

نوشته: فرامرزطوطي\*، سیما یزدانی\* و کمالالدین بازرگانی گیلانی\*

\*دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

# Geochemistry and Petrogenesis of an Alkaline-Calc Alkaline Volcanic Suite North Central Iran: The Role of Crystal Fractionation and Enrichment Processes in a Back-arc Environment

By: F. Tutti \*, S. Yazdani\* & K. Bazargani-Guilani\*

\*School of Geology, University College of Sciences ,University of Tehran, Iran

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۰۴/۱۹ تاریخ پذیرش:۱۳۸۵/۰۶/۲۸

#### چکیدہ

مقدمه

در منطقه جنوب کهریز ک، سنگهای آتشفشانی ائوسن در بخش شمالی زون ایران مرکزی رخنمون دارند. این مجموعه شامل سنگهای آذرآواری (توف و ایگنیمبریت) و گدازهها (ریولیت، تراکی آندزیت، تراکی آندزیت بازالتی و بازالت) است. سنگهای آتشفشانی در محدودهٔ مورد مطالعه، شواهد سنگنگاری (زونبندی، بافت غربالی و گردشدگی سطح بلور در بلورهای پلاژیو کلاز و پیروکسن) عدم تعادل ماگما هنگام تبلور را نشان میدهند. بررسیهای زمین شیمیایی نشان میدهد که گدازههای منطقه در قلمرو نیمه قلیایی و قلیایی قرار می گیرند. غنی شدگی LREE در مقایسه با HREE و بالا بودن مقدار عناصر ناساز گار LILE نسبت به HFSE همچنین بی هنجاری شاخص Nb، Ti و Ta در گدازههای منطقه، از نشانههای سنگهای مربوط به فرورانش است. گرایش گدازههای منطقه به سمت سری قلیایی، به گمان نشانگر یک رژیم کششی مشابه حوضههای پشت کمان است.

**کلیدواژهها:** جنوب کهریز ک، ایران مرکزی، گدازههای نیمه قلیایی- قلیایی، پشت کمان، رژیم کششی، زون فرورانش.

#### Abstract

South Kahrizak volcanic rocks with Eocene age are located in the north part of Central Iran. These rocks are mainly composed of pyroclastics (tuff and ignimbrites) and lava flows (rhyolite, trachyandesite, basaltic trachyandesite and basalt). Petrographic evidence such as: zoning, sieve texture and rounded crystals in plagioclase and pyroxene phenocrysts show the non-equilibrium conditions between melt and crystals during magma cooling. Geochemical characteristics indicate that these rocks locate in the subalkaline to alkaline domain. The highly enrichment of LREE compared to HREE, high content of LILE relative to HFSE and significant anomalies of Nb, Ta and Ti reveal the characteristics of a subduction - related volcanism. Whereas, the alkaline affinity of rocks shows that they may have formed in an extentional region, most probably a back-arc basin.

Keywords: South Kahrizak, Central Iran, Subalkaline- alkaline lava, Back-arc, Extentional region, Subduction zone.

مرکزی واقع شده است (شکل ۱). این سنگها متعلق به ائوسن و عمدتاً با آبرفتهای کواترنر، و در شمال و خاور با مارنهای کرمرنگ ژیپسدار و کنگلومرای کهریزک (رسوبات نئوژن– کواترنر) پوشیده شدهاند. با توجه

سنگهای آتشفشانی جنوب کهریزک در محدوده طول و عرضهای جغرافیایی '۵۱°,۵۱۰ –'۱۳,۵۱۳ و '۳۰°,۳۵ – '۲۰, °۳۵ در ۴۰ کیلومتری جنوب تهران، مسیر جاده قدیم تهران – قم و در شمالیترین بخش ایران

> بهار ۸۷ سال هفدهم، شماره ۶۷ بیار ۸۷ سال هفدهم، شماره ۶۷ بیار ۲۱۰ www.SID.ir

به موقعیت زمینشناسی ناحیه جنوب تهران، جنوب کهریزک، و سن این سنگهای آتشفشانی، بررسیهای سنگشناختی و تعیین خاستگاه زمینساختی-ماگمایی آن در رابطه با تکامل ساختاری ایران مرکزی و البرز در زمان ائوسن می تواند ثمربخش باشد.

با نگاهی بر پژوهشهای انجام شده در اطراف منطقه مورد مطالعه مانند سنگهای آتشفشانی ائوسن مناطق حسن آباد در ۶۰ کیلومتری جنوب تهران (رضوی، ۱۳۵۳)، رباط کریم در ۶۵ کیلومتری جنوب باخترر تهران (روان بد، ۱۳۶۶)، دوازده امام واقع در شمال دریاچه نمک (حسینی، ۱۳۶۷) و منطقه سیاه کوه شمال خاور دریاچه نمک (بنی طبا بید گلی، ۱۳۶۸) می توان به همانندی بین انواع گوناگون گدازه ها و سنگهای آذر آواری و همچنین همبستگی میان ترکیب شیمیایی در این مناطق پی برد. به طوری که از سیاه کوه در فاصله دورتر، به سمت منطقه مورد مطالعه در شمالی ترین قسمت ایران مرکزی، سنگها به سمت ترکیبهای پتاسیم بالا پیش می روند.

#### 1- زمینشناسی منطقه

سنگهای آتشفشانی و آذرآواریهای منطقه مورد مطالعه مربوط به ائوسن و واحدهای رسوبی آن مربوط به نئوژن است (Rieben, 1955). فورانهای انفجاری زیردریایی سبب تشکیل توف و برش شده وسنگهای ایگنیمبریتی، در محیط خشکی نهشته شدهاند. مجموعهٔ مذکور در مراحل ابتدایی فعالیت آتشفشانی ایجاد شده و سپس سنگهای آتشفشانی حدواسط تا بازی ظهور یافتهاند. توفها عمدتاً روشن رنگ و ایگنیمبریتها به صورت یهنههای وسیع و ستبر به رنگهای قهوهای- ارغوانی با بافت منشوری و ساخت جوش خورده و جریانی مشاهده می شوند. بخش رسویی شامل سری نئوژن و کواترنری است که به حالت دگرشیب روی سنگهای آتشفشانی قرار گرفته است. قسمتهای خاور و باختر سریهای آتشفشانی توسط کنگلومرا و مارنهای روشن رنگ احاطه شده که معادل بخش بالایی سازند سرخ بالایی (M3) است (Rieben, 1955). با توجه به مارنهای ماسهای محمد (M3) قلوه سینگهای توف سبز گرد شده و خرده سیسینگهای آتشفیشانی در روی این ســــازند، به احتــمال زیاد سـن آنها نئــــوژن است (Rieben,1955; Berberian,1983). بعد از مارنهای ژیپسدار، آبرفتهای سازند کهریزک با سن احتمالاً کواترنر پیشین (ویلافراشنین) قرار دارد (Rieben,1955). مهمترین سیماهای زمین ساختی منطقه گسلهایی با امتداد شمال باختر- جنوب خاور و شیبی نزدیک به قائم است. همچنین فازهای کوهزایی آلیی بر روی سنگهای منطقه اثر گذاشته ولی با توجه به شیب ملايم لايه هاي توفي در سراسر ميدان گدازه ظاهراً سنگهاي آتشفشاني اين

ناحیه تحت اثر چین خوردگی شدید قرار نگرفتهاند (رضوی، ۱۳۵۳).

# ۲- سنگنگاری و کانیشناسی

ایگنیمبریتها از جمله قدیمیترین واحد سنگی هستند که به طور وسیع در خاور، شمال و مرکز توده آتشفشانی گسترش دارند. فعالیتهای آتشفشانی ابتدایی، شدت انفجار بسیار بالایی داشته و نهشتههای آذرآواری مختلفی را تولید کرده و با خروج روانههای گدازه ادامه می یابند. ایگنیمبریتها دارای ترکیب ریولیتی تا داسیتی با بافت اوتاکسیتی هستند (شکل ۲) که فیامهای یر شده از سیلیس، در مواردی همراه با کلسیت ظاهری جریانی به سنگ داده است. فرایندهای ثانویه بعد از نهشتهشدن شامل: جوشخوردگی و فشردگی، تبلور گازهای بهدام افتاده، و شیشهزدایی مواد شیشهای میباشد. همچنین تغییرات وابسته به کاهش حجم تدریجی و سنگشدگی نظیر: مسطحشدگی و درهم،شکستگی شاردهای شیشه، کمبود فیامها، و گاهی از بين رفتن بافت اسفنجي قطعات يوميس، غالباً مشاهده مي شود. توفها اغلب در بین و یا زیر ایگنیمبریتها قرار گرفتهاند و از لحاظ سنگ شناسی به طور عمده داسیتی و ریوداسیتی و کمتر تراکیتی هستند. گدازههای داسیتی بیشتر در خاور و شمال خاور رخنمون داشته و بر روی نهشتههای آذر آواری قرار گرفتهاند. در برخی از این نمونهها درشت بلورهای فلدسیار، کوارتز، بیوتیت و به ندرت کلینوپیروکسن در یک زمینهٔ شیشهای به رنگ نارنجی و قهوهای به همراه شكستگیهای پرلیتی قرار گرفتهاند كه قسمتهای نارنجی خمیرهٔ متبلور ریز دانه با بافت اسفرولیتی را تشکیل داده و قسمتهای قهوهای شیشهٔ زمینه ر گههای جریان یافته و چینخوردهای را در بین اسفرولیتها ایجاد کرده است (شکل ۳). گدازههای آندزیتی در تمام ناحیه گسترش یافتهاند. ویژگیهای اصلي و وجه تمايز آنها از ديگر سنگها به علتهاي زير است: الف) دگرساني شدید تحت تأثیر آبهای گرم و تا حدودی آبهای جوی و ب) فراوانی رگهها، ر گچهها و حفرههای پر شده با زئولیتهایی مانند آنالسیم، لوین، تتراناترولیت، ناتروليت، مزوليت، كلسيم - هيولنديت، كلسيم - استيلبيت، و همچنين دیگر کانیهای همراه آنها مانند کلسیت، کوارتز، اپال و در موارد نادر پیرولوزیت در تمام نواحی که سنگهای آندزیتی گسترش یافتهاند، میباشد (Bazargani-Guilani & Rabbani,2004) و طوطى و همكاران، ١٣٨٣). گدازههای تراکیآندزیتی بر روی گدازههای آندزیتی قرار داشته و دارای بافت بادامکی و رگههای پرشده با مواد ثانویه یا فاقد آن هستند. فراوان ترین کانی موجود در تراکیآندزیتها پلاژیوکلاز است که در آنها ویژگیهایی مانند زونبندي، بافت غربالي، حاشيهٔ گرد شده و آثار خليج خوردگي همانند آندزيتها مشاهده مي شود. بافت غربالي در برخي يلاژيو كلازها ممكن است

بهار ۸۷ ، سال هفدهم، شماره ۶۷

iloл

بهطور فراگیر در تمام بلور (شکل ۴– الف)، در حاشیه و یا در حاشیه بلور همراه با رشد و زونبندی بعدی بلور (شکل۴–ب) مشاهده شود. پژوهشگران مختلف تشکیل بافت غربالی در پلاژیوکلازها را به افت سریع فشار (Nelson & Montana, 1992)، آميختگي ماگمايي و تغذيهٔ مخزن ماگمايي (Tsuchiyama, 1985) ارتباط دادهاند. گدازه های تراکی آندزیت بازالتی و بازالتی ضمن حفظ مشابهتهای سنگ شناسی خود، به دو گروه واجد زئولیت و بدون آن قابل تفکیکاند. بلورهای کلینوپیروکسن در تراکیآندزیت بازالتی گاهی دارای میانبارهایی از کانیهای کدر و شیشه به صورت بافت غربالی است و در حاشیه آن زونبندی مشاهده می شود (شکل۴ – ج). در بازالتها کلینوپیروکسنهایی با حاشیه واکنشی نیز وجود دارد (شکل۴– د). Nakagawa et al. (2002) بر این باورند که ترکیب درشتبلورهای کلینویپروکسن و زونبندی آنها در سنگهای آتشفشانی، فرایندهای ماگمایی را در اتـاق ماگــمایی پیـش و همـزمان با انفجار ثبت می کند. (Sakuyama (1979) بافتهای نامتعادل مانند زونبندی درشتبلورهای پیروکسن در سنگهای آتشفشانی کلسیمی- قلیایی را به صورت نتیجهای از آلایش با پوسته قارهای، تغییر ناگهانی فشار H<sub>2</sub>O و آمیختگی ماگمایی تفسیر می کند و معتقد است آمیختگی ماگمایی مهم ترین فرایند برای ایجاد بافتهای

### ۳- زمین شیمی

نامتعادل در این سنگهاست.

اندازه گیری عناصر اصلی و فرعی با استفاده از روش ICP – ES و ICP–MS در آزمایشگاه ACME کانادا بر روی ۱۴ نمونه گدازه از سنگهای جنوب کهریز ک انجام شده است (جدول۱). این سنگهای آتشفشانی در نمودار (1986). Ice Bas et al. (1986) محدوده وسیعی از ریولیت، تراکی آندزیت، تراکی آندزیت بازالتی و بازالت را به خود اختصاص می دهنـــد (شکل ۵). سنگهای بازالتی بر اساس رده بنــدی (Iopaper & Johnston (1992) مستگهای بازالتی بر اساس رده بنــدی (Instantion (1992) انها alumina basalt و بازالتهای قتیر از Mg و تحول یافته هستند. قرار می گیرند و اغلب جزو بازالتهای فقیر از Mg و تحول یافته هستند. سنگهای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه در نمودار مجموع قلیایی – سیلیس واقع می شوند (شکل ۶). محدودهای که سنگها در آن واقع شدهاند توسط (transitional) ماگمایی نیمه قلیایی به قلیایی در نظر گرفته شده است. سریهای ماگمایی نیمه قلیایی به قلیایی در نظر گرفته شده است.

روند تغییرات مقادیر عناصر اصلی و فرعی در برابر SiO<sub>2</sub>، الگوی عادی تفریق و توالی عمومی تبلور کانیها در هنگام تفریق یک مذاب سیلیکاتی

در فشارهای کم را نشان میدهد (شکل ۷). Wb، Th ،Nb ، U و تاحدودی Ba با افزایش مقدار SiO<sub>2</sub> در توالی سنگی، روندهای افزایشی نشان میدهند. سیر کاهشی Sr مانند Ca از سنگهای بازی به اسیدی با تبلور پلاژیو کلاز و پیروکسن منطبق است.

اختلاف در عناصر فرعی سنگهای مختلف موجود در منطقه ممکن است بستگی به اختلافاتی داشته باشد که از منشأ به ارث بردهاند. همچنین تغییراتHf در برابر Zr سیر پیوستهای دارد (شکل ۸) که نمایانگر سیر تحول ماگمایی یکسان برای انواع گدازههای بازالتی و تراکیآندزیتی موجود در منطقه است. نسبتLa/Sm در برابر La و مسیر همبستگی موازی نمونهها با محور تغییرات La بیانگر تبلور تفریقی ماگما است (Allegre & Minster,1978)

شکل ۱۰ نشان میدهـد که سنگهـای بازالتی موجود در منطقه در مقایسه با دیگر سنگها دارای نسبتهای بالاتری از La/Th هستند. مقدار Th در طی فرایندهای دگرسانی و یا دگرگونی یایدار است (Rolland et al., 2000). بیشتر نمونههای بازالتی از منشأ MORB به دور هستند. سنگهای تراکی آندزیتی و سیس ریولیتها به تدریج از بازالتها فاصله گرفته و دارای نسبتهای بالاتری از Th/Co بوده و بنابراین از عنصر Th نسبت به MORB غنی شدهاند. در ضمن نسبت Th/Co در ریولیتها نزدیکی زیادی با نسبتهای پوسته نشان میدهد. با توجه به این نمودار، آلایش پوستهای سنگهای ریولیتی و تفکیک در اعضای تفریق یافته سنگهای بازی، حدواسط و اسیدی برای توده جنوب کهریزک قابل انتظار است. بهطور کلی تمام نمونه سنگهای منطقه از LREE نسبت به کندریت غنی شدهاند، در حالی که از HREE غنی شدگی کمتری نشان میدهند. REEs در تراکی آندزیتها و ریولیتها غنیشدگی بیشتری نسبت به بازالتها و تراکی آندزیت بازالتی دارند (شکل ۱۱). این عناصر در هنگام تبلور تفکیکی در مایع باقی مانده و در مراحل پسین به طور محدود جانشین عناصر LIL (یونهای بزرگ سنگ دوست) شده (Krauskopf & Bird, 1995) و در پایان غلظت آنها در سنگهای ریولیتی و تراکیآندزیتی میتواند افزایش یابد. وجود بیهنجاری کاهشی Eu در ريوليتها و تراكى آندزيتهاى موجود در منطقه در صورتى توجيه مىشود كه محصول تفکیک از ماگمای مادر مشترک با بازالتها باشند. همچنین نسبت (La/Yb) محدودهای بین ۷ تا ۸ برای سنگهای ریولیتی و تراکی آندزیتی و بین ۵ تا ۶ برای بازالتها و تراکی آندزیت بازالتی دارد. این امر نشاندهنده تشکیل ریولیتها و تراکیآندزیتها در مراحل پایانی و تکامل یافتهتر تفریق بلورى است. غلظت بالاي LREE مي تواند بهدليل درجات كم ذوب بخشي منشأ و یا یک منشأ غنی شده از آنها نیز در نظر گرفته شود. در شکل۱۱

همان طور که مشاهده می شود، گدازه های تراکی آندزیتی و ریولیتی روندی مشابه پوسته بالایی همراه با بی هنجاری منفی در Eu وغنی شدگی بیشتر از HREE و گدازه های بازالتی و تراکی آندزیت بازالتی روندی مشابه پوسته قاره ای دارند. از طرفی با توجه به میزان ٪۷ > Mgo ، ۱۴٪ > Cr و ۱۵٪ > Ni در گدازه ها چنین استنباط می شود که سنگهای منطقه از یک ماگمای تحول یافته حاصل شده اند. این نتیجه گیری با نگاهی به شکل ۱۳ قطعیت بیشتری پیدا می کند.

در تمام نمونهها کمترین غنی شدگی مربوط به ۷، ۷۵ yv و Dy است که روند یکسانی را نشان میدهند. همچنین در همگی بیهنجاری افزایشی Cs، U، K، Pb، Sm و بی هنجاری کاهشی در Nb و Ti مشاهده می شود. بین این دو گروه سنگی (شکل ۱۲) تفاوتهایی نیز وجود دارد، به طوری که ناساز گارترین عناصر، تقریباً در مذاب اولیه وارد شده و سیس با افزایش درجه ذوب بخشی، از مقدار آن در مایع مذاب کاسته شده است. رفتار متفاوت گروههای مختلف عناصر فرعی(شکل ۱۲) به صورت غنی شدگی در عناصر LIL شامل K، Pb، Cs (غنی شدگیBa>Rb برای سنگهای گروه اول و Rb>Ba برای سنگهای گروه دوم) و LREE در روند کلی به نسبت HREE و عناصر HFS به همراه بی هنجاری کاهشی آشکار، برای Nb و Ti همگی با توجه به تحرک عناصر قابل توضیح میباشد. فرورفتگیهای Nb، Ta و Ti در روند کلی سنگها مشخصه سنگهای کمان ماگمایی است (Gioncada et al., 2003). همچنین به تعبیر دیگر، غنی شدگی از LILE همراه با تهی شدگی از Nb، Ta و Ti می تواند مربوط به ناهمگنی منشأ گوشته سنگ کرهای غنی شده بهوسیله فرایند فرورانش باشد (Dostal et al., 2001). با وجود اين، شواهد ژئوشيميايي در مدل فرورانش مانند بی هنجاری Nb و Ta، در بعضی از جایگاههای مناطق پس از برخورد (Postcollisional) به جای آن که نشاندهندهٔ منشأ واقعی خود باشند، شواهدی از آغشتگی با گوشتهٔ سنگ کرمای در آنها دیده می شود .(Juteau & Maury,1997)

به اعتقاد(Rollinson (1993) بی هنجاری منفی Nb شاخص سنگهای قارهای و ممکن است نشاندهنده شرکت پوسته در فرایندهای ماگمایی باشد. در شکل ۱۲ دوگروه سنگی، بازالتها و تراکی آندزیت بازالتی، ریولیتها و تراکی آندزیتهای جنوب کهریزک با سنگهای آتشفشانی کرتاسه تا سنوزوییک جنوب کره و ژاپن و همچنین سنگهای آتشفشانی ائوسن حوضه Buck Creek (کانادا) مقایسه شده است.

در شکل ۱۳، نشانه های شیمیایی مانند نسبتهای بالای LILE/REE و LILE/HFSE ماگماهای کمان را از دیگر محیطهای زمین ساختی

متمایز میکند. سنگهای بازالتی و تراکی آندزیت بازالتی منطقه نسبت به منشأ MORB غنی شده تر هستند (روندی مشابه با منشأ کمان داشته) و غنی شـدگی زون فـرورانش (SZE) و ذوب بخـــشی حاصـل از گوشـته (PM) را نشان می دهند. با توجه به اینکه LILE نسبت به HFSE و HREE قابل حل در سیال هستند، این مطلب تأیید می شود که ترکیبهای عناصر فرعی ماگماهای کمان، نشان دهنده مذابهایی می باشند که در یک گوشته متشکل از منشأ MORB به اضافه سیالات غنی از LILE تشکیل شدهاند. دخالت آب به عنوان عامل متاسوماتیسم، ساده ترین توضیحی است که با ویژگیهای معمول ماگماهای مناطق «فرورانش/برخورد» تطبیق می کند (Juteau & Maury, 1997).

با استفاده از عناصر اصلی و فرعی در نمودارهای متمایز کننده جایگاههای زمین ساختی، محیط زمین ساختی در منطقه بررسی شده است و بر این اساس بیشتر نمونه های جنوب کهریز ک در محدوده بازالتهای درون قارهای و کمان ماگهایی قرار می گیرند (شکل ۱۴).

در شکل ۱۵ عناصر کمیاب Ta و Th نسبت به Yb سنجیده می شود تا تغییرات شیمیایی ناحیه منشأ شامل غنی شدگی، آلایش پوسته ای و تفریق بلوری مشخص شود. تغییرات نسبت Th/Yb و Th/Yb منعکس کننده تغییرات منشأ است. همچنین ناهمگنی منشأ Ta و Th را به طور مساوی تحت تأثیر قرار داده و بنابراین ترکیب گوشته نسبت به گوشته اولیه در طول یک شیب واحد به سمت نسبته ای بالاتر یا پایین تر Th/Yb و Th/Yb حرکت خواهد کرد (Rolland et al., 2000; Rollinson, 1993).

سنگهای جنوب کهریزک در این نمودار عمدتاً در محـــدوده کلسیمی-قلیایی و شوشونیتی و غنی از Th و تقریباً تهی شده از Ta قرار گرفته اند و با منشأ گوشته ای غنی شده تطابق دارد. غنی شدگی Th حاصل فازهای سیال مرتبط با فرورانش است (Wilson, 1989) (مؤلفه W در شکل ۱۵). همچنین روندی مشابه CF,s که گویای تفریق بلوری پس از غنی شدگی است، برای سنگهای (بازالتی و تراکی آندزیت) منطقه ملاحظه می شود. در شکل ۱۶ سنگهای آتشفشانی ائوسن حوضه Buck Creek کانادا رسم شده است (Hawkesworth et al., 1993).

مقدار عناصر فرعی این سنگها در شکل ۱۱- الف مشخص شده است. سنگهای آتشفشانی حوضه Buck Creek و گدازههای منطقه مورد مطالعه در محدودهای به دور از کمانهای ماگمایی قرارمی گیرند (سنگهای آتشفشانی کلسیمی- قلیایی پتاسیم بالای Buck Creek در جایگاه کششی NV,K درون کمان تشکیل شدهاند (Dostal et al., 2001).

بهار ۸۷ ، سال هفدهم، شماره ۶۷ 🗧 🔾

#### بحث و نتیجه گیری

مجموعه ویژگیهای سنگنگاری و زمین شیمیایی که به آن اشاره شد، حاصل رویدادهایی مختلف از هنگام تشکیل ماگما، تا صعود و سیس فوران در سطح زمین و تغییرات بعد از آن است که مجموعاً سبب پیچیدگیهایی در فرایند تکوین این سنگها شده است. از نظر ترکیب شیمیایی، سنگهای تراکیآندزیتی در زمره سنگهای پتاسیم به نسبت بالا قرار گرفته و در نمودارهای تغییرات در منطقهای قرار میگیرند که عضو انتهایی بازی و ريوليتي در دو سمت خود دارند همچنين در اصل شواهد آميختگي ماگمايي را در مطالعات میکروسکوپی نشان میدهند. بنابراین باتوجه به روند عناصر اصلي و کمياب به اضافه شواهد سنگنگاري، سنگهاي تراکي آندزيتي پتاسيم بالا ممکن است طی فرایند تبلور تفکیکی از ماگمای هیبرید حاصل شده باشند (Gioncada et al., 2003). همچنين سنگهاي آتشفشاني جنوب کهريزک به طور عمده نيمه قليايي بوده و در يک محدوده انتقالي از كلسيمي-قليايي به قليايي قرار مي گيرند. به اعتقاد(Wilson (1989) سنگهايي اين چنين ممکن است در یک رژیم کششی مشابه حوضههای پشت کمان تشکیل شده باشند. از نظر بررسیهای عناصر کمیاب گدازههای جنوب کهریزک به شدت از LREE غنی شدهاند، الگوی HREE در آنها مسطح میباشد، غنی شدگی بیشتر از عناصر کمیاب در گدازههای اسیدی تا حدواسط نسبت به گدازههای بازی، و بی هنجاری کاهشی Eu تنها برای ریولیتها و تراکی آندزیتها ملاحظه می شود. این موارد به گمان بیانگر تفریق یافتن سنگهای ریولیتی از یک ماگمای والد مشترک با بازالتها است. مقادیر کم V، Sr، P، Ti به همراه بی هنجاری Eu می تواند بیانگر تفکیک فازهای کانیهای اصلی مشاهده شده در نمونهها، برای تولید ماگمای ریولیتی باشد (Gioncada et al., 2003). به هرحال، مقادیر بعضی عناصر اصلی، غنی شدگی از LILE و LREE به نسبت HREE و HFSE به همراه غنی شدگی کمتر Ta-Nb، رابطه نزدیکی با سنگهای مرتبط با کمان دارد(Stolz et al.,1996) و این مدل توزیع عناصر، به اعتقاد (2001) Dostal et al. مشخصه سنگهای مرتبط با فرورانش و یا سنگهایی که با پوسته بالایی آلایش یافتهاند، میباشد. غنی شدگی بیشتر عناصر کمیاب ناساز گار در سنگ های ریولیتی و تراکیتی می تواند انعکاسی از اثرات مشتق شدن از منشأ گوشته غنی شده و آلایش پوستهای بهطور توأم باشد (Wilson, 1989). در این بین، تفریق بلوری و غنی شدگی ناشی از یک فاز سیال نیز نقش ایفا کردهاند. از آنجا که محتوی MgO در سنگهای ریولیتی و تراکیآندزیت بازالتی بسیار پایین ٪۲/۶> است، به اضافه بی هنجاری کاهشی Ti (٪/۹۰–۲۰/۹) و میزان کم P (تنها برای ریولیتها)، و تمام موارد ذکر گردیده در قبل، می توان چنین

استنباط کرد که به احتمال گدازههای اسیدی از گدازههای بازالتی مشتق شدهاند. این فکر با مشاهده شدن نهشته های آذر آواری (ایگنیمبریتها و توفها) در زیر گدازهها تقویت می شود. شواهد به دست آمده برای ماهیت آبدار ماگماتیسم توده آتشفشانی نظیر طبیعت انفجاری آتشفشانیها اعم از وجود نهشتههای آذر آواری، وجود درشت بلورهای آمفیبول در برخی از گدازهها، سیالات گرمابی که به شدت سنگهای منطقه را تحت تأثیر قرار دادهاند و عدد منیزیم پایین در سنگهای منطقه است. توالی کانیهای زئولیتی و ثانویه موجود در حفرهها و رگههای این سنگها نیز می تواند گویای فراوانی عناصر قلیایی (K,Na) و کلسیم در ماگمای مادر که این سیالات احتمالاً از آن مشتق شدهاند، باشد. از آنجا که آندزیتها و داسیتها در کمانهای بیشتر بالغ و روی حاشیه قارهای غالباند، وجود نهشتههای ایگنیمبریتی با ترکیب ريوليتي و ريوداسيتي در منطقه مي تواند نشانـــــگر يک کمان بالغ باشــد (Wilson,1989). به نظر Pichavant (1993) آندزیتها در کمانهای واقع بر بوسته قارهای زیادترند و ریولیتهای ایگنیمبریتی فقط در کمانهایی دیده می شوند که روی پوسته قارهای قرارداشته و در اغلب موارد، از ذوب بخشی همین پوسته بوجود می آیند. بربریان و یاسینی (۱۳۶۲) زایش حوضهٔ رسوبی سازند قم در قسمتی از ایران مرکزی را ناشی از فرورانش پوسته اقیانوس نوتتیس به زیر لبهٔ قاردای فعال جنوب خاور ایران مرکزی در الیگو- میوسن میدانند که سبب تشکیل حوضههای گسترش پشت کمانی در مرکز و شمال ایران مرکزی (رژیم زمین ساختی کششی محلی) همزمان با رژیم زمین ساختى كلى فشارشى، شده است.

Hassanzadeh et al. (2003) معتقدند ارومیه – نائین و قلمروی آتشفشانیهای مثلثی از نظر منشأ به هم مرتبطاند و اساساً یک کمان پالئوسن – ائوسن میانی را تشکیل میدادهاند که روی سمت شمالی زون فرورانــش تحت اوراسیا تشکیل شـــدهاند. کمان اولیه (protoarc) البرز – ارومیه- نائین بعداً دستخوش کشش داخل و پشت کمان شده است. بنابراین توده آتشفشانی قلیایی- نیمه قلیایی جنوب کهریز ک نیز که در شمالی ترین قسمت ایران مرکزی واقع شده تحت تأثیر فرایندهای اخیر شکل گرفته است. از مقایسه گدازهای جنوب کهریزک با سنگهای آتشفشانی کر و سه تا سنوزوییک جنوب کره و ژاپن و سنگهای آتشفشانی ائوسن حوضه تراکی آندزیت بازالتی جنوب کهریز ک در محدودهای بین دو رژیم فشارشی و کششی از لحاظ تمرکز عناصر فرعی قرار داشته و با نمونههای مربوط به یک رژیم کششی در سنگهای مرتبط با کمان در جنوب کره، تطابق بیشتری دارند.

یهار ۸۷ سال هفدهم، شماره ۶۷ یهار ۲۱۴ WW.SID.ir

کرتاسه میانی ناحیه شمال Ladakh (شمالباختر هیمالیا) است که جایگاه زمینساختی آن را به ناحیه پشت کمان نسبت دادهاند. در نهایت سنگهای آتشفشانی جنوب کهریزک از لحاظ مشخصات سنگشناختی و زمینشیمی مشخصات یک جایگاه زمینساختی پشت کمان را نشان میدهند.

## سپاسگزاری

نویسندگان تشکر خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر تأمین هزینه ها از اعتبارات طرح تحقیقاتی به شماره ۱۰۲/ک/۵۰/ و بخش دیگر، از اعتبارات طرح بین دانشگاهی، اعلام می دارند. همچنین از همکاران گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران که امکان انجام این پژوهش را فراهم کردند، صمیمانه قدردانی می شود.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی عناصر اصلی (درصد) و فرعی (ppm) گدازه های جنوب کهریز ک، درصد عناصر بر اساس دستورالعمل (Le Bas et al. (1986) پس از محاسبات لازم برای مواد فرار و روش (Le Maitre (1976 برای آهن کل نوشته شده است. آزمایش و تجزیه نمونه ها در آزمایشگاه ACME انجام گرفته است.

Sample	Basalte									Basaltie trachy andesite	Trachyandesite		Rhyolite	
~	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	49.61	50.1	50.68	50.54	50.54	50.95	48.0	50.2	49.5	51.25	57.03	58.65	70	72.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.83	17.29	19.49	21	18.47	21.28	17.11	17.81	19.23	21.43	16.39	18.43	14.84	14.18
к20	1.34	1.33	1.64	1.22	1.18	1.48	1.75	1.55	1.36	1.4	3.07	3.41	8.07	3.52
Na <sub>2</sub> O	2.87	2.58	3.08	2.58	2.89	3.01	2.85	3.01	2.88	4.63	3.54	4.71	1.85	3.75
CaO	10.82	9.72	9.18	10.77	10.23	9.72	8.06	9.54	10.23	7.55	6.17	4.65	0.34	2.36
MgO	3.99	6.73	3.84	4.14	4.62	4.03	6.79	4.49	4.21	4.28	2.6	2.27	0.09	0.63
MnO	0.14	0.15	0.14	0.13	0.15	0.16	0.23	0.14	0.14	0.09	0.1	0.07	0.13	0.05
FeO	6.25	6.77	6.32	5.35	6.62	5.66	7.18	7.15	6.81	4.79	4.81	3.08	2.27	1.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.69	3.92	3.99	3.08	3.91	2.36	4.27	4.4	4.02	3.45	4.01	3.23	1.43	1.32
TiO <sub>2</sub>	1.13	1.06	1.28	0.92	1.13	1	2.13	1.33	1.23	0.88	1.44	0.9	0.78	0.39
P205	0.3	0.33	0.36	0.26	0.34	0.29	0,98	0.36	0.35	0.25	0.82	0.59	0.15	0.09
Total	99.99	99.98	100	99.99	99.96	99.94	99.94	99.98	99.96	99.98	99.98	99.99	99.95	100
U	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5	0.7	0.6	0.8	1.6	2.4	4	4.8
Th	2.6	2	2.7	2.6	2.4	2.5	1.7	2	1.9	2.5	5.4	8.5	15	12.8
Та	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	1.8	0.5	0.5	0.3	0.9	1.1	1.4	1.0
Sr	641.8	603	621	667.6	659.6	713.3	827.9	624.6	689.8	1206.3	586.6	559.4	77.8	406.5
Sn	1	<1	1	1	<1	1	1	<1	<1	<1	1	2	<1	2
Rb	30.3	26.4	29.3	-24.6	21.9	30.9	19.1	29.9	30.2	22.6	78.3	89.5	194.4	142.8
Nb	6.9	5.5	6.9	6	6.6	6.4	31.5	7.2	7.7	5.7	15.9	15.2	19	11.9
Hf	2.2	1.9	2.1	1.7	2.6	2.3	3.5	2.3	2.4	1.7	5.0	5.5	8.1	5.4
Ga	18.9	18.2	18.6	18	19.8	20.2	19	19.6	20.2	15.6	23	21.1	15.1	14
Cs	0.5	1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.8	0.7	0.3	0.8	1	1.8	1.2	48
Lu	0.29	0.28	0.32	0.26	0.32	0.23	0.32	0.35	0.34	0.23	0.54	0.59	0.62	0.4
Со	35.5	48.1	34.3	36.8	43.2	35.9	36.1	43.3	43.2	26.2	20	27.3	22.5	17.9
Но	0.72	0.74	0.77	0.63	0.77	0.64	0.92	0.84	0.78	0.57	1.07	1.36	1.24	0.66
Er	1.98	2.06	2.34	1.73	2.21	1.88	2.64	2.47	2.34	1.6	3.3	3.94	3.69	2.02
Tm	0.34	0.3	0.3	0.23	0.31	0.27	0.34	3.37	0.32	0.26	0.48	0.6	0.57	0.33
Yb	1.99	1.92	2.18	1.62	2.15	1.76	2.31	2.49	2.34	1.66	3.25	3.83	4.05	2.37
Be	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Tb	0.65	0.68	0.71	0.54	0.61	0.53	0.98	0.75	0.69	0.5	0.94	1.36	0.98	0.6
Gd	4.16	4.16	4.64	3.39	4.43	3.67	6.38	4.67	4.5	3.01	6.67	8.55	5.94	3.37
Eu	1.36	1.32	1.54	1.18	1.33	1.3	2.27	1.55	1.54	1.04	1.99	2.25	1.37	0.74
Sm	4.1	4.5	4.4	3.5	4.1	4.2	7.3	5	4.7	3.2	7.5	8.7	6.9	3.7
Nd	17.1	16.8	18.9	14	17.9	16.7	36.3	20.5	19.8	14.2	35.1	39.4	31.9	19.4
Pr	3.9	3.92	4.46	3.49	4.32	3.95	8.59	4.6	4.5	3.18	8.82	9.36	8.46	5.23
Ce	31.8	32.4	36.1	29.8	36.2	32.4	73.1	36.6	36	28	77.5	81.2	76.9	50.8
La	15	15.7	16.7	14.1	16.7	15	32.8	17.4	16.7	13.4	37.3	37.8	35.1	26.9
Y	20.4	21.2	22.6	17.1	22.4	19	26.5	25.1	22.8	15.9	32.6	41.3	36.4	26.7
Zr	75.8	70.3	80.5	67.4	87.3	73.1	142	91.7	85.3	63.8	198.8	197.3	251.6	191.3
W	95.9	86.3	110.8	125.9	87.7	83.2	41	102.3	124.6	44.7	71.4	65.2	166	131
Ba	311.2	382	351	295.9	337.7	356.9	474.2	365	320.2	284.1	787.7	694.4	675.1	697.9
Dy	3.71	3.84	4	2.97	4.09	3.29	5.08	4.65	4.2	2.82	5.57	7.37	5.99	3.27
V	256	264	278	254	284	274	212	314	307	163	64	181	19	29

TID 00

زمین شیمی و سنگز ایی مجموعهٔ آتشفشانی قلیایی-نیمه قلیایی شمال ...



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و برخی تودههای پیرامون آن را نشان میدهد. ساده شده از نقشه زمین ساختی ۱:۲۵۰۰۰۰ شمال ایران مرکزی شرکت ملی نفت ایران، بیرونزدگیهای آتشفشانی و آذرآواری (ائوسن) به ترتیب از ۱ تا ۳ شامل کوههای اراده (منطقه مورد مطالعه)، دوازدهامام و سیاه کوه.



شكل ۲- بافت اوتاكسیتی در ایگنیمبریت (نور پلاریزه، بزرگنمایی ۴). شكل ۴- الف وب) بافت غربالی پلاژیوكلاز در تراكی آندزیتها (نور پلاریزه، بزرگنمایی ۱۰). ۴- ج) بافت غربالی كلینوپیروكسن در تراكی آندزیت بازالتی، در حاشیهٔ این كانی زونبندی مشاهده می شود (نور پلاریزه، بزرگنمایی ۲/۵). ۴- د) نمایش حاشیه واكنشی در كلینوپیروكسن یك بازالت (نور پلاریزه، بزرگنمایی ۴).

> ۲۱۶ کاری کو بیار ۸۷ ، سال هفدهم، شماره ۶۷ www.SID.ir



شکل۷- نمودارهای هار کر، علائم به کار رفته مشابه شکل۶ میباشد.





شکل ۱۱- مقایسه فراوانی عناصر خاکی کمیاب سنگهای آتشفشانی جنوب کهریزک که نسبت به کندریت بهنجار شدهاند (Sun & McDonough,1989) با پوسته قارهای (خط نازکتر) و پوسته بالایی (خط ضخیمتر) (Rollinson, 1993) مقایسه شدهاند (علائم مانند شکل شماره ۹).

بهار ۸۷ ، سال هفدهم، شماره ۶۷ . ۱۸ . WWW.SID.ir



شکل ۱۲- الف) سنگهای بازالتی و تراکی آندزیت بازالتی توده آتشفشانی جنوب کهریز ک را با سنگهای آتشفشانی ائوسن حــوضه کششی داخل کمان Buck Creek کانادا (Dostal et al., 2001) مقایسه می کند. شکل ۱۲-ب) سنگهای منطقه با بازالتهای حوضه پشت کمان (خط چین) و تولئیتهای کافت قارهای (خط پیوسته) میوسن در حوضه یاماتوی ژاپن (Poucletetal., 1994) مقایسه شدهاند. گستر ش حوضه پشت کمان در منطقه مزبور از مراحل کافتش پیروی می کند. در شکل ۱۲-ج) مقایسهای با سنگهای آتشفشانی کرتاسه تا سنوزوییک جنوب کره (خط پیوسته حوضه درون کمانی بالغ و خط چین رژیم کششی) (Poucletetal., 1994) صورت گرفته است.



www.SID.ir



شکل۱۳- مدل شماتیکی برای تفکیک مشخصات عناصر کمیاب کمان ماگمایی از منشأ MORB (MacDonald et al., 2000). سنگهای بازالتی و تراکی آندزیت بازالتی با محدوده خاکستری مشخص شده است. غنی شدگی زون فرورانش (Sze) به عناصر سیال قابل حل با منشأ MORB اضافه شده، به طوری که بوسیله پیکان نشان داده شده است. منشأ غنی شده سپس به طور بخشی ذوب شده (Pm) تا یک تولئیت جزایر کمانی اولیه را تولید کند.



شكل۱۴- الف) نمودار متمايز كننده Ti-Zr-Y (Pearce & Cann, 1973).

A. محدوده تولئیتهای جزایر کمـــــانی، C بازالتهــای کلسیمی- قلیایی، D بازالتهای درون صفحـــه ای و B محدوده MORB، تولئیتهای
A. محدوده تولئیتهای جزایر کمانی و بازالتهای کلسیمی- قلیایی است. ب) نمودار لگاریتمی Ti - Zr که محدوده بازالتهای کمان آتشفشانی(VAB)
جزایر کمانی و بازالتهای کلسیمی- قلیایی است. ب) نمودار لگاریتمی Ti - Zr که محدوده بازالتهای کمان آتشفشانی(VAB)
هر بازالتهای کرمانی و بازالتهای کلسیمی- قلیایی است. ب) نمودار لگاریتمی Ti - Zr که محدوده بازالتهای کمان آتشفشانی(VAB)
هر بازالتهای درون مفحه ای (WPB) را نشان می دهد (Pearce, 1983). ج) نمودار <sub>2</sub>O<sub>3</sub> محدوده بازالتهای درون مفحه ای (WPB)
هر بازالتهای پشته های میان اقیانوسی؛ Ocean Island، بازالتهای جزایر اقیانوسی؛ Con بازالتهای قاره ای؛ S.C.I بازالتهای قاره ای؛ S.C.I بازالتهای قاره ای؛ ایت می دود که محدوده بازالتهای می دود کر گستر ش؛

بار ۲۲۰ کی کی کی جانب ۲۲۰ میل مفدهم، شماره ۶۷



شکل ۱۵- نمودار Th/Yb - Ta/Yb، تقسیمبندی جزئی تر در محدوده بازالتهای کمان آتشفشانی به انواع تولئیتی، کلسیمی-قلیایی و شوشونیتی، در این نمودار صورت گرفته است. W، غنی شدگی از یک فاز سیال؛ CC، آلایش پوسته ای؛ CF، تفریق بلوری؛ s، غنی شدگی که به منشأ مربوط می شود. در این شکل مقایسه ای بین سنگهای جنوب کهریزک با کمان ونواتو و حوضه شمال فیجی (Peate et al., 1997) و کمان ماریانا (Rolland et al., 2000) صورت گرفته است (Rolland et al., 2000).



شکل۱۶- نمودار تغییرات Ce - Yb. قلمروی سنگهای آتشفشانی حوضه Buck Creek در کانادا (Hawkesworth et al., 1993) و همچنین قلمروی کمانهای اقیانوسی (Aleutians, Marianas, Tongo-Kermadec) جزایر کمانی (Philippines) و کمان قارهای

(Andes – Central Volcanic Zon) در شکل مشخص شده است (Dostal et al., 2001). سنگهای آتشفشانی جنوب کهریز ک در محدودهای به دور از کمان قارهای قرار گرفتهاند (علائم مانند شکل شماره ۹).



#### کتابنگاری

- بربریان، م. و یاسینی ۱۳۶۲- گوناگونی و گسترش رخسارهای و خطهای کلی پارینه جغرافیایی نئوژن در ایران زمین. در:مر، ف. و مدبری، س. ( ۱۳۸۰) زمین ساخت صفحهای و فرایندهای زمینشناختی. ۴۴۶ انتشارات کوشامهر
- بنی طباء بیدگلی، ع. ۱۳۶۸۰- مطالعه پتروگرافی و پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه آتشفشانی منطقه سیاه کوه (شمال شرق دریاچه نمک)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
  - حسینی، م. ،۱۳۶۷- پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه آتشفشانی منطقه دوازده امام (شمال دریاچه نمک)، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- رضوی، م. ح. ۱۳۵۳- بررسی کانسار منگنز محمد آباد و سنگهای اطراف آن (جنوب تهران منطقه حسن آباد)، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دانشگاه تهران.

روان بد، ب. ۱۳۶۴- مطالعه متالوژنی کانسار منگنز رباط کریم از دیدگاه ژئوشیمیایی، رساله کارشناسی، دانشگاه تهران. طوطی، ف.، و بازرگانی گیلانی، ک.، و یزدانی، س.، ۱۳۸۳- سنگشناسی توده آتشفشانی زئولیتدار جنوب کهریز ک (جنوب تهران) با نگرشی به منشأ آنالسیم، خلاصه مقالات بیست و سومین گردهمایی علوم زمین.

#### References

- Alison, M. Raos. & Crawford, A. J., 2004 Basalts from the Efate Island Group, central section of the Vanuatu arc, SW Pacific: geochemistry and petrogenesis. J. Vocanol. Geotherm. Res., 134: 35-36.
- Allegre, C. & Minster, J. F., 1978- Quantitative models of trace element behavioure in magmatic processes. Earth Plaet. Sci. lett. 38: 1-25.
- Bazargani-Guilani, K. & Rabbani, M. S., 2004 Amigdaloidal and other cavity filling Zeolites of Kuh-e-Aradeh, Central Iran. Journal of Scinces, Islamic Republic of Iran., 152:149-157.
- Berberian, M., 1983- The southern Caspian: A compressional depression ftoored by a trapped, modified oceanic crust. Canada Journal of Earth Science. 20: 163-183.
- Dostal, J., Church, B. N., Reynolds, P. H. & Hopkinson, L., 2001- Eocene volcanism in the Buck Creek basin, central British Columbia (Canada): transition from arc to extensional volcanicm. J. Vocanol. Geotherm. Res., 107: 149-170.
- Draper, D. S. & Johnston, A. D., 1992- Anhydrous PT phase relations of an Aleutian high-MgO basalt: an investigation of the role of olivine-liquid reaction in the generation of arc high-alumina basalts. In: Macdonald, R., Hawakesworth, C. J. and Heath, E., 2000-The Lesser Antilles volcanic chain: a stady in arc magmatism. Earth-Science Reviews, 49: 1-76.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W., Bourdon, B., 1997- Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc. J. Geophys. Res. 102:14991-15019.
- Gioncada, A., Mazzuoli, R., Bisson, M. & Pareschi, M. T., 2003- Petrology of volcanic products younger than 42 ka on the Lipari-Vulcano complex (Aeolian Islands, Italy): an example of volcanism controlled by tectonics. J. Vocanol. Geotherm. Res., 122:191-220.
- Hassanzadeh, J., Guest, B. & Ghaszi, A. M., 2003- Tertiary magmatic arcs of Iran: a new interpretation. Submitted to Geology Society of America monthly Journal.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M. & McDermott, F., 1993a- Mantle and slab contributions in arc magma. Geology. 17: 46-49.
- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth. Sci., 8: 523-548.
- Juteau, T. & Maury, R., 1997- Geologie de la Croute Oceanique: Petrologie et Dynamique Endogenes, 569p.
- Krauskopf, K. B. & Bird, D. K., 1995- Introduction to geochemistry. Mcgraw-hill, Inc. 647p.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. & Zannetin, B., 1986- A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali- silica diagram, Journal. Petrol., 27: 745-750.
- Le Maitre, R. W., 1976- Some problems of the projection of chemical data in to mineralogical classifications, Contrib.Mineral. Petrol., 56: 181-189.

بهار ۸۷ ، سال هفدهم، شماره ۶۷

# C

- Le Maitre, R. W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lamaeyre LeBas, M. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A. & Zanettin, B., 1989- A classification of rocks and glossary of terms. Blackwell Science, Axford, 193p.
- Macdonald, R., Hawakesworth, C. J. & Heath, E., 2000- The Lesser Antilles volcanic chain: a stady in arc magmatism. Earth-Science Reviews. 49: 1-76.
- Nakagawa, M., Wada, K. & Wood, C. P., 2002- Mixed magmas, mush chambers and eruption triggers; evidence from zoned clinopyroxene phenocrysts in Andesitic scoria from the 1995 eruptions of Ruapehu volcano, New Zealand. Journal of petrology. 43,12: 2279-2303.
- Nelson, T. S. & Montana, A., 1992- Sieve-textured plagioclase in volcanic rocks produced by rapid decompression. American Mineralogy. 77: 1242-1249.
- Pearce, J. A. & Cann, J. R., 1973- Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. Earth Planet. Sci. Lett., 19: 290-300.
- Pearce, J. A., 1983- Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active cintinental margins. In: Rollinson, h. R., 1993- Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. John Wiley and Sons, 325p.
- Peate, D.W., Pearce, J.A., Hawkesworth, C.J., Colly, H., Edwards, C.M.H., Hirose, K., 1997- Geochemical variations in Vanuatu Arc lavas: the role of subducted material and a variable mantle wedge composition. J. Petrol. 10: 1331-1358.
- Pichavant, M., 1993- Anatexie crustale et volcanisme. In: Juteau, T. and Maury, R., 1997- Geologie de la Croute Oceanique: Petrologie et Dynamique Endogenes, 569p.
- Pouclet, A., Lee, J., Vidal, P., Cousens, B. & Bellon, H., 1994 Cretaceous to Cenozoic volcanism in South Korea and in the Sea of Japan: magmatic constraints on the opening of the back-arc basin. In J. L., S., ed., Volcanism associated with extension at consuming plat margins. Geology Society of London. 169-191.
- Rieben, H., 1955- The geology of the Tehran plain. American Journal of Science. 253:617-639.
- Rolland, Y., Pecher, A. & Picard, C., 2000- Middle Cretaceous back-arc formation and arc evolution along the Asian margin: the Shyok Suture Zone in northen Ladakh (NW Himalaya). Tectonophysics. 325: 145-173.
- Rollinson, h. R., 1993- Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. John Wiley and Sons, 325p.
- Sakuyama, M., 1979- evidence of magma mixing: petrological study of Shirouma-Oike calc-alkaline andesite volcano, Japan. J. Vocanol. Geotherm. Res., 5: 179-208.
- Stevenson, R., Henry, P. & Gariepy, C., 1999- Assimilation-fractional crystallization origin of Arcean Saukitoid Suties: Western Superior Province, Canada. Precambrian Res., 96: 83-99.

