پتـــــرولوژی، سال پنجم، شماره بیستم، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۱-۱۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱

ژئوشیمی و پتروژنز دایک‌های دولریتی حاوی مگاکریست پلاژیوکلاز واقع در بخش میانی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه (استان کرمان)

زهرا زلفی و حمید احمدی‌پور *
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

در بخش‌های مرکزی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه در استان کرمان، دایک‌های دولریتی ویژه‌ای وجود دارد که حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز است. این ناحیه در ۷۰ کیلومتری جنوب شهر کرمان قرار دارد و بخشی از کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر را به نمایش می‌گذارد. فراوان‌ترین سنگ‌های ناحیه شامل: سنگ‌های آذرآواری و گدازه‌های آندزیتی تا بازالتی است که سنی معادل ائوسن دارد و سنگ میزبان دایک‌های مورد مطالعه به شمار می‌رود. ضخامت دایک‌ها در صحرا به هفت متر می‌رسد و پلاژیوکلاز، تنها کانی است که به خوبی در آنها مشاهده می‌شود. بلورهای پلاژیوکلاز یک تفریق جریانی واضحی را نشان می‌دهد و تمایل دارد که در بخش‌های مرکزی دایک‌ها تجمع نماید. در زیر میکروسکوپ، این دایک‌ها، حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز و فنوکریست‌های اولیوین است که در زمینه‌ای ریزبلور و میکرولیتی قرار دارد. بلورهای پلاژیوکلاز انواع بافت‌های غیر تعادلی نظیر: بافت غربالی، غباری و منطقه‌بندی را نشان می‌دهد. این شواهد می‌تواند دلیلی بر فرآیندهایی مانند: تغذیه مکرر آشیانه ماگمایی یا کاهش فشار ناشی از صعود ماگما باشد. از نظر ژئوشیمیایی این دایک‌ها ماهیت کالک‌آلکالن داشته وگرایش اندکی به سمت توله‌ایتی دارد. همچنین، تهی‌شدگی سنگ‌های مورد نظر از: Nb، P، Ta و Ti نشان می‌دهد که شاید ماگماهای سازنده آنها به مناطق فرورانش تعلق داشته و تحت تأثیر آلودگی پوسته‌ای قرار گرفته‌اند. بر اساس مطالعات پتروژنتیکی دایک‌های مطالعه شده در یک محیط حاشیه فعال قاره تشکیل شده‌اند. فراوانی عناصر کمیاب نشان‌دهنده این است که شاید ماگماهای سازنده دایک‌های منطقه، محصول ذوب بخشی یک گوشته باشد که تحت تأثیر سیالات آزاد شده از لیتوسفر فرورو، متاسوماتیزه شده است. تغییرات نسبت‌های Th/Yb و Ta/Yb نشان می‌دهد که ماگماهای مورد نظر در هنگام صعود به سطح زمین، دچار آلودگی پوسته‌ای شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مگاکریست پلاژیوکلاز، دایک‌های دولریتی، کرمان، نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه

مقدمه

در بخش‌های میانی نوار ولکانو-پلوتونیک دهج-ساردوئیه که از نظر زمین‌شناسی جزو بخش جنوب‌شرقی کمربند ماگمایی ارومیه-دختر به

* hahmadi@uk.ac.ir

شـمار مـی‌رود (Dimitrijevic, 1973) تعـداد زیـادی دایـک‌هـای دولریتـی غنـی از بلورهـای بسـیار درشـت پلاژیـوکلاز دیـده مـی‌شـود کـه بـه درون گـدازه‌هـا و سـنگ‌هـای آذرآواری ائوسـن نفـوذ کـرده‌انـد. ایـن منطقـه بـین طـول‌هـای جغرافیـایی '۳۰°۲۹ تـا '۴۵°۲۹ شـرقی و عـرض‌هـای جغرافیـایی '۳۰°۵۶ تـا '۳۰°۵۷ شمالی (جنوب‌شـرق بردسـیر تـا جنـوب‌غـرب رایـن) قـرار گرفتـه اسـت. در ایـن بخـش، مطالعـات زمـین‌شناسـی در قالـب نقشـه‌هـای زمـین‌شناسـی بـا مقیـاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سـیرجان (Soheili, 1993) و ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسـیر (Afsharian Zadeh *et al.*, 1993) و همچنـین، پایـان‌نامـه‌هـای کارشناسـی ارشـد انجام شده است و سـنگ‌شناسـی واحـدهای گـدازه‌ای و آذرآواری در آن بـه خـوبی مطالعـه و نمونـه‌هـایی از گـدازه‌هـای آنـدزیتی حـاوی بلورهـای درشـت پلاژیـوکلاز در شـمال‌غـرب منطقـه شـیرینک واقـع در جنـوب‌شـرق بردسـیر (Naderi, 2013)، در منطقـه دره زارچوئیـه واقـع در جنـوب‌شـرق بردسـیر (Fatehi Chenar, 2012؛ Fatehi Chenar *et al.*, 2012)، در بخـش غربـی منطقـه هـزار واقـع در جنـوب‌غـرب رایـن (Khajeh Javaran, 2011) و در مجموعـه سـنگ صـیاد واقـع در جنـوب‌شـرق بردسـیر (Mohammadi, 2008) گـزارش شـده‌انـد. امـا مطالعـه سـنگ‌شناسـی دقیقـی بـر روی ایـن گونـه دایـک‌هـای غنـی از پلاژیـوکلاز انجـام نشـده اسـت. بنـابراین، در این پژوهش تـلاش شـده تـا بـا اتکـا بـه نتـایج تجزیـه شـیمیایی و ارتبـاط آنهـا بـا مطالعـات صـحرایی و میکروسـکوپی ماهیـت ژئوشـیمیایی و خاسـتگاه تکتونیکی این دایک‌ها بـه همـراه ارایـه مـدل احتمـالی تشکیل آنها، بررسی شـود. عـلاوه بـر ایـن، دایـک‌هـای مـورد نظـر بـه عنـوان یـک فـاز ماگمـایی مسـتقل در منطقـه وسـیعی از نـوار دهـج-سـاردوئیه نفـوذ کـرده و مـی‌توانـد نماینـده یـک فـاز ماگمـازایی بعـد از ائوسـن در منطقـه باشـد. بنـابراین، مطالعـه آنهـا ضـروری بـه نظر مـی‌رسـد. از آنجـایی کـه در نقشـه زمـین‌شناسـی ۱:۱۰۰۰۰۰ بردسـیر (Afsharian Zadeh *et al.*, 1993) بـرای ایـن دایـک‌هـا سـنی معـادل بـا الیگومیوسـن در نظـر گرفتـه شـده، طبیعـی اسـت کـه مطالعه دقیق منشأ آنهـا مـی‌توانـد بـه شـناخت بخشـی از تاریخ زمین‌شناسی منطقه کمک نماید.

زمین‌شناسی منطقه

نـوار دهـج-سـاردوئیه کـه دایـک‌هـای غنـی از درشـت‌بلورهـای پلاژیـوکلاز در گسـتره وسـیعی از بخش میـانی آن نفـوذ کـرده‌انـد، بخـش جنـوب‌شـرقی کمـان ماگمـایی ارومیـه-دختـر را تشـکیل داده و بـا روند شمال‌غـرب-جنـوب‌شـرق در اسـتان کرمـان قـرار گرفتـه اسـت. نـوار دهـج-سـاردوئیه بیشـترین حجـم ماگماتیسـم کمربنـد ارومیـه-دختـر را بـه خـود اختصـاص داده و بخـش اعظـم سـنگ‌هـای موجـود در ایـن کمربنـد ترکیـب حدواسـط تـا بـازی دارد و در محـدوده کالـک‌آلکـالن قـرار مـی‌گیـرد. Dimitrijevic در سال ۱۹۷۳ ایـن نـوار را بـه چنـد مجموعـه تقسـیم کـرد و دایـک‌هـای مطالعـه شـده در یکـی از ایـن مجموعـه‌هـا بـه نـام مجموعـه هـزار واقـع شـده اسـت. مجموعـه هـزار بـا سـن ائوسـن فوقـانی بـالاترین مجموعـه از سـنگ‌هـای آذریـن ائوسـن ناحیـه کرمـان بـوده و شـامل: بـیش از ۱۵۰۰ متـر سـنگ‌هـای آتشفشانی و رسوبی است.

در ایـن بخـش از کمربنـد انـواع سـنگ‌هـای آتشفشـانی از جملـه: گـدازه‌هـای بـازالتی وآنـدزیتی و انـواع مختلـف نهشـته‌هـای آذرآواری از جملـه: تـوف، آگلـومرا و بـرش مشـاهده شـده کـه سـنگ میزبـان دایک‌های مـورد نظـر اسـت (شـکل ۱-A). گـدازه‌هـای بـازالتی موجـود در منطقـه، بـه صـورت تـوالی‌هـای منظم بـا پیروکلاسـتیک‌هـا دیـده مـی‌شـود و حـداکثر ضخامت لایه‌های آنها بـه ۴۰ متـر مـی‌رسـد. در نمونـه دسـتی، کـانی‌هـای پلاژیـوکلاز، پیروکسـن و گـاهی

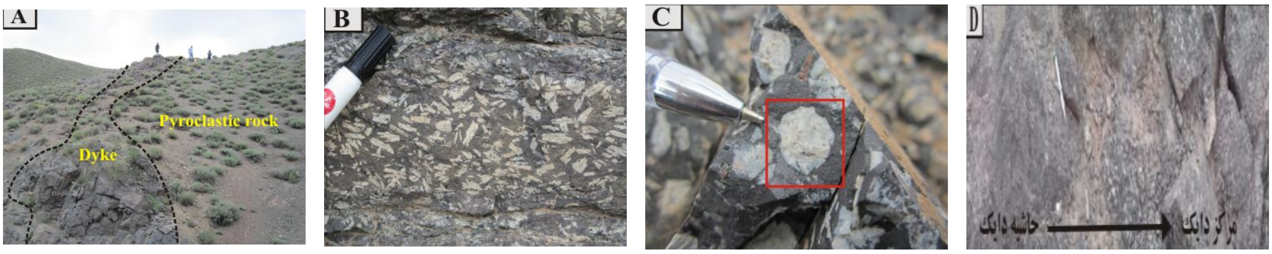
اولیوین قابل تشخیص است. اما بیشتر حجم سنگ را زمینه‌ای ریزبلور تشکیل می‌دهد. رنگ غیر هوازده بازالت‌ها سیاه تا خاکستری تیره است در صورتی که سطح هوازده به دلیل ورنی صحرایی به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه در آمده است.

گدازه‌های آندزیتی به رنگ خاکستری و خاکستری تیره تا سیاه دیده می‌شود و دارای بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن است. از لحاظ حجمی، پلاژیوکلاز در آنها بیشتر از پیروکسن و اندازه بلورهای پلاژیوکلاز در این گدازه‌ها حداکثر به ۰/۵ سانتی‌متر می‌رسد. سنگ‌های آذرآواری میزبان، شامل: بِرش، توف و آگلومرا است. بِرش‌ها به صورت لایه‌هایی با ضخامت متوسط ۱۵ متر دیده می‌شود. دارای قطعات زاویه‌دار با اندازه‌های مختلف بوده که در زمینه‌ای نیمه جوش خورده قرار دارد. این قطعات از تنوع ترکیبی برخوردار هستند. به گونه‌ای که قطعات درشت که اندازه آنها حداکثر به ۳۰ سانتی‌متر هم می‌رسد، گدازه‌اند و قطعات کوچک‌تر از جنس توف است. توف‌ها در منطقه به صورت لایه لایه و به رنگ ارغوانی و گاهی سبز دیده می‌شود. دانه‌ریز و جوش خورده‌اند و ضخامت لایه‌ها تا ۲ متر می‌رسد. آگلومراها نیز به صورت لایه‌هایی با ضخامت ۵۰ متر دیده می‌شود. این نهشته‌ها زمینه‌ای با جوش خوردگی متوسط دارد که در آن، قطعات گرد شده با ترکیبات مختلف قرار گرفته‌اند.

دایک‌های مطالعه شده حداکثر هفت متر ضخامت دارد و امتداد آنها شمال‌شرق-جنوب‌غرب و شمال‌غرب-جنوب‌شرق است. طول این دایک‌ها گاهی به ۱۰۰ متر هم می‌رسد. گاهی نیز به صورت توده‌های آپوفیز مانند به قطر ۱/۵ متر دیده می‌شود. رنگ غیرهوازده این دایک‌ها، خاکستری کمی متمایل به سیاه و رنگ هوازده آنها کاملاً سیاه است در بعضی نمونه‌ها، دایک‌های مورد بررسی قطعاتی از پیروکلاستیک‌های میزبان را در بر گرفته‌اند. در صحرا پلاژیوکلاز تنها کانی است که در این دایک‌ها به وفور هم به صورت تیغه‌ای و هم تخته‌ای دیده می‌شود (شکل ۱-B و C) و گاهی در نمونه دستی منطقه‌بندی هم نشان می‌دهد. این کانی با اندازه‌های متفاوت از کمتر از یک سانتی‌متر تا سه سانتی‌متر در زمینه‌ای کاملا ریزدانه به صورت جهت یافته یا به صورت متقاطع در زمینه قرار دارد. در صحرا از حاشیه به سمت مرکز دایک، اندازه و فراوانی بلورهای پلاژیوکلاز بیشتر می‌شود که می‌تواند نشان‌دهنده سرد شدن سریع ماگما در مرز تماس با سنگ میزبان یا مبین تفریق جریانی (Best, 2003) و تمرکز بلورهای درشت پلاژیوکلاز در مرکز دایک باشد (شکل ۱-D). تقریبا تمامی دایک‌های مورد بررسی، به دلیل وجود فعالیت‌های تکتونیکی، ظاهری تکتونیزه همراه با شکستگی‌های فراوان دارد و در بعضی از این شکستگی‌ها به دلیل نفوذ محلول‌های گرم رگه‌های کلسیت ایجاد شده است.

روش انجام پژوهش

به منظور بررسی دایک‌های مورد مطالعه در ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و سپس با اتکا به این اطلاعات پایه، بازدید صحرایی و نمونه‌برداری از منطقه انجام شد. بعد از انجام مطالعات میکروسکوپی، تعداد ۱۰ نمونه برای تجزیه شیمیایی (با همکاری شرکت زرآزما) به آزمایشگاه LABWEST در کشور استرالیا فرستاده شد. تجزیه اکسیدهای اصلی به درصد و با روش ICP-AES و تجزیه عناصر فرعی و کمیاب به ppm و با روش ICP-MS انجام گرفت. برای هر نمونه، ۱۲ اکسید اصلی و ۳۶ عنصر فرعی و کمیاب اندازه‌گیری شده است.



شکل ۱- ویژگی‌های صحرایی دایک‌هـای غنـی از پلاژیـوکلاز. A) دایک‌هـایی کـه ظـاهر صـخره‌ای دارد؛ B) بلورهـای پلاژیـوکلاز بـا فـرم تیغـه‌ای و حالـت جریـانی؛ C) بلـور پلاژیـوکلاز بـا فـرم تختـه‌ای؛ D) افـزایش فراوانـی و انـدازه بلورهـای پلاژیـوکلاز از حاشـیه بـه مرکـز دایک که مبین تفریق جریانی یا سرد شدن سریع ماگما در مرز تماس با سنگ میزبان است.

پتروگرافی

بررســـی‌هـــای میکروســـکوپی نشـــان داد کـــه دایـک‌هـای مـورد مطالعـه، ترکیـب بازالتیـک-آنـدزیت داشته و بافـت اصـلی آنهـا پـورفیری اسـت. امـا عـلاوه بر این بافت، بافـت گلومروپـورفیری و بـادامکی نیـز بـه صـورت فرعـی دیـده مـی‌شـود. از آنجـا کـه سـنگ میزبـان اصـلی ایـن دایـک‌هـا، گـدازه‌هـای بـازالتی و آنـــدزیتی اســـت؛ نخســـت مختصـــری بـــه شـــرح ویژگـــی‌هـــای ســـنگ‌نگـــاری گـــدازه‌هـــای میزبـــان می‌پردازیم:

در سـنگ‌هـای میزبـان بـازالتی، فنوکریسـت‌هـای پلاژیـوکلاز (بـا قطـر دو تـا چهـار میلـی‌متـر) اغلـب شـکل‌دار و نیمـه شـکل‌دار بـوده و در بعضـی مقـاطع بـه دلیـل تغییـر شـرایط تعـادلی، دارای بافـت غربـالی هســتند. بــا توجــه بــه زوایــای خاموشــی ۳۶ تــا ۴۵ درجـه، ترکیـب بلورهـای پلاژیـوکلاز از لابرادوریـت تـا بیتونیـــت تغییـــر مـــی‌کنـــد. فنوکریســـت‌هـــای کلینوپیروکســـن بـــا طـــول حـــداکثر ۴ میلـــی‌متـــر، شکل‌دار تا نیمـه شـکل‌دار و گـاهی دارای ماکـل مکـرر است و همچنین، بـه صـورت ریزدانـه در زمینـه سـنگ قرار گرفته‌اند. بـا توجـه بـه زاویـه خاموشـی ۳۴ تـا ۴۴ درجـه، کلینوپیروکسـن‌هـای موجـود از نـوع اوژیـت-دیوپسید اسـت. بلورهـای شـکل‌دار تـا نیمـه شـکل‌دار اولیوین، یک تا پـنج درصـد از حجـم فنوکریسـت‌هـا را بـه خـود اختصـاص داده و از لحـاظ انـدازه، قطرشـان تا ۲/۵ میلی‌متـر مـی‌رسـد. ایـن کـانی یـا بـه مجموعـه ایدینگزیت تبـدیل شـده یـا کـانی‌هـای ثانویـه کلریـت، کلسـیت وکـوارتز در قالـب آن، بـه صـورت دروغـین جانشـــین شـــده انـــد. بـــه گونـــه‌ای کـــه در بعضـــی از بلورهـا، کلریـت بـه طـور کامـل قالـب اولیـوین را فـرا گرفتـــه اســـت. زمینـــه ایـــن ســـنگ‌هـــا شـــامل: میکرولیـــــت‌هـــــای پلاژیـــــوکلاز، ریزبلورهـــــای کلینوپیروکسن، کانی‌های اوپـاک همـراه بـا کـانی‌هـای ثانویـه و دگرسـان مثـل: کلسـیت و کلریـت اسـت. در این سنگ‌ها، حجم زمینـه تـا ۵۰ درصـد مـی‌رسـد کـه از این میـزان، بیشـترین حجـم را کـانی پلاژیـوکلاز بـه خـود اختصـاص داده اسـت. ویژگـی‌هـای پتروگرافـی آندزیت‌ها شبیه به بازالـت‌هـا اسـت بـا ایـن تفـاوت کـه در آندزیت‌هـا درصـد پلاژیـوکلاز بیشـتر بـوده و انـدازه آنها نیـز بـزرگ‌تـر اسـت. عـلاوه بـر ایـن، کـانی اصـلی فرومنیـزین درایـن سـنگ‌هـا، کلینوپیروکسـن اسـت و اثری از اولیوین در آنها دیده نمی‌شود.

پتروگرافـی دایـک‌هـای غنـی از مگاکریسـت‌هـای پلاژیوکلاز: بافت کلـی ایـن دایـک‌هـا، پـورفیری اسـت. بـــه گونـــه‌ای کـــه مگاکریســـت‌هـــای پلاژیـــوکلاز و فنوکریســـت‌هـــای اولیـــوین در زمینـــه‌ای ریزبلـــور متشـکل از میکرولیـت‌هـای پلاژیـوکلاز، ریزبلورهـای کلینوپیروکســن وکـانی‌هـای اوپـاک قـرار گرفتـه‌انـد.

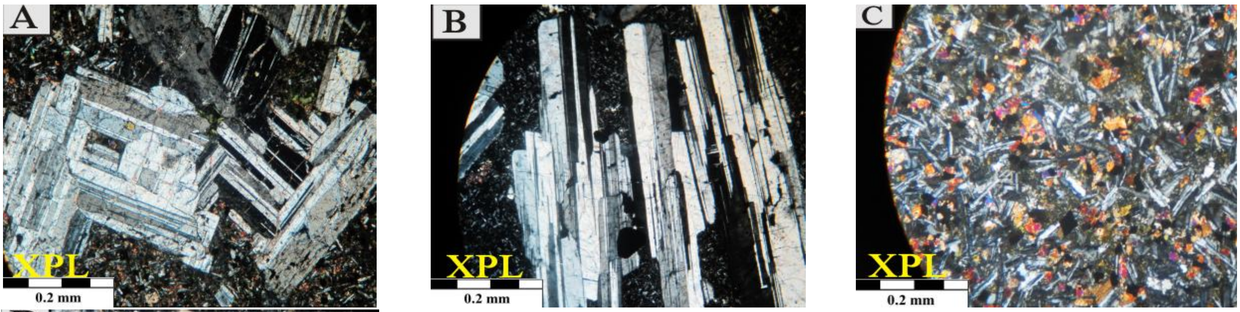
این دایک‌ها علاوه بر بافت پورفیری و گلومروپورفیری (شکل ۲-A) دارای بافت بادامکی بوده و حفرات، با کانی‌های ثانویه کلسیت، کوارتز، کلسدونی و کلریت پر شده‌اند. بلورهای شکل‌دار و نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز، به صورت مگاکریست و فنوکریست مشاهده می‌شود. حداکثر طول مشاهده شده در مگاکریست‌های پلاژیوکلاز از شش میلی‌متر تا ۲۲/۵ میلی‌متر و در فنوکریست‌ها از دو تا چهار میلی‌مترمتغیر است. با توجه به زاویه خاموشی ۳۶ تا ۴۳ درجه در پلاژیوکلازها ترکیب آنها از بیتونیت تا لابرادوریت تغییر می‌کند. در فرم تخته‌ای، بلورهای پلاژیوکلاز منطقه‌بندی ضعیف و در فرم تیغه‌ای، ماکل کارلسباد–آلبیت، پلی‌سنتتیک، بافت غربالی و پلاژیوکلازهای با اشکال متقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۲-B). بافت غربالی، یکی از بافت‌های رایج موجود در بلورهای پلاژیوکلاز بوده که نشانه عدم وجود شرایط تعادل است. در اثر عدم تعادل، بخش‌هایی از بلور شروع به ذوب شدن می‌کند و چنان چه ماگما بلافاصله بیرون بریزد و فرصت تبلور نداشته باشد، بخش‌های ذوب شده آن شیشه‌ای شده و به صورت غربالی دیده می‌شود (Kawabata and Shuto, 2005). علاوه بر پلاژیوکلازهای با ترکیب لابرادوریت تا بیتونیت، یک سری بلورهای پلاژیوکلاز بادرصد فراوانی کمتر (حداکثر ۱۵ درصد) وجود دارد که دارای زاویه خاموشی ۱۸ تا ۲۵ بوده و ترکیب الیگوکلاز تا آندزین دارد. این موضوع می‌تواند مبین این باشدکه این بلورها به یک نسل متفاوت تعلق دارد. این بلورها با طول حداکثر سه میلی‌متر جزو فنوکریست‌ها بوده و دارای ماکل کارلسباد-آلبیت با حواشی انحلال یافته است. اختلاف در ترکیب و بافت بلورهای پلاژیوکلاز نشان می‌دهد که شاید ترکیب ماگماهای سازنده این پلاژیوکلازها با یکدیگر تفاوت دارد. در دایک‌های مورد مطالعه، کانی پیروکسن فقط به صورت بلورهای بسیار ریز در زمینه سنگ حضور دارد که به صورت بی شکل با حواشی خورده شده و بافت اینترگرانولار در بین تیغه‌های ریز پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند (شکل ۲-C). کانی‌های بی شکل و نیمه شکل‌دار اولیوین به صورت فنوکریست با قطر حداکثر ۲/۵ میلی‌متر (به طور استثنا در بعضی مقاطع تا چهار میلی‌متر) با کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت، کوارتز و مجموعه کانی‌های ایدینگزیت پر شده‌اند (شکل ۲-D). توسعه پدیده ایدنگزیتی شدن در حاشیه بلورهای اولیوین، بیانگر وجود منطقه‌بندی ترکیبی در این کانی‌ها است. زیرا فقط اولیوین‌های با میزان جزو فورستریت کمتر از ۵۰ درصد می‌توانند تحت اثر ایدینگزیتی شدن قرار گیرند (Donaldson and Henderson, 1998). در این حالت، ترکیب اولیوین در حاشیه برای ایدینگزیتی شدن مناسب است و مرکز بلور به دلیل غنی بودن از منیزیم، ایدینگزیتی نمی‌شود (Donaldson and Henderson, 1998). در جدول ۱، اختلافات بافتی و کانی‌شناسی سنگ میزبان بازالتی و دایک‌های مورد مطالعه، آورده شده است.

ژئوشیمی

برای بررسی ماهیت دایک‌های مطالعه شده نمونه‌های سالم و کمتر دگرسان برای تجزیه شیمیایی انتخاب و در تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی، از عناصری که در محیط‌های دگرسان به نسبت کم تحرک و غیرفعال باقی می‌مانند، استفاده شده است. جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌های دایکی را نشان می‌دهد. به منظور نامگذاری شیمیایی از نمودار Nb/Y نسبت به Zr/Ti (Le Bas *et al.*, 1986) (شکل ۳) استفاده شده است. طبق این

نمودار دایک‌های منطقه ترکیب بازالتیک-آندزیت و بازالت دارد. با نمودار Th/Yb نسبت به Ta/Yb (Pearce, 1983) می‌توان به سری ماگمایی سنگ‌های مورد مطالعه، نوع کمان آتشفشانی و ماهیت منشأ گوشته درگیر در ذوب پی برد (شکل ۴).

طبق شکل ۴، نمونه‌های مورد بررسی در سری کالک‌آلکالن و محیط کمان فعال قاره‌ای واقع شده و منشأ آنها مرتبط با گوشته غنی شده‌ای است که تحت تأثیر سیالات مربوط به پهنه فرورانش قرار گرفته است. در نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴، دو نمونه ZA16 و ZE20 موقعیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. بررسی پتروگرافی این دو نمونه، نشان می‌دهد که زمینه آنها دگرسانی بیشتری را تحمل کرده و این امر در مقدار بالاتر LOI این دو نمونه در جدول ۱ نیز منعکس شده است.



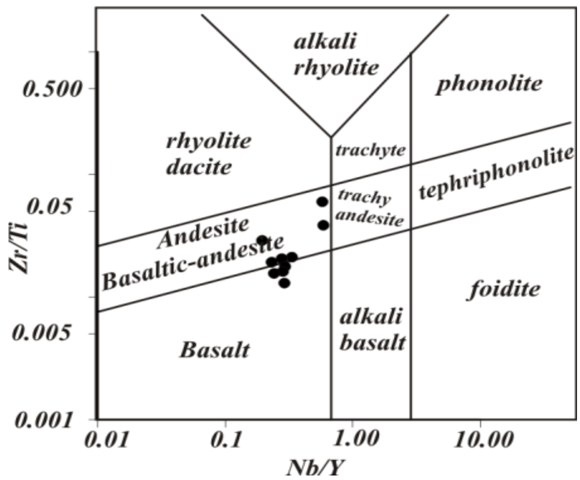
شکل ۲- ویژگی‌های پتروگرافی دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه. A) بافت گلومروپورفیری. مگاکریست‌های پلاژیوکلاز با ماکل کارلسباد-آلبیت؛ B) مگاکریست‌های پلاژیوکلاز با ماکل کارلسباد-آلبیت؛ C) ریزبلورهای کلینوپیروکسن در زمینه؛ D) کانی اولیوین، پرشده با کلسیت و اشکال خاص ایدینگزیت در کنار بلور پلاژیوکلاز. (Pl: پلاژیوکلاز)

جدول ۱- اختلافات بافتی و کانی‌شناسی سنگ میزبان بازالتی و دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه (Zolfi, 2014)

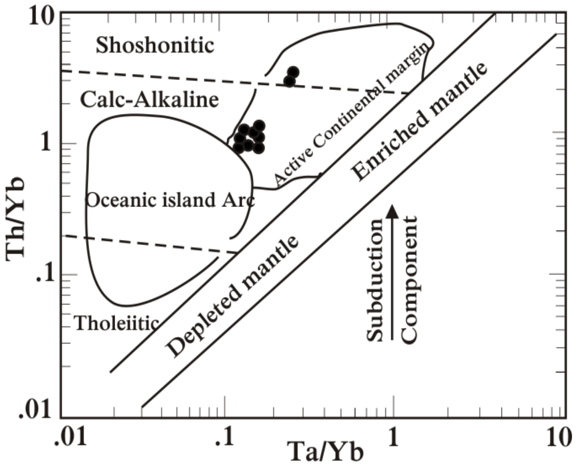
	سنگ میزبان بازالتی	دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه
اختلافات بافتی و کانی‌شناسی	دارای بافت پورفیری و بادامکی (پرشده با کانی‌های ثانویه کلسیت، کلریت، اپیدوت، کوارتز وکلسدونی)	دارای بافت پورفیری، گلومروپورفیری (تجمع بلورهای پلاژیوکلاز با هم)، اینترگرانولار (درهم قفل شدن ریزبلورهای کلینوپیروکسن با هم و با میکرولیت‌های پلاژیوکلاز)، بادامکی (پرشده با کانی‌های ثانویه کلسیت، کلریت و کمتر کوارتز و کلسدونی) و بافت جریانی
	حاوی فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (۳۵ درصد)، اولیوین (۱ تا ۵ درصد) و کلینوپیروکسن (تا ۱۰ درصد)، زمینه ۵۰ درصد	حاوی مگاکریست‌های پلاژیوکلاز (۱۵ درصد)، فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (۲۰ درصد)، فنوکریست‌های اولیوین (کمتر از ۵ درصد) و زمینه حاوی ریزبلورهای پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن (۶۰ درصد)
	زمینه متشکل از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، ریزبلورهای کلینوپیروکسن، کانی‌های اوپاک به صورت ثانویه و مواد نهان بلور	زمینه متشکل از میکرولیت و میکروفنوکریست‌ها، در بعضی از نمونه‌ها زمینه حاوی ریزبلورهای کلینوپیروکسن (تا ۳۰ درصد) و در بعضی دیگر فاقد ریزبلورهای کلینوپیروکسن، حاوی کانی‌های اپاک به صورت اولیه و ثانویه

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب نمونه‌های دایکی بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه

Sample	ZE2	ZE4	ZE20	ZCD1	ZA8D3	ZA4	ZA2	ZA1D1	ZA16	ZA13D4
Name	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
(Wt%)										
SiO_2	51.77	51.31	49.02	51.09	52.71	52.07	47.76	51.25	50.02	51.09
Al_2O_3	19.61	21.26	16.27	16.34	18.08	17.44	17.81	18.03	13.6	18.07
CaO	6.02	7.17	6.23	8.36	7.7.39	8.56	9.01	8.75	5.52	8.50
Cr_2O_3	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
Fe_2O_3	2.99	2.83	4.23	4.27	3.42	4.93	4.30	3.47	4.60	3.75
FeO	5.09	4.40	8.07	8.04	5.46	7.96	8.11	6.70	7.80	6.70
K_2O	2.23	3.10	0.63	0.89	1.82	2.27	1.29	0.69	0.46	1.62
MgO	2.76	2.29	4.14	3.47	2.65	2.51	3.80	3.67	3.65	3.19
MnO	0.13	0.15	0.22	0.23	0.15	0.20	0.27	0.16	0.18	0.16
Na_2O	3.57	3.32	3.09	2.82	3.26	3.36	2.99	2.89	3.86	2.87
P_2O_5	0.68	0.55	0.82	0.46	0.39	0.33	0.37	0.24	0.51	0.34
TiO_2	1.07	0.96	1.84	1.53	1.43	1.62	1.67	1.16	1.90	1.35
L.O.I	3.46	3.41	4.81	1.68	2.23	1.25	1.62	1.69	6.06	1.64
SUM	99.8	99.7	99.5	99.3	99.1	99.3	99	98.9	100	99.4
(ppm)										
Ba	1070	1400	229	374	616	631	1060	573	181	631
Co	23.1	14.1	30.1	36.9	26.1	25.6	33.3	33.7	22.4	27.5
Ni	20	14	17	31	24	21	28	28	11	27
Zn	147	80	176	175	120	114	192	117	67	111
Cu	154	74	321	191	203	111	181	903	163	87
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rb	43.8	39.2	16.0	18.9	50.3	69.6	29.9	8.8	7.3	33.0
Y	51	31	64	46	36	36	39	30	31	31
Zr	358	213	301	211	173	151	155	130	148	145
Nb	31	18	12	15	10	10	10	7	9	9
Cs	1.1	3.3	2.2	0.5	1.6	2.6	1.4	0.6	1.1	1.2
La	72.5	65.1	30.9	27.2	22.8	21.8	24.5	15.3	30.0	20.4
Ce	120	108	65.9	51.7	42.6	40.9	46.2	29.1	56.3	39.3
Pr	14.4	12.9	10.1	7.17	6.05	5.83	6.46	4.29	7.96	5.53
Nd	106	92.9	88.0	59.3	51.5	50.5	56.1	36.2	67.3	48.6
Sm	9.2	8.4	11.1	7.3	5.9	5.7	6.7	4.3	7.7	5.3
Eu	2.15	2.05	2.31	1.83	1.65	1.64	1.95	1.36	1.92	1.55
Gd	10.8	10.2	11.7	7.58	6.63	6.46	7.89	4.81	8.56	6.07
Tb	1.28	1.13	1.89	1.14	1.00	0.99	1.12	0.78	1.24	0.96
Dy	6.98	6.36	11.1	7.21	5.91	6.10	6.86	4.73	7.73	5.51
Ho	1.42	1.28	2.49	1.54	1.27	1.34	1.41	1.00	1.63	1.22
Er	3.66	3.44	6.65	4.38	3.56	3.75	4.07	2.73	4.44	3.18
Tm	0.77	0.65	1.27	0.80	0.59	0.72	0.76	0.52	0.86	0.64
Yb	4.0	3.4	6.5	4.3	3.6	3.8	4.2	2.8	4.8	3.4
Lu	0.69	0.61	1.14	0.70	0.61	0.72	0.78	0.68	1.11	1.21
Hf	7	5	8	5	4	4	4	3	5	4
Ta	1.0	0.9	0.6	0.6	<0.5	0.5	0.5	<0.5	0.6	<0.5
Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W	1	1	<1	<1	<1	1	<1	<1	1	<1
Th	29.6	26.0	5.6	6.1	4.8	5.2	5.6	3.0	6.3	4.5
U	4.27	5.06	1.52	1.72	1.48	1.72	1.90	0.89	1.79	1.26
V	141	104	254	304	261	342	336	249	341	247
Ga	27	18	22	25	22	21	24	24	14	22
Mo	<2	<2	3	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sn	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1



شکل ۳- موقعیت نمونه‌های دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه در نمودار Zr/Ti در برابر Nb/Y (Le Bas *et al.*, 1986).

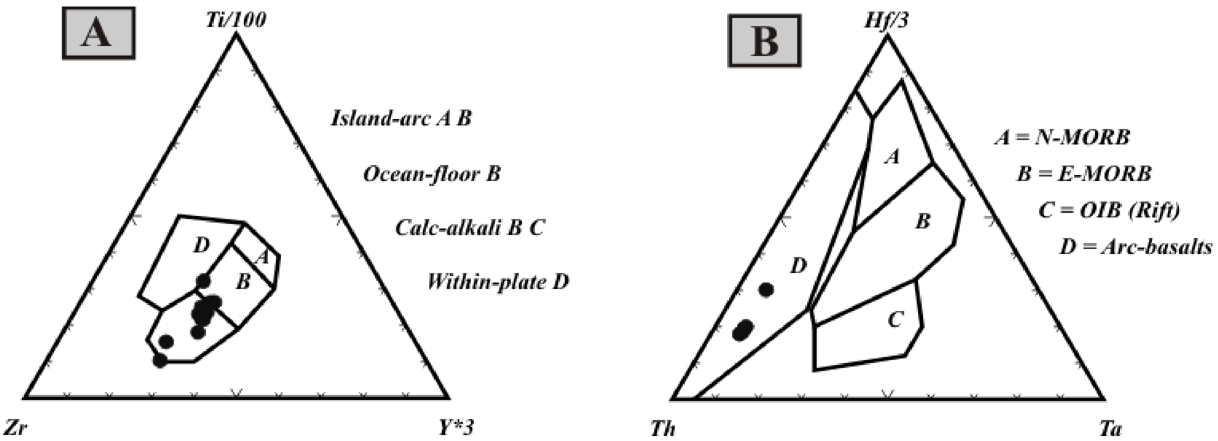


شکل ۴- نمودار Ta/Yb نسبت به Th/Yb (Pearce, 1983). در این نمودار، نمونه‌های دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه ماهیت کالک‌آلکالن و محیط تکتونیکی حاشیه فعال قاره‌ای را نشان می‌دهد.

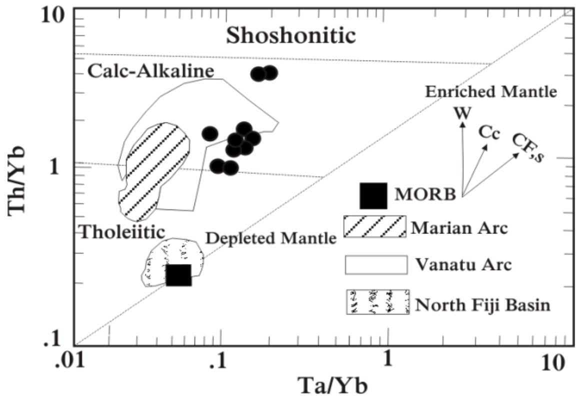
خاستگاه زمین‌ساختی دایک‌ها: برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی دایک‌های مطالعه شده از نمودار Ti-Y-Zr برگرفته از Pearce و Cann (۱۹۷۳) استفاده شده است. با توجه به شکل ۵-A، دایک‌های مورد مطالعه در محدوده بازالت کالک‌آلکالن (C) قرار می‌گیرد. همچنین، بر اساس نمودار مثلثی Wood (۱۹۸۰) نمونه‌ها، به محدوده بازالت‌های مرتبط با قوس تعلق دارد (شکل ۵-B). علاوه بر این، ماهیت کالک‌آلکالن سنگ‌های منطقه و آلودگی احتمالی آنها در شکل ۶ به خوبی روشن است. در این شکل با توجه به قرارگیری نمونه‌ها در مسیر مؤلفه W به نظر می‌رسد که سنگ منشأ ماگمای سازنده نمونه‌ها، غنی‌شدگی از یک فاز سیال را نشان می‌دهد که شاید مربوط به آب‌زدایی ورقه اقیانوسی فرورونده باشد. همانگونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، عنصر Th در نمونه‌ها غنی‌شدگی نشان می‌دهد. به عقیده Pearce (۱۹۸۲) بازالت‌های کالک‌آلکالن از عنصر توریم نسبت به دیگر عناصر غنی هستند. علاوه بر این، عناصر Nb و Ti در این سنگ‌ها، تهی‌شدگی مشخصی را نشان می‌دهد که می‌تواند ارتباط ماگماهای مادر آنها را با محیط‌های کمانی بیان نماید (Pearce, 1982). عنصر Ti به راحتی می‌تواند در فازهای تفریق یافته‌ای همچون: تیتانومگنتیت، پیروکسن و اسفن قرار گیرد و تهی‌شدگی ازخود نشان دهد. عناصر Ce و P نیز دارای تهی‌شدگی است. Pearce (۱۹۸۳) آنومالی منفی Ce را به متحرک بودن این عنصر در محیط‌های فرورانش نسبت می‌دهد.

یکی از جنبه‌های حایز اهمیت در تعیین جایگاه تکتونیکی ماگما، بررسی الگوی عناصر کمیاب در نمودارهای عنکبوتی است. نمونه‌های مورد بررسی نسبت به کندریت (Thompson, 1982) و گوشته اولیه (Sun and Mc Donough, 1989) نرمالیز شده‌اند (شکل ۷). در سنگ‌های مورد مطالعه، فراوانی عناصر کمیاب با پتانسیل یونی بالا (HFSE) نسبت به عناصر کمیاب با شعاع یونی بزرگ (LILE) روند منظم‌تری داشته و

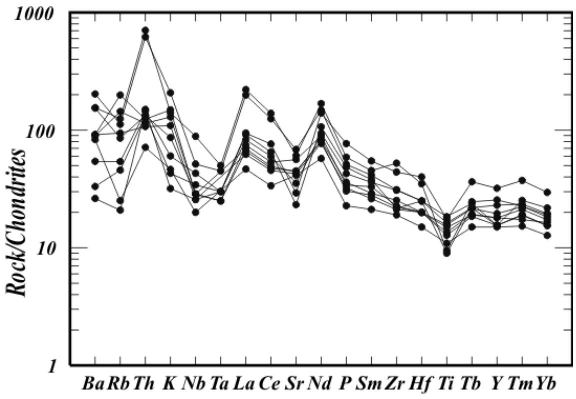
LILE نسبت به HFSE دارای پراکندگی بیشتری است. Morata و Aguirre (۲۰۰۳) معتقدند که این پراکندگی به علت تحرک به نسبت بالای عناصر LILE در طول دگرسانی است. Pearce (۱۹۸۳) بر این عقیده است که عناصر ناسازگار که به گروه LILE متعلق هستند (مانند: Ba، Ce، K، Rb و Sr) متحرک‌اند. در صورتی که عناصر HFSE (نظیر: Hf، Nb، P، REE، Sc، Ta، Th، Y و Zr) غیر متحرک هستند. وی بر این باور است که یک حالت خاص از جابه‌جایی عناصر نادر خاکی مربوط به آب‌زدایی صفحه اقیانوسی فرورونده است که می‌تواند باعث ایجاد ماگمای کالک‌آلکالن شود. علاوه بر این، عناصر LILE نسبت به عناصر HFSE دارای غنی‌شدگی بیشتری بوده که این غنی‌شدگی از ویژگی‌های بارز محیط‌های فرورانش است (Taylor and Martinez, 2003).



شکل ۵- A) موقعیت دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه در نمودار مثلثی Zr-Ti-Y (Pearce and Cann, 1973)؛ B) موقعیت این نمونه‌ها در نمودار Th-Hf-Ta (Wood, 1980)



شکل ۶- نمودار دوتایی Th/Yb در مقابل Ta/Yb (Pearce, 1983). w: غنی‌شدگی از یک فاز سیال؛ Cc: مبین آلایش پوسته‌ای؛ CF: تفریق بلوری و s: غنی‌شدگی مرتبط با منشأ

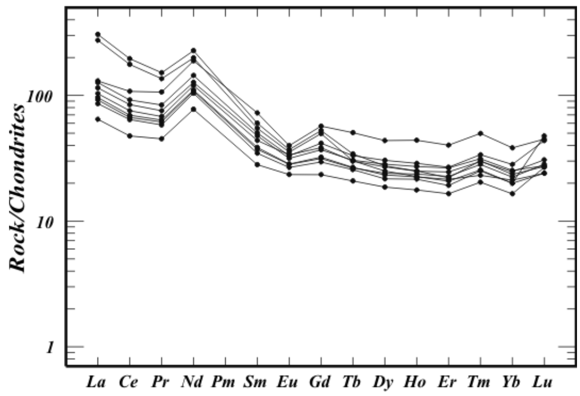


شکل ۷- نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب در دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه که با کندریت نرمالیز شده‌اند (Thampson, 1982)

در مناطق دیگر کمربند ارومیه-دختر نیز سنگ‌هایی با ویژگی‌های ژئو شیمیایی مشابه به محیط‌های فرورانش نسبت داده شده‌اند (Roozbahani and Arvin, 2010؛ Etemadi *et al.*, 2012). تهی‌شدگی از عناصر با شدت میدان بالا به دلیل نامحلول بودن آنها در سیال حاصل از آب‌زدایی ورقه اقیانوسی (Cole *et al.*, 2006)، باقی ماندن آنها در فازهای دیرگداز ورقه اقیانوسی

یـا آلـودگی بـا پوسـته قـاره‌ای اسـت (Gill, 1976a). زیرا در پوسته قاره‌ای مقدار آنها پایین است.

در شـکل ۸ کـه در آن فراوانـی عناصـر نـادر خـاکی نسـبت بـه کنـدریت (Sun and Mc Donough, 1989) نرمـالیز شـده‌انـد، فراوانـی ایـن عناصـر دارای رونـدهای مـوازی و مـنظم بـا سـیر نزولـی اسـت. Best (۲۰۰۳) معتقد است کـه رونـدهای مـوازی در نمونـه‌هـا مبـین منشـأ واحـد ایـن سـنگ‌هاسـت. وی اعتقـاد دارد که سنگ‌های مـرتبط بـا قـوس بـه دلیـل غنـی بـودن از عناصر لیتوفیـل، بـا شـعاع یـونی بـزرگ (LILE) نسـبت بـه سـایر عناصـر واسـطه، ایـن حالـت را بیشـتر نشـان مـی‌دهـد. همانگونـه کـه در شـکل مشـاهده مـی‌شـود، نمونـه‌هـا از LREE، غنـی هسـتند و میـزان ایـن غنـی‌شـدگی بـه سـمت MREE و HREE، کـاهش مـی‌یابـد. Machado و همکـاران (۲۰۰۵) معتقدنـد کـه غنـی شـدن سـنگ‌هـا از LREE مبـین وابسـتگی ایـن سـنگ‌هـا بـه سـری کالـک‌آلکـالن اسـت. طبـق نمـودار، بـالا بـودن نسـبت LREE/HREE، نشـان‌دهنـده بـالا بـودن نسـبت CO_2/H_2O در منشـأ، عمـق بیشـتر تولیـد ماگمـا یـا پدیـده تفریـق اسـت. در ایـن نمـودار، عناصـر نادر خاکی سـبک تغییـرات شـدیدتری نشـان مـی‌دهـد. در حـالی کـه، الگـوی عناصـر سـنگین مسـطح بـوده و تغیـرات چنـدانی نـدارد. آنومـالی مثبـت Nd نیـز می‌تواند به دلیل خطای دستگاهی باشد.



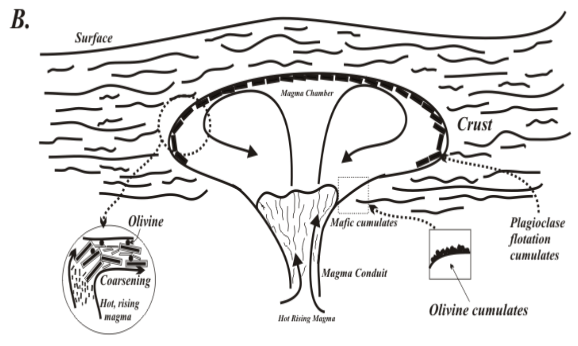
شکل ۸- نمودار فراوانی عناصر نادر خاکی در دایک‌هـای بخـش میانی نوار دهج-ساردوئیه که با کندریت نرمالیز شـده‌انـد (Sun and Mc Donough, 1989)

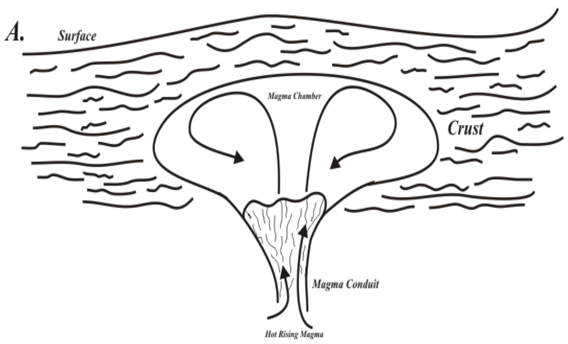
مـدل احتمـالی تشـکیل دایـک‌هـای غنـی از مگاکریست‌هـای پلاژیـوکلاز: وجـود بلورهـای درشـت پلاژیـوکلاز در دایـک‌هـای مـورد مطالعـه و چگـالی پایین‌تر آنها نسـبت بـه ماگمـای میزبـان، ایـن تفکـر را تقویـت مـی‌کنـد کـه بلورهـای پلاژیـوکلاز در مخـازن ماگمـایی پوسـته‌ای متبلـور و بـه حالـت شـناوری در بالای آشـیانه ماگمـایی تمرکـز یافتـه‌انـد. بـا توجـه بـه ایـن موضـوع و سـایر مطالعـات انجـام شـده، مـی‌تـوان مدل تبلـور بلورهـای پلاژیـوکلاز در بازالـت‌هـای ایالـت دکـــن در هنـــد، کـــه توســـط Higgins و Chandrasekharam (۲۰۰۷) ارایـــه شـــده را بـــرای این دایک‌ها در نظر گرفت (شکل ۱۰).

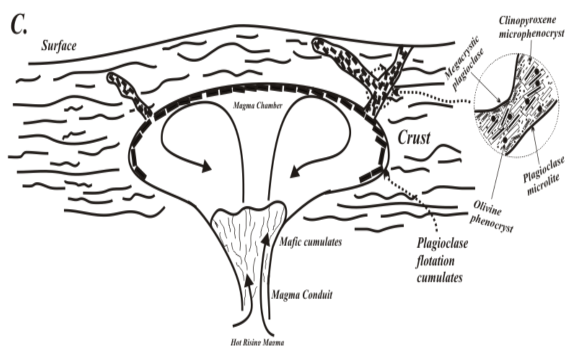
طبـــق مـــدل Higgins و Chandrasekharam (۲۰۰۷) ماگمـــا یـــا ماگماهـــای میزبـــان بلورهـــای درشـــت پلاژیـــوکلاز، در مخـــازن پوســـته‌ای متوقـــف شده و بلورهـای مـورد نظـر محصـول تبلـور در همـین مخـازن هسـتند. درایـن زمـان، نیروهـای تکتـونیکی و گسـلهـا باعـث تزریـق ماگماهـای جدیـد و داغ بـه آشـیانه ماگمـایی شـده و در حـین تزریـق، جریانـات کنوکسـیونی قـوی در آشـیانه ماگمـایی بـه حرکـت در مـی‌آیـد. در ابتـدای تبلـور کـه بلورهـای پلاژیـوکلاز و کانی‌هـای مافیـک تشـکیل مـی‌شـود؛ ماگمـا، چگـال و غنـی از آهـن اسـت و از آنجـا کـه چگـالی بلورهـای پلاژیـوکلاز کمتـر از ماگمـا اسـت؛ ایـن بلورهـا در قسـمت بـالای آشـیانه متمرکـز مـی‌شـوند. بـه علـت تـداوم جریانـات کنوکسـیونی در آشـیانه و تزریـق

مکرر ماگما، بلورهای موجود، همچنان نزدیک به دمای لیکیدوس خود باقی‌مانده و به درشت شدن ادامه می‌دهند. در همین حال، کانی‌های مافیک، با چگالی بیشتر، در قسمت تحتانی آشیانه تجمع حاصل کرده و ماگمای باقی‌مانده به صورت مایعی فقیر از بلور و سبک‌تر با قابلیت تحرک بالا در بالای بلورهای انباشتی مافیک قرار می‌گیرد. مرحله آخر، انتقال ماگمای حاوی مگاکریست پلاژیوکلاز به نزدیکی سطح است (Higgins and Chandrasekharam, 2007).

به نظر می‌رسد که در منطقه مطالعه شده، عملکرد گسل‌های موجود یا تشکیل گسل‌های جدید باعث باز شدن کانال‌های خروجی آشیانه و انتقال ماگما به نزدیک سطح و ایجاد دایک‌ها شده است. بدیهی است که ماگمایی که از بالای سقف آشیانه ماگمایی خارج می‌شود غنی از مگاکریست پلاژیوکلاز باشد و دایک‌های مورد مطالعه محصول سرد شدن چنین ماگماهایی است. از آنجایی که در سنگ‌های مورد بررسی در کنار بلورهای پلاژیوکلاز می‌توان تعداد کمی بلور اولیوین را نیز مشاهده کرد؛ احتمال دارد که در زمان تبلور بلورهای درشت پلاژیوکلاز بلورهای اولیوین نیز در این ماگماها متبلور شده و بخش اعظم آنها ته‌نشین شده باشد. فقط مقدار بسیار اندکی از بلورهای اولیوین که به طور عمده به پلاژیوکلازها اتصال دارد، تحت تأثیر جریانات کنوکسیونی به همراه ماگمای سازنده دایک‌ها به بالای آشیانه منتقل شده و در حال حاضر در سنگ‌ها دیده می‌شود. به نظر می‌رسد که بلورهای زمینه دایک‌های مطالعه شده، یعنی کلینوپیروکسن‌ها و بلورهای ریز پلاژیوکلاز نیز در حین صعود متبلور شده‌اند و بلور کلینوپیروکسن به صورت فنوکریست در ماگمای سازنده دایک‌ها تشکیل نشده است.







شکل ۱۰- مدل احتمالی تشکیل مگاکریست‌های پلاژیوکلاز در بازالت‌های ایالت دکن در هند (Higgins and Chandrasekharam, 2007) که می‌تواند برای دایک‌های بخش میانی نوار دهج-ساردوئیه نیز در نظر گرفته شود: A) تجمع ماگما در مخازن پوسته‌ای و تولید مگاکریست‌های پلاژیوکلاز؛ B) هسته‌بندی و رشد بلورهای پلاژیوکلاز در سقف آشیانه ماگمایی و تجمع کانی‌های اولیوین در قاعده آشیانه ماگمایی؛ C) باز شدن کانال‌های خروجی آشیانه و انتقال ماگمای حاوی مگاکریست به نزدیک سطح

نتیجه‌گیری

دایـک‌هــای غنــی از مگاکریســت‌هــای پلاژیــوکلاز درمنطقــه مطالعــه شــده، ترکیــب بازالــت و بازالــت متمایل به بازالتیـک-آنـدزیت دارد. بـر اسـاس داده‌هـای ژئوشــیمیایی، ماهیــت ماگماهــای ســازنده آنهــا کالـک‌آلکـالن اسـت. غنـی‌شـدگی از LILE و LREE نسـبت بـه HFSE و HREE همـراه بـا تهـی‌شـدگی از HFSE درنمونه‌هـای مـورد نظـر، گویـای ایـن اسـت کـه دایـک‌هـای مـورد مطالعـه در یـک محـیط فرورانشـی از نـوع حاشـیه فعـال قـاره‌ای جـایگزین شـده‌انـد. فراوانـی عناصـر کمیـاب نشـان‌دهنـده ایـن اسـت کـه گوشـته مـورد نظـر تحـت تـأثیر سـیالات آزاد شـده از لیتوسـفر فــرورو از عناصــر ناســازگار غنــی شــده و ماگماهــای حاصـله هنگـام صـعود بـه سـمت زمـین دچـار آلـودگی پوسـته‌ای شـده‌انـد. بلورهـای پلاژیـوکلاز پـس از تبلـور به حالت شـناور در سـقف آشـیانه ماگمـایی قـرار گرفتـه است و به رشد خـود ادامـه مـی‌دهـد و سـپس بـا ایجـاد شکســتگی بــه همــراه ماگمــای میزبــان بــه افــق‌هــای بالاتر صعود و در اثر سـرد شـدن بـه دایـک‌هـای غنـی از مگاکریست‌های پلاژیوکلاز تبدیل شده است.

سپاسگزاری

نگارنــدگان از ریاســت محتــرم دانشــکده علــوم دانشــگاه شــهید بــاهنر کرمــان کــه در انجــام ایــن پــژوهش مــا را یــاری رســانده‌انــد سپاســگزاری می‌نمایند.

منابع

Afsharian Zadeh, M., Etemadi, N. and Ghomashi, A. (1993) Geological Quadrangle map of Bardsir 1:100000, No. 7349, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran (in Persian).

Best, M. G. (2003) Igneous and metamorphic Petrology. Wiley-Blackwell, USA.

Cole, R. B., Nelson, S. W., Layer, P. W. and Oswald, P. J. (2006) Eocene volcanism above depleted mantle sab window is southern Alaska. Geological Scociety of American Bulletin 118: 140-158.

Dimitrijevic, M. (1973) Geology of Kerman region. Report no. Yu/ 52, 334, Geological Survey of Iran.

Donaldson, C. H. and Henderson, C. M. B. (1988) A new interpretation of round embayment in quartz crystals. Mineralogical Magazin 52: 27-33.

Etemadi, B, Taghipour, B., Ghobadi, A., Eslami, A. and Salimi Darani, M. (2012) Petrography and tectonic setting investigation of Tertiary igneous rocks in the Nodoushan area (SW of Sadough, Yazd province). Petrology 2-3(10): 13-26 (in Persian).

Fatehi Chenar, H. (2012) Pertography, geochemistry and petrogenesis of igneous rocks of Zarchuieh valley, south-east of Bardsir (Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

Fatehi Chenar, H., Ahmadipour, H. and Moradian Shahrbabaki, A. (2012) Geochemistry and tectonic setting of plutonic rocks in Zarchuiyeh valley (SE of Bardsir, Kerman). Petrology 2(8): 69-84 (in Persian).

Gill, J. B. (1976a) Composition and age of Leu Basin and Pidge volcanic rocks: implications for evolution of an inter arc basin and remnant arc. Geological Society of America Bulletin 87: 1384-1395.

Higgins, M. D. and Chandrasekharam, D. (2007) Nature of sub-volcanic magma chambers, Deccan province, India: evidence from quantitative textural analysis of plagioclase megacrysts in the Giant plagioclase basalts. Journal of Pertrology 48: 885-900.

Kawabata, H. and Shuto, K. (2005) Magma mixing recorded in intermediate rocks associated whit high-Mg andesites from the Setouchi volcanic belt, Jepan: implications for Archean TTG formation. Journal of

Volcanology and Geothermal Research 140: 241-271.

Khajeh Javaran, Z. (2011) Petrography, geochemistry and petrogenesis of western volcanic complex of Hezar (south-west of Rayen, Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zannettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. Journal of Petrology 27: 745-750.

Machado, A., Lima, E. F., Chemale, J. F., Morta, D., Oteiza, O., Almeida, D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. and Urrutia, J. L. (2005) Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calc-alkaline magmatism in the south Shetland arc, Antarctica. Journal of South America Earth Sciences 18: 407-425.

Mohammadi, M. (2008) Petrology and environmental investigations of volcanic an volcano-sedimentary rocks of Sang-e-Sayad complex in south-east of Bardsir (Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

Morata, D. and Aguirre, L. (2003) Extentional lower Cretaceous volcanism in the coastal range. Journal of Petrology 29: 20-30.

Naderi, M. (2013) Geochemistry and petrogenesis of igneous rocks in north-west Shirinak village, south-east of Bardsir (Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

Pearce, J. A. and Cann, J. R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science letters 19: 290-300.

Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Andesite (Ed. Trorpe, R. S.). John Wiley and Sons, New York.

Pearce, J. A. (1983) Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Continental basalts and mmantle xeno-lites (Eds. Hawkes worth, C. J. and Norry, M. J.) Shiva Publications 230-249. Nantwich, Cheshire.

Roozbahani, L. and Arvin, M. (2010) Petrography, geochemistry and petrogenesis of rhyolitic and andesitic rocks of Nasir-Abad area, SW of Rayen, Kerman. Petrology 1(2): 1-16 (in Persian).

Soheili, J. (1993) Geological Quadrangle map of Sirjan, 1:250000, No. L11, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, Tehran (in Persian).

Sun, S. S. and Mc Donough, W. F. (1989) Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: Magmatism in oceanic basalts (Eds. Saunders, A. D. and Norry, M. J.) Special Publication 42: 313-345. Geological Society, London.

Taylor, B. and Martinez, F. (2003) Back- arc basin basalts systematics. Earth and Planetary Science Letters 210: 481-497.

Thampson, T. D. (1982) Chondrite-normalized extended multi-element (spider) diagram. Elsevier, Amsterdam.

Wood, D. A. (1980) The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. Earth and Planetary Science Letters 50: 11-30.

Zolfi, Z. (2014) Geochemistry and petrogenesis of plagioclase bearing dykes in the middle part of Dehaj-Sarduieh belt (south of Bardsir to south of Rayen, Kerman province). MSc thesis, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (in Persian).

Geochemistry and Petrogenesis of doleritic dykes containing megacrystic plagioclases in the middle part of Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt (Kerman province)

Zahra Zolfi and Hamid Ahmadipour *
Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract
In the central part of Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt in Kerman province, there are some special doleritic dykes containing plagioclase megacrysts. This area is located 70 km south of Kerman city, and represents a part of Urumieh-Dokhtar volcanic belt. The most abundant rocks in the area include pyroclastic rocks and basaltic to andesitic lava flows with Eocene in age and are considered as the host rocks for the studied dykes. The thickness of the dykes reach up to 7 meters in the field, in which plagioclases are the only minerals can be recognized. Plagioclase crystals show a clear flow differentiation and generally, tend to concentrate in the central parts of the dykes. Under the microscope, the studied dykes contain plagioclase megacrysts and olivine phenocrysts set in a fine-grained and microlithic matrix. Different types of non-equilibrium textures such as mesh, dusty and zoning are found in the plagioclases. These evidences suggest some processes such as replenishment of magma chamber and decompression due to rapid ascent of magma. Geochemically, these rocks belong to the calc-alkaline magmatic series with some tendency toward the tholeiitic ones. Depletion of Nb, P, Ta and Ti elements suggest that the parent magmas relate to the subduction zone setting and affected by crustal contamination. According to the petrogenetic studies, the dykes formed in an active continental margin environment. Trace element concentrations revealed that the parent magmas probably, produced by partial melting of mantle sources. The source may have been metasomatized by slab-derived fluids and variations in Th/Yb and Ta/Yb ratios indicate that the resulted magmas have been affected by crustal contamination en route to the surface.

Key words: Megacrystic plagioclase, Doleritic dykes, Kerman, Dehaj-Sarduieh volcano-plutonic belt

* hahmadi@uk.ac.ir