

بررسی ژئوتکتونیک فعالیت ماگمایی پالئوزویک زیرین در زون ارومیه - دختر (جنوب کاشان)

سید محسن طباطبایی منش^{۱*}، همایون صفایی^۱ و اکرم السادات میرلوحی^۱

^۱ گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۸/۰۶

چکیده

در جنوب کاشان، سنگ‌های آتشفشانی پالئوزویک زیرین (سیلورین) بخشی از ارتفاعات کوهستان قهرود را تشکیل داده‌اند. از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌شناسی ساختمانی - رسوبی ایران، این آتشفشانی‌ها در کمربند ماگمایی ارومیه - دختر برونزد دارند. این سنگ‌ها بازی تا نیمه بازی و بیشتر، بازالت هستند. بررسی‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها حاکی از ماهیت قلیایی و محیط زمین‌ساختی کافت درون قاره‌ای در زمان تشکیل این سنگ‌ها است. گسل اصفهان با راستای شمالی - جنوبی زون سندج - سیرجان را قطع می‌کند. این گسل یکی از گسل‌های دیرین و پی‌سنجی است که دست‌کم از اوایل پالئوزویک فعال بوده است. حضور منحصر به فرد برونزدهای آتشفشانی سیلورین در این منطقه را می‌توان به فعالیت بخش شمالی این گسل نسبت داد که به دنبال حرکات کششی پس از فاز کوهزایی کالدونین ایجاد شده است.

کلید واژه‌ها: ژئوتکتونیک، ماگماتیسیم، سیلورین، ارومیه - دختر، کاشان.

E-mail: tabatabaimohsen@yahoo.com

* نویسنده مسئول: سید محسن طباطبایی منش

۱- مقدمه

یکی از زون‌های مهم ساختمانی - رسوبی ایران، کمربند ماگمایی ارومیه - دختر (سهند - بزمان) است. این زون به عقیده برخی از پژوهشگران، بخشی از ایران مرکزی است اما روندی همانند روند زاگرس دارد که در شمال خاور زون سندج - سیرجان واقع شده است (شکل ۱). این کمربند شامل سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی است و از نظر سنی غالباً آن را به ائوسن نسبت می‌دهند. یکی از پدیده‌های جالب توجه، استقرار بخشی از سنگ‌های آتشفشانی منتسب به سیلورین در این کمربند (خاور قهرود و جنوب ایبانه) است (شکل ۲). حضور سنگ‌های آتشفشانی پالئوزویک در زون ارومیه - دختر در جنوب کاشان منحصر به فرد است و با توجه به موقعیت جغرافیایی این رخنمون‌ها، مطالعه خاستگاه تکتونوماگمایی آنها اهمیت دارد. در این مطالعه افزون بر بررسی‌های سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی این فعالیت آتشفشانی، محیط ژئوتکتونیک و نحوه جایگیری نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

ناحیه مورد مطالعه در تقسیم‌بندی‌های کشوری و استانی بخشی از شهرستان کاشان بوده و در ۱۴۰-۱۲۰ کیلومتری شمال اصفهان و حدود ۶۰-۴۰ کیلومتری جنوب - جنوب خاور کاشان واقع شده است. منطقه مورد نظر بین طول جغرافیایی ۲۶° ۵۱' تا ۴۵° ۵۱' خاوری و عرض جغرافیایی ۲۷° ۳۳' تا ۴۱° ۳۳' شمالی قرار گرفته است. این سنگ‌های آتشفشانی‌ها، بخشی از کوهستان صعب العبور قهرود هستند و در خاور روستای قهرود و جنوب دهستان تاریخی ایبانه برونزد دارند (شکل ۳).

گسترش سنگ‌های آتشفشانی پالئوزویک زیرین (سیلورین) در مناطق مختلفی از ایران گزارش شده است. از جمله این مناطق می‌توان به رخنمون‌های جنوب گرگان تا شمال شاهرود با نام بازالت‌های سلطان میدان اشاره کرد که در مقایسه با سنگ‌های رسوبی، سترای بیشتری دارند (Jenny, 1977a). در ناحیه سیرجان، سنگ‌های آتشفشانی‌ها از نوع اسپیلیتی است و در نواحی شیرگشت، ترو، جام، سه (کاشان) و خور (انارک) نیز سنگ‌های سیلورین (سازند نیور) روانه‌های بازالتی دارند (آقانباتی، ۱۳۸۳). به‌تازگی، این سنگ‌ها در شمال باختر طبس (درخشی، ۱۳۸۵) و در جنوب ایبانه (آیتی، ۱۳۸۳) مطالعه شده که جایگیری این توده‌ها به فعالیت ماگمایی درون صفحه‌ای و محیط کششی در زمان پالئوزویک زیرین نسبت داده شده است. همچنین مطالعات انجام شده در مورد بررسی خاستگاه این سنگ‌ها در ایران مرکزی حاکی از آن است که بیشتر سنگ‌های ماگمایی مورد نظر، ماهیت قلیایی و تعداد کمی نیز ماهیت نیمه قلیایی دارند و در جایگاه زمین‌ساختی درون صفحه قاره‌ای قرار داشته

و از ذوب بخشی درجه پایین گوشته زیر سنگ‌کره قاره‌ای منشأ گرفته‌اند (ناجی و قاسمی، ۱۳۸۴). این جایگاه با جغرافیای دیرین پالئوزویک زیرین ایران مرکزی مبنی بر وجود یک محیط کششی کافت درون‌قاره‌ای در این زمان کاملاً منطبق است. برای بررسی وسعت و گسترش سنگ‌های آتشفشانی‌ها و تفکیک اولیه آنها برای نمونه‌برداری از منطقه و همچنین بررسی ساختاری و شناسایی گسل‌های منطقه داده‌های رقومی ماهواره‌ای TM ماهواره لندست ۵ مورد پردازش قرار گرفتند. پس از برداشت‌های صحرائی و تهیه مقاطع نازک، مطالعات سنگ‌نگاری با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل BH-2 انجام شد. ۶ نمونه از سنگ‌های منطقه جهت که از نظر دگرسانی سالم‌تر بودند، برای انجام تجزیه کلی سنگ (Whole Rock) انتخاب شدند. این تجزیه‌ها به روش ICP - MS و در آزمایشگاه Amdel استرالیا انجام شد. اکسیدهای اصلی نمونه‌های منطقه ایبانه به روش XRF و عناصر کمیاب ۴ نمونه به روش ICP - MS در آزمایشگاه Amdel استرالیا تعیین شده است (آیتی، ۱۳۸۳). داده‌های حاصل از تجزیه سنگ‌های منطقه جهت در جدول ۱ و منطقه ایبانه در جدول ۲ ارائه شده است.

۲- زمین‌شناسی عمومی

سنگ‌های آتشفشانی‌های سیلورین در تاقدیس جهت حدود ۱۲ کیلومتر طول و ۳ کیلومتر عرض دارند و روند کلی آن NW-SE است. سنگ‌های آتشفشانی، تشکیل‌دهنده هسته تاقدیس هستند که در بال‌های شمال خاور و جنوب باختر آن، افق ماسه‌سنگی سازند نیور و سازند رسوبی پادها (ماسه‌سنگ) به ترتیب تکرار می‌شوند. کهن‌ترین واحد سنگی منطقه جهت، دولومیت‌های اردوویسین است که در هسته تاقدیس جهت رخنمون دارند.

وسعت این سنگ‌های آتشفشانی در جنوب ایبانه بیشتر است و توسط یک سیستم گسلی با روند شمال خاور - جنوب باختر تا حدودی پیوستگی خود را در سوی شمال باختر - جنوب خاور از دست داده‌اند. با حرکت از شمال خاور به جنوب باختر به ترتیب سازندهای معادل کهر، سلطانیه، لالون و میلا در سمت خاور سازند نیور و سازندهای پادها، بهرام، جمال، سرخ شیل و شتری در سمت باختر آن به ترتیب تکرار می‌شوند (خلعت‌بری و علائی، ۱۳۷۷)، بدین ترتیب توالی چینه‌شناسی در این منطقه به خوبی حفظ شده است.

بازالت‌های مربوط به محیط‌های زمین‌ساختی مختلف دارای مقادیر متفاوتی از عناصر فرعی هستند، بنابراین، نمودار $3Y-Zr/100-Ti$ (Pearce & Cann, 1973) یکی از نمودارهایی است که با استفاده از عناصر فرعی، محیط‌های زمین‌ساختی مختلف را از یکدیگر جدا می‌کند. این تفاوت‌ها در مقدار عناصر فرعی، برای تشخیص محیط زمین‌ساختی سنگ‌های بازالتی که اکنون تغییر شکل یافته‌اند (دگرگون شده‌اند) و نیز بازالت‌های مربوط به کمپلکس‌های افیولیتی، سودمند هستند. عناصر Zr و Ti و Y به احتمال، مناسب‌ترین عناصر برای این منظور هستند، زیرا این عناصر در هنگام دگرگونی درجه پایین و متاسوماتیسم، تحرک زیادی ندارند. در این نمودار، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده D (بازالت‌های درون قاره‌ای) قرار می‌گیرند (شکل ۸). در هر دو نمودار، عنصر Y و Zr به کار گرفته شده است. مقایسه نمونه‌های جهق و ایبانه در میزان این دو عنصر نشان می‌دهد که مقدار Y در هر دو، تقریباً یکسان است اما نمونه‌های ایبانه Zr به نسبت بیشتری دارند و همین امر باعث شده تا نمونه‌های مربوط به این دو منطقه، به‌طور کامل بر روی هم منطبق نشوند. به‌هر حال، محیط زمین‌ساختی این دو منطقه یکسان است و هر دو مربوط به محیط کافت درون‌قاره‌ای هستند. از روی نمودارهای عناصر خاکی کمیاب که نسبت به کندریت یا گوشته بهنجار شده‌اند، می‌توان تا حدودی سری‌های ماگمایی را مشخص کرد. همچنین از این نمودارها در حل مسایل تکتونوماگمایی سنگ‌های مختلف پیوسته بازالت‌ها استفاده می‌شود. با توجه به روند نمونه‌های مورد مطالعه روی این نمودارها، می‌توان دریافت که عناصر خاکی کمیاب سبک نسبت به انواع سنگین‌تر در ماگمای مولد سنگ‌های آتشفشانی مورد نظر سازگارترند و همین امر باعث ایجاد شیب منفی در نمودارهای عنکبوتی شده است (شکل ۹). بررسی نمونه‌های مناطق ایبانه و جهق نشان می‌دهد که روند تغییر عناصر یکسان است و این نمونه‌ها، یک غنی‌شدگی از $LREE$ نسبت به $HREE$ را نشان می‌دهند که می‌تواند نشانه درجه ذوب بخشی کم و آلودگی مذاب با پوسته قاره‌ای در هنگام بالا آمدن ماگما و گذر از پوسته قاره‌ای باشد. شباهت روندها می‌تواند بیانگر شرایط سنگ‌زایی (سنگ منشأ و درجه ذوب بخشی) بسیار نزدیک برای تشکیل سنگ‌های این دو منطقه باشد.

۵- زمین‌شناسی ساختمانی

در منطقه مورد مطالعه با وجود چین‌خوردگی‌های متعدد، ساختار کلی منطقه توسط گسل‌های اصلی کنترل شده است. پس از پردازش داده‌های رقومی TM ماهواره لندست ۵، گسل‌های اصلی منطقه شناسایی شدند (شکل ۱۰). گسل‌های شناسایی شده، راستاهای متفاوتی دارند و بررسی آماری آنها در منطقه قهرود، چهار دسته گسل اصلی با راستاهای خاوری-باختری، $Az120$ ، شمالی-جنوبی و $Az70$ را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). ایجاد این گسل‌ها را می‌توان در یک سامانه فشاری-برشی راست‌گرد در زون ارومیه-دختر به موازات کوهزایی زاگرس در نظر گرفت. همان‌گونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، بخش شمالی گسل شمالی-جنوبی اصفهان، که پیش‌تر در زون سندج-سیرجان شناسایی شده تا حوالی روستای سُه ادامه یافته است. گسل اصفهان را می‌توان یک گسل پی‌سنگی و کهن در نظر گرفت که دست‌کم از اوایل پالئوزوییک فعالیت داشته است (صفایی، ۱۳۸۴ و Safaei, 2009). با عنایت به وجود تنها رخنمون‌های آتشفشانی سیلورین در زون ارومیه-دختر در جنوب کاشان و همچنین محیط ژئوتکتونیک تشکیل آنها، می‌توان ایجاد یک کافت محلی در پی حرکات کششی فاز کوهزایی کالدونین را مربوط به فعالیت گسل اصفهان در زون ارومیه-دختر در نظر گرفت.

۶- نتیجه‌گیری

سنگ‌های آتشفشانی سیلورین در جنوب کاشان دارای کانی‌های الیون، پیروکسن

گسل‌های بسیاری در منطقه اثر کرده و آثار متعددی بر جا گذاشته‌اند. از جمله تأثیرات آنها در زمان‌های مختلف می‌توان به درز و شکستگی‌های موجود در توده‌های سنگی، تشکیل تراورتن‌ها، رگه‌ها و رگچه‌های آهن، دایک‌ها و جایگیری آپوفیزهای گرانیتی اشاره کرد. وضعیت ریخت‌شناسی کلی منطقه نیز در اثر عملکرد گسل‌ها ایجاد شده است.

۳- سنگ‌شناسی

سنگ‌های آتشفشانی سیلورین در این منطقه بازی تا نیمه بازی و بیشتر از نوع بازالت هستند. بر اساس مطالعات سنگ نگاری، بافت این سنگ‌ها پورفیری، میکرولیتی پورفیری، تراکیتی و بادامکی است. الیون و پیروکسن از کانی‌های مافیک در این سنگ‌ها هستند که در اثر دگرسانی، الیون‌ها، ایدینگزیتی و پیروکسن‌ها، کلریتی شده‌اند، طی این فرایند آهن به‌صورت کدر (Opaque) آزاد شده است. اسفن نیز در اثر تجزیه کانی‌های تیتان‌دار اولیه آزاد و به‌صورت پراکنده در زمینه یا درون حفرات یافت می‌شود. فلدسپار از جمله فراوان‌ترین کانی‌ها در این سنگ‌ها است که به‌صورت پورفیرهای پلاژیوکلاز، سائیدین و میکرولیت‌های زمینه دیده می‌شوند. در اثر دگرسانی پلاژیوکلازهای بازی و فرایند سوسوریتی شدن، ترکیب آنها آلیتی و کانی اپیدوت تشکیل شده است. نتایج تجزیه مایکروپروب نیز برای فلدسپارها ترکیب آلیتی را ارائه می‌کند، به‌طوری که تغییرات درصد آلیت بین ۹۲ تا ۹۵ است. حضور کلریت، اپیدوت، آلیت و کلسیت می‌تواند بیانگر دگرگونی این سنگ‌ها در رخساره شیبست سبز باشد (شکل ۴). سنگ‌های آتشفشانی جنوب ایبانه به دلیل دور بودن از دیگر توده‌های آذرین، دگرسانی کمتری را تحمل کرده‌اند.

۴- ژئوشیمی و تعیین محیط زمین‌ساختی

در بررسی‌های سنگ‌شناسی، شیمی سنگ و استفاده از نمودارهای مختلف در نامگذاری، طبقه‌بندی و تعیین محیط زمین‌ساختی و حتی منشأ ماگمای تشکیل دهنده سنگ، نقش بسزایی دارد. برخی از این نمودارها، بر اساس درصد اکسیدهای اصلی و برخی دیگر بر مبنای عناصر فرعی است.

با توجه به این که سنگ‌های آتشفشانی جنوب ایبانه پیش‌تر توسط آیتی (۱۳۸۳) مطالعه شده است، برای مقایسه و نتیجه‌گیری بهتر در همه نمودارهای ژئوشیمیایی، داده‌های مربوط به این منطقه نیز آورده شده است.

بر اساس نتایج تجزیه‌های شیمیایی، سنگ‌های مورد مطالعه در نمودار SiO_2 در برابر Na_2O+K_2O (Cox et al., 1979) در محدوده بازالت تا آندزیت و تراکی آندزیت پیاده شده‌اند و ماهیت بازی تا نیمه بازی نشان می‌دهند (شکل ۵).

از آنجا که سنگ‌های مورد مطالعه مربوط به پالئوزوییک هستند و از دگرسانی نیز مصون نمانده‌اند، بنابراین استفاده از عناصر کم‌تحرک و نسبت‌های عناصری که در طی فرایند دگرسانی تغییر چندانی نمی‌کنند قابل اعتمادتر است. از جمله این نمودارها، نمودار $Nb/Y - Zr/TiO_2$ (Winchester & Floyd, 1977) است که نمونه‌های مورد بررسی در محدوده بازالت قلیایی تا حدودی مایل به بازالت نیمه‌قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۶).

اندیشه تشخیص ماگماهای متعلق به جایگاه‌های زمین‌ساختی مختلف با استفاده از شیمی را به‌احتمال می‌توان به (Pearce & Cann (1971, 1973) نسبت داد. برای تعیین محیط زمین‌ساختی تشکیل سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه، از نمودارهای مختلفی استفاده شد که همگی حاکی از محیط زمین‌ساختی درون‌صفحه‌ای برای این سنگ‌ها هستند. در شکل ۷، نمودار ارائه شده توسط Meschede (1986) به‌همراه موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است. در این نمودار، چهار میدان اصلی بازالت دیده می‌شود که نمونه‌ها در محدوده A پیاده شده‌اند که نشان‌دهنده بازالت‌های درون‌صفحه‌ای است.

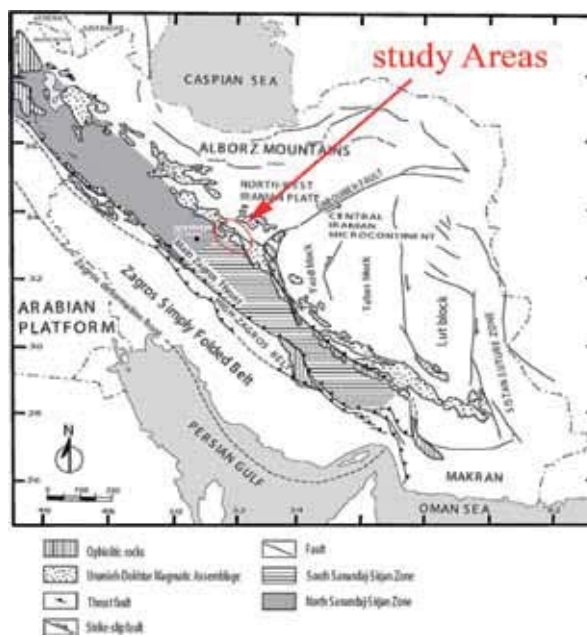
جدول ۱- نتایج تجزیه سنگ کل مربوط به سنگ‌های آتشفشانی جهت که درصد اکسیدهای عناصر اصلی و مقادیر عناصر فرعی و خاکی کمیاب (بر حسب ppm) را نشان می‌دهد.

Sample	2J-15	2J-20	3J-14	3J-16	J-15	J-17
SiO ₂	48.282	50.732	49.68	54.433	46.427	50.738
TiO ₂	3.436	3.72	2.836	3.086	3.486	3.853
Al ₂ O ₃	19.276	17.84	18.123	16.611	18.369	17.046
Fe ₂ O ₃	2.662	2.361	3.039	2.578	2.868	2.94
FeO	9.762	7.419	11.144	8.102	10.515	9.241
MnO	0.13	0.179	0.172	0.376	0.207	0.139
MgO	4.808	4.062	5.156	4.095	5.471	4.941
CaO	5.093	6.912	3.26	4.645	2.868	3.596
Na ₂ O	4.798	4.745	4.731	3.909	5.27	4.879
K ₂ O	0.601	0.807	0.169	1.747	0.22	0.252
P ₂ O ₅	0.369	0.422	0.433	0.419	0.667	0.628
LOI	2.018	1.765	2.67	1.061	4.97	2.966
Total	101.236	100.962	101.413	101.062	101.337	101.219
Cr	60	123	56	53	23	11
Ni	49	73	31	29	9	6
Pb	4.6	40.8	1.1	9.4	1.1	0
Sr	549	430	270	590	230	330
Ba	116	312	44.5	377	52.4	48.1
Be	0	0	1.4	0.5	1.2	0.2
La	26	26	25	30	39	36
Sc	24	30	26	26	22	23
Li	6.1	10.4	19.3	6.6	9	6.7
V	225	250	178	213	173	190
S	0	1350	0	80	0	0
Zr	101	98	76	127	102	172
Ag	0.07	0.1	0.05	0.16	0.09	0.24
As	1.7	9.7	1.8	5.5	4.8	4.6
Co	54	13.2	47.7	39	36.8	33.9
Cu	10.6	175	7.8	92	9.7	14.5
Mo	0.9	0.9	0.7	2.3	1.3	1.2
Sb	0.5	4.1	0.7	1.2	1.6	0.7
Zn	142	133	200	264	173	215
Sn	2	2.4	2.5	2.8	2.5	2.7
W	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6
Cs	0.3	0.6	0.1	1.9	0	0
Nb	24.3	28.5	27.1	33.5	34.9	40.9
U	0.71	0.56	0.78	1.17	0.89	0.97
Cd	0	0.1	0	0	0	0
Rb	8.6	10.9	2.1	45.2	2	3.3
Th	2.6	1.8	2.23	3.29	2.65	3.05
Y	25.4	33.5	34.6	35.5	48.1	38.5
Ce	40.3	35.4	48.7	67.6	80.5	69.5
Tl	0	0	0	0.1	0	0
Dy	0.72	0.91	1.05	1.04	1.45	1.14
Er	0.32	0.39	0.45	0.47	0.58	0.5
Eu	0.35	0.3	0.65	0.47	0.84	0.55
Gd	1.09	1.37	1.58	1.54	2.33	1.71
Ge	0.9	0.5	2.4	1.3	1.4	1.3
Hf	0.6	0.5	0.5	0.8	0.6	0.9
Ho	0.16	0.2	0.23	0.23	0.31	0.25
Lu	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
Nb	19.6	23.9	23.8	29.5	31	35.7
Nd	4.66	5.15	6.3	6.77	8.54	7.37
Pr	0.91	0.99	1.18	1.32	1.63	1.4
Sm	0.95	1.16	1.4	1.37	1.92	1.53
Tb	0.16	0.2	0.23	0.22	0.33	0.25
Tm	0	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07
Yb	0.21	0.24	0.26	0.31	0.34	0.29

و مگنتیت هستند که کانی‌های الیون و پیروکسن توسط کانی‌های ثانویه همچون کلریت، اپیدوت و کلسیت جانشین شده‌اند. فلدسپارها نیز بیش از ۷۵ درصد کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و شامل پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی هستند که هم به صورت درشت بلور و هم میکروولیت‌های زمینه حضور دارند. این سنگ‌ها بیشتر تحت تأثیر دگرسانی زیر دریایی قرار گرفته و در رخساره شیست سبز دگرسان شده‌اند. برای دوری از تأثیرات دگرسانی، در تقسیم‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقه، از نمودار طراحی شده بر اساس عناصر کم تحرک استفاده شد که بر اساس آن، ترکیب نمونه‌ها، آلکالی بازلت است. بر اساس نمودارهای ارائه شده برای تعیین محیط زمین ساختی، سنگ‌های مورد مطالعه جزو بازلت‌های درون صفحه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند. نمودارهای عنکبوتی عناصر خاکی کمیاب نیز ماهیت ماگمای قلیایی، درجه ذوب بخشی کم گوشته، آلودگی مذاب با پوسته قاره‌ای در هنگام بالا آمدن ماگما و گذر از پوسته قاره‌ای را محرز می‌سازند. بنابراین محیط تشکیل این سنگ‌ها را می‌توان به یک کافت درون قاره‌ای نسبت داد که ماگمای حاصل از آن نیز ترکیب قلیایی داشته است. با توجه به بررسی آماری گسل‌های منطقه که یک سامانه فشاری-برشی راست‌گرد به موازات کوهزایی زاگرس را پیشنهاد می‌کند و این که بخش شمالی گسل اصفهان تا روستای شه (زون سندج- سیرجان) شناسایی شده و ادامه آن با عملکرد سامانه فشاری-برشی راست‌گرد یادشده از حوالی روستای آب سنجد تا حوالی روستای هنجن قابل پیگیری است (زون ارومیه- دختر را قطع می‌کند)، حضور آتشفشانی‌های سیلورین که تشکیل آنها مرتبط با یک کافت محلی درون قاره‌ای است را می‌توان به فعالیت گسل اصفهان نسبت داد. به احتمال، این کافت مرتبط با حرکات کششی پس از فاز کوهزایی کالدونین و در پی عملکرد سامانه گسلی اصفهان با راستای شمالی- جنوبی در زمان پالئوزویک است.

سیاسگزار

نویسندگان از حمایت‌های تحصیلات تکمیلی و راهنمایی‌ها و یاری‌های آقایان دکتر ترابی، مهندس رهنما و سرکار خانم آیتی که تجزیه‌های ژئوشیمیایی خود را در اختیار ما قرار دادند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد بررسی در نقشه واحدهای زمین ساخت اصلی ایران

(Ghasemi & Talbot, 2006)

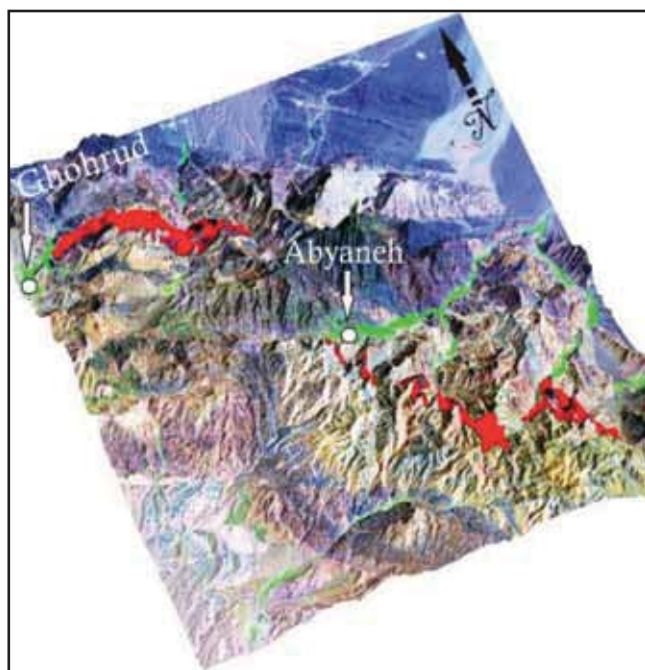
جدول ۲- نتایج تجزیه XRF مربوط به نمونه‌های منطقه ایبانه برحسب درصد وزنی اکسیدهای اصلی و ppm برای عناصر فرعی

WT%	S-Ta-B	S-Ta-17	S-Ta-2	S-Ta-8	S-Ta-13	S-TA-10	S-TA-14	S-TA-16	S-TA-18	S-TA-25	TA-F	F8	F12	G9	G11
Sio2	42.06	52.91	50.16	47.75	49.9	53.02	51.2	50.39	59.49	55.27	52.37	52.9	61.19	53.67	53.77
Tio2	2.297	2.479	1.99	2.727	3.504	2.538	2.763	2.458	2.805	3.063	2.681	2.753	2.553	3.229	2.223
Al2o3	14.99	17.64	12.93	17.66	17.7	17.37	15.82	16.27	16.81	14.89	17.11	17.01	13.8	15.14	15.01
Fe2o3	15.13	10.98	12.65	15.03	15.25	11.19	12.23	12.05	11.62	11.89	13.68	12.72	8.82	10.66	13.76
Mno	0.056	0.158	0.14	0.097	0.153	0.079	0.121	0.202	0.04	0.123	0.08	0.021	0.01	0.263	0.223
Mgo	6.69	5.81	7.5	6.38	5.74	4.6	4.27	5.38	1.43	1.79	4.03	3.21	1.64	6.32	6.43
Cao	11.08	3.77	10.46	4.41	3.93	3.22	4.4	5.47	1.89	5.72	4.08	1.33	1.38	2.36	2.82
Na2o	1.499	2.549	1.135	1.147	3.518	2.48	3.71	2.74	3.08	2.85	3.53	3.4	4.59	2.95	2.81
K2o	1.48	1.3	1.59	3.71	1.22	2.64	0.94	0.9	2.32	1.41	1.86	1.04	0.19	0.17	0.48
P2o5	0.718	0.252	0.197	0.28	0.295	0.347	0.342	0.362	0.45	1.25	0.351	0.626	0.597	0.786	0.272
Cr	50	67	610	80	61	44	23	19	3	1	28	1	4	17	68
Ni	14	19	153	51	39	41	29	28	1	2	29	35	1	18	37
Co	18	45	55	42	41	37	32	36	12	19	33	50	26	27	40
V	58	197	284	282	246	291	332	230	292	265	328	278	226	310	283
Cu	10	16	132	12	16	2	2	1	1	1	2	1	3	4	3
Pb	11	13	79	19	14	8	6	4	8	8	11	2	8	6	8
zn	127	283	292	234	261	203	214	275	75	110	132	36	29	205	230
S	379	456	797	164	357	19	15	15	12	11	16	14	10	10	13
Rb	38	27	37	57	26	41	20	17	39	27	29	21	10	9	13
Ba	127	193	212	421	200	306	181	131	298	254	226	159	169	189	361
Sr	157	186	415	109	186	105	178	148	98	145	113	280	304	107	153
Ga	12	11	10	23	14										
Nb	33	38	44	18	20	25	25	37	34	35	28	43	41	59	28
Hf	8	9	8	14	20										
Zr	509	315	187	255	245	197	194	252	236	272	194	303	340	417	214
Y	87	56	26	34	28	19	16	21	17	23	16	19	18	25	16

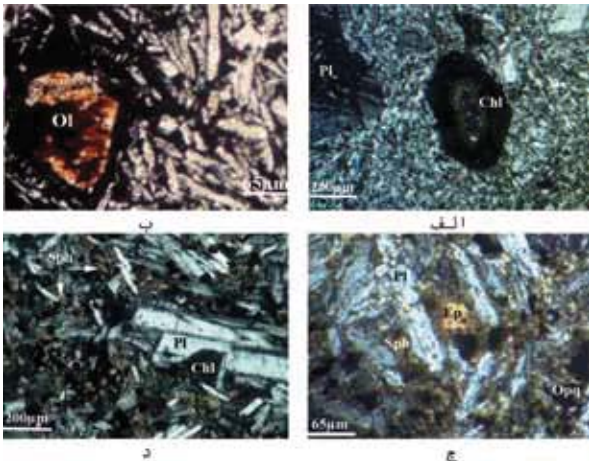
ادامه جدول ۲- نتایج تجزیه ICP-MS نمونه‌های

منطقه ایبانه بر حسب ppm

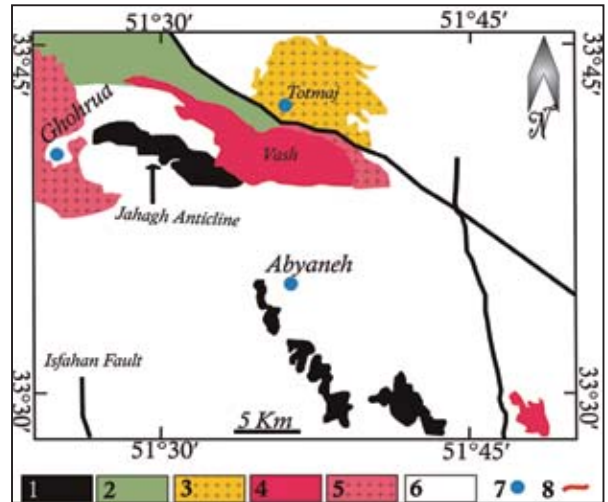
ppm	G9	S-Ta-2	S-TA-25	F8
Ce	83.6	108	116	36.9
Dy	11.7	9.69	11.8	4.43
Er	4.69	3.37	4.53	1.49
Eu	1.97	3.9	3.63	1.75
Gd	12.4	14.4	17.1	8.19
Ho	1.77	1.32	1.69	0.57
La	36.8	51.6	54.2	15.7
Lu	0.26	0.26	0.31	0.1
Nd	50.7	62.8	72.7	27.9
pr	12.3	15.4	17.1	5.92
Sm	13.6	16.8	19.6	10.6
Tb	1.93	1.93	2.28	0.98
Tm	0.48	0.37	0.5	0.16
Yb	2.37	2	2.66	0.8



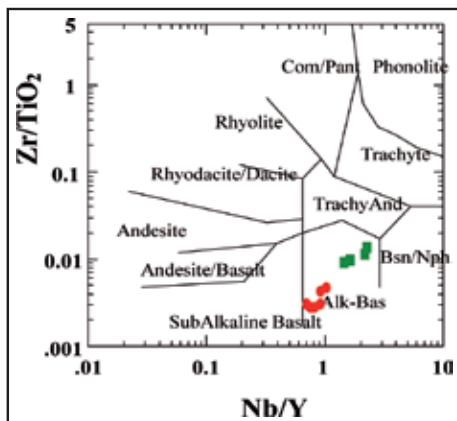
شکل ۲- تصویر پردازش شده سه بعدی داده‌های ماهواره‌ای TM منطقه مورد مطالعه به صورت RGB=741. برای تعیین ارتفاع منطقه از داده‌های ماهواره SRTM استفاده شده است. توده‌های آتشفشانی سیلورین در خاور قهرود و جنوب ایبانه با رنگ سرخ نشان داده شده است.



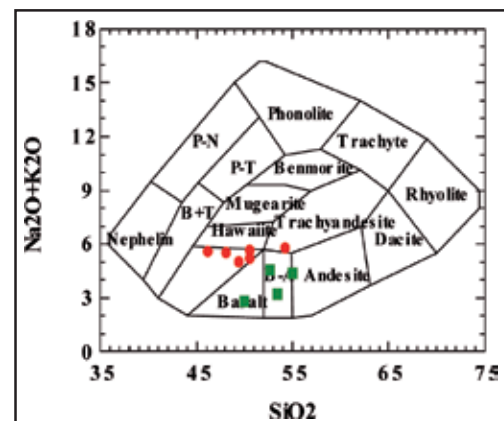
شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی مربوط به سنگ‌های آتشفشانی سیلورین در تقادیس جهت (بجز تصویر الف که در نور PPL گرفته شده است، بقیه تصاویر مربوط به نور XPL هستند). الف و ب) کانی‌های فرومیزین که توسط کانی‌های ثانویه‌ای همچون کلریت جانشین شده‌اند، ج و د) همراهی فلدسپات با کلریت، اپیدوت، اسفن و اپاک را نشان می‌دهد.



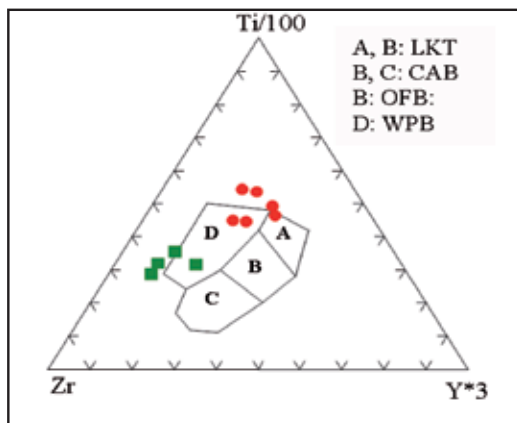
شکل ۳- نقشه پراکنده‌گی توده‌های آذرین در منطقه (۱: سنگ‌های آتشفشانی سیلورین، ۲: سنگ‌های آتشفشانی انوسن، ۳: آندزیت‌های انوسن - الیگوسن، ۴: گرانودیوریت، ۵: دیوریت میوسن، ۶: دیگر سنگ‌ها، ۷: روستا، ۸: گسل اصلی)



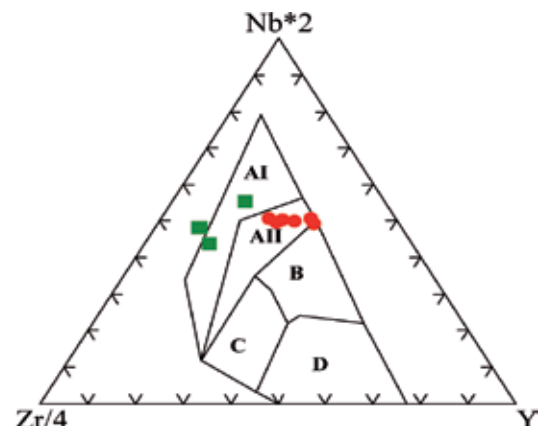
شکل ۶- طبقه‌بندی سنگ‌های آتشفشانی بر اساس عناصر فرعی (Winchester & Floyd, 1977) [اعلامیم، مانند شکل ۵ است].



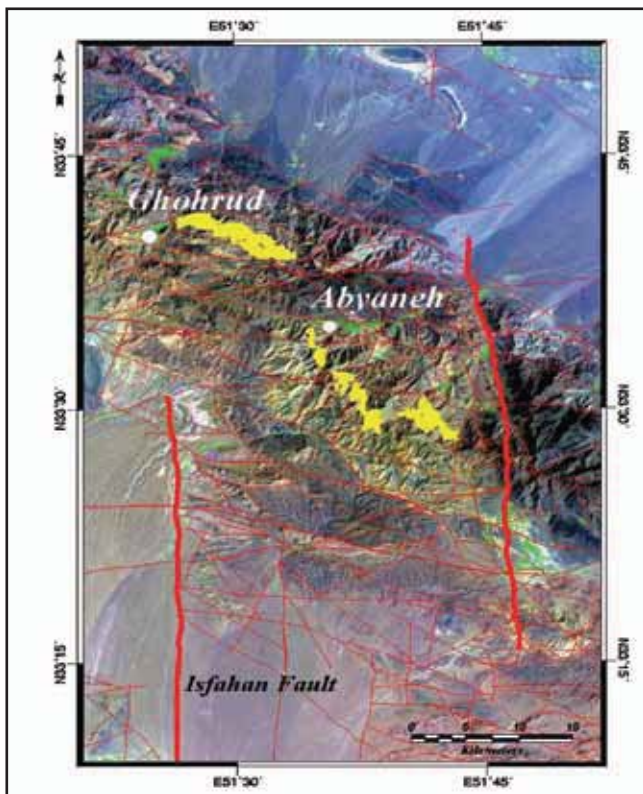
شکل ۵- طبقه‌بندی سنگ‌های آتشفشانی بر اساس عناصر اصلی (Cox et al., 1979) [علامت مربع مربوط به نمونه‌های منطقه ایبانه و علامت دایره مربوط به نمونه‌های منطقه جهق است].



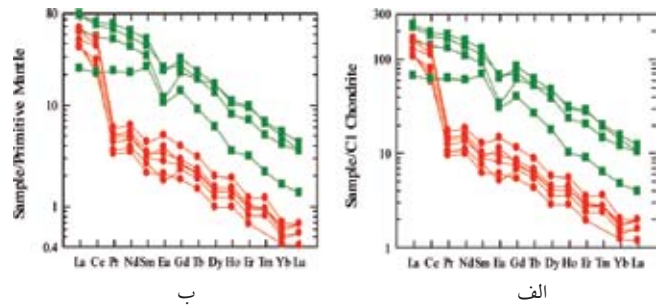
شکل ۸- نمودار متمایز کننده Ti-Zr-Y برای بازالت‌ها (Pearce & Cann, 1973). LKT: تولیت‌هایی با پتاسیم کم، CAB: بازالت‌های کلسیمی- قلیایی، OFB: بازالت‌های کف اقیانوسی و WPB: بازالت‌های درون‌صفحه‌ای، [اعلامیم مانند شکل ۵ است].



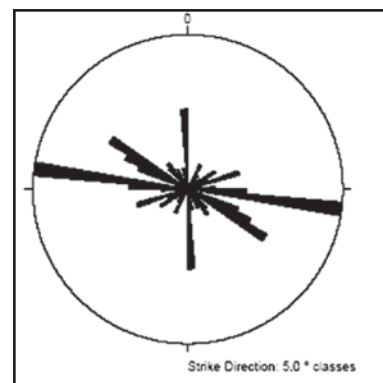
شکل ۷- موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه بر روی نمودار Nb*2-Zr/4-Y (Meschede, 1986). محدوده‌ها به شرح زیر است: AI: آلکالی بازالت درون‌صفحه‌ای، AII: آلکالی بازالت و تولیت‌های درون صفحه‌ای، B: مورب نوع D، E: مورب نوع C-D، N: تولیت‌های درون صفحه‌ای و بازالت‌های کمان آتشفشانی، [اعلامیم مانند شکل ۵ است].



شکل ۱۰- تصویر حاصل از پردازش داده‌های رقمی TM به صورت RGB=741 پس از ایجاد کشیدگی خطی ۹۹٪ بر روی هر باند. گسل‌های شناسایی شده در منطقه، با خطوط سرخ‌رنگ و رخنمون سنگ‌های آتشفشانی سیلورین، با رنگ زرد مشخص شده‌اند.



شکل ۹- نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب سنگ‌های آتشفشانی که نسبت به کندریت (الف) و گوشته (ب) بهنجار شده‌اند.



شکل ۱۱- نمودار گل‌سرخ‌گی گسل‌های منطقه قهرود

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
- آیتی، ف.، ۱۳۸۳- مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی ولکانیسم پالئوزوییک زیرین (سیلورین) در دره ابیانه، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۴۵ صفحه.
- خلعت‌بری جعفری، م. و علائی مهابادی، س.، ۱۳۷۷- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰، برگه نطنز، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- درخشی، م.، ۱۳۸۵- موقعیت چینه‌شناسی، ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های آذرین بازیک پالئوزوییک زیرین ناحیه شیرگشت، شمال غرب طبس، مجموعه مقالات دهمین همایش زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس تهران، دانشگاه صنعتی شاهرود، صفحه ۱۰۰.
- صفایی، ه.، ۱۳۸۴- شناسایی و بررسی توان لرزه‌ای گسل‌های اطراف اصفهان، گزارش پایانی طرح پژوهشی، دانشگاه اصفهان.
- ناجی، آ. و قاسمی، ح.، ۱۳۸۴- پتروژنز سنگ‌های آذرین پالئوزوییک زیرین- میانی بخش‌هایی از ایران مرکزی، هشتمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.

References

- Cox, K. G., Bell, J. D. & Pankhurst, R., 1979- The interpretation of igneous rocks, London, George Allen and Unwin, 450 p.
- Ghasemi, A. & Talbot C. J., 2006- A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan Zone (Iran), *Journal of Asian Earth Sciences*, 26: 683-693.
- Jenny, J., 1977a- *Geologie et stratigraphie de LÉlbourz oriental, enter Aliabad et Shahrud, Iran NE*. These Univ. Geneve, 238 p.
- Meschede, M., 1986- A method of discriminating between different types of mid - ocean ridge basalts and continental tholeites with the Nb-Zr-Y diagram, *Chemical Geology*, 56: 207-218.
- Pearce, J. A. & Cann, J. R., 1971- Ophiolite origin investigated by discriminate analysis using Ti, Zr and Y, *Earth and Planetary Science Letters*, 12: 339-349.
- Pearce, J. A. & Cann, J. R., 1973- Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses, *Earth and Planetary Science Letters*, 19: 290-300.
- Safaei, H., 2009- The continuation of the Kazerun fault system across the Sanandaj-Sirjan zone (Iran), *Journal of Asian Earth Sciences*, 35: 391-400.
- Winchester, J. A. & Floyd, P. A., 1977- Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, *Chemical geology*, 20: 249-284.

Geotectonic Investigation of Early Paleozoic Magmatism in Urumieh- Dokhtar Zone (South of Kashan)

S. M. Tabatabaeimanesh^{1*}, H. Safaei¹ & A. S. Mirlohi¹

¹Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 2008 October 27

Accepted: 2009 July 26

Abstract

In south of Kashan, early Paleozoic volcanic rocks are a part of Ghohrud mountains. In Iran structural- sedimentary division, these volcanic rocks located in Urumieh- Dokhtar zone. These volcanic rocks are basic to semibasic and mostly involved basalt. Geochemical investigations of these rocks show the alkaline nature and the intra-continental rift geotectonic setting in their formation time. The Isfahan fault is a north-trending fault across the Sanandaj-Sirjan zone. This fault is one of the old and basement fault that was active in the early Paleozoic. The unique present of Silurian volcanic rocks in this area can refer to the activation of the north part of this fault that was created by extension phases after Caledonian orogeny.

Key words: Geotectonic, Magmatism, Silurian, Urumieh- Dokhtar, Kashan.

For Persian Version see pages 47 to 52

*Corresponding author: S. M. Tabatabaeimanesh; E-mail: tabatabaimohsen@yahoo.com