

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زمین شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی زمین شناسی گرایش پترولوژی

**پترولوژی سنگ های آتشفشانی کوه سیاه
(شمال باقلاق گاوخونی، جنوب شرق اصفهان)**

استاد راهنما:
دکتر قدرت ترابی

استاد مشاور:
دکتر مرتضی شریفی

پژوهشگر:
بهاره فاضلی

بهمن ماه ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش پترولوژی
خانم بهاره فاضلی تحت عنوان

پترولوژی سنگ های آتشفشانی کوه سیاه (شمال بائلاق گاوخونی، جنوب شرق اصفهان)

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی ... به تصویب نهایی رسید.

امضا
امضا
امضا
امضا

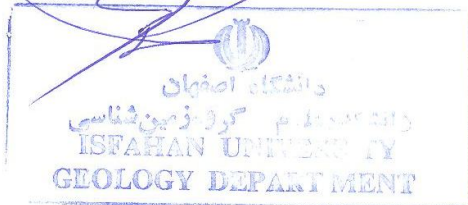
۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر قدرت ترابی با مرتبه‌ی علمی دانشیار

۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر مرتضی شریفی با مرتبه‌ی علمی استادیار

۳- استاد داور داخل گروه دکتر سید محسن طباطبایی منش با مرتبه‌ی علمی استادیار

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر محمد رضا ایران نژادی با مرتبه‌ی علمی استادیار

امضای مدیر گروه



سپاسگزاری

با سپاس بیکران از خداوند یکتا که مانند همیشه مرا در سپری کردن یکی دیگر از مراحل زندگی ام یاری نمود.

از زحمات کلیه عزیزانی که مرا در این راه یاری نمودند قدر دانی می نمایم.
از تلاش ها و مساعدت جناب آقای دکتر قدرت ترابی و راهنمایی ها و تعالیم ارزنده شان به عنوان استاد راهنما سپاسگزاری می نمایم.

از زحمات استاد مشاور جناب آقای دکتر مرتضی شریفی کمال تشکر را دارم.
از اساتید و کارکنان گروه زمین شناسی، به ویژه آقایان دکتر موسی نقره ئیان، دکتر محمود خلیلی، دکتر سید محسن طباطبائی و دکتر محمد علی مکی زاده سپاسگزارم.
از زحمات مدیریت گروه، جناب آقای دکتر طباطبائی تشکر می نمایم.
از خانم ها دکتر شهرزاد شرافت، دکتر فریمه آیتی، فرشته بیات و اکرم مینایی به خاطر زحماتشان سپاسگزاری می نمایم.

از همکلاسی های خوبم خانم ها معصومه درویش، گلوریا کارگران، زهرا قره چاهی، الهه نم نبات، الهه شفایی زاده و زری اسلامی نیز قدر دانی می نمایم.

و با سپاس فراوان از خانواده و همسرم که در تمامی مراحل زندگی مشوق و پشتیبانم بوده اند.

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیزم

و ہمسر مہربانم

چکیده

کوه سیاه در شمال باتلاق گاوخونی و شرق ورزنه (جنوب شرق اصفهان) واقع گردیده و از سنگ های ولکانیک تشکیل شده است. سنگ های مورد بررسی جزئی از نوار ماگمایی ارومیه - دختر بوده و متعلق به میوسن پایانی می باشند. این سنگ ها در نمونه های دستی دارای ظاهری حفره دار می باشند. سنگ های مورد مطالعه در نمونه دستی بر دو گونه مشاهده می شوند، بدین صورت که برخی از آن ها دارای رنگ قرمز و برخی دارای رنگ تیره هستند. سنگ های قرمز از دگرسانی سنگ های تیره بدست آمده اند. این کوه از آندزیت بازالتی و بازالت تشکیل شده است. بافت غالب این سنگ ها پورفیری، میکرولیتیک پورفیری، هیالوپورفیری و حفره دار می باشد.

کانی های اصلی تشکیل دهنده بازالت ها شامل پلاژیوکلاز، الیوین، کلینوپیروکسن و به مقدار کمتر ارتوپیروکسن و اسپینل می باشند. پلاژیوکلاز، الیوین و ارتوپیروکسن کانی های اصلی و کلینوپیروکسن و اسپینل کانی های فرعی آندزیت بازالت ها را تشکیل می دهند. کلریت، کلسیت و مگنتیت به عنوان کانی های ثانویه هم در بازالت ها و هم در آندزیت بازالت ها مشاهده می گردند.

پلاژیوکلاز در این سنگ ها دارای ترکیب لابرادوریت و بیتونیت می باشد. الیوین ها از نوع کریزولیت بوده و عمدتاً به کلریت تجزیه شده اند. ارتوپیروکسن ها ترکیب انستاتیت دارند و برخی از آن ها دارای حاشیه ای از پیژونیت می باشند. کلینوپیروکسن ترکیب اوژیت دارد. ترکیب کلریت ها بر اساس ۱۴ اکسیژن محاسبه شده و از نوع کروندوفیلیت می باشند. ادخال های اسپینل هم در بازالت ها و هم در آندزیت های بازالتی درون الیوین، کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن، پلاژیوکلاز و زمینه سنگ دیده می شود که نشانه تبلور زودتر اسپینل نسبت به این کانی ها می باشد.

وجود ارتوپیروکسن در سنگ های مورد مطالعه به فعالیت بالای سیلیس در این ماگما نسبت داده می شود. سیلیسی شدن به واکنش سیال - سنگ در گوشته قاره ای و متاسوماتیسم آبدار نسبت داده می شود.

داده های ژئوشیمیایی سنگ ها و کانی ها نشان می دهد که ماگمای سازنده این سنگ ها از نوع کالک آکالن بوده و از لحاظ جایگاه تکتونوماگمایی در قلمرو قوس ماگمایی واقع می شوند.

غنی بودن سنگ های مورد بررسی از نظر LREE و LILE و فقیر بودن از نظر عناصر گروه HFS (نظیر Nb, Ti و Ta) را می توان در نمودارهای بهنجارسازی مشاهده کرد که از مشخصات ماگماتیسم مرتبط با فرورانش می باشد. این مشخصات احتمالاً برگرفته از فرورانش نئوتتیس به زیر ایران مرکزی است.

داده های ژئوشیمیایی نشان می دهد سنگ منشأ مذاب سازنده سنگ های مورد بررسی یک اسپینل پریدوتیت بوده است که کمتر از ۱۶ درصد ذوب بخشی را تحمل نموده است.

واژه های کلیدی: بازالت، میوسن پسین، کوه سیاه، گاوخونی، ارومیه - دختر

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۱-۱-۱- مقدمه	۱
۱-۱-۱- سیستم ساده بازالیت	۲
۲-۱- ماگماتیسم در دوران سنوزوئیک	۵
۳-۱- رخداد میوسن پسین - پلیوسن (آتیکن)	۵
۴-۱- موقعیت جغرافیایی	۶
۵-۱- راه های دسترسی به منطقه	۷
۶-۱- آب و هوا و پوشش گیاهی	۸
۶-۱-۱- گاوخونی در گذشته	۹
۶-۱-۲- گاوخونی در حال حاضر	۹
۷-۱- ژئومورفولوژی	۹
۸-۱- توان معدنی منطقه	۱۱
۹-۱- تاریخچه مطالعات قبلی در مورد منطقه	۱۱
۱۰-۱- هدف از مطالعه	۱۲
۱۱-۱- روش های مطالعه	۱۲

فصل دوم: زمین شناسی عمومی و روابط صحرائی

۱-۲- جایگاه زمین شناسی ایران	۱۴
۲-۲- انگاره زمین ساخت ورقی	۱۶
۳-۲- سنوزویک در ایران	۱۸
۴-۲- ترشیری در ایران مرکزی	۱۹
۵-۲- میوسن - پلیوسن در ایران مرکزی	۱۹
۶-۲- ماگماتیسم و دگرگونی ترشیری	۲۰
۶-۲-۱- دگرگونی ترشیری	۲۱
۶-۲-۲- توده های نفوذی ترشیری	۲۱

عنوان

صفحه

۲۲	۳-۶-۲ آتشفشانی ترشیری
۲۲	۷-۲- آتشفشانی پالئوژن
۲۳	۸-۲- آتشفشانی نئوژن
۲۳	۹-۲- آتشفشانی میوسن
۲۳	۱۰-۲- کمان ماگمایی ارومیه - دختر
۲۴	۱۱-۲- حضور آتشفشان‌های جوان در کمان ماگمایی ارومیه - بزمان
۲۴	۱۲-۲- موقعیت زمین شناسی منطقه
۲۵	۱۳-۲- لیتولوژی و چینه شناسی منطقه
۲۶	۱۳-۲- گسل های منطقه
۲۶	۱-۱۳-۲- گسل دهشیر (نابین - بافت)
۲۷	۱۴-۲- روابط صحرایی

فصل سوم: پتروگرافی و شیمی کانی ها

۳۰	۱-۳- مقدمه
۳۰	۲-۳- سنگ نگاری سنگ های آتشفشانی
۳۳	۳-۳- پتروگرافی بازالت ها
۳۳	۱-۳-۳- پلاژیوکلاز
۳۳	۲-۳-۳- الیوین
۳۴	۳-۳-۳- کلینوپیروکسن
۳۴	۴-۳-۳- ارتوپیروکسن
۳۴	۵-۳-۳- اسپینل و مگنتیت
۳۴	۶-۳-۳- کلریت
۳۵	۷-۳-۳- کلسیت
۳۶	۴-۳- پتروگرافی آندزیت های بازالتی
۳۶	۱-۴-۳- پلاژیوکلاز
۳۶	۲-۴-۳- الیوین
۳۶	۳-۴-۳- کلینوپیروکسن

عنوان

صفحه

۳۷	۳-۴-۴- ارتوپیروکسن
۳۷	۳-۴-۵- اسپینل و مگنتیت
۳۷	۳-۴-۶- کلریت
۳۷	۳-۴-۷- کلسیت
۳۹	۳-۳- نتایج مطالعات پتروگرافی

فصل چهارم: شیمی کانی

۴۱	۴-۱- مقدمه
۴۲	۴-۲- کریستال شیمی فلدسپار ها
۴۵	۴-۳- کریستال شیمی الیوین ها
۴۹	۴-۴- کریستال شیمی کلینوپیروکسن
۵۰	۴-۵- کریستال شیمی ارتوپیرکسن ها
۵۲	۴-۶- کریستال شیمی کلریت ها
۵۵	۴-۷- کریستال شیمی اسپینل ها

فصل پنجم: ژئوشیمی

۵۷	۵-۱- مقدمه
۵۷	۵-۲- تفکیک آهن ۲ و ۳ ظرفیتی در سنگ
۶۱	۵-۳- بررسی داده های ژئوشیمیایی حاصل از آنالیز کل سنگ
۶۲	۵-۴- نام گذاری سنگ ها
۶۲	۵-۴-۱- نام گذاری بر اساس نسبت مجموع آلكالی در مقابل SiO_2
۶۲	۵-۴-۱-۱ نمودار کاکس و همکاران (۱۹۷۶)
۶۳	۵-۴-۱-۲ نمودار لومتر و همکاران (۱۹۸۶)
۶۴	۵-۴-۱-۳ نمودار کرمنتسکی و همکاران (۱۹۸۰)
۶۴	۵-۴-۲ نمودار $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$
۶۵	۵-۴-۳ نمودار Zr/TiO_2 در مقابل SiO_2

عنوان

صفحه

۶۶	۴-۴-۵- نمودار Nb/Y در مقابل Zr/TiO ₂
۶۶	۵-۴-۵- رده بندی کاتیونی دولاروش و همکاران (۱۹۸۰)
۶۷	۶-۴-۵- نام گذاری سنگ ها بر اساس نورم
۶۸	۵-۵- تعیین نوع سری ماگمایی
۶۸	۱-۵-۵- نمودار SiO ₂ - (Na ₂ O + K ₂ O)
۶۹	۲-۵-۵- نمودار AFM
۶۹	۳-۵-۵- نمودار Ta/Yb - Th/Yb و Th/Yb - Ta/Yb
۷۱	۴-۵-۵- نمودار Ta/Yb در برابر Ce/Yb
۷۱	۵-۵-۵- نمودار مثلثی MgO - (FeO* + TiO ₂) - Al ₂ O ₃
۷۲	۶-۵-۵- نمودار Zr - Ti
۷۳	۷-۵-۵- نمودار تفکیک سنگ های ماگمایی از [مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹]
۷۴	۶-۵- روند های ژئوشیمیایی و فرایندهای موثر در تحول ماگما
۷۴	۱-۶-۵- بررسی نمودار های هارکر
۷۵	۱-۱-۶-۵- نمودار های هارکر عناصر اصلی
۷۷	۲-۶-۵- سایر نمودار ها
۷۷	۷-۵- بررسی نمودار های بهنجار سازی
۷۸	۱-۷-۵- نمودار بهنجار سازی عناصر نادر خاکی

فصل ششم: پتروژنز

۸۰	۱-۶- مقدمه
۸۰	۲-۶- دلیل حضور ارتوپروکسن در بازالت ها
۸۳	۳-۶- محاسبه درجه ذوب بخشی سنگ منشأ
۸۴	۴-۶- محاسبات ژئوترمومتری
۸۴	۱-۴-۶- ترمومتری با استفاده از مقدار کلسیم در ارتوپروکسن
۸۵	۲-۴-۶- ترمومتری با استفاده از جفت کانی الیوین-اسپینل
۸۶	۵-۶- نمودار بهنجار سازی REE ها نسبت به کندریت

عنوان

صفحه

۶-۶- نمودارهای عنکبوتی عناصر مختلف نسبت به گوشته اولیه	۸۷
۶-۷- تعیین محیط ژئوتکتونیکی تشکیل سنگ ها با استفاده از نتایج آنالیز میکروپروب کانی اسپینل	۸۹
۶-۸- تعیین محیط ژئوتکتونیکی تشکیل سنگ ها با استفاده از نتایج آنالیز کل سنگ	۹۰
۶-۸-۱ نمودار Zr در برابر Y	۹۰
۶-۸-۲ نمودار Al_2O_3 در برابر TiO_2	۹۱
۶-۸-۳ بررسی نمودار Zr - Zr/Y	۹۱
۶-۸-۴ نمودار $Zr/4 - Nb \times 2 - Y$	۹۲
۶-۸-۵ نمودار $Zr - Ti/100 - Y \times 3$	۹۳
۶-۸-۶ نمودارهای $Th - Zr/117 - Nb/16$ ، $Th - Hf/3 - Nb/16$ و $Th - Hf/3 - Ta$	۹۴
۶-۹- نتیجه بحث محیط تکتونیکی	۹۶
نتیجه گیری	۹۷
پیشنهاد ها	۹۹
پیوست	۱۰۰
منابع و ماخذ	۱۰۱

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ نمایش فرضی چهار وجهی بازالت.....	۳
شکل ۲-۱ سیستم ساده بازالتی عمومی.....	۳
شکل ۳-۱ تصویر ماهواره ای از منطقه که در آن ولکانیک های مورد بررسی نمایش داده شده است.....	۷
شکل ۴-۱ موقعیت زمین شناسی ولکانیک های کوه سیاه در نقشه ولکانیک های ائوسن ایران و راه های دسترسی به آن.....	۸
شکل ۵-۱ تصاویر صحرایی تالاب خشک شده گاوخونی.....	۱۰
شکل ۱-۲ جایگاه زمین شناسی ایران در نوار چین خورده آلپ - هیمالیا (آقنابتی، ۱۳۸۵).....	۱۵
شکل ۲-۲ واحد های زمین شناختی و ساختمانی ایران (آقنابتی، ۱۳۸۵).....	۱۶
شکل ۳-۲ نقشه زمین شناسی ساده شده بخش های شمالی باتلاق گاوخونی (ترسیم شده بر اساس نقشه ی زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ نائین).....	۲۵
شکل ۴-۲ تصاویر صحرایی منطقه مورد بررسی.....	۲۸
شکل ۵-۲ نقشه گسل های مهم منطقه (اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران).....	۲۹
شکل ۱-۳ بافت های موجود در سنگ های منطقه (در نور XPL).....	۳۲
شکل ۲-۳ تصاویر پتروگرافی بازالت های کوه سیاه (در نور XPL).....	۳۵
شکل ۳-۳ تصاویر پتروگرافی آندزیت های بازالتی کوه سیاه (در نور XPL).....	۳۸
شکل ۱-۴ محدوده ی ترکیبی فلدسپار های موجود در سنگ های ولکانیک کوه سیاه [دیر و همکاران، ۱۹۹۲].....	۴۵
شکل ۲-۴ نمودار نشان دهنده منطقه بندی پلاژیوکلاز در بازالت های مورد مطالعه.....	۴۵
شکل ۳-۴ تعیین ترکیب الیوین ها [موریموتو، ۱۹۸۹].....	۴۹
شکل ۴-۴ نمایش ترکیب کلینوپیروکسن [موریموتو، ۱۹۸۹].....	۵۰
شکل ۵-۴ ارتوپیروکسن ها از نوع انستاتیت بوده و در حاشیه دارای ترکیب پیژونیت هستند [موریموتو، ۱۹۸۹].....	۵۲
شکل ۶-۴ ترکیب کلریت ها از نوع کروندوفیلیت می باشد [هی، ۱۹۵۴].....	۵۵
شکل ۱-۵ نمودار آلکالی - سیلیس و نسبت (Fe_2O_3 / FeO) جهت سنگ های آذرین بیرونی.....	۵۸

- شکل ۲-۵ تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی بر اساس مجموع آلکالی در مقابل سیلیس [کاکس و همکاران، ۱۹۷۹]. ۶۳
- شکل ۳-۵ رده بندی سنگ های منطقه بر اساس [لومتر و همکاران، ۱۹۸۹]. ۶۳
- شکل ۴-۵ موقعیت قرارگیری سنگ های مورد مطالعه در نمودار $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ [کرمیتسکی و همکاران، ۱۹۸۰]. ۶۴
- شکل ۵-۵ نامگذاری سنگ های مورد بررسی در نمودار SiO_2 در مقابل K_2O [لومتر، ۱۹۸۹]. ۶۵
- شکل ۶-۵ نامگذاری سنگ های منطقه بر روی نمودار Zr/TiO_2 در مقابل SiO_2 [وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷]. ۶۵
- شکل ۷-۵ موقعیت نمونه ها در نمودار Nb/Y در مقابل Zr/TiO_2 [وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷]. ۶۶
- شکل ۸-۵ نامگذاری سنگ های منطقه بر روی نمودار کاتیونی R1-R2 [دولاروش و همکاران، ۱۹۸۰]. ۶۷
- شکل ۹-۵ نامگذاری سنگ های منطقه در نمودار Q - A - P [لومتر و همکاران، ۱۹۸۹]. ۶۸
- شکل ۱۰-۵ نمودار TAS بیانگر ساب آلکالن بودن سنگ های مورد بررسی می باشد [ایروین و باراگار، ۱۹۷۱]. ۶۸
- شکل ۱۱-۵ محل قرار گیری نمونه ها در نمودار AFM [ایروین و باراگار، ۱۹۷۱]. ۶۹
- شکل ۱۲-۵ نمودار های تعیین سرشت ماگمایی با استفاده از نسبت عناصر غیر متحرک ۷۰
- شکل ۱۳-۵ محل قرار گیری نمونه ها در نمودار Ta/Yb در برابر Ce/Yb [پیرس، ۱۹۸۲]. ۷۱
- شکل ۱۴-۵ نمودار مثلثی برگرفته از [جنسن، ۱۹۷۶] جهت تفکیک سری های تولییتی و کالک آلکالن ۷۲
- شکل ۱۵-۵ سنگ های مورد مطالعه در نمودار Zr - Ti [پیرس و کن، ۱۹۷۳] از نوع بازالت های کالک آلکالن هستند. ۷۳
- شکل ۱۶-۵ نمودار تفکیک سنگ های ماگمایی از نظر آلومین [مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹]. ۷۴
- شکل ۱۷-۵ نمودارهای هارکر اکسید های عناصر برای سنگ های کوه سیاه ۷۶
- شکل ۱۸-۵ تغییرات مثبت دو عنصر Zr و Y در برابر یکدیگر بیانگر تبلور بخشی کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز است [آرتون و همکاران، ۱۹۸۵]. ۷۷
- شکل ۱۹-۵ نمودار عناصر نادر خاکی بهنجار شده سنگ های منطقه نسبت به کندریت بر اساس داده های [سان و مک دوناف، ۱۹۸۹]. ۷۹
- شکل ۱-۶ مدل تولید مذاب و تغییرات پیامد آن در ماگماهای آبدار تولید شده در گوه گوشته ای [گتانی و گرو، ۲۰۰۳]. ۸۳

- شکل ۲-۶ نمودار $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ بیانگر درجه ذوب بخشی کمتر از ۱۶ درصد می باشد [چن، ۱۹۸۸] ۸۴
- شکل ۴-۶ نمودار عنکبوتی بهنجار شده نمونه های مورد مطالعه نسبت به گوشته اولیه بر اساس داده های [سان و مک دوناف، ۱۹۸۹] ۸۹
- شکل ۵-۶ نمودار $\text{Mg}\# - \text{Cr}\#$ اسپینل ها نشان دهنده قرار گیری نمونه ها در محدوده ولکانیک های موجود در قوس ماگمایی می باشد [کپژینسکاس و همکاران، ۱۹۹۳] ۹۰
- شکل ۶-۶ موقعیت تکتونوماگمایی نمونه های مورد بررسی در نمودار Zr در برابر Y در قسمت قوس آتشفشانی قرار گرفته است [لومتر و همکاران، ۱۹۸۹] ۹۰
- شکل ۷-۶ نمودار Al_2O_3 در برابر TiO_2 تعلق این سنگ ها به قوس های آتشفشانی را نشان می دهد [مولر و گراوز، ۱۹۹۷] ۹۱
- شکل ۸-۶ در نمودار $\text{Zr} - \text{Zr}/\text{Y}$ [پیرس و نری، ۱۹۷۹] نمونه ها در محدوده کمان قاره ای قرار می گیرند. ۹۲
- شکل ۹-۶ نمودار $\text{Zr}/4 - \text{Nb}\times 2 - \text{Y}$ [مشد، ۱۹۸۶] موقعیت نمونه ها را در محدوده بازالت های قوس های آتشفشانی نشان می دهد ۹۳
- شکل ۱۰-۶ نمودار تعیین محیط های تکتونیکی مختلف $\text{Zr} - \text{Ti}/100 - \text{Y}\times 3$ [پیرس و کن، ۱۹۷۳] ۹۴
- شکل ۱۱-۶ نمودار های مثلثی تفکیک انواع سنگ های آتشفشانی [وود، ۱۹۸۰] ۹۵

فهرست جدول ها

صفحه

عنوان

جدول ۱-۳	نشانه های اختصاری کانی های سنگ های مورد مطالعه [کرتز، ۱۹۸۳]	۳۱
جدول ۱-۴	علائم اختصاری بکار رفته در جدول آنالیز میکروپروب کانی ها	۴۱
جدول ۲-۴	نتایج آنالیز میکروپروب پلاژیوکلاز ها در سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۴۳
جدول ۳-۴	نتایج آنالیز میکروپروب الیوین ها در سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۴۷
جدول ۴-۴	نتایج آنالیز میکروپروب کلینوپیروکسن در بازالت کوه سیاه	۵۰
جدول ۵-۴	نتایج آنالیز میکروپروب ارتوپیروکسن ها در سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۵۱
جدول ۶-۴	نتایج آنالیز میکروپروب کلریت ها در سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۵۳
جدول ۷-۴	نتایج آنالیز میکروپروب اسپینل ها در سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۵۶
جدول ۱-۵	داده های مربوط به آنالیز شیمیایی سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۵۹
جدول ۲-۵	داده های مربوط به نورم سنگ های آتشفشانی کوه سیاه	۶۱
جدول ۱-۶	محاسبه درجه حرارت تبلور ارتوپیروکسن بر مبنای محتوی Ca در ارتوپیروکسن ابری و کهلر، [۱۹۹۰]	۸۶

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

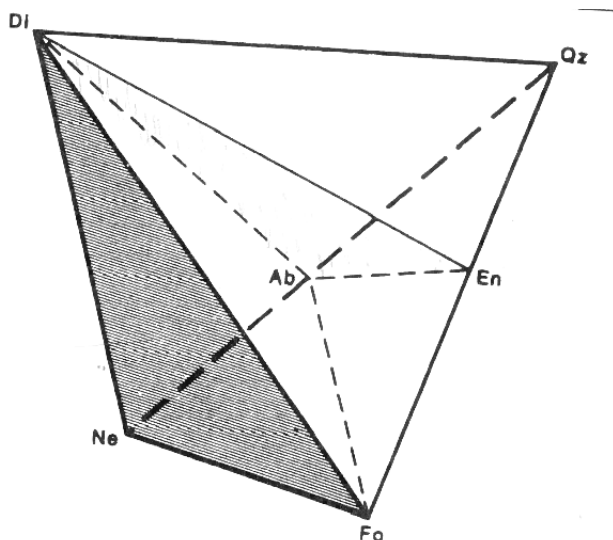
با استفاده از ماگماهای بازالتی می توان به ترکیب شیمیایی و اوضاع فیزیکی حاکم بر گوشته پی برد که به علت قرار داشتن در عمق، در معرض دید مستقیم قرار ندارد.

بازالت های زمین آن قدر فراوان هستند و ترکیب شیمیایی آن ها به قدری محدود است که غالباً آن ها را به عنوان ماگماهای اولیه منجمد شده یا ماگماهای اولیه کمی تغییر یافته در نظر می گیرند که توسط فرایندهای نسبتاً ساده ای در گوشته فوقانی بوجود آمده اند. ولکانیسم بازالتی عامل تحولات شیمیایی و حرارتی در سیارات زمین مانند می باشد. گروه بازالت شامل انواع سنگ های مختلف و متعددی است که ترکیب شیمیایی عناصر اصلی آن ها خیلی مشابه به هم می باشد. البته اختلافات ذاتی کوچکی در ترکیبات شیمیایی و مودال اجزاء هر گروه وجود دارد.

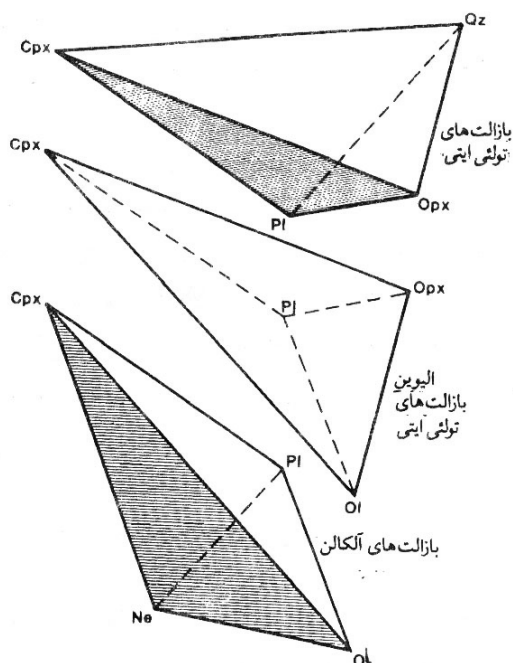
بازالت ها معمولاً سنگ های آتشفشانی مافیک، شیشه ای و ریز دانه ای هستند که از پلاژیوکلاز (معمولاً لابرادوریت) و یک یا چند پیروکسن و همچنین مقادیر کمتری از اکسید های تیتان - آهن تشکیل شده اند. برای طبقه بندی سنگی مانند بازالت باید از ترکیب مودال و مقدار سیلیس آن آگاه بود [اشتریکایزن^۱، ۱۹۷۹].

۱-۱-۱- سیستم ساده بازالت

یدر و تیلی^۱، ۱۹۶۲ مفهوم چهار وجهی بازالت را بیان نمودند. گوشه های این سیستم چهار وجهی از فورستريت، دیوپسید، نفلین و کوارتز تشکیل شده است. آن ها برای بازالت های مختلف زمین از این سیستم ساده (به عنوان یک مدل) استفاده کردند. زیرا بازالت های مختلف اساساً دارای پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، و مقادیر کمتری از یک یا چند کانی الیون، ارتوپیروکسن، نفلین، کوارتز و اکسیدهای آهن - تیتان می باشند. در چهار وجهی بازالت (شکل ۱-۱) الیون به صورت فورستريت و پلاژیوکلاز به صورت آلبيت نشان داده شده است که با توجه به واکنش بین نفلین و کوارتز $[NaAlSi_3O_8(Ab)=2SiO_2(Qz)+NaAlSiO_4(Ne)]$ ، آلبيت روی خط اتصال Qz-Ne قرار می گیرد. همچنین دیوپسید که معرف کلینوپیروکسن است، در قله چهار وجهی قرار داشته و انستاتیت نیز معرف ارتوپیروکسن است که با توجه به واکنش بین فورستريت و کوارتز $[Mg_2SiO_4(Fo)+SiO_2(Qz)=2MgSiO_3(En)]$ روی خط واصل بین فورستريت و کوارتز واقع می شود. کوارتز نمایانگر تمام فازهای SiO_2 و نفلین نشانگر تمام فلدسپاتوئیدها می باشد. درون چهار وجهی بازالتی یدر و تیلی دو سطح دیده می شود که عبارتند از: سطح Fo-Di-Ab که آن را سطح مرزی تحت اشباع از سیلیس می نامند و دیگری سطح En-Di-Ab که سطح اشباع از سیلیس خوانده می شود. آن دسته از بازالت ها که ترکیشان در سمت نفلینی سطح Fo-Di-Ab قرار می گیرد، دارای نفلین نورماتیو بوده و تحت اشباع از سیلیس هستند. در حالی که بازالت های واقع در سمت کوارتزی سطح En-Di-Ab، کوارتز دار بوده و فوق اشباع از سیلیس می باشند. باید توجه داشت که در این سیستم ساده بازالتی آهن وجود ندارد [درویش زاده و آسیابانها، ۱۳۷۰].



شکل ۱-۱ نمایش فرضی چهار وجهی بازالت. سطح **Di-En-Ab**، سطح اشباع از سیلیس است و سطح **Di-Fo-Ab**، سطح اساسی تحت اشباع می‌باشد [اقتباس از یدر و تیلی، ۱۹۶۲].



شکل ۲-۱ سیستم ساده بازالتی عمومی که در امتداد سطح اشباع از سیلیس و سطح اساسی غیر اشباع از سیلیس از هم جدا شده‌اند [از یدر و تیلی، ۱۹۶۲].

یدر و تیلی (۱۹۶۲) یک سیستم ساده بازالت کلی ابداع کردند (شکل ۱-۲). در این سیستم کانی های عادی بازالت ها یعنی کلینوپیروکسن، ارتوپیروکسن، الیوین و پلاژیوکلاز، به جای اعضای انتهایی خالص فورستریت، دیوپسید، انستاتیت و آلیت قرار می گیرند.

بهرتر است از این سیستم در هنگام تعیین ترکیب و منشأ سنگ های بازالتی استفاده شود. یدر و تیلی (۱۹۶۲) با استفاده از این سیستم عمومی، سنگ های بازالتی را به گروه های زیر تقسیم نمودند:

الف) تولئی ایت (فوق اشباع) دارای هیپرستن و کوارتز نورماتیو

ب) تولئی ایت (اشباع) دارای هیپرستن نورماتیو و بدون کوارتز نورماتیو (در سطح اشباع از سیلیس قرار می گیرند)

ج) الیوین تولئی ایت دارای هیپرستن و الیوین نورماتیو

د) الیوین بازالت که دارای الیوین نورماتیو و بدون هیپرستن یا نفلین نورماتیو است (در سطح مرزی تحت اشباع از سیلیس قرار می گیرد)

ه) آلکالی بازالت که واجد نفلین و الیوین نورماتیو می باشد.

سنگ های گروه های الف) و ب) ساب آلکالن هستند و امکان دارد از نوع بازالت های تولئی ایت یا بازالت های کالک آلکالن باشند. سنگ های گروه د) و ه) اصولاً جزء بازالت های آلکالن حساب می شوند. اکثر بازالت های MOR و بازالت های کف اقیانوس، الیوین تولئی ایت بوده، برخی از بازالت های انتقالی تقریباً آلکالن هستند. تصور می شود که بازالت انتقالی نامی قابل قبول برای آن دسته از سنگ های بازالتی است که دارای الیوین و هیپرستن نورماتیو هستند.

خط جدا کننده موجود در نمودار سیلیس آلکالن که انواع بازالت های آلکالن را از انواع ساب آلکالن جدا می کند در حقیقت همان اثر تقریبی سطح مرزی تحت اشباع از سیلیس می باشد. بررسی های آزمایشگاهی بر روی سیستم های ساده سیلیکاته مثل Di-Ab و Di-Fo-An نشان می دهند که در کنار سطح مرزی تحت اشباع از سیلیس (در چهار وجهی بازالت) سطحی وجود دارد که ماگمایی که در فشار پایین و از طریق جزء به جزء متبلور شود قادر نیست از این سطح عبور کند. به عنوان مثال پرسنال و همکاران^۱ (۱۹۷۸) بیان داشتند که سطح Di-Fo-An در فشار کمتر از ۰/۴ گیگا پاسکال یک مقسم حرارتی بین بازالت های آلکالن و ساب آلکالن است. در سیستم ساده بازالت، سطح کلینوپیروکسن - الیوین - پلاژیوکلاز با مقسم حرارتی فشار