

کانی شناسی، پتروگرافی و پتروژنز مجموعه آتشفشانی سهند (شمال غرب ایران)

فرهاد پیرمحمدی^۱، علی عامری^۲، احمد جهانگیری^۳، منصور مجتهدی^۴، محمت کسکین^۵

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شبستر

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه تبریز

۳-۴ دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شبستر

۵- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه استانبول، ترکیه

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۴/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۹/۷

چکیده

در منطقه جنوب شرقی تبریز، سنگ های آتشفشانی سهند با سن پلیوکواترنری در بخش شمال غربی زون ایران مرکزی رخنمون دارند. این مجموعه شامل سنگ های آذرآواری (توف و ایگنیمبریت) و گدازه ها (ریولیت، ریوداسیت، داسیت و آندزیت) است که با مرز دگرشیب بر روی واحد های رسوبی با سن میوسن قرار دارد. کانی های اصلی این سنگ ها شامل پلاژیوکلاز و هورنبلند می باشند که در یک خمیره ریز بلور و شیشه ای قرار دارند. بافت این سنگ ها پورفیری است. کانی شناسی ناهمگن، شواهد زمین شیمیایی، صحرایی و بافتی همچون بافت غربالی در پلاژیوکلازها، حاشیه های خلیجی در تمام بلورها، زون بندی نوسانی در پلاژیوکلازها، بالا بودن مقدار کوارتز نورماتیو و حضور آنکلاو های کاملاً گرد شده نشان دهنده این مطلب است که ماگمای اولیه در حین صعود، دچار تحولات ماگمایی از جمله تفریق، تبلور بخشی، هضم و آلیش شده است. در تحول ماگمایی سنگ های آتشفشانی سهند فرایند های (AFC) موثر بوده و این مسئله با شواهد کانی شناسی و ژئوشیمیایی قابل درک است. بررسی ترکیب شیمیایی سنگ های حدواسط تا اسیدی نشان می دهد که ماگمای تشکیل دهنده سنگ های یاد شده کلسیمی-قلیایی است و در محدوده ماگماهای پتاسیم متوسط قرار می گیرند. الگوی عناصر خاکی کمیاب این سنگ ها به شدت تفریق یافته است و فاقد بی هنجاری منفی Eu می باشد. محیط زمین ساختی این سنگ ها در محدوده کمان های ماگمایی پس از برخورد و کمان های حاشیه قاره ای فعال قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: سهند، پلیو-کواترنری، ایران مرکزی، گدازه های قلیایی، محیط پس از برخورد

مقدمه

فعالیت بصورت رشته کوه هایی از آذربایجان تا بزمان و تفتان در بلوچستان ادامه دارد و بنام کمر بند آتشفشانی ارومیه- دختر مشهور است.

اغلب نواحی ایران در زمان سنوزوئیک میزبان فعالیت آتشفشانی شدیدی بوده که نتیجه تاثیر ماگمازایی فرورانش حاشیه قاره ای است. در ایران مرکزی این

توجه به نتایج داده های ژئوکرونولوژی و روابط چینه شناسی حاکم بر سنگ های مورد مطالعه [۱,۲] مراکز آتشفشانی سهند از میوسن فوقانی تا اواخر پلیستوسن بطور متناوب فعالیت می نموده اند. ترکیب گدازه های سهند از داسیت تا ریوداسیت و ریولیت تغییر می کند که داسیت ها دارای فراوانی بیشتری می باشند و عمده کانی های غالب آن پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز و آنورتوکلاز می باشد. مواد پیروکلاستیک سهند از ماسه های آتشفشانی، رس های لاپیلی دار، پامیس، کنگلومرا با قطعات سنگ های آتشفشانی سخت نشده، لاپیلی های هسته دار، آگلومرا، ایگنمبریت و لاهار تشکیل شده اند که اجزای آن ها را مواد عارضه ای، همزاد و جوان تشکیل می دهند. وسعت رسوبات پیروکلاستیک در منطقه بحدی است که روابط بین توده های مختلف را مبهم ساخته اند. کانی های سنگ های آتشفشانی می توانند حوادث صورت گرفته ضمن تبلور سنگ را منعکس کنند.

در سنگ های مجموعه آتشفشانی سهند، شواهد متعدد اختلاط ماگمایی در کانی های پلاژیوکلاز و کوارتز ثبت شده اند.

این شواهد کانی شناسی شامل وجود بافت غربالی، رشد حاشیه های نوظهور، تحلیل رفتگی و گردشگری و وجود حاشیه غبارآلود پلاژیوکلاز و تشکیل کوارتزهای گرد شده با حواشی واکنشی و خلیج خوردگی می باشند.

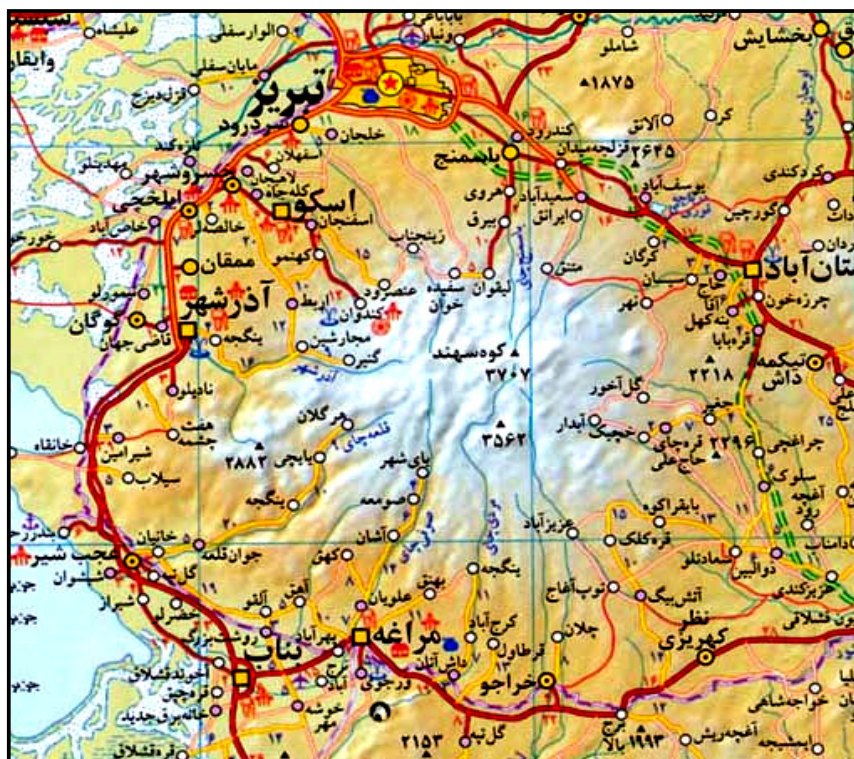
روش مطالعه

جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب شد و پس از مطالعات میکروسکوپی به منظور مطالعات زمین شیمیایی تعداد ۳۰ نمونه از بین سالم ترین نمونه های منطقه انتخاب و برای تجزیه شیمیایی به روش

از این سنگ ها بصورت گنبد های ولکانیک و انواع دیگر سنگ های آتشفشانی در محدوده شرق دریاچه ارومیه و جنوب تبریز در استان آذربایجان شرقی برونزد دارد. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی سنگ های آتشفشانی و آذرآواری سهند و با توجه به نتایج داده های ژئوکرونولوژی و روابط چینه شناسی حاکم بر سنگ های مورد مطالعه [۱,۲] مراکز آتشفشانی سهند از میوسن فوقانی تا اواخر پلیستوسن بطور متناوب فعالیت می نموده اند. ترکیب گدازه های سهند از داسیت تا ریوداسیت و ریولیت تغییر می کند که داسیت ها دارای فراوانی بیشتری می باشند و عمده کانی های غالب آن پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز و آنورتوکلاز می باشد. مواد پیروکلاستیک سهند از ماسه های آتشفشانی، رس های لاپیلی دار، پامیس، کنگلومرا با قطعات سنگ های آتشفشانی سخت نشده، لاپیلی های هسته دار، آگلومرا، ایگنمبریت و اغلب نواحی ایران در زمان سنوزوئیک میزبان فعالیت آتشفشانی شدیدی بوده که نتیجه تاثیر ماگمازایی فرورانش حاشیه قاره ای است. در ایران مرکزی این فعالیت بصورت رشته کوه هایی از آذربایجان تا بزمان و تفتان در بلوچستان ادامه دارد و بنام کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر مشهور است. بخشی از این سنگ ها بصورت گنبد های ولکانیک و انواع دیگر سنگ های آتشفشانی در محدوده شرق دریاچه ارومیه و جنوب تبریز در استان آذربایجان شرقی برونزد دارد. بر اساس مطالعات انجام شده بر روی سنگ های آتشفشانی و آذرآواری سهند و با برای مطالعه سنگ های آتشفشانی منطقه پس از مشخص شدن پراکندگی و روابط صحرائی موجود اقدام به نمونه برداری های متعدد گردید. پس از مطالعات دقیق در مقیاس صحرائی، نمونه های متفاوت

برای ارزیابی ویژگی های زمین شیمیایی گدازه های منطقه اندازه گیری شد.

ICP-MS به آزمایشگاه ALS-Chemex کانادا ارسال شد. در این نمونه ها، مقادیر ۵۴ عنصر اصلی و کمیاب



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه های ارتباطی منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه استان آذربایجان شرقی

زمین شناسی عمومی

آتشفشان سهند از آتشفشان های جوان در قسمت شمالی کمربند ماگمایی ارومیه- دختر می باشد که از اواخر میوسن تا پلیستوسن بصورت متناوب دارای فعالیت های انفجاری و خروج گدازه بوده است. گدازه های آتشفشانی و نیمه آتشفشانی حدواسط تا اسیدی در این منطقه گسترش وسیعی دارند. به طوری که می توان کامل ترین توالی های در ارتباط با فعالیت آتشفشانی پس از برخوردی از زمان میوسن میانی تا پلیوسن و کواترنر را مشاهده نمود. در مراحل اولیه

منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران، ۶۰ کیلومتری شرق دریاچه ارومیه و ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر تبریز مابین طول جغرافیایی شرقی ۳۰'، ۴۶° تا ۴۰'، ۴۶° و عرض جغرافیایی شمالی ۳۰'، ۳۷° تا ۴۰'، ۳۷° قرار دارد (شکل ۱).

آتشفشان سهند از آتشفشان های جوان در قسمت شمالی کمربند ماگمایی ارومیه- دختر می باشد که از اواخر میوسن تا پلیستوسن بصورت متناوب دارای فعالیت های انفجاری و خروج گدازه بوده است.

پتروگرافی

سنگ های آندزیتی در نمونه دستی، طیف متنوعی از رنگ های خاکستری روشن، قهوه ای، سرخ و سبز تیره را به خود اختصاص می دهند. در برخی از نمونه ها، بافت فانریتیک و پورفیری دیده می شود و در برخی دیگر از نمونه ها، بافت ریز بلور و آفانتیک وجود دارد. این سنگ ها عمدتاً به صورت آگلوмера و برش آتشفشانی، و روانه ای برشی گدازه ای هستند که به صورت بمب، و گاه به صورت گنبد دیده می شوند. ویژگی های سنگ نگاری سنگ های آندزیتی عبارتند از: (۱) کانی های اصلی سنگ ها عبارتند از آنورتوکلاز، پلاژیوکلاز، هورنبلند که به صورت شکل دار و نیمه شکل دار، هم به صورت درشت بلور و هم کانی های ریزتر در متن قرار دارند. بافت سنگ ها پورفیری با خمیره ریز بلور و گلوپورفیریتیک می باشد (شکل ۳-a). اغلب درشت بلور ها دارای ساختار منطقه ای (شکل ۳-b) و بافت غربالی (شکل ۳-c) هستند. درشت بلورهای آلکالی فلدسپار واجد قطرک های شیشه ای هستند. در برخی از نمونه ها هورنبلندها دارای حاشیه سوخته و در برخی دیگر دارای حواشی تحلیل رفته هستند (شکل ۳-d). همچنین برخی از هورنبلندها دارای بافت پویی کلیتیک هستند و در آن ها میانبارهایی از آپاتیت و اسفن و شیشه دیده می شوند. بیوتیت و کلینوپیروکسن های اوژیت به مقدار کمتر در متن و گاه به صورت درشت بلور دیده می شوند. برخی از آمفیبول ها و بیوتیت ها دارای حاشیه کدری هستند و در اثر اکسایش شدید، کانی ها از حاشیه به مجموعه ای از کانی های تیره تبدیل شده اند (شکل ۳-a). شیشه با رنگ قهوه ای روشن و

فعالیت آتشفشانی در سهند، گدازه های حدواسط با ترکیبات مختلف فوران کرده و در انتهای میوسن انتشار وسیع پامیس و خاکستر آتشفشانی اتفاق افتاده است و در جدیدترین فعالیت آتشفشانی در پلیوسن و کواترنری، بعد از مراحل آرامش و خاموشی گدازه های اسیدی مانند داسیت و ریوداسیت فوران کرده اند که هم سن با سایر گندهای ساب ولکان در منطقه آذربایجان بوده و مربوط به مرحله آخر فعالیت آتشفشانی می باشند. شکل های گنبدی در در منطقه سهند به دو صورت دیده می شوند: (۱) گندهای آتشفشانی منفرد و بزرگ (۲) توده های گنبدی شکل با اندازه های کوچک تر و متعدد. گنبد های آتشفشانی موجود در این منطقه، همگی واحد های رسوبی سازند سرخ بالایی را قطع کرده و سبب خردشدگی و شیب دار سنگ های کجاور شده اند. همه این مجموعه آتشفشانی توسط رسوبات جوان تر آبرفتی و اپی کلاستیک با سن پلیوسن پوشیده شده اند. آرایش و جایگیری خطی گندهای آتشفشانی سهند و ارتباط آن ها با سایر مجموعه های آتشفشانی در آذربایجان، همچنین جایگیری گندهای نیمه آتشفشانی در هسته تاقدیس های موجود در سازند سرخ بالایی در نقشه های بزرگ مقیاس، نشان می دهد که فوران های آتشفشانی شکافی بوده و در اثر حرکات گسل های امتداد لغز و از محل برخورد گسل های متقاطع با روندهای NE-SW و NW-SE صورت گرفته و پیروی فعالیت های آتشفشانی از ساختارهای زمین ساختی منطقه را نشان می دهد. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ مشاهده می گردد [۳].

آندزیت هستند. در پیروکسن آندزیت ها، کلینوپيروكسن ها از نوع اوژیت شکل دار با بافت گلوپورپورفیری مشاهده می شوند.

داسیت ها، ریوداسیت ها و ریولیت ها گسترش بیشتری در منطقه سهند داشته و به طور عمده به صورت گنبد های منفرد آتشفشانی و یا به صورت آگلومرا و برش های آتشفشانی قابل مشاهده اند. در نمونه دستی، اغلب به رنگ قهوه ای روشن تا خاکستری و خاکستری روشن هستند. بلورهای آمفیبول و پیروکسن به صورت دگرسان شده در یک متن ریزبلور و شیشه ای قرار دارند. در مجموع ویژگی های زیر را برای گدازه های فوق می توان در نظر گرفت:

۱) کانی های اصلی شامل پلاژیوکلازهای شکل دار تا نیمه شکل دار هستند و با زون بندی و بافت غربالی به صورت درشت بلور در اندازه های ۱-۵ میلی متر در یک متن دانه ریز یا شیشه ای قرار دارند. پلاژیوکلازهایی که سالم بوده و فاقد زون بندی هستند با استفاده از روش میشل لوی در حد اولیگوکلاز تعیین شده است (شکل ۵-۵). هورنبلند و بیوتیت نیز به صورت درشت بلور مشاهده می شوند و دارای حاشیه سوخته اند. در ریوداسیت ها بیوتیت ها دارای حاشیه کدر شده و نوارهای شکنجی هستند.

خاکستری کم رنگ حد فاصل کانی های دیگر را پر می کند.

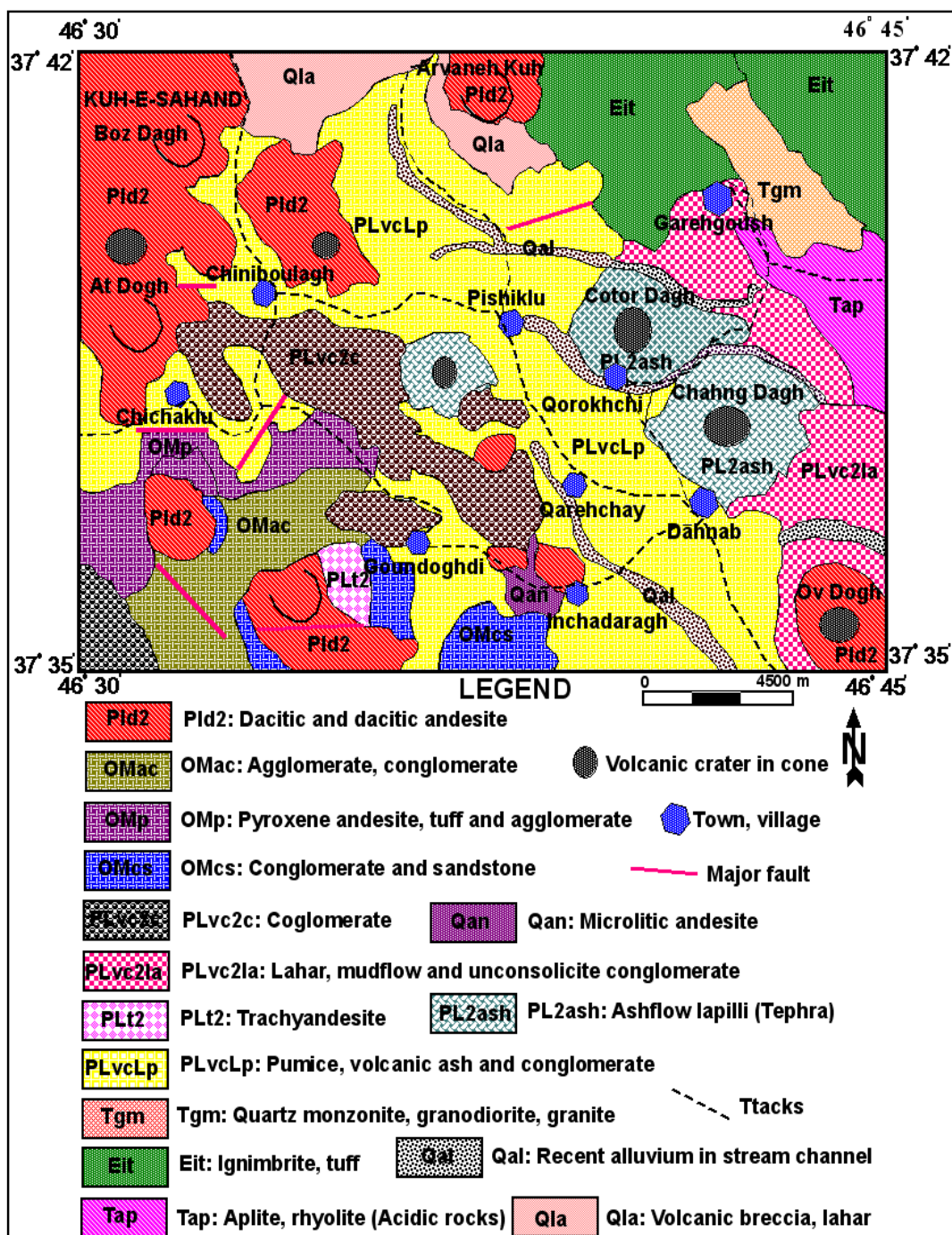
۲) کانی های فرعی و عارضه ای شامل ریزبلورهایی از اوژیت، اسفن، آپاتیت، آلکالی فلدسپار و کانی های کدر هستند و به طور عمده در متن و یا به صورت میانبار در کانی های دیگر قرار دارند.

۳) کانی های تجزیه ای عبارتند از سرسیت، کلریت، کلسیت، اپیدوت، زئولیت و پرهنیت. کانی های تیره به کلسیت، اپیدوت، زئولیت و فلدسپارها به سرسیت، کوارتز و پرهنیت تجزیه شده اند.

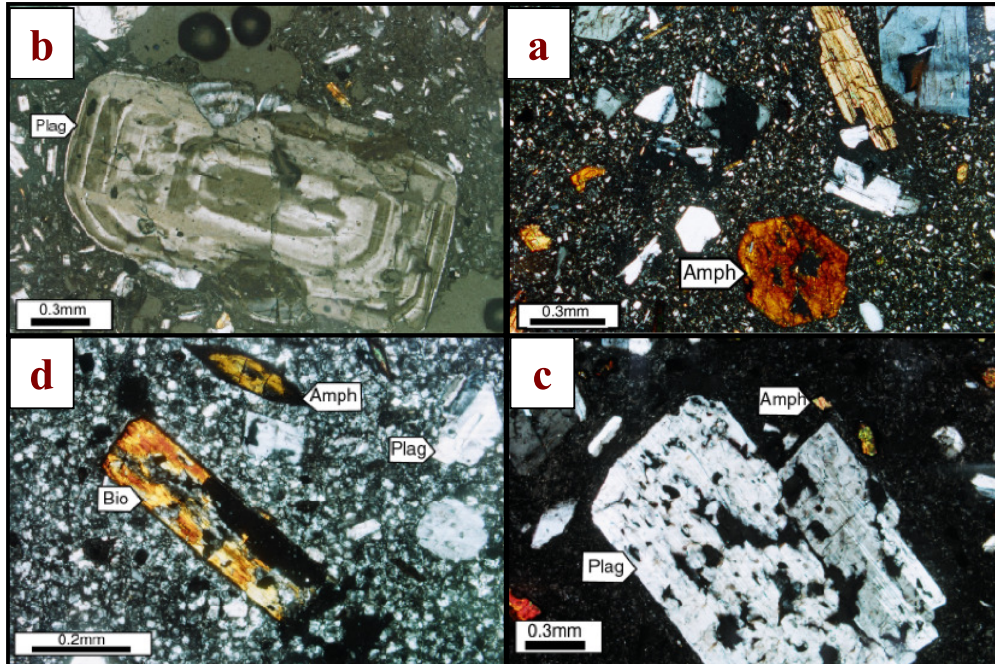
۴) بافت غالب نمونه های مطالعه شده، پورفیری، میکروولیتیک پورفیری و هیالومیکروولیتیک پورفیری است. در برخی از نمونه ها بافت تراکتی نیز دیده می شود (شکل ۴-b).

۵) وجود ساختار منطقه ای، بافت غربالی، حواشی سوخته و کدر و حواشی تحلیل رفته بلورها نشان دهنده شرایط ناپایدار در محیط تبلور بوده و احتمالاً در اثر صعود سریع ماگما و یا فرایند های آلاینش و هضم و آمیختگی ماگمایی ایجاد شده است. شکل دار بودن آمفیبول ها نسبت به پلاژیوکلاز ها تقدم تشکیل آن ها را نشان می دهد و صعود بعدی ماگما به سطوح بالاتر و یا آمیختگی با ماگمای بازی قلیایی سبب ناپایداری این نوع کانی ها شده و حاشیه های سوخته و کدر شده می تواند نشان دهنده این فرایند باشد. آمیختگی ماگمای بازیک و اسیدی سبب تغییر در میزان سیلیس مذاب شده و تحلیل رفتن حاشیه برخی از کانی های زودتر تشکیل شده، از جمله آمفیبول ها و پلاژیوکلازها و ایجاد زون بندی می تواند گویای این مسئله باشد (شکل ۴-c، ۴-d).

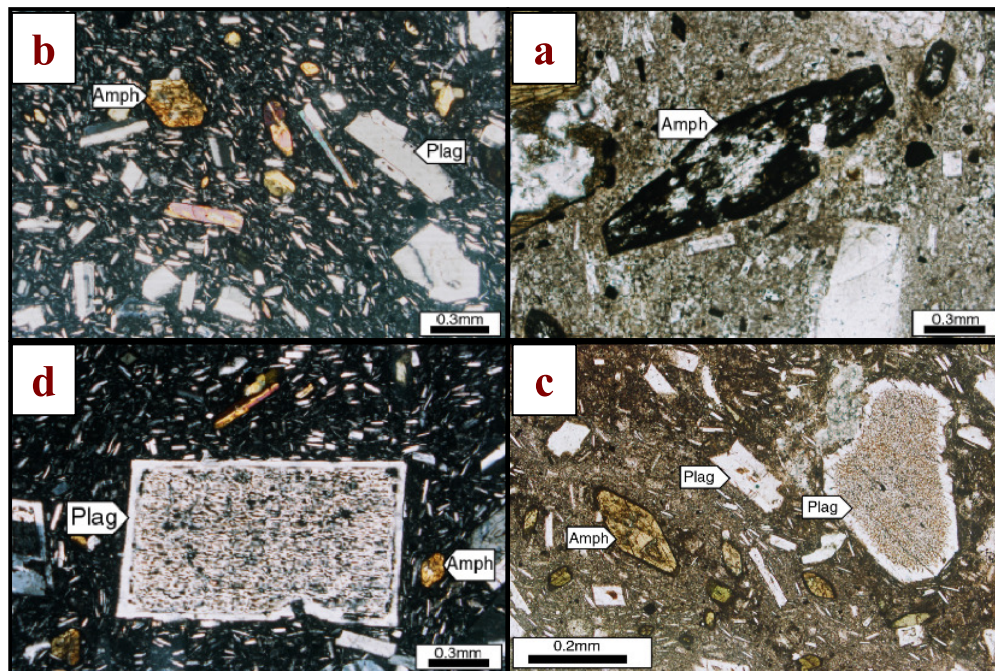
۶) با توجه به کانی شناسی سنگ ها، این نمونه ها از نوع هورنبلند آندزیت، پیروکسن آندزیت و تراکی



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه بستان آباد [۳]



شکل ۳- a- بافت پورفیری با آمفیبول های شکل دار (XPL). b- درشت بلور پلاژیوکلاز با منطقه بندی هم مرکز (PPL). c) درشت بلورهای پلاژیوکلاز با بافت غربالی و آمفیبول های شکل دار (XPL). d) بیوتیت و آمفیبول های شکل دار با حاشیه سوخته (XPL).



شکل ۴- a- درشت بلور شکل دار هورنبلند اپاسیتی شده (PPL). b- بافت هیالوپورفیری، پلاژیوکلاز و آمفیبول های شکل دار سالم با بافت تراکیتی (XPL). c, d) پلاژیوکلاز با بافت غربالی و ساختمان منطقه بندی که بخش مرکزی آن ها به کائولینیت و کلریت تجزیه شده به همراه آمفیبول های شکل دار (XPL, PPL).

حواشی آلکالی فلدسپارها نیز این موضوع را تأیید می کند. گرم شدن پلاژیوکلازها در دماهای بالاتر از دمای لیکوئیدوس باعث انحلال درشت بلورها و گرم شدن و انحلال حواشی آنها می شود [4].

در بعضی از نمونه ها بافت گلوومروپورفیریک با تجمعاتی از آلکالی فلدسپار و آمفیبول دیده می شود. گلوبول های شیشه بعضاً شبیه مواد شیشه ای خمیره هستند. این نوع بافت می تواند در اثر تبلور سریع و نطفه بندی سریع بلورهای آلکالی فلدسپار، اختلاط ماگما و یا ازدیاد دمای مذاب و ذوب آلکالی فلدسپارها بوجود آید. در برخی از آندزیت ها و ریو داسیت ها هورنبلند و بیوتیت دارای حواشی سوخته بوده و در برخی دیگر به طور کامل با کانی های تیره سودومورف شده اند.

ژئوشیمی

به منظور مطالعات زمین شیمیایی تعداد ۳۰ نمونه از گدازه های منطقه پس از مطالعات میکروسکوپی از بین سالم ترین نمونه های منطقه انتخاب و برای تجزیه شیمیایی به روش ICP-MS به آزمایشگاه ALS-Chemex کانادا ارسال شد. در این نمونه ها، مقادیر ۵۴ عنصر اصلی و کمیاب برای ارزیابی ویژگی های زمین شیمیایی گدازه های منطقه اندازه گیری شد (جدول ۱). سنگ های آتشفشانی منطقه در رده بندی شیمیایی در نمودار $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ محدودده های آندزیت، داسیت و ریولیت قرار می گیرند [4] (شکل ۶). بالا بودن نورم کوارتز و ارتوکلاز در بعضی از نمونه ها، نشان دهنده این است که ترکیب خمیره شیشه ای در گدازه ها تقریباً اسیدی است.

کوارتز در نمونه ها به صورت ریزبلور در متن قرار دارد و در برخی از نمونه های ریولیتی به صورت درشت بلور با حاشیه های خورده و خلیجی و گرد شده قابل مشاهده است. در برخی از نمونه ها درشت بلورهایی از آنورتوکلاز با میانبارهای شیشه دیده می شود (شکل ۵-f).

۲) پیروکسن، اسفن، آپاتیت، فلدسپار قلیایی و کانی های کدر از کانی های فرعی محسوب می شوند. در برخی از نمونه ها آلکالی فلدسپار هم به صورت درشت بلور دیده می شوند.

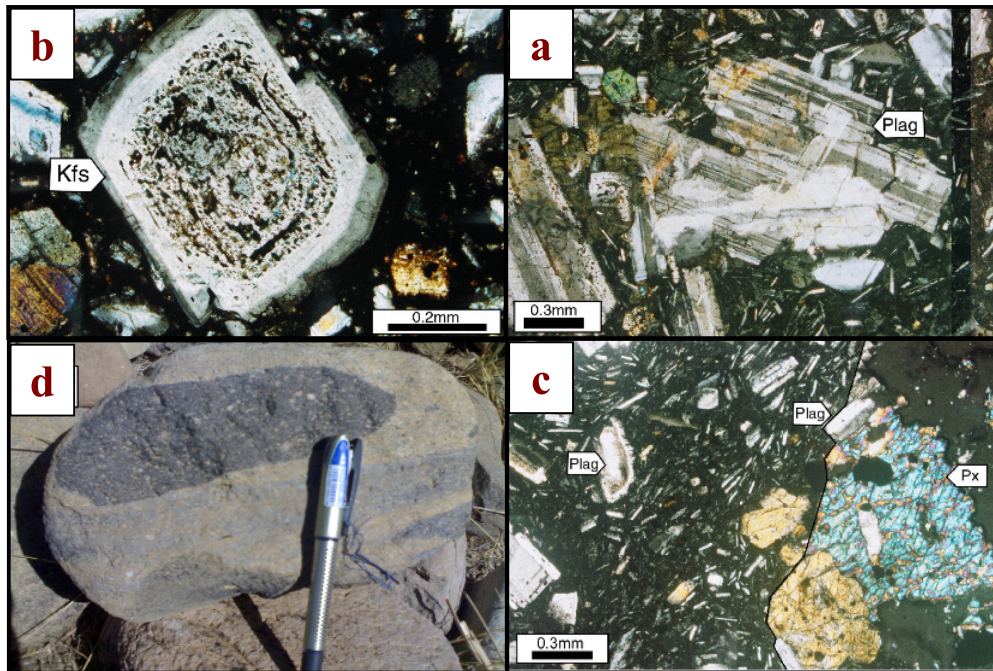
۳) کانی های تیره شامل بیوتیت و آمفیبول ها به شدت دگرسان شده و به مجموعه ای از کانی های تجزیه ای مانند کلسیت، کلریت، اپیدوت و کانی های تیره تبدیل شده اند. پلاژیوکلازها به سریسیت و کانی های رسی تبدیل شده اند.

۴) خمیره از ریزبلورهای متشکل از آلکالی فلدسپار و پلاژیوکلاز، سانیدین و بلورهای ریز کوارتز است.

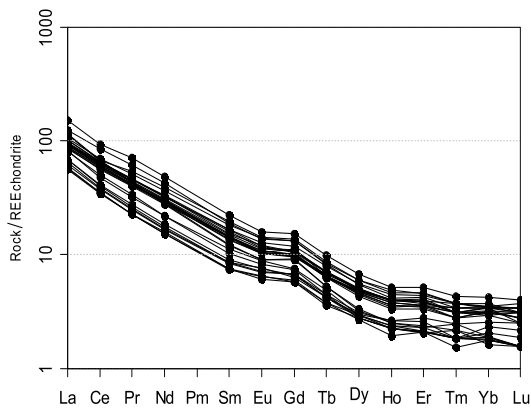
۵) بافت اغلب سنگ ها پورفیری، گلوومروپورفیری، همراه با بافت پیلوتاکسیتی است. جهت دار شدن میکروولیت های ریز در اطراف درشت بلورها شاخص است. وجود فلدسپارهای قلیایی فراوان، کم شدن از تعداد کانی های مافیک، در تراکی داسیت ها قابل مشاهده است. افزایش کانی های کوارتز و فلدسپار قلیایی و کم شدن از کانی های مافیک، پیروکسن و آمفیبول، در انواع ریوداسیت ها دیده می شود.

در تعدادی از نمونه ها بیگانه سنگ همزاد مشاهده می شود که احتمالاً منشأ آنها از حاشیه انجماد سریع گنبد ها است (شکل ۵-g و ۵-h) [4].

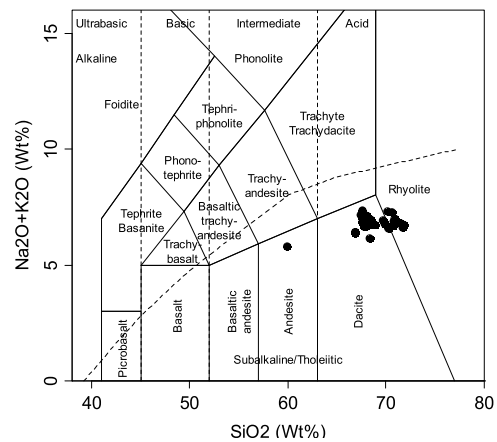
در برخی از نمونه هایی که آلکالی فلدسپار و پلاژیوکلازها، بافت غربالی دارند، احتمالاً در اثر انحلال و واکنش ایجاد شده اند. خوردگی های



شکل ۵- a- پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتیتیک در یک خمیره تمام بلورین از آلکالی فلدسپار، بیوتیت و کوارتز (XPL)
 b- درشت بلورهایی از پلاژیوکلاز با میانبراهای شیشه در داسیت ها (XPL). g, h- قرار
 گرفتن یک قطعه بیگانه سنگ آندزیتی در یک مذاب داسیتی (XPL)



شکل ۷- غنی شدگی نمونه ها از LREE در مقایسه
 با HREE در نمودار پراکندگی عناصر نادر خاکی کمیاب
 که نسبت به REE کندریت بهنجار شده اند [6]



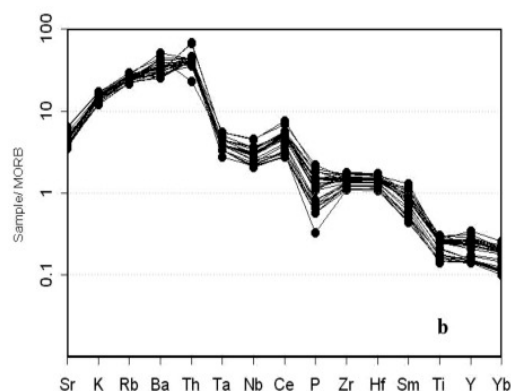
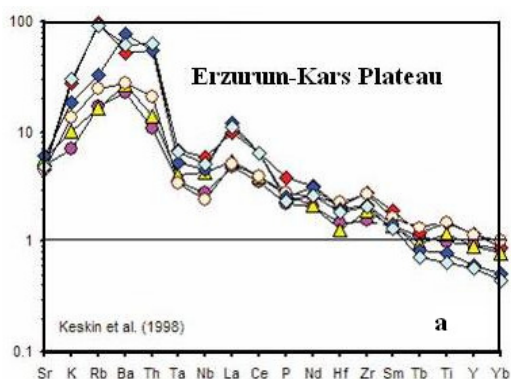
شکل ۶- نمونه های مورد مطالعه در نمودار
 مجموع قلیایی در برابر سیلیس در محدوده
 آندزیت، داسیت و ریولیت قرار می گیرند [5]

غنی شدگی در عناصر LILE و LREE نسبت به HFSE و بی هنجاری منفی Nb، Ta، و پایین بودن Y از ویژگی های زمین شیمیایی سنگ های این منطقه می باشد.

بررسی سری های ماگمایی

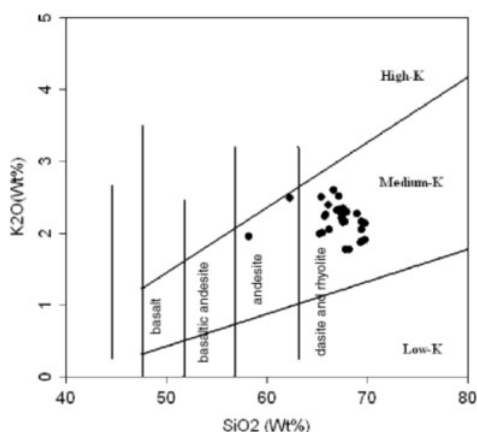
مطالعه سری های ماگمایی در شناخت محیط های زمین ساختی و ژئودینامیکی اهمیت ویژه ای دارد. این نمونه ها با داشتن K_2O بین ۱/۷۸ تا ۲/۶ درصد وزنی و Na_2O بین ۳/۱۱ تا ۴/۸۳ درصد وزنی، در نمودار مثلثی AFM [10] اکثراً در قلمرو سنگ های کلسیم-قلیایی (شکل ۹) و در نمودار $Si_2O - K_2O$ [11] در منطقه سنگ های با پتاسیم متوسط (شکل ۱۰) قرار می گیرند. مقایسه نسبت مودال درشت بلورها در آندزیت های منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که نسبت مودال پلاژیوکلاز به مجموع کانی های آهن و منیزیم دار در این سنگ ها خیلی بالا بوده و به سنگ های کلسیمی-قلیایی شباهت دارند.

در شکل ۷، فراوانی عناصر خاکی کمیاب نمونه های مورد نظر نسبت به فراوانی این عناصر در کندریت بهنجارسازی شده است [6]. در این شکل علاوه بر غنی شدگی نمونه ها از عناصر خاکی کمیاب سبک بی هنجاری منفی Eu نیز مشاهده نمی شود و نشان دهنده حضور پلاژیوکلازهای کلسیک به عنوان عامل کنترل کننده تحول ماگما و یا عدم حضور آنها در فاز باقی مانده و یا فوگاسیته بالای O_2 است [7,8]. در این شکل، الگوی پراکندگی عناصر خاکی کمیاب در گدازه های مختلف کم و بیش با هم موازی است و سنگ های منطقه از عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) غنی شدگی نشان می دهند. در شکل ۸ نمودار عنکبوتی بهنجار شده به MORB و عناصر کمیاب منطقه فلات ارزروم-کارس (A-a) در خاور ترکیه با نمودار مشابه آن در منطقه سهند (A-b) مقایسه شده است. آتشفشان های فلات ارزروم-کارس در خاور ترکیه به عنوان آتشفشان های تیپ مناطق پس از برخوردی معرفی شده اند و از نوع دونمایی (Bimodal) هستند [9]. در این منطقه گدازه های اسیدی و حدواسط دارای ویژگی های کانی شناختی مشابه با سهند هستند.

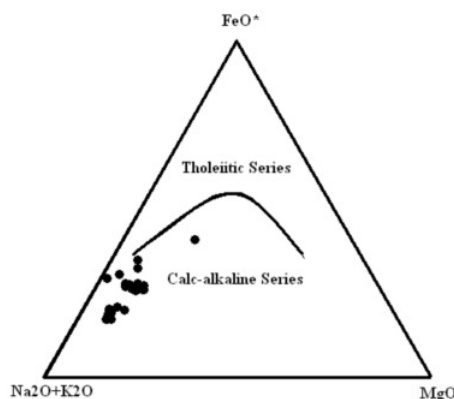


شکل ۸- مقایسه نمودار عنکبوتی و تغییرات عناصر کمیاب خاکی سنگ های آتشفشانی کلسیم-قلیایی سهند

a- در خاور ترکیه که هر دو به MORB بهنجار شده اند. b- با فلات ارزروم-کارس [6]



شکل ۱۰- موقعیت نمونه ها در نمودار $K_2O - SiO_2$ در محدوده پتاسیم حدواسط قرار می گیرند [10]

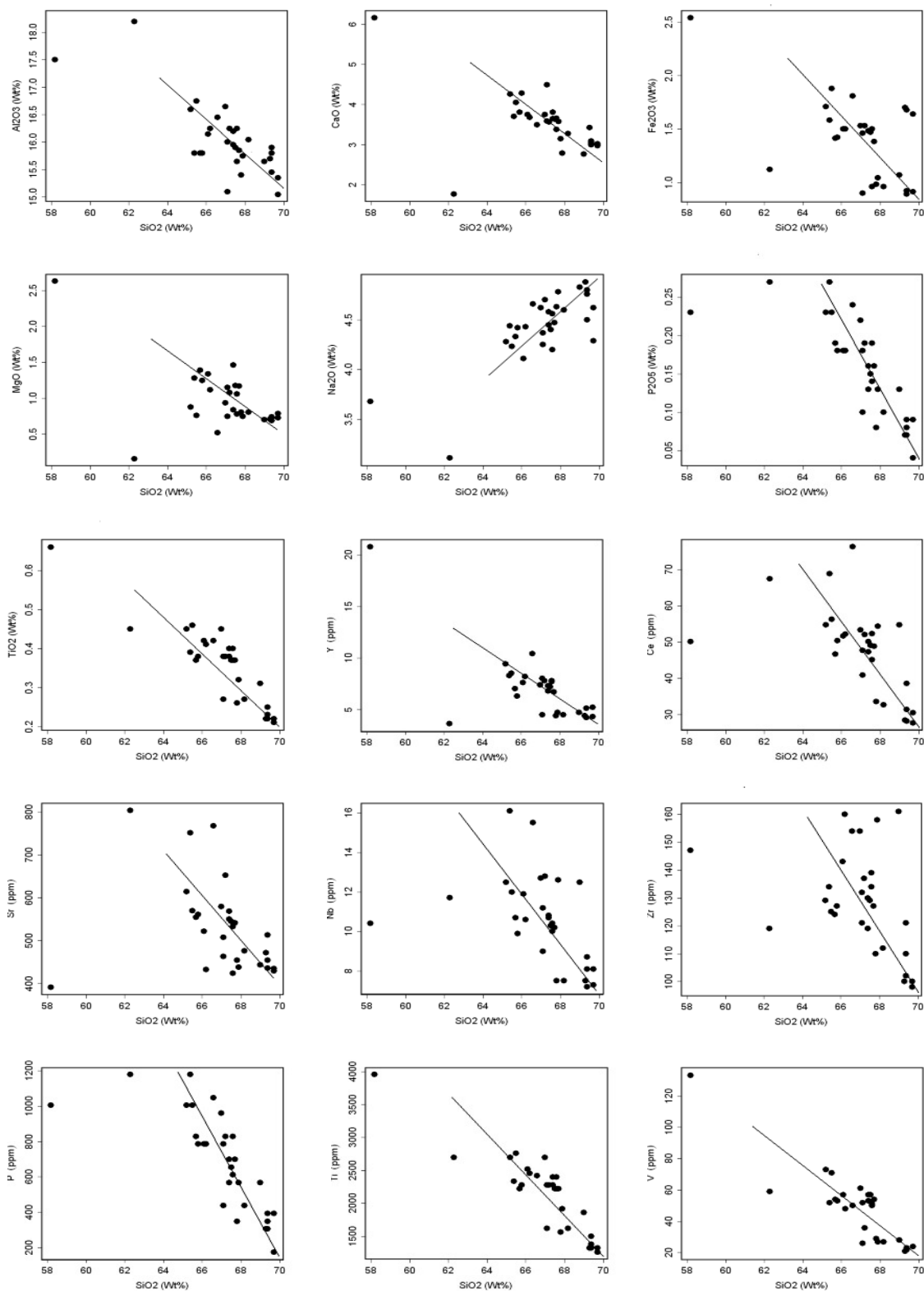


شکل ۹- نمودار AFM برای تفکیک سری های کلسیمی-قلیایی از تولییتی [9]

بررسی روند تفریق

دارد و در صورت نبود زیرکن، عنصر زیرکنیم در آمفیبول ها وارد می شود [8]. تغییرات عنصر Nb در ارتباط با جدایش ایلمنیت، اسفن و در مرحله بعد می تواند در ارتباط با تفریق کانی های بیوتیت و هورنبلند باشد. Sr در ارتباط با افزایش SiO_2 با وارد شدن در ساختار پلاژیوکلاز روند منفی نشان می دهد. عناصر سازگار V، Ce، Ti و با افزایش SiO_2 همبستگی منفی نشان می دهند (شکل ۱۱). به نظر می رسد تبلور بخشی اکسید های Fe و Ti یا جدایش کانی های آهن - منیزیم دار حاوی Ti، مهمترین دلیل ناهنجاری منفی این عنصر بوده و تبلور بخشی آپاتیت نیز سبب ناهنجاری منفی P شده است. این مسئله می تواند در ارتباط با تفریق کانی های فرومنیزین مانند پیروکسن و مگنتیت در حین صعود ماگما و استقرار آن در محفظه های ماگمایی باشد. با توجه به همبستگی های مشاهده شده در نمودارها، نمونه های منطقه می توانند از یک منشأ پوسته ای حاصل شده باشند.

در نمودارهای متغیر اکسید-اکسید و عناصر فرعی، رفتار سیلیس نسبت به عناصر اصلی و کمیاب مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱۱) [12]. در این نمودارها با افزایش مقدار سیلیس، اکسیدهای اصلی TiO_2 ، Al_2O_3 ، P_2O_5 ، CaO ، MgO ، Fe_2O_3 نزولی نشان می دهند. این مسئله می تواند احتمالاً در ارتباط با تفریق و تبلور کانی های پلاژیوکلاز و کانی های فرومنیزین مانند پیروکسن و کانی های تیره مانند تینانومگنتیت و ایلمنیت در مسیر صعود و استقرار ماگمای هیبرید در محفظه های ماگمایی بالاتر در ارتباط باشد. Na_2O دارای روند صعودی است، که نشانگر تبلور بخشی پلاژیوکلاز و تشکیل پلاژیوکلاز های سدیک با افزایش سیلیس ماگما می باشد. داخل شدن Na در شبکه پلاژیوکلازها می تواند روند صعودی ایجاد کند و پراکنده بودن آن می تواند در ارتباط با هضم یا آمیختگی باشد. Y، Zr و Nb دارای روند نزولی با افزایش SiO_2 می باشد. Zr در اولویت اول، تمایل به ورود در ساختار کانی زیرکن



شکل ۱۱- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی و عناصر کمیاب در برابر سیلیس برای سنگ های منطقه مورد مطالعه [12]

هستند که باید در مدل خاستگاه ماگمایی پیشنهادی در نظر گرفته شوند. در این محیط پس از برخوردی، صعود ماگما و احتمالاً تولید آن، به وسیله گسل های امتداد لغز و زمین ساخت کششی همراه با آن، کنترل می شود [9].

براساس مدل های ارائه شده، این احتمال وجود دارد که پس از برخورد صفحه های عربستان و اوراسیا دور جدیدی از آتشفشانی پس از برخوردی در شمال باختر ایران و خاور ترکیه در میو- پلیوسن شروع شده است. در اثر کوتاه شدگی و بالا آمدگی قابل توجه پوسته ای در فلات ایران - آناتولی و سبتر شدن پوسته، سنگ کره زیرین بالا آمده و تحت تأثیر ذوب بخشی قرار می گیرد. به نظر می رسد ماگمای تشکیل دهنده سنگ های مورد مطالعه متعلق به یک محیط کششی پس از برخوردی باشد. چنانکه در منطقه سهند، گسل ها و شکستگی های فراوان، از روند های ساختاری کمربند آتشفشانی ارومیه دختر پیروی می کند. بنابراین، می توان این جریان های گدازه ای را در ارتباط با گسل هایی دانست که در اثر برخورد پوسته قاره ای ایران و عربستان در پوسته ایران زمین به وجود آمده اند. این گسل ها به عنوان گسل های پس از برخوردی شناخته می شوند که به نسبت ژرف بوده و بعضی از آنها تا گوشته بالایی ادامه داشته اند.

نتیجه گیری

۱) ترکیب سنگ شناسی آتشفشانی منطقه شامل آندزیت، داسیت و ریولیت می باشد که به طور گسترده با مرزهای دگرشیب بر روی واحدهای رسوبی میوسن قرار گرفته اند.

این نمونه ها با مقادیر مختلف از ماگمای بازالتی آمیختگی یافته و ماگمای هیبرید را بوجود آورده اند و متعاقب آن تحول چنین ماگمایی هنگام صعود و استقرار در محفظه های ماگمایی در طی فرایند هضم و تفریق با نرخ های متفاوت انواع سنگ های منطقه را به وجود آورده است.

جایگاه زمین ساختی و خاستگاه ماگمایی

مقایسه عناصر اصلی و فرعی سنگ های مورد مطالعه، با سنگ های مربوط به برخورد و پس از برخورد در جهان (از جمله ترکیه) نشان داد که احتمالاً ماگمای مادر سنگ های منطقه سهند تبریز محصول یک سری فرایند های متمایز می باشد که غنی شدگی انتخابی را در عناصر LILE و LREE به وجود آورده است. تصور می شود که این غنی شدگی و شباهت نمونه ها به مناطق فرورانش، در طی حوادث فرورانش پیش از برخورد، دچار تحول شده و غنی شدگی در این عناصر، از فرورانش پیش از برخورد به ارث رسیده است. بدیهی است در ارائه مدل خاستگاه ماگمایی مناسب برای تولید ماگماهای حدواسط علاوه بر در نظر گرفتن روابط میان ماگماتیسم و زمین ساخت در این مناطق باید از نتایج کانی شناسی و شیمیایی به دست آمده بهره برد. شواهد کانی شناسی و میکروسکوپی نمونه های سنگی مانند وجود آمفیبول ها و پلاژیوکلازهای زون بندی شده با حواشی خورده شده و سوخته و یا کدر شده، بافت غربالی، گلو مروپورفیری و پویی کلتیک، بالا بودن نسبت Na_2O/K_2O ، الگوی تفریق یافته برای REE، نبود بی هنجاری منفی برای Eu، پایین بودن Ti، Nb، Y و الگوی تهی شده از HREE از جمله ویژگی هایی

داسیتی و ریوداسیتی و کمتر آندزیتی هستند. قطعات سازنده لاهار و کنگلومرا، از قلوه سنگهای آتشفشانی (داسیت و ریوداسیت) تشکیل شده است که در خمیره هتروژن قرار گرفته اند.

(۷) سری ماگمایی سنگ ها، کلسیمی قلیایی می باشد. بالا بودن نسبت Na_2O/K_2O ، غنی شدگی LILE، تهی شدگی در عناصر HREE، Nb، Y و الگوی تفریق یافته برای REE و نبود بی هنجاری منفی Eu از ویژگی های نمونه های مورد مطالعه است.

(۸) محیط زمین ساختی نمونه های مورد مطالعه کمان های پس از برخوردی و کمان های حاشیه فعال قاره ای تعیین شده است.

(۹) با توجه به بالا آمدگی در منطقه برخوردی، و ستبرای زیاد پوسته، امکان فرایند های (AFC) با مواد پوسته ای وجود داشته و این مسئله با شواهد کانی شناسی و نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و فرعی قابل درک است.

(۱۰) فلات وسیع و مرتفع شمال باختر ایران و خاور آناتولی و قفقاز از میوسن میانی تا کواترنر شاهد رخداد های ماگمایی مشابه بوده و جایگیری سنگ های منطقه مورد مطالعه نیز در امتداد گسل های مهم امتداد لغز منطقه و گسل ها و شکستگی های فرعی آن ها می باشد.

(۲) سنگ های مطالعه شده دارای بافت پورفیری و میکرولیتیک پورفیری است. کانی های پلاژیوکلاز، آمفیبول های شکل دار و نیمه شکل دار مهم ترین درشت بلور ها می باشند. در برخی از نمونه ها به علت شرایط عدم تعادل در تبلور ماگما، احتمالاً به علت تغییر سریع ژرفا و یا آمیختگی، آمفیبول ها و کلینوپیروکسن ها دارای حواشی واکنشی و خورده شده بوده، بلورها کدر و دارای زون بندی هستند. بویژه در سنگ های داسیتی کانی های تیره به شدت دگرسان شده اند.

(۳) وجود ساختار منطقه ای، بافت غربالی، حواشی سوخته و کدر و حواشی تحلیل رفته بلورها نشان دهنده شرایط ناپایدار در محیط تبلور بوده و احتمالاً در اثر صعود سریع ماگما و یا فرایند های آلیش و هضم و آمیختگی ماگمایی ایجاد شده است.

(۴) طبقات آگلومراهای موجود در منطقه سهند در نتیجه فرسایش توده های آتشفشانی قدیمی تر توسط آب های جاری تشکیل شده اند و از نظر سنگ شناسی شامل برش و پودنگ می باشد. جنس قلوه های آن آندزیتی است که به وسیله خمیره ای دانه ریز و رسی به هم چسبیده اند.

(۵) ایگنمبریت ها دارای ترکیب ریولیتی تا داسیتی با بافت اتاکسیتی هستند و از نظر سنگ شناختی، ایگنمبریت سهند از قطعات گرد یا بیضی شکل پامیس (به قطر ۰/۵ تا ۵۰ سانتیمتر) و قطعات کوچک سنگ های آتشفشانی (با قطری به مراتب کوچکتر از قطعات پامیس) و یک خمیره سفید یا گلی رنگ، تشکیل شده است. خمیره مذکور، شامل ذرات ریز پامیس می باشد.

(۶) توف ها اغلب در بین و یا زیر ایگنمبریت ها قرار گرفته اند و از لحاظ سنگ شناسی به طور عمده

کانی شناسی، پتروگرافی و پتروژنز مجموعه آتشفشانی سهند ...

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و خاکی کمیاب گدازه های منطقه سهند که به روش ICP-MS در آزمایشگاه ALS-Chemex تجزیه شیمیایی شده اند

sample	A7	B8	B9	C11	C16	C18	D21	E22	F27	F28	G1	G10	G11	H1
SiO2 (Wt%)	69	69.4	67.9	66.2	58.2	67.6	67.2	68.2	67.1	67.1	67.6	67	65.8	67.4
Al2O3(Wt%)	15.65	15.9	15.75	16.25	17.5	16.25	16.25	16.05	16	15.1	15.65	16.65	15.8	15.95
Fe2O3(Wt%)	1.07	0.89	1.04	1.5	2.54	1.5	1.53	0.96	1.46	0.9	0.96	1.53	1.42	1.48
FeO(Wt%)	0.99	0.88	0.99	1.55	3.39	1.5	1.47	0.99	1.46	0.92	1	1.56	1.46	1.48
CaO(Wt%)	2.76	3.09	2.79	3.68	6.17	3.66	3.57	3.27	3.59	4.49	3.38	3.75	4.28	3.81
MgO(Wt%)	0.7	0.69	0.75	1.12	2.63	0.78	1.08	0.81	1.15	0.75	1.06	0.94	1.25	1.46
Na2O(Wt%)	4.83	4.5	4.78	4.43	3.68	4.56	4.7	4.6	4.25	4.37	4.2	4.62	4.42	4.45
K2O(Wt%)	2.27	2.16	2.3	2.06	1.96	2.15	2.34	1.78	2.52	2.32	2.35	2.32	2.26	2.22
Cr2O3(Wt%)	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
TiO2(Wt%)	0.31	0.25	0.32	0.41	0.66	0.4	0.38	0.27	0.38	0.27	0.37	0.45	0.38	0.38
MnO(Wt%)	0.03	0.03	0.03	0.05	0.13	0.04	0.05	0.03	0.06	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06
P2O5(Wt%)	0.13	0.09	0.13	0.18	0.23	0.19	0.19	0.1	0.18	0.1	0.14	0.22	0.18	0.13
SrO(Wt%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07
BaO(Wt%)	0.07	0.08	0.07	0.08	0.06	0.08	0.09	0.06	0.07	0.08	0.07	0.1	0.09	0.08
LOI(Wt%)	1.7	2.09	2.7	1.89	1.89	0.5	0.8	2.3	1.8	3.3	2.17	0.79	2.5	1.09
Total(Wt%)	99.5	100	99.7	99.6	99.5	99.4	99.9	99.5	100	99.8	100	100	100	100
Ba (ppm)	607	672	622	619	530	689	762	538	617	654	608	839	713	704
Ce (ppm)	54.7	38.6	54.4	52.2	50.1	52.3	52.1	32.7	47.7	40.9	45.2	53.3	50.4	47.3
Co (ppm)	4.1	3.9	4.8	7.5	16.7	6.2	7.8	4.5	6.9	4.1	6.4	6.8	6.9	8.3
Cr (ppm)	70	90	130	200	90	150	100	90	90	60	90	130	110	110
Cs (ppm)	1.15	1.64	1.13	1.34	2.42	1.67	1.67	1.28	2.18	1.87	2.41	1.2	2.45	2.81
Cu (ppm)	11	39	11	20	45	25	22	11	12	17	19	32	29	25
Dy (ppm)	1.08	0.9	1.04	1.79	3.84	1.57	1.54	0.9	1.55	0.95	1.6	1.59	1.39	1.52
Er (ppm)	0.5	0.43	0.48	0.92	2.39	0.81	0.85	0.45	0.83	0.48	0.81	0.78	0.7	0.75
Eu (ppm)	0.67	0.61	0.66	0.93	1.13	0.84	0.88	0.56	0.8	0.65	0.76	0.89	0.8	0.77
Ga (ppm)	18.4	17.5	18.7	19.1	18.3	19	18.9	17.2	18.4	17.6	18	19.5	18.1	18.9
Gd (ppm)	2.38	1.93	2.35	3.05	4.53	2.85	2.71	1.63	2.6	1.96	2.54	2.76	2.6	2.89
Hf (ppm)	4	3.2	4	4.2	4.2	3.6	3.4	3	3.5	3.2	3.5	4	3.5	3.3
Ho (ppm)	0.18	0.16	0.18	0.32	0.79	0.29	0.29	0.16	0.28	0.17	0.29	0.29	0.24	0.27
La (ppm)	36	25.4	35.6	30	26.5	31.7	29.7	21.3	27.5	25.3	27.1	31.7	29.2	27.3
Lu (ppm)	0.05	0.05	0.05	0.12	0.36	0.09	0.11	0.05	0.11	0.06	0.1	0.1	0.08	0.08
Mo(ppm)	4	4	4	4	5	3	3	2	3	3	3	5	5	3
Nb (ppm)	12.5	8.1	12.6	10.6	10.4	10.4	12.8	7.5	11.2	9	10	12.7	9.9	10.7
Nd (ppm)	17	13.2	16.6	20	22.4	19.6	19.2	10.7	17.6	13.3	16.6	19.5	18.2	17.8
Ni (ppm)	8	17	14	15	9	13	8	11	9	6	7	12	11	20
Pb (ppm)	14	16	15	14	12	15	17	13	16	15	16	17	15	19
Pr (ppm)	5.36	3.92	5.23	5.64	5.93	5.74	5.62	3.2	5.09	4.13	4.88	5.6	5.29	5.04
Rb (ppm)	47.7	51.3	45.9	42.9	83.1	46.9	52.7	43.6	52	54.1	55.2	48	48	54.9
Sm (ppm)	2.39	2	2.37	3.28	4.23	3.13	3.25	1.67	2.78	2.2	2.77	2.96	2.81	2.85
Sr (ppm)	444	513	438	433	391	533	652	476	508	463	424	580	561	550
Ta (ppm)	0.9	0.6	0.9	0.7	0.7	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8
Tb (ppm)	0.25	0.21	0.25	0.38	0.68	0.33	0.33	0.2	0.31	0.23	0.32	0.34	0.3	0.31
Th (ppm)	13.5	9.26	13.4	8.35	11.3	7.75	8.2	8.3	7.85	9.16	8.44	8.61	7.22	7.56
Ti (ppm)	1858	1499	1918	2458	3956	2398	2278	1618	2278	1618	2218	2697	2278	2278
Tm (ppm)	0.07	0.07	0.08	0.12	0.34	0.1	0.1	0.06	0.12	0.06	0.1	0.11	0.09	0.11
U (ppm)	3.11	2.51	3.17	2.07	3.32	2.52	2.98	2.31	2.84	3.41	2.93	2.6	2.54	3
V (ppm)	28	23	27	48	133	51	36	27	52	26	50	61	53	57
W (ppm)	3	4	10	13	5	14	3	6	7	3	7	5	4	8
Y (ppm)	4.7	4.2	4.7	8.2	20.8	7.7	7.8	4.5	8	4.5	7.8	7.4	6.3	7.3
Yb (ppm)	0.39	0.34	0.4	0.74	2.27	0.65	0.72	0.39	0.71	0.43	0.67	0.71	0.61	0.71
Zn (ppm)	48	38	48	56	75	58	54	41	58	41	51	60	54	53
Zr (ppm)	161	121	158	160	147	139	137	112	132	121	134	154	127	119

ادامه جدول ۱

sample	H3	I4	I5	J1	k2	L3	L6	M1	M3	N1	N2	N3	N4	N6	No	S1
SiO2 (Wt%)	69.7	69.4	66.1	67.8	65.2	65.5	66.6	62.3	65.4	67.4	67.5	67.7	69.7	69.4	69.3	65.7
Al2O3(Wt%)	15.35	15.8	16.15	15.4	16.6	16.75	16.45	18.2	15.8	16.2	15.9	15.85	15.05	15.45	15.7	15.8
Fe2O3(Wt%)	1.64	0.92	1.5	0.98	1.71	1.88	1.81	1.12	1.58	1.48	1.47	1.38	0.91	1.68	1.7	1.41
FeO(Wt%)	0	0.87	1.57	1	1.83	2.03	1.75	1.37	1.62	1.48	1.5	1.43	0.88	0	0	1.51
CaO(Wt%)	3.02	3.04	3.75	3.15	4.26	4.05	3.49	1.76	3.7	3.64	3.63	3.58	2.97	2.99	3.43	3.81
MgO(Wt%)	0.79	0.74	1.34	0.81	0.88	0.76	0.52	0.16	1.28	0.84	1.18	1.17	0.73	0.72	0.71	1.39
Na2O(Wt%)	4.29	4.8	4.11	4.63	4.28	4.23	4.66	3.11	4.44	4.58	4.4	4.47	4.62	4.76	4.88	4.33
K2O(Wt%)	2.14	2.06	2.4	1.78	1.99	2.01	2.6	2.49	2.51	2.27	2.25	2.16	1.91	1.88	1.87	2.24
Cr2O3(Wt%)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
TiO2(Wt%)	0.21	0.23	0.42	0.26	0.45	0.46	0.42	0.45	0.39	0.4	0.37	0.37	0.22	0.22	0.22	0.37
MnO(Wt%)	0.03	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05
P2O5(Wt%)	0.04	0.07	0.18	0.08	0.23	0.23	0.24	0.27	0.27	0.16	0.15	0.16	0.09	0.08	0.07	0.19
SrO(Wt%)	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.09	0.1	0.09	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07
BaO(Wt%)	0.06	0.06	0.08	0.06	0.09	0.1	0.12	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08
LOI(Wt%)	2.78	1.38	2.28	2.3	1.39	1.69	1	8.35	2.18	0.5	1.5	1.6	2.49	2	0.99	1.9
Total(Wt%)	100	99.5	100	98.4	99.2	100	100	99.9	99.6	99.3	100	100	99.8	99.4	99	99
Ba (ppm)	523	521	699	509	776	856	1025	942	890	709	672	673	567	567	568	701
Ce (ppm)	30.6	31.4	51.7	33.6	54.7	56.3	76.3	67.4	68.9	50.2	49.1	48.9	27.7	28.2	28.5	46.7
Co (ppm)	3.8	4.1	7.8	4.8	7.3	6.4	6.1	3.6	7	7.1	7.1	6.9	3.8	3.7	3.7	7.9
Cr (ppm)	70	110	100	130	100	70	110	70	120	70	140	100	110	80	90	120
Cs (ppm)	2.93	2.1	2.85	1.32	4.17	21.2	3.11	13.55	9.95	1.17	2.35	2.3	1.81	1.75	1.93	2.72
Cu (ppm)	10	10	20	21	41	43	32	22	29	44	24	25	15	27	15	31
Dy (ppm)	1	0.97	1.62	0.95	1.91	1.92	2.19	0.86	1.74	1.44	1.53	1.47	0.86	0.94	0.9	1.48
Er (ppm)	0.59	0.54	0.82	0.45	0.96	0.97	1.08	0.44	0.88	0.76	0.75	0.74	0.44	0.44	0.44	0.73
Eu (ppm)	0.52	0.53	0.83	0.55	1.05	1.02	1.16	0.61	1	0.75	0.76	0.75	0.45	0.47	0.48	0.77
Ga (ppm)	15.8	17.3	19.1	17.1	19.4	19	20	26.4	19.5	19	18.6	18.6	16.2	16.6	17	18.3
Gd (ppm)	1.74	1.74	2.83	1.72	3.58	3.42	3.97	2.18	3.4	2.64	2.51	2.49	1.49	1.55	1.48	2.62
Hf (ppm)	2.8	2.9	3.7	2.9	3.4	3.4	3.9	3.3	3.6	3.5	3.5	3.4	2.6	2.7	2.7	3.3
Ho (ppm)	0.19	0.19	0.28	0.17	0.35	0.33	0.37	0.13	0.3	0.25	0.27	0.26	0.14	0.16	0.16	0.26
La (ppm)	19.2	20.3	29.7	21.3	35.6	33.1	47	37.8	38.5	29.1	28.7	28.5	17.4	17.9	18.2	26.4
Lu (ppm)	0.08	0.07	0.11	0.05	0.1	0.1	0.13	0.04	0.11	0.09	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.09
Mo(ppm)	3	3	3	5	2	2	2	2	5	2	6	3	4	2	2	5
Nb (ppm)	8.1	8.7	11.9	7.5	12.5	12	15.5	11.7	16.1	10.8	10.3	10.2	7.3	7.2	7.5	10.7
Nd (ppm)	10	10.2	18.7	11.3	23.6	22	29.3	21.2	25.6	18	17.2	17.2	9.1	9.2	9.5	17.3
Ni (ppm)	8	8	13	12	13	11	16	7	12	12	10	9	8	9	8	16
Pb (ppm)	13	15	16	13	16	16	24	10	19	20	17	16	14	14	13	17
Pr (ppm)	3.03	3.12	5.44	3.4	6.66	6.23	8.67	7.2	7.5	5.37	5.19	5.16	2.76	2.77	2.79	4.99
Rb (ppm)	54	55.7	53.9	45.1	49.9	49.4	54.1	50.6	58.7	51.8	54.1	53.1	49.1	48.8	48.5	55.6
Sm (ppm)	1.65	1.67	2.93	1.77	3.82	3.57	4.34	2.26	3.72	2.79	2.63	2.67	1.46	1.44	1.48	2.83
Sr (ppm)	429	436	522	454	614	570	768	804	751	569	545	542	435	454	472	554
Ta (ppm)	0.6	0.7	0.8	0.5	0.8	0.8	1	0.8	0.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8
Tb (ppm)	0.21	0.2	0.34	0.2	0.41	0.4	0.47	0.18	0.39	0.31	0.3	0.31	0.18	0.18	0.17	0.3
Th (ppm)	8.92	8.25	7.93	8.24	7.86	4.64	8.72	8.48	8.83	8.45	8.29	8.25	7.12	7.15	7.1	7.46
Ti (ppm)	1259	1379	2518	1558	2697	2757	2418	2697	2338	2398	2218	2218	1319	1319	1319	2218
Tm (ppm)	0.08	0.06	0.1	0.06	0.12	0.12	0.14	0.02	0.11	0.09	0.1	0.1	0.05	0.06	0.06	0.09
U (ppm)	2.82	3.5	2.82	2.48	2.79	2.69	3.53	2.63	4.1	2.85	2.85	2.81	2.64	2.63	2.59	3.16
V (ppm)	24	22	57	29	73	71	50	59	52	53	57	54	24	22	21	54
W (ppm)	5	8	7	6	7	3	9	4	6	3	6	14	4	6	7	6
Y (ppm)	5.2	5.1	7.6	4.4	9.4	8.5	10.4	3.6	8.3	6.8	7.2	6.7	4.3	4.2	4.4	7
Yb (ppm)	0.53	0.49	0.71	0.38	0.73	0.78	0.88	0.32	0.74	0.67	0.62	0.64	0.37	0.39	0.37	0.66
Zn (ppm)	36	36	54	39	65	68	65	23	62	52	57	55	36	34	33	51
Zr (ppm)	100	110	143	110	129	125	154	119	134	130	129	127	98	102	100	124

تشکر و قدردانی

8-Rollinson, H., (1993) "Using geochemical data: evaluation. Presentation, interpretation", Singapore. Ongman, 352p.

9-Keskin, M., Pearce, J.A., Mitchell, J.G., (1998) "Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Eezurum-Kars Plateau, northeastern Turkey", *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 355-404 pp.

10-Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A., (1971) "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Can. J. Earth. Sci.*, 8 523-548 pp.

11-Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Kellre, J., Lameyre Le Bas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorenson, H., Streckeisen, A., Woolley, A., & Zanettin, B., (1989) "A classification of igneous rocks and glossary of terms", Blackwell Science, Axford. 193 p.

12- Harker, A., (1909) "The natural history of igneous rocks". Macmillan, New York, 384 p.

نگارندگان این مقاله از جناب آقای دکتر علی عامری استاد محترم گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز که قبل از چاپ این مقاله ما را تنها گذاشته و به دیار باقی شتافتند، تقاضای علو درجات و رحمت الهی دارند، همچنین از جناب آقای دکتر حسین معین وزیری و همچنین دکتر فریبرز مسعودی که با حوصله و دلسوزی و ارائه نظرات و پیشنهادات و راهنمایی های ارزنده در انجام این تحقیق ما یاری رساندند نهایت تشکر و قدردانی را می نمایند.

منابع

- ۱- معین وزیری، ح.، امین سبحانی، ا. (۱۳۵۶) سهند از نظر ولکانولوژی و ولکانوسدیمانتولوژی، چاپ دانشگاه تربیت معلم تهران، ۵۹ ص.
- ۲- غیوری، ن.، معین وزیری، ا. (۱۳۸۱) مطالعه چینه شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی افق های ایگنمبریتی سهند، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش پترولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۶۷ ص.
- ۳- بهروزی، امینی فضل و امینی آذر، (۱۳۷۴) نقشه زمین شناسی برگه بستان آباد ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور.
- 4-Halsor, S.P., (1981) "Large glass inclusions in plagioclase phenocrysts and their bearing on the origin of mixed andesitic lavas at Toliman volcano, Guatemala", *Bull. Vol. No 51* 271-280 pp.
- 5-Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., (1986) Streckeisen, A. & Zannetin, B., "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram", *Journal. Petrol* 27 745-750 pp.
- 6-Sun, S.S & McDonough, W.F., (1989) "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes, In: Saunders, A.D. & Norry M.J. (eds) *Magmatism in ocean basins*", Geological Society, London, Spec. Pub 42 313-345 pp.
- 7-Mccurt, W.J., Atherton, M. P., Sanderson, L. M., Warden, V., (1985) "The volcanic cover chemical composition and the origion of the magma of the calipuy. (In magmatism at a plate edge)", 273-284 pp.

