

پetroگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های ماگمایی منطقه اردستان

بهار جوادزاده*، کارشناسی ارشد پترولوژی، bahar.javadzadeh@gmail.com

زیبا دلپاسند، مرکز گوه‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی ziba.delpasand@gmail.com

چکیده

شهرستان اردستان در شمال شرقی اصفهان واقع شده است، از نظر زمین‌شناسی این منطقه جزء زون ایران مرکزی محسوب می‌شود و به نوار ماگمایی ارومیه - دختر تعلق دارد. ترکیب سنگ‌شناسی توده‌های نفوذی شامل کوارتز دیوریت، کوارتز هورنبلند دیوریت، آلکالی فلدسپار گرانیته، گرانیته، پورفیری، گرانودیوریت و کوارتز مونزودیوریت بوده و سنگ‌های آتشفشانی از نوع گدازه و توف بوده که گدازه‌ها دارای ترکیب کانی‌شناسی آندزیت، بازالت، تراکیت، ریولیت و دایک‌ها و توده‌های نفوذی (گابرو و ترالیت) می‌باشند و توف‌ها از لحاظ پتروگرافی عمدتاً دارای بافت پورفیروکلاستیک بوده و اکثراً از نوع کریستال لیتیک توف، لیتیک کریستال توف، لیتیک توف و ویتربیک توف است. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، هردو ماگمای سنگ‌های نفوذی و سنگ‌های ولکانیک منطقه، سرشت متآلومین داشته و از لحاظ سری ماگمایی از نوع کالک‌آلکان می‌باشند. با توجه به بررسی خاستگاه ماگمایی و جایگاه تکتونیک، سنگ‌های نفوذی منطقه ویژگی‌های گرانیته‌های تیپ I را داشته و به حاشیه فعال قاره‌ای تعلق دارند و همچنین با توجه به دیگرام‌های عنکبوتی نمونه‌های سنگ‌های ولکانیک منطقه نیز با الگوی دیگرام‌های عنکبوتی مناطق فرورانش مربوط به حاشیه فعال قاره‌ای هماهنگی جالب توجهی را نشان می‌دهد. براساس اطلاعات موجود و شواهد صحرایی، هر دو توده نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی منطقه با محیط فرورانش در ارتباط می‌باشند. الگوی تکتونوماگمایی تشکیل گرانیته‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ماگماهای گرانیته‌ی منطقه حاصل ذوب پوسته اقیانوسی فرورانده شده می‌باشد. شواهد ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که ماگمای سنگ‌های مورد مطالعه خویشاوندی مشترک دارند و در یک محیط فرورانش تشکیل شده‌اند. که این مسئله با ماگماتیسم ارومیه - دختر هم خوانی دارد.

کلید واژه‌ها: نوار ماگمایی ارومیه - دختر، توده نفوذی، سنگ‌های آتشفشانی، منطقه اردستان

Petrography and geochemistry of Magmatic rocks of the Ardestan area

Bahar Javadzadeh*, Master of science in Petrology, bahar.javadzadeh@gmail.com
Ziba Delpasand, Gemological development institute of Shahid Beheshti University,
ziba.delpasand@gmail.com

Abstract

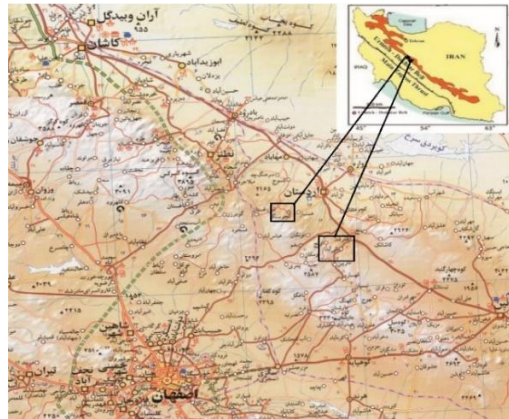
The studied area of Ardestan is considered as part of Central Iran zone and belongs to Urmia-Dokhtar magmatic belt. Volcanic activity associated with both intrusive bodies started in Lower Eocene and

reached its climax in Middle and Upper Eocene. Intrusive bodies consist of quartz-diorite and quartz-hornblende-diorite, Alkali feldspar granite, granite, porphyry granite, granodiorite and quartz-monzodiorite and Volcanic rocks consist of lava and tuff, with andesite, basalt, trackyte, rhyolite and dykes. Based on geochemical studies, the magma source of intrusive rocks in the studied area has metaluminous nature and belongs to calc-alkaline magmatic series. Taghi-abad and Dorojin Mountain bodies show characteristics of I-type granitoids and belong to an active continental margin setting. According to available data and field observations, both intrusive bodies (Taghi-abad and Dorojin Mountain) and volcanic rocks are associated with subduction zone. The tectono-magmatic model of formation of granitoid bodies in the studied area indicates that granitoid magmas in the studied area are the result of wedge-melting of subducted oceanic crust, and the formation of these magmas is similar to those formed in oceanic subduction zones.

Key Words: Urmia-Dokhtar magmatic belt, intrusive bodies, volcanic rocks, Ardestan area

مقدمه

دو توده نفوذی مورد مطالعه، توده تقی‌آباد در جنوب شهرستان اردستان در مختصات جغرافیایی بین طول‌های $52^{\circ}25'$ شرقی و $33^{\circ}9'$ شمالی واقع است و دیگری، کوه دوروجین در جنوب غرب شهرستان اردستان در مختصات جغرافیایی بین طول‌های 12° و 52° شرقی و $33^{\circ}15'$ شمالی واقع است و دیگری، سنگ‌های ولکانیک مورد مطالعه در $52^{\circ}30'$ طول شرقی و $33^{\circ}30'$ عرض شمالی در غرب اردستان قرار دارد. در تقسیم‌بندی جدید ساختاری فلات ایران توسط نوگل‌سادات (۱۹۹۳) که براساس ویژگی‌های عناصر ساختاری و روند آن‌ها، پدیده‌های آذرین و دگرگونی و خصوصیات سنگ-چینه‌شناسی ایالت‌های مختلف ساختاری در ایران انجام شده، منطقه مورد مطالعه در غرب و جنوب غرب ایران مرکزی یعنی در نوار ماگمایی ارومیه - دختر قرار می‌گیرد. توده نفوذی تقی‌آباد در جنوب اردستان و در محدوده روستاهای تقی‌آباد، ماربین، مبارکه، قهساره، بیدشک قرار می‌گیرد و توده نفوذی مورد مطالعه دیگر، یعنی کوه دوروجین واقع در جنوب غرب اردستان از دو مسیر، یکی سمت شرق توده از طریق روستای راسیب و دیگری، سمت غرب توده از طریق روستای حسن آباد قابل دسترسی می‌باشد و همچنین به منظور دستیابی به برونزدهای زمین شناسی منطقه می‌توان از راه‌های آسفالته اردستان - نائین در شرق منطقه، اردستان - اصفهان در بخش میانی، ظفرقند - زفره در بخش جنوبی و اردستان - نطنز در بخش شمالی منطقه استفاده نمود. مورفولوژی به علت طبیعت خشک، خاک سنگلاخی و در شمال نم‌زار و شن‌زار، بارندگی کم، تبخیر زیاد، پوشش گیاهی این منطقه بسیار فقیر و از نوع استپ بیابانی است. به طور کلی محدوده مورد مطالعه، کوهستانی با روند کلی شمال غرب - جنوب شرق بوده و کوه‌های غیرمنظمی از شعبه‌های کوه کرکس، از جنوب شهرستان می‌گذرد. فعالیت آتشفشانی در دو منطقه مورد مطالعه در ائوسن زیرین شروع شده و در ائوسن میانی و بالایی به اوج خود رسیده است (محمدی، ۱۳۷۴). سنگ میزبان دارای ماهیت آتشفشانی - رسوبی است و از گدازه‌های آندزیتی - داسیتی تشکیل شده است. تعداد قابل توجهی توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی به درون مجموعه سنگ‌های مذکور، نفوذ کرده‌اند. در این مقاله ویژگی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمی این توده‌ها و سنگ‌های ولکانیک مورد بررسی و معرفی قرار می‌گیرد.



شکل ۱- نقشه راه‌های ارتباطی منطقه مورد مطالعه. مناطق مورد مطالعه با علامت مشخص شده است. (اقتباس از نقشه راه‌های کشور)

روش مطالعه

پس از بررسی‌های صحرایی گسترده و نمونه‌برداری دقیق از واحدهای مختلف سنگ‌شناسی توده نفوذی جنوب اردستان بیش از ۷۰ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و بررسی شد. براساس مشاهدات میکروسکوپی بخش عمده سنگ‌های آذرین تشکیل دهنده توده‌های مورد مطالعه شامل ۶ واحد می‌باشند: (۱) کوارتز دیوریت و کوارتز هورنبلند دیوریت، (۲) گرانیت، (۳) آلکالی فلدسپار گرانیت، (۴) گرانیت پورفیری، (۵) گرانودیوریت، (۶) کوارتز مونزودیوریت و سنگ‌های ولکانیک عمدتاً داسیت، تراکی داسیت، بازالت، ریولیت، تراکی بازالت، تراکی آندزیت، بازالتیک آندزیت و آندزیت می‌باشند. به منظور مطالعه ویژگی‌های ژئوشیمیایی و تعیین سری‌های ماگمایی و موقعیت تکتونیکی توده‌های مزبور، تعداد ۱۳ نمونه از سنگ‌های توده‌های نفوذی و ۱۲ نمونه از سنگ‌های ولکانیک مورد مطالعه در آزمایشگاه زراآما به روش XRF و ICP مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. نتایج آنالیز شامل اکسیدهای عناصر اصلی، عناصر فرعی و نیز عناصر کمیاب می‌باشد. ترسیم نمودارها نیز به کمک نرم‌افزارهای Minpet و Gcdkit انجام شده است.

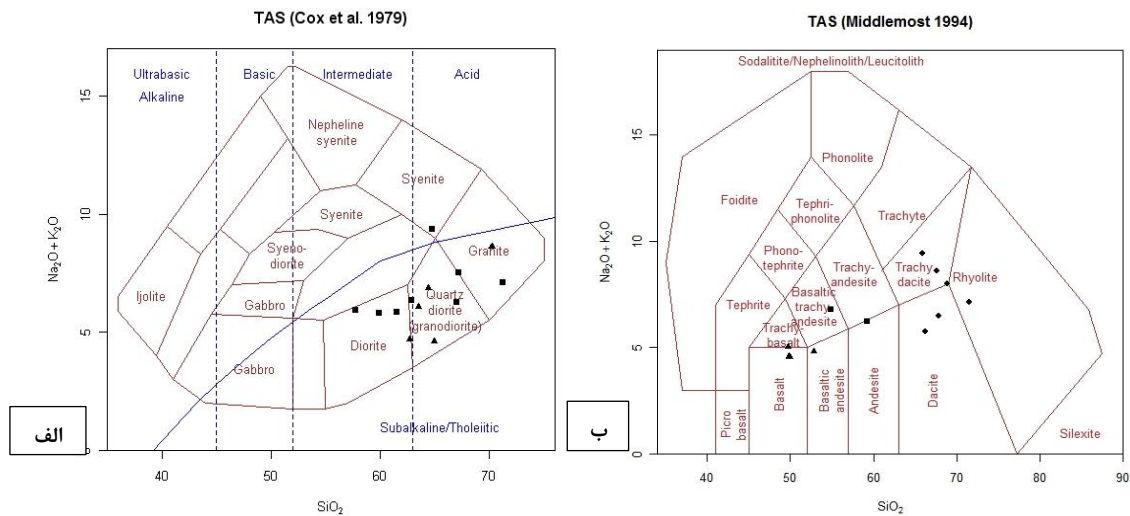
طبقه‌بندی شیمیایی:

الف) رده‌بندی TAS برای سنگ‌های نفوذی

نمودار TAS در واقع توسط کاکس و همکاران در سال ۱۹۷۹ برای سنگ‌های آتشفشانی تهیه شد. ولی ویلسون در سال ۱۹۸۹ از نمودار TAS جهت ارائه یک طبقه‌بندی مقدماتی برای سنگ‌های آذرین نفوذی استفاده کرد. با توجه به نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) سنگ‌های نفوذی مورد مطالعه منطقه دارای ترکیب سنگ‌شناسی کوارتز دیوریت (گرانودیوریت)، دیوریت، گرانیت و سینیت می‌باشند (شکل ۲-الف). در این نمودار محدوده آلکالی از ساب آلکالی توسط خطی جدا می‌شود. نمونه‌های مورد مطالعه منطقه در این نمودار اکثراً در محدوده ساب آلکالی قرار می‌گیرند.

ب) رده بندی TAS برای سنگ‌های ولکانیک

این طبقه بندی که توسط لوپاس و همکاران (۱۹۸۶) ارائه شده، بر اساس مجموع آلکالن در مقابل سیلیس بوده و برای طبقه بندی سنگ‌های آتشفشانی به کار می‌رود. همانطور که مشاهده می‌شود نمودارهای منطقه مورد مطالعه در محدوده داسیت، تراکیت - تراکی داسیت، ریولیت، بازالت، بازالتیک آندزیت، بازالتیک تراکی آندزیت، تراکی بازالت و آندزیت قرار می‌گیرند (شکل ۲-ب).

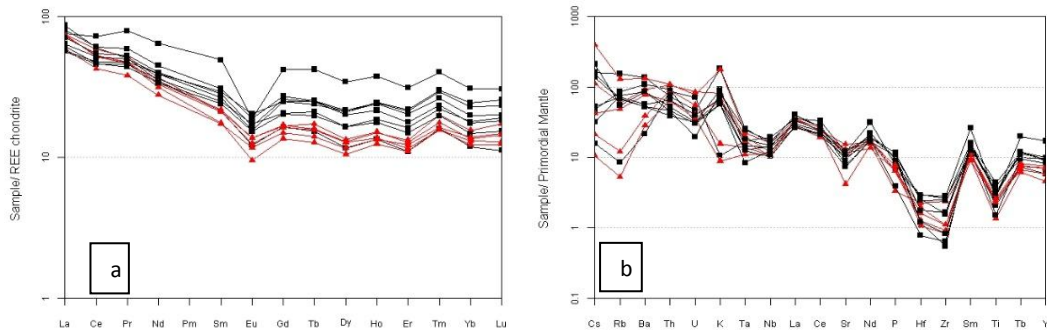


شکل ۲-الف) رده بندی Tas برای سنگ‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹). (خط جداکننده سری‌های ماگمایی آلکالن و ساب‌آلکالن از میاشیرو (۱۹۷۸) است). ب) جایگاه سنگ‌های ولکانیک منطقه مورد مطالعه در دیاگرام میدلموست (۱۹۹۷)

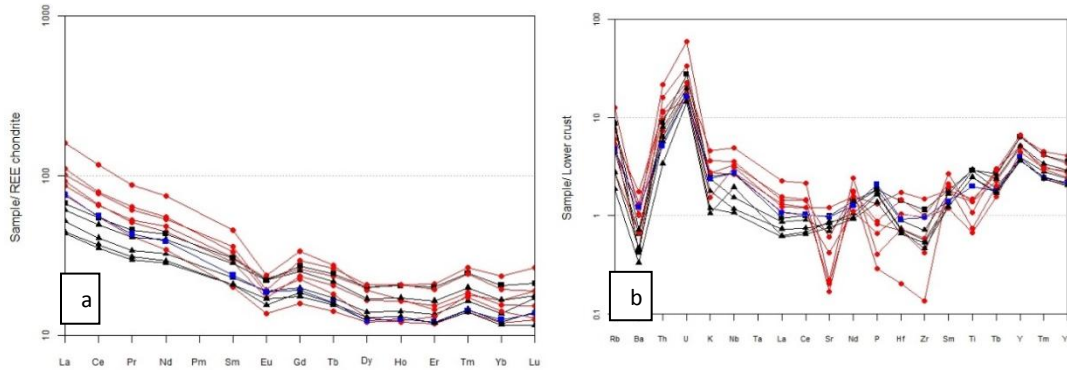
روند تغییرات عناصر کمیاب بر اساس نمودارهای عنکبوتی (Spider Diagrams)

نمودارهای عنکبوتی به منظور بررسی میزان تغییر و تحولات ماگماهای مولد نسبت به ماگماهای اولیه و همچنین منشأ و قرابت‌های ژنتیکی آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردارند. با بررسی نمودارهای عنکبوتی مربوط به نمونه‌های توده‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه می‌توان دریافت که در نمودار عنکبوتی نرمالیزه شده نسبت به کندریت، موازی بودن الگوی پراکندگی عناصر کمیاب خاکی منطقه نشان دهنده منشأ واحد و تبلور تفریقی در سنگ‌های مورد مطالعه می‌باشد. در این نمودارهای عنکبوتی همچنین تمام نمونه‌های مورد مطالعه از عناصر LREE نسبت به HREE غنی شده هستند و این از خصوصیات بارز سنگ‌های کالکوآلکالن مناطق فرورانش حاشیه قاره‌ای است. در نمودارهای عنکبوتی نرمالیزه شده نسبت به گوشته اولیه، وجود انومالی منفی Nb و Ti را باید مربوط به ترکیب شیمیایی منبع دانست. کمبود عناصر با میدان پایداری بالا (HFS نظیر Ti و Nb) مشخصه سنگ‌های مرتبط با فرورانش است (پیرس، ۱۹۸۲). الگوی میله‌ای و سرنیزه‌ای نمودارهای عنکبوتی از خصوصیات ماگماهای مرتبط با فرورانش است و چنین الگویی در نمودارهای عنکبوتی مربوط به توده‌های مورد نظر ملاحظه می‌گردد (ویلسون، ۱۹۹۰، شکل ۳). و همچنین همانطور که در (شکل ۴) مربوط به سنگ‌های ولکانیک مورد مطالعه منطقه مشاهده می‌شود، غنی شدگی عناصر LREE نسبت به HREE که نتیجه ذوب بخشی منشاء، حاوی گارنت و همچنین باقی‌مانده گارنت یا زیرکن و کانی‌هایی از این قبیل می‌باشند، از یک روند عمومی تبعیت می‌کنند. الگوهای عناصر نادر خاکی از انواع سنگ‌های اسیدی، حدواسط و بازیک در منطقه به موازات

یکدیگر و یکنواخت می‌باشند و شاید به نظر برسد نتیجه تفریق ماگمایی باشند چرا که LREE نسبت به HREE ناسازگارتر می‌باشند. آنومالی منفی مختصری در Eu ملاحظه می‌گردد که ممکن است نتیجه تفریق پلاژیوکلازها و حتی فلدسپات آلکان باشد. در نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت به پوسته پایینی در مجموع انطباق سنگ‌های آتشفشانی منطقه را حول و حوش خط یک دیگرام مشاهده می‌کنیم. به نظر می‌رسد که سنگ‌های با آنومالی منفی، منشاء اولیه‌ای در گوشته داشته‌اند که بعداً در پوسته پایینی توقف داشته و تبادل ژئوشیمیایی انجام داده‌اند. اما در مورد U, Th که جزء عناصر رادیواکتیو می‌باشند و در پوسته قاره‌ای بالا تمرکز دارند، آنومالی مثبت را مشاهده می‌کنیم. (شکل ۴-ب)



نمودار ۳- نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت (a) کندریت (b) گوشته اولیه (مربوط به توده‌های نفوذی مورد مطالعه)



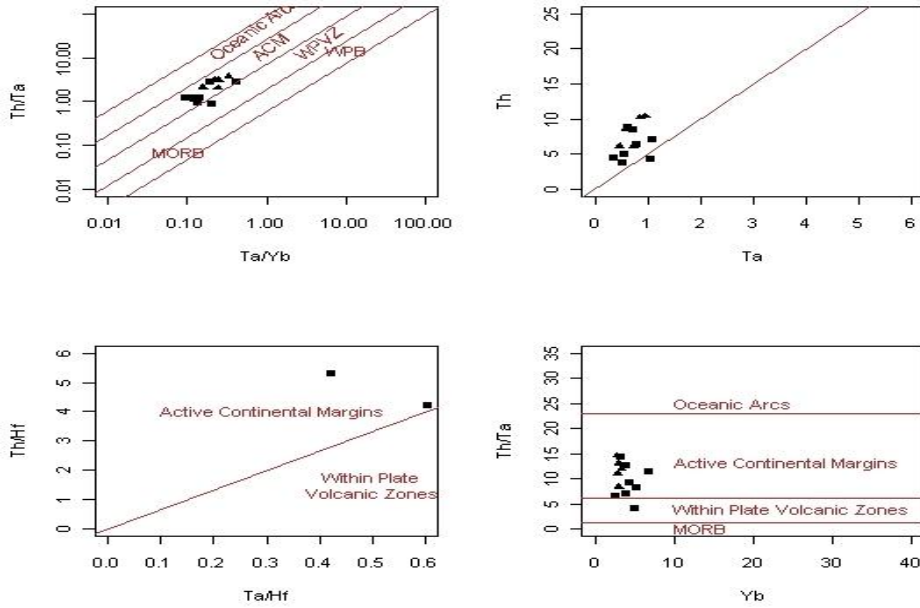
نمودار ۴- نمودار عنکبوتی نرمال شده نسبت (a) کندریت (b) پوسته پایینی (مربوط به سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه)

محیط تکتونیکی

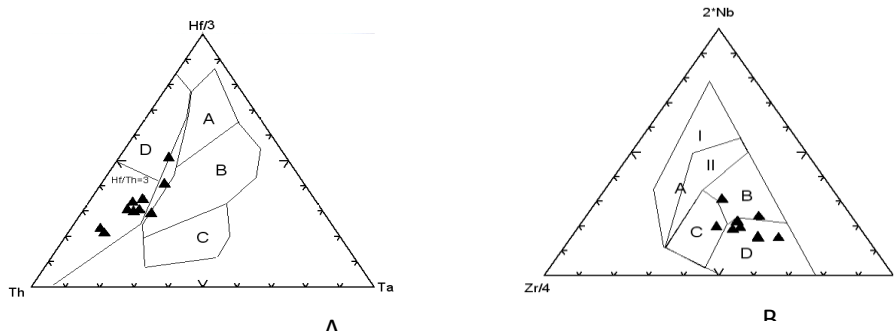
نمودارهای بر اساس عناصر کمیاب (Schandl & Gorton, 2002)

جهت تعیین محیط تکتونیکی نمونه‌های توده‌های نفوذی مورد مطالعه، از دیگرام‌های پیشنهادی اسکندل و گورتن (۲۰۰۲)، استفاده شده است که در آن جهت تفکیک قوس‌های ماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای، قوس‌های اقیانوسی، حوضه درون صفحه‌ای آتشفشانی و محیط MORB (پشته اقیانوسی) از نسبت‌های عناصر کمیاب Th/Ta ، $Th/Hf-Ta/Hf$ ، $Th-Ta$ ، $Th/Ta-Ta/Yb$ و $Th/Ta-Yb$ استفاده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود اغلب نمونه‌ها در موقعیت حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند (شکل ۵). بررسی فراوانی و الگوهای عناصر نادر سنگ‌های آتشفشانی منطقه مورد مطالعه، شباهت‌های قابل ملاحظه‌ای را بین این نمونه‌ها و سنگ-

های آتشفشانی محیط‌های فرورانش عرضه نمود. بررسی دیاگرام‌های متمایز کننده محیط‌های ژئودینامیکی نیز، تعلق داشتن سنگ‌های آتشفشانی منطقه غرب اردستان به ماگماتیسم قوسی (Arc-related) را تایید می‌نماید. در اکثر نمودارها (شکل ۶) حالت گذر از یک محیط جزایر قوسی دارای پوسته اقیانوسی به یک محیط قاره‌ای (حاشیه فعال قاره‌ای) به روشنی نمایان است.



شکل ۵- نمودار $Th/Ta-Ta/Yb$, $Th-Ta$, $Th/Hf-Ta/Hf$ و $Th/Ta-Yb$ اسکنند و گورتن (۲۰۰۲)، جهت تعیین محیط تکتونیکی که نمونه‌های مورد مطالعه در حاشیه فعال قاره‌ای قرار گرفته‌اند. ACM: حاشیه فعال قاره‌ای.



شکل ۶: نمودارهای متمایز کننده محیط‌های تکتونیکی نمودار A - $Ta-Hf-Th$ برای بازالتها (Wood, 1980) نمودار B - $Zr-Nb-Y$ برای بازالتها (Mesched, 1986)

بحث و نتیجه‌گیری

از نظر پتروگرافی توده‌های نفوذی جنوب و جنوب غرب اردستان، ترکیبی گرانیتوئیدی دارد و از تنوع ترکیب سنگ‌شناسی از کوارتزدیوریت تا آلکالی‌گرانیت برخوردار می‌باشد. سنگ‌های آتشفشانی منطقه عمدتاً از نوع گدازه و توف می‌باشند. گدازه‌ها

دارای ترکیب کانی‌شناسی آندزیت، تراکیت، تراکی آندزیت، آلکالی تراکیت، بازالتیک آندزیت - آندزیتیک بازالت، ترالیت و گابرو می‌باشند و توف‌ها از لحاظ پتروگرافی عمدتاً کریستال لیتیک توف، لیتیک کریستال توف و ویتریک توف می‌باشند.

نمونه‌های توده نفوذی و سنگ‌های ولکانیک مورد مطالعه از نظر سری ماگمایی در قلمرو سری ساب آلکان-کالکوآلکان قرار می‌گیرند.

براساس اکسیدهای عناصر اصلی و پارامترهای تعریف‌شده به کمک آن‌ها، سنگ‌های توده نفوذی مورد مطالعه، از نظر جایگاه تکتونیکی در محدوده گرانیتوئیدهای (CAG+CCG+IAG) قرار می‌گیرند و از گرانیت‌های قبل از برخورد و هم‌زمان با برخورد به‌شمار می‌آیند. و بررسی دیاگرام‌های متمایز کننده محیط‌های ژئودینامیکی نیز، تعلق داشتن سنگ‌های آتشفشانی منطقه غرب اردستان به ماگماتیسم قوسی (Arc-related) را تایید می‌نماید. در اکثر نمودارها حالت گذر از یک محیط جزایر قوسی دارای پوسته اقیانوسی به یک محیط قاره‌ای (حاشیه فعال قاره‌ای) به روشنی نمایان می‌باشد.

با استفاده از نمودارهای لگاریتمی به منظور تعیین محیط تکتونیکی تشکیل سنگ‌های توده‌های نفوذی مورد مطالعه، نمونه‌ها در محدوده گرانیت‌های قوس‌های آتشفشانی (VAG) جای می‌گیرند.

مدل ماگمای توجیه کننده سنگ‌های توده‌های نفوذی مورد مطالعه، مدل ماگمایی فرورانش است.

با توجه به موقعیت قرارگیری این توده در زون ارومیه- دختر، سنگ‌های نفوذی مورد مطالعه حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی می‌باشند و از نوع گرانیت‌های کمان قاره‌ای (CAG) می‌باشند.

منابع

- ۱- نوگل سادات، ع.، ۱۳۶۴، بررسی دگرشکلی برشی همگرا یا جابجایی، چهارمین گردهمایی علوم زمین
- ۲- محمدی، س.، ۱۳۷۴، بررسی ولکانیسم ترشیاری منطقه اردستان (ایران مرکزی)، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران
- ۳- قربانی، منصور، (۱۳۸۱)، ماگماتیسم و متامورفیسم ایران، جزوه درسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

References

- 1- Cox, K.G. Bell, J. D. & Pankhurst, R. J. (1979): *The interpretation of igneous rocks*. George Allen and Unwin. London.
- 2- Maniar, P.D., and P.M., Piccoli, 1989, *Tectonic discrimination of granitoids: Geological of society of American Ball, Vol, 101, p.635-943.*
- 3- Middlemost, E.A.K., 1985, *Mama and magmatic rocks, An introduction to igneous petrology* . Longman group. UK, 226p.
- 4- Pearce, J.A., 1983, *Role of the Sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins*, In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J. (eds.), *Continental basalts and mantle xenoliths*, Shiva, Nantwich, pp.230-249.
- 5- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984, *Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks*, *J. petrology*, 25, p.956-983.
- 6- Willson, M., 1991, *Igneous petrogenesis*, Happer Collins pub, 964p.

- 7- Rolinson, H. R., (1993) *Using geological data, evolution, presentation, interpretation*, Longman Ltd. Publication, PP 214.
- 8- Schandl, E.S. and Gorton, M.P., 2002, *Application of high field strength elements to discriminate tectonic setting in VMS environments; Economic Geology*, V. 97, p. 629-642.
- 9- Wood D.A., 1980 The application of a Th-Hf-Ta diagram to problem of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the british Teriary volcanic province. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 50. 11-30.
- 10- Middlemost, E. A. K, 1994, Naming material in the magma / igneous rock system *Earth Sci. Res.* 37: 215-226