پترولوژي و ژئوشيمي توده‌هاي نفوذي جنوب غرب يزد

زارعي سهاميه رضا: دانشگاه لرستان
اميني صدرالدين: دانشگاه تربيت معلم تهران

(صفحه ۳۷- ۱٤و 23 شماره ۱ جلد ۱)

چكيده

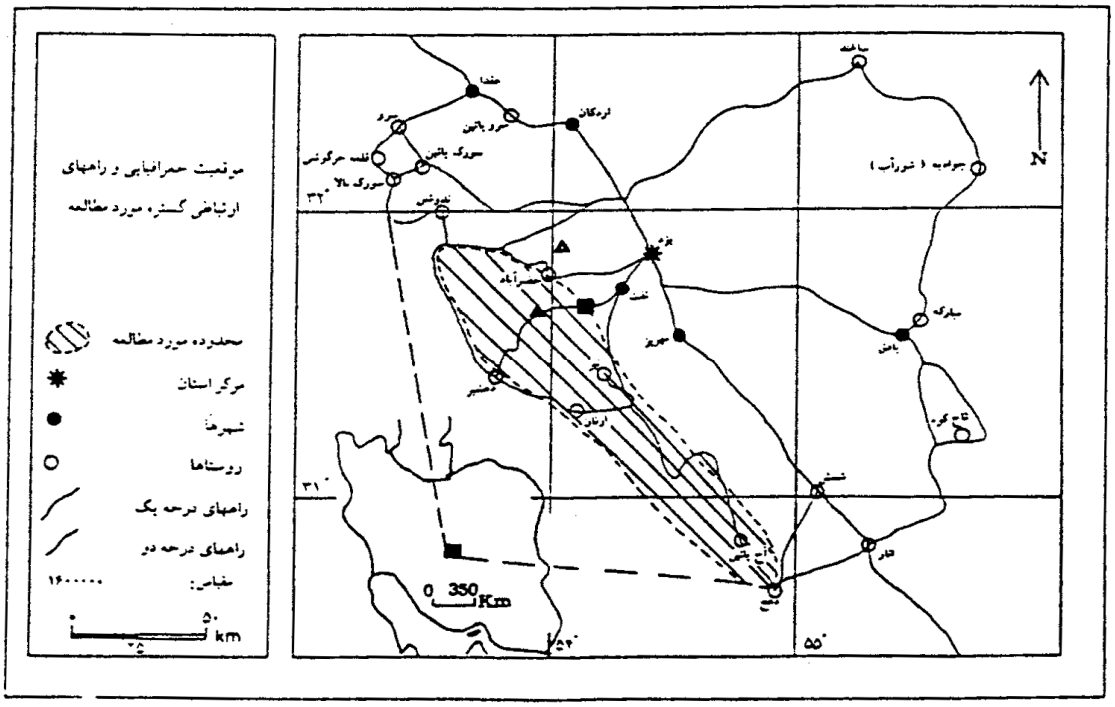
در جنوب غرب يزد سه توده گرانيتوئيدي به اسامي باتوليت شيركوه، كافي آباد و آدر بلندان رخنمون دارند. سن باتوليت شيركوه، با توجه به اين‌كه سازند نايبند(تريياس فوقاني) را قطع كرده وسازندهاي كرتاسه بر روي آن قرار گرفته، و به احتمال زياد ژوراسيك است. به نظر مي‌رسد اولين و مهمترين مرحله ماگماتيسم باشد كه در ژوراسيك مياني(سيمري پسين) اتفاق افتاده است. از طرفي دگرگوني سنگ‌هاي آهكي كرتاسه در اطراف توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان در اثر نفوذ گرانيت‌ها، دايك‌هاي ديوريتي و نيز تشكيل اسكارن‌هاي متعدد در آن‌ها نشان مي‌دهد كه توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان طي فازهاي كوهزايي بعدي جايگزين شده‌اند. بنا بر اين بايد گفت كه باتوليت گرانيتوئيدي شيركوه داراي محدوده وسيع پلوتونيسم طي زمان ژوراسيك است و مهمترين مرحله آن در ژوراسيك مياني اتفاق افتاده است بعلاوه به احتمال زياد دو توده نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان به دليل دگرگوني آهك‌هاي كرتاسه اطراف حداقل از كرتاسه زيرين جوان‌تر بوده و شايد هم داراي سن الي‌گو- ميوسن باشند.در اين سنگ‌ها كاني‌هاي كوارتز، آپاتيت، زيركن، كورديريت، آندالوزيت منيتيت و هماتيت از كاني‌هاي فرعي عمده‌اند و مقادير SiO_2 ، Na_2O، K_2O ، CaO در نقاط مختلف توده‌هاي نفوذي متغيرند و غني شدگي از عناصر Rb, K, Ba و تهي‌شدگي از Sr, Nb و Ti كاملاً مشاهده مي‌شود، نمودارهاي عنكبوتي اين موضوع را نشان مي‌دهد. از نظر ژئوشيميائي دو نوع گرانيت I و S در منطقه قابل شناسايي است كه نوع S از فراواني بيش‌تري برخوردار است. از نظر پتانسيل اقتصادي كاني‌سازي مرمر، اسكارن، آهن- مس- سرب- روي و كاني‌هاي غيرفلزي نظير كائولينيت نيز مشاهده مي‌شود.

۱- موقعيت جغرافيايي و زمين‌شناسي

توده‌هاي نفوذي شيركوه، كافي‌آباد و آدربلندان در جنوب غرب يزد و در محدوده جغرافيايي ′۳۰ و °۵۳ تا ′۲۰ و °۵۴ طول شرقي و '۳۰ و °۳۱ تا ′۵۲ و °۳۱ عرض شمالي قرار گرفته‌اند(شكل۱). در شرق شيركوه بيش از ۱۰۰۰ متر سنگ آهك و دولوميت بر روي گرانيت‌ها ديده مي‌شود كه پرتگاه‌هاي گسلي و غيرگسلي فراواني را به‌وجود آورده‌اند. در جنوب غرب تفت رسوبات آواري سازند سنگستان به سن ژوراسيك فوقاني[۲] و به رنگ قرمز ارغواني ديده مي‌شود و در بخش جنوبي تفت سنگ‌هاي آهكي خاكستري رنگ سازند تفت به چشم مي‌خورد. قلل مرتفع منطقه از سنگ‌هاي آهكي اربيتولين‌دار سازند تفت پوشيده شده كه گسترش زيادي دارند. از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

پديده‌هاي مهم فرسايش در گرانيت‌هاي مورد بحث پديده تافوني است. گرانيت شيركوه سازند نايبند را قطع كرده و آهك‌هاي كرتاسه همراه با يك واحد ماسه سنگي و كنگلومرايي(كرتاسه تحتاني) به طور دگر شيب بر روي آن قرار گرفته است. گرانيت شيركوه از نظر سني از سازند نايبند جوانتر و از سازندهاي كرتاسه قديمتر است. سن مطلقي كه بر اساس داده‌هاي راديومتريك براي آن پيشنهاد شده ۱۳/۵±۱۷/۵ ميليون‌سال[۲۶] به روش K-Ar و ۱۰±۱۷۶ ميليون سال[۱۵] با استفاده از روش Rb-Sr بوده است. سن توده‌هاي نفوذي كافي آباد و آدربلندان با توجه به دگرگوني آهك‌هاي كرتاسه و اسكارن‌سازي در آن‌ها بعد از كرتاسه زيرين(شايد هم اليگو- ميوسن؟) است. بنا بر اين مي‌توان تشكيل گرانيت شيركوه را به سيمرين پسين نسبت داد و توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان را به فازهاي كوهزايي بعدي مربوط دانست. آنچه مسلم است تا كنون سن‌هاي متفاوتي براي باتوليت گرانيتوئيدي شيركوه عنوان شده است كه بيانگر جايگزيني گرانيت در زمان‌هاي مختلف است. تعيين دقيق اين موضوع مستلزم بررسي‌هاي دقيق سنجي ايزوتروپي بر روي اجزاي مختلف گرانيت شيركوه است.



شكل ۱. موقعيت جغرافيايي توده‌هاي گرانيتوئيدي جنوب غرب يزد

■شيركوه Δكافي‌آباد ▲آدربلندان

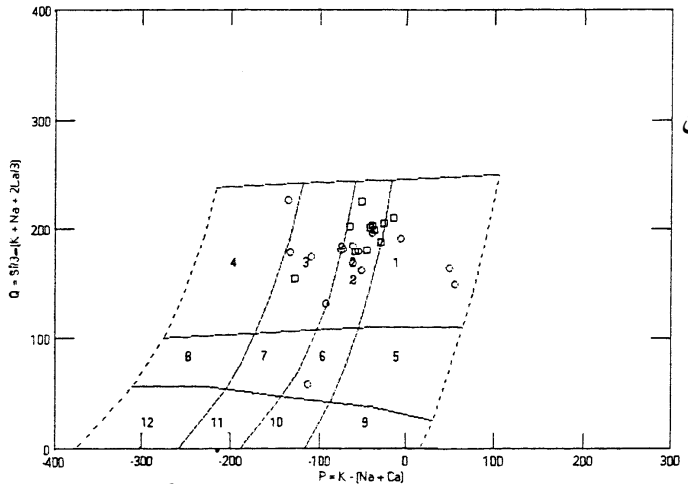
حد تماس توده گرانيتوئيدي شيركوه با سنگ‌هاي آهكي جمال به صورت ميليونيتي است و در بسياري از نقاط نيز كاني‌سازي مرمر و اسكارن صورت گرفته است. به لحاظ تكتونيكي و بر اساس تقسيم‌بندي واحدهاي ساختماني- رسوبي ايران[۶] باتوليت شيركوه، كافي‌آباد و آدربلندان در زون ايران مركزي قرار گرفته‌اند، ولي زمان جايگزيني و نوع رخداد تكتونيكي مربوط به آنها متفاوت بوده است، بدين‌گونه كه باتوليت شيركوه طي فاز

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

كوه‌زايي سيمري پسين(ژوراسيك مياني) و توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان بعد از كرتاسه زيرين جايگزين شده‌اند. به طور كلي سنگ‌هاي گرانيتي بر اساس تركيب شيميايي، كاني‌شناسي و خاستگاه تكتونيكي به انواع I,A,M و S تقسيم مي‌شوند. در منطقه بررسي شده گرانيت‌ها را به دو نوع S و I و يا سري‌هاي ايلمنيت و منيتيت مي‌توان تقسيم نمود كه سري ايلمنيت معادل نوع S و سري منيتيت معادل نوع I است. گرانيت‌هاي نوع S (دوميكايي) كه به گرانيت‌هاي رسوبي معروفند حاصل ذوب بخشي از مواد پوسته قاره‌اي است كه نسبت ايزوتوپي Sr^{87}/Sr^{86} آنها بيش‌تر از ۰/۷۱۰ بوده و نيز داراي كاني‌هاي بيوتيت، گارنت، كورديريت، مونازيت و كاني‌هاي اوپاك(ايلمنيت و كاني‌هاي سولفيد) هستند. گرانيت‌هاي نوع I داراي منشأ ماگمايي‌اند كه علاوه بر كاني‌هاي كوارتز، پلاژيوكلاز كاني هاي هورنبلند، تورمالين و كاني‌هاي اوپاك(ايلمنيت و كاني‌هاي سولفيد) نيز دارند. اين نوع گرانيت بيشتر با تونالیت‌هاي هورنبلند- بيوتيت‌دار ديده مي‌شود. نسبت ايزوتوپي Sr^{87}/Sr^{86} آن‌ها از ۰/۷۰۸ كمتر است و عمدتاً باكاني‌زايي مس، مولیبدن، سرب، روي، طلا و نقره همراهند.

۲- پتروگرافي و كاني‌شناسي

در گسترة پلوتونيسم جنوب غرب يزد به گرانيت‌هايي برخورد مي‌كنيم كه دانه ريز تا دانه درشتند و در آن‌ها هوازدگي شديد سطحي و تغيير رنگ ناشي از هوازدگي پيداست. حضور بيگانه سنگ‌هاي بيضوي و گرد به صورت لكه‌هاي تيره رنگ در اين گرانيت‌ها به وفور ديده مي‌شود.چنان‌كه دايك‌هاي اسيدي و دولريتي در درون گرانيت‌ها و ركه هايي از نوع آپليت – پگماتيت حاوي تورمالين هم مي‌توان مشاهده كرد. توده‌هاي كوچك ولكانيكي به صورت گنبدهاي داسيتي و ريوليتي، گدازه‌ها و توفهاي تراكيتي و آندزيتي وندرتاً آندزيت بازالتي در همبري با گرانيت‌ها و در مجاورت گسل‌ها(بخصوص گسل دهشير- بافت با روند شمال غرب- جنوب شرق) ديده مي‌شود[۳] بر اساس طبقه‌بندي مودال و نمودار Q-P [۱۳] سنگ‌هاي منطقه از نوع گرانيت، آداملیت، گرانوديوريت، تونالیت، كوارتز سينيت و كوارتز مونزونيت‌اند(شكل۲).



شكل ۲. نمودار Q-P ديون و لغورات (۱۹۸۸) و سنگ‌هاي آذرين منطقه بر روي آن
۱- گرانيت ۲- آداملیت(گرانيت كالكو آلكالن)
۳- گرانوديوريت ٤- تونالیت
٥- كوارتز سينيت ٦- كوارتز مونزوينيت
□ نمونه‌هاي شيركوه
○نمونه‌هاي كافي‌آباد و آدربلندان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

كاني‌هاي اصلي سنگ‌ها شامل كوراتز، پلاژيوكلاز(آلبيت، اليگوكلاز و آندزين)، ارتوز و ميكا(بيوتيت و به مقدار خيلي كم موسكويت) هستند. پلاژيوكلازها ساختي منطقه‌اي نشان مي‌دهند، كه بيانگر افت سريع فشار و تغييرات ترموديناميكي محيط تبلور است[۲۸]،[۱۰] تغييرات مذكور احتمالاً موجب تغيير در تركيب شيميايي زون‌هاي مختلف پلاژيوكلاز شده است؛ زيرا كه زونينگ معكوس در بعضي از پلاژيوكلازها ديده مي‌شود (نمونه 18 gk). در مقاطع نازك دو نسل پلاژيوكلاز و گاهي نيز بيش‌تر ديده مي‌شود. كاني‌هاي فرعي موجود در سنگها آپاتيت، زيركن(ادخال در بيوتيت)، اسفن، تورمالين، اسپينل (نوع هرسينيت)، گارنت[٤] هماتيت و منيتيت هستند. در گرانيتوئيد شيركوه كورديريت، آندالوزيت و سيليمانيت نيز وجود دارد در حالي كه توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان فاقد آن‌ها هستند. در اسكارن‌هايي كه در مجاورت دو توده مورد اشاره تشكيل شده اپيدوت، ديوپسيد، گرونا (آندرادیت)، كلريت (شاموزيت)، سرپانيتن (ليزارديت)، فلوگوپيت و زوئيزيت ديده مي‌شود. كاني‌هاي مذكور در اسكارن‌ها توسط مطالعه مقاطع نازك و روش آزمايشگاهيX.R.D تعيين شده‌اند. عمده‌ترين بافت‌هاي شناخته شده در سنگ‌هاي فوق بافتهاي گرانولر، گرافيك(گرانوفير)، ارييكولار، پرتيت، آنتي‌پرتيت و پورفيروئيدند. آلتراسيون‌هاي عمده در رابطه با گرانيت‌ها عبارتند از: سريستيزاسيون، سوسوريتيزاسيون، كلريتيزاسيون و سرپانتيتيزاسيون، سرپانتيتيزاسيون در هاله دگرگوني مجاورتي قابل رويت است. بررسي مقاطع نازك انكلاوهاي موجود در گرانيت‌ها، نشان مي‌دهد نقاطي كه در درون گرانيت به صورت لكه‌هاي سياه رنگ ديده مي‌شوند عمدتاً تجمعي از بيوتيت‌هاي دانه‌ريز همراه با كوارتز، پلاژيوكلاز و فلدسپات آلكالن است كه همبري آن‌ها با گرانيت حالت انتقالي را تاييد مي‌كند. اين حالت مي‌تواند احتمالاً حاكي از همزاد بودن انكلاوهاي مذكور با گرانيت‌ها باشد[۱]. علاوه بر اين‌ها ، انكلاوهايي ديده شده است كه بافت هورنفلسي دارند و تركيب بازيكي را نشان مي‌دهند[٥] . البته انكلاوها مي‌توانند رستيت‌هاي باقيمانده از سنگ اوليه طي تحولات فرا متامورفيسم باشند.

۳ - خصوصيات ژئو شيميايي

به منظور بررسي ژئوشيميايي و تعيين نوع گرانيت باتوليتي شيركوه و ساير توده‌هاي نفوذي، از ميان نمونه‌هاي برداشت شده از ناحيه، ٤٠ نمونه مناسب انتخاب و بعد از آماده سازي، اكسيدهاي عناصر اصلي (جدول۱) و كمياب آن‌ها(جدول۲) به روش X.R.F تعيين شده‌اند. ١٤ نمونه نيز به منظور شناخت دقيق هاله دگرگوني مجاورتي و تشخيص دقيق نوع كاني‌هاي آن مورد تجزيه X.R.D قرار گرفته‌اند (جدول۳). براي تعيين تركيب شيميايي دقيق كاني‌ها در هاله دگرگوني مجاورتي و تغييرات تركيب شيميايي آن‌ها، سه نمونه سنگ اسكارني به كانادا ارسال شد و مورد تجزيه نقطه‌اي(ميكروپراب) قرار گرفت(جدول٤). درصد تغيرات در باتوليت گرانيتوئيدي شيركوه عبارتست از: SiO_2 از ٥٢/٢٥ تا ٧٤/١٢، Al_2O_3 از ١٢/٠٣ تا ٢٤/٥٨، FeO

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

از ۰/۲۳ تا ٤/١٤، Fe_2O_3 از ۱/۰۷ تا ۳/٥۱، MgO از ۰/۰٥ تا ٦/٤۳، CaO از ۰/٤۱ تا ۷/۸۷، K_2O از ۲/۱٥ تا ٥/۸٥، Na_2O از ۱/۷۱ تا ٤/۹، P_2O_5 از ۰/۰۱٥ تا ۰/۱٦، MnO از ۰/۰۲ تا ۰/۱۲ و سرانجام TiO_2 از ۰/۱۱ تا ۱/۱۸(جدول ۱ الف). درصد کم آلومین(۱۲/۰۳ درصد) در دیوریت کوراتزدار(نمونهG_1) و مقدار بالاي اين اکسيد(۲٤/٥۸ درصد) در ديوريت (نمونهB_7) و نيز تغييرات شديدMgO (۰/۰٥ تا ٦/٤۳) بيان‌گر جدايش کاني‌هاي فرومنيزين در بخش‌هاي تحتاني و پلاژيوکلاز در بخش‌هاي فوقاني است که نتيجه تفريق ماگمايي‌اند. درصد تغيرات در توده نفوذي کافي‌آباد به اين ترتيب است: SiO_2 از ٥۸/۲٤ تا ۷٤/۷۷، Al_2O_3 از ۱۳/۰۸ تا ۱٥/۲٥، FeO از ۱/۲ تا ٥/٥۲، Fe_2O_3 از ۰/۸٦ تا ۲/٤۱، MgO از ۰/۲۸ تا ۳/٦٥، CaO از ۰/۲٦ تا ٦/۳۷، K_2O از ۱/۹٤ تا ۸/۲۱، Na_2O از ۲/۹٦ تا ٤/۸۸، P_2O_5 از ۰/۱۱ تا ۰/۲٦، MnO از ۰/۰۰۸ تا ۰/۱۹ و سرانجام TiO_2 از ۰/۱۸ تا ۰/۸٦ (جدول۱ب) و درصد تغيرات در توده گرانتيوئيدي آدربلندان SiO_2 از ٥٦/۱۰ تا ۷٤/۰٦، Al_2O_3 از ۱۳/۲۸ تا ۱٥/۹٤، FeO از ۰/۷٤ تا ٦/۱۳، Fe_2O_3 از ۰/۹۸ تا ۲/٥٤، MgO از ۰/۲۲ تا ٤/۱٦، CaO از ۰/۸٤ تا ۱۰/۱۲، K_2O از ۲/۱۱ تا ٦/۸۷، Na_2O از ۱/۱۸ تا ٤/٤٤، P_2O_5 از ۰/۰۲۷ تا ۰/۲٦٥، MnO از ۰/۰۱۳ تا ۰/۱۸٦ و سرانجام TiO_2 از ۰/۰۸ تا ۱/۰۱ است(جدول۱ج).

جدول۱. نتايج تجزيه شيميائي چند نمونه از سنگ‌هاي مختلف توده‌هاي نفوذي جنوب غرب يزد (شيرکوه، کافي آباد و آدربلندان) الف: شير کوه ب: کافي آباد ج: آدربلندان
روش X.R.F . ارقام برحسب درصد وزني هستند

اکسيدها / ش. نمونه	SiO_2	Al_2O_3	CaO	K_2O	Fe_2O_3	FeO	Na_2O	MgO	TiO_2	P_2O_5	MnO	Total
B_1	۷۴/۱۲	۱۳/۴۱	۰/۶۲	۵/۱۹	۱/۰۷	۰/۸۷	۳/۲۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۲	۹۸/۸۸
B_2	۷۰/۹۲	۱۴/۶۷	۲/۸۲	۳/۷۲	۱/۷۳	۱/۶۶	۳/۱۳	۰/۲۲	۰/۴	۰/۱۳	۰/۰۶	۹۹/۴۶
B_3	۷۱/۳۷	۱۳/۹۲	۲/۴۱	۴/۱۲	۲/۲۱	۲/۰۴	۲/۵۹	۰/۷۷	۰/۵۵	۰/۱۲	۰/۰۶	۱۰۰/۱۶
B_4	۷۰/۷۸	۱۴/۱۱	۲/۸۲	۴/۰۴	۲/۴۹	۲/۳۰	۲/۸۵	۰/۸۲	۰/۶۹	۰/۰۱۵	۰/۰۶	۱۰۰/۹۷
B_5	۶۵/۹۱	۱۶/۱۵	۴/۴۵	۳/۹۲	۲/۷	۲/۵۹	۲/۹۹	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۱۶	۰/۰۸	۱۰۰/۷۳
B_7	۵۲/۲۵	۲۴/۵۸	۷/۸۷	۲/۳۸	۲/۹۷	۴/۱۴	۴/۹	۰	۱/۱۸	۰/۲	۰/۱۲	۱۰۰/۵۹
B_{10}	۶۷/۹	۱۶/۲۴	۴/۱۸	۲/۱۵	۲/۳۱	۲/۶۱	۳/۲۳	۰/۰۸	۰/۷۲	۰/۱۵	۰/۰۸	۹۹/۴۷
B_{12}	۶۰/۱۷	۱۳/۸۳	۰/۸۳	۵/۸۵	۳/۴۳	۳/۳۰	۱/۷۶	۵/۴۵	۰/۹۹	۰/۱	۰/۱۱	۹۵/۸۲
B_{18}	۵۸/۲۷	۱۳/۶	۰/۴۱	۵/۱۲	۳/۵۱	۳/۶۴	۱/۷۱	۶/۴۳	۱/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۲	۹۴/۱
A_4	۷۴/۲	۱۲/۳	۱/۱۳	۳/۴۴	۱/۵۷	۰/۲۳	۳/۲۱	۱/۵۴	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۰۴	۱۰۰/۲
G_1	۶۷/۷	۱۲/۰۳	۴/۴	۲/۹	۲/۰۷	۳/۹۱	۳/۳۹	۱/۳۶	۰/۵۲	۰/۱۳	۰/۰۹	۹۸/۵
G_4	۷۱/۶	۱۲/۰۶	۱/۴۵	۳/۸۵	۱/۹۳	۲/۷۱	۲/۹۷	۱/۹۱	۰/۴۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۹۹/۱۰

(الف)

اکسيدها / ش. نمونه	SiO_2	Al_2O_3	CaO	K_2O	Fe_2O_3	FeO	Na_2O	MgO	TiO_2	P_2O_5	Mno	Total
Gk_1	۶۹/۱۰	۱۳/۸۹	۲/۸۵	۳/۸۷	۱/۸۸	۱/۲۶	۳/۶۱	۱/۳	۰/۳۸	۰/۱۱	۰/۰۶۴	۹۸/۳۱
Gk_8	۶۷/۶۵	۱۳/۸۹	۳/۳۸	۳/۵۱	۱/۹	۱/۲	۳/۴۷	۱/۳۸	۰/۴	۰/۱۲۵	۰/۰۶۱	۹۶/۹۶
Gk_{12}	۶۶/۵۴	۱۳/۹۷	۳/۵۵	۳/۶۸	۲	۱/۵۲	۳/۴۶	۱/۴۲	۰/۴۵	۰/۱۴۱	۰/۰۷	۹۸/۸
Gk_{14}	۵۸/۲۴	۱۵/۱۳	۶/۳۷	۱/۹۴	۲/۴۱	۵/۵۲	۳/۹۸	۳/۶۵	۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۱۹	۹۸/۵۵
Gk_{22}	۷۴/۷۷	۱۳/۰۸	۰/۲۶	۳/۸۶	۰/۸۶	–	۴/۸۸	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۱۴	۰/۰۰۸	۹۸/۲۹
Gk_{25}	۶۲/۳۹	۱۵/۲۵	۳/۳۷	۸/۲۱	۱/۹۹	۱/۱۸	۲/۹۶	۱/۳۹	۰/۴۹	۰/۱۷۲	۰/۰۸۸	۹۷/۴۹
Gkc_{16}	۶۸/۶۳	۱۳/۹۶	۳/۵۳	۳/۶۹	۱/۹۹	۱/۵۳	۳/۴۶	۱/۴۲	۰/۴۴	۰/۱۴۳	۰/۰۸۶	۹۸/۸۶
Gkc_{17}	۶۹/۱۵	۱۳/۸۷	۲/۸۶	۳/۸۸	۱/۸۹	۱/۲۶	۳/۶۰	۱/۲۹	۰/۳۹	۰/۱۱۴	۰/۰۶۳	۹۸/۳۷

(ب)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

(ادامه جدول ۱)

اکسیدها / ش. نمونه	SiO_2	Al_2O_3	CaO	K_2O	Fe_2O_3	FeO	Na_2O	MgO	TiO_2	P_2O_5	Mno	Total
AD_6	۵۶/۱۰	۱۳/۷۳	۷/۳۸	۲/۲۶	۲/۴۹	۶/۱۳	۲/۶۷	۴/۱۶	۰/۹۹	۰/۲۶۵	۰/۱۶۹	۹۶/۳۴
AD_{10}	۷۴/۰۶	۱۳/۵۷	۰/۸۴	۶/۱۳	۰/۹۸	–	۳/۲۰	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۳	۹۹/۱۲
AD_{12}	۷۳/۲۹	۱۳/۲۸	۰/۸۶	۲/۹۶	۱/۶۹	۰/۷۴	۴/۴۴	۰/۵۷	۰/۱۹	۰/۰۶۴	۰/۰۲۴	۹۸/۱۰
AD_{15}	۶۰/۳۸	۱۵/۸۲	۶/۵	۲/۲۸	۲/۳۶	۴/۲	۳/۴۹	۳/۳۱	۰/۸۱	۰/۲۶	۰/۱۲۸	۹۹/۵۴
AD_{26}	۵۹/۷	۱۳/۹۸	۷/۱۸	۲/۱۱	۲/۳۷	۴/۸۱	۲/۷۱	۳/۰۴	۰/۸۱	۰/۲۱	۰/۱۲۴	۹۷/۰۴
AD_{27}	۶۲/۰۱	۱۴/۵۷	۵/۶۵	۲/۹۱	۲/۲۴	۳/۸۶	۲/۹۳	۲/۹۲	۰/۷	۰/۱۸۵	۰/۱۱۲	۹۸/۰۸
AD_{29}	۶۲/۱۲	۱۵/۹۴	۵/۳۱	۲/۹۰	۲/۰۴	۲/۷۴	۳/۱۶	۲/۰۴	۰/۵۴	۰/۱۶	۰/۰۸۴	۹۷/۰۴
AD_{37}	۵۸/۴۷	۱۳/۷۶	۱۰/۱۲	۶/۸۷	۲/۲۱	۳/۲۶	۱/۱۸	۱/۷۸	۰/۶۷	۰/۱۵۹	۰/۱۸۶	۹۸/۶۶
AD_{39}	۵۷/۶۵	۱۴/۴۶	۶/۱۲	۲/۷۳	۲/۵۴	۵/۷۲	۲/۹۲	۳/۸۶	۱/۰۱	۰/۲۵	۰/۱۶	۹۷/۴۲

جدول ۲. نتايج تجزيه شيميائي عناصر کمياب سنگ‌هاي ماگمايي: الف: شير کوه ب: کافي آباد ج: آدربلندان به روش X.R.F . ارقام برحسب پي پي ام هستند

عناصرکمیاب / ش.نمونه	Sr	Rb	Ba	Zn	Ce	La	Zr	Cu	V	Ni
B_1	۶	۲۵۰	۲۸۹	۶۴	۴۹	۱۰	۴۴	۱۸	۱۲	۲
B_2	۱۰۰	۱۶۰	۸۷۴	۳۰	۵۴	۲۱	۱۵۳	۱۵	۳۸	۱۰
B_3	۸۹	۱۶۱	۸۲۵	۷۸	۶۱	۳۴	۱۷۵	۳۶	۴۸	۱۳
B_4	۱۴۲	۱۳۳	۱۰۶۹	۳	۷۱	۵۱	۱۹۶	۲۱	۷۹	۱۸
B_5	۱۶۴	۱۴۱	۱۲۰۷	۲	۶۷	۴۱	۲۰۸	۲۰	۱۰۵	۱۹
B_7	۱۷۵	۱۱۹	۳۳۳۷	۵	۶۴	۳۳	۵۳	۱۵۹	۴۸۳	۲۲۹
B_{10}	۱۶۴	۱۳۴	۱۱۵۱	۲	۵۸	۳۰	۱۸۷	۲۷	۹۱	۲۰
B_{15}	۱۲۷	۶۳	۴۲۵	۴	۶۰	۴۳	۲۵۰	۴۶	۶۵	۵۷
B_{16}	۱۲۴	۱۶۸	۱۰۰۰	۱۸	۶۷	۴۵	۱۸۲	۱۷	۵۵	۱۳
B_{17}	۸۲	۱۲۵	۱۰۹۲	۲	۹۹	۸۳	۲۰۰	۳۳	۱۵۶	۵۰
B_{18}	۷۶	۱۰۵	۸۴۸	۵	۷۰	۴۹	۱۸۸	۲۵	۷۷	۵۱
A_4	۸	۲۲۰	۳۶۰	۵۴	۵۲	۱۸	۴۸	۲۲	۲۵	۵
G_1	۳۰۵	۲۱۳	۷۱۴	۱۲۲	۴۲	۱۸	۱۶۸	۲۵	۸۲	۲۲
G_4	۱۴۳	۲۹۶	۹۷۹	۱۱۸	۵۵	۲۸	۱۸۲	۲۵	۳۸	۱۲

(الف)

عناصرکمیاب / ش.نمونه	Zr	Sr	U	Rb	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Ce	Y	Nd	Nb	Hf	Cl	Ga	Ag	La	Th	W	F	V	Cr	S	Ba
gk_1	۱۳۷	۱۷۵	۳	۱۴۶	۱۸	۳۲	۸	۱۰	۵	۴۵	۳۸	۳۱	۴۸	۲	۳۸۸	۱۶	۰	۵۰	۱۷	۰	۱۱۴	۵۵	۱۰۳	۱۲۰	۴۹۹
gk_8	۱۲۶	۱۸۳	۲	۱۳۸	۱۴	۳۶	۰	۰	۸	۵۰	۳۷	۱۷	۴۶	۲	۳۵۱	۱۷	۰	۳۶	۱۱	۰	۴۴	۵۹	۶۲	۷۳	۴۶۰
gk_{12}	۱۴۴	۱۹۹	۲	۱۳۴	۱۸	۴۱	۸	۱۰	۵	۴۴	۳۶	۹	۳۷	۴	۶۷۱	۱۹	۰	۳۶	۱۳	۱	۴۰۵	۵۸	۶۸	۷۷	۵۲۵
gk_{14}	۱۷۵	۲۰۰	۳	۱۲۵	۱۵	۷۳	۱۹	۱۰	۲۸	۸۳	۸۶	۲۳	۷۱	۵	۷۶۱	۲۱	۰	۲۵	۷	۸	۶۵۰	۱۲۳	۲۱	۸۳	۲۹۹
gk_{22}	۱۰۵	۲۵	۲	۱۱۰	۹	۱۰	۱	۰	۰	۱۴	۴۷	۲۸	۳۲	۴	۶۶۱	۲۰	۰	۲۲	۲۲	۳	۴۶۰	۱۲	۰	۴۴	۲۶۹
gk_{25}	۱۵۷	۲۸۰	۲	۱۹۳	۱۶	۳۰	۱۵	۴	۲	۱۱	۴۵	۸	۴۲	۵	۴۶۷	۱۶	۰	۱۹	۵	۰	۱۳۱	۵۸	۸	۵۰	۹۶۰
gkc_{16}	۱۴۵	۱۹۵	۳	۱۳۱	۱۸	۴۲	۹	۱۱	۴	۴۴	۳۷	۸	۳۸	۳	۶۷۵	۲۰	۰	۳۷	۱۴	۰	۳۹۵	۵۹	۶۶	۷۶	۵۲۳
gkc_{17}	۱۳۶	۱۷۳	۴	۱۵۰	۱۶	۳۱	۷	۱۰	۵	۴۶	۳۹	۲۹	۴۸	۲	۳۹۰	۱۶	۱	۵۲	۱۶	۰	۱۱۹	۵۶	۱۰۲	۱۲۲	۵۰۳

(ب)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

ردیف	نام نمونه	کانی
۱	gk_{12}	شاموزیت ـ منیتیت ـ ایلیت
۲	gk_{13}	بروسیت ـ کلسیت ـ دولومیت
۳	gk_{15}	کلسیت ـ کائولینیت ـ دولومیت ـ لیزاردیت
۴	gk_{16}	کلسیت ـ لیزاردیت ـ ژیپس
۵	gk_{19}	اوژیت ـ فلوگوپیت ـ ایلیت ـ اپیدوت
۶	gkc_{15}	کوارتز ـ آلبیت ـ گائولینیت ـ موسکویت ـ فرواکتینولیت
۷	gkc_{23}	کلسیت ـ دولومیت ـ لیزاردیت
۸	gkc_{24}	تالک ـ فلوگوپیت ـ فورستریت ـ آندرادیت
۹	gkc_{26}	اسکاپولیت ـ زئولیت ـ سرپانتین ـ منیتیت ـ کلسیت
۱۰	AD_{12}	کوارتز ـ آلبیت ـ تورمالین ـ کلریت ـ کلسیت
۱۱	AD_{35}	آندرادیت ـ کلسیت ـ منیتیت
۱۲	AD_{36}	کلسیت ـ آندرادیت ـ کوارتز

جدول ۳: کانی‌های سنگهای اسکارنی هالهٔ دگرگونی مجاورتی به روش X. R. D.

ش. نمونه	کانی	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO	Cr_2O_3	MnO	FeOt	Na_2O	K_2O	F	Cl	Total
gk_{17}	ترمولیت	۵۷/۷۳	۰/۱۱	۱/۷۱	۲۳/۲۴	۱۳/۵۸	۰/۰۶	۰/۱۴	۱/۸۸	۰/۳۴	۰/۱۴	n.a	n.a	۹۸/۹۳
	آکتینولیت	۵۵/۷۳	۰/۰۸	۱/۹	۲۲/۷	۱۳/۶۷	۰/۰۴	۰	۴/۷۴	۰/۳۸	۰/۱۲	n.a	n.a	۹۹/۳۶
	زمینه	۱۰۰/۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸	۰	۰	۰	۰	n.a	n.a	۱۰۰/۱
	اوژیت	۵۶/۴۵	۰/۰۷	۲/۵	۲۲/۶	۱۳/۳۸	۰/۰۸	۰/۰۶	۳/۷۷	۰/۷	۰	n.a	n.a	۹۹/۶۱
AD_{34}	آندرادیت	۳۶/۹۲	۱/۶۷	۱۶/۲۲	۳/۳	۳۶/۴۱	۰/۱۳	۰	۴/۲۶	۰	۰	۰	۰	۹۸/۹۱
	دیوپسید	۵۳/۴۶	۰/۱۲	۰/۰۹	۱۹/۲۱	۲۵/۵۸	۰	۰/۱۸	۱/۲۸	۰	۰	n.a	n.a	۹۹/۹۲
	زمینه	۰	۰/۰۴	۰	۱۷/۹۹	۳۸/۶۳	۰/۱۱	۰	۲/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۳	n.a	n.a	۵۹/۰۶
gkc_{24}	فلوگوپیت	۳۸/۵۶	۰/۳۲	۱۷/۸۷	۲۵/۵	۰/۰۴	۰/۰۷	۰	۱/۱۵	۰/۲۹	۱۰/۴۳	۲/۰۸	۰/۱۸	۹۶/۴۹
	فلوگوپیت	۳۹/۱۲	۰/۲۹	۱۸/۱۶	۲۵/۲۵	۰	۰/۰۹	۰	۱/۱۶	۰/۳۳	۱۰/۵۴	۱/۹۴	۰/۱۴	۹۷/۰۲
	فلوگوپیت	۳۸/۹۵	۰/۲۲	۱۸/۱۴	۲۵/۲۷	۰	۰/۰۷	۰	۱/۲۴	۰/۳۱	۱۰/۴۵	۱/۹۸	۰/۱۹	۹۶/۸۲
	فورستریت	۴۰/۹۲	۰/۱۱	۰	۵۴/۱۹	۰/۰۶	۰	۰/۱۵	۴/۰۱	۰	۰	۰	۰	۹۹/۹۴
	زمینه	۰	۰	۰	۱۵/۱	۳۷/۵۳	۰/۱۳	۰	۵/۳۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰	۰	۵۸/۱۸

n.a. = تجزیه نشده

جدول ۴ : نتایج تجزیهٔ میکروپراب سه نمونهٔ سنگ اسکارنی جنوب غرب یزد

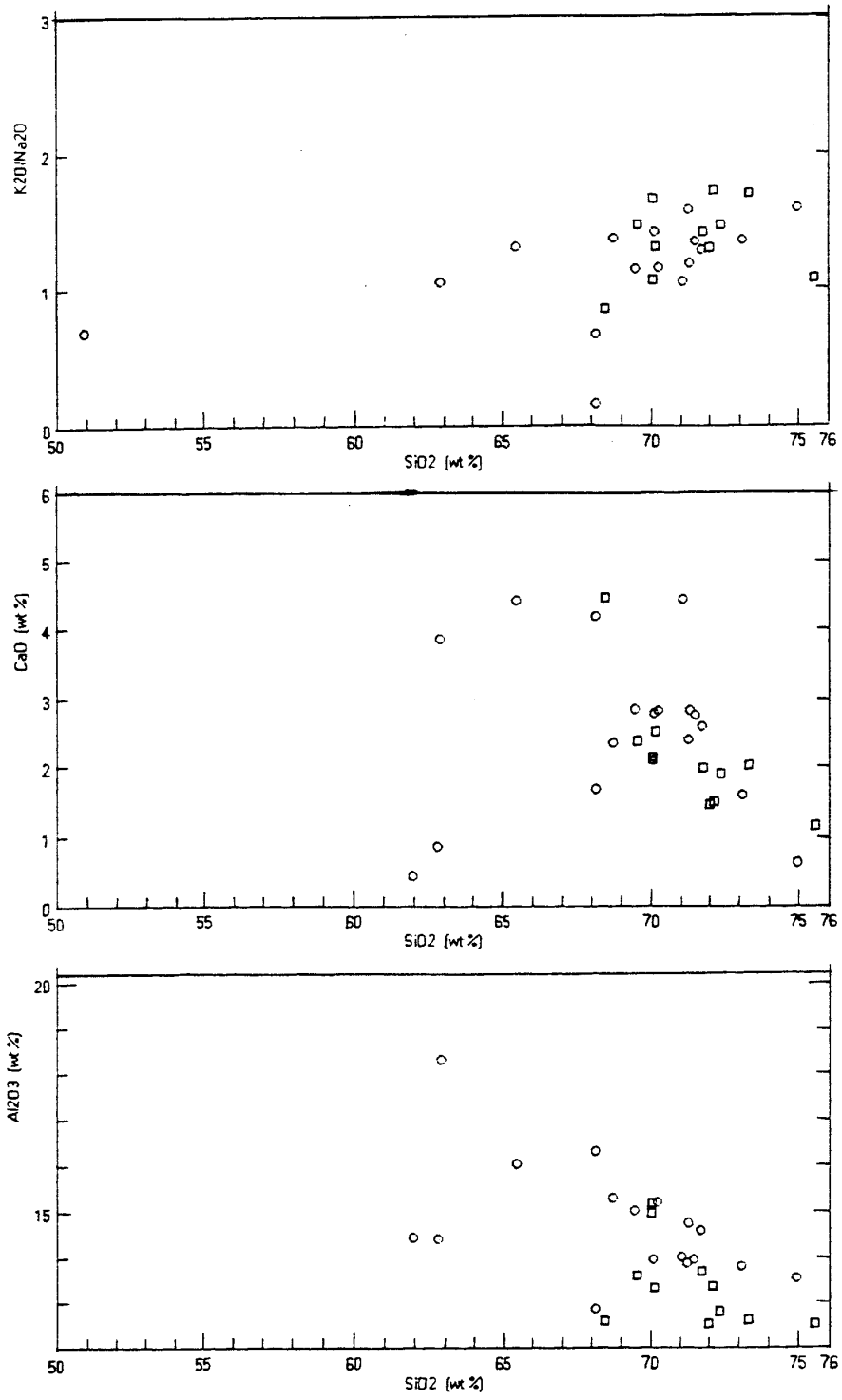
نام دقیق کانی‌های فوق براساس فرمول ساختمانی و محاسبهٔ کاتیونها برای آمفیبولها بر مبنای ۲۴ اکسیژن، برای پیروکسنها بر مبنای ۶ اکسیژن، برای گرونا بر مبنای ۲۴ اکسیژن، برای میکاها بر مبنای ۲۴ اکسیژن و برای الیوین بر مبنای ۴ اکسیژن بدست آمده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

تغييرات عناصر در دو توده نفوذي مذكور نيز پديده تفريق ماگمايي را تاييد مي‌نمايد. تغييرات اكسيدهاي عناصر اصلي سنگهاي مختلف توده‌هاي نفوذي منطقه مورد مطالعه نسبت به يكديگر (نمودارهاي هاركر، شكل‌هاي ۳ و ٤) حكايت از آن دارد كه تبلور كاني‌هاي فرومنيزين، از قبيل پيروكسن و آمفيبول، موجب تنزل TiO_2 ، MgO ، FeO ، CaO ، MnO و افزايش مقدار Al_2O_3 و عناصر آلكالن (Na_2O و K_2O) در ماگماي باقيمانده شده و متعاقب آن تبلور پلاژيوكلاز باعث شده است كه مقادير CaO و Al_2O_3 نسبت به سيليس در نمودارها كاهش قابل ملاحظه‌اي را نشان دهند. از نمودارهاي فوق و مطالعه دقيق پتروگرافي چنين استنباط مي‌شود كه توده‌هاي نفوذي مزبور دچار پديده تفريق از طريق تبلور بخشي شده‌اند. پراكندگي نقاط در نمودارها احتمالاً ناشي از ذوب سنگهاي پوسته قاره‌اي توسط ماگماي گرانيتي است. بررسي نمودارهاي عنكبوتي نشان مي‌دهد كه سنگهاي منطقه از عناصر Ba، K و Rb غني شده و در عوض از عناصر Nb ، Sr و Ti تهي شده‌اند[۳۰] ،[۲۷]. تغييرات شديد عناصري كه گفتيم، بيانگر اين است كه توده‌هاي نفوذي مورد بحث احتمالاً مرتبط با مناطق فرورانش هستند. زيرا كه در محيط‌هاي فرورانش رسوبات و مايعات همراه با آنها مي‌توانند باعث غني شدگي غير عادي عناصر كمياب شوند كه خود نشان‌دهنده آلودگي با مواد پوسته‌اي در حاشيه قاره‌ها مي‌تواند باشد؛ در حاليكه در محيط‌هاي MORB و ORG تغييرات عناصر اين گونه نيست ،و يا اينكه ممكن است پديده‌هاي هضم و يا اختلاط در آن موثر بوده باشند. براي تشخيص گرانيت‌هاي نوع I و S و پراكندگي آنها

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

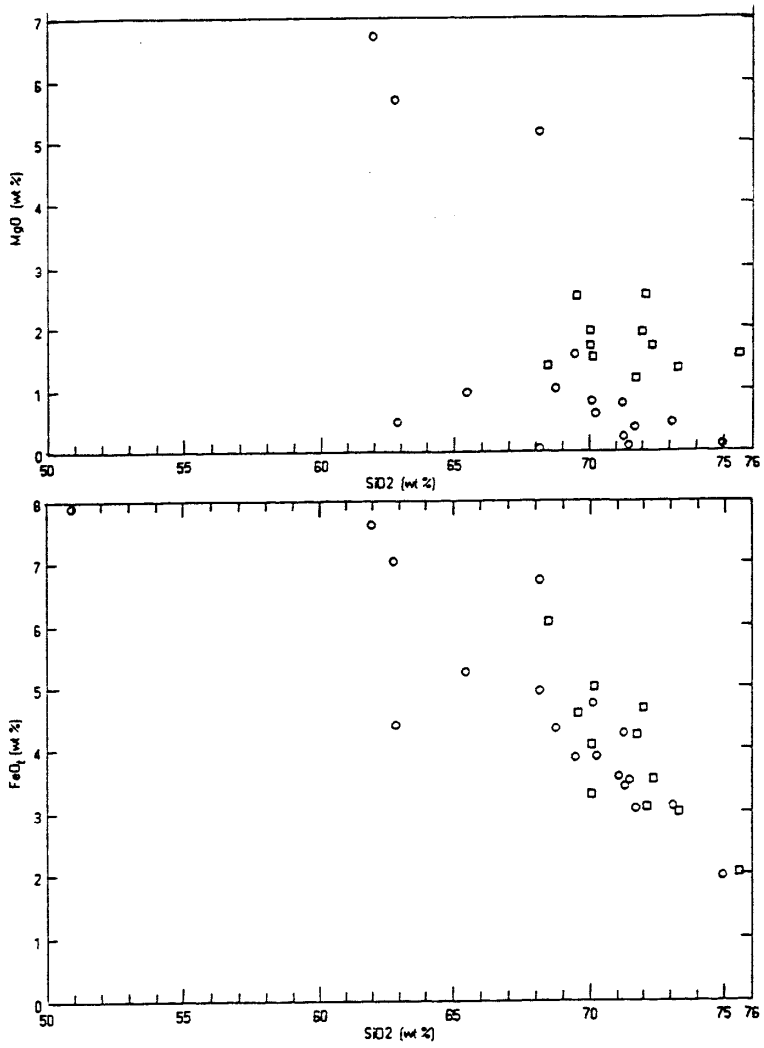
در ناحيه شيركوه، كافي‌آباد و آدربلندان از هيستوگرامهاي فراواني K(K+Na) [۱۱] و Al(Na+K+Ca/2) [۱۸] استفاده شده است (شكل۵).



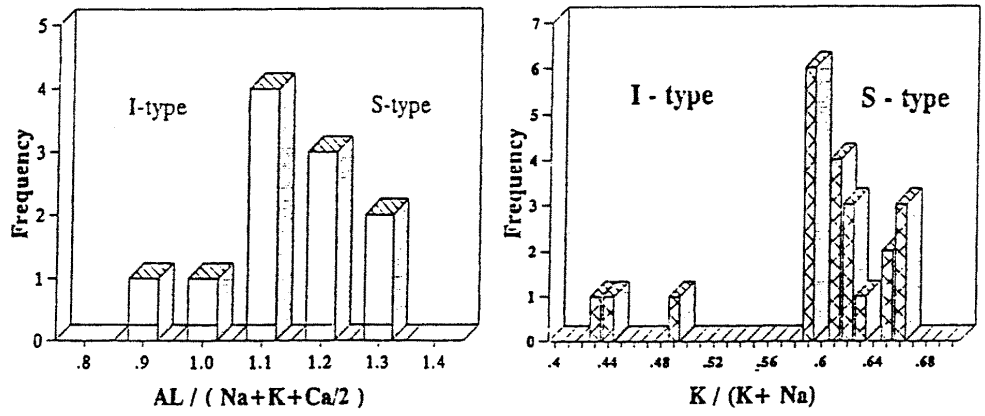
شكل ۳ : نمودار تغييرات K_2O/Na_2O ، CaO و Al_2O_3 در مقابل SiO_2

□ : نمونه‌های شيركوه ○ : نمونه‌های كافی‌آباد و آدر بلندان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]



شکل ۴ : نمودار تغییرات MgO و FeO در مقابل SiO_2



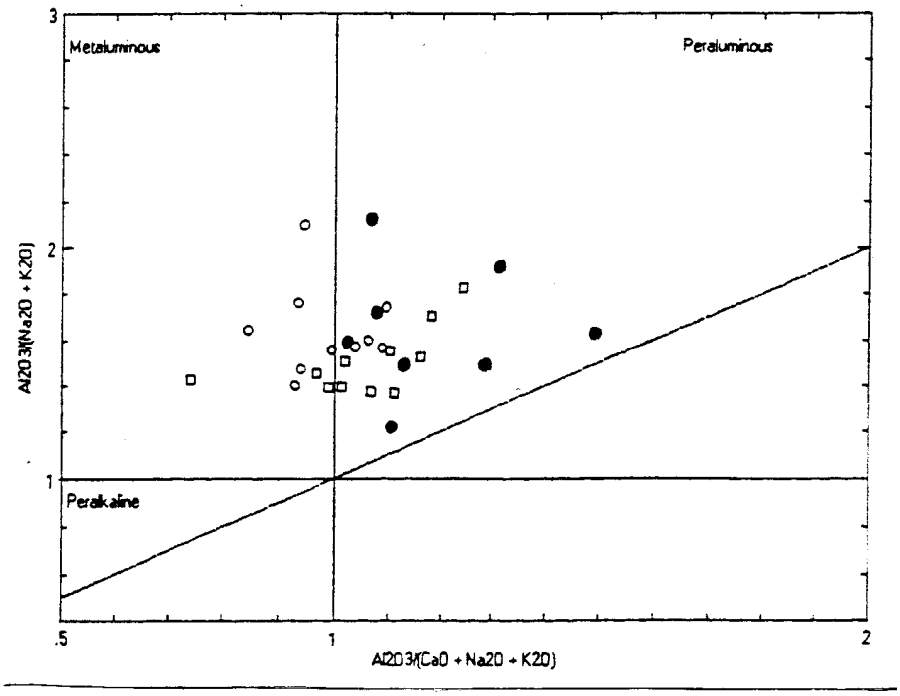
الف شکل ۵ : هیستوگرام فراوانی: ب

الف ـ K/(K+Na) که گرانیت نوع I را از نوع S جدا می‌کند (چاپل و وایت، ۱۹۷۴)

ب ـ Al/(Na+K+Ca/2) که جدا کنندهٔ گرانیت I از نوع S است (هاین و همکار، ۱۹۷۸)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

بـر اسـاس نمودارهـاي مانيـاز و پيكـولي[٢١] كـه از تغييـرات $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O)$ در مقابـل $Al_2O_3/(CaO+K_2O+Na_2O)$ استفاده شده سنگهاي منطقه مورد مطالعه در محدوده پرآلومين و متالومين قرار مي‌گيرند (شكل٦).



فرمول كاني‌هايي كه به روش ميكرو پراب تجزيه شده‌اند (جدول٤) به شرح زير است:

ترموليت در اسكارن توده نفوذي كافي آباد (gk_{17})

$(K_{0/025}\ Na_{0/093})\ (Ca_{2/055}\ Mn_{0/017}\ Fe_{0/221}\ Mg_{0/181})\ (Si_8O_{22})(OH)_2$

اوژيت در اسكارن توده نفوذي كافي آباد (gk_{17})

$(Na_{0/049}\ Ca_{0/509}\ Fe_{0/111}\ Mg_{0/302})(Mg_{0/892}\ Mn_{0/002}Cr_{0/002}Ti_{0/002}Al_{0/102})\ (Al_{0/002}Si_{1/998}O_6)$

ديوپسيد در اسكارن توده نفوذي آدربلندان (AD_{34})

$(Ca_{0/999}Mg_{0/05})(Mg_{0/993}Mn_{0/007})(Ti_{0/004}Fe_{0/039}Al_{0/004}Si_{1/95}O_6)$

آندراديت (AD_{34})

$(Fe_{0/557}\ Ti_{0/198}Cr_{0/019}Al_{2/803}\ Si_{5/799}O_{24})(Mg_{0/774}Ca_{6/13})$

اليوين (gkc_{24})

$(Mn_{0/003}Ca_{0/001}Mg_{1/92}Fe_{0/066})(Fe_{0/015}Ti_{0/001}Si_{0/984}\ O_4)$

كه مي‌توان آن را به صورت $[Mg_{1/92}Fe_{0/08}SiO_4]$ نوشت.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

فلوگوپيت در سنگهاي اسكارني توده نفوذي كافي‌آباد[$gk_{24}(1)$]

$(Ca_{0/009}\ K_{2/01}Na_{0/082})(Ti_{0/036}Fe_{0/146}\ Mg_{\ 5/745}\ Al_{1/031})(Al_{2/161}\ Si_{5/839}O_{20})\ (OHCL_{0/045}\ F_{0/991})$

فلوگوپيت [$gkc_{24}(2)$]

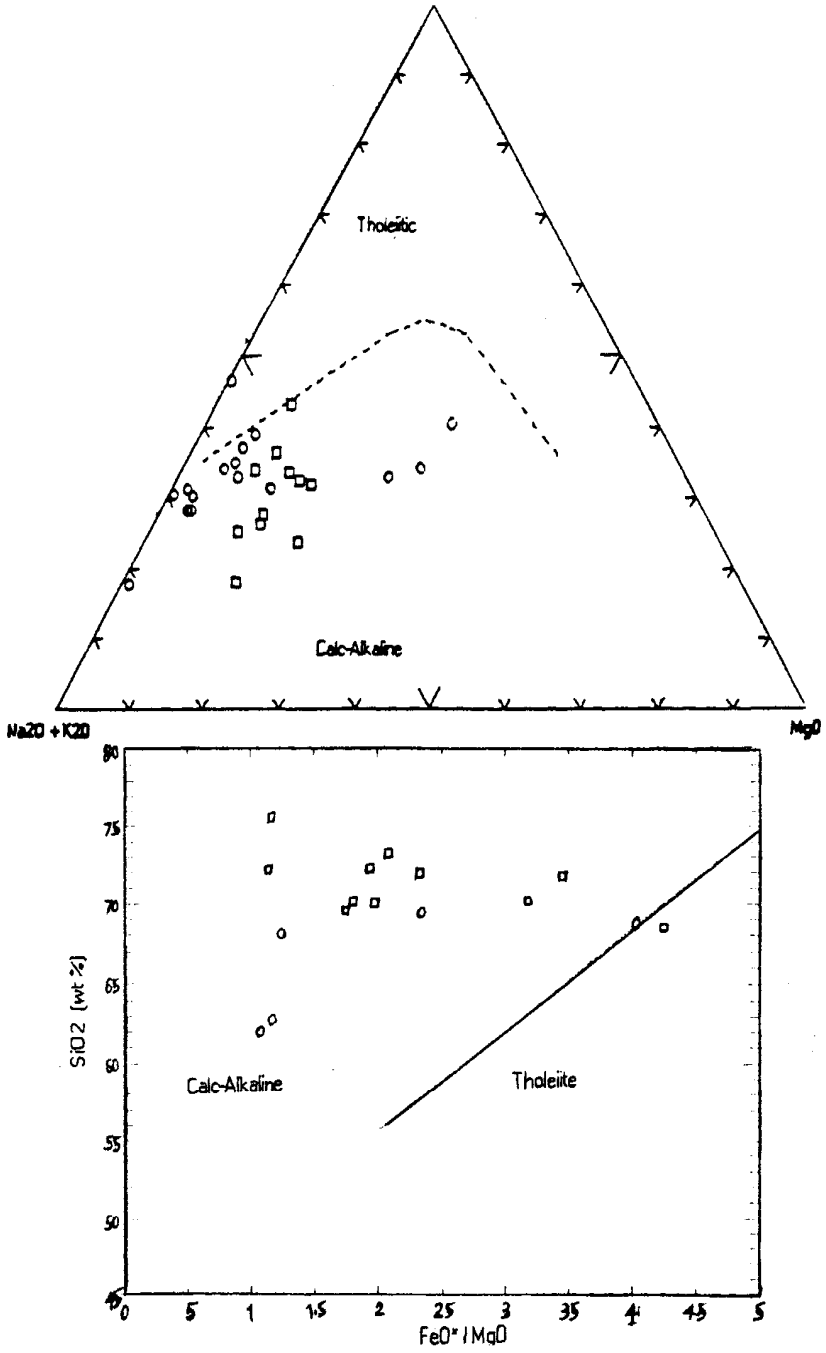
$(k_{2/023}\ Na_{0/099})\ (Ti_{0/036}\ Fe_{0/144}Mg_{5/652}\ Al_{1/092})\ (Al_{2/122}\ Si_{5/878}O_{20})\ (OHcl_{0/036}F_{0/921})$

٤- تحولات پترولوژيكي

براي تشخيص و تفكيك توده‌هاي نفوذي گرانيتوئيدي به طور كلي روشهاي زير به كار برده مي‌شوند: نسبت ايزوتوپي $^{87}Sr/^{86}Sr$ ، نمودارهاي $K/(K+Na)$ ، $Al(Na+K+Ca/2)$ ، Na_2O/K_2O [٣٠] ، $(Al_2O_3+CaO)/(FeOt+Na_2O+K_2O)$ در مقابـــــــــــل $(MgO+FeOt+TiO_2)/SiO_2$ ، ١٠٠ FeO^*/MgO در مقابل SiO_2 [٢٣] ، Na_2O+K_2O/SiO_2 [٢٢] QAP [٢٠] و AFM [١٩]. براساس نمودارهاي AFM و FeO^*/MgO در مقابل SiO_2 كه نسبت‌هاي كالكوآلكالن را از تولئيتيك جدا مي‌كند سنگهاي ماگمايي منطقه مورد مطالعه در سري كالكوآلكالن قرار مي‌گيرند(شكل٧).

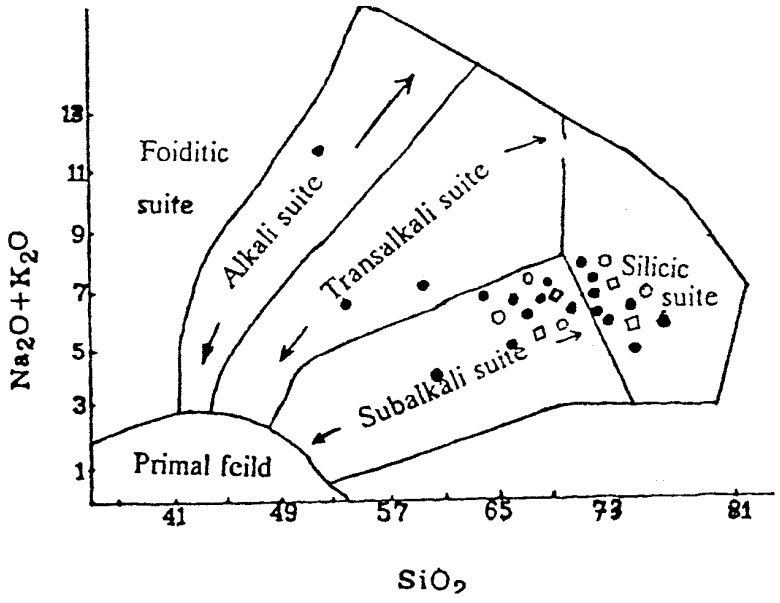
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

بر اساس نمودار درصد وزني Na_2O+K_2O/SiO_2 كه توسط ميدلموست [۲۲] ارائه گرديده است نمونه‌هاي منطقه مورد مطالعه در محدوده ساب آلكالن و سيليسي قرار مي‌گيرند (شكل۸).



شكل ۷ : الف: نمودار ايروين و باراگار (۱۹۷۱) و (ب): مياشيرو (۱۹۷۴) كه سری‌های كالكوآلكالن و تولئيت را از هم جدا می‌كند. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در هر دو نمودار خصوصيات كالكوآلكالن را نشان می‌دهند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

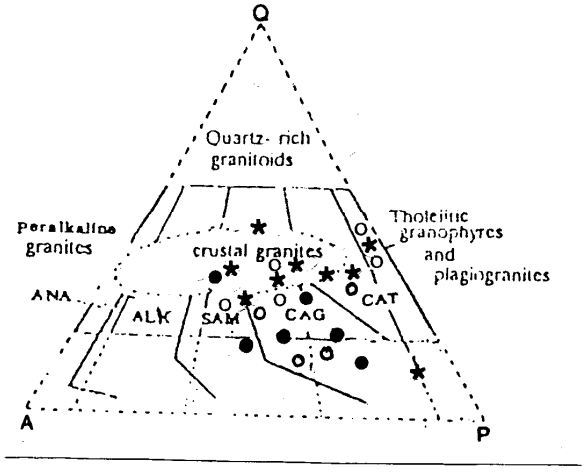


شکل ۸ : براساس نمودار میدلموست (۱۹۹۱) سنگهای ماگمایی جنوب غرب یزد در محدودهٔ ساب آلکالن و سیلیسی قرار می‌گیرند.

از نمودارهاي ديگري كه براي تمايز سري‌هاي گرانيتي استفاده مي‌شود ، نمودار Q.A.P [۲۰] است كه محدوده‌هاي تونالیت يا ترونجوميت كالكوآلكالن، گرانو ديوريت كالكو آلكالن، مونزونيت ساب آلكالن، آلكالن پتاسيك و آلكالي سديك را از يكديگر مجزا مي‌سازد. تغييرات در طيف كالكوآلكالن را مي‌توان بر اساس سري‌هاي پلوتونيك در شيلي، پرو و باتوليت سيرانوادا مورد بررسي قرار داد. با توجه به نتايج تجزيه مودال، باتوليت شيركوه و ساير توده‌هاي نفوذي در محدوده گرانيتوئيدهاي كالكوآلكالن و گرانيت‌هاي پوسته‌اي قرار مي‌گيرند (شكل۹). ساده ترين تقسيم‌بندي ژنتيكي گرانيت‌ها را به دو گروه I (منيتيتي) و گروه S (سري ايلمنيتي) تقسيم مي‌كند [۱۶] وايت و چاپل [۱۱] و هاين و همكاران [۱۸] براي تفكيك گرانيتوئيدهاي نوع I و S مشخصات جديدي را عنوان نمودند به نظر آنها گرانيت‌هاي نوع S عموماً به صورت توده‌هاي نفوذي كوچك و فاقد سنگهاي آتشفشاني مرتبط با آنها است و طيف تركيبي آنها از ديوريت (۲۰%)، گرانوديوريت (۱۸%) تا گرانيت (۸۰%) تغيير مي يابد، چنانكه گرانيتوئيدهاي نوع I معمولاً به صورت توده‌هاي نفوذي بزرگ و همراه با سنگهاي آتشفشاني مرتبط با آنها است و طيف تركيبي آنها از ديوريت (۱۵%)، گرانوديوريت (۵۰%) تا گرانيت (۳۵%) تغيير پذير است.

در محدوده مورد مطالعه باتوليت شيركوه بيشتر با نوع S و توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان با نوع I مطابقت دارند. براي بررسي شرايط دما و فشار تشكيل توده‌هاي نفوذي جنوب غرب يزد از نمودارهاي دوتايي سيستم آلبيت و ارتوز [۲۹] استفاده شده (شكل۱۰) و با توجه به حضور گسترده ميكروپرتيت در باتوليت گرانيتوئيدي شيركوه و پرتيت آنتي‌پرتيت در توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان فشار بخار آب حاكم بر تشكيل

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]



شکل ۹ : نمودار مودال QAP (لامر و بودن، ۱۹۸۲) برای تمایز سری‌های مختلف گرانیتی و موقعیت سنگهای گرانیتی توده‌های نفوذی جنوب غرب یزد. CAT : تونالیت یا ترونجومیت کالکوآلکالن CAG : گرانودیوریت کالکوآلکالن SAM : مونزوئیت ساب آلکالن ALK : آلکالن پتاسیک ANA : آلکالن سدیک

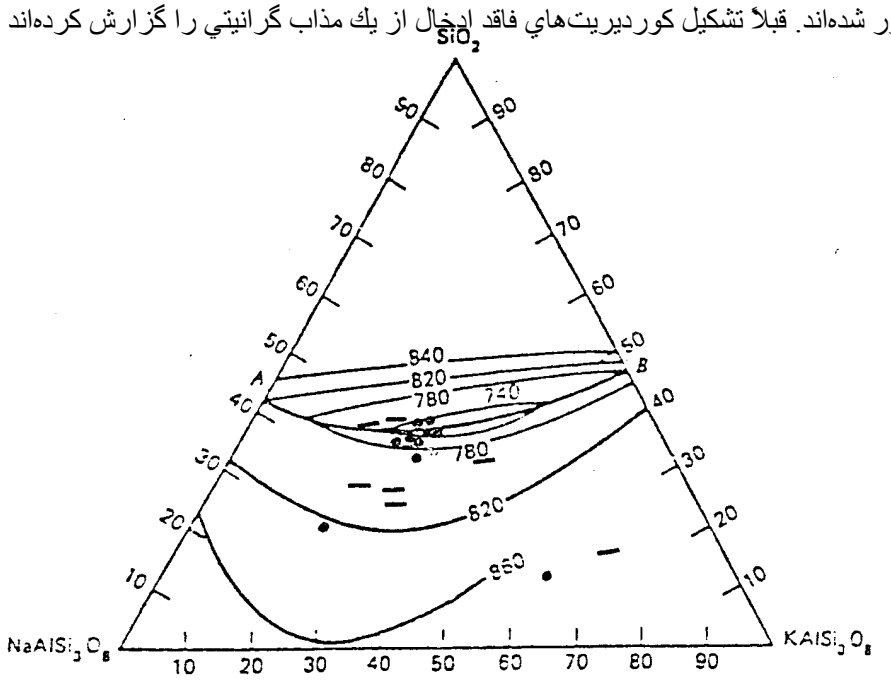
★ شیرکوه ● کافی‌آباد ○ آدربلندان

توده‌هاي نفوذي بين ۱-۲ كيلوبار فرض شده است. علاوه براين مورد كاني شناسي دقيق سنگها نيز موید اين مطلب است، زيرا كه در هاله دگرگوني ايجاد شده در اطراف توده‌هاي نفوذي ديوپسيد كه حرارت تشكيل بيش از $۵۰۰^{\circ}C$ را نشان مي‌دهد وجود دارد (تجزيه سه نمونه سنگ اسكارني به روش ميكروپراب). با توجه به اينكه توده‌هاي پلوتونيك مي‌توانند حداكثر ۶۰ تا ۷۰ درصد حرارت خود را به نزديك‌ترين سنگهاي مجاور منتقل كنند [۸] از اين رو، حرارتي در حدود $۷۵۰^{\circ}C$ و حتي بيشتر براي توده‌هاي گرانوديوريتي تخمين‌زده مي‌شود. در بررسي‌هاي پترولوژيكي نوع بافت سنگها نيز مي‌تواند به عنوان كليدي براي شناخت منشا ماگما موثر باشد.

در سنگهاي منطقه مورد مطالعه بافت‌هاي پرتيت، آنتي‌پرتيت و گرافيك(گرانوفير) به فراواني مشاهده مي‌شود. وجود بافتهاي پرتيتي و آنتي‌پرتيتي نشانه تبلور سنگ تحت فشار بخار آب كم (زير ۲Kb) در سيستم دوتايي آلبيت و ارتوز بوده است به چنين گرانيت‌هايي، گرانيت هيپرسالووس گفته مي‌شود. بافت‌هاي گرانوفيري موجود حاصل رشد همزمان كوارتز و فلدسپات آلكالن از مايعي كه تركيب مشابه نقطه اوتكتيك يا خط كوتكتيك را دارد مي‌باشند. ميدلموست [۲۲] كاني‌هاي سيليكات آلومين موجود در گرانيت‌ها را بعنوان بلورهاي بيگانه مشخص نموده و وجود آنها را به عنوان نشانه ذوب بخشي سنگهاي پوسته اي مي داند.پيچر [۲۵] وجود آلومينوسيليكاتها از جمله سيليماتيت در گرانيتوئيدها را بعنوان رستيت قلمداد مي‌كند. شلي [۲۸] نيز عقيده دارد در سنگهاي گرانيتي نوع S مواد رسيتيتي به وفور يافت مي‌شود. آندالوزيت و كورديريت در گرانيتوئيد شيركوه از نوع اوليه هستند چون هر دو بر خلاف نوع دگرگوني فاقد ادخال‌هاي كربني بوده و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

بصورت شفاف ديده مي‌شوند. بنابراين مي‌توان نتيجه گرفته كه اين كاني‌ها بصورت اوليه از يك ماگماي پرآلومين متبلور شده‌اند. قبلاً تشكيل كوردييريت‌هاي فاقد ادخال از يك مذاب گرانيتي را گزارش كرده‌اند [١٤].



شكل ١٠: موقعيت سنگهاي نفوذي جنوب غرب يزد و ارتباط آنها با ناحيه حرارت ذوب پايين سيستم سه‌تايي $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-SiO_2 (تاتل و باون، ١٩٥٨). سيستم تحت فشار بخار آب يك كيلوبار است.

●: نمونه‌هاي كافي آباد - : نمونه‌هاي آدربلندان

٥ ـ موقعيت تكتونيكي:

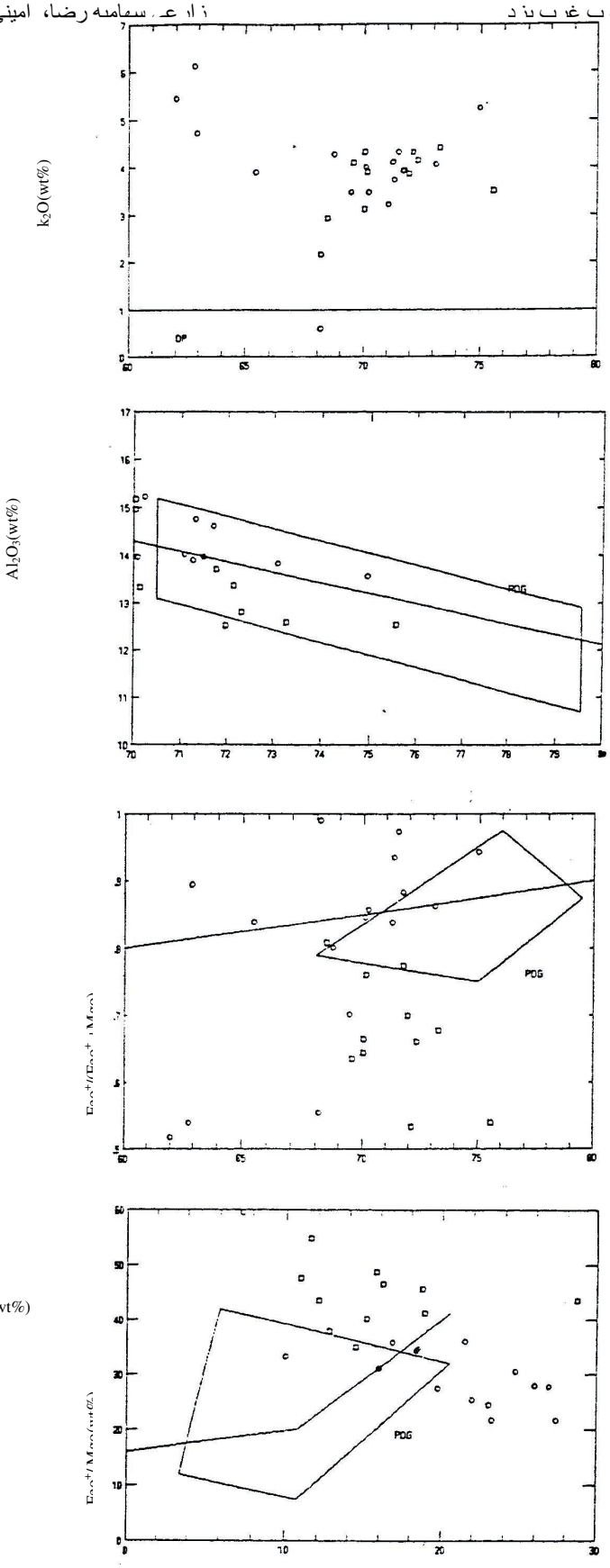
با استفاده از نمودارهاي تشخيص محيط‌هاي تكتونيكي كه توسط مانيار و پيكولي [٢١] ارائه شده است به طور كلي گرانيتوئيدها در سه گروه CCG-1 ، CAG و IAG ٢-RRG و CEUG و ٣-POG قرار مي‌گيرند چنانكه با استفاده از نمودارهاي درصد وزني K_2O/SiO_2 ، Al_2O_3/SiO_2، FeO/(FeO+MgO) در مقابل SiO_2 و FeO/MgO(شكل١١) تعدادي از سنگهاي گرانيتوئيدي منطقه را در محدوده POG بايد دانست. نمودار درصد وزني FeO+MgO/CaO نيز نشان مي‌دهد كه گرانيتوئيدهاي شيركوه، كافي آباد و آدربلندان از نوع گرانيتوئيدهاي پس از كوهزايي (PGO) هستند. در نمودار K_2O/SiO_2, Op معرف پلاژيوگرانيت‌هاي اقيانوسي است كه تحت عنوان M نامگذاري شده است [٧]. نمودار باچلور و بودن [١٠] گرانيتوئيدهاي مورد نظر را از نوع همزمان با كوهزايي و بعد از كوهزايي معرفي مي‌نمايد (شكل١٢).علاوه براين براي تشخيص محيط تكتونيكي گرانيت‌ها از عناصر كمياب [١٧] نيز مي‌توان استفاده كرد.

عناصر كمياب سنگهاي ماگمايي جنوب غرب يزد با نمودارهاي عنكبوتي مربوط به مناطق MORB , ORG [٢٤] و مناطق فرورانش (حاشيه فعال قاره) مقايسه شده است. اين نمودارها داراي نقاط ماكزيمم و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

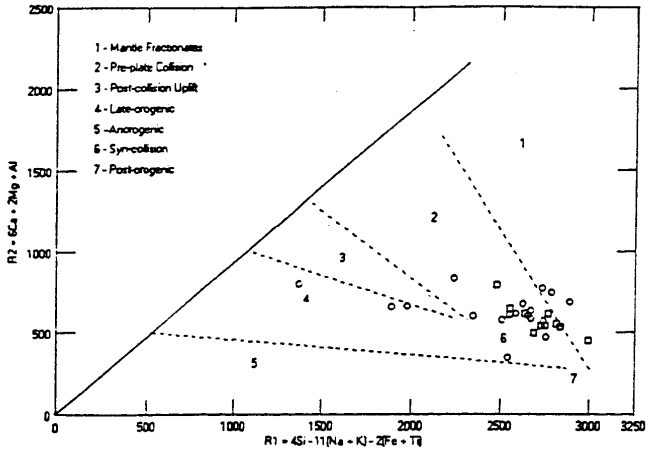
مي‌نيممي هستند كه اختلاف بين آنها زياد است و محيطهاي در ارتباط با فرورانش را نشان ميدهند زيرا كه رسوبات و مايعات همراه با آنها مي‌توانند باعث غني‌شدگي غير عادي عناصر كمياب شوند. اين نمودارها غني شدگي از عناصر Rb,K,Ba و تهي‌شدگي از Nb ، Sr و Ti را نشان مي‌دهند [۳۰] ، [۲۷] در شكل ۱۳ اين نمودارها عرضه شده است. علاوه بر هضم رسوبات مرتبط با صفحه فرورونده در مناطق فرورانش كه مي‌توانند باعث غني شدگي غير عادي عناصر كمياب شوند پديده‌هاي هضم يا اختلاط نيز شايد در مكانيسم‌هاي غني‌شدگي و تهي شدگي موثر بوده‌اند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

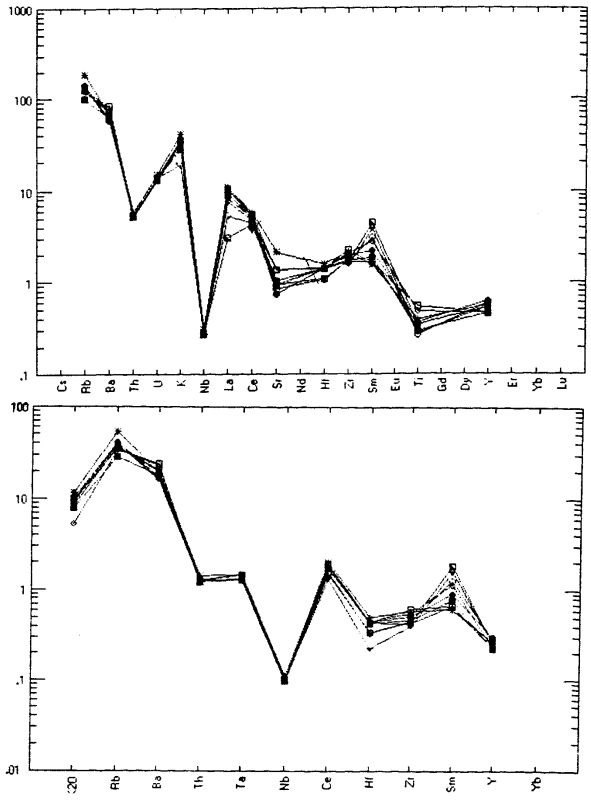


شکل ۱۱: نمودارهای مختلف مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) برای تشخیص محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها. بر اساس این نمودارها گرانیتوئیدهای جنوب غرب یزد از نوع گرانیتوئیدهای پس از کوهزایی (POG) هستند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]



شكل ۱۲: نمودار ب صله ر نوع همزمان با
كوهزايي و بعد از كوهزا



شكل۱۳: نمودار اسپا
مي‌شود از Ba ، Rb و K خ

ان. همانطوري كه ديده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

٦- نتيجه‌گيري:

از مطالعات صحرايي، آزمايشگاهي، پتروگرافي، ژئوشيميايي، پترولوژي و زمين ساختي منطقه جنوب غرب يزد، به اين نتايج رسيده ايم:

١- قديمي‌ترين سنگهاي منطقه كه در مجاورت با باتوليت شيركوه قرار دارد آهك جمال باسن پرمين است كه حد تماس آن با گرانيت‌ها گسله است. مجاورت توده هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان با آهكهاي كرتاسه منجر به پديده اسكارن‌سازي شده است كه عمده‌ترين كاني‌هاي آن عبارتند از ديوپسيد، گرونا (آندرادیت)، فلوگوپيت، اسكاپوليت، تالك و سرپانتين.

٢- توده‌هاي نفوذي منطقه جنوب غرب يزد داراي ترم‌هاي سنگ‌شناسي گرانوئيوريت، مونزوگرانيت سيينوگرانيت، آلكالن و تونالیت مي‌باشند. كاني‌هاي فرعي سنگها منيتيت، هماتيت، زيركن، اسفن و آپاتيت هستند. بافت‌هاي عمده سنگها پرتيت، گرافيك و گرانولر مي‌باشد.

٣- توده هاي گرانيتوئيدي منطقه بيشتر ماهيت كالكوآلكالن دارند.

٤- با توجه به كارهاي آزمايشگاهي و آناليزهاي شيميائي، توده‌هاي گرانيتوئيدي در طيف حرارتي ^{c}۶۸۰° تا ^{c}۷۵۰° و فشار بين ١-٢ كيلوبار تشكيل شده‌اند.

٥- با توجه به داده‌هاي ژئوشيميايي و پراكندگي در مقادير Na_2O ، K_2O و CaO، حضور گرانيت‌هاي آلكالن و كالكو آلكالن و شواهد هورنفلسي مي‌توان چنين تصور نمود كه در منطقه مورد مطالعه بيش از يك واقعه نفوذ و جايگزيني براي گرانيت‌ها رخ داده است. بعنوان مثال گرانيت شيركوه بعد از تریاس بالايي و به احتمال زياد در ژوراسيك مياني جايگزين شده است. سن مطلق ارائه شده بعد از تریاس بالايي و به احتمال زياد ژوراسيك مياني جايگزين شده است. سن مطلق ارائه شده توسط فورستر [١٥] و رير و محافظ [٢٦] براي گرانيتوئيد شيركوه آن را به فاز كوهزايي سيمري پسين نسبت داده است. در حالي كه توده‌هاي نفوذي كافي‌آباد و آدربلندان بدليل دگرگوني آهكهاي كرتاسه اطراف بعد از كرتاسه زيرين جايگزين شده و ممكن است در ارتباط با فازهاي كوهزايي جوانتر باشند.

٦- دماي يكنواخت شدگي نسبتاً پايين كوارتز در سنگهاي منطقه مي‌تواند حاكي از عملكرد فاز دوتريك باشد. فراواني ميكا و آمفيبول اين موضوع را تاييد مي‌كند.

٧- با توجه به نمودارهاي تشخيص محيط تكتونيكي گرانيت‌ها و خصوصيات شيميايي و كاني‌شناسي گرانيتوئيدهاي شيركوه، كافي‌آباد و آدربلندان مي‌توان آنها را جزو گرانيت‌هاي كوهزايي برخورد قاره‌اي دانست.

٨- از نظر پتانسيل اقتصادي باتوليت شيركوه و توده‌هاي نفوذي كافي آباد و آدربلندان استعداد فوق‌العاده‌اي جهت استفاده سنگهاي تزئيني داشته و بخش هوازده آن براي استخراج فلدسپات و سيليس مناسب است. پگماتيت‌ها در ارتباط با توده‌هاي نفوذي خيلي كم بوده و فاقد ارزش اقتصادي هستند. ارزش اقتصادي منابع اسكارني بايستي

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

مورد مطالعه بيشتري قرار گيرد. ضمناً كاني سازي آهن- مس- سرب ـ روي و كاني‌هاي غير فلزي نظير كائولينيت نيز مشاهده مي‌شود. بر مبناي داده‌هاي ژئوشيميايي و پايين بودن نسبتRb/Sr مي‌توان گفت كه توده‌هاي نفوذي گرانيتوئيدي جنوب غرب يزد حداقل از نظر قلع و تنگستن، تهي هستند. ولي براي بررسي پتانسيل ساير عناصر، انجام مطالعات ايزوتوپي و تعيين دقيق عناصر، انجام مطالعات ايزوتوپي و تعيين دقيق عناصر كمياب لازم و ضروري است.

پاورقي

1- Spider diagram
2- Rollinson
3- Reyre, D.& Mohafez
4- Forster
5- Debon & Lefort
6- Shelly
7- Barker
8- Chappell & White
9- Hine et al
10- Maniar & Piccoli
11- Sylvester
12- Miyashiro
13- Lameyre & Boden
14- Irvine & Baragar
15- Auboin et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

منابع

۱- حسن نژاد، علي اكبر (۱۳۷٤)؛ بحثي در مورد پتروگرافي و ژئوشيمي باتوليت شيركوه، دانشكدة علوم پايه دامغان. (سمينار داخلي، ارتباط شخصي)

۲- خسرو تهراني، خسرو؛ وزيري مقدم، حسين (۱۳۷۱)؛ خلاصه‌اي از چينه‌شناسي و جغرافياي ديرينه دوره كرتاسه در نواحي شيركوه يزد، دانشگاه تهران. (مجموعه مقالات بررسي مسائل مناطق كويري و بياباني ايران)

۳- درويش‌زاده، علي (۱۳۷۰). زمين‌شناسي ايران، چاپ اول، انتشارات نشر امروز

٤- زارعي سهاميه، رضا (۱۳۷۸). مطالعه ماگماتيسم جنوب غرب يزد (منطقه انار- عقدا). موضوع رساله دكترا دانشگاه تربيت معلم.

٥- كلانتري سرچشمه، محمدرضا (۱۳۷٥).پترولوژي و ژئوشيمي باتوليت گرانيتوئيدي شيركوه يزد، پايان نامه كارشناسي ارشد ،دانشگاه تربيت معلم.

٦- معين وزيري ،حسين. ديباچه‌اي بر ماگماتيسم در ايران(۱۳۷٥)، انتشارات دانشگاه تربيت معلم.

۷- ولي زاده، محمد ولي (۱۳۷۱). پترولوژي تجربي و تكتونيك كلي، جلد دوم، آندزيت‌ها و گرانيت‌ها، انتشارات دانشگاه تهران.

8. Aubouin ,J.,Brousse, R.&Lehman,J.P.,1975,Precis de petrologie, Tome 1,Bordas, Paris.

9. Barker, A. 1, 1994, An Introduction to Metamorphism texture and microstructure, Blackie, New York, 126 p.

10. Batchelor,R.A.& Bowden, p.,1985, Petrogenetic interpretation of granitoids rocks series using multicationic parameters, Chem. Geol.,48:43-55.

11. Chappell, B. W. & A. J. R white, 1992, I and S type granites in the lachland fold belt: Earth sci V, 83 P. 1. 26.

12. Chappell, B.W.,& White ,A.J.R.,1974, Two contrasting granite types, Pacific,Geol.V.8.pp.,173-174.

13. Debon, F.,& Le Fort,P.,1983, A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations,R.soc.Edinb,Trans.73,pp,135-149.

14. Deer,W.A.,Howie,R.A.,Zussman,J.,1992, Rock-forming-minerals,Vol.1B(sec.ed),Disilicates and Ring silicates,Longman, NewYork, 629p.

15. Forster, H., 1978, Continental drift in Iran in relation to the Afar structure, in : A., Pilger & A.,Rosler(eds.),Afar between continental and oceanic rifting (vol.II),Stuttgart,182-190.

16. Hall, A, 1996, Igneous petrology, longman scientific & technical.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]

17. Harris, N. B. W & pearce. J. A. Thindle, A. G, 1986, geochemical charactristics of collision zone magmatism, geo. soc, sps, pub: No, 19 pp: 67-81.

18. Hine,R.I.S.&Williams ,B.E.,Chappell, B.W., & White,A.J.R.,1978, Contrast between I & S type granitoids of the kosciusko batholith,J. of Geol. of the soci. Of Aus.,Vol.25,pp.,219-234.

19. Irvine, T. N. Baragar, W. R. A, 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic Rocks. Can. J. Earth sci. 8, pp. 523-548.

20. Lameyre,J.,& Bowden,P.,1982,Plutonic rock type series discrimination of various granitoids series and related rocks by their modal composition, J.Volcan, Geoth.,Res.,14,p.,169-186.

21. Maniar,P. Piccoli,O.,1989, tectonic discrimination of granitoids, geo, soc. of Am, Bull, vol. 1. 1 p. 635-643.

22. Middlemost, Eric. A. K, 1994, Naming materials in the magmas, Igneous Rocks system, Earth sci. Rev: 3-p215-224.

23. Miyashiro,A.,1974,Volcanic rock series in island areas and active continental margins ,Am.J. of sci.,274:321-355.

24. Pearce, A.J.,Harris, B.W.,& Trendle, A.G.,1984,Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, dept. of earth sciences, the open university, Milton Keynes, England.

25. Pitcher, W. S., 1993, the nature and origin of granites, Blackie Academic & professional.

26. Reyer, D. & Mohafez, S., 1972, A first contribution of the NIOC-ERAP agreements to the knowledge of Iranian geology, edition, Technip: Paris, 58p.

27. Rollinson, H, 1993, using geochemical data evaluation, Interpretation, longman.

28. Shelley, D, 1993, Igneous and Metamorphic rocks under the microscope chapman and Hall, london.

29. Tuttle,O.F.,& Bowen, N.L.,1958,Origin of granite in the light of experimental studies in the system $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-SiO_2-H_2O,Geol.Soc.Am.Mem.74:1-153

30. Wilson, M, 1996, Igneous petrogenesis,A Global tectonic approach,unwin,London

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-04-30]