



پترولوژی و دگرگونی مجاورتی توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان

ممیوبه نظری^۱ و شهریار کشتگر^۲

(۱) دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان nazarimahbubeh@yahoo.com

(۲) دانشگاه جامع علمی- کاربردی، واحد سیستان و بلوچستان، زاهدان keshtgar2008@yahoo.com

چکیده

توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان (کوه آله) با رخنمون دایره‌ای شکل و کنتاکت هم‌شیب، درون آهک‌های ماسه‌ای و ماسه‌سنگ‌های سازند قرمز فوقانی به سن میوسن فوقانی تزریق شده است و سنگ‌های میزبان خود را تا حدی دگرگون نموده است. این توده با ترکیب کوارتز دیوریت از لحاظ ساختاری به دو بخش خارجی با ساختمان لایه لایه و بخش مرکزی با ساختمان توده‌ای قابل تقسیم است. این سنگ‌ها از لحاظ خصوصیات ژئوشیمیایی در محدوده‌ی ماگماهای کالکوالکالن، مت‌آلومین نوع ۱ قرار می‌گیرند. غنی‌شدگی از عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) در مقایسه با عناصر کمیاب خاکی سنگین (HREE) در نمودارهای عنکبوتی، آنومالی منفی Nb و Ti و مقادیر بالای آلومینیم از دیگر خصوصیات این سنگ‌ها است. بر اساس مطالعات پتروگرافی و آنالیزهای شیمیایی پیشنهاد می‌شود که ماگمای اولگه این توده به وسیله‌ی ذوب بخشی یک تخته در حال فرورانش ایجاد شده است. هاله‌ی دگرگونی مجاورتی اطراف توده با کانی‌های شاخص گارنت، اپیدوت، ولاستونیت و اسکاپولیت مشخص می‌گردد. مجموعه‌ی کانی‌های موجود در هاله‌ی دگرگونی مجاورتی نشان می‌دهند که سنگ‌های میزبان در حد رخساره‌های آلبیت-اپیدوت-هورنفلز تا هورنبلند-هورنفلز دگرگون شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ساختار لایه‌ای، کوارتز دیوریت، فرورانش، هاله دگرگونی، سلفچگان

Petrology and contact metamorphism of Salafchegan quartz diorite intrusion

M. Nazari¹ & Sh. Keshtgar²

1) Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, I. R. Iran.

2) University of Applied Science and Technology, S. & B. Province, Zahedan, I. R. Iran.

Abstract

The circular Salafchegan quartz diorite intrusion (Aleh Mountain) has intruded into the sandy limestone and sandstone of the Upper Red Formation of Upper Miocene age. It is a concordant pluton and has slightly metamorphosed country rocks. This body is composed of quartz diorite and could be divided into a layered structures outer part and a massively outcropped central part. These rocks show geochemical calc-alkaline affinity. They could be classified as meta-aluminous, similar to I type granitoids. These rocks are enriched in LILE (Large Ion Lithophile Elements) and LREE (Light Rare Earth Elements) but depleted in HREE (High Rare Earth Elements). In addition, they show negative anomalies of Nb and Ti, with a high Al content. Based on petrographic studies and geochemical analysis, it could be suggested that the parent magma of these rocks was related to a subduction zone and has emplaced in a magmatic arc. The contact aureole of the intrusion is indicated by the existence of minerals such as garnet, epidote, wollastonite and scapolite. The mineral assemblage in the contact aureole is demonstrated that albite-epidote-hornfels facies grade of metamorphism took place to the hornblende hornfels facies.

Key words: layered structure, quartz diorite, subduction, contact metamorphism, Salafchegan

۱. مقدمه

توده‌ی نفوذی کوارتز دیوریتی سلفچگان (کوه آله) در ۴۵ کیلومتری جنوب غرب شهرستان قم بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ}28'$ تا $50^{\circ}30'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}21'48''$ تا $34^{\circ}20'23''$ شمالی قرار دارد (تصویر ۱). این توده با مساحت تقریبی ۱۶ کیلومترمربع، یکی از توده‌های نفوذی کوچکی است که در زمان پس از میوسن در زون آتشفشانی ارومیه-دختر جایگزین شده است. این توده در داخل ماسه سنگ‌ها و آهک‌های ماسه‌ای سازند قرمز فوقانی با سن میوسن بالایی تزریق شده و در اطراف آن هاله‌ی دگرگونی مجاورتی کم ضخامت شکل گرفته است (امامی ۱۳۷۰).

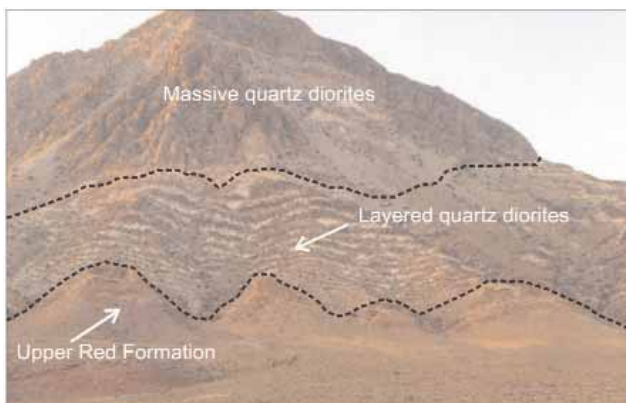
مطالعات سنگ‌شناسی که تا کنون در مورد توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان انجام شده است محدود به گزارش و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ قم (امامی ۱۳۷۰) و ۱:۱۰۰۰۰۰ خوره-سلفچگان (علایی و کهنسال ۱۳۷۹) است. با این وجود در منطقه‌ی گسترده‌ی چهارگوش زمین‌شناسی قم، اطلاعات ارزشمندی پیرامون مسائل زمین‌شناسی ساختمانی، ژئوشیمیایی، سنگ‌شناسی، ولکانولوژی، دینامیسم فوران‌های آتشفشانی و

همچنین پلوتونیزم تشریحی منتشر شده است.

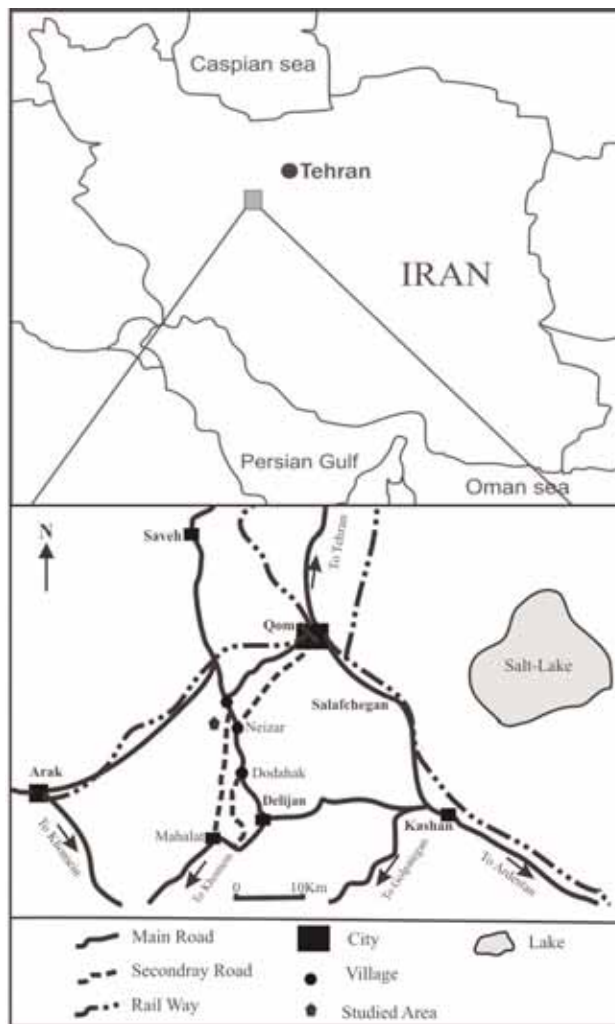
(Nogole Sadate 1978، امامی ۱۳۷۰، سجودی ۱۳۷۲، قلمقاش ۱۳۷۴، شاهرخ ۱۳۷۵). از مشخصات بارز توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان رخنمون دایره‌ای شکل و ساختار داخلی پوست پیازی و متحدالمرکز آن است. در مقاله‌ی حاضر سعی شده است با استفاده از نتایج حاصل از بررسی روابط صحرایی و اطلاعات پتروگرافی سنگ‌های سازنده توده‌ی نفوذی سلفچگان و همچنین تحلیل روند تغییرات ژئوشیمیایی سنگ‌های آن و هاله‌ی دگرگونی مجاورتی پیرامون آن به بررسی جایگاه تکتونیکی این توده پرداخته شود (نظری ۱۳۸۵).

۲. پتروگرافی

توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان از لحاظ ساختاری به دو بخش مرکزی با ساختمان توده‌ای و بخش خارجی با ساختمان لایه لایه قابل تقسیم است (تصویر ۲). لایه‌های دیوریتی تیره و روشن به صورت مزدوج از حاشیه‌ی توده به سمت داخل توده متناوباً تکرار می‌شوند. همبری بین هر زوج لایه تیره و روشن دیوریتی با زوج لایه همجوار خود ناگهانی بوده و با همبری سنگ‌های رسوبی میزبان، موازی می‌باشد (تصویر ۳).



تصویر ۲. نمایی از لایه‌های متناوب تیره و روشن دیوریت به همراه بخش توده‌ای و رسوبات سازند قرمز فوقانی، در بخش جنوبی توده اصلی، دید به سمت شمال.



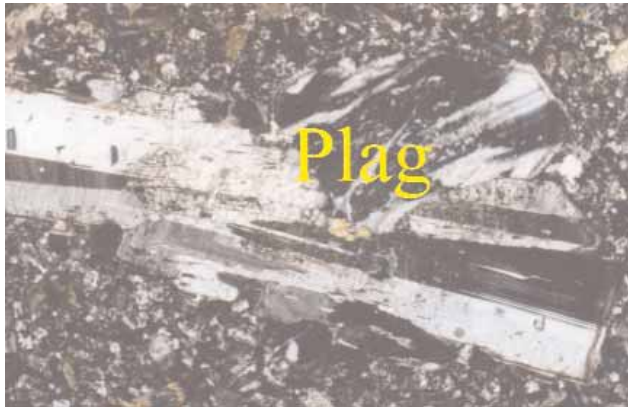
تصویر ۱. نقشه راه‌های دسترسی به منطقه.

۱.۱.۲. لایه‌های دیوریتی

۱.۱.۲.۱. لایه‌های دیوریتی تیره

لایه‌های دیوریتی تیره رنگ خاکستری تا سبز تیره دارند و با فراوانی بیشتر آمفیبول مشخص می‌شوند. این دیوریت‌ها، دارای بافت پورفیری تا میکروگرانولار بوده و از لحاظ کانی‌شناسی شامل کانی‌های اصلی آمفیبول، پلاژیوکلاز، پیروکسن، و کانی‌های فرعی و ثانویه کوارتز بیوتیت، اسفن، اپیدوت، کلریت و اکتینولیت می‌باشند. فنوکریست‌های شکل دار پلاژیوکلاز (تصویر ۴) با اندازه‌ی تقریبی ۵ میلی‌متر، اکثراً منطقه‌بندی نشان

می دهند. آمفیبول ها به دو صورت ریزبلور و فنوکریست، با اندازه ۱ تا ۲ سانتی متر در نمونه ها حضور دارند (تصویر ۵). پیروکسن ها از نوع اوزیت هستند و به صورت بلورهایی با اندازه ی ۲ تا ۵ میلیمتر مشاهده می شوند (تصویر ۶). درصد کانی های مافیک و اپک در لایه های تیره دیوریتی، بیشتر و آلتیره تر از لایه های روشن است. کانی های مافیک اکثراً به کلریت تبدیل شده اند.



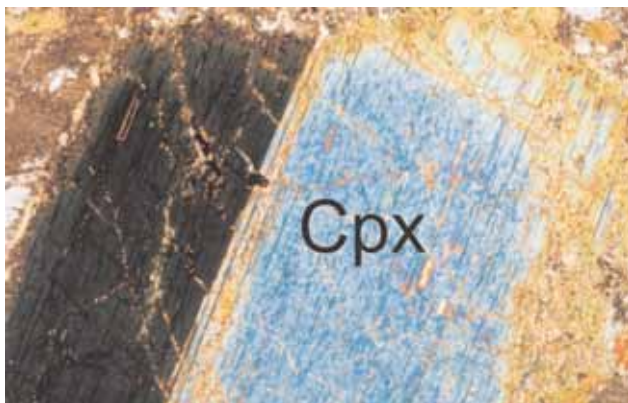
تصویر ۴. درشت بلور پلاژیوکلاز با ماکل تکراری و ضربدری. نورپلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Plag: پلاژیوکلاز.



تصویر ۳. نمایی از لایه های تیره و روشن در بخش حاشیه ای توده.



تصویر ۵. بلور آمفیبول در مقطع عرضی. نورپلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Am: آمفیبول، Qz: کوارتز



تصویر ۶. میکروفنوکریست پیروکسن با ماکل تیغه ای. نورپلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Cpx: کلینوپیروکسن

۲.۱.۲. لایه های دیوریتی روشن

لایه های روشن که به رنگ خاکستری روشن بوده و با فراوانی فنوکریست های پلاژیوکلاز و بافت پورفیری مشخص اند، عمدتاً حاوی کانی های اصلی پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن، کوارتز و کانی های فرعی و ثانویه بیوتیت، اسفن، اپیدوت، کلریت و اکتینولیت هستند. درصد کانی های فلسیک در این لایه ها بیشتر از لایه های تیره است به طوری که تعداد و اندازه ی کانی های پلاژیوکلاز بیشتر شده و قطر آن ها به حدود ۱ سانتی متر می رسد. پلاژیوکلازها اغلب ماکل پلی سنتتیک، زونینگ و در بعضی موارد بافت غربالی نشان می دهند.

در دیوریت های روشن، پلاژیوکلازها بیشتر آلتیره شده و اکثراً به کلسیت تبدیل شده اند. تعداد فنوکریست ها کمتر، ولی اندازه آن ها معمولاً بزرگ تر از انواع موجود در لایه های تیره است. کانی های مافیک از نوع آمفیبول و پیروکسن هستند و با فراوانی کمتر و آلتراسیون کمتر نسبت به لایه های تیره مشخص می شوند. به هر حال هر دو بخش تیره و روشن صرف نظر از اختلافات جزئی بافتی و کانی شناسی، از لحاظ رده بندی سنگ شناسی در گروه کوارتز دیوریت قرار می گیرند (تصویر ۷).

وجود بافت های نامتعادل مثل منطقه بندی ترکیبی در پلاژیوکلازها و آمفیبول ها، خوردگی حاشیه درشت بلورها و حضور درشت بلورهایی با حاشیه واکنشی مثل آمفیبول یکی از مشخصات سنگ های کمان ماگمایی است

و بررسی نحوه‌ی تشکیل توده، تعداد ۶ نمونه از سالم‌ترین دیوریت‌های لایه‌ای نوار حاشیه‌ی توده و چهار نمونه نیز از سالم‌ترین دیوریت‌های توده‌ای بخش مرکزی برای آنالیز ژئوشیمیایی انتخاب گردیدند و در آزمایشگاه ALS_Chemex در کشور کانادا به روش ICP مورد آنالیز قرار گرفتند.

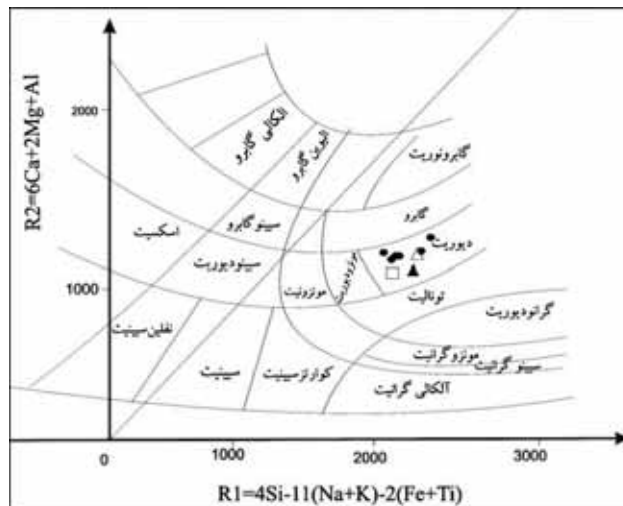
در تصویر ۸ فراوانی عناصر کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه با کندریت (Sun & McDonough 1989)، نرمالیز شده است، چنانچه در این نمودار ملاحظه می‌گردد غنی‌شدگی از عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) نسبت به عناصر کمیاب خاکی سنگین (HREE) و مشابهت فراوانی HREE با عناصر کمیاب خاکی متوسط (MREE) از مشخصات سنگ‌های توده است. بالا بودن LREE نسبت به HREE یکی از خصوصیات بارز سنگ‌های کالکوالکالن قوس آتشفشانی مناطق فرورانش حاشیه‌ی قاره‌ای است (Wilson 1989, Brewer et al. 1998, Kampunzu et al. 2003, Machado et al. 2005).

در نمودار مربوط به فراوانی عناصر کمیاب که نسبت به گوشته اولیه (Sun & McDonough 1989) نرمالیز شده است (تصویر ۹)، شاهد آنومالی منفی Nb و Ti و P و آنومالی مثبت CS و Rb و Ba و K و Sr می‌باشیم. پارادا و همکاران (et al. 1999 Parada) و شاو و همکاران (Shaw et al. 1993) غنی‌شدگی از عناصر ناسازگار با پتانسیل یونی پایین مانند Rb و Ba و K و Sr را در کنار آنومالی منفی عناصر ناسازگار با پتانسیل یونی بالا مانند Nb و Ti و P را دلیلی بر ماگماتیسم مرتبط با زون فرورانش می‌دانند. همچنین سنگ‌های کمان آتشفشانی غنی‌شدگی Sr نسبت به Ce را نشان می‌دهند (Rollinson 1993). آنومالی منفی Nb-Ti و غنی‌شدگی نسبی از Cs بیانگر آلودگی ماگمای اولیه با پوسته‌ی زیرین می‌باشد (Wilson 1989, et al. 2003, Gioncada).

نمونه‌های توده‌ی مورد نظر در نمودار (Pearce et al. 1984) Rb/Y+Nb در محدوده‌ی گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی قرار می‌گیرند که از ویژگی‌های سنگ‌های آذرین نوع ۱ و مرتبط با ماگمای مناطق فرورانش می‌باشد (تصویر ۱۰).

نمونه‌های مورد مطالعه حاوی مقدار بالای Al_2O_3 (16-18%)، مقادیر پایین TiO_2 (کمتر از ۱٪) و مقدار متوسط SiO_2 (۶۰-۵۴٪) شبیه ماگماهای حد واسط و مافیک پر Al جایگاه‌های قوسی هستند (Bogoch et al. 2002). سنگ‌های توده کوارتز دیوریتی سلفچگان از نظر درجه‌ی اشباع‌شدگی از آلومینیم در محدوده‌ی متآلومین قرار می‌گیرند (تصویر ۱۱).

به عقیده اوارت (Ewart 1982)، برور و همکاران (Brewer et al. 1998) و ماچادو و همکاران (Machado et al. 2005) غنی‌شدگی از LREE نسبت به HREE تیپیک سنگ‌های جایگاه کالکوالکالن است. با توجه به شواهد بیان



تصویر ۷. نمونه‌های مورد مطالعه در طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین نفوذی (De la Roch et al. 1980) که در محدوده‌ی دیوریت قرار گرفته‌اند

این انکلاوها اغلب به صورت گرد شده و به فرم کلوچه‌ای یا تخت دیده می‌شوند.

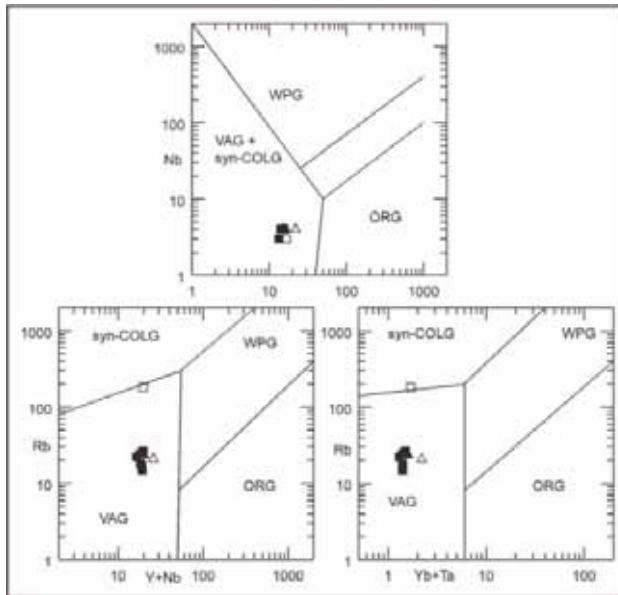
در بخش خارجی توده، کانی‌ها با حفظ فرم اولیه ماگمایی خود جهت‌یابی نشان می‌دهند. این فولیاسیون ماگمایی به موازات لایه‌بندی دیوریت‌ها و کنتاکت آن‌ها با سنگ‌های میزبان بوده و می‌تواند نشانه‌ی تزریق پر فشار ماگما به داخل مخزن ماگمایی و جهت‌یابی کانی‌ها در حاشیه‌ی خارجی توده باشد. با توجه به شواهد فوق به نظر می‌رسد که ورود ماگمای جدید به داخل مخزن در مراحل مختلف توانسته موجب انبساط توده شود.

۲.۲. دیوریت‌های توده‌ای

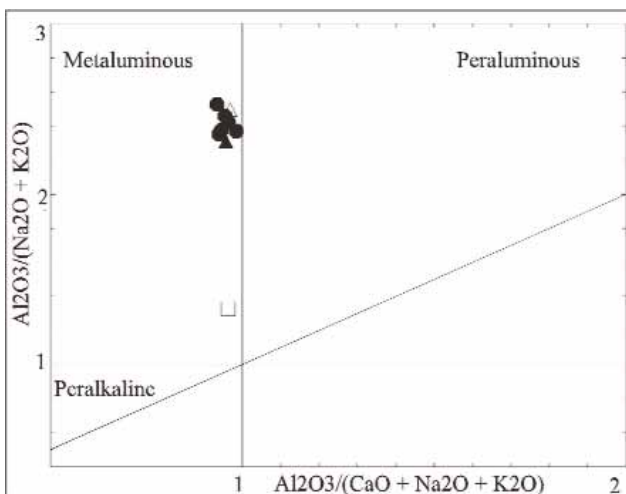
دیوریت‌های همگن و توده‌ای در بخش مرکزی توده رخمون دارند و عمدتاً از دیوریت کوارتزار با بافت پورفیری تشکیل شده‌اند. این بخش از توده معمولاً از نظر خصوصیات سنگ‌شناسی مشابه لایه‌های دیوریتی روشن بوده و از لحاظ کانی‌شناسی حاوی فنوکریست‌های نسبتاً درشت و شکل‌دار آمفیبول، پلاژیوکلاز و پیروکسن می‌باشند. فنوکریست‌های پلاژیوکلاز که اغلب ۱ تا ۲ سانتی‌متر قطر دارند، با ماکل پلی‌سنتتیک، زونینگ و در بعضی موارد با بافت غربالی مشخص می‌شوند. هورنبلند به دو صورت ریز بلور و فنوکریست، با اندازه‌ی ۱ تا ۲ سانتی‌متر در نمونه‌ها حضور دارند. پیروکسن‌ها از نوع اوژیت‌اند و به صورت بلورهای ریز و درشت با ابعاد کمتر از ۱ سانتی‌متر مشاهده می‌شوند. کانی‌های فرعی عبارتند از: کوارتز، بیوتیت، اکتینولیت، اسفن و تورمالین.

۳. ژئوشیمی

به منظور بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان



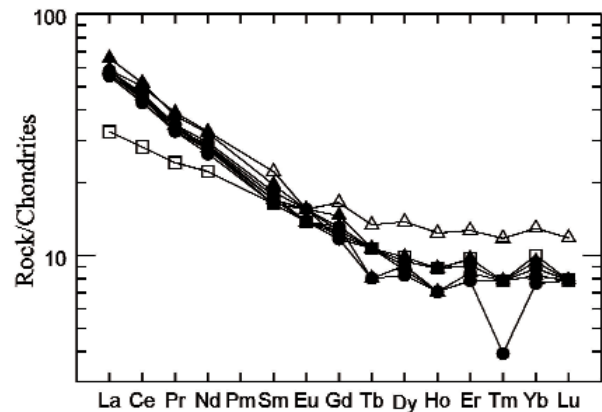
تصویر ۱۰. نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودارهای تفکیک کننده‌ی محیط‌های تکتونیکی (Pearce et al. 1984) در محدوده‌ی گرانیتهای کمان آتشفشانی (VAG) قرار می‌گیرند.



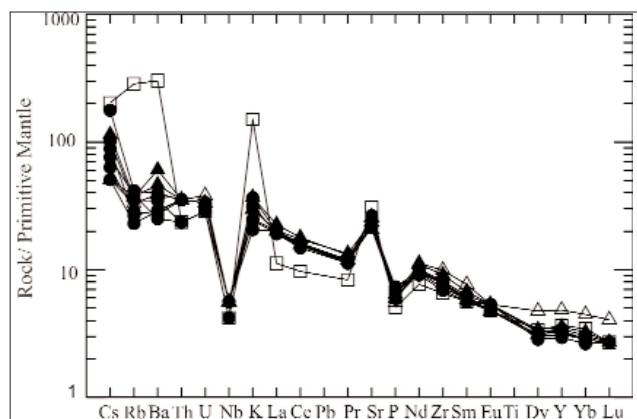
تصویر ۱۱. نمونه‌های مورد بررسی از لحاظ درجه اشباع از آلومینیوم همگی در محدوده‌ی متآلومین قرار می‌گیرند. (Maniar & Piccoli 1989)

ولاستونیت+اپیدوت+زوئیزیت+کلینوزوئیزیت+کلسیت
اسکاپولیت+اپیدوت+کلسیت

در قسمت‌های مختلف هاله دگرگونی تجمعات دانه ریز اپیدوت + کلریت + کلسیت + کوارتز به صورت لکه‌های میکروسکوپی قابل تشخیص‌اند (تصویر ۱۲). گارنت‌های موجود در هاله‌ی دگرگونی مجاورتی از نوع گرسولار بوده و اکثراً در امتداد شکستگی‌ها تشکیل شده‌اند (تصویر ۱۳). به دلیل فرارگیری تیغه‌های شعاعی ولاستونیت به دور هسته‌های اپیدوتی، هورنفلس‌ها اکثراً بافت روزت (گلبرگی) نشان می‌دهند (تصویر ۱۴). اسکاپولیت معمولاً در یک زمینه کلسیتی و درون حفرات مشاهده می‌شود (تصویر ۱۵). مجموعه کانی‌های موجود در هاله‌ی دگرگونی مجاورتی نشان



تصویر ۹. فراوانی عناصر نادر خاکی (REE) در نمونه‌های مورد مطالعه که نسبت به کندریت نرمالیز شده‌اند (Sun & McDonough 1989).

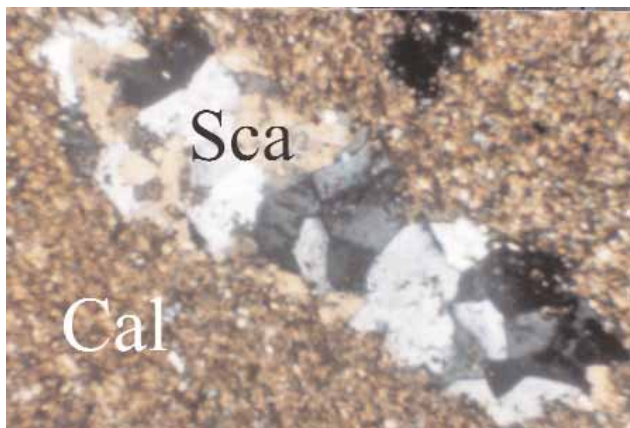


تصویر ۹. فراوانی عناصر فرعی و کمیاب در نمونه‌های مورد مطالعه که نسبت به گوشته‌ی اوکیه نرمالیز شده‌اند (Sun & McDonough 1989).

شده می‌توان گفت که توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان حاصل فعالیت ماگمایی مرتبط با فروانش پوسته اقیانوسی نئوتیس به زیر ورقه‌ی قاره‌ای ایران مرکزی می‌باشد.

۴. دگرگونی مجاورتی

سنگ‌های رسوبی میزبان توده در مجاورت بلا فصل توده متحمل دگرگونی حرارتی شده‌اند و بافت هورنفلسی به خود گرفته‌اند. در اثر نفوذ توده‌ی کوارتز دیوریتی سلفچگان به درون آهک‌ها و ماسه سنگ‌های سازند قرمز فوقانی، یک هاله‌ی دگرگونی بسیار نامنظم و درجه‌ی ضعیف با ضخامت حدود ۱ تا ۵ متر ایجاد گردیده است. به منظور بررسی تأثیرات حرارتی توده مزبور بر روی سنگ‌های میزبان نمونه برداری صحرائی و مطالعات میکروسکوپی انجام گردید. مجموعه کانی‌های موجود در آهک‌های تجدید تبلور یافته قسمت بیرونی هاله عبارتند از گارنت+اپیدوت+کلسیت و به سمت داخل هاله، مرم‌های دگرگونی مجاورتی شامل مجموعه کانی‌های زیر می‌باشند:



تصویر ۱۵. اسکاپولیت در سنگ های مجاور توده که هورنفلسی شده اند مشاهده می گردد. نور پلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Sca: اسکاپولیت، Cal: کلسیت.

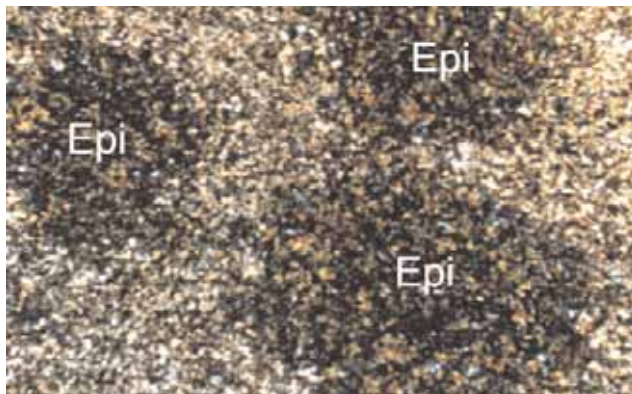
شدت دگرگونی مجاورتی در قطعاتی از سنگ های میزبان که به صورت انکلاوهای کوچک و بزرگ به داخل توده دیوریتی سقوط نموده اند، تا حدی بیشتر است. انکلاوهای رسوبی با ابعادی بین ۲ تا ۱۵ سانتی متر به صورت قطعات زاویه دار تا کمی گرد شده در بخش های مرکزی توده تا بلوک های بسیار بزرگ ۲۰ تا ۱۰۰ متری در حاشیه ی شمال شرقی توده پراکنده اند. بلوک های بزرگ آهکی که به صورت جزیره در میان دیوریت ها مشاهده می شوند، در حاشیه متحمل دگرگونی مجاورتی شده اند.

انکلاوهای کوچک کرناته در اثر حرارت توده، تجدید تبلور پیدا کرده اند به طوری که کوارتزها بافت مضرس پیدا کرده و مجموعه کانی های شعاعی و لاستونیت، اپیدوت و کلریت در آن ها شکل گرفته است.

۵. نتیجه گیری

توده ی کوارتز دیوریتی سلفچگان از لحاظ ساختاری به دو بخش مرکزی با ساختمان توده ای و خارجی با ساختمان لایه لایه قابل تقسیم است. با توجه به این که دیوریت های بخش مرکزی و خارجی دارای بافت پورفیری می باشند و از لحاظ بافتی در گروه سنگ های نیمه عمیق قرار می گیرند و با توجه به ضخامت کم هاله ی دگرگونی و شدت کم دگرگونی مجاورتی با اطمینان می توان بیان داشت که این توده در اعماق کم جایگزین شده است. همچنین نمونه های مورد نظر در محدوده ی گرانتیوئیدهای قوس آتشفشانی قرار می گیرند که از ویژگی های سنگ های آذرین نوع ۱ و مرتبط با ماگمای مناطق فرورانش می باشد. مقادیر پائین Nb, Yb, Y، غنی شدگی از عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) در مقایسه با عناصر کمیاب خاکی سنگین (HREE) در نمودارهای عنکبوتی، آنومالی منفی Nb-Ti و مقادیر بالای آلومینیم نشان دهنده ژنر ماگماهایی است که به وسیله ی ذوب بخشی یک تخته در حال فرورانش ایجاد شده اند.

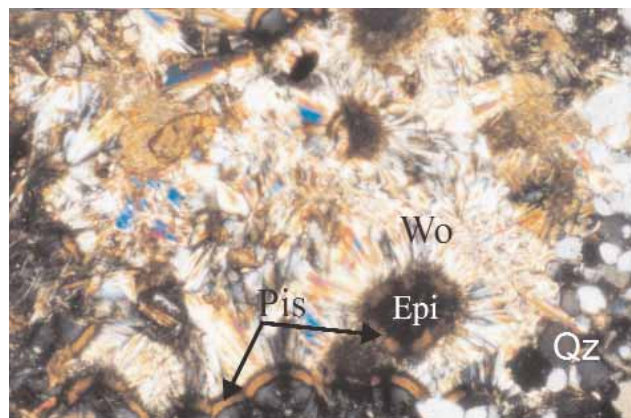
می دهند که سنگ های میزبان در حد رخساره های آلبیت-اپیدوت-هورنفلس تا هورنبلند-هورنفلس دگرگون شده اند و بر طبق نظر وینکلر (Winkler 1979) دمایی در حدود ۶۰۰-۴۰۰ درجه سانتی گراد را در فشار کمتر از ۲ کیلو بار تحمل نموده اند. بنابراین با توجه به شرایط حاکم بر تجدید تبلور سنگ های میزبان توده به نظر می رسد که توده ی کوارتز دیوریتی سلفچگان در اعماق کمتر از ۵ کیلومتری پوسته جایگزین شده باشد.



تصویر ۱۲. لکه های میکروسکوپی سرشار از اپیدوت در سنگ های دگرگونی اطراف توده، نورپلاریزه، بزرگنمایی ۱۰۰. Epi: اپیدوت.



تصویر ۱۳. گارنت نوع گرسولار در مرمرهای دگرگونی مجاورتی اطراف توده، نورپلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Gar: گارنت.



تصویر ۱۴. بافت رزت (گلبرگی) در کانی های هاله ی دگرگونی مجاورتی که حاصل قرارگیری تیغه های شعاعی و لاستونیت به دور هسته های اپیدوتی است. نورپلاریزه، بزرگنمایی ۴۰، Wo: ولاستونیت، Epi: اپیدوت، Qz: کوارتز، Pis: پیستاتیت.

۴. مراجع

- امامی، م.، ۱۳۷۰، شرح نقشه‌ی زمین‌شناسی چهارگوش قم مقیاس ۱:۷۲۵۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- سجودی کیسمی، ح.، ۱۳۷۲، بررسی زمین‌شناسی و پترولوژی سنگ‌های آذرین جنوب قم، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- شاهرخ، ج.، ۱۳۷۵، پترولوژی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی نئوژن منطقه‌ی سلفچگان-آشتیان، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- علایی مهابادی، س. و کهنسال، ر.، ۱۳۷۹، نقشه زمین‌شناسی ۱:۷۱۰۰۰۰ چهارگوش سلفچگان-خوره، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- قلمقاش، ج.، ۱۳۷۴، مطالعه‌ی پلوتونیسیم ترشیری در منطقه‌ی جنوب قم (محدود به ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰: کهک)، رساله‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- نظری، م.، ۱۳۸۵، بررسی منشأ و محیط تکنونیک توده‌ی نفوذی کوارتزدیوریتی سلفچگان، شمال دلیجان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- Best, M. G. & Christiansen, E. H., 2001, "Igneous Petrology", *Black Well Science, Inc.* 458 p.
- Brewer, T. S., Daly, J. S. & Ahal, K., 1998, "Contrasting magmatic areas in the Palaeoproterozoic of the south-western Baltic Shield", *Precambrian Research*, Vol. 92: 297-317.
- Bogoch, R., Avigad, D. & Weissbrod, T., 2002, "Geochemistry of the quartz diorite-granite association, Roded area, southern Israel", *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 35: 51-60.
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grande, P. & Marshal, M., 1980, "A classification of volcanic and plutonic rocks using R1/R2 diagram and major elements analysis, its and current nomenclature", *Chemical Geology*, Vol. 29: 183 - 210
- Ewart, A., 1982, "The mineralogy and petrology of Tertiary-recent orogenic volcanic rocks with special reference to the andesite-basalt compositional range", in: Thorpe, R.S. (Ed.), "Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks", John Wiley and Sons, New York, 25-87.
- Gioncada, A., Mazzuoli, R., Bisson, M. & Pareschi, M. T., 2003, "Petrology of volcanic products younger than 42 Ka on the Lipari-Volcano complex (Aeolian Islands, Italy): an example of volcanism controlled by tectonics", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, Vol. 122: 191-220.
- Kampunzu, A. B., Tombale, A. R., Zhai, M., Bagai, Z., Majaule, T. & Modisi, M. P., 2003, "Major and trace element geochemistry of plutonic rocks from Francistown, NE Botswana: evidence for a Neoproterozoic continental active margin in the Zimbabwe canton", *Lithos*, Vol. 71 (2): 431-460.
- Machado, A., Lima, E. F., Chemale, F. Jr., Morata D., Oteiza, O., Almeida, D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. & Urrutia, J. L., 2005, "Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica", *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 18: 407-425.
- MacDonald, R., Hawakesworth, C. J. & Heath, E., 2000, "The Lesser Antilles volcanic chain: a study of arc magmatism", *Earth Science Reviews*, Vol. 49: 1-76.
- Maniar, P. D. & Piccoli, M., 1989, "Tectonic discrimination of granitoids", *Geological Society of American Bulletin*, Vol. 101: 635 - 642
- Nogole Sadate, M. A. A., 1978, "Les zones de décrochements et les virgations structurales en Iran. Consequences des resultats de l'analyse struturelle de la region de Qom", *Thesis univ. scientifique et edicale de Grenoble*; 201p.
- Parada, M. A., Nystrom, J. O. & Levi, B., 1999, "Multiple sources for the Coastal Batholith of central Chile (31-34 S): geochemical and Sr-Nd isotopic evidence and tectonic implication", *Lithos*, Vol. 46: 505-521.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G., 1984, "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks", *Journal of Petrology*, Vol. 25: 956 - 983.
- Poma, S., Quenardelle, S., Litvak, V., Maisonnave, E. B. & Koukharsky, M., 2004, "The Sierra de Macon, Plutonic expression of the Ordovician magmatic arc, Salta Province Argentina", *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 16: 587-597.
- Rollinson, H. R., 1993, "Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation", *Longman Scientific and Technical*, 252 p.
- Shaw, A., Downes, H. & Thirwall, M. F., 1993, "The quartz-diorites of Limousin: elemental and isotopic evidence for Devono-Carboniferous subduction in the Hercynian belt of the French Massif Central", *Chemical Geology*, Vol. 107: 1-18.
- Shelly, D., 1993, "Igneous and metamorphic rocks under the microscope", *Chapman and Hall*, 630 p.
- Sun, S. S. & McDonough, W. F., 1989, "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes", In: Saunders, A.D., Norrey, M.J. (Eds.), "Magmatism in the Ocean Basins", *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, Vol. 42: 313-345.
- Wilson, M., 1989, "Igneous petrogenetic", *Chapman & Hall*, 466 p.
- Winkler, H. G. F., 1979, "Petrogenesis of metamorphic rocks", *Springer Verlag, New York, Inc.* 384 p.