

بررسی ژئزآمفیبولیت های بنه شور و در پشته گلمنده (ساغند- ایران مرکزی)

آرش گورابجیری پور^۱، عبدالرحیم هوشمند زاده^۲، خسرو خسروتهرانی^۳، محمد هاشم امامی^۴

۱- دانشجوی دکترای پترولوژی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند کرمان

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۴- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلام شهر

چکیده

پشته گلمنده به صورت یک برآمدگی کم ارتفاع در شمال شرق شهرستان ساغند، در استان یزد قرار دارد و از نظر تقسیمات زمین شناسی ساختاری ایران بخشی از ایران مرکزی و بلوک پشته بادام - کلمرد در شرق گسل پشته بادام است. این پشته شامل مجموعه درهمی از سنگ های رسوبی دگرگون شده، مجموعه آمفیبولیتی و گنیس های صورتی کوارتز و فلدسپاتیک می باشد. مجموعه آمفیبولیتی بخش اعظم پشته را شامل شده که خود به سه بخش هورنبلندیت (با بیش از ۹۰ درصد هورنبلند)، گارنت آمفیبولیت (دارای پلاژیوکلاز الیگوکلاز و هورنبلند نوع چرماکیت- هاستینگزیت و گارنت های درشت قهوه ای رنگ آلماندن) و گنیس های آمفیبولیتی خاکستری با ساخت نواری و بافت چشمی کانی های پلاژیوکلازها قابل تقسیم است. بررسی های ژئوشیمیایی و مشاهدات صحرایی نشان از پروتولیت ماگمایی آمفیبولیت ها ولی با دو منشا متفاوت دارد. یکی گابرو و بازالت های با ترکیب کالکو آلکالن تا کالکو آلکالن پتاسیک و با منشا گوشته غنی شده و دیگری گابروریوریت های کالکو آلکالن تا تولیت تحت تاثیر آلودگی پوسته ای و هر دو درون ورقه ای قاره ای که می تواند حاصل تاثیر یک نقطه داغ در زیر پوسته، در دوزمان متفاوت باشد.

واژگان کلیدی: ساغند- پشته گلمنده- آمفیبولیت- ژئز- بنه شور- گارنت آمفیبولیت- گوشته غنی شده

مقدمه

بخش غربی را زنجیره‌ای از کلوتهای وسیع می‌سازد که بر رویهم روندی شمال شرق - جنوب غربی دارد. مجموعه پشت بادام که از قدیمی ترین واحدهای بخش غربی است، در غرب دهکده پشت بادام و بین گسل پشت بادام و کلوته چاتک بیرون زدگی دارد و شامل مجموعه ای از گنیس، میکاشیست، مرمر، آمفیبولیت، کوارتزیت و متاولکانیک است که عمدتاً به پالئوزوئیک بالا تعلق دارد [۱].

کلوتهای خشومی، نی باز، چاپدون و بالاخره چاتک است که از گنیس، آمفیبولیت و میکاشیست تشکیل شده است. این کلوتهای بخش های نمایان یک مجموعه هسته‌ای دگرگون (metamorphic core complex) که در آنها دگرگونی تا آناکسی پیش رفته و سنی معادل اوسن میانی دارد. [۴]

بخش شرقی از قدمت بیشتری برخوردار بوده و به واقع بخشی از پی سنگ ایران زمین است. این بخش شامل مجموعه زمان آباد، بنه شور و سازند تاشک است. قدیمی ترین سنگ های این بخش شامل مجموعه ای از اسلیت، میکاشیست، کوارتزیت، متاگرپواک، ولکانی کلاستیک و گدازه های مافیک است که بنام سازند تاشک معرفی شده است. این سازند حاوی زیرکن‌های آواری به سن ۶۲۷ میلیون سال است که توده نفوذی گرانیتی به سن ۵۳۳ میلیون سال آن را مورد هجوم قرار داده است. این واحد توسط مجموعه رسوبی - ولکانیکی کامبرین پوشیده شده است [10]. سپس واحد کربناتی دریایی کم عمق پرمین - تریاس با ناپیوستگی شیب دار بر روی مجموعه کامبرین قرار گرفته است.

محدوده مورد مطالعه در استان یزد، برگه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان، ۱:۱۰۰۰۰۰ ساغند و ۱:۲۵۰۰۰ چاه میونته و مختصات ۳۰°، ۲۲' تا ۳۰°، ۳۰'، ۵۵° طول شرقی و ۳۲°، ۴۵' تا ۳۷°، ۳۰' عرض شمالی در زون ۴۰ جغرافیایی واقع شده است. دسترسی به محدوده مورد مطالعه از طریق جاده اصلی یزد به طبس است. ساغند در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق یزد قرار دارد. ۲۰ کیلومتر پس از ساغند به طرف شمال در جاده آسفالته ساغند - رباط پشت بادام جاده فرعی به سوی شرق جدا شده و پس از ۱۵ کیلومتر به دامنه جنوبی پشته گل‌منده منتهی می‌شود. بر مبنای تقسیم‌بندی زمین‌شناسی ساختاری ایران بخشی از زون ایران مرکزی و بلوک پشت بادام - کلمرد را شامل می‌شود.

بلوک پشت بادام - کلمرد مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین و دگرگونی قدیمی از پرکامبرین تا پالئوزوئیک زیرین و رسوبات مزوزوئیک و نفوذیه‌های گوناگون رخ می‌نماید. این بلوک را می‌توان از نظر زمین‌شناسی، مورفولوژی به دو بخش تقسیم کرد. گسل پشت بادام مرز جدایش این دو محدوده است که با روندی شمال شرق - جنوب غرب ناحیه را به دو قسمت غربی و شرقی تقسیم می‌کند این گسل در نزدیکی شهر ساغند تغییر جهت داده روند آن شمال غرب - جنوب شرق می‌شود (شکل ۱).

بخش شرقی ناحیه بیشتر شامل رشته‌های نه چندان مرتفعی است که از میان یک سری کفه‌های بیابانی سر برآورده‌اند.

ب- جمع‌آوری اطلاعات و تهیه و پردازش تصاویر ماهواره Aster با دقت ۱۵ متر در تلفیق با تصاویر IRS با دقت ۵ متر (شکل ۲) به منظور تهیه نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه (شکل ۳).

ج- مطالعات صحرایی نمونه‌برداری از واحدهای سنگی محدوده به صورت عادی و جهت‌دار و اندازه‌گیری‌های ساختاری

د- مطالعات آزمایشگاهی شامل تهیه و مطالعه مقاطع نازک، تجزیه کل سنگ و تجزیه الکترون میکروپروب. آنالیز سنگ کل برای ۴۳ عنصر به روش ICP در آزمایشگاه ALS کشور کانادا انجام شد. روش مورد استفاده برای ۱۰ اکسید عناصر اصلی ME-ICP₀₆ و برای عناصر کمیاب ME-MS₈₁ انتخاب شد.

همچنین آنالیزهای کانی شناسی به روش الکترون میکروپروب پس از آماده‌سازی، در دانشگاه ماکسیمیلیان هامبورگ آلمان توسط دستگاه SX100 انجام شد.

ه- تلفیق و تحلیل اطلاعات

پشته گل‌منده

پشته گل‌منده به صورت یک برآمدگی بیضی شکل با روند شمال غرب-جنوب شرق در میان کویر الله آباد و شرق گسل پشت بادام بخشی از مجموعه بنه شور است که مطالعه آن به عنوان پی سنگ ایران از اهمیت زیادی برخوردار است.

پس از مجموعه پرمین-تریاس سنگ‌های کربناته آواری کرتاسه اریتولین دار (آلبین تا آپتین) با ناپیوستگی زاویه دار روی واحدهای قدیمی تر قرار گرفته است.

کمپلکس بنه شور شامل مجموعه ای از میکاشیست، گنیس، آمفیبولیت، مرمر و کوارتزیت است که در آن آمفیبولیت های حاوی گارنت های درشت از گسترش زیادی برخوردار است.

سن دگرگونی آمفیبولیت‌ها 2 ± 547 میلیون سال اندازه‌گیری شده است [10] که در تناوب با میکاشیست‌ها قرار داشته و بوسیله توده‌های گرانیتی (اکنون گنیس) به سن ۵۳۳ میلیون سال [10] مورد هجوم قرار گرفته است.

روش کار

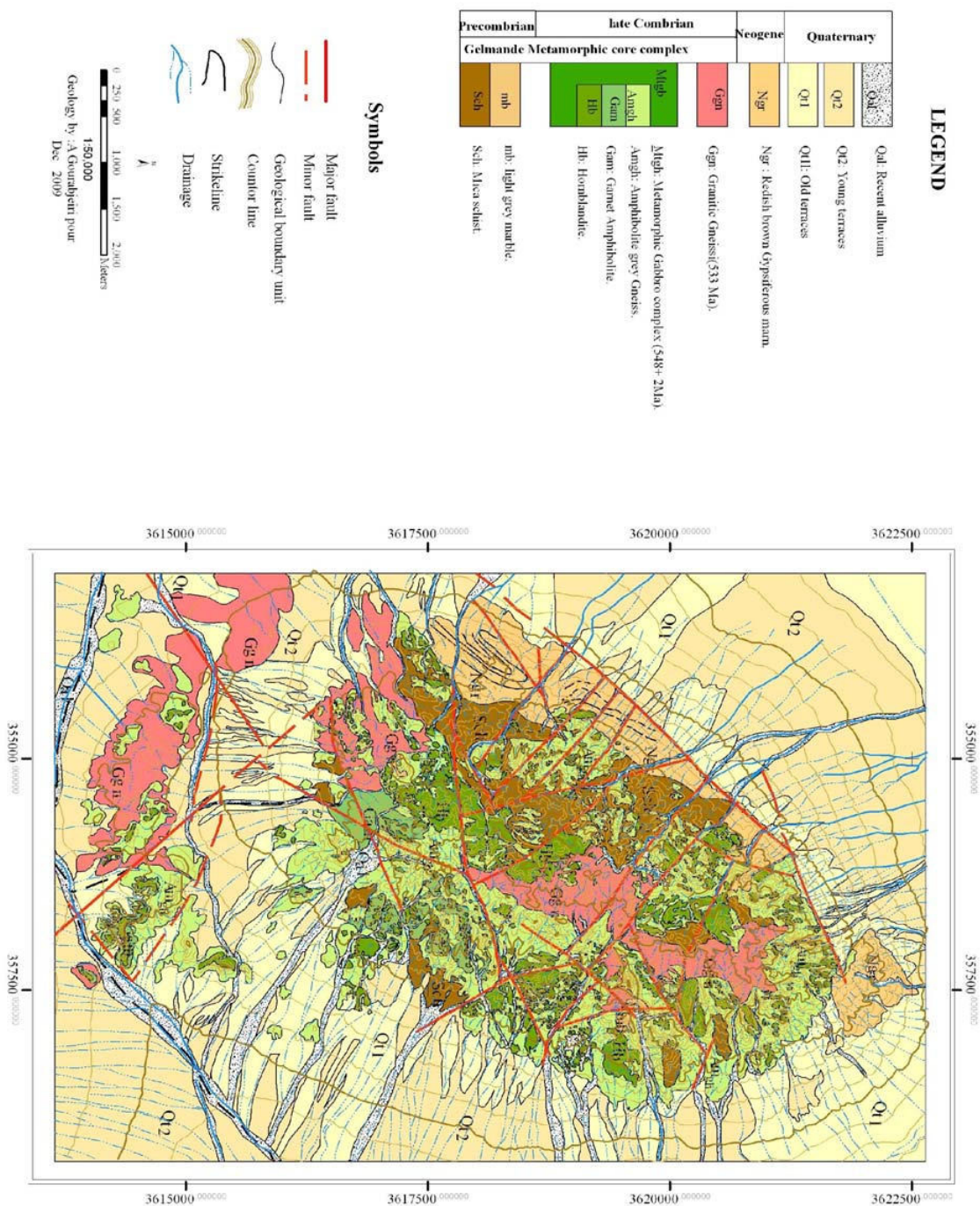
اجرای یک موضوع تحقیقاتی زمین شناسی با توجه به ماهیت تجربی آن ضمن دارا بودن مفاهیم پژوهشی از روش‌های خاص خود برخوردار است که به سه بخش عمده زیر قابل تقسیم است.

۱- مطالعات صحرایی، ۲-مطالعات آزمایشگاهی و ۳- کارهای دفتری شامل تلفیق و تحلیل اطلاعات بدست آمده و تهیه گزارش

مراحل انجام شده در طی انجام این تحقیق:

الف- بازدید و نمونه برداری مقدماتی

منشاء آمفیبولیت‌های بنه شور در پشته گل‌منده (ساغند- ایران مرکزی)



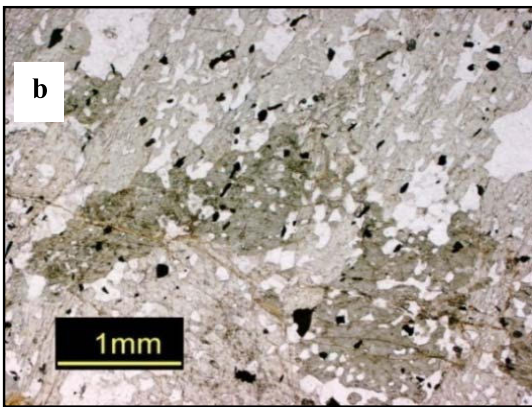
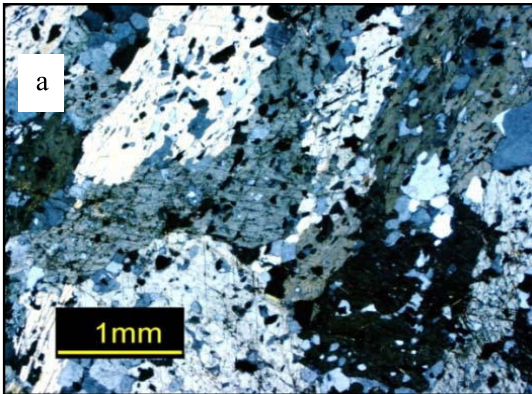
شکل ۳- نقشه زمین شناسی گل‌منده

پetroگرافی و تجمع کانی‌ها

واحد آمفیبولیتی بخش عمده‌ای از پشته گل‌منده را به خود اختصاص داده است و شامل سه بخش هورنبلندیت (آمفیبولهای درشت)، گارنت آمفیبولیت و گنیس‌های مافیک خاکستری رنگ است که مشخصه غالب این واحد رنگ تیره (سبز تیره مایل به سیاه) و گارنت‌های درشت است که قطر آن گاهی تا ۲/۵ سانتیمتر می‌رسد.

هورنبلندیت: هورنبلندیتها با مقادیر بالای آمفیبول درشت دانه دارای چند رنگی سبز-آبی مشخص می‌شوند. در اغلب موارد مقدار هورنبلند در آنها تا ۹۰٪ حجم سنگ را تشکیل می‌دهد و اندازه آنها در برخی مناطق تا ۸ mm رسیده است. این واحد دارای مقادیر اندک پلاژیوکلاز و کوارتز به همراه کانی‌های فرعی آپاتیت و اسفن می‌باشد. هورنبلندها (شکل ۵) اغلب به صورت شکل دار کامل تا بی شکل دیده می‌شود و فاقد برگوارگی شاخص بوده و تنها دارای جهت‌گیری منشورهای آمفیبول می‌باشد. در مقاطع نازک هورنبلندها از برجستگی و چند رنگی ضعیف‌تری نسبت به آمفیبولهای درون گنیس‌ها و آمفیبولیت‌ها برخوردارند.

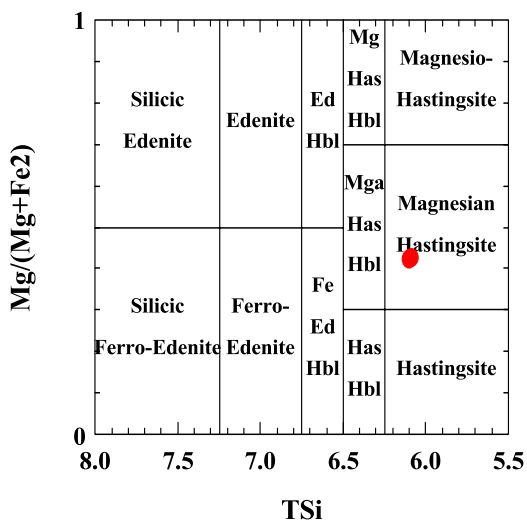
گارنت آمفیبولیت: گارنت آمفیبولیت‌ها با بافت گرانولار تا نوماتوبلاستیک، کانی‌های درشت و صورتی گارنت (شکل ۹ a و b) و بدون ساختار نواری واضح مشخص می‌شوند. از دیگر ویژگی‌های این واحد وجود آمفیبول‌های سبز آبی سالم با برجستگی خوب و پلاژیوکلازهای دارای ماکل آلیتی و کمی سریسیتی است.



شکل ۵- آمفیبول‌های واحد هورنبلندیت، a در نور پلاریزه و b در نور معمولی (بزرگنمایی 2.5X)

بیوتیت، اپیدوت و اسفن نیز کانی‌های فرعی تشکیل دهنده این واحد می‌باشد. گارنت‌ها اغلب ترکیب آلماندن-گروسولار داشته فاقد زونینگ بوده و در محل شکستگی‌ها تجزیه شده، به کلریت و کوارتز تبدیل شده‌اند. آمفیبول‌ها به طور کلی نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل، بیشتر به صورت ستونی کوتاه تا طویل یا میله‌ای پهن تا تقریباً ستونی، به ندرت خودشکل و در مقاطع عرضی با حواشی شش ضلعی دیده می‌شوند. رنگ سبز متمایل به آبی از مشخصات این کانی بوده و بر اساس نمودارهای ۷، ۶ و ۸ در گروه آمفیبول‌های کلسیک،

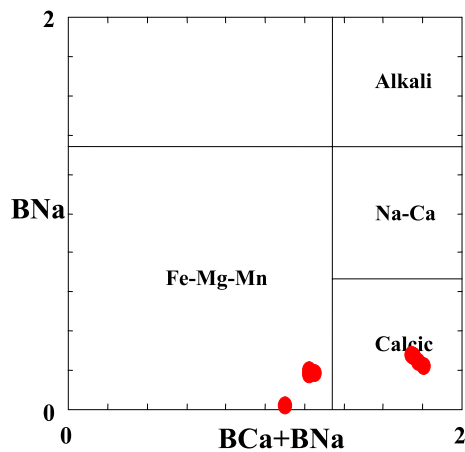
خانواده هورنبلند سبز و در سری هاستینگزیت-چرماکیت قرار می‌گیرند. شکل ۹ وضعیت کانی‌های سازنده این سنگ را نشان می‌دهد.



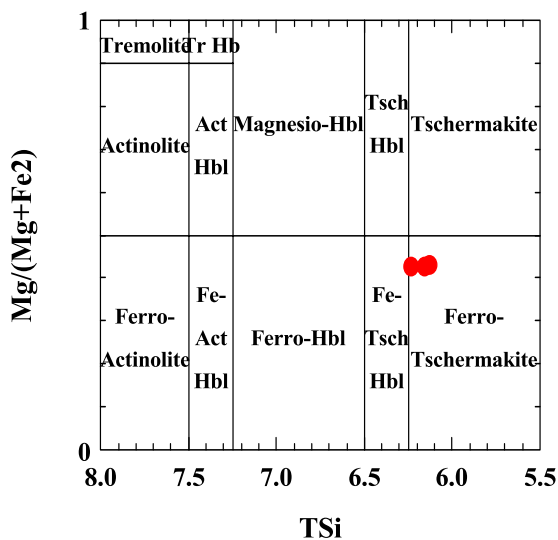
شکل ۸- تعیین سری آمفیبول‌ها بر اساس

$$ANa+AK > 0.5; Ti < 0.5; Fe > Alvi$$

(Hawthorne1981)[8]

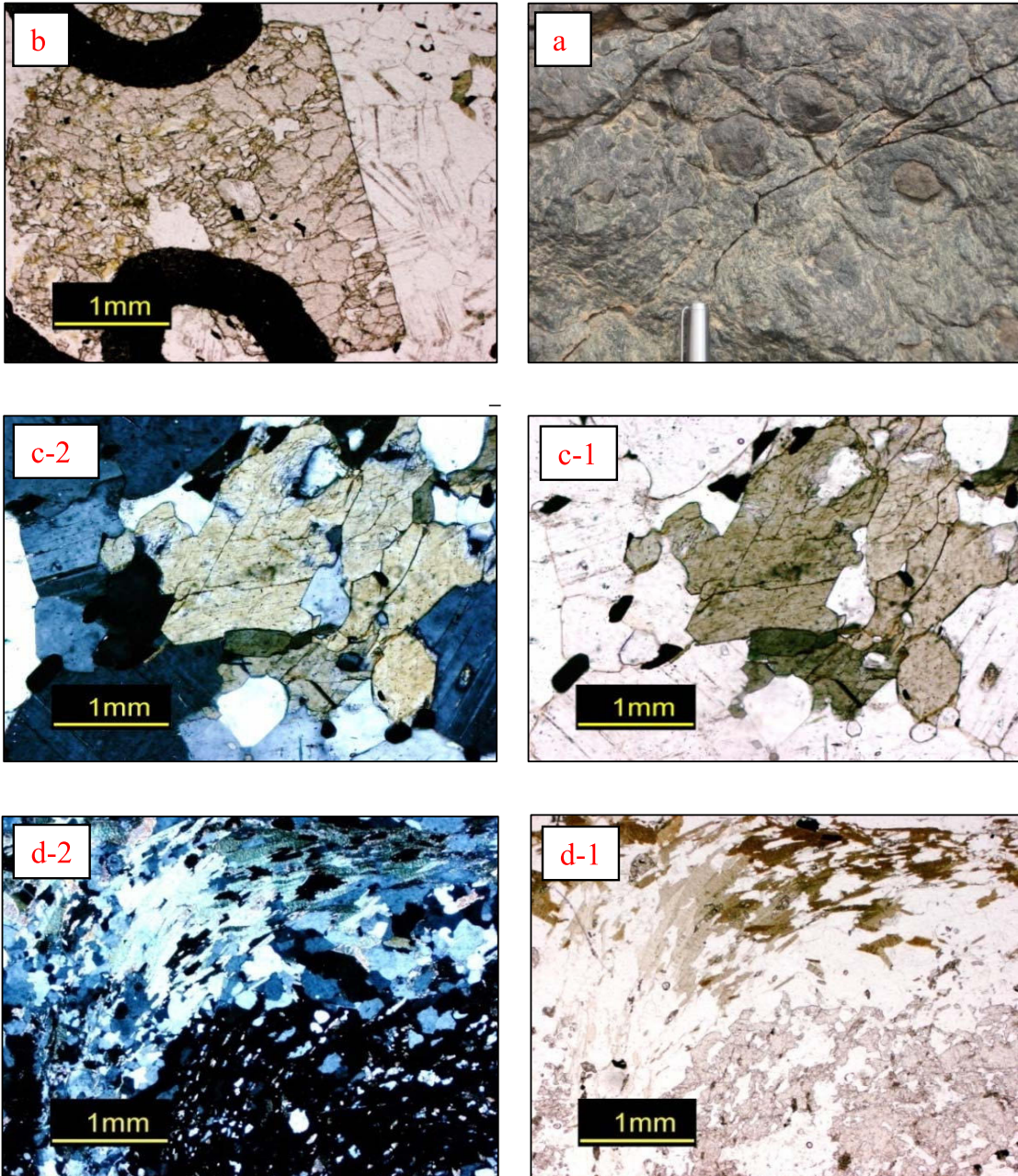


شکل ۶- نمودار گروه بندی آمفیبول‌ها [8](Hawthorne1981)



شکل ۷- تعیین سری آمفیبول‌ها بر اساس $ANa+AK < 0.5; Ti < 0.5$

(Hawthorne1981)[8]



شکل ۹- نمایی از گارنت آمفیبولیت های ناحیه. a- گارنت های درشت قهوه ای در واحد گارنت آمفیبولیت در نمونه دستی، b- نمایی از گارنت نیمه شکل دار در گارنت آمفیبولیت (بزرگنمایی 10X)، c-1 مقطع عرضی کانی آمفیبول در نور معمولی و c-2 در نور پلاریزه (بزرگنمایی 10X)، d- تشکیل ساخت چشمی در اطراف بلور گارنت در واحد گنیس مافیک، d-1 در نور معمولی و d-2 در نور پلاریزه (بزرگنمایی 2.5X).

گنیس آمفیبولیتی

گنیس آمفیبولیت یا گنیس های مافیک خاکستری رنگ بوسیله پورفیروکلاست های پلاژیوکلاز بزرگ و بیوتیت مشخص می شوند که دارای آثار میلونیتی شده و برگراری حاصل از آن می باشند این واحد اغلب دارای گارنت‌های صورتی می باشد که در مقاطع نازک بی‌شکل، گرد شده و دارای آثار شکستگی فراوان هستند (شکل 9d). پلاژیوکلازها بطور معمول آلتراسیون شدیدی در بخش مرکزی نشان می دهند که شامل اجتماعات غنی از اپیدوت و کلسیت است. از دیگر مشخصات این واحد وجود آمفیبول ها با برجستگی خوب و چند رنگی سبز- آبی قوی می باشد که بیشتر در حاشیه گارنت ها دیده می شود. تحول گنیس های مافیک به آمفیبولیت طی افزایش هورنبلند و اندازه گارنت ها، همچنین با کاهش آثار میلونیتی بوده است.

ژئوشیمی

بررسی ژئوشیمی سنگ کل آمفیبولیت های پشته گل‌منده بر اساس نتایج تجزیه نمونه هایی است که پس از برداشت و آماده سازی در آزمایشگاه ALS کانادا برای ۴۳ عنصر مورد تجزیه قرار گرفته اند. جدول ۱ نتایج اکسید عناصر اصلی و نتایج محاسبات صورت گرفته بر روی آنها را به تفکیک نشان می دهد. این مجموعه در پشته گل‌منده از گسترش زیادی برخوردار بوده و براساس شواهد صحرایی منشاء آن را می توان به یک توده گابرویی- بازالتی تیره رنگ نسبت داد. آثار و شواهد نفوذ این توده در بخش های قدیمی تر به دفعات مشاهده شده است.

مطابق جدول ۱ مقدار SiO_2 بین 45-57% با میانگین 51.3% و Al_2O_3 بین 10-18.9% با میانگین 14.4% متغیر است. دامنه تغییرات سایر اکسیدهای عناصر اصلی هم شامل Fe_2O_3 بین 6.77-15.5%، CaO بین 5.2-12.3%، MgO 1.46-9.34%، Na_2O 1.26-7.32%، K_2O 0.63-0.26-2.81%، MnO 0.14-0.88%، P_2O_5 و TiO_2 0.09-0.36%، 3.65% است. بر این اساس تغییرات درجه اشباع آلومینیم (A/CNK) بین 0.87-1.06% نسبت $Mg\#$ بین 0.44-0.52% تغییر می کند. که این تغییرات با میانگین تغییرات در بازالت‌های درون صفحه ای مطابقت دارد.

جهت نامگذاری سنگ منشاء آمفیبولیت‌ها و در تأیید مطالعات پتروگرافی صورت گرفته از دیباگرام (De La Roche 1980) R1-R2، استفاده شده است (شکل ۱۰). در این نمودار جنس نمونه از گابرو تا گابرودیوریت، مونزوگابرو و دیوریت متغیر است.

همچنین نمودارهای $Co-Th$ (Hastie et al 2007) و $Nb/y-Zr/Ti$ (modified by pearce 1996) این سنگها را به دو مجموعه بازالت و آکالی بازالت کالکوالکالن تا کالکوالکالن پتاسیک جدا می کند (شکل های ۱۱ و ۱۲). منشاء ماگمایی نمونه‌های بررسی شده توسط کالکوالکالن - تولیت، $Co-Th$ (Hastie et al 2007) کالکوالکالن و SiO_2-K_2O (Peccerillostaylor 1976) کالکوالکالن تا کالکوالکالن پتاسیک نشان می دهند (شکل های ۱۲ و ۱۳).

نمودارهای تغییرات اکسید عناصر اصلی و عناصر کمیاب در برابر MgO (شکل های ۱۴ و ۱۵) آورده شده است. نحوه پراکندگی نمونه ها ضمن نشان دادن یک جدایش از روند تفریق تبعیت می کنند. در این

گوشه غنی شده بازالت های آکالن در ورقه های اقیانوسی یا قاره ای می باشد.

نمودار ۱۸ عنکبوتی تغییرات نمونه های S₂, S₄, S₅, S₆, S₉, S₁₀ رادر نمودار عنکبوتی نشان می دهد. نمونه ها نسبت به P, Ti, Ta, Nb, Th فقیر شدگی و برای عناصر Nd, K, Rb غنی شدگی نشان می دهند. تهی شدگی Ta, Nb خاص ماگماهایی است که در شرایط تکتونیک وایسته به فرورانش تحت تأثیر آلودگی پوسته ای قرار گرفته اند. جهت تعیین محیط تکتونماگمایی و منشاء گابروهای پروتولیت آمفیبولیت ها از نمودارهای پیرس و نوری (۱۹۷۹)، مشد (۱۹۸۹) و وود (۱۹۸۰) استفاده شده است. براساس نمودار پیرس و نوری (شکل ۱۹) تمامی نمونه ها در محدوده بازالت های درون ورقه ای و در نمودار های وود (شکل ۲۱) همانند نمودار مشد (شکل ۲۰) نمونه ها سری اول در محدوده بازالت های آکالن درون ورقه ای و سری دوم در محدوده بازالت تولییتی درون ورقه ای قرار می گیرند. با بررسی جمیع مطالب حضور دو ژنز برای منشاء آمفیبولیت ها مسجل می باشد هر چند مطالعات پتروگرافی تفاوت زیادی بین آنها نشان نمی دهد. بر این اساس آمفیبولیت ها را می توان به دو سری جدا از هم تقسیم کرد سری اول با ترکیب کالکوآکالن تا آکالن پتاسیک و با منشاء گوشه غنی شده و از نوع درون ورقه ای قاره ای و دیگری کالکوآکالن تا تولییت از نوع درون ورقه ای تحت تأثیر آلودگی پوسته ای و فرورانش که احتمالاً جوان تر از قبلی بوده است.

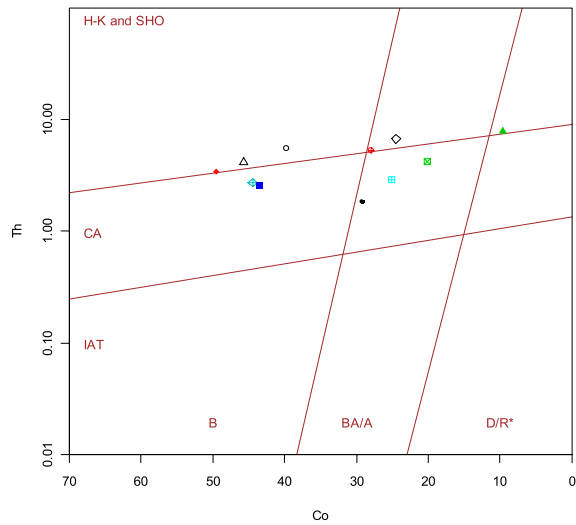
حالت Al₂O₃, SiO₂, K₂O, Na₂O روند نزولی نشان داده و بقیه عناصر روند صعودی دارند. از طرفی در عناصر کمیاب سیر نزولی Ni و Cr جالب توجه بوده و Rb, Zr, Ba, Ce, Y و آلکالینته روند نزولی نشان می دهند. داده های ضریب توزیع مایع کریستالی نشان می دهد که Cr, Ca, Ni در طی ذوب بخشی از فرایند تبلور تفریقی به اولیوین تفکیک می شود. بنابراین فراوانی این عناصر معرف مفیدی برای فرآیندهای پتروژنتیکی می باشد. تا بدین جا بررسی عناصر اصلی و کمیاب در نمودارهای هارکر نیز ضمن تأیید منشاء ماگمایی آمفیبولیت ها نشان از تشکیل آنها از دو منشاء یا دو زمان متفاوت می باشد. بررسی عناصر کمیاب در نمودارهای عنکبوتی (شکل های ۱۶، ۱۷، ۱۸) و نرمال کردن داده ها نسبت به کندریت شواهد جالبی را در این بخش ارائه می دهد. نسبت Eu/Eu* نمونه ها را به دو بخش تقسیم می کند. بخش Eu/Eu* > 1 و دیگر Eu/Eu* < 1 که اولی نشان از منشاء گوشه غنی شده و دومی حاصل آلودگی پوسته ای می باشد.

نسبت (La/Sm) > 1 نیز تأییدی بر گوشه غنی شده در تشکیل منشاء آمفیبولیت ها دارد. نمودار ۲۱ کلیه نمونه ها را در نمودار عنکبوتی نرمال شده با کندریت (Thompson 1982) نشان می دهد. این نمودار به زیبایی جدایش منشاء این دو دسته سنگ را آشکار می کند. براین اساس نمونه ها از هم تفکیک و نمودار عنکبوتی آنها دو باره رسم گردید. در یک بخش نمونه S₁, S₃, S₇, S₈, S₁₁ و در بخش دیگر سایر نمونه ها قرار گرفتند. چنانکه در شکل ۱۷ دیده می شود، این سنگ نسبت به Ti, Ta, Nb, Th غنی شدگی و نسبت به عناصر Sr, K, Rb فقیر شدگی نشان می دهند که معرف منشاء

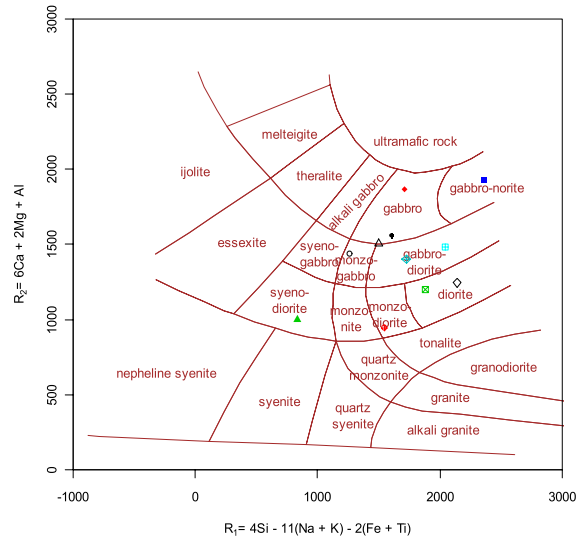
منشاء آمفیبولیت‌های بنه شور در پشته گل‌منده (ساغند- ایران مرکزی)

جدول ۱- نتایج تجزیه عناصر اصلی سنگ کل در محدوده گل‌منده ناحیه ساغند

SAMPLE	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁
WT%											
SiO ₂	55.5	57.9	46.7	54.5	53.9	50.6	43.8	55.5	48.8	55.5	49
Al ₂ O ₃	18.9	14.6	14.45	13.8	15.2	16.7	11.45	18.9	14.2	15.3	10.1
Fe ₂ O ₃	6.77	8.72	12.7	11.8	10.7	10.1	15.5	6.77	14.3	8.95	12.5
CaO	5.19	6.51	8.25	5.02	8.95	8.72	11.05	5.19	8.39	6.67	12.3
MgO	1.46	5.26	6.82	2.68	4.65	6.02	9.34	1.46	4.56	3.77	8.3
Na ₂ O	7.32	2.94	3.16	3.01	2.82	3.09	1.74	7.32	2.52	3.56	1.26
K ₂ O	0.26	1.86	0.43	2.81	1.05	1.66	0.52	0.26	0.85	1.26	0.36
Cr ₂ O ₃	0	0.04	0.02	0	0.01	0.05	0.07	0	0.02	0.01	0.11
TiO ₂	1.22	0.63	2.79	2.35	1.32	0.97	3.03	1.22	2.94	1.38	2.31
MnO	0.09	0.14	0.13	0.13	0.16	0.21	0.21	0.09	0.36	0.15	0.23
P ₂ O ₅	0.88	0.14	0.42	0.74	0.32	0.23	0.38	0.88	0.23	0.28	0.34
SrO	0.08	0.03	0.06	0.05	0.03	0.03	0.02	0.08	0.03	0.03	0.08
BaO	0.03	0.04	0.02	0.12	0.02	0.04	0.01	0.03	0.04	0.06	0.01
LOI	0.49	1.07	2.13	1.18	1.37	1.17	0.98	0.49	0.88	1.17	1.18
Total	98.2	99.9	98.1	98.2	100.5	99.6	98.1	98.2	98.1	98.1	98.1
MOL%NCKFMAS											
S	2662.75	3210.7	2603.12	3084.54	3039.59	2776.21	2633.22	2815.87	2942.01	3120.74	2969.77
A	2368.49	1828.5	2120.12	2264	1947.84	2084.78	1964.11	2575.79	2272.1	2029.44	1566.44
F	2.91	3.39	3.46	3.59	3.72	3.78	4.61	2.18	4.29	2.98	3.73
M	288.56	325.69	359.73	108.65	264.95	371.59	529.24	62.25	227.56	211.42	471.54
C	1008.8	892.46	904.98	877.93	959.86	1043.63	947.7	1206.43	937.6	945.06	937.76
N	3.96	3.05	3.31	3.32	2.93	3.25	1.86	8.1	2.79	3.81	1.31
K	0.75	1.27	0.3	2.04	0.72	1.15	0.37	0.19	0.62	0.89	0.25
A/CNK	0.68	0.78	0.7	0.8	0.69	0.73	0.49	0.87	0.7	0.79	0.41
Mg#	0.63	0.68	0.66	0.45	0.61	0.68	0.68	0.44	0.53	0.6	0.71

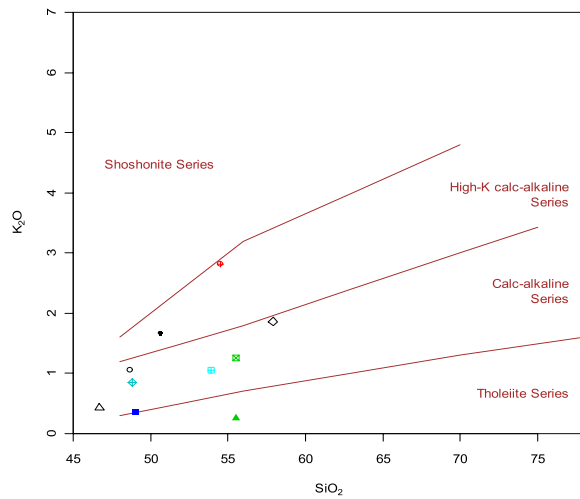


شکل ۱۲- طبقه بندی سنگ های بازیک با استفاده از تغییرات Co در برابر Th (Hastie et al 2007). در این نمودار نمونه ها به دو دسته بازالت و آلکالی بازالت تقسیم شده که در محدوده سری ماگمایی کالکوآلکان تا کالکوآلکان پتاسیم بالا قرار می گیرند. [۳]

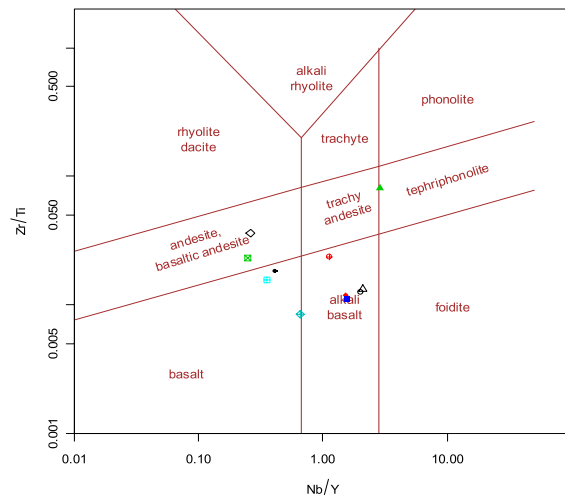


شکل ۱۰- طبقه بندی سنگ های نفوذی با استفاده از پارامترهای R_1 و R_2 (De La Roche 1980) که از نسبت های میلی کاتیونی محاسبه شده است. [۳]

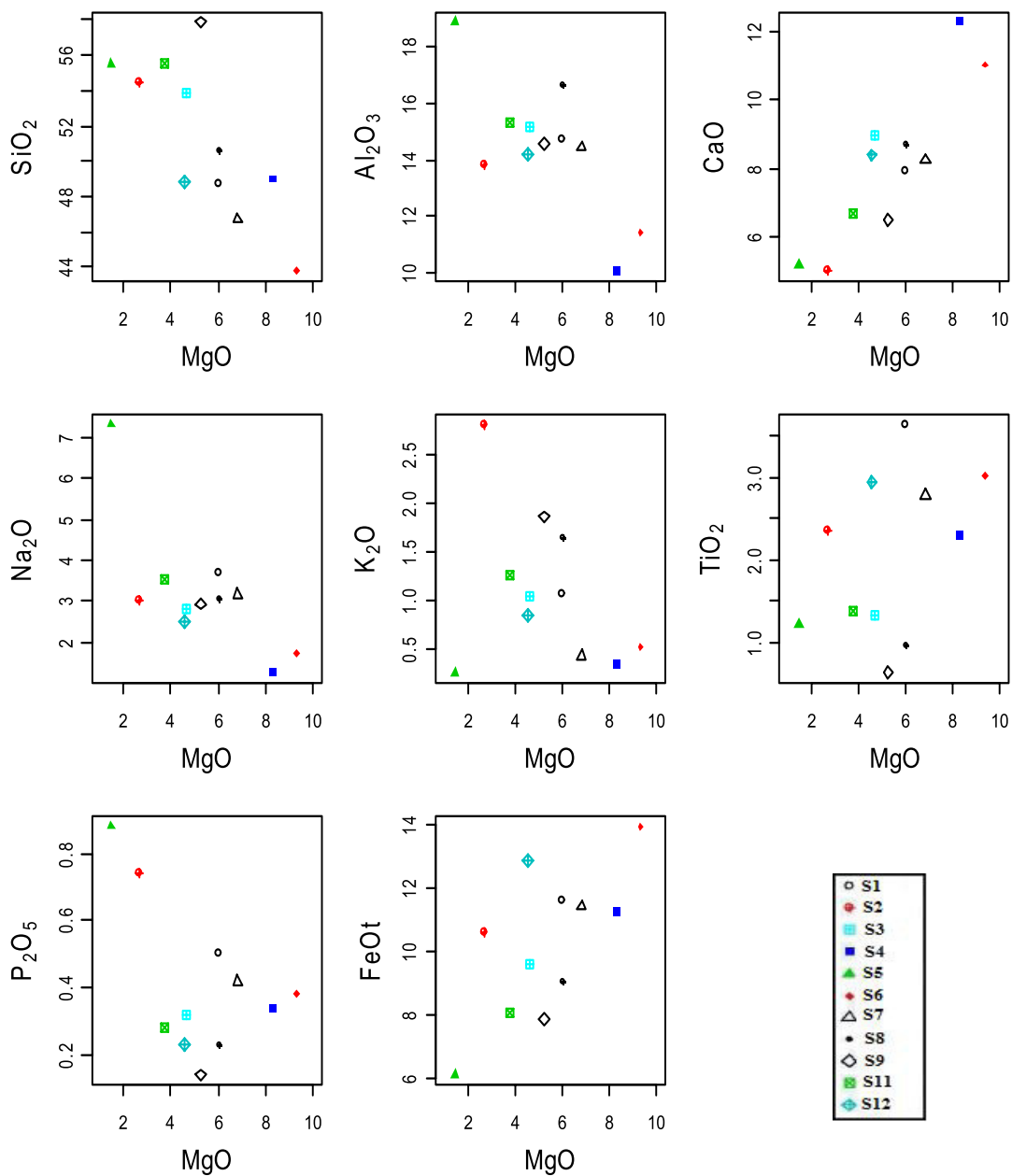
$$R_1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti) \quad R_2 = 6Ca + 2Mg + Al$$



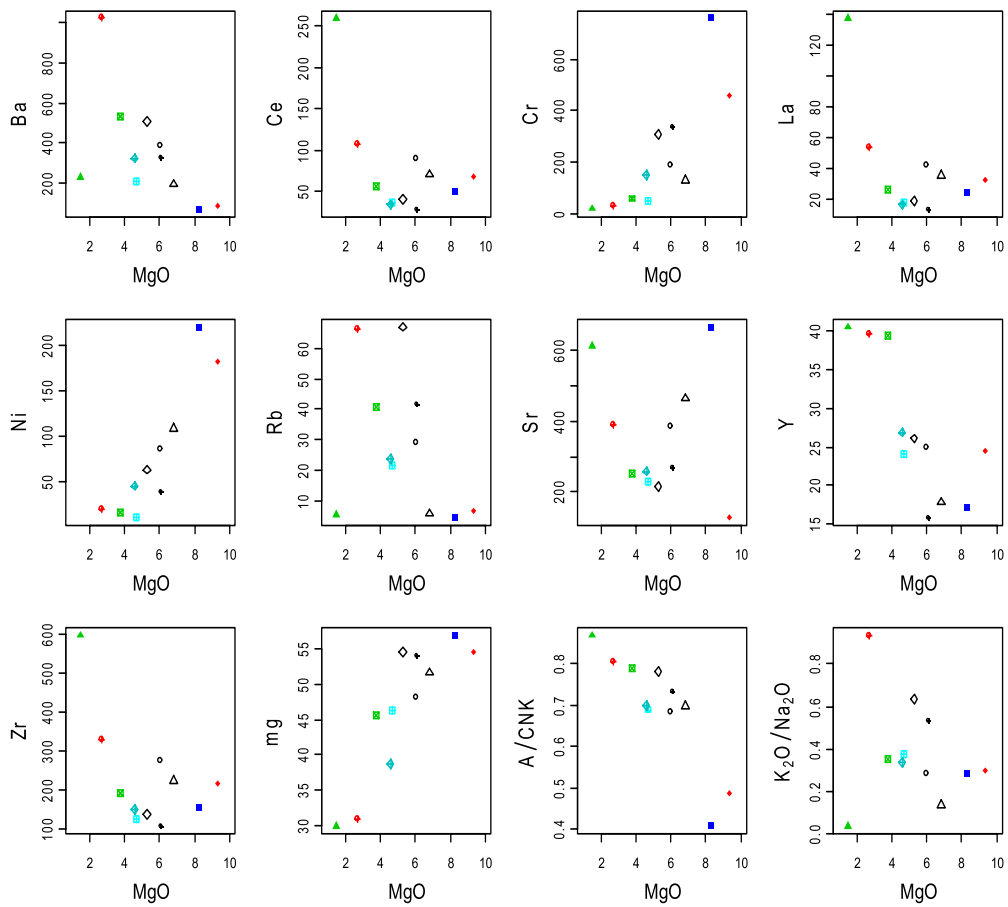
شکل ۱۳- تقسیم بندی سنگ های غیر آلکان با استفاده از نمودار K_2O در برابر SiO_2 (Peccerillo & Taylor 1976). این نمودار جهت تفکیک سری سنگ های ساب آلکان کاربرد دارد. [۳]



شکل ۱۱- طبقه بندی ژئوشیمیایی -اسامی سنگ های خروجی با استفاده از Nb/Y - Zr/Ti (modified by Pearce 1996). در نمودار سنگها به ۲ دسته بازالت و آلکالی بازالت قابل تقسیم هستند. [۳]

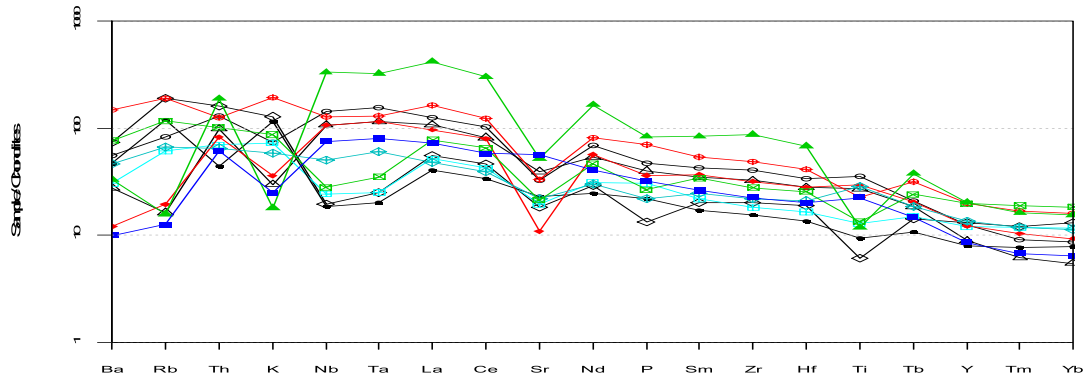


شکل ۱۴- تغییرات اکسید عناصر اصلی در برابر MgO

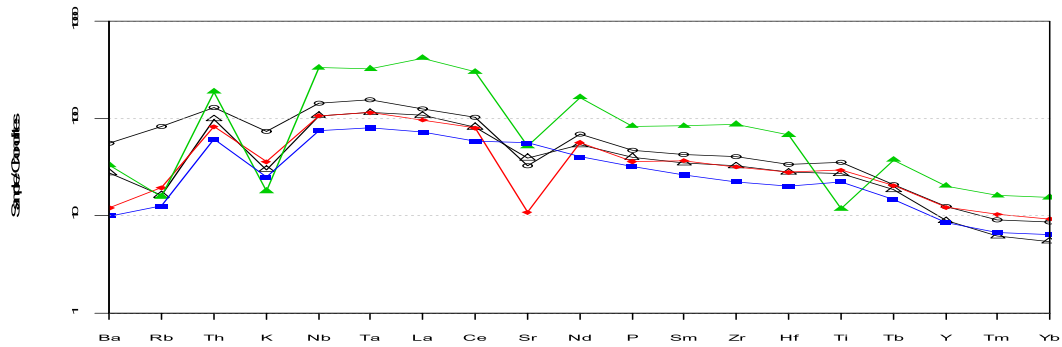


شکل ۱۵- تغییرات عناصر کمیاب در برابر اکسید منیزیم

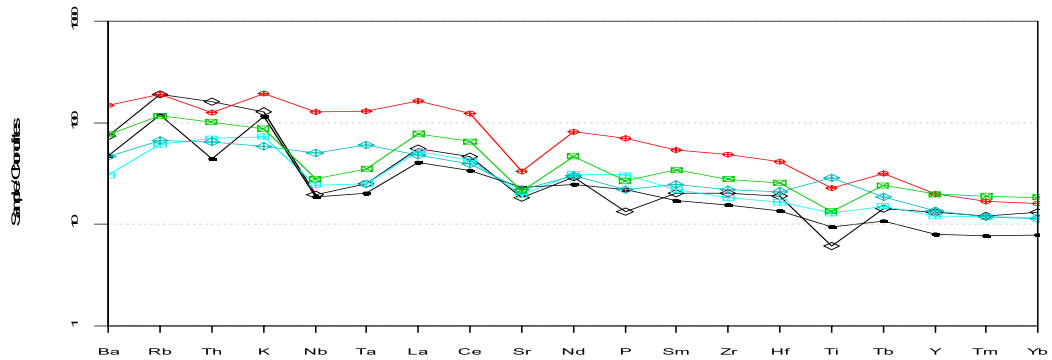
منشاء آمفیبولیت‌های بنه شور در پشته گل‌منده (ساغند- ایران مرکزی)



شکل ۱۶- نمودار عنکبوتی نرمال شده بر پایه کندریت (Thompson, 1982). [۳]



شکل ۱۷- نمودار عنکبوتی نمونه‌های شماره S1,S3,S7,S8,S11



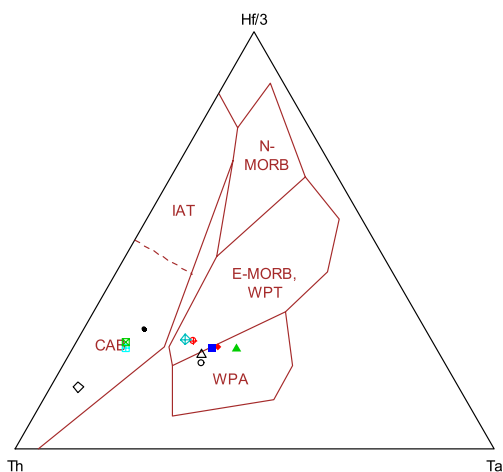
شکل ۱۸- نمودار عنکبوتی نمونه‌های شماره S2,S4,S5,S6,S9,S10

C: تولیت درون ورقه ای و بازتتهای کمان ماگمایی

D: مورب نوع N و بازتتهای کمان ماگمایی

بر این اساس نمونه های سری اول در محدوده AI و نمونه های

سری دوم در محدوده C قرار می گیرند.



شکل ۲۱- نمودار متمایز کننده بازتتها بر اساس Th-Hf-Ta

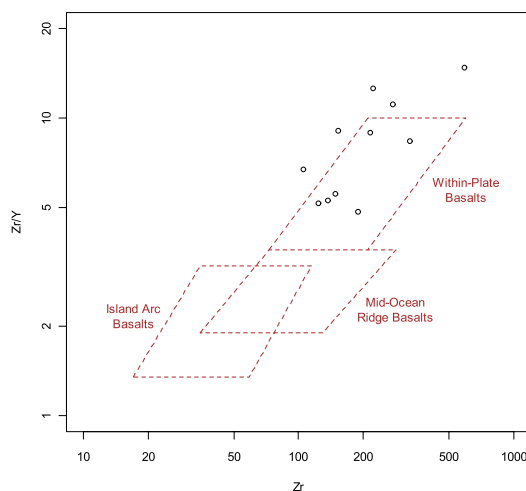
(Wood1980).

بر این اساس نمونه های سری اول در محدوده بین آلکالی بازتتهای

درون ورقه ای با مورب نوع E و تولیتتهای درون ورقه ای و

نمونه های سری دوم در محدوده بازتتهای کمان ماگمایی قرار می

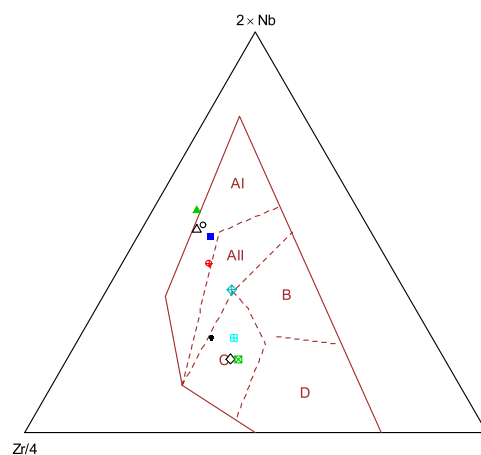
گیرند [۳].



شکل ۱۹- نمودار متمایز کننده بازتتها بر اساس Zr در برابر

Zr/Y (Pearce1979). بر این اساس تمامی نمونه ها در محدوده

بازتتهای درون ورقه ای قرار می گیرند [۳].



شکل ۲۰- نمودار جدا کننده بازتتها بر اساس Zr-Nb-Y

(Meshed1986) [۳]

AI: آلکالی بازالت درون ورقه ای؛ AII: آلکالی بازالت درون

ورقه ای و تولیت درون ورقه ای؛ B: مورب نوع E؛

نتیجه‌گیری

از این بررسی‌ها چنین برمی‌آید که مجموعه گل‌منده حاصل دگرگونی سنگهایی است که در یک حوضه کم عمق همراه با سنگ‌های ماگمایی بر روی یک پی سنگ اولترابازیک تا بازیک استوار شده است. مجموعه‌ای متناسب از ماسه سنگ‌های کوارتز آرنیتی با میان لایه‌هایی از سنگ آهک محیط‌های کم عمق.

مطالعات ژئوشیمی پی سنگ حوضه را گابرو یا بازالت‌های با گرایش کالکو آلکالن تا آلکالن و از منشاء یک گوشته غنی شده دانسته و محیط تشکیل آنها را درون ورقه‌ای نشان می‌دهد که احتمالاً نشانی از تأثیر یک نقطه داغ در عمق گوشته می‌باشد.

این مجموعه همراه با سنگ‌های مافیک نفوذی و خروجی بخش زیرین خود، احتمالاً در ۵۴۷ میلیون سال قبل (سن دگرگونی آمفیبولیت‌های گل‌منده) هم‌زمان با نفوذ مجموعه‌های بازیک تا حدوسط با ترکیب گابرو-دیوریت دگرگون شده‌اند. مطالعات ژئوشیمی کل سنگ از نمونه‌های برداشت شده از آمفیبولیت‌ها به نوعی در تأیید فرض فوق است. این مطالعات نشان از دو منشاء قابل تفکیک آمفیبولیت‌ها دارد و آنها را به دو مجموعه یکی از نوع کالکوآلکالن تا آلکالن با منشاء گوشته غنی شده ($Eu/Eu^* > 1$) و دیگری کالکوآلکالن تا تولیت یا آلودگی پوسته‌ای ($Eu/Eu^* < 1$) است که هر دو در محیط تکنونیک درون ورقه‌ای قاره‌ای پدید آمده است. این نتایج تفکر وجود دو منشاء یا یک منشاء در دو زمان متفاوت از یک نقطه داغ را نشان می‌دهد که اولی

مستقیماً از گوشته منشاء گرفته و قدیمی‌تر بوده و دیگری جوان‌تر و از آلیش پوسته‌ای متأثر است. در این دگرگونی کوارتزیتها به میکا شپست، سنگ آهکها به مرمر و پی سنگ و نفوذی‌های بازیک به آمفیبولیت تبدیل شده‌اند. نتایج تجمع کانیها در مطالعات پتروگرافی و آنالیز الکترون میکروپروب نشان از دگرگونی تا حد رخساره آمفیبولیت دارد.

وجود نوارهای هورنبلند با ترکیب چرماکیت، هاستینگزیت همراه با اپیدوت فراوان در آمفیبولیت‌ها نشان از رخساره اپیدوت آمفیبولیت داشته و ظهور گارنت‌های درشت با ترکیب آلماندن گذر از رخساره به درجات بالاتر را نشان می‌دهد.

منابع

- ۱- باباخانی، ع.، سال ۱۳۷۲، نقشه زمین‌شناسی ساغند، ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- حقی پور، ع.، (۱۳۵۵)، بررسی‌های زمین‌شناسی ناحیه بیابانک و بافق (ایران مرکزی)، پترولوژی و تکتونیک پی سنگ پرکامبرین و پوشش رسوبی آن، سازمان زمین‌شناسی ایران، ۲۷۳ص.
- ۳- کریم زاده ثمرین، ع.، رولینسون، ه. (تالیف) (۱۳۸۱)، کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی، انتشارات تبریز، ۳۵۲ص.
- ۴- هوشمندزاده، ع.، (۱۳۶۷)، مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی بیابانک- بافق، مجموعه مقالات سمینار توان معدنی استان یزد، وزارت معادن و فلزات، ص: ۲۰-۳۵
- ۵- هوشمندزاده، ع.، نوگل سادات، م.، (۱۳۸۷)، نقشه زمین‌شناسی رباط پشت بادام، ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- 6- Alexander, N. Winchell, H. Winchell, (1967), Elements of Optical Mineralogy and Introduction to Microscopic petrography, New York, John Wiley SONS, INC, 551P.
- 7-R. Caby, D., Hammor, C., Delor, (2001). Metamorphic evolution, partial melting and Miocene exhumation of lower crust in the Edough metamorphic core complex, west Mediterranean orogen, eastern Algeria, Tectonophysics, P: 342, 239, 273.
- 8-Franks. Spear, (2005), Metamorphic phase Equilibria and pressure-Temperature-Time paths - Department of Earth and Environmental sciences Rensselaer, Polytechnic Institute, Troy, New York, Mineralogical Society of America, Washington D.C, 789P.
- 9-Jahandar Ramezani, (1997), Regional Geology, Geochronology and Geochemistry of the Igneous and Metamorphic Rock suites, of the Saghanel Are, central Iran, 270P.
- 10-Jahandar Ramezani and Robert D., Tucker, (2003) The Saghand region, central Iran: U-Pb Geochronology, Petrogenesis and Implications for Gondwana tectonics, St. Louis, Missouri 63130, [American Journal of Science, Vol. 303, Sept, P:622-665Mmm.
- 11-kleemann and Jurgen Reinhardt, Ulrich, (1994), Garnet-biotitic thermometry revisited: the effect of Al and Ti in biotite, P:233-235.
- 12-NISCO, (1980), Report on result of search and evaluation work at magnetic anomalies of the Bafgh Iran ores region during 1976-1979, P:35-72.
- 13-Samani, B., (1998), Precambrian metallogenic province in central Iran, AEOI Scientific Bulletin, V17, P:1-16.
- 14-Samani, B., Zhyi, G., Xuetao, G., Chuan, T., (1994). Geology of Precambrian in central Iran, Geoscience journal of the geology survey of Iran V.3 (10), P:40-63.
- 15-Vila .M., Pin, E., Liesa, M., & Enruqe, (2007) LpH metamorphism in late orogenic, Transpressional setting, Albera Massif, NE Iberia: implication For the geodynamic, Evolution of the variscan Pyrenees, P:15-19.