بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم- گروه زمین شناسی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی (گرایش پترولوژی)

عنوان:

پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه سنگ های بازالتی خوش ییلاق (شرق استان گلستان)

استاید راهنما:

دکتر سید احمد مظاهری، دکتر مصطفی رقیمی

استادمشاور:

دکتر عزیز رحیمی چاکدل

نگارنده:

شهروز بابازاده

شهریور ۹۱

اظهار نامه

عنوان رساله: پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه سنگ‌های بازالتی خوش ییلاق(شرق استان گلستان)

اینجانب شهروز بابازاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله **پترولوژی و ژئوشیمی مجموعه سنگ‌های بازالتی خوش ییلاق(شرق استان گلستان)**تحت راهنمایی دکتر سید احمد مظاهری و دکتر مصطفی رقیمی متعهد می شوم:

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی به جایی ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد است و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از آن رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۹۱/۰۶/۲۸

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

حق انتشار و بهره‌برداری از نتایج این پایان‌نامه متعلق به نگارندهٔ آن است. هرگونه کپی برداری به‌صورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نگارنده یا کتابخانهٔ دانشکدهٔ علوم دانشگاه فردوسی مشهد مجاز می‌باشد.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

© متن این صفحه باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به **خانواده عزیزم** تقدیم می کنم.

سپاس و قدردانی

سپاس و ستایش مخصوص خداوندی است که نعمت بزرگ تعقل و انسانیت را به آدمی ارزانی داشت و همواره انسان را از خوان نعمت‌های بی دریغش بهره‌مند ساخت.

اینجانب در طول تحصیل از رهنمودهای ارزنده و بی دریغ اساتید بزرگواری برخوردار بودم که بر خود لازم می دانم از زحمات بی شائبه ایشان بازبانی قاصر قدردانی نمایم.

در ابتدا از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر سید احمد مظاهری و جناب آقای دکتر مصطفی رقیمی که با سعه صدر و بزرگواری اینجانب را مشمول الطاف خود ساختند و تمامی موانع موجود را برایم هموار نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

از استاد مشاور گرامی ام جناب آقای دکتر عزیز رحیمی چاکدل که در نهایت تواضع و فروتنی، اینجانب را از رهنمودهای ارزنده خویش بهره‌مند ساختند سپاس فراوان دارم.

از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر سید مسعود همام و جناب آقای دکتر غلامرضا فتوحی رادکه زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

همچنین بر خود لازم می دانم تا مراتب قدردانی خود را به اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر بهنام رحیمی، سرکار خانم دکتر مریم عبدی و جناب آقای دکتر محمد خانه باد به جهت کمک های علمی و راهنمائی های ارزنده شان ابراز نمایم.

از جناب آقای دکتر بهنام شفیعی بافقی، مدیر محترم گروه زمین شناسی دانشگاه گلستان که همواره مساعدت های لازم را جهت اجرای این پایان نامه داشته اند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از زحمات و راهنمایی های دوستان عزیزم مهندس محمد حسن احمدی، مهندس حسین هدایتی، مهندس هادی اقبالی، مهندس مجتبی رستمی، مهندس اصغر قاسمی، مهندس مجید غلامی، مهندس علی رادفر، مهندس رضا صالحی، مهندس ناصر ناصری، مهندس علی مهدی نسب، مهندس محمد علی شاه حسینی و نیز سرکار خانم مهندس خدیجه نصرالهی، مهندس الهام رضازاده، مهندس مریم اکرمی و مهندس سهیلا جوادی کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از پرسنل گروه زمین شناسی به ویژه از سرکار خانم فاطمه نیک دل که در به انجام رسیدن این پروژه اینجانب را یاری نموده اند صمیمانه تشکر می کنم.

چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۵۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان آزاد شهر و ۶۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان شاهرود و در موقعیت جغرافیایی N ۹ ′۵۲ ° ۳۶ و E ۲۲ ′۲۵ ° ۵۵ تا N۱۰/۲۰ ′۵۰ ° ۳۶ وE۱۰ /۴۷ ′۲۱ ° ۵۵ در حد فاصل بین دو روستای خوش ییلاق (درغربی منطقه) و روستای تیل آباد(در بخش شرقی منطقه) واقع شده است و از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران بخشی از زون ساختاری البرز شرقی محسوب می‌شود. با توجه به مشاهدات بر روی زمین و نیز روش‌های معمولی سنگ‌شناسی مشخص شد که منطقه دارای دو گروه سنگ آذرین(بازالت،بازالت جریانی، بازالت ویتروفیری،آندزیت،تراکی آندزیت، آندزیت- بازالت، پیروکسن دلریت، ریولیت و آلکالی سینیت) و رسوبی(ماسه سنگ و کنگلومرا) می‌باشد. از نظر زمین شناسی ساختاری و تکتونیک، تکتونیک فعال در این منطقه با گسل اصلی معکوس با مولفه امتداد لغز چپگرد با روند شمال شرقی- جنوب غربی کنترل می‌شود.

این توده‌های ولکانیکی به طور مشخص تحت تاثیر سیال‌های گرمابی دگرسان شده و دگرسانی پروپلیتی یکی از دگرسانی‌های گسترش یافته در این منطقه می‌باشد که بر پایه مطالعات صحرایی و پراش پرتو ایکس، چهار زون دگرسانی کلریتی، اپیدوتی، آلبیتی و هماتیتی در منطقه قابل تشخیص است. نتایج ریز پردازشی نشان می-دهدکه کلریت‌های منطقه از نوع پنینیت، تالک کلریت و دیابانیت بوده ونشان دهنده این است که این کانیها در گستره دمایی۱۸۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل شده‌اند. میانگین پیستاسیت در اپیدوت‌های مورد مطالعه ۳۱/۱۵ می‌باشد و نشان می‌دهد که از نوع ماگمایی بوده و بر این اساس اپیدوت‌ها از سوسوریتی شدن پلاژیوکلازها تشکیل شده اند. بررسی دیاگرام‌های ایزوکان نشان‌دهنده تحرک بالای برخی از عناصر غیرمتحرک در طی دگرسانی می باشد، به طوری‌که در زون دگرسانی آلبیتی با میانگین شیب ایزوکان ۱/۰۶و ۱/۰۹ بیشترین و در زون دگرسانی کلریتی با میانگین شیب ۱ و ۱/۰۳ کمترین تغییرات جرم را در طی دگرسانی شاهد می‌باشیم. بر پایه محاسبات شاخص شیمیایی دگرسانی، زون دگرسانی اپیدوتی ۴۶/۲۶٪ تا ۴۶/۳۰٪، زون دگرسانی آلبیتی ۴۷/۸۶٪ تا ۵۱/۴۹٪ ، زون دگرسانی کلریتی۴۶/۵۰٪ تا ۴۷/۳۳٪ و در زون دگرسانی هماتیتی ۵۹/۷ ٪تا ۷۱/۴۵٪ دستخوش دگرسانی شده اند.

براساس رده بندی‌های مختلف، ترکیب شیمیایی سنگ‌های منطقه، بازالت، آندزیت- بازالت، آندزیت، ریولیت و آلکالی سینیت و محدوده‌ی متاآلومینیوم یا همان بازالت‌های معمولی می‌باشند. این سنگ‌ها از نظر سری‌های ماگمایی، در محدوده تولئیتی و طبیعت ماگمای سازنده این نوع بازالت‌ها، تولئیتی غنی از آهن می‌باشد.

بر اساس دیاگرام‌های Zr در برابرY، Ba/Nb در مقابل MgO، همچنین روندهای افزایشی اکسیدها و عناصر P_2O_5، TiO_2، $FeO_{(total)}$، CaO، Ni، V، Co، Cr در مقابل افزایش MgO و نیز افزایش Zr، Nb، Rb و Y در برابر

افزایش Th و نیز افزایش K، Ba و Sr در مقابل افزایش Rb نیز نشان‌دهنده روند عادی تفریق و تبلور جزء به جزء در سنگ‌های منطقه می‌باشند.

کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های بازالتی و آندزیت- بازالتی از نوع اوژیت و در قلمرو Fe-Mg-Ca و-Ca Na و در پائین خط $Fe^{3+}=0$ واقع شده اند این در حالی می‌باشد که کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های و پیروکسن دلریتی منطقه از نوع پیژونیت و در محدوده Fe-Mg-Ca و بالای خط $Fe^{3+}=0$ واقع شده اند و به عبارت دیگر کلینوپیروکسن‌های منطقه بیشتر از نوع کلسیک می‌باشند. بررسی‌ها حاکی از این می‌باشدکه کلینوپیروکسن‌های ناحیه اکثرا در محدوده تولئیتی و کالک آلکالن قرار دارند.

کلینوپیروکسن‌های مورد مطالعه در سنگ‌های بازالتی و آندزیت- بازالتی در بالای خط $Al^{IV}=3Ti$ و کلینوپیروکسن‌های موجود در پیروکسن دلریت‌ها در زیر خط $Al^{IV}=8Ti$ قرار می‌گیرند که این مقادیر بیانگر بالا بودن میزان Ti در کلینوپیروکسن‌های موجود در پیروکسن دلریت‌ها نسبت به بازالت و آندزیت- بازالت می‌باشد.

بررسی شیمی کلینوپیروکسن های موجود در سنگ های منطقه نشان می دهد که درشت بلورهای کلینوپیروکسن موجود در بازالت و آندزیت- بازالت ها در فشار بالا و در حدود ۱۰ کیلو بار و در محدوده دمایی ۱۰۸۰ تا ۱۲۵۸ و ۱۱۱۴ تا ۱۲۰۵ درجه سانتی‌گراد تشکیل شده اند. این در حالی می باشد که کلینوپیروکسن های موجود در پیروکسن دلریت ها در فشارهای متوسط و در حدود ۵ کیلو بار و در محدوده دمایی ۱۲۴۵ تا ۱۳۴۳ درجه سانتی‌گراد متبلور شده‌اند.

سنگ منشاء نمونه‌های بازالتی و آندزیتی مورد مطالعه منطقه در فشار ۱۰ کیلوبار، اسپینل لرزولیت و نمونه‌های پیروکسن دلریتی در فشار ۵ کیلوبار در محدوده مذاب بازالتی می‌باشد.

ترکیب پلاژیوکلازهای مورد مطالعه در سنگ‌های بازالتی آلبیت، الیگوکلاز و آندزین می‌باشد، در حالی‌که در سنگ‌های آندزیتی آلبیت و در سنگ‌های پیروکسن دلریت آلبیت و الیگوکلاز می‌باشند.

ترکیب آنورتیت موجود در پلاژیوکلازها در محدوده‌های تقریبا یکنواختی قرار دارند و روندهای تقریبا یکنواختی را از خود نشان می‌دهند که این امر بیانگر عدم تغییر ترکیب ماگما در حال تبلور پلاژیوکلاز می‌باشد. بررسی ها نشان می‌دهد که با افزایش آنورتیت مقدار آهن موجود در پلاژیوکلازها افزایش و با کاهش آن مقدار آهن نیز کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مقدار Si^{4+} باعث می‌شود که جایگاه M کمتری برای جانشینی آهن موجود در پلاژیوکلاز همراه با کاهش درصد آنورتیت برجای بماند.

Abstract

The study area is located in 55 km southeast of Azad shahr city and 60 km of northeast Shahroud city between 55 25 22 E, 36 52 9 N to 55 21 47.10 E , 36 50 10.20 N and between Khosh Yeilagh (west of the area) and Till abad (east of the area) villages. Based on geology divisions of Iran it is considered as a part of the eastern Alborz Structural Zone (ASZ). This area contains two groups of rocks which consists of igneous rocks (basalt, basalt flows, Vitrophyric basalt, andesite, trachyandesite, andesite - basalt, pyroxene dolerite, rhyolite , alkali syenite) and sedimentary rocks (sandstone and conglomerate).

Based on structural geology and tectonics, tectonic activity in the area are controled by a reverse faults with sinistral strike-slip component trending northeast to southwest.

These volcanic mass are significantly affected by hydrothermal alteration. Propylitic alteration is the most dominant alteration in this area. Based on field geology and XRD studies, four alteration zones of chlorite, epidote, albite and hematite are recognized in the area. The results of XPMA show that chlorites of are peninite, talc- chlorite and diabanite. These minerals are formed in temperature ranging from 180 to 250 ^{0}C. The average of pistasite amount in epidotes is 31.15 which shows that this mineral is magmatic type and composed of saussuritized plagioclase. Isocon diagrams indicates the high mobility of some immobile elements during alteration. In albite alteration zone with an average isocon slope of 1.06 and 1.09 is the highest and in chlorite alteration zone with an average isocon slope of 1 and 1.03 is the lowest mass transfer which can be observed during alteration. In addition, based on these diagrams, SiO_2 and P_2O_5 shows depletion and L.O.I and Fe_2O_3 enrichment in all alteration zones. Chemical index of alteration (CIA) indicates that on epidote alteration zone 46.26% to 46.30%, albite alteration zone 47.86% to 51.49%, chlorite alteration zone 46.50% to 47.33% and hematite alteration zone 59.7% to 71.45% have gone under alteration.

Based on different classifications the rocks in study area are basalt, andesite, trachyandesite, andesite-basalt, rhyolite and alkali syenite and located in the metalumious suite. These rocks are plotted in tholeiite filed based on magmatic series and high Fe content and the composition nature of this magma.

According to Zr versus Y and Ba/Nb versus MgO diagrams, also Increasing trends of oxides P_2O_5, TiO_2, FeO (total), CaO and elements Ni, V, Co, Cr versus increase in MgO and also increasing Zr, Nb, Rb ,Th and Y versus increaseing of K, Ba and Sr versus increase in Rb, the role of fractional crystallization during magmatic evolution is revealed.

Basaltic and andesitic clinopyroxenes are chiefly augite and located in Fe-Mg-Ca and Ca-Na suites,below the line of Fe^{3+}=0 whereas clinopyroxenes dolerite are

pigeonite are located in Fe-Mg-Ca suite , above the line of $Fe^{3+}=0$. In other words, the composition of clinopyroxenes in the study area are calcic. The clinopyroxenes of studied rocks are mostly located in tholeiitic and calc-alkaline suites.

basaltic and andesitic clinopyroxenes are located in Fe-Mg-Ca, above the line of $Al^{IV}=3Ti$ whereas the dolerite clinopyroxenes are located below the line of $Al^{IV}=8Ti$. This values indicate that the amount of Ti in clinopyroxenes in pyroxene dolerites are higher than basaltic and andesitic rocks.

The phenocrysts of clinopyroxenes in basaltic and andesite-basaltic rocks are formed in higher pressures, about 10 Kbar and the temperatures are ranging from 1080 to 1258C and 1114 to 1205 C respectively.The clinopyroxenes in pyroxene dolerite were crystallized in moderate pressure ,about 5 Kbar and the temperature ranging from 1245 to 1343C.

The rock Source of basalt and andesite-basalt of studied area in 10 Kbar pressure is Spinel-Lherzolite, while the pyroxene dolerites in 5Kbar pressure is Basaltic melt.

The composition of plagioclase in basalt is albite, oligoclase or andesine, while it is albite and albite to oligoclase in andesite and pyroxene dolerite respectively.

The composition of anorthite is fairly uniform and shows uniform trends which indicates no changes in the composition of magma during Plagioclase crystallization.

The studies indicate that the amount of Fe in plagioclase increasing with increasing anorthite content and decreases when the anorthite content is decreasing. So, it can be concluded that with increasing the amount of Si^{4+}, lessM suite remains to be replaced by Fe in plagioclase during anorthite content(An) depletion.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی..... ۲

۱-۳- آب و هوای منطقه..... ۴

۱-۴- پوشش گیاهی منطقه..... ۵

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه..... ۶

۱-۶- روش کار و سیر مطالعاتی..... ۷

۱-۶-۱- جمع آوری اطلاعات..... ۷

۱-۶-۲- مطالعات صحرایی..... ۷

۱-۶-۳- مطالعات آزمایشگاهی..... ۷

۱-۶-۴- تعبیر و تفسیر نتایج..... ۸

۱-۷- اهداف مطالعه..... ۸

۱-۸- مروری بر مطالعات پیشین..... ۹

فصل دوم: زمین‌شناسی

۲-۱- مقدمه..... ۱۱

۲-۲- زمین شناسی ناحیه‌ای ۱۱

۲-۳- جایگاه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در ایران..... ۱۲

۲-۴- زمین شناسی عمومی و چینه شناسی ورقه خوش ییلاق..... ۱۲

۲-۴-۱- نهشته‌های اردوویسین..... ۱۳

۲-۴-۲- واحدهای ولکانیکی سیلورین..... ۱۳

۲-۴-۳- دونین..... ۱۴

۲-۴-۳-۱- سازند پادها..... ۱۴

۲-۴-۳-۲- سازند خوش ییلاق..... ۱۴

۲-۴-۴- کربونیفر..... ۱۴

فهرست مطالب

۲-۴-۴-۱- سازند مبارک..... ۱۴
۲-۴-۴-۲- سازند باقرآباد..... ۱۵
۲-۴-۵- پرمین ۱۵
۲-۴-۵-۱- سازند درود..... ۱۵
۲-۴-۵-۲- سازند روته..... ۱۵
۲-۴-۶- تریاس..... ۱۵
۲-۴-۷- ژوراسیک..... ۱۵
۲-۴-۷-۱- سازند شمشک..... ۱۵
۲-۴-۷-۲- سازند لار..... ۱۶
۲-۴-۸- پالئوسن ۱۶
۲-۴-۹- ائوسن..... ۱۶
۲-۴-۹-۱- سازند زیارت..... ۱۶
۲-۴-۹-۲- واحدهای رسوبی- ولکانیکی ائوسن(سازند سبز کرج)..... ۱۶
۲-۴-۹-۳- ولکانیک ائوسن..... ۱۶
۲-۴-۱۰- نهشته‌هاس میوسن..... ۱۷
۲-۴-۱۱- رسوبات پلیوسن..... ۱۷
۲-۴-۱۲- کواترنر..... ۱۷
۲-۵- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۱۸
۲-۵-۱- واحدهای بازالتی..... ۱۸
۲-۵-۲- واحدهای آندزیتی ۱۹
۲-۵-۳- پیروکسن دلریت..... ۲۰
۲-۵-۴- ریولیت..... ۲۰
۲-۵-۶- آلکالی سینیت..... ۲۱
۲-۵-۶- ماسه سنگ..... ۲۱
۲-۵-۷- گنگلومرا..... ۲۲
۲-۶- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک..... ۲۴
۲-۶-۱- تحلیل هندسی و حرکتی گسل‌های منطقه..... ۲۴
۲-۶-۲- تحلیل هندسی شکستگی‌های منطقه ۲۶
۲-۶-۳- پردازش تصاویر ماهواره‌ای و بررسی مورفوتکتونیک منطقه ۲۸

فهرست مطالب

۲-۶-۳-۱- استخراج عناصر ساختاری و تهیه نقشه ۲۹

۲-۷- بررسی چین‌های منطقه ۳۱

۲-۸- بررسی گسله‌های منطقه ۳۱

۲-۹- بررسی روند شکستگی‌ها ۳۱

۲-۱۰- بررسی سینماتیکی گسله‌ها ۳۱

۲-۱۱- بحث و بررسی نتایج ۳۱

فصل سوم:پتروگرافی

۳-۱- مقدمه ۳۵

۳-۲- پتروگرافی سنگ‌های آذرین ۳۵

۳-۲-۱- بازالت ۳۵

۳-۲-۲- بازالت ویتروفیری ۳۸

۳-۲-۳- بازالت جریانی ۳۹

۳-۲-۴- آندزیت- بازالت ۴۱

۳-۲-۵- آندزیت ۴۲

۳-۲-۶- پیروکسن دلریت ۴۴

۳-۲-۷- تراکی آندزیت ۴۴

۳-۲-۸- آلکالی سینیت ۴۵

۳-۲-۹- ریولیت ۴۷

۳-۳- پتروگرافی سنگ‌های رسوبی ۴۸

۳-۳-۱- ماسه سنگ ۴۸

فصل چهارم: دگرسانی

۴-۱- مقدمه ۵۱

۴-۲- دگرسانی غیر فراگیر ۵۱

۴-۲-۱- سیلیسی شدن ۵۳

۴-۲-۲- کربناتیتی شدن ۵۴

۴-۳- دگرسانی فراگیرانتخابی ۵۶

۴-۳-۱- دگرسانی کلریتی ۵۶

۴-۳-۲- دگرسانی اپیدوتی ۶۰

۴-۳-۳- دگرسانی هماتیتی ۶۵
۴-۳-۴- دگرسانی آلبیتی..... ۶۶
۴-۴- ژئوشیمی دگرسانی..... ۶۸
۴-۵- شاخص شیمیایی دگرسانی (CIA) در زون‌های دگرسانی..... ۸۷
۴-۶- ترمومتری دگرسانی..... ۸۸

فصل پنجم: ژئوشیمی

۵-۱- مقدمه..... ۹۵
۵-۲-آنالیز شیمیایی به روش طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس (XRF) و شیمی تر..... ۹۵
۵-۳- طبقه بندی بر اساس ترکیب نورماتیو..... ۱۰۱
۵-۴- طبقه بندی شیمیایی..... ۱۰۲
۵-۴-۱- طبقه بندی شیمیایی بر اساس مجموع آلکالن در مقابل سیلیس..... ۱۰۳
۵-۴-۲- طبقه بندی شیمیایی بر اساس مجموع آلکالن در مقابل سیلیس (لی باس، ۱۹۸۶)..... ۱۰۳
۵-۴-۳- طبقه بندی شیمیایی بر اساس مجموع آلکالن در مقابل سیلیس(میدل‌موست، ۱۹۹۴)..... ۱۰۴
۵-۴-۴- طبقه بندی بر اساس Nb/Y نسبت به Zr/TiO_2 (فلوید و وینچستر،۱۹۷۷)..... ۱۰۵
۵-۴-۵- تقسیم‌بندی بازالت‌ها توسط نمودار (شاند، ۱۹۴۳)..... ۱۰۶
۵-۵- نمودارهای چهاروجهی (یودر و تایلی، ۱۹۶۲) و مثلثی (تامپسون، ۱۹۸۴) تقسیم‌بندی بازالت‌ها ۱۰۶
۵-۶- تعیین سری ماگمایی..... ۱۰۸
۵-۶-۱- نمودار AFM..... ۱۰۸
۵-۶-۲- نمودار Al_2O_3-FeO^*+TiO_2-MgO(جنسن،۱۹۷۶) ۱۰۹
۵-۶-۳- نمودار Al_2O_3 در مقابل A.I (میدلموست، ۱۹۷۵) ۱۱۰
۵-۶-۴- نمودار Zr در مقابل P_2O_5 (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۵) ۱۱۱
۵-۷- محیط تکتونیکی منطقه مورد مطالعه..... ۱۱۱
۵-۷-۱- نمودار Al_2O_3 در مقابل TiO_2(مولر و گروز،۱۹۹۳) ۱۱۲
۵-۷-۲- نمودار Zr/Y در مقابل Zr (پیرس و نوری،۱۹۷۹) ۱۱۲
۵-۷-۳- نمودار Ti-Zr-Y (پیرس و کن،۱۹۷۳) ۱۱۳
۵-۸- ژئوشیمی اکسیدهای اصلی و فرعی سنگ‌های مورد مطالعه(نمودارهای هارکر) ۱۱۴
۵-۸-۱- اکسیدهای اصلی..... ۱۱۴
۵-۸-۲- ژئوشیمی عناصر فرعی و کمیاب..... ۱۲۰

فهرست مطالب

۵-۹- بررسی روند تغییرات عناصر کمیاب بر اساس نمودارهای نرمالیزه شده (نمودارهای عنکبوتی) ۱۳۲

۵-۹-۱- نمودارهای عنکبوتی بر اساس کندریت نرمالیزه شده (تامپسون،۱۹۸۳) ۱۳۳

۵-۹-۲- نمودارهای عنکبوتی نرمالیزه نسبت به گوشته اولیه (سان و مک‌دانوف ۱۹۸۹) ۱۳۵

۵-۹-۳- نمودارهای عنکبوتی نرمالایزه شده نسبت به MORB (پیرس،۱۹۸۲) ۱۳۶

۵-۹-۴- نمودارهای عنکبوتی نرمالایزه شده عناصر واسطه نسبت به کندریت (سان، ۱۹۸۰) ۱۳۷

۵-۱۰- تعیین ناحیه‌ی منشا و غنی‌شدگی – تهی‌شدگی. ۱۳۸

۵-۱۰-۱- نمودار Zr-Y (ابوهماته، ۲۰۰۵) ۱۴۰

۵-۱۰-۲- نمودار Nb/Rb در مقابل Rb/Y (تمل و همکاران، ۱۹۹۸) ۱۴۰

۵-۱۰-۳- نمودار Ba/Nb در مقابل MgO (تایلر و مک لین، ۱۹۸۵) ۱۴۱

۵-۱۰-۴- نمودار Zr در مقابل Y (عبدا... و همکاران، ۱۹۹۷) ۱۴۲

۵-۱۱- آلایش پوسته‌ای(Crustal contamination) ۱۴۳

۵-۱۲- آنالیز میکروپروب اشعه ایکس (XPMA) ۱۴۶

۵-۱۳-کلینوپیروکسن(CPX) ۱۴۷

۵-۱۳-۱- ژئوبارومتری کلینوپیروکسن (Cpx Geobarometery) ۱۵۷

۵-۱۳-۲- ژئوترمومتری کلینوپیروکسن (Cpx Geothermometery) ۱۵۸

۵-۱۳-۳- تعیین سنگ منشاء..... ۱۶۰

۵-۱۴- پلاژیوکلاز (Plg) ۱۶۱

منابع ۱۷۷

فهرست اشکال

فصل اول: کلیات

شکل ۱-۱- موقعیت زمین‌شناسی منطقه موردمطالعه.....۳

شکل۱-۲- موقعیت جغرافیایی مورد مطالعه و راههای دسترسی به آن ۴

شکل ۱-۳- وضعیت کلی توپوگرافی منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های SRTM البرزنرم افزار (Global Maper) ۶

فصل دوم: زمین‌شناسی

شکل۲-۱- A) نمایی از رخنمون واحدهای بازالتی منطقه.....۱۸

شکل۲-۱-B) برشی شدن سنگ‌های بازالتی منطقه ۱۸

شکل۲-۲- (A) نمایی از سنگ‌های آندزیت- بازالت.....۱۹

شکل۲-۲- (B) نمایی از سنگ‌های آندزیتی ۱۹

شکل۲-۲- (C) نمایی از سنگ‌های تراکی آندزیتی.....۱۹

شکل۲-۳- رخنمون سیل‌هایی از پیروکسن دلریت در بین واحدهای بازالتی منطقه ۲۰

شکل۲-۴- رخنمونی از رگه‌های ریولیتی در بین واحدهای بازالتی منطقه ۲۰

شکل ۲-۵- زینولیت‌هایی از آلکالی سینیت رخنمون یافته در دره خوش ییلاق.....۲۱

شکل ۲-۶- دایک‌هایی از ماسه سنگ رخنمون یافته در بین واحدهای بازالتی منطقه.....۲۲

شکل ۲-۷- مرز شارپ بین واحدهای بازالتی و کنگلومرای بازالتی موجود در منطقه.....۲۲

شکل۲-۸- تصویر راست گسل معکوس از نوع لیستریک در لایه‌های آذرآواری و تصویر سمت چپ درون سنگ‌های آتشفشانی...۲۵

شکل۲-۹- تصویر راست گسل معکوس و تصویر چپ گسل نرمال با روند کلی شمال‌شرقی..... ۲۶

شکل ۲-۱۰- نمودار گل‌سرخی درزه‌ها و شکستگی‌های منطقه.....۲۷

شکل ۲-۱۱- نمودار گل‌سرخی گسل‌های منطقه..... ۲۷

شکل ۲-۱۲- نمودار گل‌سرخی درزه‌ها و گسل‌های منطقه.....۲۸

شکل ۲-۱۳- نقشه ساده ساختارهای منطقه تهیه شده در محیط GIS و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور..... ۳۰

شکل ۲-۱۴- بررسی الگوی شکستگی‌های منطقه مورد مطالعه که منطبق بر گسل شمال شاهرود..... ۳۲

فصل سوم:پتروگرافی

شکل ۳-۱-A) نمونه دستی از بازالت پر شده توسط کانی‌های ثانویه در منطقه.....۳۸

شکل ۳-۱- B) مقطع میکروسکوپی از بافت‌های اینترگرانولار و ساب افتیک.....۳۸

شکل ۳-۱- C) مقطع میکروسکوپی از حفره پر شده توسط کلریت و پامپلی‌ایت و تشکیل بافت آمیگدالوئیدال ۳۸

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- D) مقطع میکروسکوپی از بافت اینترسرتال تشکیل شده توسط بلورهای پلاژیوکلاز و کلریت ثانویه.....۳۸
شکل ۳-۲- مقاطع میکروسکوپی از نمونه‌های بازالت ویتروفیری ۳۹
شکل۳-۳-A) نمونه دستی از یک بازالت جریانی منطقه ۴۰
شکل۳-۳- B) تصویر میکروسکوپی از نمونه‌های تراکی بازالت منطقه با بافت تراکیتی ۴۰
شکل۳-۳- C) تصویر میکروسکوپی از نمونه‌های تراکی بازالت منطقه با بافت ساب افتیک ۴۰
شکل ۳-۴-A) نمونه دستی از یک آندزیت- بازالت منطقه.....۴۱
شکل ۳-۴- C) نمونه آندزیت- بازالت با بافت گلومروپرفیری که فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در حال کلریتی شدن می‌باشند.....۴۱
شکل ۳-۴-B) تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های آندزیت- بازالت با بافت ساب افتیک ۴۱
شکل ۳-۵-A) نمونه‌های دستی از سنگ‌های آندزیتی منطقه ۴۲
شکل ۳-۵-B) تصویر میکروسکوپی از نمونه‌های آندزیتی منطقه با بافت گلومروپرفیری.....۴۳
شکل ۳-۵-C) تصویر میکروسکوپی از نمونه‌های آندزیتی نمونه برشی شده تحت تاثیر دگرسانی سیلیسی منطقه.....۴۳
شکل ۳-۶- A) نمونه دستی از یک پیروکسن دلریت منطقه.....۴۴
شکل ۳-۶- B) تصاویر میکروسکوپی از پیروکسن دلریت منطقه با بافت ساب افتیک.....۴۴
شکل ۳-۶-C)تصاویر میکروسکوپی از پیروکسن دلریت منطقه با بافت ساب افتیک ۴۴
شکل ۳-۷-A) نمونه‌های دستی از نمونه‌های تراکی آندزیتی منطقه ۴۵
شکل ۳-۷-B) تصویر میکروسکوپی از نمونه‌های تراکی آندزیتی منطقه با بافت تراکیتی که عمدتا از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز تشکیل شده‌اند ۴۵
شکل ۳-۸- A) نمونه دستی از آلکالی سینیت منطقه.....۴۶
شکل ۳-۸- B) تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های آلکالی سینیت با بافت‌های گرانوفیری وگرانولار.....۴۷
شکل ۳-۸- C) تصویر میکروسکوپی از بلورهای ارتوکلاز در حال کلریتی شدن می‌باشند.....۴۷
شکل ۳-۹- A) نمونه دستی از ریولیت‌های منطقه.....۴۸
شکل ۳-۹- B) تصویر میکروسکوپی از رگه‌های ریولیت منطقه با بافت پرفیری همراه با کوارتزهای خردشده.....۴۸
شکل ۳-۱۰- A) نمونه دستی از ماسه سنگ منطقه.....۴۹
شکل ۳-۱۰- B) تصاویر میکروسکوپی رگه‌های ماسه سنگی منطقه متشکل از کوارتز، و گلاکونیت ۴۹
شکل ۳-۱۰- C) تصاویر میکروسکوپی رگه‌های ماسه سنگی منطقه متشکل از کوارتز و مسکویت.....۴۹

فصل چهارم: دگرسانی

شکل ۴-۱- تصاویر میکروسکوپی از رگه‌ها و حفره‌های پرشده توسط کانی‌های ثانویه در سنگ‌های دگرسان شده منطقه خوش ییلاق.....۵۲

فهرست اشکال

شکل ۴-۲- آنالیزهایXRD از کانی‌های ثانویه پرکننده حفرات و رگه‌ها و رگچه‌ها.....۵۳

شکل ۴-۳- A) تصاویر میکروسکوپی از سیلیسی شدن سنگ‌های منطقه. پرشدگی حفرات توسط کوارتز ثانویه.....۵۴

شکل ۴-۳- B) تصاویر میکروسکوپی از سیلیسی شدن سنگ‌های منطقه. برشی شدن سنگ‌های بازالتی توسط کوارتز ثانویه....۵۴

شکل ۴-۴- تصاویر میکروسکوپی از کربناتیتی شدن سنگ‌های منطقه که نشان‌دهنده فاز تاخیری دگرسانی می‌باشد.....۵۵

شکل ۴-۵- A) تصاویر مقاطع میکروسکوپی از کلریتی شدن سنگ‌های منطقه. کلریت‌های ثانویه در زمینه سنگ بازالتی ۵۸

شکل ۴-۵- B) تصاویر مقاطع میکروسکوپی از کلریتی شدن سنگ‌های منطقه. کلریتی شدن بلورهای پیروکسن در پیروکسن دلریت ۵۸

شکل ۴-۵- C) تصاویر مقاطع میکروسکوپی از کلریتی شدن سنگ‌های منطقه. کلریتی شدن بلورهای پلاژیوکلاز در بازالت ۵۸

شکل ۴-۵- D) تصاویر مقاطع میکروسکوپی از کلریتی شدن سنگ‌های منطقه. پر شدگی حفرات توسط بلورهای ثانویه کلریت.....۵۸

شکل۴-۶- تقسیم بندی ژئوشیمیایی کلریت‌های منطقه روی نمودار(مارسلوت‌و همکاران،۱۹۸۳) ۶۰

شکل ۴-۷- A) تصویر مقاطع میکروسکوپی از اپیدوتی شدن سنگ‌های منطقه. اپیدوزیت حاصل از تجزیه پلاژیوکلاز در یک سنگ آندزیتی.....۶۲

شکل ۴-۷- B) تصویر مقاطع میکروسکوپی از اپیدوتی شدن سنگ‌های منطقه. پر شدگی حفرات توسط بلورهای ثانویه اپیدوت.....۶۲

شکل ۴-۷- C) تصویر مقاطع میکروسکوپی از اپیدوتی شدن سنگ‌های منطقه. اپیدوتی شدن (سوسوریتی شدن) بلورهای پلاژیوکلاز در بازالت.....۶۲

شکل ۴-۸- نمودار تعیین منشأ اپیدوت بر اساس میزان پیستاسیت بر این اساس نمونه‌ها ناشی از سوسوریتی‌شدن پلاژیوکلازها هستند.....۶۴

شکل ۴-۹- تصاویر میکروسکوپی از الیوین‌های ایدنگسیته شده دربازالت‌های منطقه.....۶۶

شکل۴-۱۰- آنالیزهایXRD از واحدهای دگرسانی پروپلیتکی منطقه.....۶۷

شکل ۴-۱۱- نمودار ایزوکان از نمونه‌های اپیدوتی دگرسان شده منطقه نسبت به نمونه‌های کمتر دگرسان شده.....۷۹

شکل ۴-۱۲- نمودار ایزوکان از نمونه‌های آلبیتی دگرسان شده منطقه نسبت به نمونه‌های کمتر دگرسان شده.....۸۰

شکل ۴-۱۳- نمودار ایزوکان از نمونه‌های کلریتی دگرسان شده منطقه نسبت به نمونه‌های کمتر دگرسان شده.....۸۱

شکل ۴-۱۴- نمودار ایزوکان از نمونه‌های هماتیتی دگرسان شده منطقه نسبت به نمونه‌های کمتر دگرسان شده.....۸۲

شکل ۴-۱۵- نمودار های تهی‌شدگی و غنی شدگی عناصر اصلی و کمیاب در زون دگرسانی اپیدوتی.....۸۳

شکل ۴-۱۶- نمودارهای تهی شدگی و غنی‌شدگی عناصر اصلی و کمیاب در زون دگرسانی آلبیتی.....۸۴

شکل ۴-۱۷- نمودارهای تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر اصلی و کمیاب در زون دگرسانی کلریتی.....۸۵

شکل ۴-۱۸- نمودارهای تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر اصلی و کمیاب در زون دگرسانی هماتیتی.....۸۶

شکل ۴-۱۹- نمودار نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه برای نمونه های دگرسان شده و کمتر دگرسان شده منطقه مورد مطالعه.....۸۷

شکل ۴-۲۰- تغییر میزان شاخص شیمیایی دگرسانی در زون‌های دگرسانی منطقه.....۸۸

شکل ۴-۲۱- کانی های ثانویه حاصل از دگرسانی هیدروترمال منطقه ومحدوده پایداری دمای این کانی ها(ریز ،۱۹۹۰) ۹۰
شکل ۴-۲۲- طرحواری از هندسه ماکل‌های دگرشکلی در کلسیت که در دماهای مختلف گسترش یافته اند(بورخارد،۱۹۹۱) ۹۱
شکل ۴-۲۳- نوعI: ماکل باریک، نوع II: ماکل ضخیم صفحه ای، نوع III: ماکل ضخیم خمیده وتیز، نوع IV: ماکل ضخیم تکه ای که در اثر تبلور مجدد پویا به وجود آمده است.....۹۲
شکل ۴-۲۴- تصاویر میکروسکوپی از کلسیت های منطقه.....۹۲

فصل پنجم: ژئوشیمی

شکل۵-۱- هیستوگرام اکسیدهای اصلی سنگ‌های مورد مطالعه در منطقه خوش ییلاق.....۱۰۱
شکل۵-۲- نامگذاری سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از دیاگرام اشتراکایزن(۱۹۷۶) ۱۰۲
شکل ۵-۳- نامگذاری سنگ های مورد مطالعه در نمودار تغییرات SiO_2 نسبت بهNa_2O+K_2O (لی باس،۱۹۸۵).....۱۰۴
شکل ۵-۴- نامگذاری سنگ های مورد مطالعه در نمودار تغییرات SiO_2 نسبت بهNa_2O+K_2O (میدل موست،۱۹۹۴) ۱۰۵
شکل ۵-۵- نامگذاری سنگ های مورد مطالعه در نمودار تغییرات Nb/Y نسبت به Zr/TiO_2 (فلوید و وینچستر،۱۹۷۷) ۱۰۵
شکل ۵-۶- تقسیم بندی نمونه‌های مورد مطالعه منطقه بر اساس دیاگرام A/CNK در مقابل A/NK (شاند، ۱۹۴۳) ۱۰۶
شکل ۵-۷-قرار گیری نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه در محدوده کوارتز تولئی‌ایت و الیوین تولئی‌ایت بر اساس دیاگرام یودر و تایلی(۱۹۶۲) ۱۰۷
شکل ۵-۸- قرار گیری نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه در محدوده کوارتز تولئی‌ایت و الیوین تولئی‌ایت بر اساس دیاگرام تامپسون(۱۹۸۴) ۱۰۸
شکل ۵-۹- نمودار AFM (ایروین و باراگار،۱۹۷۱) که موقعیت ترکیبی سنگ های مورد مطالعه بر روی آن نشان داده شده است ..۱۰۹
شکل ۵-۱۰- نمودار تعیین سری ماگمایی برای سنگ‌های ولکانیکی منطقه (جنسن،۱۹۷۶) ۱۱۰
شکل ۵-۱۱- قلمرو نمونه های مورد مطالعه در دیاگرام Al_2O_3 در مقابل A.I (میدلموست، ۱۹۷۵) ۱۱۰
شکل ۵-۱۲- قلمرو نمونه های مورد مطالعه در دیاگرام وینچستر و فلوید(۱۹۷۵) ۱۱۱
شکل ۵-۱۳- قلمرو نمونه های مورد مطالعه نمودار Al_2O_3 در مقابل TiO_2 اقتباس شده از از مولر و گروز(۱۹۹۳) ۱۱۲
شکل ۵-۱۴- جایگاه تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه منطقه بر اساس نمودار Zr/Y در مقابل Zr اقتباس شده از پیرس و نوری(۱۹۷۹) ۱۱۳
شکل ۵-۱۵- نمودار تعیین محیط های تکتونیکی مختلف $Zr - Ti/100 - Y\times3$ اقتباس شده از پیرس و کن(۱۹۷۳) ۱۱۴
شکل ۵-۱۶- روند تغییرات$FeO_{(total)}$ نسبت به SiO_2 و MgO برای واحدهای سنگی منطقه(Hurker, 1909) ۱۱۵
شکل ۵-۱۷- بررسی روند تغییرات MgO در برابر SiO_2(Hurker, 1909).....۱۱۶
شکل ۵-۱۸- بررسی روند تغییرات TiO_2در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۱۷
شکل ۵-۱۹- بررسی روند تغییرات P_2O_5 در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909 .....۱۱۷

فهرست اشکال

شکل ۵-۲۰- روند تغییرات CaO نسبت به SiO_2 و MgO در واحدهای سنگی منطقه(Hurker, 1909) ۱۱۸

شکل ۵-۲۱- روند تغییرات Al_2O_3 نسبت به SiO_2 و MgO در واحدهای سنگی منطقه(Hurker, 1909) ۱۱۹

شکل ۵-۲۲- روند تغییر K_2O و Na_2O نسبت بهSiO_2و MgO در واحدهای سنگی منطقه(Hurker, 1909) ۱۲۰

شکل ۵-۲۳- بررسی روند تغییرات Sr در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۱

شکل ۵-۲۴- بررسی روند تغییرات Rb در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۲

شکل ۵-۲۵- بررسی روندو همبستگی مثبت تغییرات Rb در برابر K_2O (Hurker, 1909) ۱۲۲

شکل ۵-۲۶- بررسی روند تغییرات Ba در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909.....۱۲۳

شکل ۵-۲۷- بررسی روند تغییرات Cr در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۴

شکل ۵-۲۸- بررسی روند تغییرات Ni در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۴

شکل ۵-۲۹- بررسی روند تغییرات V در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۵

شکل ۵-۳۰- بررسی روند تغییرات Co در برابر MgO و SiO_2 (Hurker, 1909) ۱۲۶

شکل ۵-۳۱- بررسی روند تغییراتZr در برابر عناصر متحرک Rb،Ba وK (Hurker, 1909) ۱۲۷

شکل ۵-۳۲- بررسی روند تغییراتZr در برابر عناصر غیر متحرک Nb،P،Ti،Y و Ce (Hurker, 1909) ۱۲۸

شکل ۵-۳۳- نمودارهای بررسی تغییرات روندهای ژئوشیمیایی و فرآیندهای موثر در تحول ماگما.....۱۳۰

شکل ۵-۳۴- تغییرات Ni/V در مقابل Zr که نشاندهنده تفریق بلورین الیوین، مگنتیت، پیروکسن و پلاژیوکلاز می‌باشد (Fitton and Godard, 2004) ۱۳۲

شکل ۵-۳۵- نمودار عناصر نادر خاکی نرمالیزه شده سنگ های منطقه نسبت به کندریت (Tompson ,1983) ۱۳۴

شکل ۵-۳۶- نمودار عناصر نادر خاکی نرمالیزه شده سنگ های منطقه نسبت به گوشته اولیه Sun and McDonough (1989,) ۱۳۶

شکل ۵-۳۷- نمودار عناصر نادر خاکی نرمالیزه شده سنگ های منطقه نسبت به مورب (Pearce ,1982) ۱۳۷

شکل ۵-۳۸- نمودارهای عنکبوتی نرمالایزه شده عناصر واسطه سنگ‌های منطقه نسبت به کندریت (Sun, 1980) ۱۳۷

شکل ۵-۳۹- نمودار Rb/Sr در مقابل Ba/Rb برای تشخیص حضور آمفیبول یا فلوگوپیت در منشا سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، اقتباس از (Furman & Graham., 1999) ۱۳۹

شکل ۵-۴۰- نمودار Rb/Sr در مقابل Nb/Th برای تشخیص حضور آمفیبول یا فلوگوپیت در منشا سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، اقتباس از (Furman & Graham., 1999).....۱۳۹

شکل ۵-۴۱- نمودار Zr-Y جهت تعیین منشا سنگ‌های منطقه مورد مطالعه از یک گوشته غنی‌شده(Abu Hemateh,2005)...۱۴۰

شکل ۵-۴۲- بررسی روند نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار Nb/Rb در مقابل Rb/Y (Temel et al., 1998).....۱۴۱

شکل ۵-۴۳- نمودار Ba/Nb در مقابل MgO که حاکی از تکامل ماگمایی تحت فرآیند تبلور جزءبه جزء می‌باشد Taylor) and Maclennan, 1985) ۱۴۲

شکل ۵-۴۴- نمودار Zr در مقابل Y جهت بررسی فرآیندهای ذوب‌بخشی و تبلور تفریقی در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، (Abdollah et al., 1997).....۱۴۳
شکل ۵-۴۵- روند تقریبا یکنواخت Ce/Y و Zr/Y که نشان‌دهنده بسیار ناچیز آلودگی پوسته در سنگ‌های منطقه می-باشد(Conly et al, 2005) ۱۴۴
شکل ۵-۴۶- روند نزولی Zr/Nb در مقابل افزایش SiO_2 که نشان‌دهنده نقش بسیارکم آلودگی در فرآیند پتروژنز این سنگ‌ها می‌باشد(Askren et al., 1999) ۱۴۵
شکل ۵-۴۷- نمودار Rb در مقابل Zr/Rb و نمودار Rb در برابر Ba/Rb جهت بررسی نقش فرآیند آلایش پوسته‌ای در سنگ های منطقه مورد مطالعه، اقتباس از (Askren et al., 1999).....۱۴۵
شکل ۵-۴۸- هیستوگرام اکسیدهای اصلی در کلینوپیروکسن‌های موجود در منطقه.....۱۵۲
شکل ۵-۴۹- ترکیب کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه بر روی نمودار Wo-En-Fs .قلمرو کانی‌ها از موریموتو و همکاران (۱۹۸۸) ۱۵۳
شکل ۵-۵۰- ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن های موجود در سنگ های منطقه مور مطالعه بر روی نمودار Q-J (موریموتو و همکاران، ۱۹۸۸). ۱۵۳
شکل ۵-۵۱- نمودار موقعیت کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های منطقه مورد بررسی بر روی نمودار $Na+Al^{IV}$در برابر $Al^{VI}+2Ti+Cr$ (شوایتزر وهمکاران ۱۹۷۹.بنس و همکاران،۱۹۷۵) ۱۵۴
شکل ۵-۵۲- تعیین سری ماگمایی با استفاده از نمودار Al_2O_3 در مقابل SiO_2.....۱۵۵
شکل ۵-۵۳- تعیین سری ماگمایی با استفاده از نمودار Ti-Ca+Na ۱۵۵
شکل ۵-۵۴- A) نمودار Al-Si و (B) نمودار Ti در مقابل Al^{IV} که نشان دهنده مقدار بالای تیتانیم در این کانی‌هامی-باشد. ۱۵۷
شکل ۵-۵۵- نمودارهای Al^{IV} در برابر Al^{VI} (آئوکی و شیبا، ۱۹۷۳) و Al^{VI} در برابر Al^{IV} (هلز، ۱۹۷۳) که بیانگر فشار بالاو متوسط در کلینوپیروکسن‌های منطقه می‌باشد.....۱۵۸
شکل ۵-۵۶- ژئوترموباروممتری کلینوپیروکسن‌ها بر اساس روش لیندسلی (۱۹۸۳) در فشارهای ۵ و ۱۰ کیلوبار ۱۶۰
شکل ۵-۵۷- دیاگرام دما-فشار برای تعیین نوع سنگ منشاء.کوشیرو(۱۹۸۳) اوهارا و همکاران(۱۹۷۱) ساکسنا و اریکسون(۱۹۸۳)..۱۶۱
شکل ۵-۵۸- ترکیب پلاژیوکلازهای موجود درسنگ‌های منطقه(دی‌یر و همکاران، ۱۹۹۹). ۱۶۶
شکل ۵-۵۹- A) تغییرات ترکیب آنورتیت موجود در پلاژیوکلازهای موجود در سنگ‌های بازالتی ۱۶۷
شکل ۵-۵۹- B) تغییرات ترکیب آنورتیت موجود در پلاژیوکلازهای موجود در پیروکسن دلریت.....۱۶۷
شکل ۵-۵۹- C) تغییرات ترکیب آنورتیت موجود در پلاژیوکلازهای موجود در سنگ‌های آندزیتی.....۱۶۷
شکل ۵-۶۰-A) تغییرات ترکیبFe_2O_3 موجود در پلاژیوکلازهای موجود در سنگ‌های بازالتی.....۱۶۸
شکل ۵-۶۰-B) تغییرات ترکیبFe_2O_3 موجود در پلاژیوکلازهای موجود در پیروکسن دلریت..... ۱۶۸