

روند تحول ماگما در سنگهای آذرین منطقه رچ (جنوب غرب بیرجند)

*خاکی، خاطره¹، امامی، محمد هاشم²، محمدی، سید سعید³، نصر اصفهانی، علیخان⁴.

¹دانشجوی کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان- اصفهان

²دانشیار، پژوهشکده علوم زمین

³عضو هیئت علمی، دانشگاه بیرجند

⁴عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان- اصفهان

چکیده

سنگهای آذرین در جنوب غربی بیرجند به سن ترشیری برونزد دارند. این سنگها در درون مجموعه افیولیتی و نهشته‌های فلیشی پالئوسن قرار دارند. توده آذرین رچ شامل میکروکوارتز مونز دیوریت و تراکی آندزیت می‌باشد. بافت غالب آنها پورفیری با زمینه دانه ریز است. فنو کریستهای آن پلاژیو کلاز، هورنبلند و بیوتیت می‌باشند. پلاژیو کلازها با منطقه بندی و از نوع آندزین تا الیگو کلازاند. پیروکسن، کوارتز و کانی‌های کدر نیز در زمینه مشاهده می‌شود. هورنبلند دارای حاشیه سوخته می‌باشد. سرشت ماگمایی این سنگها از نوع کالکوآلکالن و متعلق به حاشیه فعال قاره‌ای هستند. روند تحول ماگما، میتواند غنی‌شدگی نمونه‌ها از عناصر نادر خاکی سبک و عناصر لیتوفیل بزرگ یون و تهی‌شدگی آنها از عناصر نادر خاکی سنگین را توضیح دهد.

مقدمه

محدوده مورد مطالعه در فاصله 25 کیلومتری جنوب غرب بیرجند دارای موقعیت جغرافیایی $32^{\circ} 47'$ تا $32^{\circ} 44'$ عرض شمالی و $59^{\circ} 00'$ تا $59^{\circ} 03'$ طول شرقی می‌باشد. رشته کوه باقران در جنوب بیرجند مجموعه‌ای افیولیت ملانژی است که در انتهای غربی آن سنگهای آذرین ترشیری برونزد دارد. از دیدگاه تقسیم بندی واحدهای ساختاری ایران، این منطقه در شمال ایالت ساختاری سیستان واقع شده است که آن را ناشی از برخورد پهنه لوت با بلوک افغان می‌دانند (اشتوکلین، 1968؛ بربریان، 1977 و تیروول و همکاران، 1983). حجم زیادی از سنگ‌های آذرین به شکل گنبد مانند، در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد. کوه رچ که نام خود را از روستایی به همین نام واقع در دامنه این کوه گرفته است، از جمله شاخص ترین توده‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. علاوه بر آن ارتفاعاتی نظیر کوه قلعه رستم از دیگر توده‌های آذرین در محدوده مورد مطالعه می‌باشند. با توجه به اینکه در رابطه با جایگاه تکتونیکی سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه تا کنون دیدگاه‌های متفاوتی از سوی محققین مختلف مطرح شده است (به عنوان مثال خطیب، 1368)، در این تحقیق

سعی شده تا با تکیه بر مطالعات صحرایی، کانی شناسی - پتروگرافی و ژئوشیمی تا حد امکان پتروژنز این سنگها مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

روش تحقیق

روش تحقیق به صورت بازدیدهای صحرایی و نمونه برداری در دو مرحله صورت گرفته است. مرحله اول به منظور آشنایی، مرحله دوم به منظور نمونه برداری از واحدهای سنگی انجام شد. نمونه برداری به طریق سیستماتیک از واحدهای سنگی مختلف، به منظور برداشت خصوصیات سنگ شناسی انجام شد. 28 نمونه برای تهیه مقاطع نازک انتخاب گردید و 6 نمونه برای تجزیه شیمیایی به روش ICP-MS به شرکت ALS Chemex در کشور کانادا ارسال شد. نتایج داده های ژئوشیمیایی با استفاده از نرم افزار Minpet و GCDkit تحلیل گردید.

کلیات

زمین شناسی منطقه ای

با توجه به اینکه در منطقه مورد بحث، علاوه بر رخنمون وسیع آتشفشانی های ترشیری، بخش هایی از آمیزه افیولیتی و رسوبات فلیشی شرق کشور که بعضاً توسط آتشفشانی های ترشیری بریده شده اند، نیز برونزد دارد می توان این محدوده را مرز بین منطقه فلیش و بلوک لوت در نظر گرفت. سنگ های آذرین مورد بحث در بخش غربی آمیزه افیولیتی جنوب بیرجند قرار دارند و بر اساس نقشه های زمین شناسی 1:100000 بیرجند جوانتر از آمیزه افیولیتی می باشند (افتخارنژاد، 1366). قدیمی ترین واحد سنگی در این منطقه، واحدهای مختلف توالی افیولیتی منسوب به کرتاسه فوقانی است (خطیب و زرین کوب، 2009). که این توالی افیولیتی تحت عنوان کالرد ملانژ از آن یاد شده است (اشتوکلین و همکاران، 1974). این نهشته های آتشفشانی بر روی اجزای مختلف افیولیتی قرار گرفته اند که به صورت قله های منفرد دیده می شوند (زرین کوب، 1379). در این راستا نتایج تحقیقات سن سنجی که تاکنون توسط برخی محققین بر روی توده های آذرین منطقه انجام شده (به عنوان مثال زرین کوب و همکاران، 1387)، به روش زیرکان اورانیوم-سرب $39/16 \pm 0/146$ میلیون سال و مربوط به اواخر ائوسن می باشد (زرین کوب و همکاران، 1387). توده نسبتاً بزرگ کوه رچ، در مجاورت مجموعه افیولیت ملانژ قرار گرفته است. بطوری که در سمت شمال حوالی روستای زمان آباد، شرق و در غرب نزدیک روستای ساق پیچوک با مجموعه افیولیتی و در سمت جنوب، با کنگلومرای نئوژن دارای مرز گسلی می باشد. ساختهای بسیار زیبای نک مانند و ستونی از ویژگیهای این توده می باشد. در قسمتهای زیرین این توده، توفهای بنفش رنگ دیده می شود که احتمالاً مربوط به مرحله انفجاری قبل از نفوذ می باشد.

پتروگرافی

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های میکروسکوپی، می‌توان مجموعه سنگهای آذرین موجود در منطقه را به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود. سنگهای آذرین ساب‌ولکانیک (میکروکوآرتز مونوزو دیوریت) و سنگهای آتشفشانی که شامل سنگ‌های گدازه‌ای (تراکی آندزیت) و سنگ‌های آذر آواری (توف) است. سنگ‌ها در نمونه دستی، به رنگ خاکستری دیده می‌شوند. آنچه در نمونه دستی مورد توجه قرار می‌گیرد؛ بلورهای سوزنی آمفیبولها می‌باشد. تفاوت ظاهری زیادی بین سنگهای نیمه‌نفوذی و خروجی رچ دیده نمی‌شود.

میکروکوآرتز مونوزو دیوریت‌ها

مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که بافت این سنگها تمام بلورین ریزبلور تا پورفیری و به طور غالب دارای زمینه‌ای میکروگرانولار است. فنو کریست‌های پلاژیو کلاز و کانیهای فرومنیزین درشت بلورهای سنگ هستند. پلاژیو کلاز از نوع آندزین یا الیگو کلاز، آمفیبول از نوع هورنبلند، بیوتیت و کوآرتز از تشکیل دهنده‌های اصلی و کانیهای آپاتیت، اسفن و کانیهای تیره، از اجزاء فرعی این سنگها محسوب میشوند. اندازه بلورهای پلاژیو کلاز تا حد 3 میلیمتر می‌رسد. اغلب فنو کریست‌های پلاژیو کلاز دارای ماکل کارلسباد و پلی سنتتیک و اغلب دارای بافت منطقه‌بندی می‌باشد. پلاژیو کلازها به سرسیت، کانیهای رسی و کربنات دگرسان شده‌اند. بلورهای بیوتیت، گاه به کلریت نیز دگرسان شده‌اند. بلورهای کوآرتز ریز و بی شکل در خمیره دانه ریز فلدسپاتی وجود دارند. گاه بلورهای ریز و بی شکل پیروکسن نیز، در زمینه دیده می‌شود. بلورهای اپاک مربعی شکل دانه ریز، آپاتیت و اسفن نیز دیده می‌شود. آمفیبول‌ها به فرم‌های تمام شکل دار، در مقطع عرضی شش ضلعی کامل، لوزی شکل ماکل دار و یا در مقاطع طولی ستونی و منشوری دیده می‌شود. بلورهای هورنبلندسبز کم و بیش اپاسیته شده‌اند. بعضی از آمفیبول‌ها به بیوتیت، کلریت و اکسید آهن تبدیل شده‌اند. در این سنگ‌ها، اکثراً کانی‌های فرومنیزین تحت تأثیر فرآیند دگرسانی از بین رفته و کانی‌های تیره تشکیل شده‌اند.

تراکی آندزیت‌ها

دارای بافت پورفیریک، پورفیریک میکرولیتی، پورفیریک با زمینه‌ای دانه ریز تا شیشه‌ای و سری‌ایت می‌باشند. پلاژیو کلاز و فلدسپار کانیهای اصلی، هورنبلندسبز و بیوتیت کانیهای عادی هستند. درشت بلورهای پلاژیو کلاز از نوع آندزین تا الیگو کلاز، شکلدار تا نیمه شکلدار با ابعاد چند دهم میلیمتر تا 3 میلیمتر می‌باشند. غالب پلاژیو کلازها دارای ماکل کارلسباد و پلی سنتتیک، دارای بافت غربالی و منطقه‌بندی نوسانی می‌باشند. این عوامل حاکی از اختلاط ماگمایی و یا تأثیرات انحلالی ناشی از کاهش فشار وارد بر ماگما طی صعود به سطح زمین می‌باشد (شلی، 1993). بعضی از پلاژیو کلازها پدیده سرسیتی شدن را تحمل نموده‌اند. آمفیبول در تراکی آندزیتها، فراوان تر از بیوتیت و به فرم‌های تمام شکل دار، در مقطع عرضی شش ضلعی کامل، لوزی شکل، ماکل دار و یا در مقاطع طولی، ستونی و منشوری دیده می‌شود. این بلورها کم و بیش اپاسیته شده‌اند. اپاسیتی شدن آمفیبولها و بیوتیتها که در بررسی میکروسکوپی نمونه‌ها دیده می‌شود، را برخی محققین به افت سریع فشار

مربوط می‌دانند (رادرفورد و همکاران، 1993). در این سنگها بلورهای شکلدار بیوتیت که کانی تیره به موازات سطح رخ آنها قرار گرفته است، نیز دیده می‌شوند. بعضی از بیوتیتها کلریتی شده‌اند. یون پتاسیم آزاد شده از بیوتیت باعث سرسیتی شدن پلاژیوکلاز می‌شود و کلسیم خارج شده از پلاژیوکلاز در تولید اپیدوت و تیتانیت مصرف می‌شود. در طی این واکنش منیزیم حفظ شده و بیوتیت به کلریت تبدیل می‌گردد (شلی، 1993). بلورهای ریز فلدسپار پتاسیم، بلورهای نیمه شکلدار کلینوپیروکسن، گاهی بلورهای خیلی ریز کوارتز، کانی فرعی کانی‌های اوپاک شکلدار اولیه، بطور پراکنده در خمیره دانه ریز تا شیشه‌ای حضور دارند. همچنین در بعضی نمونه‌ها، زمینه کلریتی یا کلسیتی شده است. در بعضی نمونه‌ها حفرات با کلسیت و زئولیت متعلق به مرحله هیدروترمال، پر شده‌اند. اسفن به صورت کانی فرعی، کم و بیش در تراکی‌اندزیت‌های منطقه به چشم می‌خورد که از تجزیه و آزاد شدن تیتان کانی‌های فرومنیزین مانند آمفیبول و بیوتیت به وجود آمده است (شکل 3-e).

توفها

توف‌های بلوری، به رنگهای قرمز، ارغوانی که در شرق توده گنبد مانند رچ رخمون دارند، به شدت دگرسان بوده و لایه‌بندی ضعیفی را نشان می‌دهند. ژئوپس بطور پراکنده و بصورت رگه‌ای همراه این توفها دیده می‌شود. بافت این سنگها کریستالو کلاستیک و ویترو کلاستیک است. کانیهای اصلی این توفها شامل بلور شکسته شده پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن، کوارتز، آلکالی فلدسپات و بیوتیت می‌باشند. اغلب این کانی‌ها دگرسانی متحمل شده‌اند. مهمترین کانیهای ثانویه کلسیت، سرسیت، کانیهای اپاک و اکسید آهن است.

ژئوشیمی

با توجه به اینکه خمیره دانه ریز و یا شیشه‌ای سنگهای آتشفشانی نامگذاری مودال آنها را با مشکل مواجه می‌نماید، لذا از روشهای شیمیایی بهره گرفته شده است. سنگهای خروجی منطقه مورد مطالعه، بر پایه تقسیم‌بندی ژئوشیمیایی و نامگذاری سنگ‌ها بر اساس آلکالی در مقابل سیلیس (کاکس و همکاران، 1979)، در محدوده تراکی‌اندزیت قرار می‌گیرند. سنگهای نیمه‌نفوذی منطقه مورد مطالعه، بر پایه تقسیم‌بندی ژئوشیمیایی و نامگذاری سنگ‌ها، بر اساس آلکالی در مقابل سیلیس (میدلموست، 1985)، در محدوده کوارتز مونزودوریت قرار می‌گیرند.

سری ماگمایی سنگهای مورد مطالعه بر اساس نمودار $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ در برابر SiO_2 (ایروین و باراگار، 1971)، ساب‌آلکالن بوده (شکل 5-a)، و بر اساس نمودار مثلثی $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{FeO}$ (نمودار AFM) ایروین و باراگار (1971)، در محدوده کالک‌آلکالن جای می‌گیرند.

برای تعیین محیط تکتونیکی سنگهای خروجی از نمودار متمایز کننده بازالتها (Hf-Th-Ta) (وود، 1980) که برای عناصر HFS غیر متحرک با قدرت میدان بالا طراحی شده است، استفاده شده است. همگی

نمونه‌ها، در محدوده (D) کمان آتشفشانی واقع می‌شوند. به جهت اینکه نمونه‌ها در محدوده پائین D و زیر خط جدا کننده $Hf/Th=3$ قرار گرفته‌اند، همگی آنها با ماهیت کالکوآلکالن شناخته می‌شوند. سنگهای نیمه‌نفوذی منطقه، در نمودار متمایز کننده دو متغیره Nb+Y در برابر Rb و همچنین در نمودار Rb-Yb، که از رایج‌ترین نمودارهای تکنوماگمایی ارائه شده توسط پیرس و همکاران (1984)، می‌باشند؛ از نوع پشته‌های میان‌اقیانوسی (ORG) و درون صفحه‌ای (WPG) نبوده و بیشتر ویژگی‌های کمان آتشفشانی (VAG) را از خود نشان می‌دهند.

در نمودار عنکبوتی عادی شده با ترکیب گوشته اولیه (مک دوناف و همکاران، 1992)، را برای نمونه‌های مورد مطالعه به نمایش می‌گذارد. همه نمونه‌ها، نسبت به گوشته اولیه غنی‌شدگی نشان می‌دهند که شاخص‌های ویژه وابسته به فرورانش را نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، این سنگها، از عناصر لیتوفیل بزرگ یون از قبیل Ba, Cs, Rb, Cs نسبت به HFSE و عناصر سازگار Cr و Ni تا 1000 برابر غنی شده‌اند (بوئزه غنی‌شدگی شدید عنصر Cs و همچنین عنصر Pb)، و این در اثر ذوب بخشی کم در منشأ یا تفریق زیاد ماگما و فوگاسیته بالای CO_2/H_2O در محیط تشکیل و تحول ماگما بوجود می‌آید (هریس و همکاران، 1983). همچنین، تهی‌شدگی Nb, Cr, Y را نیز بروز می‌دهند. فقر Cr می‌تواند به علت تبلور بخشی اسپینل در ماگمای بازیگ یا عدم شرکت اسپینل در ذوب بخشی بازالت‌های اولیه باشد (به همراه Ni و غیره). بنا به اعتقاد رولینسون (1993)، آنومالی منفی Nb شاخص سنگهای قاره‌ای است و احتمال آلودگی پوسته‌ای در فرآیندهای ماگمایی وابسته به فرورانش می‌باشد. کاهش Y نیز به دلیل تفریق کانی اسفن و آمفیبول است. پیک سرب نیز دلیل دیگر آلودگی پوسته‌ای و افزایش استرنسیم نیز به خاطر حضور فراوان پلاژیوکلازها در سنگهاست. به نظر ویلسون (۱۹۸۹) و نیکلسون (2004)، اگر یک مجموعه سنگهای آذرین در اثر تحمل فرآیند تبلور تفریقی با یکدیگر مرتبط باشند، مقادیر عناصر کمیاب و نسبت‌های آنها باید به طور ثابت و پیوسته تغییر کند. موازی بودن تقریبی الگوهای عناصر کمیاب سنگهای مورد مطالعه میتواند تأیید کننده این امر باشد. الگوهای عناصر نادر خاکی در نمونه‌های مورد مطالعه نسبت به پوسته فوقانی، پوسته زیرین و مورب نرمال مشاهده می‌شود (شکل 7-b). فراوانی عناصر نادر خاکی نمونه‌های منطقه، به موازات ترکیب پوسته فوقانی نوسان مختصری دارد و غنی‌شدگی و تهی‌شدگی خاصی نشان نمی‌دهد. این امر گویای این مطلب است که ترکیب ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌ها در منطقه، بدلیل آلوده شدن، بسیار نزدیک به ترکیب پوسته فوقانی است. در حالیکه، فراوانی عناصر نادر خاکی سبک نسبت به پوسته تحتانی افزایش نشان می‌دهد. روند فراوانی عناصر نادر خاکی نسبت به مورب نرمال نزولی است (شکل 7-d). بطوریکه، تمام عناصر نادر خاکی سبک (LREE) نسبت به N-MORB در حدود 20 برابر غنی‌شدگی داشته، و بر عکس، عناصر نادر خاکی سنگین نسبت به N-MORB کاهش دارند؛ و این عدم منشأ مشابه بین آنها را نشان می‌دهد.

مطابق شکل (8-الف) (پیرس، 1983)، نمونه‌های منطقه نسبت به آرایش گوشته‌ای دارای نسبت‌های بالاتری از Th/Yb هستند. تشخیص اثرات آلودگی پوسته‌ای ماگما، از فرایندهای متاسوماتیسم فرورانش مشکل می‌باشد. نمونه‌ها بطور موازی نسبت به آرایش گوشته‌ای و منطبق بر روند FC قرار می‌گیرند؛ که این امر می‌تواند تبلور تفریقی (FC) و مقادیری آلودگی پوسته‌ای را منعکس کند که بر روی ماگمای مشتق از یک گوشته حاوی یک مؤلفه فرورانش عمل نموده است. پیرس، 1982، زو، 2005، میانگین نسبت‌های Ce/Pb بازالت‌های اقیانوسی 25 ± 5 است (هوفمن و همکاران 1986)، و نمونه‌های مورد مطالعه، در محدوده پوسته قاره‌ای جای می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

سنگهای آتشفشانی منطقه رچ (جنوب غرب بیرجند) عمدتاً میکروکوآرتز مونزودوریت و تراکی آندزیت است و با در نظر گرفتن خصوصیات ژئوشیمیایی، از نوع ساب‌آلکالن و کالک‌آلکالن میباشند. تمامی نمونه‌ها از عناصر نادر خاکی سبک و عناصر بزرگ یون، غنی شدگی و از عناصر نادر خاکی سنگین، تهی شدگی نشان می‌دهند که شاخص‌های ویژه وابسته به فرورانش می‌باشد و بیانگر نرخ ذوب پائین، تفریق زیاد در ژنز سنگها است. آنومالی منفی Nb شاخص سنگهای قاره‌ای است و احتمال آلودگی پوسته‌ای در فرآیندهای ماگمایی وابسته به فرورانش می‌باشد. با توجه به دیاگرامهای تمایز تکتونیک، منشأ کمان آتشفشانی حاشیه‌های قاره‌ای فعال، تأیید می‌شود. نمونه‌های منطقه نسبت به آرایش گوشته‌ای دارای نسبت‌های بالاتری از Th/Yb و منطبق بر روند FC قرار می‌گیرند؛ که این امر می‌تواند تبلور تفریقی و مقادیری آلودگی پوسته‌ای را منعکس کند که بر روی ماگمای مشتق از یک گوشته حاوی یک مؤلفه فرورانش عمل نموده است.

مراجع

- افتخارنژاد، جمشید. اوهانیان، ترگم. (1366). نقشه زمین‌شناسی بیرجند، سری 1:100000 ورقه 7855، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- خطیب، محمد مهدی. (1368). تحلیل ساختاری کوههای جنوب بیرجند، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، 188 صفحه.
- زرین کوب، محمد حسین. (1379). پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه‌های افیولیت جنوب بیرجند، رساله دکتر، دانشگاه تربیت معلم تهران، 285 صفحه.
- زرین کوب، محمد حسین. سون لین چانگ و خطیب، محمد مهدی. (1387). سن سنجی، پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای آتشفشانی منطقه رچ (جنوب باختری بیرجند)، مجموعه مقالات دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.

Berberian, F., (1977). Against the rigidity of the Lut Bolck : Iran, Geol. Miner. Res. Organ, Rep. No. 40

Cox, K. G., B., Bell, J. D., and R. J., Pankhurst, (1979). The interpretation of igneous rocks. George, Allen and Unwin, London.

Eftekhreznhad. J., Vahdati Daneshmand. F.(1991). geological quadrangle Map of Iran No.K8.

Harris, C..(1983).The petrology of lavas and associated plutonic inclusion Ascension Island Journal of Petrology 24, 424-470.

Hofman A.W., Jochum K.P., Seufert M., White W.M., (1986). Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution, Earth Planet. Sci. Lett. 79 33-45.

Irvine, T. N., and Baragar, W. R. A.,(1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian J Earth Science, v. 8,p.523-548.

Khatib, M.M, Zarinkoub, M.H. , (2009). Morpho – tectonics and mechanism of emplacement of the andesitic ring in Givshad, east of Iran. EGU2009 meeting.

McDonough, W.F.,Sun, S.,Ringwood. A.F.,Jagoutz, E., Hofmann, A.W., (1992). Rb and Cs in the earth and moon and evolution of the earth's mantle , Geochimica et Cosmochimica Acta 56(3), 1001-1012.

Middlemost, E. A. K., (1985). Magmas and magmatic rocks. Longman, London.

Nicholson, K. N., Black, P. M., Hoskin, P. W. O. & Smith, I. E. M. (2004). Silicic volcanism and back – arc extension related to migration of the late Cenozoic Australian – Pacific plate boundary. Journal of volcano and Geotherm. Res. 131, 295-306.

Pearce, J.A., Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, In: R.S., Thorpe (Editor), Andesite: Orogenic Andesite and Related Rocks, Wiley, New York, NY, pp. (1982). 525-548.

Pearce, J.A., (1983). Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins, Continental Basalts and Mantle Xenoliths. Shiva, Nantwich, p. 230-249.

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

Rollinson, H., (1993). Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical., 352P.

Rutherford, M.J., and Hill, P. E., (1993). J. Geophys.Res., 98, 19667.

Shelly, D., (1993). Microscopic study of Igneous and Metamorphic rocks, Chapman & Hall, London, 184 .

Stocklin, J., (1968). Structural history and tectonics of Iran. A review . Am. Asso.Petrol. Geol. B. Vol.52 , No.6.

Stocklin, J., (1974). Evolution of the continental margins bounding a former Southern Tethys, In Geol.Cont. Margins, Springer, PP. 873- 887, BIBL. 2p, 5illus . U.N.Geol Sury. Inst.

Tirrul,.R., Bell.I.R., Griffis, R.J., Camp, V.E., (1983). The Sistan suture zone of eastern Iran, Geological Society of America Bulletin, p: 134-150.

Wilson, M., (1989). Igneous petrogenesis a global tectonic approach. Department of earth Science, University of leeds. 466pp.

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

Xu, Y.G., Ma, J.L., Ferry, F.A., Frigenson, M.D., Liu, J.F., (2005) Role of lithosphere-asthenosphere interaction in the genesis of Quaternary alkali and tholeiitic basalts from Datong, western North China Craton, Chemical Geology 224 247-271.