Archive of SID

فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ۳: ۲۶۸-۲۵۵
www.appliedgeology.ir

ژئوشیمی و خاستگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی محدوده‌ی معدن بایچه‌باغ (زنجان)

مهرداد کریمی*[1] و محمّد لطفی[2]

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، mhk@iaushiraz.net
۲) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۸۹/۶/۱۸؛ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۷/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۱۱/۲۰

چکیده

سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی معدنی بایچه باغ در شمال تکاب، بخشی از فعالیّت‌های آتشفشانی است که از قروه شروع و تا سهند به طور خطی ادامه دارد. سنگ‌های آتشفشانی منطقه را می‌توان به دو گروه قدیمی‌تر با ترکیب اسیدی و جوان‌تر با ترکیب حد واسط-بازیک تقسیم‌بندی کرد. گروه اسیدی شامل سنگ‌های ریولیت، ریوداسیت، لاتیت و بندرت آندزیت و گروه بازیک شامل سنگ‌های تراکی آندزیت، آندزیت تا بازالت است. تجزیه شیمیایی این سنگ‌ها نشان داد که ماگمای این سنگ‌ها از نوع کالکوآلکالن می‌باشد. بر اساس نمودارهای تکتونوماگمایی، موقعیت سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ در ارتباط با جایگاه کمآن‌های قارّه‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بایچه باغ، کالکوآلکالن،کمان‌های حاشیه‌ی قارّه‌ها.

۱- مقدمه

منطقه‌ی معدنی بایچه باغ واقع در شمال تکاب، درفاصله ۱۶۵ کیلومتری غرب زنجان و ۱۳۰ کیلومتری جنوب غربی میانه قرار دارد. این منطقه در تقسیم‌بندی ساختاری ارائه شده توسط اشتوکلین (Stöcklin1968) در زون دگرگونی سنندج- سیرجان قرار می‌گیرد.

هم‌زمان با عملکرد فاز کششی در اواخر دوران سوّم در ایران، در شمال تکاب نیز ولکانیسم شیاری رخداده است. این فعالیت‌های ولکانیکی به صورت آتشفشان‌هایی از قروه شروع شده و تا سهند به طور خطّی درامتداد جنوب شرق- شمال غرب ادامه می‌یابند. در این رابطه بوکالتی و همکاران (Boccaletti et al. 1977) سنّ بازالت‌های آلکالی پتاسیک بیجار را بین ۰/۵ تا ۱/۳ میلیون سال و گدازه‌های داسیتی- آندزیتی منطقه‌ی قروه-تکاب را بین ۸/۲ تا ۹/۲ میلیون سال تعیین کرده‌اند. معین‌وزیری و امین سبحانی (۱۳٦٤) اختصاصات شیمیایی آتشفشان‌های بین قروه تا تکاب و فعالیت‌های ولکانیکی شمال تکاب را بررسی نمودند. در این مطالعه طبق دیاگرام اشتریکایزن (Streckeisen 1979)، نمونه‌های منطقه‌ی قروه- تکاب در محدوده‌ی داسیت، لاتیت کوارتزدار، آندزیت کوارتزدار، لاتیت- آندزیت، تفریت وبازانیت قرار می‌گیرند. بر اساس پارامترهای لاکرویکس (Lacroix 1933)، سنگ‌های آتشفشانی این منطقه عبارتند از: ریوداسیت، داسیت، تراکیت آلکالن، تراکی آندزیت، تراکی بازالت و

www.SID.ir

Archive of SID

بازانیت (Boccaletti et al. 1977). در مورد تشکیل سنگ‌های ولکانیکی خنثی تا بازیک، دو فرضیّه‌ی تفریق ماگمایی و آلایش ماگمایی عنوان شده است که نظریّه‌ی دوّم مورد قبول‌تر به‌نظر می‌رسد (معین وزیری و امین سبحانی ١٣٦٤). بر این اساس فرض شده است که ماگمای درحال عبور ازسنگ‌های میوسن که عمدتاً از جنس توف اسیدی است، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها را هضم نموده است. این عمل موجب بالارفتن میزان سیلیس در این سنگ‌ها شده و توف‌های حدواسط را به وجود آورده است.

در منطقه‌ی بایچه باغ، ولکانیسم ریولیتی تا بازالتی گسترش زیادی داشته که ماهیت گدازه‌ای تا آذرآواری را نشان می‌دهند (کریمی ١٣٨١).

٢- روش مطالعه

در این پژوهش روش تحقیق شامل کارهای صحرایی (نمونه‌برداری از محل، تهیّه‌ی نقشه و...) مطالعات آزمایشگاهی (آنالیزهای شیمیایی و روش‌های میکروسکوپی) و گردآوری اطّلاعات به‌صورت میدانی بوده است. روند کلی کار به‌ترتیب زیر است:

١- جمع‌آوری اطّلاعات، گزارشات، نقشه‌ها و کارهای انجام شده‌ی قبلی.

٢- تهیّه‌ی عکس‌های هوایی ١:٢٠٠٠٠، نقشه‌ی توپوگرافی ١:٥٠٠٠٠، به عنوان نقشه‌ی پایه جهت تهیّه‌ی نقشه زمین‌شناسی.

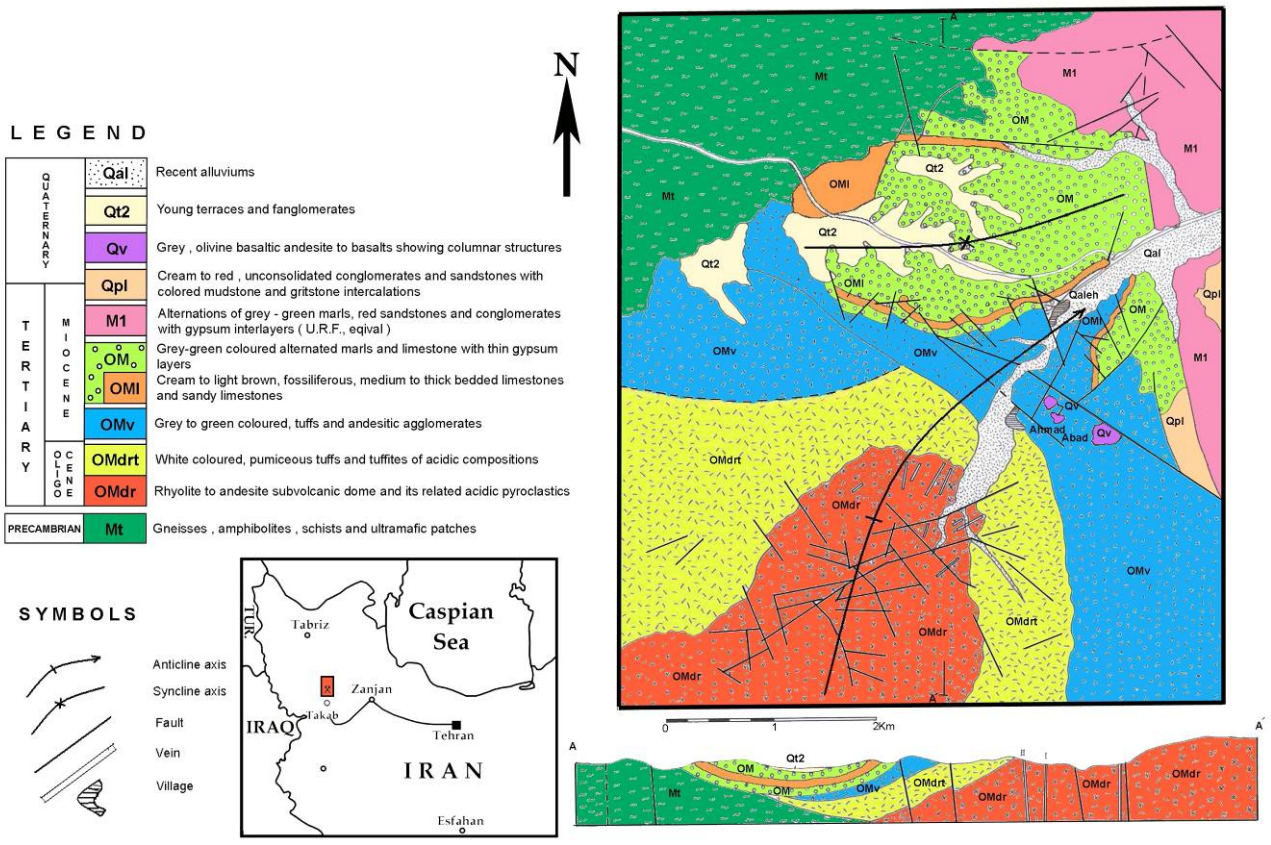
٣- نمونه‌برداری از دگرسانی‌ها، سنگ‌های آذرین و سنگ‌های میزبان رگه‌های معدنی.

٤- نمونه‌برداری لیتولوژیکی و لیتوژئوشیمیایی برای تعیین توالی لیتواستراتیگرافی.

٥- مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و روش‌های تجزیه‌ای ایکس آر دی (XRD)، اتمیک ابزوربشن (AAS)، ایکس آر اف (XRF) و ... جهت تعیین ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین.

٦- تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها و تلفیق اطّلاعات زمین‌شناسی.

در این پژوهش به منظور مطالعات سنگ‌شناختی ٤٠ مقطع نازک و جهت بررسی‌های پترولوژیکی و پتروژنز (براساس داده‌های ژئوشیمیائی از اکسیدها و عناصر فرعی و نادر) ١٣ نمونه سنگ آذرین در منطقه‌ی بایچه باغ تهیه شده است. در تفسیر داده‌ها، از نرم‌افزار Min pet استفاده شده است.



تصویر ١- نقشه زمین‌شناسی منطقه معدنی بایچه‌باغ

www.SID.ir

Archive of SID

۳- زمین‌شناسی

منطقه‌ی معدنی بایچه باغ از نظر سنگ‌شناسی دارای تنوّع زیادی است. قدیمی‌ترین واحد منطقه را پی‌سنگ‌های شمال تکاب با سنّ پرکامبرین با جنس گنیس و آمفیبولیت با میان لایه‌هایی از شیست و مرمر همراه با سنگ‌های اولترامافیک تشکیل داده است .(Alavi et al. 1982). سنگ‌های این واحد (Mt) تا رخساره‌ی آمفیبولیت و گرانولیت دگرگون شده است. گنیس‌ها دارای رنگ روشن بوده و به علّت سختی زیاد معمولاً درسطح زمین به خوبی رخنمون دارند. آمفیبولیت‌ها معمولاً دانه‌درشت و بسیار فشرده بوده و به رنگ سبزتیره هستند (تصویر ۱).

پس از یک نبود چینه‌ای (هیاتوس) طولانی، پیشروی دریای الیگومیوسن موجب تشکیل لایه‌های ضخیمی از سنگ‌های آذر آواری تا رسوبی شده است. این نبود چینه‌ای طولانی می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد:

الف) عدم رسوب‌گذاری نهشته‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و بخش زیرین پالئوژن.

ب) آمیختگی خیلی زیاد پی سنگ، مانع از رسوب‌گذاری واحدهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و بخش زیرین پالئوژن بر روی پی سنگ شده است. به عبارت دیگر این واحدها یا رسوب نکرده‌اند یا پیشروی آن‌ها درمقابل آمیختگی پی‌سنگ آنقدر کم بوده که نبود آن‌ها در این منطقه بین واحدهای الیگومیوسن و پی سنگ آشکار است (کریمی ۱۳۸۱).

قدیمی‌ترین واحد سنگی الیگومیوسن را توده‌های ساب ولکانیک، توف و آگلومرای اسیدی با ترکیب داسیتی تا ریولیتی (OMdr) تشکیل داده است. این واحد، تشکیل‌دهنده‌ی سنگ میزبان اصلی رگه‌های معدنی بایچه باغ است، عبور رودخانه از میان این واحد (به دلیل ساختار آذرآواری این سنگ‌ها)، درّه‌های ژرف با ریخت‌شناسی متنوّعی را به‌وجود آورده است. بر روی واحد ریولیتی- داسیتی، واحدی سفید رنگ از جنس توف با ترکیب اسیدی (OMdrt) قرار گرفته است. بخش‌های زیرین این واحد، متخلخل بوده و حالت پومیسی دارند. حفره‌ها و فضاهای خالی موجود در این سنگ‌ها نشانه‌ی آتشفشانی غلیظ و انفجاری همراه با مقدار گاز زیاد بوده است. بخش‌های بالایی این واحد، بیشتر حالت توفی دارند. واحد توف سفید رنگ، در بالا، به مرور به توف سبز رنگ همراه با مجموعه‌هایی از آگلومرای آندزیتی (OMv) تبدیل گردیده است. واحد آگلومرایی از تناوب‌های توف و کنگلومرای آتشفشانی تشکیل شده است.

در قسمت‌های بالایی این واحد، ماهیت آذر آواری به تدریج کاهش یافته و به سمت رسوبی میل می‌کند و به آرامی لایه‌های شیل توفی، مارن و آهک الیگومیوسن (OM) بر روی آن قرار می‌گیرد. تناوب‌های مارن و آهک معادل با سازند قم بوده و در قسمت میانی آن لایه‌های نازک و ضخیمی از آهک و ماسه آهکی فسیل‌دار ریفی(OMl) وجود دارد. وجود میکروفسیل‌های شاخص، سنّ آکیتانین- بوردیگالین را برای این واحد سنگی نشان می‌دهد. بر روی واحد (OM)، و با انفصال ناشی از تغییر رسوب‌گذاری، تناوب مارن‌های الوان، ماسه سنگ، کنگلومرا و بین لایه های ژیپس به عنوان سازند قرمز بالایی (M1) قرار می‌گیرد.

رسوبات پلیوکواترنری (Qpl) قدیمی‌ترین رسوبات دوران چهارم درمنطقه بوده که بر روی واحد M1 قرار می‌گیرند و شامل تناوب‌های کنگومرا و ماسه‌سنگ با سیمان سست است که می‌توان آن را هم ارز سازند هزار درّه با سنّ پلیوسن- پلیستوسن دانست. در برخی نقاط، رخنمون‌های کوچکی از سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی تا آندزیت بازالتی جوان با ساخت ستونی(Qv) دیده می‌شود. پادگانه‌های آبرفتی (Qt2) و آبرفت‌های جوان رودخانه‌ای (Qal) جوان‌ترین رسوبات منطقه را تشکیل می‌دهند.

۴- سنگ‌نگاری

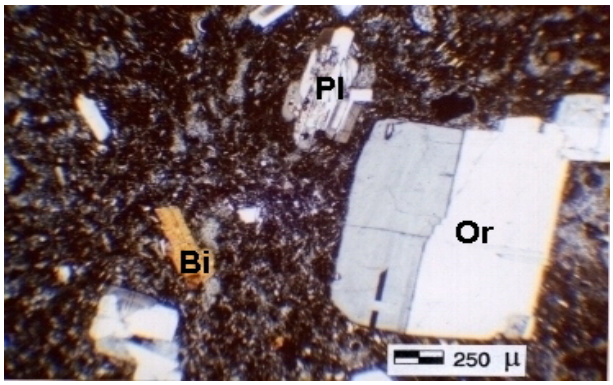
در منطقه‌ی معدنی بایچه باغ، سنگ‌های آذرین خروجی تنوّع زیادی داشته و از سنگ‌های کاملاً اسیدی ریولیتی تا سنگ‌های بازیک بازالتی در یک گستره چینه‌ای شاخص حضور دارند. روند توزیع سنگ‌ها از قدیم به جدید یک تغییر تدریجی در اسیدیته را نشان می‌دهد. به‌طوری که به تدریج از حالت اسیدی به سمت بازیک میل می‌کند. براساس مطالعات سنگ‌نگاری می‌توان سنگ‌های آتشفشانی ناحیه‌ی بایچه باغ را به دو گروه عمده‌ی سنگ‌های قدیمی‌تر اسیدی با سنّ الیگومیوسن و سنگ‌های جوان تر حدّواسط تا بازیک با سنّ کواترنری تقسیم نمود.

۴-۱- سنگ‌های اسیدی

سنگ‌های آتشفشانی قدیمی‌تر با ترکیب ریولیتی تا داسیتی گسترش وسیعی را در جنوب ناحیّه‌ی مورد مطالعه دارند و هسته‌ی یک گنبد آتشفشانی را تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها عمدتاً از سنگ‌های ساب ولکانیک، برش‌های اتوکلاستیک، توف و گدازه‌های اسیدی تشکیل شده است. توف‌های سفید رنگ ریولیتی اغلب حالت پومیسی داشته و تا حدود زیادی به کانی‌های رسی تجزیه شده‌اند. در این توده‌گاه میان لایه‌هایی از گدازه‌های ریولیتی دیده می‌شود که از بلورهای کوارتز، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، بیوتیت و کمی تورمالین تشکیل شده‌اند (تصویر ۲). بلورهای کوارتز گاه دارای خوردگی خلیجی است و اغلب خرد شده و دارای لبه‌ها وحاشیه‌های تیز هستند که نشاندهنده‌ی شدّت فوران و انفجار در خروج ماگمای غلیظ اسیدی بوده است.

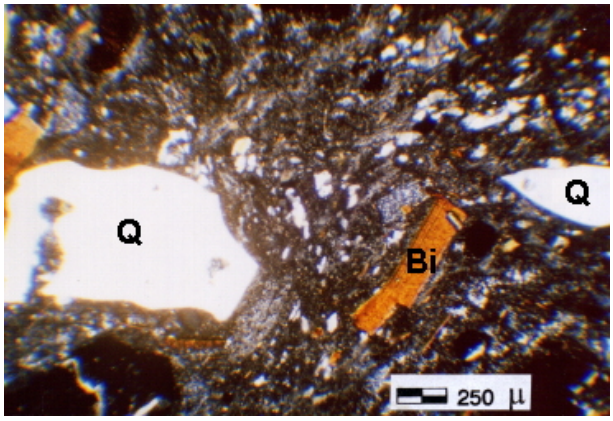
www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۲- بلورهای خودشکل ارتوکلاز در ریولیت پورفیری نور XPL ، (Pl:Plagioclase, Bi:Biotite, Or:Orthos)

به همین دلیل بیشتر این سنگ‌ها به‌صورت توده‌های برشی اتوکلاستیک بوده که کاملاً به هم جوش خورده‌اند. ترکیب سنگ‌های این مجموعه از حدّ ریولیتی تا ریوداسیتی متغیر است و سنگ میزبان اصلی رگه‌های معدنی را تشکیل می‌دهند. در این مجموعه در برخی نواحی توده‌هایی شیشه ای با ترکیب ریولیتی قابل مشاهده می‌باشند که دارای بافت هیالوفیریک هستند و عمده‌ترین بخش سنگ شامل خمیره‌ای از شیشه، کانی‌های رسی و به مقدار کم اکسیدهای آهن می‌باشد (تصویر ۳). در مرکز این گنبد آتشفشانی سنگ‌ها گاه به سمت لاتیت تا آندزیت میل می‌کنند و خصوصیات سنگ‌های ساب ولکانیک را نشان می‌دهند.



تصویر ۳- بلورهای خرد شده و زاویه‌دار کوارتز در زمینه‌ای از شیشه و مواد دانه‌ریز، نور XPL، (Q: Quartz, Bi:Biotite)

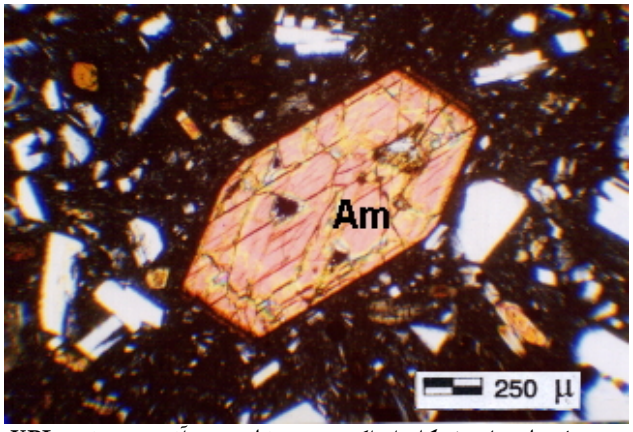
۴-۲- سنگ‌های آندزیتی تا بازالتی

سنگ‌های آندزیتی تا بازالتی، بر روی زمین به رنگ خاکستری تا سیاه دیده می‌شوند. این سنگ‌ها، عموماً به‌صورت ستون‌های گدازه‌ای و یا قطعات آذر آواری مشاهده می‌شوند و بیش‌ترین گسترش را در نواحی شمال و شرق منطقه دارند. ترکیب این سنگ‌ها آندزیت، تراکی آندزیت و بازالت آندزیتی است. تقریباً تمامی این سنگ‌ها دارای بافت پورفیریک می‌باشند و بافت جریانی نیز گاهی در آن‌ها مشاهده می‌شود.

این سنگ‌ها از پلاژیوکلازهای آندزین تا لابرادوریت، آمفیبول از نوع اکسی هورنبلند، آلکالی فلدسپار و پیروکسن تشکیل شده‌اند و اغلب دارای منطقه‌بندی می‌باشند.

وجود بافت‌های نامتعادل مانند منطقه‌بندی ترکیبی در پلاژیوکلازها و آمفیبول‌ها، خوردگی حاشیه بلورها و حاشیه واکنشی مانند آمفیبول‌ها یکی از مشخصات سنگ‌های کمان آتشفشانی است (Shelly 1993, Best & Christiansen 2001). پیروکسن‌ها مونوکلینیک بوده و بیشتر از نوع اوژیت و دیوبسید می‌باشند که اغلب در سنگ‌های بازالتی تا آندزیت‌های بازالتی قابل مشاهده می‌باشند.

بلورهای هورنبلند با رنگ قهوه ای و پلی کروئیسم شدید و اغلب خودشکل در اکثر سنگ‌های این مجموعه حضور گسترده دارند که نشان‌دهنده‌ی ماهیت آبدار ماگماتیسم و شکل‌گیری سنگ‌ها در کمان ماگمایی است (MacDonald et al. 2000) (تصویر ٤).



تصویر٤- بلورهای شکل‌دار اکسی هورنبلند در آندزیت، نورXPL. (Am: Amphibol)

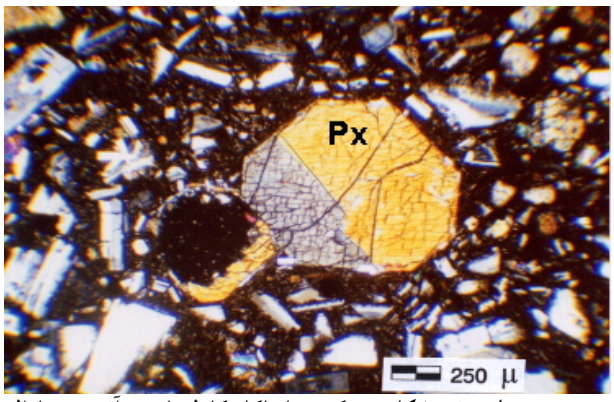
در این سنگ‌ها خمیره معمولاً از میکرولیت و شیشه تشکیل شده است و در برخی از نمونه‌ها خمیره شفّاف است که این مسئله نشاندهنده‌ی بالا بودن درصد کانی‌های روشن و احتمالاً SiO_2 در خمیره است، بنابراین سنگ به سمت لاتیت آندزیت کوارتزدار میل می‌کند. برخی از این سنگ‌های آندزیتی، حاوی مقدار قابل توجّهی بلورهای ارتوکلاز و سانیدین هستند که با افزایش فلدسپات‌های آلکالن کمی به قطب تراکیتی میل کرده‌اند.

قسمت فوقانی این مجموعه بیشتر ماهیت گدازه‌ای داشته و رنگ آن‌ها تیره‌تر و گاه همراه با حفره‌های کوچک می‌باشند که نشان‌دهنده‌ی خروج گاز در زمان تشکیل است. این سنگ‌ها ترکیبی بازیک‌تر داشته و دارای پلاژیوکلاز از نوع لابرادوریت هستند. همراه با پلاژیوکلاز، بلورهای پیروکسن و هورنبلند در خمیره‌ای از بلورهای ریزکانی‌های تیره و روشن و مقداری شیشه حضور دارند.

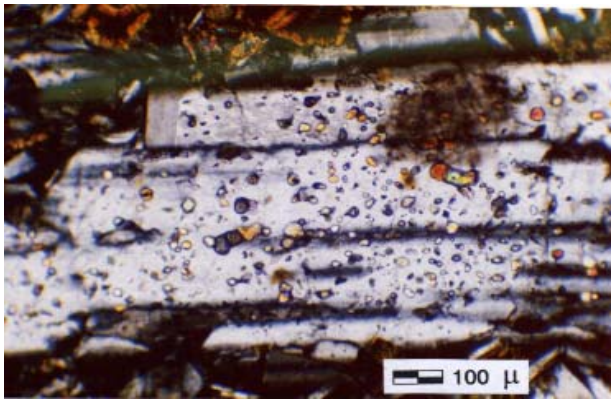
www.SID.ir

Archive of SID

در برخی از نمونه‌های بازالتی، بلورهـای پیروکسـن بـا مقـدار کمـی الیوین همراه هستند و گاه به‌صورت بلورهای ریز ادخال‌گونـه در مـتن فنوکریست‌های پلاژیوکلاز پراکنده‌اند و بافت پـوئی کیلیتیـک را نشـان می‌دهند (تصاویر ۵ و ٦).

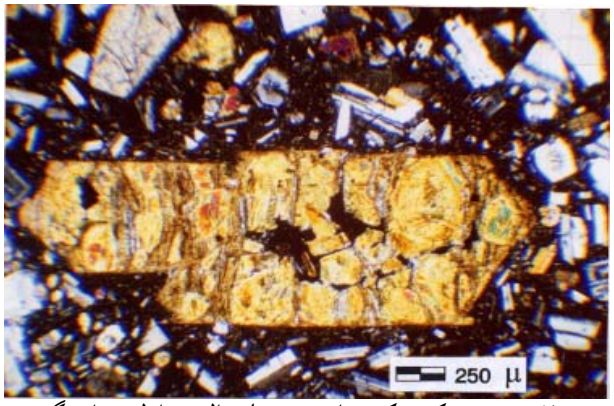


تصویر ۵- بلور خودشکل پیروکسن با ماکل کارلسباد در آندزیت بازالتی، نور XPL (Px: Pyroxene)



تصویر٦- تصویر میکروسکوپی بلورهای نسبتا ریز پیروکسـن بـه‌صـورت ادخال در متن فنوکریست پلاژیوکلاز، نورXPL

کانی‌های عارضـه‌ای بـه‌صـورت اکسـیدهای آهـن، کلسـیت، کلریـت، اپیدوت و کمی کانی‌های رسی است. در برخی از نمونه‌هـای آنـدزیتی آثاری از کانی‌های اوپاک و هیـدروکربنات مـس بـه‌صـورت مالاکیـت مشـاهده شـده اسـت. ایـن مسـئله نشـان‌دهنـده‌ی نفـوذ محلـول‌هـای هیدروترمال به درون آندزیت‌ها است و شاید دلیلی بر ارتباط کانه‌زایـی مس با آندزیت‌ها باشد. بازالت‌ها (Qv) جوان‌ترین سنگ‌های منطقـه را تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها به شکل توده‌هایی بـا سـاخت منشـوری، رخنمون‌های کوچکی را تشکیل داده‌انـد و شـامل سـنگ‌هـای بازالـت آندزیتی تا بازالت‌های الیوین‌دار می‌باشند. در بازالـت‌هـای الیـوین دار، بلورهای الیوین که درمراحل اوّلیه‌ی تفریق شکل گرفته‌اند به‌طور کامـل به ایدنگزیت تجزیه شده‌اند ولی هنوز قالب بلور اوّلیه را حفظ کرده‌اند (تصویر ۷).



تصویر۷- تصویر میکروسکوپی از تجزیه بلور الیوین اولیه به ایدنگزیت در الیوین آندزی بازالت، نور XPL

۵- ژئوشیمی و سنگ‌زایی

ماهیت ژئوشیمی و سنگ‌شـناختی سـنگ‌هـای آتشفشـانی منطقـه‌ی بایچه باغ، براساس نتایج حاصل از تجزیه ۱۳ نمونه از سنگ‌های منطقه (۱۰ اکسید اصلی و ۱۸ عنصر کمیاب) و براساس نمودارهـای مربوطـه تعیین گردید (جدول ۱). براساس نمودار درصد وزنی SiO_2 در مقابـل درصد وزنی آلکالی‌ها (Na_2O+K_2O)(Cox et al.1979)، سنگ‌هـای آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ در دو سری بیش‌ترین گسترش را دارنـد. سنگ‌های قدیمی‌تر اسیدی که با دوایر توپر مشخّص شده‌انـد (تصـویر ۸) تماماً در محدوده‌ی داسیت و ریولیت قرار می‌گیرند. قسـمت اعظـم این نمونه‌ها در نزدیکی مرز ریولیت وداسیت می‌باشد، بنابراین بـه کـار بردن نام ریوداسیت صحیح‌تر به‌نظر می‌رسد. سنگ‌های جدید بازیک‌تر که در نمودار با ستاره مشخّص شده‌اند در محدوده‌ی آندزیت تا آندزی بازالت قرار دارند (تصویر ۸). نتایج بدست آمده از این نمودار کاملاً بـا مطالعات میکروسکوبی مطابقـت و هـم‌خـوانی دارد. چنانچـه لگـاریتم درصد وزنی Zr/TiO_2 , Nb/Y (Winchester & Floyed 1977) را برای نمونه‌های منطقه‌ی بایچه باغ استفاده نماییم نیز تقریباً همان نتـایج تصـویر ۸ بـه‌دسـت خواهـد آمـد بنـابراین ۸ نمونـه در محـدوده‌ی ریوداسیت و نزدیک بـه مـرز ریولیـت قـرار مـی‌گیرنـد و سـنگ‌هـای حدواسط تا بازیک، در محدوده‌ی آندزیت و مـرز بازالـت قـرار دارنـد (تصویر ۹). نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقادیر لگاریتـمی Zr/TiO_2 و درصد وزنی SiO_2 نمونه‌های مورد مطالعه، با نمودارهای قبلی یکسـان می‌باشد. بنابراین، سنگ‌های اسیدی در محدوده‌ی ریوداسیت و داسیت و سنگ‌های آندزیتی در محدوده‌ی آندزیت تـا تراکـی آندزیـت قـرار می‌گیرند (تصویر۱۰). در نمودار لـومیتر و همکـاران (Le Maitre et al. 2005) که براساس مقـادیر P،A،Q تنظـیم شـده نیـز سـنگ‌هـای اسیدی در محدوده‌ی ریوداسیت و سنگ‌های بازیک تـر در محـدوده‌ی تراکی آندزیـت، آنـدزیت و بازالـت قـرار دارنـد (تصـویر ۱۱). سـیر

www.SID.ir

Archive of SID

تدریجی تغییرات ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی از یک ماگما به ماگمای دیگر نشانه‌ی رابطه‌ی خویشاوندی آن‌ها با هم و منشاء گرفتن از یک منبع مشترک است (Blatt & Tracy 1996). طبق نظریّه‌ی کونو (Kuno 1968) یک‌سری ماگمایی، مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی است که دارای ترکیب شیمیایی مختلف بوده و از یک ماگمای بازیک مادر در نتیجه‌ی تفریق حاصل شده باشد.

طبق نمودار ایروین و باراگار (Irvin & Baragar1971) که براساس نسبت $Na_2O + K_2O$ در مقابل درصد وزنی SiO_2 تنظیم شده است، سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ در سری سنگ‌های ساب آلکالن قرار می‌گیرند. البتّه سنگ‌های آندزیتی و آندزی بازالتی به مرز آلکالیک نزدیک هستند (تصویر ۱۲).

سری ساب آلکالن می‌تواند شامل سنگ‌های تولئیتی و کالکوآلکالن باشد. برای جدایش بهتر سری تولئیتی از سری کالکو آلکالن می‌توان از نمودار AFM استفاده کرد. در این نمودار مقادیر $Na_2O + K_2O$, MgO, FeO در سه قطب مثلّث قرار می‌گیرند.

بر اساس این نمودار سه وجهی، سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ، در محدوده‌ی کالک آلکالن قرار می‌گیرند. سنگ‌های گروه بازیک در مرزتولئیتی قرار گرفته‌اند اما از نظر مقدار پتاسیم بالاتراز سری تولئیتی و در حدّ سری کالکوآلکالن می‌باشند و در کل روند تفریق ماگمای کالکوآلکالن را نشان می‌دهند (تصویر ۱۳).

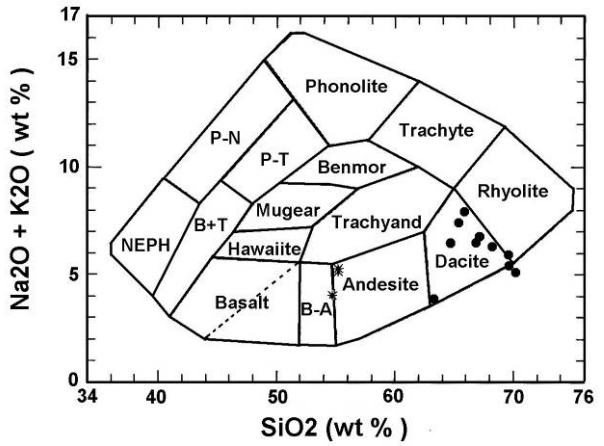
جدول ۱- نتایج تجزیه‌ی شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب سنگ‌های آتشفشانی به ویژه سنگ‌های میزبان رگه‌های معدنی منطقه‌ی بایچه باغ به روش (XRF) (کریمی ۱۳۸۱)

شماره‌ی نمونه	اسم سنگ	SiO_2 %	AL_2O_3%	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	MnO %	TiO_2 %	P_2O_5 %	Cr ppm	Ni ppm	Rb ppm	Sr ppm
B1	بازالت آندزیتی	54.406	12.744	13.806	6.641	5.275	0.535	1.993	0.023	0.742	0.105	27.11	n.d	61.38	1240.94
B2	بازالت آندزیتی	54.342	12.269	12.321	3.365	7.535	3.168	1.902	0.177	2.183	0.382	n.d	n.d	64.86	665 .336
B3	توف آندزیتی	54.146	12.262	11.962	3.427	7.514	3.266	1.907	0.180	2.262	0.384	n.d	n.d	65.10	1142.72
B4	توف داسیتی	62.774	15.664	5.892	6.862	3.880	1.670	2.176	0.023	0.865	0.067	n.d	n.d	76.16	1263.29
B5	ریوداسیت	65.590	15.200	4.128	2.480	3.830	3.203	4.704	0.034	0.640	0.199	n.d	n.d	87.79	1061.84
B6	ریوداسیت	68.937	15.836	4.945	1.217	2.84	1.570	3.796	0.023	0.787	0.121	41.81	n.d	65.05	856.170
B7	ریوداسیت	68.937	15.343	4.652	1.376	2.543	1.212	3.796	0.015	0.628	0.095	46.95	n.d	67.56	503 .968
B8	ریوداسیت	66.196	13.571	5.362	1.763	4.785	1.360	5.284	0.031	0.729	0.104	44.98	21.38	94.16	871 .576
B9	ریوداسیت	64.692	13.485	5.492	1.680	5.790	1.844	5.522	0.038	0.831	0.112	63.69	28.30	75.16	541.766
B10	داسیت	64.141	15.334	5.978	1.572	5.180	2.913	3.540	0.039	0.938	0.102	23.87	15.82	54.19	822 .521
B11	ریولیت	67.692	14.777	3.160	2.410	4.350	0.775	5.466	0.011	0.670	0.106	5.000	n.d	62.35	702.001
B12	توف ریولیتی	69.254	14.147	6.285	0.552	3.189	1.488	4.412	0.014	0.610	0.078	9.209	n.d	87.73	714.741
B13	داسیت	66.236	14.362	5.452	2.227	3.891	1.081	5.367	0.031	0.781	0.108	13.47	n.d	78.43	965. 517

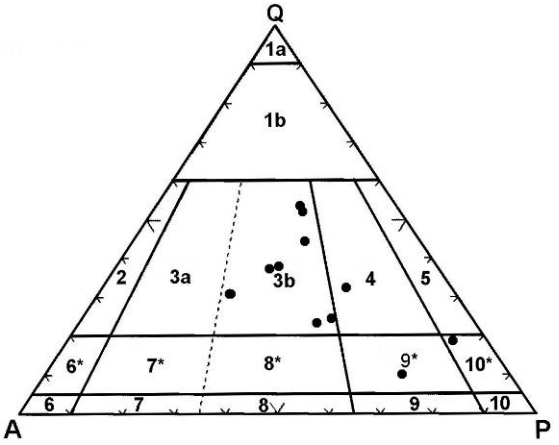
شماره‌ی نمونه	اسم سنگ	Y ppm	Zr ppm	Nb ppm	Ba ppm	La ppm	Ce ppm	Nd ppm	Sm ppm	Tb ppm	Yb ppm	Hf ppm	Ta ppm	Th ppm	Eu ppm
B1	بازالت آندزیتی	26.560	214. 266	14.436	39.135	n.d	9.223	n.d	7.430	0.503	6.426	4.660	0.802	5.312	1.925
B2	بازالت آندزیتی	31.787	234. 355	14.863	157.121	n.d	11.48	n.d	6.271	0.441	2.705	4.700	0.825	5.469	1.858
B3	توف آندزیتی	21.596	214.728	15.116	102.738	n.d	8.881	n.d	6.574	0.401	5.442	4.681	0.827	5.754	1.742
B4	توف داسیتی	49.566	309.685	14.900	n.d	n.d	6.684	n.d	6.546	0.416	4.118	4.662	0.823	5.657	1.828
B5	ریوداسیت	49.971	353.675	15.044	n.d	n.d	6.626	n.d	6.097	0.418	4.241	4.707	0.837	5.759	1.685
B6	ریوداسیت	26.148	217.621	15.629	114 .982	3.295	23.87	12.85	4.460	0.786	6.230	5.496	1.040	6.679	1.229
B7	ریوداسیت	39.284	251 .244	15.506	191.474	n.d	24.18	2.784	6.759	0.700	9.090	5.483	1.067	6.729	1.797
B8	ریوداسیت	55.556	387 .387	15.243	676.038	14.20	35.59	15.39	8.481	0.705	4.282	5.343	1.003	6.342	2.527
B9	ریوداسیت	38.933	276 .946	15.778	732.099	11.48	39.96	17.20	10.034	0.701	7.932	5.267	1.011	6.613	2.800
B10	داسیت	17.607	157.194	15.693	203 .984	n.d	21.65	4.69	9.635	0.720	5.376	5.212	0.994	6.537	2.810
B11	ریولیت	15.675	190.423	15.378	169.177	n.d	16.93	n.d	9.984	0.515	6.920	5.282	1.036	6.458	2.821
B12	توف ریولیتی	76.410	397. 572	15.172	599 .204	n.d	30.58	n.d	10.945	0.652	7.944	5.056	0.944	6.022	3.029
B13	داسیت	40.435	301. 236	15.182	629.063	n.d	30.20	n.d	8.257	0.637	7.119	5.064	0.965	6.039	2.254

www.SID.ir

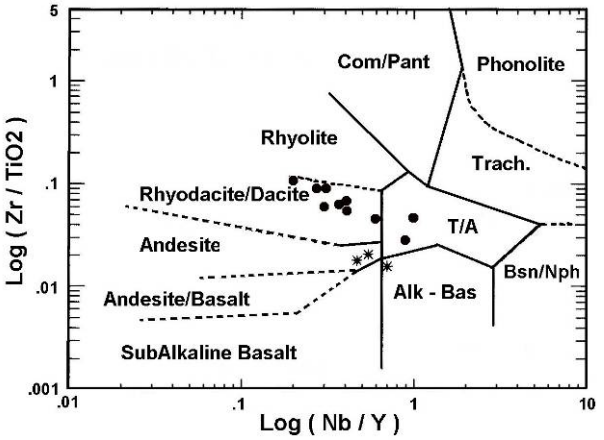
Archive of SID



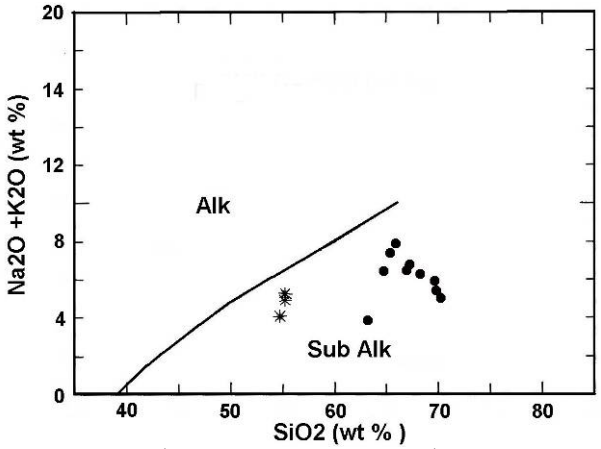
تصویر۸ – تقسیم‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ (Cox et al. 1979). سنگ‌های قدیمی در محدوده‌ی داسیت تا ریولیت و سنگ‌های جدید در محدوده‌ی آندزیت تا آندزی بازالت قرار می‌گیرند



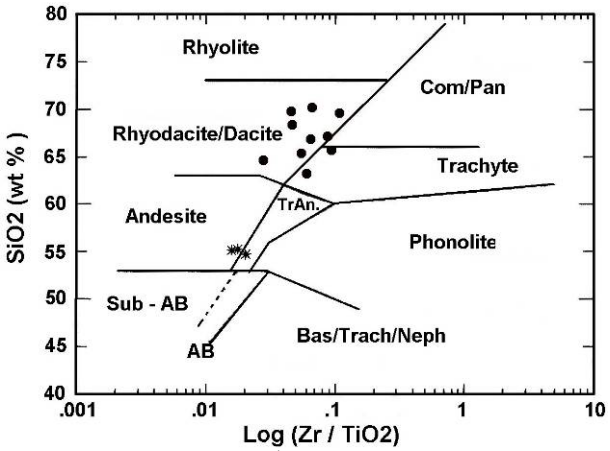
تصویر ۱۱- تقسیم‌بندیQAP سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ (Le Maitre et al. 2005) سنگ‌های قدیمی در محدوده‌ی ریولیت تا داسیت و سنگ‌های جدیدتر در محدوده‌ی آندزیت و بازالت تا مونزوآندزیت و مونزوبازالت قرار دارند



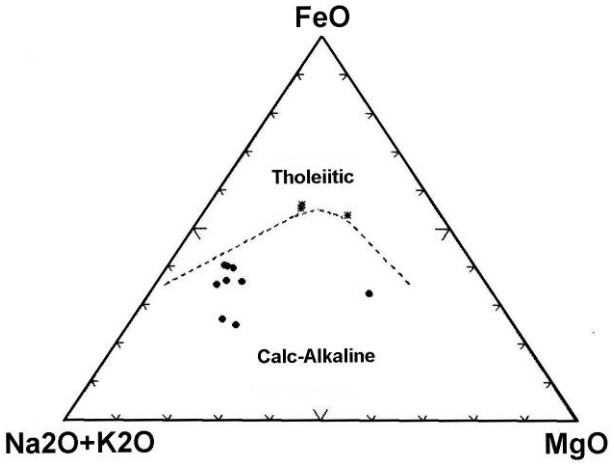
تصویر ۹- تقسیم‌بندی سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ (Winchester & Floyd 1977). سنگ‌های قدیمی در محدوده‌ی ریوداسیت- داسیت و گاه تراکیت و سنگ‌های جدید در محدوده‌ی آندزیت قرار دارند



تصویر ۱۲- نمودار آلکالن- سیلیس برای سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ. (Irvin & Baragar 1971) بر این اساس سنگ‌های منطقه در محدوده‌ی ساب آلکالن قرار دارند. سنگ‌های آندزیتی به مرز آلکالن نزدیک هستند



تصویر ۱۰- تقسیم‌بندی سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ (Winchester & Floyd 1977). بر این اساس سنگ‌های قدیمی در محدوده‌ی ریولیت تا داسیت و گاه تراکیت و سنگ‌های جدید در محدوده‌ی آندزیت تا تراکی آندزیت قرار می‌گیرند



تصویر ۱۳- نمودار مثلثی AFM برای سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ (Irvin & Baragar 1971) این نمودار روند تفریق سنگ‌های آتشفشانی قدیمی و جوان را مطابق با سری کالکو آلکالن نشان می‌دهند

www.SID.ir

Archive of SID

سری تولئیتی نسبت به سایر سری‌ها از نظر سدیم و پتاسیم و از نظرآهن بسیارغنی تر از دیگرسری‌ها می‌باشد. سری کالکوآلکالن نسبت به سری تولئیتی آهن کم تر ولی از نظر عناصر قلیانی مانند K_2O,CaO, Na_2O غنی‌تراست. میزان پتاسیم در بازالت‌های تولئیتی کمتر از ۰/۲ درصد می‌باشد (Jakes & White 1972) که این مقدار از میزان متوسط پتاسیم در بازالت‌های بایچه‌باغ بسیار کمتر است.

۶- خاستگاه زمین‌ساختی

با توجه به اینکه سنگ‌های آذرین به وجود آمده در هر وضعیت زمین‌ساختی از نظر میزان عناصر اصلی و فرعی تفاوت‌هایی دارند لذا اطّلاع از جایگاه زمین‌ساختی هر کانسار و بازسازی مدل‌های اکتشافی کانسارهای قدیمی می‌تواند راهگشای اکتشافات جدید و حلّ مسائل زایش سنگ‌ها و کانسارها باشد (تصویر ١٤).

نمودارهای تشخیص ژئوشیمیایی به‌طور گسترده در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ و اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ در تشخیص جایگاه‌های زمین‌ساختی سنگ‌های آذرین به‌کار گرفته شده است. برای مثال:

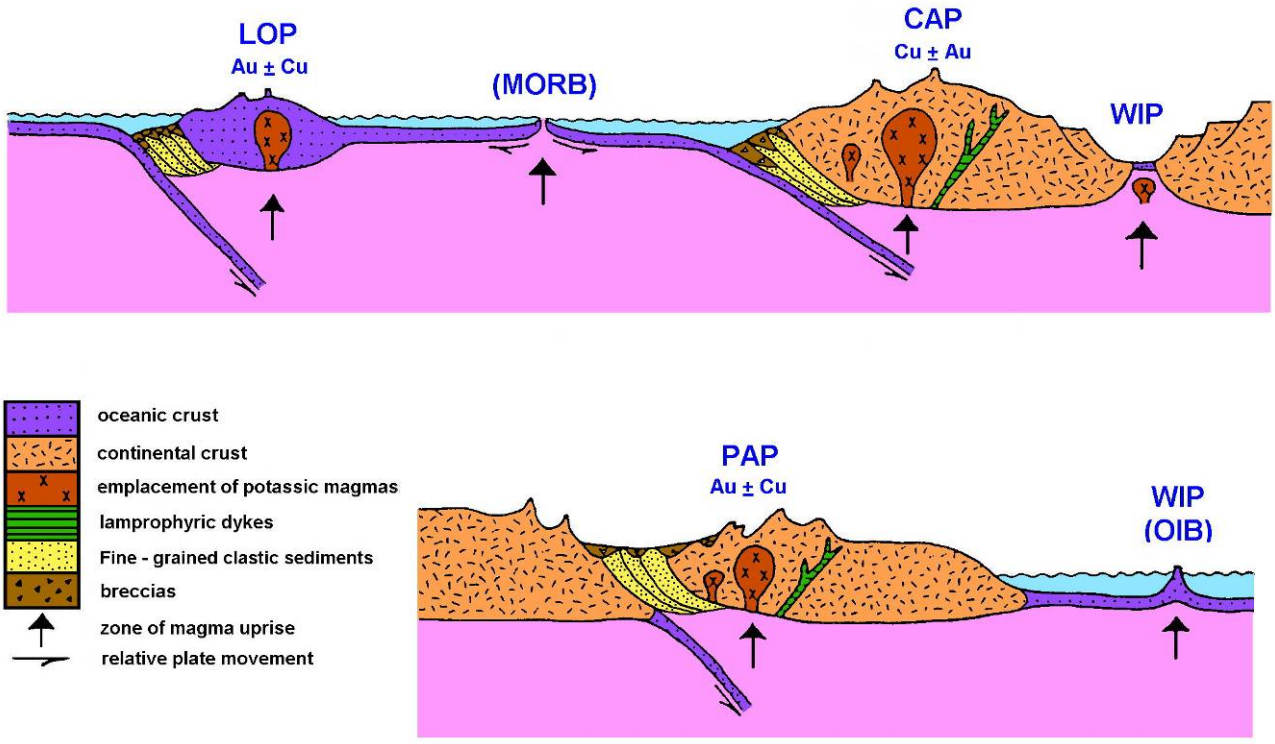
Pearce et al. 1984, Pitcher 1983, Pearce & Cann 1973, Wood et al. 1979, Pearce & Gale 1977, Floyd & Winchester 1975, Mullen 1983, Shervais 1982, Pearce & Norry 1979, Muller & Groves 1997, Meschede 1989.

این نمودارها امروزه به‌صورت یکی از روش‌های مناسب جهت تشخیص جایگاه‌های تشکیل سنگ‌های آذرین به‌کارگرفته می‌شود.

اساس این روش استفاده از تفاوت‌های عناصر جزیی بین سنگ‌ها در جایگاه‌های شناخته شده متفاوت، بر اساس یک اطّلاعات پایه‌ای جامع است. عناصر نسبتا غیرمتحرّک (HFSE) عموماً مناسب‌ترین عناصر برای این نمودارها می‌باشند.

یکی از نمودارهای مورد استفاده نمودار سه عنصری Ti-Zr-Sr (Pearce & Cann 1973) است که بر اساس آن می‌توان بازالت‌های کف اقیانوس (OFB) را از بازالت‌های جزایر قوسی(IAB) و بازالت‌های کالکوآلکالن (CAB) جدا نمود ولی این نمودار نمی‌تواند سنگ‌های آذرین مرتبط با فرورانش را از نوع درون صفحه‌ای(WIP) متمایز کند.

براساس این نمودار، سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ در محدوده‌ی بازالت‌های کالکو آلکالن قرار می‌گیرند. سنگ‌های آندزیتی و آندزی بازالتی دقیقاً درون محدوده، اما سنگ‌های اسیدی ریولیتی تا داسیتی که به طور طبیعی دارای مقدار کمتری Ti هستند در این نمودار قابل بررسی نبوده و در زیر محدوده‌ی بازالت‌های کالکو آلکالن قرار می‌گیرند، بنابراین در نمودار حذف شده‌اند (تصویر ۱۵).

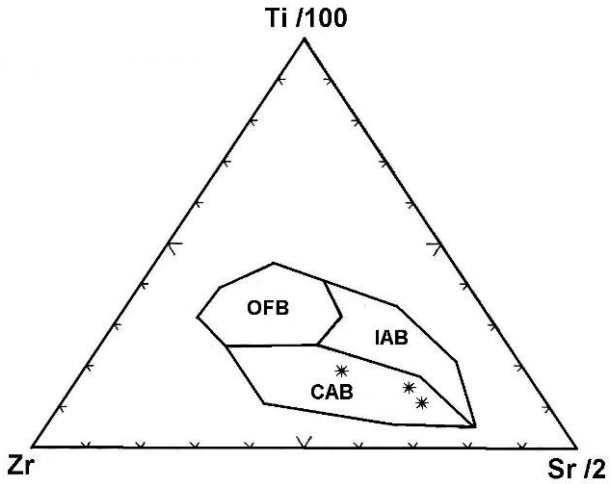


تصویر ١٤- جایگاه‌های مهمّ زمین‌ساختی در تشکیل سنگ‌های آذرین و کانسارهای وابسته (Mitchell & Garson 1981)

MORB = *Mid Oceanic basalt*
WIP = *Within plate setting*
OIB = *Oceanic Island Basal*
PAP = *Post Collisional Arc*
LOP = *Late Oceanic Arc*
LOP = *Initial Oceanic Arc*

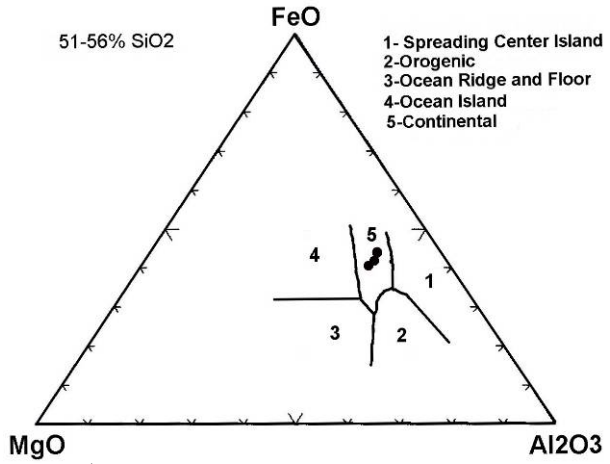
www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۱۵- نمودار Ti/100 - Sr/2- Zr برای سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ (Pearce & Cann 1973). آندزیت‌ها و آندزی بازالت‌های جوان‌تر در محدوده‌ی بازالت‌های کالکوآلکالن قرار گرفته‌اند

در روش پیرس و همکاران (Pearce et al. 1977) بر اساس میزان MgO, Al_2O_3, FeO که برای طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین در محدوده‌ی SiO_2 بین ۵۱ تا ۵۶ درصد به‌کار می‌رود، سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی تا آندزی بازالتی بایچه باغ در محدوده‌ی قارّه‌ای قرار می‌گیرند (تصویر ۱۶).



تصویر ۱۶- نمودار FeO- Al2O3- MgO برای سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی تا آندزی بازالتی (SiO2=51-56%) منطقه‌ی بایچه باغ (Pearce et al. 1977). در این نمودار، سنگ‌ها در محدوده‌ی قارّه‌ای قرار می‌گیرند

نمودارهای عنکبوتی ازنمودارهای معمول جهت مقایسه الگوهای ژئوشیمیایی می‌باشند (Thompson 1982). این نمودارها نمی‌توانند به‌طور مؤثّر در تفکیک سنگ‌های آذرین جایگاه‌های مختلف به‌کار روند. بر اساس تجزیه‌ی عناصر نادر و کمیاب سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ و با استفاده از نمودارهای عنکبوتی تا حدودی می‌توان جایگاه زمین‌ساختی این سنگ‌ها را تعیین نمائیم. غنی‌شدگی از عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) نسبت به عناصر کمیاب سنگین (HREE) یکی از خصوصیات بارز سنگ‌های کالکوآلکالن مناطق فرورانش حاشیه قارّه‌ای است (Wilson 2007, Brewer et al. 1998, Kampunzu et al. 2003, Machado et al. 2005).

از سوی دیگر تهی‌شدگی ضعیف این سنگ‌ها از عناصر MREE، معرف جدایش تیتانیت از آن‌ها می‌باشد(Kuscu & Geneli 2008). همچنین ناهنجاری‌های منفی از عناصر Ti, Ta, Nb, P در روند تغییرات عناصر کمیاب، می‌تواند نشانگر شکل‌گیری سنگ‌ها در منطقه فرورانش باشد (Wilson 2007). در سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ، تهی شدگی از عنصر Ba نیز مشاهده شد. بررسی‌های جدید نشان داد که میزان تهی‌شدگی Ba در سنگ‌های آتشفشانی می‌تواند مستقل از درجه اشباع شدگی ماگمای آن‌ها از سیلیس و میزان شکل‌گیری آن باشد(Avanzinelli et al. 2008) .

تصویر ۱۷ الگوهای نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده کندریتی را برای پنج جایگاه زمین‌ساختی نشان می‌دهد (Muller & Groves 1997). در تصویر ۱۸، بیش‌ترین شباهت بین نمونه‌های بایچه باغ با جایگاه کمان‌های قارّه‌ای وجود دارد. سنگ‌های قدیمی‌تر ریولیتی تا داسیتی بیش‌ترین انطباق را با جایگاه کمان‌های قارّه‌ای و سنگ‌های جوان‌تر آندزیتی تا آندزی بازالتی بیشترین انطباق را با جایگاه بعد از برخورد نشان دادند.

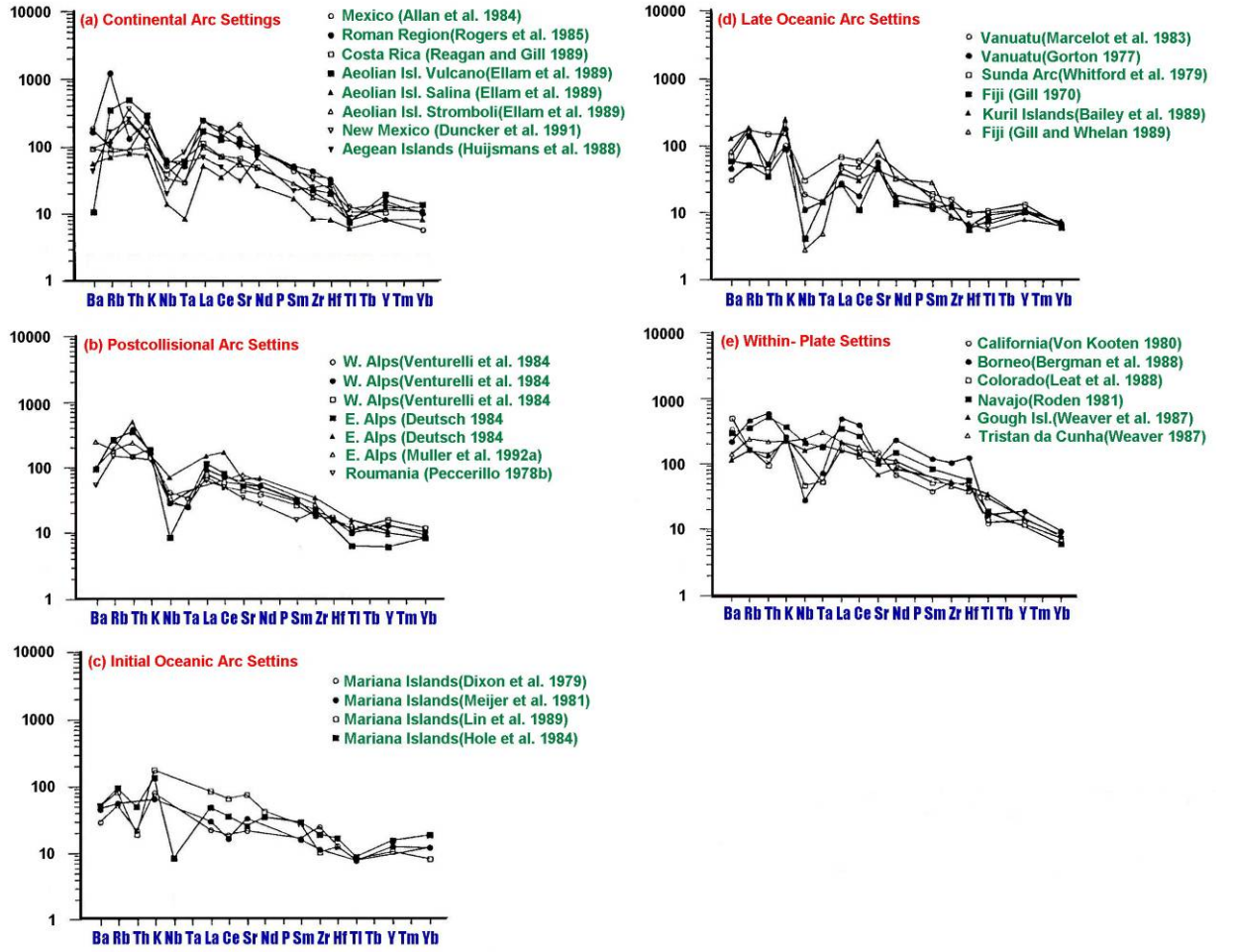
با توجّه به عدم دقّت بالای نمودارهای ساده‌ی قدیمی و عنکبوتی و عدم تفکیک دقیق جایگاه‌های زمین‌ساختی، مولر و گراوز (Muller & Groves 1997) روش‌های جدیدی را برای تفکیک دقیق‌تر جایگاه‌های زمین‌ساختی سنگ‌های آذرین ارائه دادند. مسئله‌ی اصلی، نمایش اختلاف جدایش‌های ژئوشیمیایی است که در جایگاه زمین‌ساختی لازم است، زیرا این فاکتورهای جدایش‌های ژئوشیمیایی، در جایگاه‌های زمین‌ساختی، ناشی از ماهیت زایشی و فرایندهای تولید ماگمای درون آن‌ها است. روش مولر و گراوز بهترین امکان جدایش را بر روی یک نمودار نشان می‌دهند که به‌صورت یک الگوی تشخیص مرحله‌ای در اغلب جایگاه‌های زمین‌ساختی به‌کار می‌رود.

تصویر ۱۹، نمودارهای تشخیص مرحله‌ای برای سنگ‌های آذرین از جایگاه‌های زمین‌ساختی مختلف را براساس نسبت‌های ساده‌ی عناصر غیرمتحرّک نشان می‌دهد. با استفاده از این روش و به کمک این نمودارها می‌توان طی چند مرحله جایگاه‌های LOP، IOP، PAP، CAP و WIP را به راحتی از یکدیگر تفکیک کرد. با توجه به تصویر ۲۰A، سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ براساس نسبت‌های ساده‌ی عناصر غیرمتحرّک، در محدوده‌ی CAP+PAP قرار می‌گیرند.

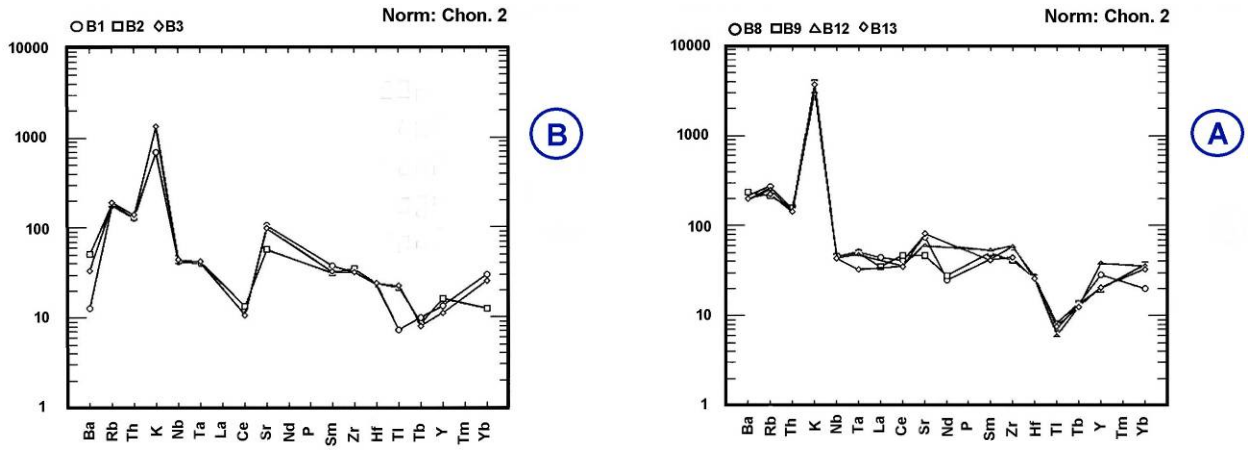
www.SID.ir

Archive of SID

این مسئله نشان‌دهنده‌ی ارتباط ولکانیسم با کمان‌های قارّه‌ای است. در تصویر ۲۰B براساس نسبت‌های لگاریتمی، Ce/P_2O_5 Zr/TiO_2 دو جایگاه PAP و CAP ازیکدیگر تفکیک شدند. بر این اساس سنگ‌های اسیدی ریولیتی تا داسیتی قدیمی‌تر در قلمرو کمان‌های قارّه‌ای (CAP) و سنگ‌های آندزیتی تا آندزی بازالتی جوان‌تر در قلمرو کمان‌های بعد از برخورد (PAP) قرار می‌گیرند. شاید بتوان دلیل مسئله را این‌گونه تفسیر کرد که سنگ‌های اسیدی در مرحله فرورانش و سنگ‌های بازیک‌تر جوان با پیشرفت فرورانش در مرحله پس از برخورد و ایجاد فاز کششی پس از آن تشکیل شده‌اند.



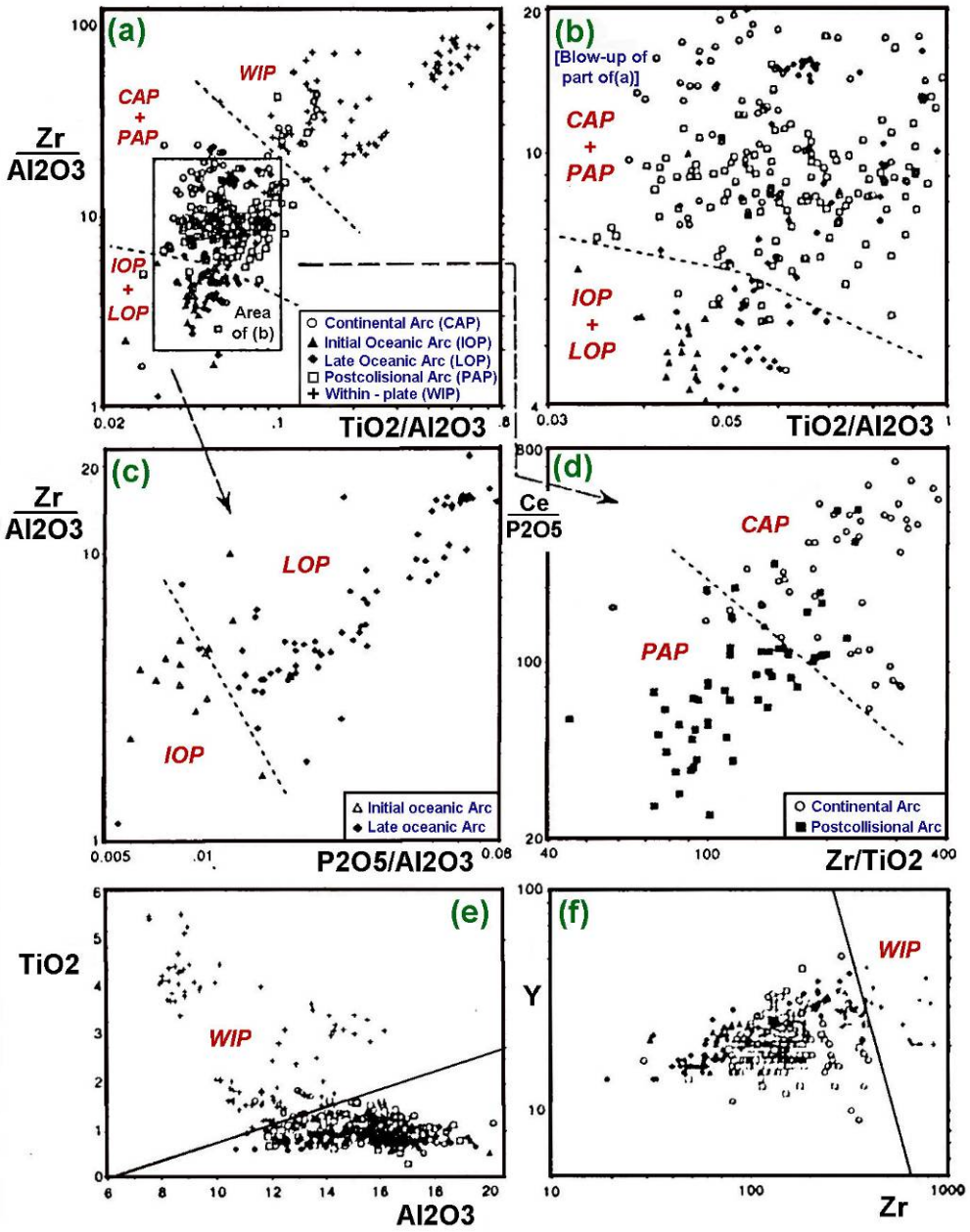
تصویر ۱۷- الگوهای نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده کندریتی برای سنگ‌های آذرین از پنج جایگاه زمین‌ساختی (Muller & Groves 1997)



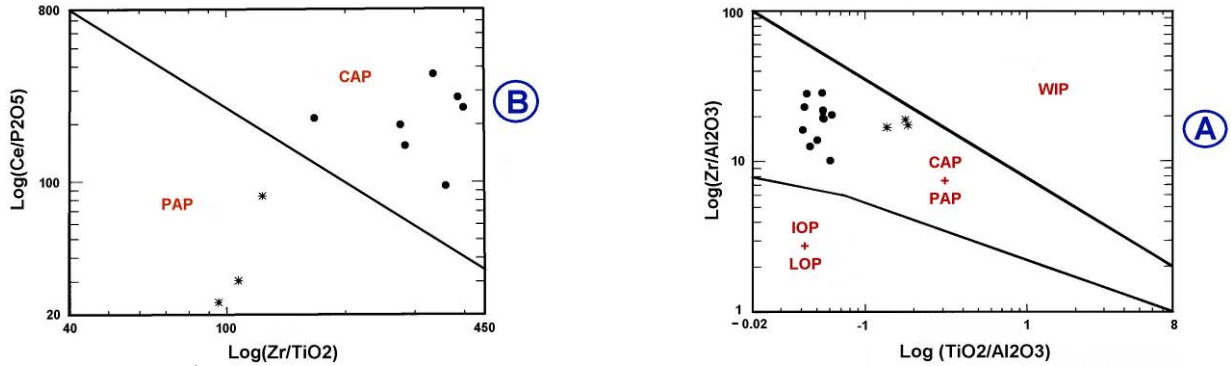
تصویر ۱۸ – نمودارهای عنکبوتی برای عناصر کمیاب نرمالایز در سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ.
A) سنگ‌های ریولیتی تا داسیتی B) سنگ‌های آندزیتی تا آندزی بازالتی

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۱۹- نمودارهای تشخیصی مرحله‌ای برای سنگ‌های آذرین از جایگاه‌های زمین‌ساختی مختلف براساس نسبت‌های ساده‌ی عناصر غیرمتحرّک



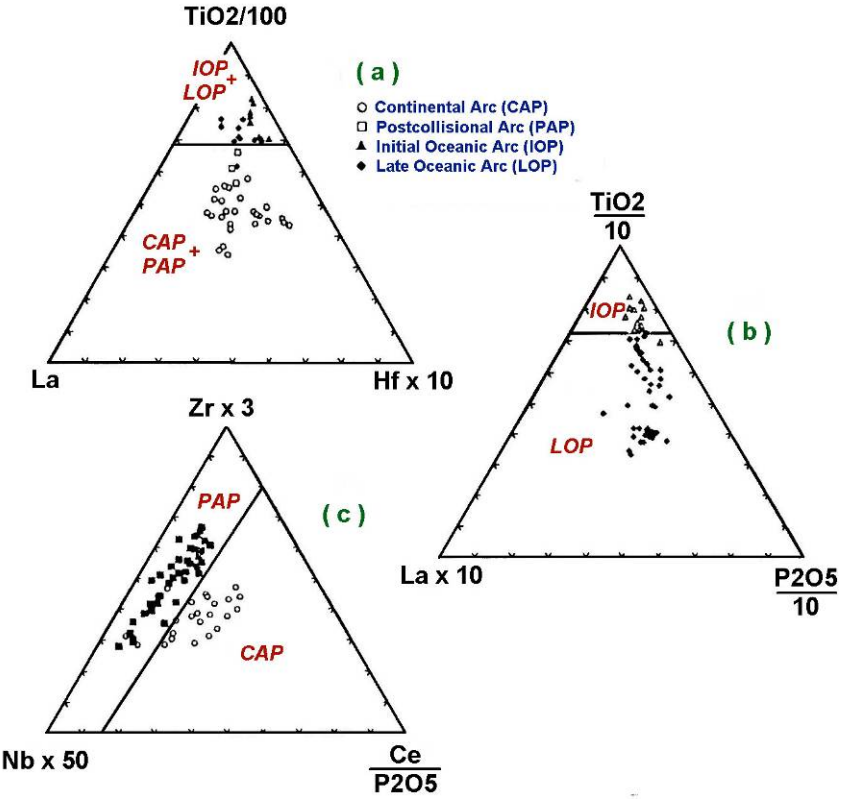
تصویر ۲۰- نمودارهای تشخیصی مرحله‌ای برای سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ براساس نسبت های ساده‌ی عناصر غیرمتحرّک (Muller & Groves 1997). در تصویر A کلّیه‌ی سنگ‌ها در قلمرو (CAP+PAP) قرار گرفته‌اند. در تصویر B سنگ‌های اسیدی در قلمروCAP و سنگ‌های حدّ واسط تا بازیک در قلمرو PAP قرار دارند

www.SID.ir

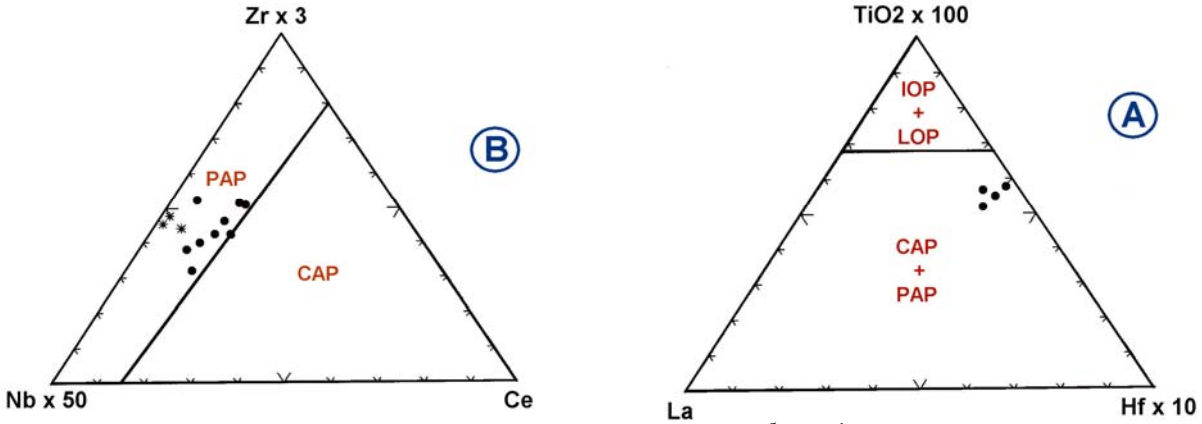
Archive of SID

در روشی دیگر می‌توان از نمودارهای تشخیصی مرحله‌ای برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آذرین بر اساس عناصر کمیاب غیرمتعارف استفاده نمود (Muller & Groves 1997). در این روش می‌توان طی چند مرحله سنگ‌های آذرین را در موقعیت‌های LOP، IOP، PAP و CAP از یکدیگر تفکیک کرد. این نمودارها به‌صورت مثلثی بوده که در هر مثلث از نسبت‌های متغیّر عناصر کمیاب استفاده می‌شود (تصویر ۲۱). بر اساس تصویر ۲۲A، نمونه‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ هیچ‌گونه ارتباطی با کمان‌های اقیانوسی آغازی و پایانی (LOP, IOP) نداشته بلکه در موقعیّت کمان‌های قارّه‌ای (CAP+ PAP) قرار می‌گیرند.

بر اساس تصویر ۲۲ B و با توجه به تفکیک دو منطقه‌ی کمان‌های قارّه ای(CAP) و کمان بعد از برخورد (PAP) کلیّه‌ی نمونه‌ها در موقعیّت PAP قرار می‌گیرند. البتّه سنگ‌های اسیدی قدیمی تر به مرز محدوده ی CAP نزدیک تر هستند، که بیانگر قدمت بیشتر تشکیل نسبت به سنگ‌های جوان تر بازیک در روند پیشرفت فرورانش به سوی زون برخورد است.



تصویر ۲۱- نمودارهای تشخیصی برای سنگ‌های آذرین ازجایگاه های زمین‌ساختی متفاوت بر اساس عناصر کمیاب غیرمتعارف (Muller & Groves 1997)



تصویر ۲۲- نمودارهای تشخیصی برای سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ براساس عناصر کمیاب غیرمتعارف. در تصویر A نمونه‌ها در جایگاه زمین‌ساختی (PAP +CAP) قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده‌ی ارتباط این سنگ‌ها با جایگاه کمان‌های قارّه‌ای است. در تصویر B نمونه‌ها در موقعیّت زمین شناختی PAP قرار دارند

www.SID.ir

Archive of SID

۷- نتیجه‌گیری

در منطقه‌ی مورد مطالعه سنگ‌های آذرین نفوذی وجود ندارند ولی سنگ‌های آذرین خروجی حضور و تنوّع گسترده‌ای دارند. روند توزیع این سنگ‌ها از قدیم به جدید نوعی تغییر تدریجی را در اسیدیته سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری نشان داد، و به تدریج از حالت اسیدی به سمت بازیک پیش رفته‌اند این مسئله می‌تواند ناشی از گسترش فاز کششی بعد از برخورد باشد که در ابتدا، ماگمای اسیدی غلیظ خارج شده و به تدریج با باز شدن مسیر و کاهش هضم سنگ‌های مسیر، از غلظت ماگما کاسته شده و بازیک‌تر شده است.

بنابراین سنگ‌های آتشفشانی را می‌توان به دو گروه قدیمی‌تر اسیدی و جدید بازیک تقسیم‌بندی نمود. درهر دو گروه، فعالیّت‌ها ابتدا به‌صورت انفجاری بوده که از حالت توفی و برشی اتوکلاستیک کم کم به سمت گدازه‌ای میل نموده است. گروه قدیمی دارای ترکیب ریولیتی تا داسیتی بوده و بیشتر در قسمت جنوبی منطقه گسترش دارند. این واحد عموماً از توف‌های سفید رنگ متخلخل تشکیل شده است. وجود میان لایه‌های گدازه‌ای و همچنین بافت جریانی و شیشه‌ای در این گروه نشان‌دهنده‌ی دمای بالا و سردشدن سریع گدازه‌ها و موادّ آذرآواری داغ بوده و قطعات بلورین خرد شده و زاویه‌دار، بیانگر خرد شدن سریع و حالت انفجاری ماگمای تشکیل دهنده‌ی این سنگ‌ها بوده است. گروه جوان‌تر ترکیبی آندزیتی تا بازالتی داشته و این گروه نیز از حالت آذرآواری تا گدازه‌ای دیده می‌شوند. وجود اکسی هورنبلند با حاشیه‌های تیره، نشان‌دهنده‌ی فشار بخار آب و دمای بالای ماگمای سازنده این سنگ‌ها است.

در سنگ‌های گدازه‌ای بافت جریانی بیشتر دیده می‌شوند. این سنگ‌ها در قسمت بالای توالی خود ماهیت گدازه‌ای بیشتری یافته به‌طوری که به سمت آندزی بازالت تا آندزی بازالت الیوین‌دار میل می‌نماید. با افزایش الیوین در سنگ معمولاً از میزان هورنبلند کاسته شده است که بیانگر کاهش مقدار آب و افزایش دمای ماگما می‌باشد. بر اساس تجزیه شیمیایی و نمودارهای پترولوژیکی سنگ‌های آتشفشانی منطقه را می‌توان به دو گروه ریولیتی- داسیتی و آندزیتی- آندزی بازالتی تقسیم نمود.

بنابراین نتایج مشابه در نمودارهای کاکس، وینچستر و لومیتر تأییدکننده‌ی مشاهدات میکروسکوپی است. نمودارهای ایروین و باراگار نشان می‌دهد که سنگ‌های آذرین منطقه‌ی بایچه باغ در محدوده‌ی سری کالکوآلکالن قرار می‌گیرند. سنگ‌های قدیمی اسیدی از عناصر CaO, Na_2O, K_2O غنی می‌باشند. سنگ‌های جدیدتر آندزیتی نیز آهن بیش‌تری داشته اما هر دو گروه روند تفریق سری کالکوآلکالن را نشان می‌دهند.

براساس داده‌های ژئوشیمیایی، سنگ‌های آتشفشانی بایچه باغ در محدوده‌ی قارّه‌ای قرار می‌گیرند و نمودارهای عنکبوتی نشان‌دهنده‌ی ارتباط آن با جایگاه کمان‌های قارّه‌ای است.

مولر و گراوز (Muller & Groves 1997) روش‌های جدیدی را برای تفکیک دقیق‌تر جایگاه‌های زمین‌ساختی ارائه داده‌اند. براساس این نمودارها که از نسبت‌های ساده‌ی عناصر غیرمتحرّک استفاده شده سنگ‌های آتشفشانی منطقه‌ی بایچه باغ در قلمرو کمان‌های قارّه‌ای قرار می‌گیرند به گونه‌ای که سنگ‌های اسیدی در قلمرو کمان‌های قاره‌ای (CAP) و سنگ‌های حد واسط تا بازیک در قلمرو فاز کششی بعد از برخورد (PAP) قرار می‌گیرند.

مراجع

کریمی، م.، ۱۳۸۱، "مطالعه کانی‌شناسی، پتروژنز و نحوه تشکیل کانسار پلی متال بایچه باغ"، *رساله دکترای زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۳۹۰ ص.*

معین‌وزیری، ح. و امین‌سبحانی، ا.، ۱۳٦٤، "آتشفشان‌های جوان منطقه‌ی تکاب و قروه"، *دانشگاه تربیت معلم تهران، ٤٨ ص.*

Alavi, M., Hajian, J., Amidi, M. &Bolourchi, H., 1982, "Geology of Takab–Saein Qaleh explanetory note of 1:250,000 map of Takab", *Geological Survey of Iran, Report No. 50, 99 pp.*

Avanzinelli, R., Elliott, T., Tommasini, S.&Conticeli, S., 2008,"Constraints on the genesis of potassium-rich Italian volcanic rocks form U/Th disequilibrium".*Journal of petrology, Vol. 49: 195-223.*

Blatt, H.& Tracy, R. J., 1996, "Petrology, Igneous, Sedimentary, and Metamorphic", *2nd, New York, Basingstoke: W. H. Freeman & Co., 529 pp.*

Best, M. G. & Christiansen, E. H., 2001, "Igneous Petrology", *Oxford: Blackwell Science, 458 pp.*

Boccaletti, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Motamed, A., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F. & Amin Sobhani, E., 1977, "Neogene and quaternary volcanism of the Bijar Area (Western Iran)", *Bulletin of Volcanology, Vol. 40 (2):121-132.*

Brewer, T. S., Daly, J. S. & Åhäll, K.-I., 1998, "Contrasting magmatic arcs in the Palaeoproterozoic of the south-western Baltic Shield", *Precambrian Research, Vol. 92: 297-315.*

Cox, K. G., Bell, J. D. & Pankhurst, R. J., 1979,"The interpretation of igneous rocks", *George Allen and Unwin, 464 pp.*

Floyd, P. A. & Winchester, J. A., 1975,"Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements", *Earth Planet Sci Lett, Vol. 27: 211-218.*

Irvin, T. N. & Baragar, W. R. A., 1971, "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 8 (5): 523-548.*

www.SID.ir

Archive of SID

basic volcanic rocks determined using trace element analysis", *Earth and Planetary Science Letters, Vol. 19 (2): 290-300.*

Pearce, J. A., & Gale, G. H., 1977,"Identification of ore-deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks", *Geological Society, London, Special Publications, Vol. 7: 14-24.*

Pearce, J. A., & Norry, M.G., 1979, "Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variation in volcanic rocks", *Contributions to Mineralogy and Petrology, Vol. 69 (1): 33-47.*

Pearce, T. H., Gorman, B. E. & Birkett, T. C., 1977, "The relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks", *Earth and Planetary Science Letters, Vol. 36 (1): 121-132.*

Pitcher, W. S., 1983,"Granite type and tectonic environment", *In: Hsu, K. (ed.), "Mountain Building Processes", Academic Press, London: 19–40.*

Shelly, D., 1993, "Microscopic study of Igneous and Metamorphic rock", *Champan and Hall, London, 184 pp.*

Shervais, J. W., 1982, "Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. earth planet", *Earth and Planetary Science Letters, Vol. 59: 101-118.*

Stöcklin, J., 1968, "Structural history and tectonics of Iran", *American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. 52 (7): 1229-1258.*

Streckeisen, A., 1979, "Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: Recommendations and suggestions of the IUGS subcommission on the systematics of igneous Rocks", *Geology, Vol. 7 (7): 331-335.*

Thompson, R. N., 1982, "Magmatism of the British Tertiary volcanic province", *Scottish Journal of Geology, Vol. 18: 49-107.*

Wilson, B. M., 2007, "Igneous petrogenesis a global tectonic approach", *Springer, 1edn, 485 pp.*

Winchester, J. A. & Floyd, **P. A. 1977,** "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements", *Chemical Geology, Vol. 20: 325-343.*

Wood, D. A. , Tarney, J., Varet, J., Saunders, A. D., Bougault, H., Joron, J. L., Treuil, M. & Cann, **J. R., 1979,** "Geochemistry of basalts drilled in the North Atlantic by IPOD Leg 49: Implications for mantle heterogeneity", *Earth and Planetary Science Letters, Vol. 42 (1):77-97.*

Jakeš, P. & White, A. G. R., 1972, "Major and trace elements aboundances in volcanic rocks of orogenic areas", *Geological Society of America Bulletin, Vol. 83 (1): 29-40.*

Kampunzu, A. B., Tombale, A. R., Zhai, M., Bagai, Z., Majaule, T. & Modisi, M. P., 2003, "Major and trace element geochemistry of plutonic rocks from Francistown, NE Botswana: evidence for a Neoarchaean continental active margin in the Zimbabwe canton", *Lithos, Vol. 71(2):431-460.*

Kuno, H., 1968, "Differentiation of basalt magmas",*In: Hess, H. H. & Poldervaart, A. A. (eds.), Basalts: The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition, New York: Interscience,Vol. 2: 623–688.*

Kuscu, G. G. & Geneli. F., 2008, "Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Tepekoy Volcanic Complex", *International Journal of Earth Sciences, Vol. 99 (3): 593-621.*

Lacroix, A., 1933, "Classification des roches eruptives", *Laboratoire de mineralogie du Muséum National d'Histoire Naturelle, 206 pp.*

Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B. & Bateman, P., 2005, "Igneous rocks: A classification and glossary of terms: recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks", *Cambridge University Press, 2nd, 256 pp.*

Machado, A., Lima, E. F., Chemale, F. J., Morata, D., Oteiza, O. Almeida. D. P. M., Figueiredo, A. M. G., Alexandre, F. M. & Urrutia, J. L., 2005, "Geochemistry constraints of Mesozoic- Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica",*Journal of South American Earth Sciences, Vol. 18 (3-4): 407-425.*

MacDonald. R., Hawakesworth, C. J. & Heath, E., 2000, "The lesser antilles volcanic chain: a study of arc magmatism", *Earth-Science Reviews, Vol. 49 (1-4): 1-76.*

Meschede, M., 1989, "A metod of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeites with the Nb-Zr-Y diagram", *Chemical Geology, Vol. 56: 207-218.*

Mitchell, A. H. G., & Garson, M. S., 1981, "Mineral deposits and global tectonic setting", *Academic Press, London, 427 pp.*

Mullen, E. D., 1983, "MnO/TiO2/P2O5: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis", *Earth and Planetary Science Letters, Vol. 62 (1):53-62.*

Muller, D., & Groves, D. I., 1997, "Potassic igneous rocks and associated gold-copper mineralization", *Springer, 238 pp.*

Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G., 1984, "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks", *Journal Petrology, Vol. 25 (4): 956-983.*

Pearce, J. A. & Cann, J. R., 1973, "Tectonic setting of

www.SID.ir