

تحولات ماگمایی توده نفوذی گرانودیوریت دیزج (شمال غرب ایران)

*مرضیه رضایی اقدام^۱، قهرمان سهرابی^۲ فاطمه رنجبری گوگجه سلطان^۳

۱- گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳- گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

mrezaeiaghdam@pnu.ac.ir

چکیده

فعالیت‌های ماگمایی در طی سنوزوئیک موجب جایگیری توده‌های نفوذی متعددی در زون البرز غربی - آذربایجان بخصوص در نوار بستان آباد - میانه شده است. در توده نفوذی گرانودیوریت دیزج، تغییرات نسبت عنصرهای ناسازگار با شیب مثبت، نشان دهنده نقش فرایند تبلور بخشی همراه با آرایش ماگمایی (AFC) در پیدایش این سنگ‌هاست. مشاهده صحرایی انکلاوها در این توده نفوذی، حالت زونینگ در بلورهای پلاژیوکلاز می‌تواند گواهی بر رویداد فرایندهای هضم و آرایش و اختلاط ماگمایی در کنار فرایند جدایش بلورین باشد. مقادیر Sm/Yb در نمونه‌ها نیز نشانگر هضم پوسته بالایی در پوسته به نسبت نازک است. همچنین با توجه به غنی‌شدگی از K_2O و نیز نسبت بالای K_2O/Na_2O توسط تفریق بلورین همزمان با فرایند آغشتگی ماگما توسط سنگ‌های پوسته‌ای (AFC) و غنی‌شدگی توسط سیالات طی بالا آمدگی در پوسته به نسبت نازک منطقه، در تکامل ماگمای مافیک مادر نقش مهمی داشته است.

کلیدواژه‌ها: تحولات ماگمایی، گرانودیوریت، دیزج

Magmatic evolution of the Disaj granodiorite intrusive mass (northwest Iran)

*Marzieh Rezaei Aghdam, ²Ghahraman Sohrabi ³Fatimeh Ranjbari Gogeh Sultan

Department of Geology, Faculty of Sciences Payame Noor University, Tehran, Iran

Department of Geology; Mohaghegh Ardabili University; Ardabil

Department of Geology, Faculty of Sciences Payame Noor University, Tehran, Iran

mrezaeiaghdam@pnu.ac.ir

Abstract

Magmatic activities during the Cenozoic have caused the emplacement of numerous intrusive masses in the Western Alborz-Azerbaijan zone, especially in the Bostan Abad-Mianeh belt. In the Disaj granodiorite intrusive mass, changes in the ratio of incompatible elements with a positive slope indicate the role of the partial crystallization process with magmatic contamination (AFC) in the formation of these rocks. Field observation of enclaves in this intrusive mass, the zoning state in plagioclase crystals can be evidence of the occurrence of magmatic digestion, contamination, and mixing processes along with the crystalline segregation process. Sm/Yb values in the samples also indicate the digestion of the upper crust in the relatively thin crust. Also, considering the enrichment of K_2O and the high K_2O/Na_2O ratio by crystalline fractionation simultaneously with the magma impregnation process by crustal rocks (AFC) and enrichment by fluids during uplift in the relatively thin crust of the region, it has played an important role in the evolution of the parent mafic magma.

Keywords: Magmatic evolution, granodiorite, diseq

۱- مقدمه

مطالعات سنگ‌نگاری و شیمی کانی‌ها یکی از بهترین راه‌های شناخت فرآیندهای ماگمایی است که می‌تواند شرایط تبلور و فرایندهای تأثیرگذار بر تبلور کانی‌ها را با دقت بیشتری توضیح دهد (Molina *et al.*, 2009). هدف از این مطالعه استفاده از نتایج شیمی کانی به منظور پی بردن به ترکیب کانی و بررسی تحولات ماگمایی توده گرانودیوریت منطقه دیزج می باشد تا مکمل داده ها و تعبیر و تفسیر های ژئوشیمی و سنگ شناسی این سنگ ها از این دیدگاه باشد.

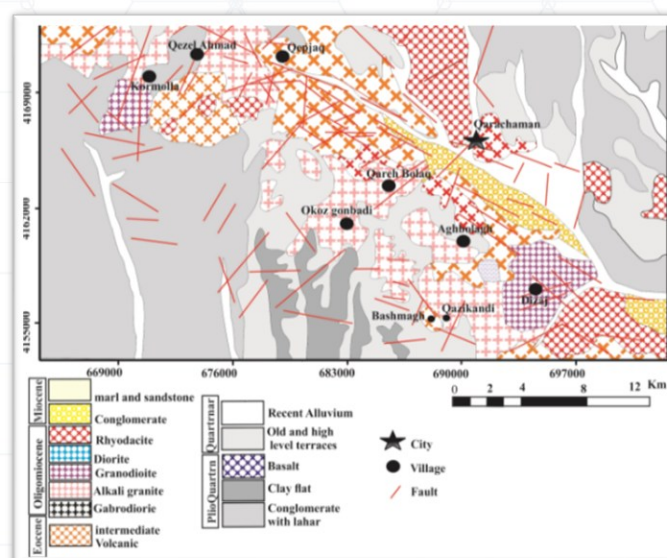
۲- مواد و روش ها

جهت مطالعه توده‌های نفوذی منطقه، در طی بازدید صحرایی، تعداد ۲۱ نمونه از سنگ های سالم انتخاب و جهت آنالیز به روش طیف سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) و طیف سنجی به روش XRF در آزمایشگاه زرآرما مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. نمودارهای مختلف زمین شیمیایی توسط نرم افزار GCDkit و Excel ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفتند.

۳- بحث

زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب کشور و بخشی از زون البرز- آذربایجان می باشد. بر اساس نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد (بهروزی و همکاران، ۱۳۷۵)، هشتروند (امینی آذر و غدیرزاده، ۱۳۷۱) و قره چمن (اسدیان و همکاران، ۱۳۷۳) (شکل ۱)، مهمترین واحدهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل سنگ‌های ولکانیکی ائوسن (حد واسط با ترکیب تراکی آندزیتی تا تراکی بازالتی و اسیدی با ترکیب ریولیتی داسیتی و ایگنمبریتی)، توده‌های نفوذی و گنبد‌های ساب ولکانیکی الیگوسن- میوسن و واحدهای آذرآواری پلیوسن- پلیستوسن مرتبط با آتشفشان سهند می‌باشند. توده‌های گرانیتوئیدی بصورت استوک‌های کوچک تا بزرگ واحدهای ائوسن را قطع نموده و موجب دگرسانی ولکانیک‌های ائوسن شده است. توده‌های نفوذی از نوع گرانودیوریت، بیوتیت گرانیت، مونزوگرانیت، مونزودیوریت در جنوب غربی شیخ بیگلو (جنوب قره چای و کورملا) و دیزج و آلکالی گرانیت ها در روستای قزل احمد رخنمون دارند (شکل ۲-الف).



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ساده شده از منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد (بهروزی و همکاران، ۱۳۷۵) و قره چمن (اسدیان و همکاران، ۱۳۷۳).



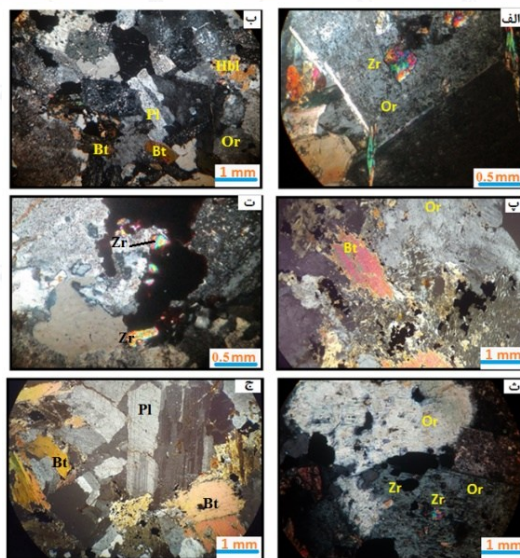
شکل ۲- الف- قطع شدگی گرانودیوریت توسط آلکالی گرانیت در حوالی روستای دیزج (دید به سمت شرق) ب- گرانودیوریت در دیزج

سنگ نگاری

بر اساس مطالعات اولیه ماکروسکوپی و میکروسکوپی تعداد ۲۱ نمونه بدون هوازدگی از توده گرانودیوریتی در حوالی روستای دیزج، کانی‌های اصلی توده گرانودیوریتی شامل بلورهای پلاژیوکلاز، پتاسیم فلدسپار، کوارتز، همچنین بیوتیت و آمفیبول می‌باشد. ترکیب پلاژیوکلازها بر اساس روش میشل-لوی، از نوع الیگوکلاز-آندزین تشخیص داده شد. مطالعه ماکل مضاعف آل بیت-کارلسباد نیز موید نوع آندزین می‌باشد. برخی از پلاژیوکلازها دارای انکلوژیون‌هایی از سوزنهای آپاتیت و بیوتیت و کوارتز می‌باشند که در برخی از پلاژیوکلازها اداخل کوارتز به فراوانی دیده می‌شود. اغلب ریزبلورهای پلاژیوکلاز دچار دگرسانی شده و به اپیدوت تبدیل شده‌اند یا در حال سربستی شدن هستند. پتاسیم فلدسپارها اغلب از نوع ارتوز و اکثراً بصورت ایدیومورفیک و هیپ ایدیومورفیک با فراوانی ۳۰-۲۵ درصد حجمی سنگ می‌باشند که گاهی دچار دگرسانی به کائولینیت شده‌اند. در متن برخی از پتاسیم فلدسپارها زیرکن و اسفن دیده می‌شود (شکل ۳-الف). همچنین هم‌رشدی کوارتزهای کرمی شکل و پلاژیوکلاز، بافت میرمکتی را ایجاد می‌کند (شکل ۳-ب). کوارتز اغلب ریز بلور و گزنومورف با فراوانی ۲۵-۲۰ درصد حجمی سنگ می‌باشد. بیوتیت از دیگر کانیهای اصلی گرانودیوریت، بصورت هیپ ایدیومورفیک و متوسط بلور با فراوانی ۱۵-۱۰ درصد حجمی و قهوه‌ای رنگ با رخ مشخص دیده می‌شوند که اغلب حاوی زیرکن بوده و به کلریت دگرسان شده‌اند. آمفیبول نیز با فراوانی ۱۵-۱۰ درصد از دیگر کانیهای گرانودیوریتها می‌باشد که بصورت هیپ ایدیومورفیک و متوسط بلور و اکثراً کشیده دیده می‌شوند. رخ‌ها بندرت قابل شناسایی است. در مواردی فنوکریست‌های نسبتاً سالم آمفیبول با ترکیب هورنبلاند قابل مشاهده است. بافت گرانولاری بافت غالب بوده که گاهی ریز بلورهایی از کانی‌های پلاژیوکلاز و پتاسیم فلدسپار در فضای بین کانیهای درشت مشاهده می‌شوند. همچنین در خمیره ریزبلورهای آمفیبول جانشین شده توسط ترمولیت و اکتینولیت و بیوتیت جانشین شده با کلریت نیز دیده می‌شوند (شکل ۳-پ). کانیهای فرعی توده گرانودیوریتی شامل ریزبلورهای کانی‌های اوپاک، آپاتیت، زیرکن و اسفن بوده که بصورت پراکنده در متن سنگ و یا بصورت انکلوژیون در داخل کانیهای اصلی (پتاسیم فلدسپار، پلاژیوکلاز و گاهی بیوتیت) دیده می‌شوند (شکل ۳-الف). مقدار زیرکن نسبت به کانیهای آپاتیت و اسفن بیشتر است. زیرکن و اسفن بیشتر در داخل پتاسیم فلدسپارها و بصورت ایدیومورف و ریز دانه دیده می‌شود.

تحولات ماگمایی

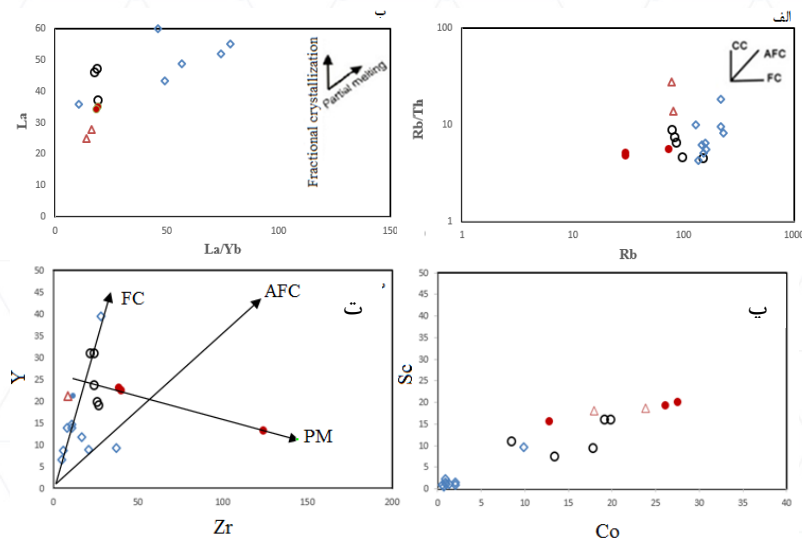
به منظور تعیین فرایندهای موثر بر تبلور جدایشی از نمودار Rb/Th نسبت به Rb از Tchameni et al, (2006) استفاده شد. الگوی خطی با شیب مثبت تغییرات نسبت عنصرهای ناسازگار، نشان دهنده نقش فرایند تبلور بخشی همراه با آلیایش ماگمایی (AFC) در پیدایش این سنگ‌هاست (شکل ۴-الف). در نظام‌های قوسی قاره‌ای، ماگمای گوشته‌ای و یا ماگمای برآمده از مذاب ورقه اقیانوسی در حال فرو رانش اگر توسط سیال‌ها غنی‌سازی شود و یا ترکیب آن در اثر آلیایش پوسته‌ای تغییر کند، می‌تواند سنگ‌هایی با ترکیب دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت ایجاد کند که به مدل ACF معروف است (De Paolo, 1981). مشاهده



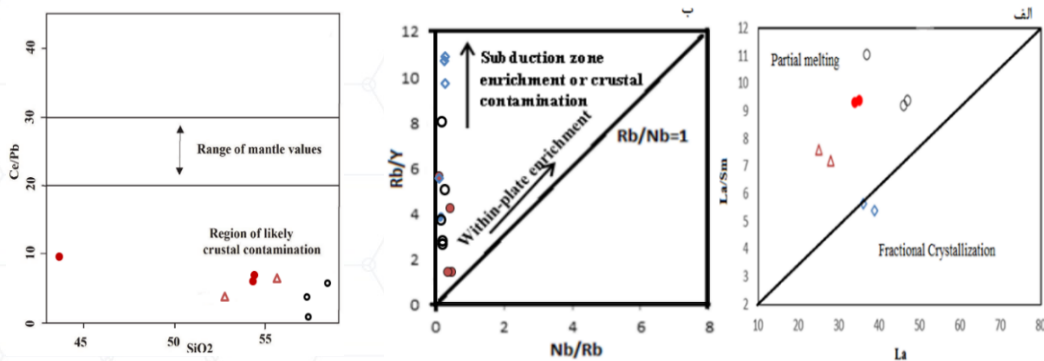
شکل ۳- الف- تشکیل زیرکن و اسفن در داخل پتاسیم فلدسپار در متن گرانودیوریت دیزج ب- کوارتز کرمی شکل داخل پلاژیوکلاز (بافت میرمیکیتی) و بافت گرانولار پ- هم‌رشدی پرتیتی در گرانودیوریت ت- ادخال زیرکن در داخل آلکالی فلدسپار ث- ادخال زیرکن در داخل ارتوز ج- بیوتیت و پلاژیوکلاز (کلیه تصاویر میکروسکوپی در حالت XPL).

صحرائی انکلاوها در سنگ‌های گرانیتوئیدی، حالت زونینگ در بلورهای پلاژیوکلاز و نیز رشد بلورهای پلاژیوکلاز با ترکیب متفاوت در اطراف پلاژیوکلازهای اولیه و بافت غربالی گواهی بر رویداد فرایندهای هضم و آلیش و اختلاط ماگمایی در کنار فرایند جدایش بلورین هستند (Karsli et al., 2007). جای گرفتن نمونه‌های بررسی شده در نمودار La/Yb در برابر La نشان دهنده نقش فرایند جدایش بلورین در پیدایش این سنگ‌های گرانیتوئیدی است (شکل ۴-ب). در نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار و سازگار به نظر Rogers and Rayland (1980) اگر دارای روند خطی و مثبت و از مبدا مختصات بگذرد، در این صورت می‌توان فرایند اصلی مرتبط با تشکیل سنگ‌ها را تبلور تفریقی دانست (شکل ۴-پ). در نمودار Abdollah et al., (1998) و Tchameni et al., (2006) نمونه‌های گرانودیوریت و الکالی گرانیت در محدوده تبلور تفریقی همراه با هضم قرار می‌گیرند (شکل ۴-ت). نمودار La در مقابل La/Sm برگرفته از Chung et al., (2001)، نشان دهنده نقش ذوب بخشی و فرایند جدایش بلورین در تشکیل توده‌های نفوذی منطقه است (شکل ۵-الف). مقدار عدد منیزیم آلکالی گرانیت‌ها که توسط رابطه $Mg \# = MgO / (MgO + FeO)$ محاسبه شده در محدوده ۰/۵۵-۰/۰۹ قرار می‌گیرد که نشانه‌ی نمونه‌های تفریق یافته می‌باشد. نمودار Nb/Rb نسبت به Rb/Y برگرفته از Temel et al., (1998) که برای تشخیص غنی‌شدگی به وسیله سیالات در پهنه فرورانش و آلیش پوسته‌ای استفاده می‌شود، نشان می‌دهد که نمی‌توان اثر آلیش پوسته‌ای و غنی‌شدگی به وسیله سیالات را در تشکیل ماگمای سازنده توده‌های نفوذی منطقه نادیده گرفت (شکل ۵-ب). نمودار Ce/Pb نسبت به SiO₂ برگرفته از Furman, (2007) برای تعیین آلیش پوسته‌ای ماگما، در محدوده مقادیر آلیش یافته با پوسته قرار دارند (شکل ۵-پ). همچنین ناهنجاری منفی Nb و مقدار پایین نسبت Nb/La (<۱/۳) (Kurcuog, 2010) از ویژگی‌های ماگماهای مشتق شده از گوشته آلیش یافته می‌باشند. با توجه به مقادیر این نسبت در نمونه‌های منطقه که کمتر از یک می‌باشد می‌توان گفت سنگ‌های منطقه طبق این گفته تحت تاثیر آلیش پوسته‌ای قرار گرفته‌اند. هرچند که آنومالی منفی Nb می‌تواند تحت عوامل مختلف مانند تفریق و منشا پوسته‌ای هم باشد. همچنین برای تفکیک خاستگاه گوشته‌ای و پوسته‌ای و آلیش پوسته‌ای از نسبت برخی عناصر که نسبت به آلیش پوسته‌ای حساس هستند استفاده شد. نسبت عناصر از قبیل Nb/Ce, Nb/U, Ce/Pb, Nb/La در گوشته به ترتیب ۰/۳۹، ۲۵±۵، ۵۰ و ۱/۰۱ (Sun and McDonough, 1989) و در پوسته ۰/۲۳، ۳/۷، ۴/۴ و ۰/۳۹ است (Weave et al, 1984). میانگین نسبت‌های Nb/La, Nb/U, Ce/Pb, Nb/Ce برای نمونه‌های منطقه مورد بررسی به ترتیب ۰/۳۴، ۹،

۱۰/۴ و ۰/۷۴ است که بیانگر نقش آرایش پوسته ای در تشکیل ماگمای سازنده سنگ های توده‌ای نفوذی منطقه است. مقادیر Sm/Yb در نمونه ها بین ۱/۷۶ تا ۴/۰۲ نیز نشانگر هضم پوسته بالایی در پوسته به نسبت نازک است (Kay et al, 2001). ماهیت غنی از پتاسیم توده های نفوذی از دیگر مسائل قابل توجه است. پتاسیم بالا در ماگماهای کالک آلکالن تشکیل شده در پهنه فرورانش می تواند به دلایل زیر باشد (Avanzinelli et al., 2009). الف- ذوب بخشی گوشته غنی شده ب- آزاد شدن سیالات آبدار حاصل از رسوبات فرورانده به داخل گوشته که واکنش بین سیال یا مذاب با پریدوتیت گوشته یک فلوگوپیت پیروکسنیت تولید میکند که فقیر از الیوین است. ذوب این گوشته هیبرید شده می تواند یک مذاب غنی از پتاسیم را تولید کند پ- مخلوط شدگی ماگما و آلودگی پوسته ای ت- هضم شدگی پوسته تحتانی در پهنه MASH و یا پهنه های داغ. اطلاعات عناصر فرعی و نادر خاکی بدون داشتن ایزوتوپ های رادیوژنیک نمیتواند نقش ناحیه منشا و یا آلودگی پوسته ای را در بالا بودن مقدار پتاسیم ماگما از یکدیگر تفکیک کند. اما میتواند مقداری از این غنی شدگی مربوط به آلودگی پوسته باشد. بطور کلی بالا آمدن ماگما از میان پوسته قاره‌ای ضخیم منجر به آلودگی پوسته ای در اثر هضم شدگی و فرایند تبلور بخشی و افزایش مقدار نسبت Rb/Sr و LILE/HFSE و مقدار K₂O و Th می شود (Esperanca et al., 1992). نمودار Rb نسبت به Sr اقتباس از Xu et al., (2007) برای توده‌های نفوذی منطقه، منحنی‌ها مدل‌های ذوب بخشی و خطوط مستقیم تبلور تفریقی را برای سه Dsr مختلف نشان می دهد. اعداد در امتداد منحنی ها اشاره بر درجه ذوب بخشی و جدایش بلوری در تشکیل توده های نفوذی دارند (شکل ۵-پ).



شکل ۴- شناسایی فرایندهای گوناگون درگیر در پیدایش سنگ‌های گرانیتوئیدی با استفاده از الف- نمودار Tchameni et al., (2006) ب- نمودار Wang et al., (2007) پ- نمودار Rogers and Rayland (1980) ت- نمودار Abdollah et al., (1998) و Tchameni et al., (2006)



شکل ۵- الف- نمودار Chung et al., (2001) ب- نمودار Temel et al., (1998) پ- نمودار Furman, (2007) برای تعیین آرایش پوسته‌ای ماگما

نتیجه گیری

در پیدایش توده نفوذی گرانودیوریت دیزج، فرایند تبلور بخشی همراه با آلیش ماگمایی و فرایندهای هضم و اختلاط ماگمایی در کنار فرایند جدایش بلورین نقش داشته است. مقادیر Sm/Yb در نمونه‌ها نیز نشانگر هضم پوسته بالایی در پوسته به نسبت نازک است. همچنین با توجه به غنی‌شدگی از K_2O و نیز نسبت بالای K_2O/Na_2O توسط تفریق بلورین همزمان با فرایند آغشتگی ماگما توسط سنگ‌های پوسته‌ای (AFC) و غنی‌شدگی توسط سیالات طی بالا آمدگی در پوسته به نسبت نازک منطقه، در تکامل ماگمای مافیک مادر نقش مهمی داشته است.

منابع

- امینی آذر، ر.، غدیرزاده، ا. ۱۳۷۱. نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ هشت‌رود، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بهروزی، ا.، امینی آذر، ا.، ۱۳۷۵، نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- Avanzinelli R., Lustrino M., Mattei M., Melluso L., Conticelli S., (2009) "Potassic and ultrapotassic region: Significance of carbonated politic vs. magmatism in the circum-Tyrrhenian politic sediment recycling at destructive plate margin", *Lithos*, 113 213-227.
- Chung, S.L., Liu, D.Y., Ji, J.Q., Chu, M.F., Lee, H.Y., Wen, D.J., Lo, C.H., Lee, T.Y., Qian, Q., Zhang, Q., 200۱.
- Adakites from continental collision zones: melting of thickened lower crust beneath southern Tibet. *Geology* 31: 1021-1024.
- De Paolo D. J., (1981) "Trace element and isotopic effects of combined wall-rock assimilation and fractional crystallization", *Earth Planetary Science Letters*, 53189-202.
- Furman, T. and Graham, D., (1999) Erosion of lithospheric mantle beneath the East African Rift system: geochemical evidence from the Kivu volcanic province. *Developments in Geotectonics* 24: 237-262.
- Karsli, O., Chen, B., Aydin, F. and Sen, C., (2007) "Geochemical and Sr-Nb-Pb isotopic compositions of the Eocene Dolek and Saricicek Plutons, eastern Turkey: implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting", *Lithos* 98 (4) 67-96.
- Kay S.M., Mpodozis C., (2001) "Central Andes ore deposits linked to evolving shallow subduction systems and thickening crust", *GSA TODAY (Geol Soc Am)* 114-9.
- Kurkcuoglu B., (2010) "Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidog volcanic complex, Central Anatolia, Turkey", *Journal of Asian Earth Science* 37 42-51.
- Molina, J., Scarrow, J., Montero, P.G. and Bea, F. (2009) High-Ti amphibole as a petrogenetic indicator of magma chemistry: evidence for mildly alkalic-hybrid melts during evolution of Variscan basic-ultrabasic magmatism of Central Iberia. *Contribution to Mineralogy and Petrology* 158: 69-98.
- Rogers, J. J. W. and Rayland, P. C., 1980- Trace elements in continental margin magmatism. Part I. geological society. of American. Bull, 91,
- Sun S. S., McDonough W. F., (1989) "Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, magmatism in ocean basins", *Geological Society of London, special publication*, 42:313-345.
- Tchameni R., Pouclet A., Penay J., Ganwa A., Toteu S., (2006)"Petrography and geochemistry of the Ngaondere Pan-African granitoids in Central North Cameroon: Implication for their sources geological setting", *Journal of African Earth Sciences* 44 511-529.
- Temel A., Gundogdu M.N., Gourgau A., (1998) "Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey", *Journal of volcanology and geothermal research*, 85 327-354.
- Weaver B. L., Tarney J., (1984) "Empirica approach to estimating the composition of the continental " *Nature* 310: 575-577.
- Xu C., Huang Z., Qi L., Fu P., Liu C., Li E., Gung T., (2007) "Geochemistry of Cretaceous granites from Mianning in the Panix region, Sichuan Province, southwestern China: implications for their generation", *Journal of Asian Earth Sciences* 29737-750.