش حواشی گرد شده در این کانی‌ها نمی‌تواند در حالت تعادل یک ماگما ایجاد شده باشد و نشانگر یک شرایط غیرتعادلی است که شاید به علت تغییر ترکیب ناشی از اختلاط ماگمایی بوده باشد [19]. وجود خوردگی‌های محلی در کانی‌های مافیک نظیر بیوتیت و آمفیبول و اپکی شدن بیوتیت‌ها در اثر تغییر دما و فشار و تغییر ترکیب ناشی از اختلاط ماگمایی می‌باشد [20].

تلفیق نتایج مشاهدات صحرایی با مطالعات پتروگرافی در این تحقیق نشان می‌دهد که اختلاط ماگمایی به‌عنوان یک تحول ماگمایی اساسی بین یک ماگمای مافیک با ماگمای فلسیک تشکیل دهنده سنگ‌های اسیدی کرتاسه جنوب سقز رخ داده است و با توجه به پراکندگی انکلاوها در کل توده گرانیتی و همچنین مشاهده شواهد پتروگرافی در اکثر مقاطع نازک تهیه شده از نقاط مختلف توده گرانیتی، این اختلاط محدود نبوده و در کل توده صورت گرفته است.

منابع

[۹] [علوی نائینی، م.، حاجیان، ج.، عمیدی، م.، بلورچی، ج.، ۱۹۸۲. نقشه زمین‌شناسی کتاب (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰/۱) C4:، سازمان زمین‌شناسی، تهران.

[۱۰] [فخارنژاد، ج.، ۱۹۷۲. نقشه زمین‌شناسی مهباد (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰/۱) B4:، سازمان زمین‌شناسی، تهران.

[۱۱] [بوگل سادات، مرع،ا.، هوشمندزاده، ع.، ۱۹۹۲. نقشه زمین‌شناسی مریوان -بانه (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰/۱) B5:، سازمان زمین‌شناسی، تهران.

[۱۲] [زاهدی، م.، حاجیان، ج.، بلورچی، ج.، ۱۹۸۵. نقشه زمین‌شناسی سندج (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰/۱) C5:، سازمان زمین‌شناسی، تهران.

[1] Didier, J., 1973. Granites and their enclaves: The bearing of Enclaves on the Origin of Granites. Development in Petrology, 3. Elsevier, Amsterdam, 393 p.

[2] Chappell, B.W., White, A.J.R. and Wyborn, D., 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. Journal of Petrology, 28, 1111-1138.

[3] Chen, Y.D., Price, R.C. and White, A.J.R., 1989. Inclusion in three S-type granites from Southeastern Australia. Journal of Petrology, 30, 1181-1218.

[4] Dodge, F.C.W. and Kistler, R.W., 1990. Some additional observations on inclusions in the granitic rocks of the Sierra Nevada. Journal of Geophysical Research, 95, 17841-17848.

[5] Didier, J. and Barbarin, B., 1991. Enclaves and Granite Petrology. Elsevier, Amsterdam, 625 p.

[6] Barbarin, B. and Didier, J., 1992. Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting fescic and mafic magmas. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, 83, 145-153.

[7] Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 52, 1229–1258.

[8] Gholipour, S., Azizi, H., Masoudi, F., Asahara, Y., Tsuboi, M. (in press), Zircon U-Pb ages, geochemistry, and Sr-Nd isotope ratios for Early Cretaceous magmatic rocks, southern Saqez, northwestern Iran. Chemie der Erde-Geochemistry.

[13] Kim, J.S., Shin, K.C. and Lee, J.D., 2002. Petrographical study on the Yucheon granite and its enclaves. Geosciences Journal, 6(4), p.289.

[14] Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. Am. Mineral. 95, 185–187.

[15] Didier, J., 1991. The various types of enclaves in the Hercynian granites of the Massif Central, France. In: Didier, J. and Barbarin, B. (eds.), Enclaves and Granite Petrology. Elsevier, Amsterdam, p. 47-62.

[16] Phillips, G.N., Wall, V.J. and Clemens, J.D., 1981. Petrology of the Strathbogie Batholith: a cordierite-bearing granite. Canadian Mineralogist, 19, 47-63.

[17] Clemens, J.D. and Wall, V.J., 1988. Controls on the mineralogy of S-type volcanic and plutonic rocks. Lithos, 21, 53-66.

[18] Barbarin B., Bateman P.C. 1986. Origin and evolution of mafic magmatic enclaves and mafic rocks associated with some granitoids of the central Sierra Nevada. 14th International Mineralogical Association Meeting, Stanford, California, 1986. Abstracts with Programs. 50.

[19] Raymond, L.A., 2002. The study of Igneous, Sedimentary and Metamorphic Rocks. McGraw Hill, p: 720.

[20] Bateman, R., Martin, M.P. and Castro, A., 1992. Mixing of cordierite granitoid and pyroxene gabbro, and fractionation, in the Santa Olalla tonalite (Andalucia). Lithos, 28(2), pp.111-131.