دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در زمین شناسی- گرایش ژئوشیمی

عنوان:

ژئوشیمی سنگ های مافیک پتاسیک در کمپلکس لار، شمال زاهدان، شرق ایران

استاد راهنما:

دکتر علی احمدی

اساتید مشاور:

دکترعلی اصغر مریدی

دکتر ساسان باقری

تحقیق و نگارش:

ساسان غفاری بیجار

زمستان ۱۳۸۸

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب ساسان غفاری بیجار تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: ساسان غفاری بیجار

تقدیم به پدر بزرگوار و بلنداندیش

و

مادر مهربان و دلسوزم

سپاسگزاری

با انسان از خدا سخن گفتن زیباست. خداوند برای حقیقت دروازه هایی بسیار تعبیه کرده است تا به هر مؤمنی که بر آن ها می کوبد خوش آمد بگوید. خداوند در درون هر یک از ما رسولی قرار داده است تا ما را به راه روشن هدایت کند. با این وجود بسیاری هنوز در بیرون از خود به دنبال زندگی می گردند، غافل از آنکه زندگی در درون آنهاست. علم و دین کاملاً با هم سازگارند، اما علم و باور یکسره ناسازگار. بیچاره ملتی که پر از باور است و خالی از دین، و بیچاره آن کسی که پرستش برایش پنجره ای است که او باز کند و نیز ببندد، چرا که هنوز از خانه ی روحش دیدن نکرده است، خانه ای که پنجره هایش از سپیده دمی است تا سپیده دم دیگر. غم مخورید ای عزیزان ناتوانم، زیرا قادری متعال در پس پشت و آن سوی این جهان مادی هست، قادری که همه عدل است و رحمت است و شفقت است و عشق. خوشا به حال تشنگان عدالت که سیراب خواهند شد. خداوند را که توانم داد قدمی هر چند اندک در زمینه علم و دانش بردارم سپاس می گویم و سپاس می گویمش که راه سخت زندگی را برایم آسان پیمود.

پس از حمد و ثنای خدا بر خود لازم می دانم که از خانواده عزیزم به خاطر تحمل سختی ها، فداکاری ها و دلسوزی هایشان در طول دوران زندگیم، سپاس ویژه ای بجا آورم. امیدوارم که این اثر کوچک، رضایت قلبی آن ها را فراهم نموده و طیب خاطر آن ها باشد، دستتان را می بوسم.

از اساتید مشاورم آقایان دکترساسان باقری و علی اصغر مریدی و استاد حقیقی و همیشگی ام آقای دکتر محمد بومری به دلیل دلسوزی ها، همدردی ها و همدلیشان سپاس ویژه دارم. ان شاء ا... که خداوند متعال اجر و پاداشی فراوان در دنیا و آخرت نصیبشان فرماید. همچنین از اساتید و سرورانم آقایان مهندس محمدرضا پورنظری، دکتر سیدسعید محمدی، دکتر محمدحسین زرین کوب، دکتر محمدمهدی خطیب، دکتر محمدحسین یوسف زاده، دکترسعید اسلامی، دکترحبیب بیابانگرد، دکترناصر اسدی، دکتر علی احمدی و خانم ها دکتر حبیبه عطاپور و دکتر آرزو عابدی و نیز مدیر گروه محترم زمین شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان آقای مهندس مهران نهایت سپاس و قدردانی را دارم.

از دوستان و همکلاسی های مهربانم آقایان علی علی ویسی، سلیمان احمدی بنکدار، احد نظرپور گاوکش، جواد کرمانی، پرهام امید، مرتضی اسفرم، حسین صفرعلیزاده، مجتبی کلانتری، سعید ترک قشقایی نژاد، ماجد حسین زئی، رحمان عیدوزهی، شهرام مؤذنی و خانم ها امیری نژاد، جاویدی، پورمظفری، واحدی و علافر نهایت تشکر و سپاس را دارم، خدا دلتان را شاد کند. خداوند ما را، شبنم و اشک را، در تشنگی پر از مهر و محبتش خواهد نوشید.

ساسان غفاری بیجار

زمستان ۸۸

چکیده

کمپلکس لار واقع در شمال زاهدان، شرق ایران شامل انواع سنگ های آذرین بیرونی، نیمه عمیق و درونی است. سنگ های آذرین لار عمدتاً سینیت و تراکیت هستند. لامپروفیرها سنگ های مافیک پتاسیک این کمپلکس می باشند که ویژگی‌های ژئوشیمیایی و پتروژنز آن‌ها موضوع این پژوهش است. فازهای غالب در لامپروفیرها شامل کلینوپیروکسن، فلوگوپیت، اولیوین، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، آپاتیت و اکسیدهای فلزی می باشد. این سنگ ها از نظر ژئوشیمیایی به دلیل بالا بودن نسبت K_2O/Na_2O و محتوای MgO و K_2O بالا، در رده ی سنگ های اولتراپتاسیک قرار می گیرند. ذوب بخشی گوشته‌ی دگرنهاد مهمترین عامل در تشکیل سنگ های اولتراپتاسیک منطقه است. نسبت K_2O/Na_2O و Rb/Cs در این سنگ ها شبیه ماگماهای منشاء گرفته از گوشته ی غنی از پتاسیم ریشتریت است، اما فقیر بودن این سنگ ها از SiO_2، اهمیت نقش فلوگوپیت در تشکیل این سنگ ها را نشان می‌دهد. احتمالاً فاز CO_2 در تعادل با مذاب، یکی از مهمترین عوامل در پایین بودن نسبتK_2O/Na_2O در لامپروفیرهای لار در مقایسه با دیگر لامپروفیرها است. سنگ های لار از نظر عناصر Zr, Ti, Nb, Ta و Hf ناهنجاری منفی نشان می دهند. نسبت LREE/HREE در این سنگ ها در مقایسه با میانگین جهانی لامپروفیرهای کلسیمی-قلیایی و مینت به ترتیب ۲ و ۳ برابر کمتر است. از نظر عناصر ناسازگار، لامپرفیرهای لار در مقایسه با میانگین ترکیب جهانی مینت، شباهت بیشتری به میانگین ترکیب جهانی لامپروفیرهای کلسیمی-قلیایی نشان می دهند. ویژگی‌های ژئوشیمیایی لامپروفیرها مانند بالا بودن نسبت های LREE/HREE (مثلاً نسبت‌های$[Ce/Lu]_N$=۷/۹ ، $[La/Lu]_N$=۱۰/۲ ، ۷/۹ =$[Ce/Yb]_N$، $[La/Yb]_N$=۱۰/۳)، LILE/HFSE(مثلاً نسبت‌های$[Ba/Ta]_N$=۲۵/۴، $[Rb/Zr]_N$=۳۸/۴) و آنومالی منفی Nb,Ti و Ta نشان می دهد که ماگماتیسم پتاسیک در کمپلکس لار مربوط به یک پهنه پس از برخوردی است.

واژگان کلیدی: اولتراپتاسیک، لامپروفیر، کمپلکس لار

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات **۱**

۱-۱- تاریخچه بررسی سنگ های آذرین پتاسیم دار..... ۲

۱-۲- تعاریف ۳

۱-۳- سنگهای اولتراپتاسیک ۵

۱-۳-۱- طبقه بندی سنگهای اولتراپتاسیک ۶

۱-۴- سنگ های پتاسیک ۱۲

۱-۴-۱- لامپروفیرها..... ۱۲

۱-۴-۱-۱- قرون ۱۹ و۲۰: لامپروفیرها شناخته شدند..... ۱۳

۱-۴-۱-۲- دهه های ۱۹۶۰ -۱۹۴۰: هیچ پیشرفتی در شناخت لامپروفیرها صورت نگرفت. ۱۵

۱-۴-۱-۳- اواخر دهه ی ۱۹۶۰ تا کنون ۱۵

۱-۴-۲- کانیهای هم منشأ و غیر هم منشأ در لامپروفیرها..... ۱۶

۱-۴-۳- آیا لامپروفیرها آلکالن هستند؟ ۱۷

۱-۴-۴- طبقه بندی لامپروفیرها..... ۱۹

۱-۴-۴-۱- لامپروفیرهای اولترامافیک ۲۱

۱-۴-۴-۲- لامپروفیرهای قلیایی(AL) و کلسیمی- قلیایی(CAL)..... ۲۲

۱-۴-۴-۳- کیمبرلیت ها(KIL) ۲۳

۱-۴-۴-۴- لامپروئیت ها(LL)..... ۲۴

۱-۴-۵- اهمیت سنگ های آذرین پتاسیم دار ۲۵

۱-۴-۵-۱- اهمیت علمی ۲۵

۱-۴-۵-۲- اهمیت تکتونیکی ۲۶

۱-۴-۵-۳-اصول نظری جدایش سنگ های آذرین پتاسیم دار در محیط های تکتونیکی مختلف..... ۲۸

۱-۴-۵-۳-۱- موقعیت تکتونیکی قوس قاره ای ۳۰

۱-۴-۵-۳-۲- موقعیت تکتونیکی قوس اقیانوسی پسین ۳۰
..... ۳۱

۱-۴-۵-۳-۳- موقعیت تکتونیکی درون قاره ای ۳۱
..... ۳۲

۱-۴-۵-۳-۴- موقعیت تکتونیکی قوس اقیانوسی اولیه ۳۲
..... ۳۳

۱-۴-۵-۴- اهمیت اقتصادی
.....

۱-۴-۵-۴-۱- الماس ۳۵
..... ۳۶
. ۳۷
۱-۴-۵-۴-۲- فلزات با ارزش ۳۷
..... ۳۸
فصـــــل دوم: زمـــــین شناســـــی عمـــــومی و پتروگرافـــــی ۳۹
..... ۴۲
۲-۱- کمربند کوهزایی آلپ-هیمالیا ۴۲
..... ۴۴
۲-۲- حوضه ی فلیشی شرق ایران ۴۴
..... ۴۵
۲-۲-۱- مقدمه ۴۵
..... ۴۸
. ۴۸
۲-۲-۲- چگونگی و زمان پیدایش ۴۹
..... ۴۹
۲-۲-۳- تاریخچهٔ چینه‌ای حوضهٔ فلیشی خاور ایران ۴۹
..... ۵۰
۲-۲-۴- سنگ های آذرین ۵۰
..... ۵۰
۲-۲-۵- ویژگی های صحرایی و پتروگرافیکی ۵۱
..... ۵۱
۲-۲-۶- سنگ های آلکالن ۵۱
..... ۵۱
۲-۲-۷- زمین‌ساخت حوضهٔ فلیشی شرق ایران ۵۱
..... ۵۱
۲-۳- موقعیت جغرافیایی کمپلکس لار ۵۱
..... ۵۲
۲-۴- زمین شناسی ناحیه ای ۵۲
..... ۵۲
۲-۵- واحدهای سنگی شناسایی شده در محدوده ی کوه لار ۵۲
..... ۵۷
۲-۵-۱- کمپلکس آذرین لار ۶۲
..... ۶۳
۲-۵-۱-۱- توده های مونزوسینیتی ۶۵
..... ۶۵
۲-۵-۱-۲- توده های سینیتی ۶۹
..... ۷۴
۲-۵-۱-۳- واحد لامپروفیری ۷۵
..... ۷۹
۲-۵-۱-۴- واحد هورنفلسی
..... ۲-۵-۲- نهشته های رسوبی

۲-۵-۲-۱- واحد شیل و ماسه سنگ ۸۳
۸۴
۲-۵-۲-۲- واحد ماسه سنگ ۹۲
۹۳
۲-۵-۲-۳- واحد توف و شیل توف دار ۱۰۶
۱۰۶
۲-۵-۲-۴- واحد ماسه سنگ توف دار **۱۲۳**
۱۲۴
۲-۵-۲-۵- رسوبات جوان ۱۲۴
۱۲۵
۲-۵-۲-۶- تراورتن ۱۳۰
۱۳۱
۲-۶- پتروگرافی لامپروفیرها ۱۳۹
۱۴۲
۲-۶-۱- بافت **۱۴۵**
۲-۶-۲- مینت
۲-۶-۳- اولیوین مینت
فصل سوم: ژئوشیمی .....
۳-۱- مقدمه
۳-۲- رده بندی سنگ های مافیک پتاسیک لار
۳-۲-۱- رده بندی ژئوشیمیایی راک(۱۹۹۱)
۳-۲-۲- رده بندی فولی و همکاران(۱۹۸۷)
۳-۳- قرابت شیمیایی لامپروفیرها با برخی سریهای ماگمایی
۳-۳-۱- سری های آپینیتی و وژنریتی
۳-۳-۲- قرابت شیمیایی سری شوشونیتی و لامپروفیرهای لار
۳-۴- بررسی روند تفریق در لامپروفیرهای کمپلکس آذرین لار
۳-۴-۱- وضعیت عناصر اصلی طی تفریق ماگمایی
۳-۵- مطالعه ی عناصر جزئی

……
۳-۵-۱- عناصر خاکی کمیاب(REE)
……..
۳-۵-۲- نمودارهای عنکبوتی
……..
۳-۵-۲-۱- نمودار های عنکبوتی بهنجار شده بر اساس MORB و کندریت
……
فصـــــــــل چهـــــــــارم: پتروژنـــــــــز و تکتونیـــــــــک
……..
۴-۱- پتروژنز
……
…
۴-۱-۱- منشاء اولیه پتاسیم
……
۴-۱-۲- فشار در هنگام تشکیل مذاب های اولیه
……..
۴-۱-۳- ناهنجاری منفی از نظر برخی عناصر HFSE:
……..
۴-۲- تکتونیک
……
۴-۳- نتیجه گیری
……
فصـــــــــل پـــــــــنجم: نتیجـــــــــه گیـــــــــری
……..
مراجـــــــــــــــــــــــــــــــع
……..

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱. جایگاه زمین شناسی ایران در نوار چین خورده آلپ – هیمالیا [۱۳۷] ۳۷
شکل ۲-۲. شمایی از رخداد های صورت گرفته در تکوین حوضه ی فلیشی شرق کشور(به نقل از تیرول و همکاران،۱۹۸۳) ۳۹
شکل۲-۳. ساختار کلی زون فلیشی شرق ایران بین بلوک لوت وبلوک افغان[۱۲۱]..... ۴۰
شکل۲-۴. نقشه زمین شناسی کوه لار، برگرفته از Chance (۱۹۸۱). ۴۶
شکل۲-۵. فلیش های کربناته و ولکانوکلاستیکی واقع در جنوب لار ۴۸
شکل۲-۶. رگه های سینیتی درون توده ی لامپروفیری..... ۵۰
شکل۲-۷. فلوگوپیت های پزودوهگزاگونال در خمیره ای از فلدسپات آلکالن، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) ۵۳
..... ۵۴
شکل ۲-۸. تاشدگی و شکستگی در فلوگوپیت، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) .....
شکل ۲-۹. فلوگوپیت های حاصل از تجزیه ی کلینوپیروکسن، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب). ۵۴
شکل ۲-۱۰. دو نوع میکای تیره و روشن در اطرف کانی کلینوپیروکسن، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) ۵۵ ۵۶
شکل ۲-۱۱. تشکیل فلوگوپیت در حاشیه ی کلینوپیروکسن، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) ۵۸
شکل ۲-۱۲. ایدنگزیتی شدن حاشیه ی اولیوین ها، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) .....
شکل ۲-۱۳. اولیوین دارای حاشیه ی واکنشی و تحلیل رفته در خمیره ای از فلدسپات آلکالن و کانی های اوپک، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) ۵۸ ۵۹
.....
شکل ۲-۱۴. کلینوپیروکسن با یک نوار تیره غنی از آهن، بزرگنمایی ۴X (نور موازی) ۵۹
شکل ۲-۱۵. منطقه بندی، تحلیل رفتگی و بافت غربالی در کلینوپیروکسن، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) ۶۰
.....
شکل ۲-۱۶. رشد مجدد کلینوپیروکسن در حاشیه تحلیل رفته (نوک پیکان سطح تحلیل رفته را نمایش می دهد)، بزرگنمایی ۴X (نور متقارب) .....
شکل ۳-۱. تفکیک میان پنج شاخه ی سنگ های خانواده ی لامپروفیری با استفاده از اکسیدهای اصلی[۱۰۳]. آنالیزها به ۱۰۰ درصد محاسبه شده اند. اگر نمونه ای در یکی از محدوده های نقطه چین قرار گرفت، ۹۰ درصد به درستی طبقه بندی شده است. شکل بالا نمودار تغییرات CaO در برابر MgO است. در این شکل نمونه های مورد مطالعه در محدوده ی همپوشانی قرار گرفته اند. نکته این که مقیاس لگاریتمی می باشد ۶۷ ۶۸
شکل ۳-۲. طبقه بندی لامپروفیرها بر اساس تغییرات نسبت های وزنی K2O/Al2O3در برابر Fe2O3(t)/SiO2 [۱۰۳].....

شکل ۳-۳. تفکیک سنگ های خانواده ی لامپروفیری با استفاده از عناصر REE. در این شکل لامپروفیرها بر اساس تغییرات Ce/Yb در برابر Sm طبقه بندی شده اند[۱۰۳] ۶۸
نسبت Ce/Yb الگوی رفتاری LREEها نسبت به HREEها را نشان می دهد. از طرفی دیگر Sm معرف غلظت کل REEها می باشد. در این شکل محدوده ی لامپروفیرهای اولترامافیک و قلیایی مشخص نیست. داده ها به صد درصد محاسبه شده اند ۷۱
شکل ۳-۴. رده بندی سنگ های اولتراپتاسیک براساس تغییرات CaO در برابر Al2O3 [۳۴] ۷۲
شکل ۳-۵. رده بندی سنگ های اولتراپتاسیک براساس تغییرات نسبت K2O/Al2O3 در برابر SiO2. [۳۴]داده ها به صد درصد محاسبه شدهاند ۷۲
شکل ۳-۶. رده بندی سنگ های اولتراپتاسیک براساس تغییرات K2O/Al2O3 در برابر عدد منزیمی[۳۴]. داده ها به صد درصد محاسبه شده اند ۷۳
شکل ۳-۷. رده بندی سنگ های اولتراپتاسیک براساس تغییرات CaO در برابر SiO2 [۳۴]..... ۷۳
شکل ۳-۸. رده بندی سنگ های اولتراپتاسیک بر اساس تغییرات CaO در برابر MgO[۳۴]..... ۷۶
شکل ۳-۹. موقعیت نمونه های مورد مطالعه در نمودار تفکیکی سنگ های سری آپینیتی و وژنریتی[۱۰۳] ۸۱
شکل ۳-۱۰. نمودار تفکیک سنگ های آذرین ساب آلکالن بر اساس میزان فراوانی پتاسیم ۸۵
به انواع تولئیتی با پتاسیم کم، کالک آلکالن با پتاسیم متوسط و بالا و سری ۸۵
شوشونیتی(پسریلو و تیلور،۱۹۷۶با تغییرات) و با اقتباس از لی متر و دیگران(۱۹۸۹) ۸۷
شکل ۳-۱۱. نمودار تغییرات SiO2 در برابر MgO ۸۷
شکل ۳-۱۲. نمودار تغییرات Al2O3 در برابر ۸۹
MgO..... ۸۹
شکل ۳-۱۳. تغییرات FeO در برابر MgO ۹۱
شکل ۳-۱۴. تغییرات CaO در برابر MgO ۹۱
شکل ۳-۱۵. نمودار تغییرات Na2O در برابر MgO ۹۲
شکل۳-۱۶. نمودار تغییرات K2O در برابر MgO .....
شکل ۳-۱۷. نمودار تغییرات TiO2 در برابر MgO ۹۵
.....
شکل ۳-۱۸. نمودار تغییرات MnO در برابر MgO ۹۶
.....
شکل ۳-۱۹. نمودار تغییرات P2O5 در برابر MgO ۹۶
شکل ۳-۲۰. فراوانی عناصر خاکی کمیاب در لامپروفیرهای لار، بهنجار شده نسبت به ناکامورا(۱۹۷۴) .....
شکل ۳-۲۱. مقایسه ی غلظت عناصر REE در لامپروفیرهای لار و میانگین ترکیب ۹۷
شیمیایی مینت، بهنجار شده نسبت به داده های ناکامورا(۱۹۷۴) .....
شکل ۳-۲۲. اختلاف غلظت عناصر REE میان متوسط ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای لار ۹۷

و میانگین ترکیب شیمیایی مینت .....
شکل ۳-۲۳. مقایسه ی غلظت عناصر REE در میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای لار و میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی، بهنجار شده نسبت به داده های ناکامورا(۱۹۷۴) ۹۹
شکل ۳-۲۴. اختلاف در غلظت عناصر REE میان لامپروفیرهای لار و میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی، بهنجار شده نسبت به داده های ناکامورا(۱۹۷۴) ۱۰۰
شکل۳-۲۵. نمودار تغییرات غلظت La در برابر Lu. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۰
شکل۳-۲۶. نمودار تغییرات غلظت Ce در برابر Tm. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۱
شکل۳-۲۷. نمودار تغییرات غلظت Ce در برابر Yb. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۱
شکل۳-۲۸. نمودار تغییرات غلظت Ce در برابر Gd. داده ها نسبت به ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۱
شکل۳-۲۹. نمودار تغییرات نسبت La/Yb در برابر Yb. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۲
شکل ۳-۳۰. تغییرات نسبت La/Yb در برابر Yb. محدوده ی آداکیت ها و سنگ های ماگمایی جزایر قوسی کلاسیک نیز به نقل از دفانت و دراموند(۱۹۹۰) و مارتین و همکاران(۲۰۰۵) ترسیم شده است. TTG: تونالیت-ترونجمیت-گرانودیوریت. داده ها نسبت به داده های بهنجار کننده ی ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۲
شکل۳-۳۱. نمودار تغییرات نسبت Ce/Yb در برابر Gd. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۳
شکل۳-۳۲. نمودار تغییرات غلظت La در برابر K2O ۱۰۴
شکل۳-۳۳. نمودار تغییرات علظت Ce در برابر K2O ۱۰۴
شکل۳-۳۴. نمودار تغییرات نسبت Eu*/Eu در برابر غلظت Eu، داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۵
شکل۳-۳۵. نمودار تغییرات نسبت Eu*/Eu در برابر K2O. داده ها نسبت به مقادیر ناکامورا(۱۹۷۴) بهنجار شده اند ۱۰۹
شکل ۳-۳۶. غلظت عناصر جزئی در لامپروفیرهای لار، بهنجار شده نسبت به کندریت[۱۲۵] ۱۰۹
شکل ۳-۳۷. غلظت عناصر جزئی در لامپروفیرهای لار، بهنجار شده نسبت به MORB[۸۹] ۱۱۰
شکل ۳-۳۸. اختلاف غلظت عناصر جزئی میان۱- CAL، 2- Av. Lar، 3- UML، 4- LL، 5- Av. Min، 6- KIL، 7- AL، بهنجار شده نسبت به MORB [۸۹] ۱۱۰
شکل ۳-۳۹. اختلاف غلظت عناصر جزئی میان۱- CAL، 2- Av. Lar، 3- UML، 4- LL، 5- Av. Min، 6- KIL، 7- AL ، بهنجار شده نسبت به MORB ۱۱۱

[۱۲۵]..... ۱۱۳
شکل ۳-۴۰. اختلاف در غلظت عناصر جزئی میان لامپروفیرهای لار و لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی، بهنجار شده نسبت به MORB [۸۹].....
شکل ۳-۴۱. اختلاف در غلظت عناصر جزئی میان لامپروفیرهای لار و میانگین ترکیب شیمیایی مینت، بهنجار شده نسبت به MORB [۸۹]..... ۱۱۵
شکل ۳-۴۲. مقایسه ناهنجاری منفی عناصر Zr-Hf-Ta-Nb میان لامپروفیرهای لار، میانگین ترکیب شیمیایی مینت و میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای کلسیمی-قلیایی.a) مقایسه ی ناهنجاری منفی Zr-Hf، b) مقایسه ی ناهنجاری منفی Ta، c) مقایسه ی ناهنجاری منفی Nb. ۱۱۷
شکل ۳-۴۳. نسبت Nb/Ta در مقابل Zr/Hf برای لامپروفیرهای لار، میانگین ترکیب شیمیایی مینت و میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی. در این شکل موقعیت بازالت های اقیانوسی و ترکیب پوسته ی قاره ای نیز ذکر شده است[۹۴] ۱۱۸
شکل۳-۴۴. تغییرات نسبت Th/Nb در برابر Sm/La در نمونه های لار، میانگین ترکیب جهانی مینت و میانگین ترکیب جهانی لامپروفیرهای کلسیمی-قلیایی. در این شکل، محدوده ی غالب بازالت های قوسی و ایالت پتاسیک رم ایتالیا نیز به نقل از(۲۰۰۷) Conticelli Boari and ترسیم شده است ۱۱۸ ۱۱۹
شکل ۳-۴۵. تغییرات نسبت Ce/Sr در برابر Sm/La در نمونه های لار، میانگین ترکیب جهانی مینت و میانگین ترکیب جهانی لامپروفیرهای کلسمی-قلیایی. در این شکل، محدوده ی ایالت پتاسیک رومن ایتالیا نیز به نقل از (۲۰۰۷) Conticelli Boari and نشان داده شده است ۱۲۰ ۱۲۰ ۱۲۱ ۱۲۱
شکل ۳-۴۶. نمودار تغییرات نسبت Sr/Y در برابر Y برای لامپروفیرهای کلسیمی-قلیایی لار. محدوده ی آداکیت ها و سنگ های ماگمایی جزایر قوسی کلاسیک نیز به نقل از دفانت و دراموند(۱۹۹۰) و مارتین و همکاران(۲۰۰۵) ترسیم شده است ۱۲۲ ۱۲۲
شکل۳-۴۷. نمودار تغییرات غلظت Sr در برابر K2O .....
شکل ۳-۴۸. نمودار تغییرات غلظت Ta در برابر K2O ۱۲۶
شکل۳-۴۹. نمودار تغییرات غلظت Th در برابر K2O .....
شکل۳-۵۰. نمودار تغییرات غلظت U در برابر K2O .....
شکل ۳-۵۱. نمودار تغییرات غلظت Ba در برابر K2O .....
شکل ۳-۵۲. نمودار تغییرات غلظت Rb در برابر K2O .....
شکل ۳-۵۳. نمودار تغییرات غلظت Cs در برابر K2O .....
شکل ۴-۱- تخمین فشار مذاب های اولیه بر اساس تغییرات غلظت Al2O3 در برابر نسبت CaO/Al2O3 به نقل از هرزبرگ و ژانگ(۱۹۹۶). در این شکل نمونه ی LA-33 از آنجا که دارای ترکیب اولیه نیست، فشارهای واقعی را نشان نمی دهد ۱۲۴
شکل ۴-۲- تخمین فشار اولیه ی ذوب بر اساس محتوای SiO2 و Al2O3. بر اساس روش هرزبرگ و اوهارا(۱۹۹۸)، خطوطی که در این شکل نشان داده شده است با در نظر گرفتن اولیوین ۹۲/۳ درصد فورستریتی رسم شده اند. نمونه ی LA-33 به دلیل بالا بودن درصد SiO2، در این نمودار قرار نمی گیرد. ترکیب سنگ های ماگمایی شمال آتلانتیک ۱۳۳

در غرب کرینلند وهمچنین محدوده ی بازالت های هاوایی نیز به نقل از هرزبرگ و اوهارا(۱۹۹۸) ترسیم شده است ۱۳۴

شکل ۴-۳. نمودار تفکیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار محیط های تکتونیکی مختلف بر اساس تغییرات Y در برابر Zr. در این نمودار نمونه های مورد مطالعه در محیط های مرتبط به قوس رده بندی می شوند [۱۴۰].....

شکل ۴-۴. نمودار تغییرات نسبت Ba/Nb در برابر La/Nb.[51]. Arc Volcanic: قوس های آتشفشانی، Clastic Sediment Average: میانگین ترکیب رسوبات کلاستیک، CC Average: میانگین ترکیب پوسته ی قاره ای، Dupal OIB: بازالت های جزایر اقیانوسی نوع دوپال، OIB: بازالت های جزایر اقیانوسی غیر دوپال، MORB: میانگین بازالت های کف اقانوسی، Primitive Mantle: گوشته ی اولیه ۱۳۵

شکل ۴-۵. نمودار تفکیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار موقعیت های تکتونیکی مختلف بر اساس نسبت های ساده عناصر غیر متحرک[۱۴۰]. در این نمودار نمونه ها در محیط تکتونیکی مرتبط با قوس قرار گرفته اند. در این جا همه ی نمونه ها به جز نمونه ی LA-33، در رده ی موقعیت قوس های قاره ای و پس از برخوردی رده بندی شده اند در حالی که نمونه ی LA-33 در موقعیت قوس های اقیانوسی قرار گرفته است. این نمودار تنها جهت تعیین محیط تکتونیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار مفید است و در تعیین دقیق موقعیت تکتونیکی کار آمد نیست. WIP: موقعیت درون قاره ای، CAP: قوس های قاره ای، PAP: قوس های پس از برخوردی، IOP: قوس های اقیانوسی اولیه، LOP: قوس های اقیانوسی پسین ۱۳۷

شکل ۴-۶. نمودار تفکیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار موقعیت های تکتونیکی مختلف به ویژه بر اساس عناصر کمیاب استثنائی[۱۴۰]. در این نمودار سه تایی نمونه های مورد مطالعه در موقعیت قوس های قاره ای و پس از برخوردی قرار می گیرند ۱۳۸

شکل۴-۷. نمودار تفکیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار موقعیت های تکتونیکی مختلف بر اساس نسبت های ساده عناصر غیر متحرک[۱۴۰]. در این نمودار نیز مانند نمودار قبلی اغلب نمونه های لامپروفیری کمپلکس لار در موقعیت قوس های قاره ای و پس از برخوردی قرار گرفته اند. نمونه ی LA-33 در موقعیت قوس های اقیانوسی قرار گرفته است ۱۳۸

شکل ۴- ۸. نمودار سه تایی تفکیک موقعیت تکتونیکی قوس های پس از برخوردی از قوس های قاره ای بر اساس نسبت پایین Ce/P2O5 در نمونه های مربوط به قوس های پس از برخوردی[۱۴۰] .....

شکل ۴-۹. نمودار تفکیکی سنگ های آذرین پتاسیم دار موقعیت های تکتونیکی مختلف بر اساس نسبت های ساده عناصر غیر متحرک[۱۴۰]. این نمودار بر اساس تغییرات نسبت Ce/P2O5 در برابر Zr/TiO2، سنگ های آذرین پتاسیم دار را در دو موقعیت تکتونیکی قوس های قاره ای و پس از برخوردی رده بندی کرده است. در این جا به جز نمونه ی LA-33 اغلب نمونه ها در موقعیت قوس پس از برخوردی را نمایش می دهند .....

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱. ردهبندی سنگهای اولتراپتاسیک و خلاصه ویژگیهای آنها ۸
جدول۱-۲. طبقه بندی لامپروفیرها به نقل از اشتریکایزن(۱۹۸۰) ۲۰
جدول ۱-۳. ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای معمولی و آلکالن (نقل از مته و چایس،۱۹۶۳)(درصدوزنی) ۲۳
جدول ۳-۱. نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های لار. عناصر اصلی به روش XRF و عناصر کم مقدار به روش ICP-MS تجزیه شده اند(مریدی و احمدی، پژوهش همزمان) ۶۴
جدول۳-۲- نتایج محاسبه ی نورم CIPW لامپروفیرهای لار ۶۵
جدول ۳-۳. ترکیب عناصر اصلی سنگ های سری آپینیتی و سری وژنریتی و برخی لامپروفیرهای مرتبط با آنها(به نقل از راک،۱۹۹۱) ۷۷
جدول ۳-۴. میانگین ترکیب شیمیایی برخی مینت ها، آبساروکیت ها، بونینیت ، اسپسارتیت و لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی[۱۰۳] ۸۲
جدول ۳-۵. داده های بهنجار سازی نمودار عناصر REE از ناکامورا(۱۹۷۴) همراه با افزوده هایی از هاسکین و دیگران(۱۹۶۸) ۱۰۵
جدول ۳-۶- داده های بهنجار سازی نمودارهای عنکبوتی پیرس(۱۹۸۳) و تامپسون(۱۹۸۲) ۱۰۸
جدول ۳-۷. متوسط ترکیب جهانی لامپروفیرهای کلسیمی- قلیایی(CAL)، لامپروفیرهای قلیایی(AL)، لاپروفیرهای اولترامافیک(UML)، کیمبرلیت ها(KIL)، لامپروئیت ها(LL) و مینت ها[۱۰۳] در مقایسه با میانگین ترکیب شیمیایی لامپروفیرهای کمپلکس آذرین لار. غلظت عناصر اصلی بر حسب درصد وزنی و عناصر جزئی بر حسب قسمت در میلیون(ppm) آمده است ۱۱۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- تاریخچه بررسی سنگ های آذرین پتاسیم دار

اولین بار در اواخر قرن نوزدهم سنگ های آذرین پتاسیم دار توسط ایدینگز(۱۸۹۵) شناسایی شدند[۱۴۰]. او بازالت های حاوی ارتوز در یلواستون پارک ایالت وایومینگ را شوشونیت نامید[۱۴۰]. در قرن گذشته، سنگ های آذرین پتاسیم دار بیشتر بر اساس کانی شناسی و محل پیدایش آن ها نامگذاری می شدند[۱۴۰]. تعدد اسامی برای سنگ های مشابه که از محل های مختلف آورده شده بودند، موجب شد تا نوعی ناهماهنگی و آشفتگی در نامگذاری این سنگ ها پدید آید[۲۸،۱۱۸و۹۲].

دیلی(۱۹۱۰) اولین کسی بود که در اوایل قرن بیستم تلاش کرد تا توضیحی را برای منشاء ماگمازایی پر پتاسیم بیابد[۱۴۰]. دیلی(۱۹۱۰) مذاب های غنی از پتاسیم را نتیجه ی هضم رسوبات کربناتی توسط ماگماهای بازالتی دانست[۱۴۰]. ریتمن(۱۹۳۳) نیز در مورد آتشفشان وزوو و سری های مدیترانه ای، ماگماتیسم پتاسیم دار را نتیجه ی هضم سنگ های کربناتی توسط ماگمای تراکیتی تفریق یافته در نظر گرفت[۹۲]. این نظریه، اگرچه به دلیل فقدان سنگ های کربناتی قادر به توضیح ماگماتیسم غنی از پتاسیم در ریفت شرق افریقا نبود، اما تا دهه ی ۱۹۶۰ نظریه ای پذیرفته شده تلقی می شد[۱۴۰]. اما ساولی(۱۹۶۷) نشان داد ماگماهای پر پتاسیم غنی شدگی بیشتری از عناصر دارای شعاع یونی بزرگ(LILE) و عناصر سازگار گوشته از قبیل Ni و Cr نسبت به کربنات ها و بازالت ها دارند[۱۴۰]. بدین ترتیب بود که نظریه ی هضم کربنات ها جهت تفسیر ماگماتیسم پتاسیم دار بعید به نظر می رسید و دلایل دیگری ارائه گردید که یکی از آن ها روش پالایش منطقه ای(Zone-refining) بود که در سال ۱۹۷۵ به وسیله ی هریس پیشنهاد گردیده است[۱۴۰]. به اعتقاد هریس(۱۹۷۵) هنگامی که یک گنبد گوشته ای بدون تبادل حرارتی به سمت پوسته بالا می آید، سنگ های سقف اتاق ماگمایی در بالا ذوب شده و در کف نیز کانی هایی متبلور می شوند[۱۴۰]. بدین ترتیب مذاب صعود کننده می تواند بسیاری از عناصر ناسازگار و کمیاب گوشته(مانند عناصر گاتیونی با شعاع یونی بزرگ و عناصر نادر خاکی سبک) را همراه داشته باشد[۱۴۰]. در نتیجه، مذاب در حال صعود به تدریج از این عناصر ناسازگار غنی شده و ترکیب پتاسیک پیدا می کند[۱۴۰]. کی و گست(۱۹۷۳) نظر دیگری را برای توضیح ماگمازایی پرپتاسیم و غنی بودن این ماگما از عناصر کمیاب ارائه دادند[۱۴۰]. به اعتقاد آن ها

ذوب بخشی درجه پایین(کمتر از ۱ درصد) یک پریدوتیت گارنت دار در گوشته ی فوقانی می تواند موجب پیدایش ماگماهایی شود که از چنین عناصری غنی شدگی نشان می دهند[۱۴۰].

گرچه هنوز منشاء ماگماهای پتاسیم‌دار بحث روز پترولوژیست‌ها است اما مفهوم دگرسانی گوشته‌ای که توسط منزیس و هاوکزورس (۱۹۸۷) ارائه شد، مانع بزرگی که در فهم سنگ شناسی سنگ‌های آذرین پتاسیم-دار وجود داشت را از میان برداشت. هرت و هاوکزورس(۱۹۸۹) با مطالعه‌ی بیگانه سنگ‌های گوشته‌ای موجود در کیمبرلیت‌های عمیق و روانه های بازالت قلیایی ، عنوان کردند که درون گوشته کانی‌های فلوگوپیت و آپاتیت وجود دارد که واجد عناصر کاتیونی با شعاع یونی بزرگ و عناصر خاکی نادر سبک هستند[۱۴۰]. این کانی‌ها که به صورت رگه‌ای یا به صورت پراکنده درون گوشته‌ی پریدوتیتی تشکیل شده‌اند[۴] توسط سیالات حاوی عناصر خاکی نادر سبک و عناصر کاتیونی با شعاع بزرگ تشکیل شده اند[۱۴۰].

۱-۲- تعاریف

سنگ‌های آذرین مافیک پتاسیم دار واجد عناصر خاکی نادر سبک، عناصر کاتیونی با شعاع بزرگ و عناصر با قدرت یونی بالا هستند. بنابراین ضروری است تا این عناصر توضیح داده شوند در ادامه، مشخصات ژئوشیمیایی این عناصر به نقل از مولر و گرووز(۱۹۹۷) به طور خلاصه بیان می شود:

۱- عناصر کاتیونی با شعاع یونی بزرگ LILE (مانند K,Rb,Sr,Cs,Ba):

این عناصر لیتوفیل، دارای شعاع یونی بزرگ و بار اتمی کوچک هستند. عناصر مذکور در شبکه‌ی کانی-های گوشته‌ی فوقانی به آسانی جایگزین نشده و نسبت به گوشته ناسازگار هستند. عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ در طی درجات کم ذوب بخشی، در اولین مذاب‌های تولیدی وارد شده و در شبکه‌ی کانی‌های آبداری مثل بیوتیت‌ها، فلوگوپیت‌ها و آمفیبول‌ها جایگزین می‌شوند. سنگ‌های آذرین پتاسیم‌دار از عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ، غنی هستند(Larg Ion Lithophile Elements).

۲- غناصر خاکی کمیاب سبک LREE (مانند La,Ce,Nd):

این عناصر بخشی از لانتانیدها (با عدد اتمی ۵۷-۷۱) می باشند که معمولاً توسط پترولوژیست‌ها با عناصر نادر خاکی معادل در نظر گرفته می‌شوند. عناصر خاکی نادر سبک شامل لانتانیدها با عدد اتمی