وزارت صنعت معدن تجارت
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
سی و یکمین گردهمایی
علوم زمین
۳۱
آذرماه ۱۳۹۱

بررسي تغييرات عناصر اصلي ،كمياب و نادر خاكي در توده ي نفوذي فشارک و آنكلاوهاي آن

چكيده

توده نفوذی فشارک واقع در ۷۵ كيلومتري شمال شرق اصفهان از لحاظ سنگ شناسی شامل طيف نسبتا گسترده ای از سنگهای نفوذی با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت، تونالیت و دیوریت می باشد. اين توده حاوي آنكلاوهاي نسبتا فراوان كوارتزديوريتی و مونزوديوريتی است. وجود رابطه خطي بين سنگ‌هاي سازنده توده ي نفوذي و آنكلاوها در نمودارهاي هارکر از يک طرف و وجود روندهاي موازي در الگوي عناصر نادر و نادر خاكي اين نمونه ها از طرف ديگر می تواند نشانه قرابت ماگمايی و تشابه فرايندهای ماگمايي بين بخشهاي مختلف توده ي نفودي و آنكلاوهاي موجود در آن باشد. آنومالي منفي Eu و Ba در نمودار نرمالايز شده نسبت به كندريت بيانگر نقش تفريق فلدسپار پتاسيم در حين تحول ماگمايي نمونه ها مي باشد. غني شدگي از عناصر ناسازگار LILE مانند Th,Ba, Rb، وجود تهی شدگی وآنومالي منفي در عناصر سازگارتر HSFE مانند Nb و Ti نشانه شكل‌گيري اين سنگ‌ها در مناطق مرتبط با فرورانش در حاشيه فعال قاره‌ای است.

كليد واژه ها: توده نفوذی فشارک، آنكلاو، غني شدگي LILE ، تهی شدگی HSFE، حاشيه فعال قاره.

Abstract

The Feshark intrusion, which is located at 75 km North-East of Esfahan, consists from granite, granodiorite, tonalite to diorite with many quartzdiorite and monzodiorite enclaves. The enclaves and their host granites have similar characteristic of major and trace elements, and show good linear relationship in Harker diagrams of the enclaves and their host granites. These characteristics suggest that there should be obvious genetic relationship between the enclaves and their host granites. Well developed negative anomalies for Ba and Eu suggesting K-feldspar fractionation plays an important role in the evolution of Feshark intrusion. Enrichment in incompatible elements (LILE), namely Th, Ba and Rb along with depletion in Nb and Ti indicate that their initial magma is generated into the subduction zone related to an active continental margin setting.

Keywords : Feshark intrusion, enclave, LILE enrichment, HSFE depletion, active continental margin.

مقدمه

توده نفوذي فشارک با سن اليگوميوسن در ۷۵ کيلومتري شمال شرقي اصفهان در شمال روستاي فشارک در گستره‌اي به طول جغرافيايي ´۱۸،°۵۲ تا ´23،°۵۲ شرقي و عرض‌هاي جغرافيايي ´٤٥،°۳۲ تا ´۵۵،°۳۲ شمالي قرار دارد. اين منطقه در تقسيمات زمين شناسي ايران، در زون ايران مرکزي قرار گرفته و بخش کوچکي از کمربند ماگمايي ارومیه – دختر محسوب مي‌شود. توده نفوذي فشارک با روند شرقي- غربي درون سنگ‌هاي آتشفشاني ريوليتي، داسيتي و آندزيتي ائوسن نفوذ کرده است. این توده با ترکیب سنگ‌شناسي ديوريت، تونالیت، گرانودیوریت و گرانیت از دو بخش مجزا تشکیل شده است، بخش گرانیتی و گرانودیوریتی که در برخی از نواحی به تونالیت متمایل شده است. وبخش دیوریتی با رنگ خاکستری تیره که مورفولوژی آن نسبت به بخش گرانیتی و گرانودیوریتی ملایم تر است . در محل کنتاکت دو بخش توده حاشیه انجماد سریع دیده می شود . اندازه دانه ها در بخش دیوریتی با نزدیک شدن به بخش گرانیتی و گرانودیوریتی ریزتر می شود .همچنین گرانودیوریتها در محل تماس با دیوریتها دگرسانی نشان می دهد شواهد مذکور نشان می دهد که واحد دیوریتی جوانتر از بخش گرانیتی و گرانودیوریتی بوده و بعد از ان تزریق شده است. از دیگر ویزگی های این منطقه وجود انکلاوهای فراوان در این توده است.این آنکلاوها ترکیب کوارتزدیوریت و مونزودیوریت دارند.

پس از بررسي‌هاي صحرايي و نمونه برداري از واحدهاي مختلف توده تعداد 90 مقطع نازك ميكروسكپي تهيه و پس از مطالعه دقيق آنها، تعداد 15 نمونه از توده و آنكلاوهاي موجود در آن براي انجام آناليز بر روي عناصر اصلي و كمياب (XRF) به آزمايشگاه Naruto ژاپن و 11 نمونه براي انجام ICP به آزمايشگاه ALS chemex كانادا ارسال شد كه نتايج آن در كنار داده‌هاي صحرايي و خصوصيات پتروگرافي مورد بررسي و تحليل قرار گرفته است.

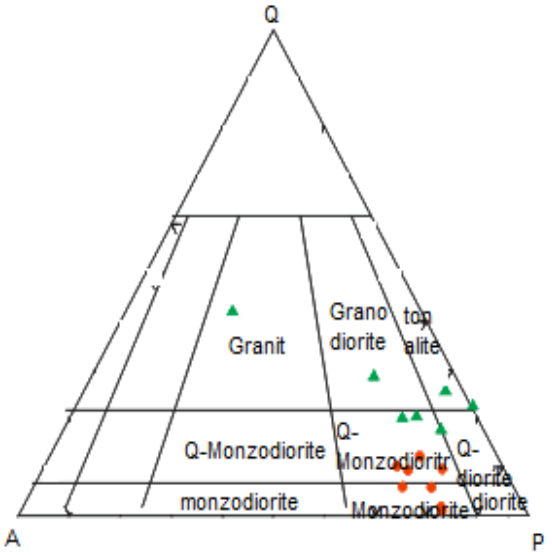
بحث

براي نامگذاري سنگ‌هاي پلوتونيک از نمودار مثلثي اشتريكايزن (۱۹۷٦) استفاده شده است. مطابق اين نمودار سنگهاي اسيدي درمحدوده گرانيت، گرانوديوريت و تونالیت و واحد حدواسط- بازيک در محدوده کوارتزمونزوديوريت و کوارتز ديوريت قرار مي‌گيرد. آنکلاوها نيز در محدوده‌ي مونزوديوريت و کوارتزمونزوديوريت واقع شده‌اند (شکل 1).

سنگ‌هاي گرانيتي موجود در اين منطقه عمدتاً بافت گرانولار و در برخي موارد بافت‌هاي گرانوفيري و پرتيتي نشان مي‌دهند. بافت پرتيتي و گرانوفيري، بيانگر تبلور در شرايط هيپرسولووس، فشار بخار آب پايين ،عمق پايين جايگزيني و فشار جايگزيني پايين توده گرانيتوئيدي (کمتر از ۲ کيلو بار) است. کاني‌هاي تشکيل دهنده اين سنگ‌ها عمدتا شامل ارتوکلاز، کوارتز و پلاژيوکلاز است و کاني‌هاي مافيک در آن‌ها به ندرت ديده مي‌شود.

سنگ‌هاي گرانوديوريتي و تونالیتي با بافت گرانولار و پوئي‌کيليتيک، داراي ترکيب کاني‌شناسي اصلي ارتوکلاز، کوارتز، پلاژيوکلاز، بيوتيت، آمفيبول و کاني‌هاي فرعي اسفن، آپاتيت و زيرکن و کاني اپک هستند. فنوکريستهاي پلاژيوکلاز داراي ساختمان منطقه‌اي بوده و شواهدي از عدم وجود تعادل در مخزن ماگمايي بر اثر تغيير شرايط فيزيکوشيميايي و يا تغيير ترکيب ماگما را نشان مي‌دهند.

در سنگ‌هاي كوارتز ديوريتي بافت عمده ميكروگرانولار است. كاني شناسي آن مشابه با سنگ‌هاي گرانوديوريتي بوده ولي فراواني مدال كاني‌ها متفاوت است. پلاژيوكلازها با فراواني مدال زياد در دو اندازه كوچک و بزرگ مشاهده مي‌شوند. داراي ماكل پلي سنتتيک و يا ساختمان منطقه‌اي هستند و در برخي موارد در حاشيه و مركز درشت بلورها انحلال صورت گرفته است. كوارتز به صورت ريز و بين دانه اي و به تعدادكمتر به صورت درشت بلور حضوردارد. كاني‌هاي مافيک آن شامل آمفيبول فراوان، بيوتيت و به ندرت پيروكسن است و در برخي موارد به صورت لخته هاي مافيک تجمع يافته‌اند.



شكل1) طبقه بندي مدال با استفاده از نمودار QAP اشتريكايزن (١٩٧٦). علامتهاي مثلث معرف توده ي نفوذي و علامتهاي دايره متعلق به آنكلاوهاي درون توده ی نفوذی فشارک است.

آنكلاوها تركيب كوارتز مونزوديوريت و مونزوديوريت دارند. بافت آن‌ها ميكروگرانولار است و بافت پويي‌كيليتيک نيز در آن‌ها مشاهده مي‌شود. كاني‌هاي موجود در اين واحد مشابه سنگ ميزبان است با اين تفاوت كه بلورهاي پلاژيوكلاز و كاني‌هاي مافيك حجم بيشتري را اشغال نموده اند و منجر به تيره‌تر شدن رنگ اين آنكلاوها نسبت به سنگ ميزبان شده است. در برخي موارد تجمع‌هايي از كاني هاي مافيک نيز در آنكلاوها قابل ملاحظه است. وجود پلاژيوكلازهاي زونه و حضور ادخالهايي از پلاژيوكلازهاي كوچک در داخل پلاژيوكلازهاي درشت نيز از ديگر موارد قابل ذكر است.

براي بررسي تغييرات عناصر اصلي و فرعي و تفسير تحولات ماگمايي از دياگرامهاي تغييرات عناصر اصلي و فرعي در مقابل سيليس (Harker,1909) استفاده مي شود . چنانچه در اشكال 2و 3 مشاهده مي شود، به طور كلي ميزان سيليس در سنگهاي توده ي نفوذي فشارک بين 54 تا 78 درصد و در آنكلاوها بين 52 تا 58 در صد تغيير مي كند. اكسيدهاي CaO -MgO- Al_2O_3 -TiO_2 MnO وP_2O_5 با افزايش سيليس روند كاهشي نشان مي دهند در حالي كه اكسيدهاي K_2O و Na_2O سيرصعودي دارند. با افزايش سيليس ميزان اكسيدهاي MnO,MgO,TiO_2 و Fe2O3 به خاطر مشاركت در ساختار كاني هاي فرومنيزين پيروكسن، بيوتيت، هورنبلند و اكسيدهاي آهن وتيتان دار در مراحل ابتدايي تبلور ماگما كاهش پيدا مي كنند. كاهش اكسيدهاي Al_2O_3 و CaO به خاطر حضور اين عناصر در ساختمان پلاژيوكلاز و تبلور اين كاني است. فسفر نيز به صورت يک عنصر سازگار در تشكيل آپاتيت شركت كرده و با افزايش ميزان سيليس و تبلور ماگما از ميزان P_2O_5 كاسته مي شود .تبلور ارتوكلاز و پلاژيوكلازهاي

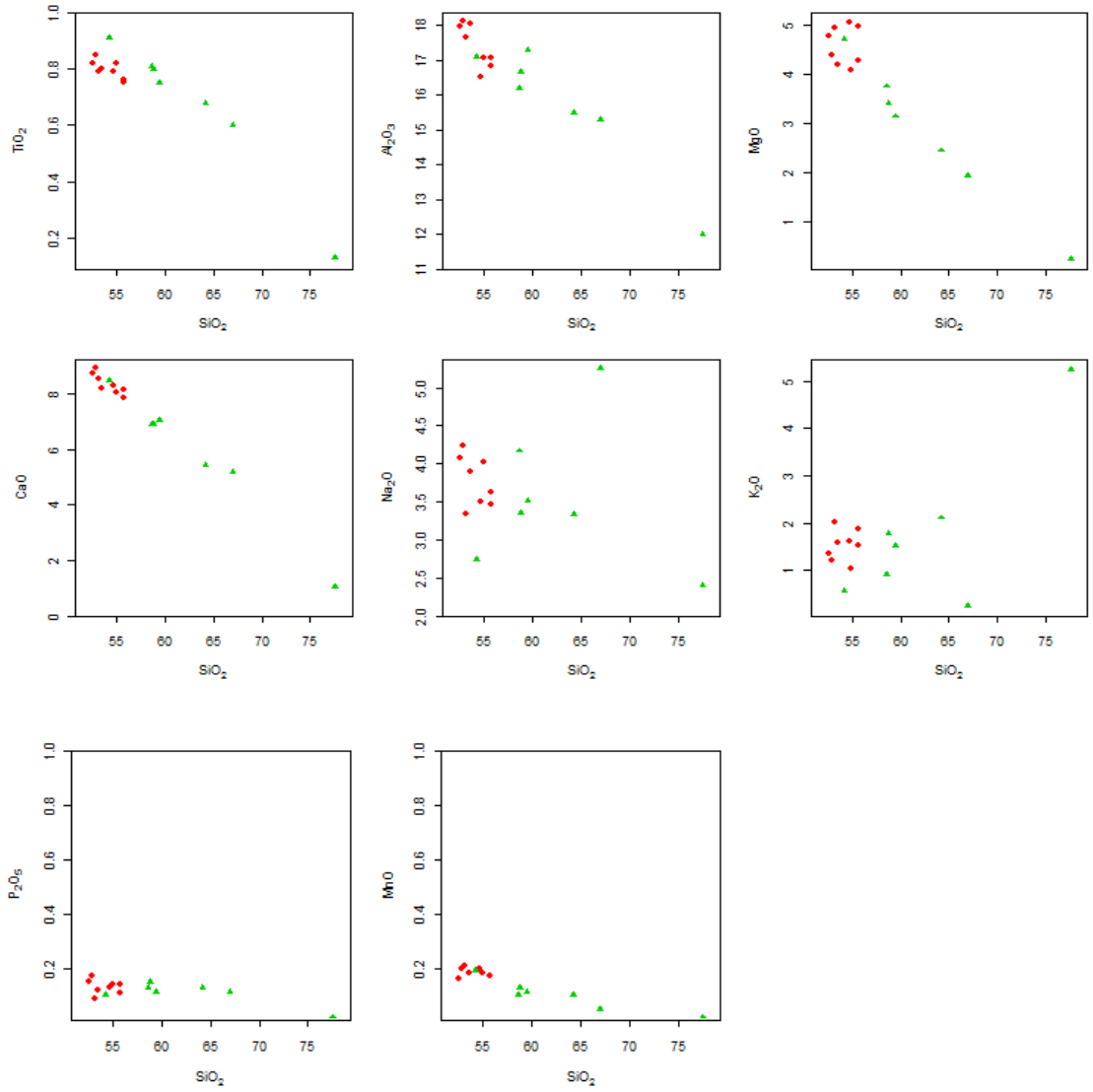
آلبيتي در مراحل انتهاي تكامل ماگما باعث روند صعودي اكسيدهاي K_2O و Na_2O در نمونه‌ها شده است.

عناصر فرعي مانند Rb,Th و Ba با افزايش سيليس روند افزايشي را نشان مي‌دهند در حالي كه Sr و Y و Ni و Cr برخلاف آنها روند كاهشي دارند. Nb در ابتدا روند افزايشي و سير صعودي دارد و با افزايش تكامل ماگمايي كاهش مي‌يابند. عناصر فرعي مانند Rb و Ba با افزايش سيليس روند افزايشي از خود نشان مي دهند. اين روند با جانشيني اين عناصر در كاني هاي پتاسيم دار مانند ارتوكلاز و بيوتيت در مراحل پاياني تبلور ماگما قابل توجيه است. Sr به علت جانشيني با كلسيم و ورورد به شبكه پلاژيوكلازهاي كلسيم دار در حين تكامل ماگما ،كاهش مي‌يابد. Th به دليل ناسازگاري و شعاع يوني بزرگ تا مراحل انتهايي در فاز مايع باقي مي ماند و با افزايش سيليس روند صعودي از خود نشان مي دهد. Y در كاني هايي مانند آپاتيت، اسفن و هورنبلند جايگزين مي شود و تبلور اين كاني‌ها منجر به كاهش Y مي‌شود. كاني اسفن، ميزبان اصلي Nb محسوب مي شود حضور اسفن در بخشهاي اسيدي توده نفوذي و عدم حضور يا بسيار اندک آن در بخشهاي مافيک موجب روند افزايشي و سپس كاهشي اين عنصر مي‌شود. عنصرZr در ساختمان زيركن وارد شده و مقدار اندك اين كاني منجر به روند افزايشي اين عنصر شده است. Ni و Cr به صورت عنصر سازگار عمل كرده و در مراحل اوليه تبلور ماگما در شبكه كاني هاي فرومنيزين قرار مي گيرد. پايين بودن فراواني عناصر سازگاري مانند Ni ,Cr و Co در سنگهاي توده مي تواند دليلي بر تحول يافته بودن ماگماي سازنده ي اين توده باشد.

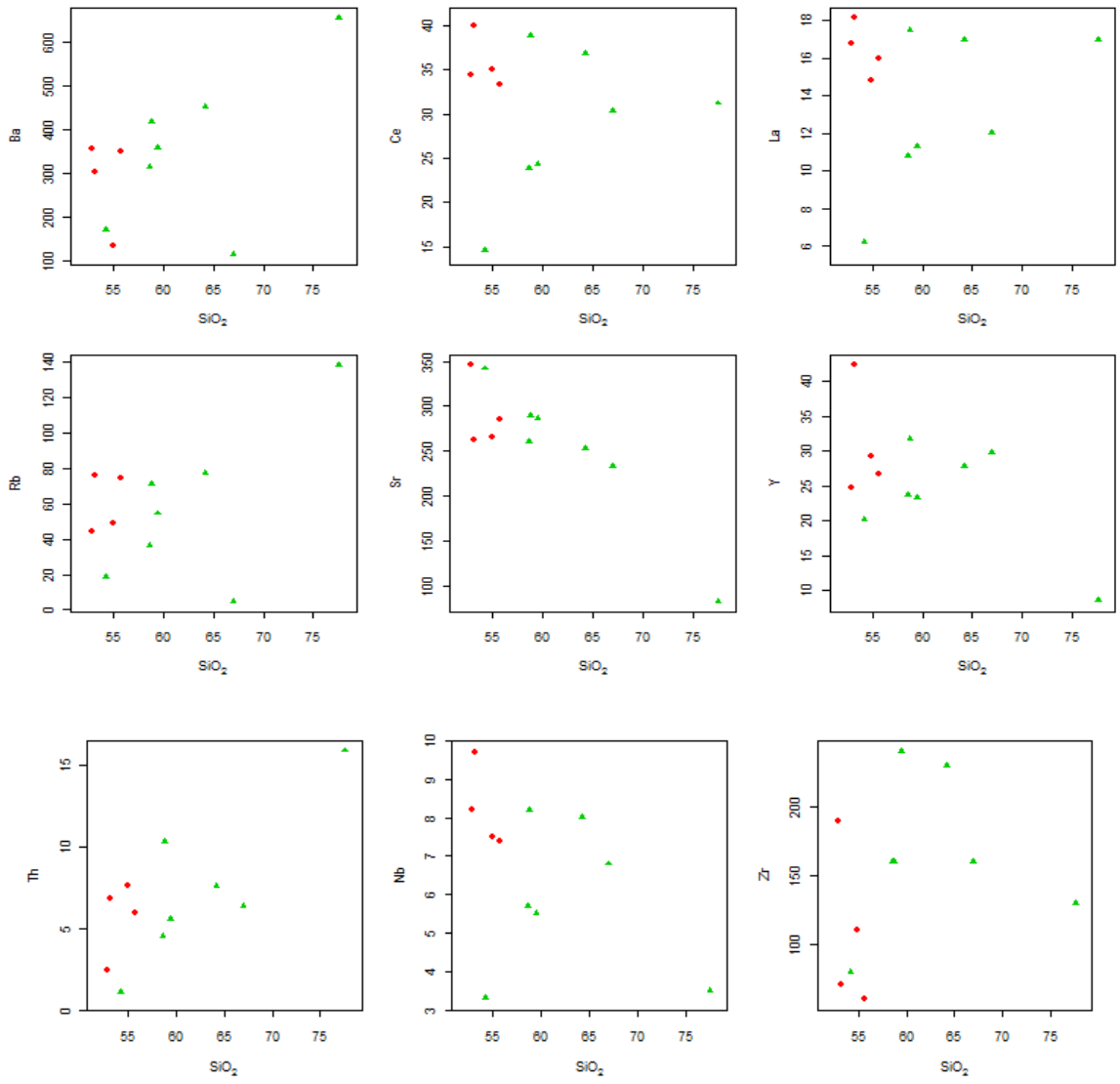
چنين به نظر مي‌رسد، آنكلاوها از لحاظ ميزان سيليس با توده نفوذي اختلاف اندكي دارند و روندهاي موجود در تغييرات عناصر اصلي و فرعي آنكلاوها مشابه توده نفوذي ميزبان است. چنين رابطه خطي بين سنگهاي سازنده توده نفوذي و آنكلاوها در نمودارهاي هاركر مي تواند نشان دهنده قرابت ماگمايي و مذاب بودن دو بخش مختلف توده نفودي و آنكلاوهاي موجود در آن باشد.

براي بررسي تغييرات عناصر كمياب خاكي (REEها) از نمودار نرمالايز شده نسبت به كندريت استفاده مي‌شود. (Sun & Mcdonough, 1989) اين نمودار در شكل ٤ ملاحظه مي‌شود، الگوي فراواني عناصر كمياب خاكي در نمونه هاي توده نفوذي و آنكلاوها با يكديگر موازي هستند. روندهاي موازي حاكي از تشابه فرايندهاي ماگمايي در حين تشكيل آنها است. همچنين LREE ها نسبت به HREE غني شدگي نسبتا بيشترى نشان مي دهند و الگوي HREE تقريباً مسطح و آنومالي منفي Eu دارند. الگوي فراواني عناصر كمياب خاكي در نمونه هاي مرتبط با توده نفوذي و آنكلاوها با يكديگر موازي هستند و حاكي از تشابه فرايندهاي ماگمايي در حين تشكيل آنها است. غني شدگي LREE نسبت بهHREE به عواملي چون: درجه پايين ذوب بخشي ، آلودگي ماگمايي، تشكيل توده در مناطق فرورانش و حضور كاني هايي چون گارنت، اليوين و پيروكسن باقيمانده در سنگ منشا بستگي دارد. LREE به علت اندازه يوني كوچكتر نسبت به HREE ناسازگارتر هستند و در سيال بازمانده از تبلور ماگما ، غلظتي بيشتر از عناصر سنگين دارند. HREE كه سازگارى بالاترى دارند، تمايل دارند در فاز جامد باقي بمانند و وارد مذاب نمى شوند بنابراين غني شدگي LREE نسبت بهHREE افزايش مي يابد. آي دوگان وهمكارانش (Aydogan et al, 2008) نيز غني شدگي LREE همراه با تهي شدگي HREE را در طول تبلور تفريقي به تفريق آمفيبول سازگار نسبت مي‌دهند. Eu به عنوان عنصري سازگار در فلدسپارها محسوب مي شود و از اين رو فراواني آن توسط فلدسپارها كنترل مي شود. آنومالي منفي Eu بر اثر تفريق فلدسپار در حين تبلور ماگما و يا بر اثر باقي ماندن فلدسپار در حين ذوب بخشي سنگهاي منشا در شرايطي كه اكتيويته H_2O پايين باشد ايجاد مي شود (Tepper et al, 1993). غني شدگي عناصر

LREE نسبت به HREE همراه با آنومالي منفي Eu بيانگر اهميت نقش تفريق فلدسپارو آمفيبول در فرايند تكامل گرانيتوييدهاست.



شكل 2) موقعيت نمونه هاي توده ي نفوذي فشارک بر روي نمودار تغييرات اكسيدهاي اصلي در برابر سيليس (Harker, 1909) فراواني اكسيدها بر حسب درصد وزني محاسبه شده است. علائم مشابه شكل 1 مي باشد

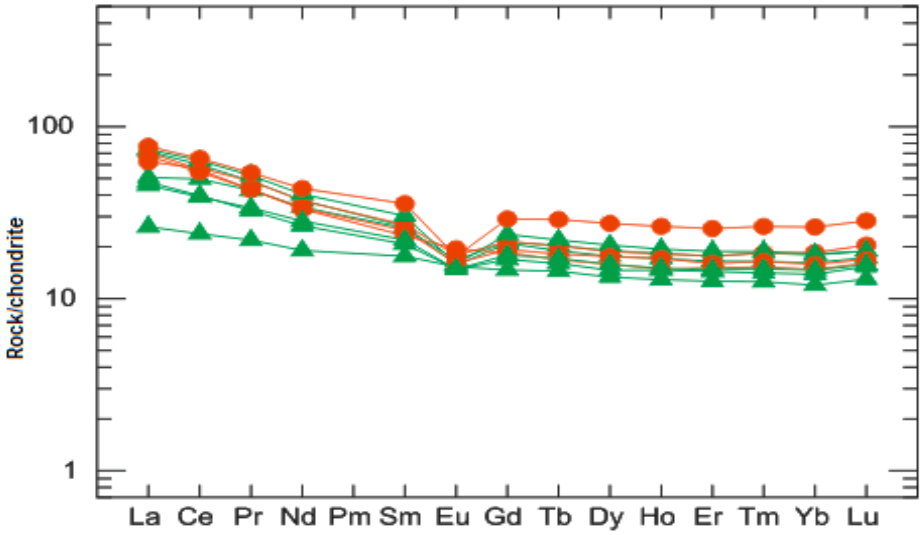


شكل3) نمونه هاي توده ي نفوذي فشارک بر روي نمودار تغييرات عناصرفرعي در برابر سيليس (Harker, 1909) فراواني عناصر كمياب بر حسب ppm محاسبه شده است. علائم مشابه شكل 1 مي باشد

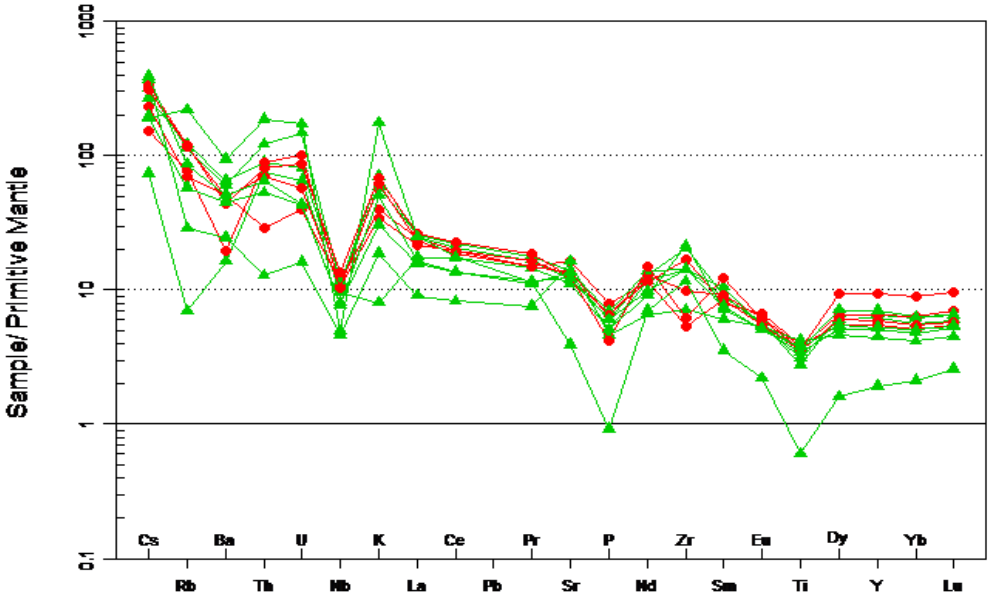
در نمودار عنكبوتي نرمالايز شده نسبت به گوشته اوليه (Sun & Mcdonough, 1989) كه در شكل ٥ نشان داده شده است نمونه‌هاي مورد مطالعه از عناصر LILE نسبت به HFSE غني شدگي نشان مي دهند و آنومالي منفي Ti, P,Nb و Ba دارند. با مقايسه نمونه‌هاي مرتبط با توده نفوذي و آنكلاوها به نظر مي‌رسد، روندهاي نشان داده شده، تقريبا مشابه هستند.غني شدگي بيشتر از HFSE در آنكلاوها نسبت به توده نفوذي مشاهده مي شود.

در نمودار عنكبوتي نرمالايز شده نسبت به گوشته اوليه عناصر LILE نسبت به HFSE غني شدگي نشان مي دهند. غني شدگي LILE مي تواند در نتيجه درجه پايين ذوب بخشي از منشا گوشته اي ، تحرک عناصر طي دگرساني ، نقش گوشته ي متاسوماتيز شده ، آلودگي به وسيله مواد پوسته اي و در نهايت دخالت پوسته در توليد سنگهاي منطقه باشد. آنومالي منفي Ti وNb يكي از مشخصه هاي ماگماتيسم مرتبط با فرايند فرورانش است (Kuster & Harms, 1998). همچنين اين آنومالي وجه

مشخصه سنگهاي پوسته قاره‌اي و شركت پوسته در فرايندهاي ماگمايي است (Kuster & Harms, 1998). وو و همكارانش (Wu et al , 2003) آنومالي منفي Ti وNb را نشانه فقر اين عناصر در منشا ، پايداري فازهاي حاوي اين عناصر در طي ذوب بخشي و يا جدايش آن در طي فرايند تفريق مي دانند. Ba نيز به علت جانشيني با پتاسيم در ارتوكلاز و بيوتيت آنومالي منفي پيدا كرده است . Sr در اثر جانشيني با كلسيم در ساختمان پلاژيوكلاز منجر به كاهش Sr و ايجاد آنومالي منفي اين عنصر شده است. به علت تبلور آپاتيت آنومالي منفي P ايجاد شده است.آنومالي منفي Eu همراه با آنومالي منفي Sr بر اثر تفريق پلاژيوكلاز و در صورتي كه همراه با آنومالي منفي Ba باشد بر اثر تفريق فلدسپار پتاسيم ايجاد مي شود (Aydogan et al, 2008). در منطقه مورد مطالعه آنومالي منفي Eu همراه با آنومالي منفي Ba نشان می دهد كه تفريق فلدسپار پتاسيم عامل تحول ماگمايي محسوب مي شود.



شكل (4): تغييرات عناصر كمياب خاكي (REEها) در نمودار نرمالايز شده نسبت به كندريت(Sun & Mcdonough, 1989). علائم مشابه شكل1 مي باشد



شكل (5): نمودار عنكبوتي نرمالايز شده نسبت به گوشته اوليه (Sun & Mcdonough, 1989). علائم مشابه شكل 1 مي باشد.

◇◇◇◇◇◇◇

نتيجه گيري

بر اساس اطلاعات به دست آمده از الگوي تغييرات عناصر اصلي و كمياب و كمياب خاكي توده ي گرانيتوييدي فشارک و آنكلاوهاي موجود در آن مي توان به نتايج زير دست يافت:

وجود رابطه ي خطي بين سنگهاي سازنده توده نفوذي و آنكلاوها در نمودارهاي هاركر بيانگر قرابت ماگمايي و اختلاف زماني ناچيز بين بخش‌هاي مختلف توده نفودي و آنكلاوهاي آن است. الگوي فراواني عناصر كمياب خاكي و كمياب عادي سازي به كندريت و گوشته اوليه در توده ي نفوذي وآنكلاوها مشابه بوده و تفاوت در ميزان تمركز اين عناصر است كه حاكي از ارتباط ژنتيكي نمونه ها با هم و منشا مشترک آنها است. آنومالي منفي Eu همراه با آنومالي منفي Ba بيانگر آن است كه تفريق فلدسپار پتاسيم عامل تحول ماگمايي محسوب مي شود. غني شدگي LREE نسبت به HREE همراه با آنومالي منفي Eu بيانگر اهميت نقش تفريق آمفيبول و فلدسپار پتاسيم در فرايند تكامل ماگمايي گرانيتوييدها مي باشد.

References

Harker A . 1909: The natural history of igneous rocks.methneu,London. 344p.

-Streckeisen, A.L., (1976) To each plutonic rock its proper name. Earth science review, 12:1-33.

-Sun S.S., McDonough W.F. 1989: Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: for mantle processes. Saunders, A.D., Norrey, M.J. (eds.), Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. London Spec. Pulb. 42: 313-345.

Zhao Z.F,Zheng Y.F,Wei C.S,Wu Y.B, 2007: Post – collisional granitoids from the Dabie orogen in china :Zircon U-Pb , element and O isotope evidence for recycling of subducted continental crust. Lithos. 93:248-272

M.Selman Aydogan, Hakan coban , Mustafa bozcu, omer Akinci, 2008: Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Granite from the Muratdagi Region(Banaz, Usak), Western Turkey:Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites, journal ofAsian Earth Sciences 33,155-176

Kuster D, Harms U . 1998:post – collisional potassic granitoids from the southern and northwestern parts of the late neoporterozoic East African orogen :a review. Lithos . 45:177-195

Wu F.Y., Jahn B.M ., Wildes . A., Lo C.H., Yui T. F., Lin Q ., Ge W.C, Sun D.Y . 2003:Highly fractionated I – type granites in NE Chine (I): geochronology and petrogenesis. Lithos. 66:241-273

Tepper J.H., Nelson B.K., Bergantz G.W., Irving A.J. 1993: Petrology of the chillwack batholiths , north cascades, Washington : generation of calk-alkaline granitoids by melting of mafic lower crust with variable water fugacity. Contrib Mineral Petrol.113:333-351.