Archive of SID

تابستان ۹۵، سال بیست و پنجم، شماره ۱۰۰، صفحه ۲۹۱ تا ۲۹۸

ژئوشیمی و جایگاه زمین‌ساختی گنبدهای آداکیتی پرسیلیس احمدآباد خارتوران (جنوب خاور شاهرود)

فضیلت یوسفی [۱*]، محمود صادقیان [۲]، سحر سمیاری [۳] و حبیب اله قاسمی [۴]

[۱] دانشجوی دکترا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
[۲] دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
[۳] کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
[۴] استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰

چکیده

در منطقه احمدآباد خارتوران در ۱۷۵ کیلومتری جنوب خاور شاهرود، تعداد قابل توجهی گنبد آداکیتی رخنمون دارد که به درون واحدهای آتشفشانی- رسوبی پالئوسن- ائوسن نفوذ کرده‌اند. ترکیب سنگ‌شناختی این گنبدها شامل آندزیت، تراکی‌آندزیت، تراکی‌داسیتی و داسیت است. پیروکسن (اوژیت)، هورنبلند سبز و پلاژیوکلاز آشکارترین کانی‌های مافیک و فلسیک سازنده این سنگ‌ها هستند. با توجه به میزان HREE پایین و LREE بالا به همراه دیگر ویژگی‌ها از جمله SiO_2 بین ۵۸/۹۱ تا ۶۳/۴۱ درصد، Na_2O بیش از ۳ درصد، Al_2O_3 بیش از ۱۶ درصد، Yb پایین‌تر از ۱/۸ پی‌پی‌ام، Y کمتر از ۱۸ پی‌پی‌ام و نسبت K_2O/Na_2O بین ۰/۹۸ تا ۲/۳ درصد، این سنگ‌ها در گروه آداکیت‌های پرسیلیس قرار می‌گیرند. غنی‌شدگی از عناصر LREE نسبت به HREE، تهی‌شدگی از Nb و Ti و تمرکز بالای Rb، Ba، K و Th بیانگر آلایش پوسته‌ای ماگمای سازنده سنگ‌های آداکیتی مورد است. آنکلاوهایی با ابعاد و ترکیب متفاوت در این گنبدها دیده می‌شوند که شواهدی از آمیختگی ماگمایی و آغشتگی با پوسته قاره‌ای هستند. مجموعه شواهد سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که ماگمای سازنده این سنگ‌ها از ذوب ورقه اقیانوسی فرورانش‌یافته و دگرگون شده نوتتیس (شاخه سبزوار- درونه) سرچشمه گرفته است.

کلیدواژه‌ها: آداکیت، گنبد، آلایش پوسته‌ای، آمیختگی ماگمایی، ورقه اقیانوسی نوتتیس، احمدآباد، خارتوران، شاهرود.

***نویسنده مسئول:** فضیلت یوسفی
E-mail: F.yousefi87@ gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

سرزمین ایران به عنوان بخشی از نواحی مرکزی باختری سامانه کوهزایی آلپ هیمالیا به دلیل تحمل زمین‌ساخت خاص نواحی همگرایی صفحات (Ghasemi & Talbot, 2006) جولانگاه فعالیت‌های ماگمایی (آتشفشانی و نفوذی) گسترده‌ای به ویژه در دوران سنوزوییک بوده است. نقشه‌های زمین‌شناسی (Haghipour & Aghanabati, 1985) و ماگمایی ایران (Emami et al., 1993) شدت و اهمیت این رخداد را به خوبی بازتاب داده‌اند. نوار آتشفشانی رسوبی عباس‌آباد، در لبه شمال خاوری پهنه ساختاری ایران مرکزی، از داورزن در باختر سبزوار تا میامی در خاور شاهرود امتداد دارد و سپس با تغییر جهت به سوی جنوب، به نوار ماگمایی معلّمان ترود بیارجمند در جنوب و جنوب خاور شاهرود متصل می‌شود (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Ghasemi & Rezaei Kahkhaei, 2015). این نوار آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی در نقاط زیادی توسط توده‌های آذرین نیمه‌ژرف (به‌صورت سیل، دایک، گنبد و توده‌های نفوذی کوچک مقیاس) با طیف ترکیبی گوناگون، قطع شده است. در منطقه احمدآباد، تعداد قابل توجهی توده‌های نفوذی کم‌ژرفا (به شکل دایک و گنبد)، به درون سنگ‌های آهکی مارنی کرتاسه زیرین و سنگ‌های آتشفشانی رسوبی پالئوسن ائوسن نفوذ کرده‌اند. منطقه مورد نظر، بخشی از نوار ماگمایی شمال پهنه ایران مرکزی است که فعالیت‌های ماگمایی دوره‌های زمانی پالئوسن تا اواخر میوسن در آن رخ داده (شکل ۱) و بیشترین فعالیت‌های ماگمایی آن مربوط به زمان ائوسن تا الیگوسن است. اکرمیان (۱۳۸۹) با بررسی توالی به نسبت ستبری از سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی رسوبی منطقه خارتوران (جنوب خاور شاهرود) سن آنها را ائوسن میانی گزارش کرد که دارای ویژگی‌های ژئوشیمیایی فعالیت ماگمایی آداکیتی پرسیلیس هستند. فعالیت‌های ماگمایی ائوسن بیشتر به‌صورت روانه‌های گدازه، آگلومرا، توف، توفیت، کریستال‌لیتیک‌توف، لیتیک‌توف و ... است. میان‌لایه‌هایی از توف‌های کربناتی دارای فسیل‌هایی مانند نومولیت، دوکفه‌ای‌ها و نرم‌تنان و همچنین افق‌هایی از آهک‌های دارای میکروفسیل و ماکروفسیل نوع نومولیت، مرجان، نرم‌تنان، دوکفه‌ای‌ها و ... همراه این مجموعه دیده می‌شوند که سن آن را پالئوسن تا ائوسن میانی مشخص می‌کنند (برای نمونه شمال چاه معدن در منطقه ماجراد در جنوب خاور دلبر (بیارجمند)، باختر و شمال باختر عباس‌آباد، شمال بیارجمند). گفتنی است به دلیل دوری منطقه احمدآباد از مراکز جمعیتی بزرگ و نبود راه دسترسی مناسب، تاکنون مطالعات سنگ‌شناختی جامع و همه‌جانبه‌ای روی توده‌های آذرین نیمه‌ژرف منطقه مورد نظر صورت نگرفته است و برای هر چه بهتر روشن شدن بخشی از تاریخچه زمین‌شناسی این منطقه از ایران، انجام این مطالعه ضروری، مفید و سودمند به نظر می‌رسد. همچنین هدف از این پژوهش شناخت دقیق ترکیب سنگ‌شناختی، ویژگی‌های ژئوشیمیایی و خاستگاه و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل این سنگ‌هاست.

۲- روش انجام پژوهش

پس از نمونه‌برداری صحرایی، تهیه مقاطع نازک و انجام مطالعات سنگ‌نگاری روی تعداد زیادی از مقاطع نازک میکروسکوپی سنگ‌های مورد مطالعه، نمونه‌های دارای کمترین دگرسانی، برای تجزیه عناصر اصلی به روش ICP-AES و عناصر فرعی و کمیاب خاکی به روش ICP-MS به آزمایشگاه ACME کانادا فرستاده و تجزیه شد (جدول ۱). برای تعبیر و تفسیر داده‌های حاصل از تجزیه شیمیایی، از نرم افزارهای پترولوژی GCDkit و IGPET استفاده شده است.

۳- زمین‌شناسی ناحیه‌ای

منطقه احمدآباد خارتوران در ۱۶۰ کیلومتری جنوب خاور شاهرود بخشی از شمال پهنه ساختاری ایران مرکزی است و محدوده‌ای با مختصات جغرافیایی ′۱۹ °۵۶ تا ′۳۰ °۵۶ طول خاوری و ′۳۳ °۳۵ تا ′۴۸ °۳۵ عرض شمالی را شامل می‌شود. بر پایه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ احمدآباد (Salamati, 1999) و مطالعات

www.SID.ir

Archive of SID

صحرایی، گنیس‌ها، آمفیبولیت‌ها و گرانیت‌های اواخر نئوپروتروزوییک، کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در محدوده منطقه مورد مطالعه هستند (شکل ۲ الف). این سنگ‌ها، توسط تعداد زیادی دایک دیابازی به سن ژوراسیک میانی قطع شده‌اند (شکل ۲ ب). آهک‌های اربیتولین‌دار کرتاسه در برخی نقاط روی مجموعه آذرین دگرگونی نئوپروتروزوییک با همبری گسلی رانده شده‌اند (شکل ۲ ج). کنگلومرای پالئوسن به‌صورت دگرشیب روی واحدهای کهن‌تر قرار گرفته است (شکل ۲ د). گفتنی است در ایران مرکزی بیشتر سنگ‌های پالئوسن، انباشته‌های کنگلومرایی حاصل از چرخه‌های فرسایشی فاز کوهزایی لارامید هستند که به‌طور دگرشیب و گاه همشیب، سنگ‌های کهن‌تر را پوشانده‌اند. رسوبات منسوب به پالئوسن در ایران مرکزی، هم‌ارز کنگلومرای کرمان هستند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

در منطقه احمدآباد، سنگ‌های تراکی‌داسیتی تا تراکی‌آندزیتی به شکل دایک یا گنبد به درون توالی آتشفشانی رسوبی پالئوسن ائوسن متشکل از تورف، لیتیک‌تورف، گدازه‌های آندزیتی و هیالوکلاستیک‌ها و پیروکلاستیک‌های بازالتی نفوذ کرده‌اند. اکرمیان و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه میان‌لایه‌های آهکی فسیل‌دار موجود در توالی ستبری از سنگ‌های آتشفشانی جنوب خاور شاهرود (خارتوران)، سن این سنگ‌ها را ائوسن میانی معرفی کرده‌اند. با توجه به گنبدها یا سنگ‌های آذرین مشابه که در مناطق مختلف ایران تعیین سن شده‌اند (مانند جمشیدی، ۱۳۹۴) و همچنین شواهد چینه‌شناختی، سن بیشتر این گنبدها ائوسن میانی تا بالایی است. ولی به سوی شمال خاور، سن این گنبدها کمتر می‌شود و کمترین سن گزارش شده به روش K-Ar برای این گنبدها، حدود ۲ میلیون سال است که توسط قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) برای گنبدهای تراکیتی و تراکی داسیتی جنوب فوچان گزارش شده است. با توجه به مشاهدات صحرایی صورت گرفته توسط نگارندگان مانند وجود قطعات تخریبی منشأ گرفته از این گنبدها در توالی رسوبی تخریبی الیگومیوسن باختر رضاآباد، سن گنبدهای آداکیتی منطقه احمدآباد از الیگوسن جوان‌تر نیست و به نظر می‌رسد همان دامنه سنی ائوسن میانی بالایی برای آنها منطقی باشد. در این سنگ‌ها، آنکلاوهایی با ماهیت آمفیبولیتی، گنیسی، هورنبلندینی و پیروکسنیتی با ابعاد مختلف و به شکل‌های گوناگون یافت می‌شود. برخی از این آنکلاوها قطعات کنده شده از سنگ‌های موجود در مسیر بالاآمدگی هستند که در خلال بالاآمدگی ماگما به سوی بالا حمل شده‌اند. در سنگ‌های این گنبدها، بیگانه‌سنگ‌های (زینولیت‌های) تونی ماسه‌ای در اندازه‌های ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر دیده می‌شود (شکل ۲ ه).

۴- سنگ‌نگاری

گنبدهای آداکیتی منطقه احمدآباد دارای ترکیب سنگ‌شناختی آندزیت، تراکی‌آندزیت، تراکی‌داسیت و داسیت هستند. بیشتر سنگ‌های سازنده این گنبدها بافت چیره پورفیری، پورفیری جریانی و گلومروپورفیری دارند. پلاژیوکلاز، هورنبلند (بیشتر با حاشیه سوخته) و پیروکسن نوع اوژیت، کانی‌های اصلی به شمار می‌آیند. آپاتیت، بیوتیت و کوارتز کانی‌های فرعی و سریسیت، کلریت، اپیدوت، کلسیت و اکسیدهای ثانویه آهن، رایج‌ترین کانی‌های ثانویه این سنگ‌ها هستند (شکل ۳). گفتنی است در برخی سنگ‌ها، کوارتز به‌صورت میان‌بلوری در میان بلورهای خودشکل پلاژیوکلاز حضور دارد. بلورهای پلاژیوکلاز با اندازه ۲ تا ۱۲ میلی‌متر به‌صورت شکل‌دار و گاه نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شوند. پلاژیوکلازها بیشتر دارای بافت منطقه‌ای هستند. این ساخت در بیشتر موارد نشانه تغییرات محلی و سریع ترکیب مذاب تلقی می‌شود (Vernon, 2008). جایگزینی این گنبدها در برخی نقاط با دگرگونی همبری دمای پایین تا متوسط و محدود یا کم‌وسعت همراه است که با تشکیل کانی‌های اپیدوت، اکتینولیت و تبلور دوباره کلسیت در سنگ‌های میزبان مشخص می‌شود.

۵- ژئوشیمی

۹ نمونه از سالم‌ترین نمونه‌های سنگی برای تجزیه شیمیایی انتخاب و تجزیه شد (جدول ۱). بر پایه رده‌بندی ژئوشیمیایی Cox et al. (1979) سنگ‌های مورد مطالعه، شامل آندزیت، تراکی‌آندزیت، داسیت و تراکی‌داسیت هستند (شکل ۴ الف) و در قلمرو ماگماهای کالک آلکالن قرار می‌گیرند (Peccerillo & Taylor, 1976) (شکل ۴ ب). فراوانی عناصر خاکی کمیاب در سنگ‌های این مجموعه با مقادیر گوشته اولیه و REE کندریت مقایسه شده است (شکل‌های ۵ الف و ب). نمودار عنکبوتی بهنجار شده با گوشته اولیه (Sun & McDonough,1989) نشان‌دهنده بی‌هنجاری منفی Nb و Ti و بی‌هنجاری مثبت K است و نمودار بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب با REE کندریت (Nakamura,1974)، نشان از غنی‌شدگی از عناصر خاکی کمیاب سبک و تهی‌شدگی از عناصر خاکی کمیاب سنگین دارد. بی‌هنجاری منفی عناصر HFS مانند Nb و Ti از ویژگی‌های محیط‌های کمانی است (Gill, 1981).

۶- بحث

برای رخداد ذوب بخشی سنگ‌کره اقیانوسی فرورونده و ایجاد ماگمای آداکیتی شرایط مختلفی مطرح شده است که شماری از این نظریات شامل فرورانش سنگ‌کره داغ و جوان (Martin, 1999)، افزایش غیرعادی گرمای قطعه ورقه اقیانوسی فرورونده به هنگام فرورانش کم‌ژرفا (Gutscher et al., 2000)، پیدایش پنجره‌هایی در قطعه ورقه اقیانوسی فرورونده (Yogodzinski et al., 1995) هستند. بر پایه معیارهای ژئوشیمیایی مبتنی بر نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی (جدول ۱ و شکل ۶) مانند SiO_2 (۵۸/۹۱ تا ۶۳/۴۱ درصد)، Na_2O (بیش از ۳ درصد)، Al_2O_3 (بیش از ۱۶ درصد) درصد، Yb پایین‌تر از ۱/۸ پی‌پی‌ام و Y کمتر از ۱۸ پی‌پی‌ام و نسبت K_2O/Na_2O (۰/۹۸ تا ۲/۳ درصد) (Drummond & Defant, 1990; Haschke & Avraham, 2005; Danyushevsky et al., 2008; Topuz et al., 2011; Castillo, 2012) این سنگ‌ها دارای ماهیت آداکیتی و آداکیتی پرسیلیس هستند. بر پایه نمودار TiO_2 در برابر Al_2O_3 (Müller & Groves, 1993) (شکل ۷ الف)، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کمان آتشفشانی قرار می‌گیرند. این نمونه‌ها دارای نسبت بالای Ba/Nb (>۲۸) هستند که با شکل‌گیری ماگمای مادر آنها، در کمان‌های آتشفشانی سازگار است (Gill, 1981). میانگین نسبت Zr/Nb در این سنگ‌ها (حدود ۱۲)، نسبت بالای Ba/Nb (>۲۸) و بی‌هنجاری منفی عناصر با قدرت میدانی بالا (HFSE)، نشان‌دهنده فعالیت ماگمایی مرتبط با فرورانش است (Sommer et al., 2006). نمودار K_2O در برابر SiO_2، نشان می‌دهد که نمونه‌های سنگی مورد مطالعه در قلمرو مذاب‌های مرتبط با فرورانش قرار می‌گیرند (شکل ۷ ب). گنبدهای نیمه‌ژرف منطقه احمدآباد از نوع پرسیلیس هستند. به باور Martin et al. (2005) و جمشیدی و همکاران (۱۳۹۲) آداکیت‌های پرسیلیس به عنوان مذاب‌های حاصل از ذوب ورقه اقیانوسی فرورانش یافته با ترکیب گارنت آمفیبولیتی در فشار معادل با محدوده پایداری گارنت تفسیر می‌شوند که بیشتر در طی عبور از گوه گوشته‌ای با آن واکنش داده‌اند. در این مذاب‌ها در هنگام بالاآمدگی و برهم کنش با پریدوتیت گوشته‌ای، ترکیب عناصر اصلی تغییر می‌کند اما دیگر ویژگی‌ها مانند نسبت عناصر خاکی کمیاب کمتر تغییر می‌کند (Mori et al., 2007). با توجه به حضور انواع آنکلاوهای هم‌منشأ (مانند آنکلاوهای میکروگرانولار مافیک، لخته‌های مافیک و اتولیت‌ها) و غیر هم‌منشأ (مانند آنکلاوهای گنایسی، آمفیبولیتی، میکاشیستی، تونی ماسه‌سنگی و ...) ماگماهای سازنده آداکیت‌های مورد مطالعه، در هنگام بالاآمدگی دچار تبلور تفریقی، هضم و آلایش پوسته‌ای شده‌اند. این آنکلاوها شواهد آشکاری برای اختلاط ماگمایی و آلایش پوسته‌ای هستند. بی‌هنجاری منفی عناصر Nb و Ce (شکل ۵) نشان‌دهنده آلایش با سنگ‌های پوسته قاره‌ای و مشارکت آن در فرایندهای ماگمایی است. Rollinson (1993)

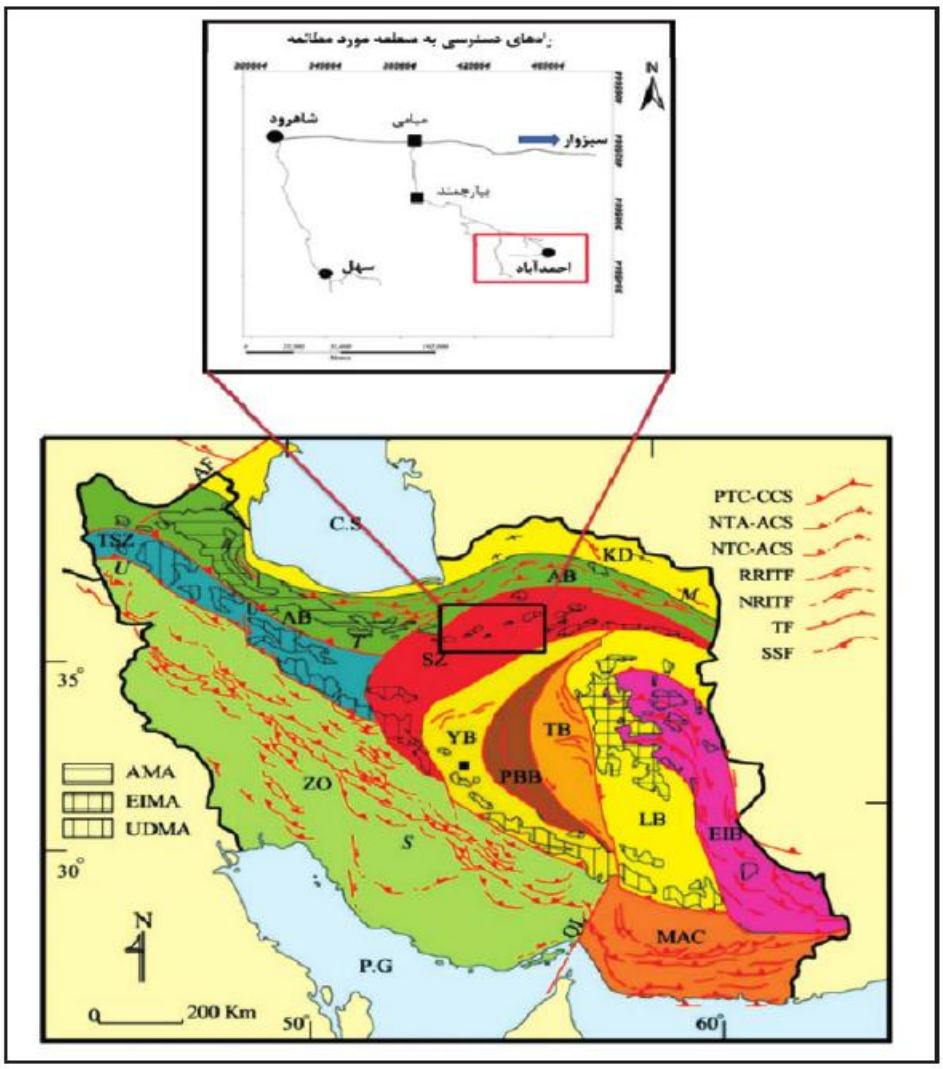
www.SID.ir

Archive of SID

بی‌هنجاری منفی Nb، غنی‌شدگی شدید Ca، K و Sr و غنی‌شدگی نسبی از Ba، Rb و Cs را حاصل تفریق‌یافتگی یا آغشتگی و اختلاط ماگما با مواد پوسته‌ای قاره‌ای می‌داند. مدل ارائه شده توسط Moyen (2009) در مورد تشکیل آداکیت‌ها (شکل ۸) نشان‌دهنده آن است که آداکیت‌های پرسیلیس حاصل ذوب سنگ‌کره اقیانوسی در ژرفای حدود ۷۰ کیلومتری زیر سطح زمین هستند. سپس ماگمای تولید شده به ترازهای بالا حرکت کرده و درون پوسته قاره‌ای بالایی جای گرفته است.

۷- نتیجه گیری

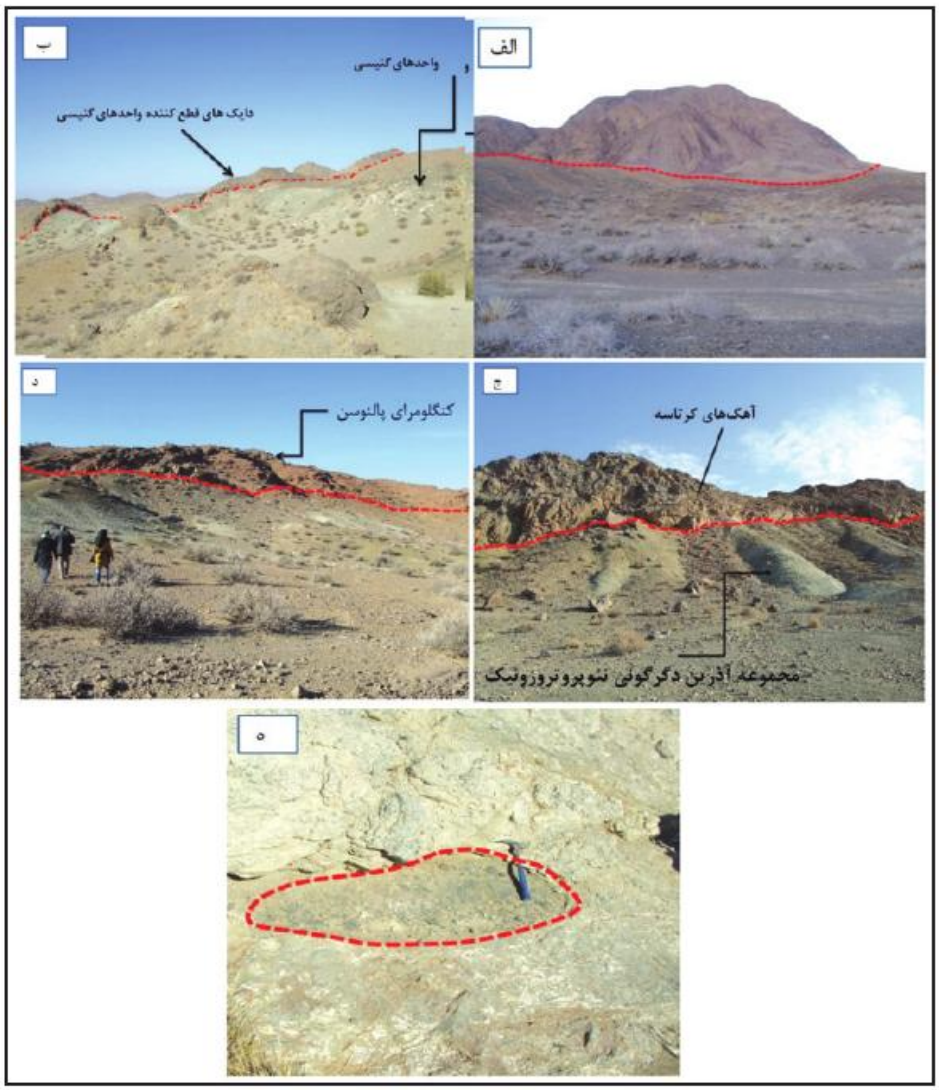
گنبدهای آذرین منطقه احمدآباد، ترکیب آندزیتی، تراکی آندزیتی، داسیتی و تراکی داسیتی و ماهیت کالکوآلکالن دارند. با توجه به میزان HREE پایین و LREE بالا به همراه دیگر ویژگی‌ها از جمله SiO_2 (۵۸/۹۱ تا ۶۳/۴۱ درصد)، Na_2O (بیش از ۳ درصد)، Al_2O_3 (بیش از ۱۶ درصد)، Yb پایین تر از ۱/۸ پی‌پی‌ام و Y کمتر از ۱۸ پی‌پی‌ام و K_2O/Na_2O (۰/۹۸ تا ۲/۳ درصد) این سنگ‌ها دارای ماهیت آداکیتی پرسیلیس هستند. آداکیت‌های پرسیلیس به عنوان مذاب‌های حاصل از ذوب ورقه اقیانوسی فرورونده نوتتیس (شاخه سیزوار درونه) با ترکیب گارنت آمفیبولیتی دگرگون شده در بالاترین حد دما فشار رخساره آمفیبولیت تفسیر می‌شوند که بیشتر در هنگام بالاآمدگی از گوه گوشته‌ای با آن واکنش داده‌اند. مقدار بالای La/Nb و غنی‌شدگی از Ba، K و Rb به همراه وجود آنکلاوهای پوسته‌ای فراوان نشانه پدیده آلایش پوسته‌ای در ماگمای سازنده این سنگ‌هاست.



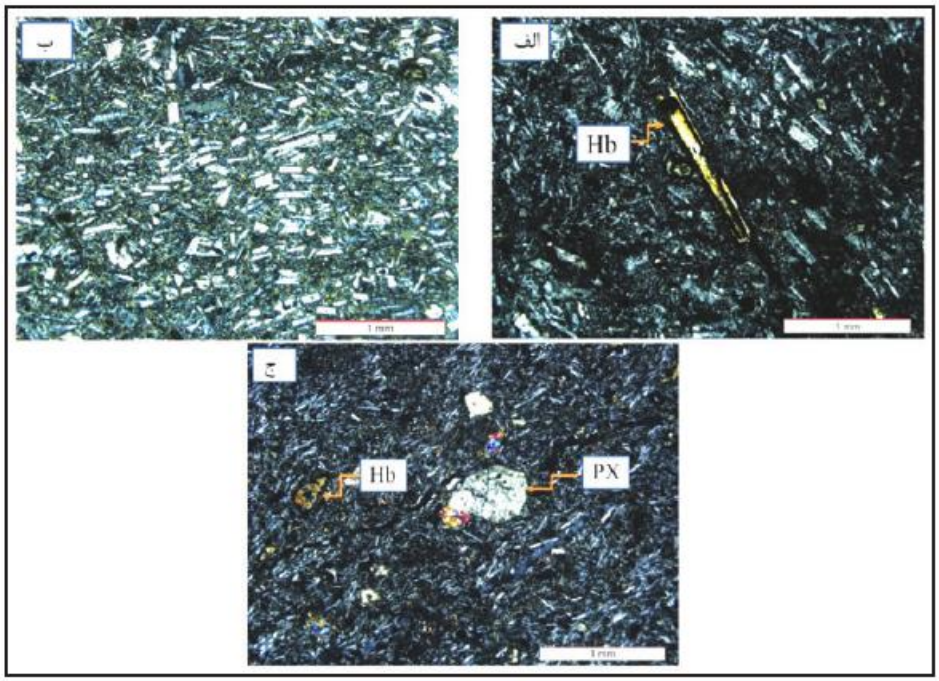
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی محدوده مورد مطالعه (Alavi, 1991).

www.SID.ir

Archive of SID



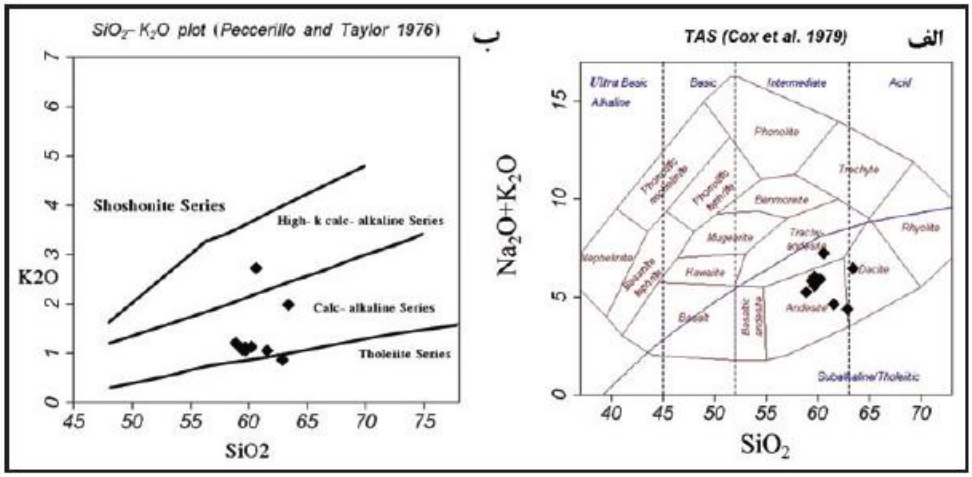
شکل ۲- تصاویری از توالی‌های سنگی دیده شده در منطقه احمدآباد خارتوران. الف) گنبد داسیتی مشهور به اللهکم؛ ب) گنیس‌های اواخر نئوپروتروزوییک و دایک‌های دیابازی ژوراسیک میانی که آنها را قطع کرده‌اند؛ ج) راندگی آهک‌های کرتاسه زیرین روی مجموعه دگرگونی- آذرین نئوپروتروزوییک؛ د) قرارگیری کنگلومرای پالئوسن روی واحدهای کهن‌تر به‌صورت دگرشیب و با مرز ناپیوسته؛ ه) حضور آنکلاو متاپلیتی در تراکی‌داسیت‌های چهارگنبد (باختر واشنگ، شمال خاور احمدآباد خارتوران).



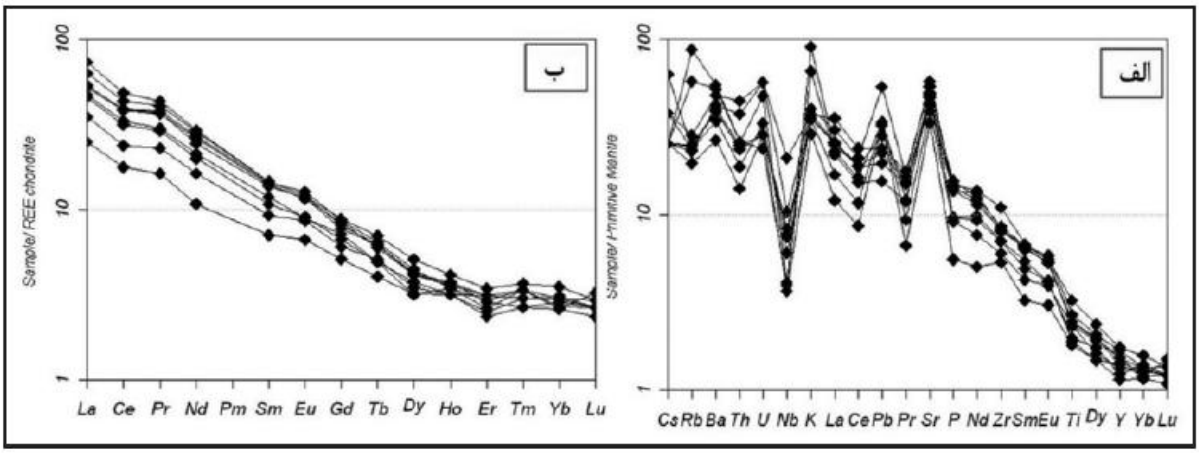
شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی نشان‌دهنده بافت‌ها و کانی‌های متداول در تراکی‌داسیت‌ها و تراکی‌آندزیت‌ها؛ الف و ب) تصاویری از بافت هیالومیکرولیتی پورفیری جریانی (تراکیتی) در تراکی‌داسیت‌ها و حضور درشت‌بلورهای هورنبلند و پلاژیوکلاز؛ ج) بافت هیالومیکرولیتی پورفیری جریانی و درشت‌بلورهای هورنبلند و پیروکسن در تراکی‌آندزیت (همه تصاویر در نور XPL).

www.SID.ir

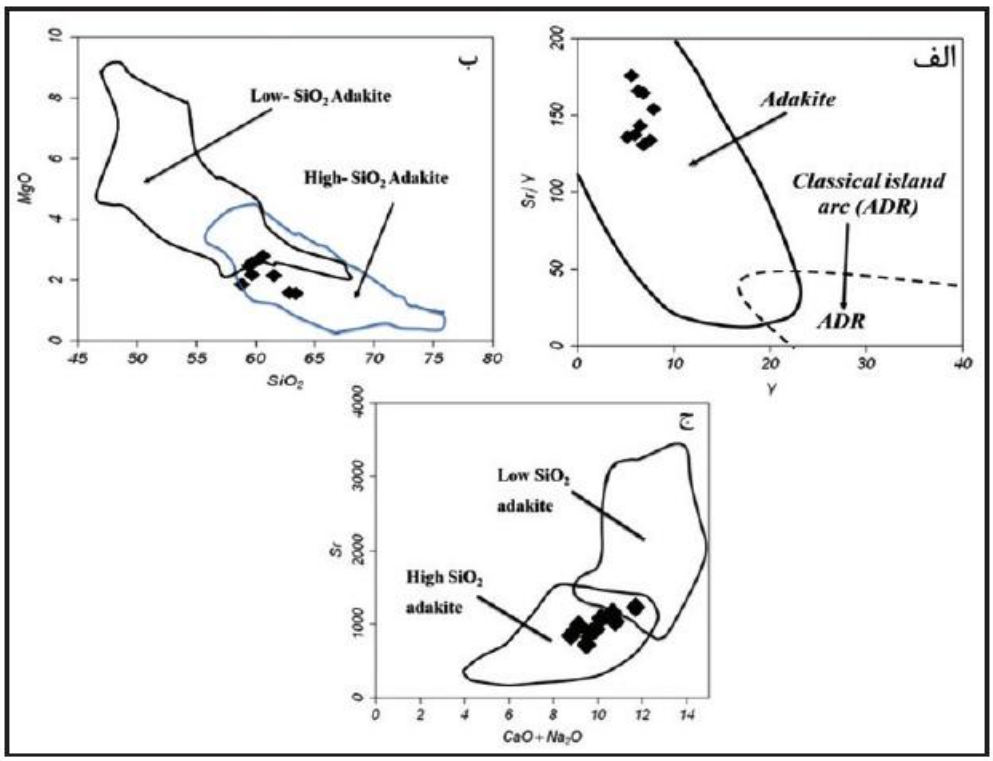
Archive of SID



شکل ۴- موقعیت قرارگیری نمونه‌های آداکیتی منطقه احمدآباد خارتوران روی نمودارهای رده‌بندی و تعیین سری ماگمایی. الف) نمودار K_2O+Na_2O در برابر SiO_2 از Cox et al. (1979)، ب) نمودار K_2O در برابر SiO_2 برای تعیین سری از Peccerillo & Taylor (1976). نشانه‌ها در همه نمودارها یکسان انتخاب شده است.



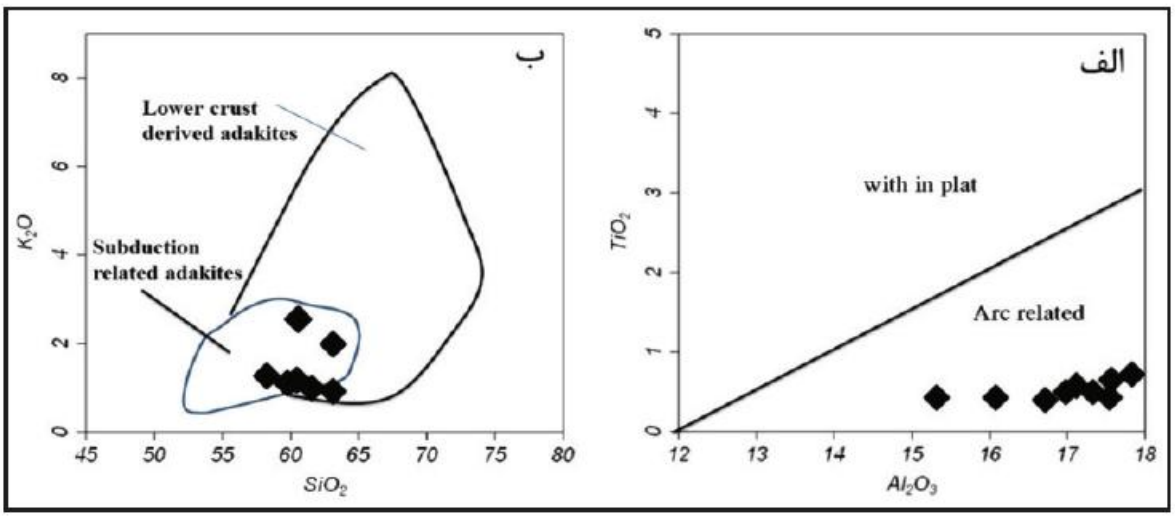
شکل ۵- الف) نمودار عنکبوتی بهنجار شده با گوشته اولیه (Sun & McDonough, 1989)، ب) نمودار عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده با کندریت Nakamura (1974).



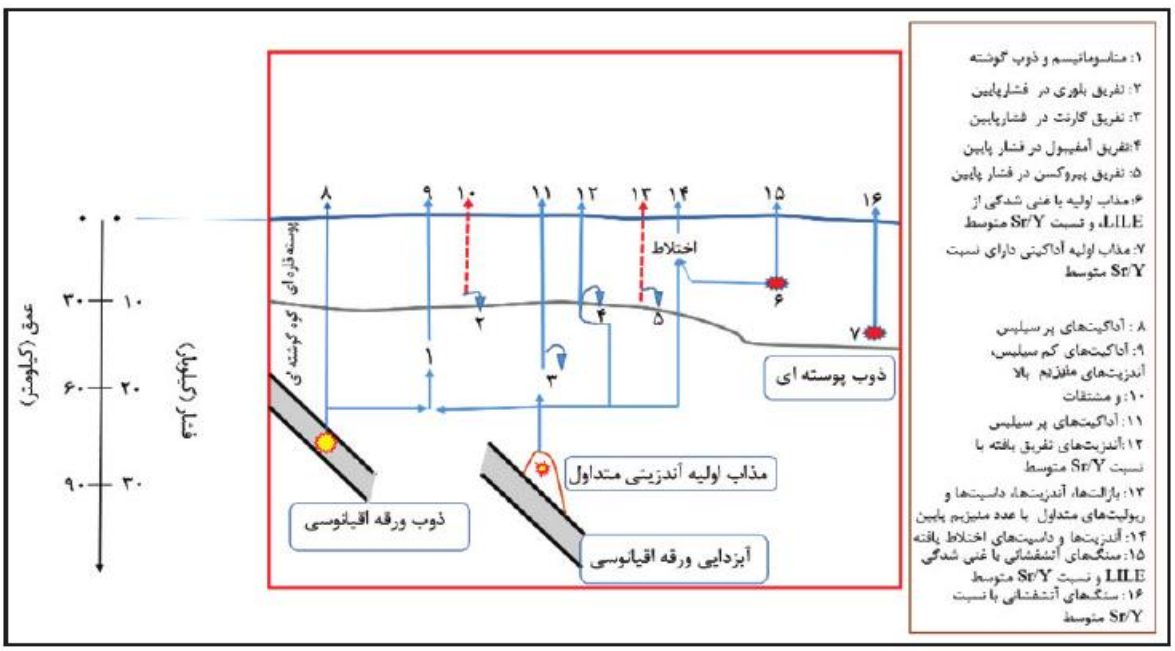
شکل ۶- الف) نمودار Sr/Y در برابر Y از Drummond & Defant (1990)، ب و ج) نمودارهای متمایزکننده آداکیت‌های پرسیلیس و کم سیلیس از یکدیگر (Yogodzinski et al, 1995; Danyushevsky et al., 2008; Castillo, 2012; Martin et al., 2005)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- موقعیت قرارگیری نمونه‌های بررسی شده روی نمودارهای تعیین محیط زمین‌ساختی. الف) Müller & Groves (1993)، ب) قرارگیری نمونه‌ها در موقعیت آداکیت‌های مرتبط با فرورانش (Pearce, 1983).



شکل ۸- مدل تشکیل انواع ماگماهای آداکیتی (Moyen, 2009). با توجه به پرسیلیس بودن آداکیت‌های منطقه احمدآباد خارتوران، آنها از ذوب ورقه اقیانوسی دگرگون شده حاصل شده‌اند (به متن مراجعه شود).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه‌های شیمیایی نمونه‌های سنگی متعلق به گنبدهای آداکیتی منطقه احمدآباد- خارتوران.

SAMPLE	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9
SiO_2	۵۸/۹۱	۵۹/۷۱	۶۰/۲۵	۵۹/۷۲	۵۹/۴۶	۶۱/۵۸	۶۲/۹۱	۶۰/۶۳	۶۳/۴۱
Al_2O_3	۱۷/۹۲	۱۷/۵۴	۱۷/۲۶	۱۷/۵۴	۱۷/۱۶	۱۷/۰۳	۱۶/۷۷	۱۶/۰۷	۱۵/۳۲
Fe_2O_3	۴/۸۱	۴/۴۴	۴/۶۳	۴/۷۶	۴/۳۵	۴/۳۹	۳/۶	۴/۱	۳/۹۷
CaO	۷/۸۳	۵/۸	۴/۸۷	۶/۲۶	۵/۱۴	۵/۸۴	۶/۲۴	۴/۵۱	۵/۸۶
Na_2O	۴/۰۴	۴/۹۳	۴/۷۹	۴/۵	۴/۷۷	۳/۵۷	۳/۵	۴/۵۲	۴/۵
K_2O	۱/۲۱	۱/۱۲	۱/۱۳	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۰۵	/۸۷	۲/۷۳	۱/۹۸
MgO	۱/۸۴	۲/۱۸	۲/۶۶	۲/۵۶	۲/۴۶	۲/۱۵	۱/۵۷	۲/۸	۱/۵۵
TiO_2	۰/۷	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۵	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۱
MnO	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷
P_2O_5	۰/۳	۰/۳۲	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۲۱
TOTAL	۹۷/۶۲	۹۶/۶۲	۹۶/۶۹	۹۷/۴۲	۹۵/۳۲	۹۶/۳۹	۹۶/۰۳	۹۶/۰۶	۹۷/۲۸
Trace elements (ppm)									
Rb	۱۴/۶	۱۷/۹	۱۶	۱۴/۹	۱۵/۶	۱۵	۱۲/۵	۵۵/۶	۳۶/۶
Sr	۱۲۱۹	۱۱۳۵/۹	۹۰۱/۸	۱۰۱۸/۷	۹۳۰/۴	۸۲۲/۶	۷۰۷/۱	۹۸۴/۸	۱۰۴۶/۹
Y	۷/۹	۶/۹	۶/۹	۷/۶	۶/۵	۶	۵/۲	۵/۶	۶/۳
Zr	۹۰/۳	۱۲۳/۳	۹۱/۶	۹۵/۸	۸۹/۲	۶۷/۱	۹۵/۵	۷۸/۹	۷۸/۴
Nb	۷/۴	۱۵	۵/۳	۵/۹	۵/۵	¾	۲/۶	۲/۹	۲/۸
Cs	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲
Ba	۲۹۵	۳۳۴	۲۷۶	۲۸۴	۲۷۱	۲۴۰	۱۸۶	۳۸۵	۳۶۴
Ta	۰/۴	۰/۸	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱
Rare earth elements									
La	۲۰/۹	۲۴/۴	۱۷/۶	۱۷/۸	۱۷/۳	۱۱/۶	۸/۳	۱۵/۷	۱۵/۱
Ce	۳۷/۵	۴۲/۲	۳۳/۶	۳۳/۹	۳۳/۴	۲۰/۷	۱۵/۳	۲۸/۹	۲۷/۴
Pr	۴/۵۶	۴/۸۸	۴/۱۴	۴/۲۵	۴/۱۳	۲/۵۸	۱/۸۳	۳/۳۶	۳/۲۷
Nd	۱۸	۱۸/۵	۱۵/۴	۱۷	۱۶/۵	۱۰/۳	۶/۸	۱۳/۴	۱۲/۶
Sm	۲/۹۵	۲/۹۸	۲/۸	۲/۹۲	۲/۸۷	۱/۸۸	۱/۴۳	۲/۴۱	۲/۱۸
Eu	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۵۱	۰/۶۹	۰/۷
Gd	۲/۴۳	۲/۳۲	۲/۱۳	۲/۳۹	۲/۳۲	۱/۶۶	۱/۴۱	۱/۹۸	۱/۸۴
Tb	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۳
Dy	۱/۷۴	۱/۴۱	۱/۴۶	۱/۵۲	۱/۴۲	۱/۱۹	۱/۰۹	۱/۲۸	۱/۰۸
Ho	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۴
Er	۰/۷۷	۰/۷	۰/۷	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۷	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۹
Tm	۰/۱۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱
Yb	۰/۷۷	۰/۵۸	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۶۸	۰/۵۹
Lu	۰/۱	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹
Th	۳/۲	۳/۸	۲	½	۲	۱/۶	۱/۲	۲/۲	۲/۲
U	۱/۲	۱/۲	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۶	۱	۰/۵

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳ زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، ۶۰۶ ص.

اکرمیان، ا.، ۱۳۸۹ بررسی زمین‌شناسی و پتروژنز سنگ‌های آذرین کرتاسه منطقه زمان‌آباد (خارتوران جنوب‌شرق شاهرود)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۷۲ ص.

اکرمیان، ا.، قاسمی، ح.، طاهری، ع. و صادقیان، م.، ۱۳۸۹ ماگماتیسم آندزیتی داسیتی ائوسن میانی فوقانی در منطقه زمان‌آباد، جنوب‌شرق شاهرود: نشانه‌ای از ماگماتیسم کالکوآلکالن حاشیه قاره‌ای ایران مرکزی، هیجدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز، صص. ۸۵ تا ۹۰.

جمشیدی، خ.، ۱۳۹۴ پترولوژی، ژئوشیمی و پتروژنز گنبدهای آداکیتی شمال باشتین، سبزوار، پایان نامه دکترا، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۳۶ ص.

جمشیدی، خ.، قاسمی، ح. و صادقیان، م.، ۱۳۹۲ سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی سنگ‌های آداکیتی پر سیلیس پسافیولیتی سبزوار، مجله پترولوژی، سال پنجم، شماره هفدهم، صص. ۵۱ تا ۶۸.

قاسمی، ح.، صادقیان، م.، خانعلیزاده ع. و تنها، ع.، ۱۳۸۹ سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و سن تابش‌سنجی گنبدهای آداکیتی پرسیلیس کمان قاره‌ای نئوژن، جنوب قوچان، مجله بلور شناسی و کانی‌شناسی ایران ۳، صص. ۳۴۷ تا ۳۷۰.

References

Alavi, M., 1991- Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in Iran, Geological society of America Bulletin 103, 983-992.

Castillo, P. R., 2012- Adakite petrogenesis, Lithos, 304-316.

Cox, K. G., Bell, J. D. & Pankhurts, R. J., 1979- The interpretation of igneous rocks, George Allen and Unwin.

Danyushevsky, L.V., Falloon, T. J., Crawford, A. J., Tetroeva, S. A., Leslie, R. L. & Verbeeten, A., 2008- High-Mg adakites from Kadavu Island Group, Fiji, southwest of Pacific: evidence for the mantle origin of adakite parental melts, Geology 36, 499–502.

Drummond, M. S. & Defant, M. J., 1990- A model for trondhjemite tonalite-dacite genesis and crustal growth via slab melting: archean to modern comparisons, Journal of Geophysical Research 95, 21503-21521.

Emami, M. H., Sadeghi, M. M. & Omrani, S. J., 1993- Magmatic map of Iran, Geological Survey of Iran.

Ghasemi, A. & Talbot, C. J., 2006- A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran), Journal of Asian Earth Sciences 26, 683-693.

Ghasemi, H. & Rezaei Kahkhaei, M., 2015- Petrochemistry and tectonic setting of the Davarzan Abbasabad Eocene Volcanic (DAEV) rocks, NE Iran, Journal of Mineralogy and Petrology, No: 6, 235-252.

Gill, J. B., 1981- Orogenic andesites and plate tectonics, Springer-berlin, 43- 489.

Gutscher, M. A., Maury, R., Eissen, J. P. & Bourdon, E., 2000- Can slab melting be caused by flat subduction? Geology 28, 535-538.

Haghipour, A. A. & Aghanabati, S. A., 1985- Geological map of Iran, Geological Survey of Iran.

Haschke, M. R. & Avraham, Z., 2005- Adakites from collision- modified lithosphere, Geophys Research Letters, No: 32, L15302, 1-4.

Martin, H., 1999- The adakitic magmas modern analogues of Arohaean granitoids, Lithos 46: 411-429.

Martin, H., Smithies, R. H., Rapp, R., Moyen, J. F. & Champion, D., 2005- overview of tonalite–trondhjemite–granodiorite (TTG)· and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution, Lithos 79, 1–24.

Mori, L., Gomez-Tuena, A., Cai, Y. & Goldestein, S. L, 2007- Effects of prolonged flat subduction on the Miocene magmatic record of the central Trans-Mexican Volcanic Belt, Chemical geology 244, 452-473.

Moyen, J. F., 2009- High Sr/Y & La/Yb ratios: The meaning of the adakitic signature, Lithos 112, No: 19, 556-574.

Müller, D. & Groves, D. I., 1993- Direct and indirect associations between potassic igneous rocks, shoshonites and gold – copper deposits, Ore. Geology Reviews, No: 8, 383 – 406.

Nakamura, N., 1974- Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites: Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 757-775.

Pearce, J. A., 1983- Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth CJ, Norry MJ (eds) Continental basalts and mantle xenoliths, Shiva, Cheshire, 230–249.

Peccerillo, A. & Tylor, S. R., 1976- Geochemistry of Eocene calc- alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Corhar: Mineral, Petrol, 58, 63-81.

Rollinson, H. R., 1993- Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, John Wiley and Sons, 325 p.

Salamati, R., 1999- Map of Geology of Ahmadabad (Scale: 1:100000). Geological Survey of Iran.

Sommer, C. A., Lima, E. F., Nardi, L. V. S., Liz, J. D. & Waichel, B. L., 2006- The evolution of Neoproterozoic magmatism in Southernmost Brazil: shoshonitic, high- K tholeiitic and silicasaturated, sodic alkaline volcanism in post collisional basins, Anais da Academia Brasileira de Ciencias 78, 573-589.

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

Topuz, G., Okay, A. L., Altherr, R., Schwarz, W. H., Siebel, W., Zack, T., Satir, M. & Sen, M., 2011- Post-collisional adakite-like magmatism in the Ağvanis Massif and implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey), Lithos 125, issues: 1-2, 131-150.

Vernon, R. H., 2008- A Practical guide to Rock Microstructure, Cambridge University Press.

Yogodzinski, G. M., Kay, R. W., Volynets, O. N., Koloskov, A. V. & Kay, S. M., 1995- Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region: implications for slab melting and processes in the mantle wedge, Geological Society of America Bulletin 107, 505–519.

www.SID.ir

Archive of SID

Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, Vol. 25, No.100, Summer 2016

Geochemistry and tectonic setting of high silica adakitic domes of Ahmad Abad Khartouran (South East of Shahrood)

F. Yousefi [1*], M. Sadeghian [2], S. Samyari [3] & H. Ghasemi [4]

[1] Ph.D. Student, Department of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[2] Associate Professor, Department of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[3] M.Sc., Department of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[4] Professor, Department of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 2015 September 29 Accepted: 2016 January 20

Abstract

In the Ahmadabad Khartouran region located at 175 Km southeast of Shahrood, a considerable number of adakitic domes crop out, which are intruded into the Paleocene- Eocene volcanosedimentary rocks. Lithological compositions of these domes include andesite, trachyandesite and dacite. Pyroxene (augite), green hornblende and plagioclase are typical mafic and felsic rock forming minerals. With respect to low HREE and high LREE along with other characteristic such as silica content (58.91- 63.41), Na_2O more than 3%, Al_2O_3 more than16%, Yb less than 1.8 ppm, Y less than 18 ppm and K_2O/Na_2O ratio between 0.98- 2.3, these rocks can be classified as high silica adakite. Enrichment of LREE relative to the HREE and depletion of Nb, Ti, and high concentration of Rb, Ba, K and Th, imply crustal contamination of the mentioned adakitic domes. Enclaves with different sizes and compositions were seen in these domes which indicate contamination and magma mixing with continental crust. Petrographic and geochemical evidence show that the magma forming these rocks originated from melting of subducted metamorphosed Neotethys oceanic slab (Sabzevar – Darouneh branch) at the Peak-T conditions of amphibolite facies.

Key words: Adakite, Dome, Crustal contamination, Magma mixing, Neotethys oceanic slab, Ahmadabad, Khartouran, Shahrood.

For Persian Version see pages 291 to 298

*Corresponding author: F. Yousefi; E-mail: F.yousefi87@gmail.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional
www.SID.ir