

سال بیست و هفتم، شمارهٔ سوم، پاییز ۹۸، از صفحهٔ ۷۰۷ تا ۷۲۲

# بررسی سنگنگاری، زمینشیمی و تعیین دما و فشار تبلور کانیهای پیروکسن و پلاژیوکلاز در دایکهای دیابازی و لامپروفیری قطعه جوپار در جنوب کرمان

فرزانه ارژنگ نژاد<sup>ا</sup>، غلامرضا قدمی<sup>\*(</sup>، عباس مرادیان<sup>۲</sup>، محمد پوستی<sup>۱</sup>

۱ - گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
 ۲ - گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه کرمان، کرمان، ایران
 (دریافت مقاله: ۹۷/۸/۲۱، نسخه نهایی: ۹۲/۱۱/۱۴)

چکیده: در جنوب شهر کرمان و در غرب روستای گلومک، مجموعهای از دایکهای دیابازی و لامپروفیری با روند شمال غرب – جنوب شرق رخنمون دارند. این دایکها با ضخامت حدود ۱–۵ متر در سنگهای آتشفشانی میزبان (به سن نوزا) قطعه جوپار در پهنه ایران مرکزی و بخش جنوبی قطعه پشت بادام نفوذ کردهاند. بافت غالب دایکهای دیابازی و لامپروفیری پورفیری و گلومروپورفیری است. بلورهای دیوپسید، الیوین و آمفیبول فازهای اصلی و بلورهای ریز پلاژیوکلاز در زمینه از ویژگیهای لامپروفیرهاست. سنگهای دیابازی دارای فازهای اصلی دیوپسید، قطعه پشت بادام نفوذ کردهاند. بافت غالب دایکهای دیابازی و لامپروفیری پورفیری و گلومروپورفیری است. جدود ۶ کیلوبار و دمای تبلور آنها حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد بوده است. دماسنجی به روش فلدسپارها دمای حدود ۵۰۰–۶۵ درجه سانتیگراد را نشان میدهند که پایین بودن این دما میتواند ناشی از دگرگونیهای زیر نقطه انجماد ترکیب فلدسپارها طی تبلور باشد. بر اساس ترکیب شیمیایی پیروکسنها و برپایه نمودارهای شناسایی جایگاه زمینساختی، ماگمای سازنده دایکهای مورد بررسی قلیایی و وابسته به پهنه فروروانش بوده و از ذوببخشی گوشته گارنتدار پدید آمده است.

واژههای کلیدی: دیاباز؛ لامپروفیر؛ ،قلیایی؛ گوشته گارنتدار؛، ایران مرکزی؛ جوپار.

#### مقدمه

قطعه جوپار که بزرگترین قطعه راین است در جنوب شهرستان کرمان در بخش شمالی نقشه زمینشناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ راین و بخش جنوبی نقشه ۲:۱۰۰۰۰ کرمان قرار دارد. مجموعه سنگهای آذرین قطعه جوپار از دو بخش اسیدی و حدواسط – بازی تشکیل شده است که به وسیله چند دایک دیابازی و لامپروفیری قطع شدهاند. از آنجا که بیشتر زمینشناسان قطعه جوپار را با سنگهای رسوبی میشناسند و اطلاعی از فعالیت-های آذرین منطقه جوپار ندارند، تاکنون پژوهش سنگشناسی پیرامون واحدهای آذرین این قطعه انجام نشده است. البته در سالهای اخیر پژوهشگران بسیاری به بررسی لامپروفیرهای ایران پرداختهاند، از جمله صلواتی و همکاران [1]

لامپروفیرهای جنوب املش را بررسی کرده و آنها را از نوع قلیایی (مونشکیت) دانستهاند. روانخواه و همکاران [۲] تودههای لامپروفیری و گابروی قلیایی هوای را مربوط به قوس پسا برخوردی میدانند. آقازاده و همکاران [۳] خاستگاه لامپروفیرهای غنی از آمفیبول شمال غرب ایران را گوشتهی لرزولیتی غنی از کانیهای آبدار در نظر گرفتهاند و قدمی و همکاران [۴] خاستگاه لامپروفیرهای ده بازرگان- سر آسیاب را گوشته دگرنهاده (اسپینل- گارنت لرزولیتی) با کانیهای آبدار در یک پهنه پسابرخوردی دانستهاند. بررسی بازالتها نیز به علت ترکیب شیمیایی محدود و کانیشناسی ساده آنها در کشف چگونگی رخداد ذوب بخشی، صعود و محیط زمین

\*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۷۸۳۹۵۲۴۰، نمابر: ۰۷۶۳۳۷۱۱۰۳۰، پست الکترونیکی: ghadami@homozgan.ac.ir

کانیشناسی، بافت، سنگشناسی و زمینشیمی دایکهای دیابازی و لامپروفیری نوزای جوپار به دقت بررسی میشود. با توجه به ترکیب شیمیایی پیروکسنها و پلاژیوکلازها میتوان اطلاعات بسیار مهمی از خاستگاه ماگمایی و شرایط فیزیکو شیمیایی چون فشار و گریزندگی اکسیژن به دست آورد [۵]. در این نوشتار از ترکیب شیمیایی کانیهایی مانند کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز برای برآورد شرایط دما – فشار سنجی زمان تشکیل سنگهای جوپار استفاده شده است.

#### جایگاه زمینشناسی منطقه مورد بررسی

قطعه جوپار در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان کرمان بین طولهای جغرافیایی '۲۹ °۵۶ تا '۰۸ °۵۷ و عرضهای جغرافیایی '۵۴ °۲۹ تا '۰۰۰ ، در بخش شمالی نقشه زمین-شناسی ۲۹۰ ۵۴ تا '۰۰۰ ، در بخش شمالی نقشه زمین-ایناسی ۱۱۰۰۰۰۰ راین و بخش جنوبی نقشه ۱۱۰۰۰۰۰ کرمان قرار دارد. این منطقه در تقسیم بندی پهنههای ساختاری ایران در گستره ایران مرکزی و در قسمت جنوبی قطعه پشت بادام قرار گرفته است [۶]. نخستین بررسیهای زمین شناسی بادام قرار گرفته است [۶]. نخستین بررسیهای زمین شناسی در این منطقه توسط سازمان زمین شناسی کشور انجام شده است که نتایج در قالب نقشههای زمین شناسی انجام شده راین و کرمان [۷] به چاپ رسیده است بررسیهای انجام شده

کلی و به منظور تفکیک ساختارهای مختلف زمینشناسی از هم بوده است و در این نقشهها به وجود دایکها بهویژه لامپروفیرها نشده و دایکهای لامپروفیری مورد نظر به عنوان بازالت معرفی شدهاند.

## بررسیهای صحرایی

در منطقهی مورد بررسی، سنگهای رسوبی کرتاسه تا کواترنزی دیده میشوند، اما واحدهای آتشفشانی به سن نوزا [7] در بخش غربی قطعه جوپار و در شرق روستای گلومک دیده میشوند و شامل رخنمون قابل توجهی از تودههای بازالتی، آندزیتی و ریولیتی هستند. واحدهای آذرین قطعه جوپار توسط بسیاری از دایکها قطع شدهاند. دایکهای موجود در منطقه را میتوان به دو نوع دیابازی و لامپروفیری تقسیم کرد که در صحرا به رنگهای سبز مایل به قهوهای تیره، قرمز – در منطقه را میتوان به دو نوع دیابازی و لامپروفیری تقسیم موجوای و خاکستری دیده میشوند. در این منطقه، حدود ۱۵ دیاباز هستند (شکل ۱). دایکهایی دیابازی عمده دایکهای دیاباز هستند (شکل ۱). دایکهایی دیابازی عمده دایکهای موجود در منطقه را تشکیل میدهند، بیشتر راستای شمال غرب– جنوب شرقی و ضخامتهای ۱–۵ متر دارند این روند احتمالاً بیانگر نظام زمینساختی در زمان تشکیل آنها است.



**شکل ۱** تصویر صحرایی از دایکهای منطقه جوپار الف) دایکهای موازی دیابازی، ب) دایک دیابـازی بـا ضـخامت حـدود ۳ مترکـه در واحـدهای آندزیتی نفوذ کرده است و پ) دایک لامپروفیری به رنگ قهوهای که در واحدهای اسیدی نفوذ کرده است.

ضخامت دایکهای لامپروفیری کمتر و نزدیک به ۵/۰ تا ۲ متر است. مرز بیشتر دایکها با سنگهای همبر کاملاً مشخص است، ولی گاهی در بعضی دایکها مرزهای تماس پوشیده شده است. از نظر ویژگیهای سنگشناسی، بیشتر دایکها دارای بافت کلی پورفیری هستند که بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن و گاهی الیوین در آنها دیده میشود. تأثیر محلولهای گرمابی و آبهای سطحی باعث گسترش دگرسانی و هوازدگی، گسترش فرآیندهای کلریتی و ایجاد شکلهای فرسایشی مختلف چون فرسایش پوست پیازی و قلوهای شده است.

#### روش انجام پژوهش

در بازدیدهای صحرایی از دایکهای دیابازی و لامیروفیری منطقه جوپار، چند نمونه به طور آزاد جمع آوری شدند. برای بررسی سنگشناسی و سنگنگاری، ۳۰ مقطع نازک تهیه شد. سپس از میان آنها، چندین نمونه از دایکها برای تجزیه شیمیایی به روش طیفسنجی جرمی پلاسمای جفت شده القايى (ICPMS) به شركت Lab West استراليا فرستاده شدند. به منظور تجزیه با ریزکاوالکترونی کانیهای پیروکسن و پلاژیوکلاز از یک نمونه دایک لامپروفیری و دو نمونه از دایک-های دیابازی به آزمایشگاه کانیشناسی مرکز تحقیقات و فرآوري مواد معدني ايران فرستاده شدند. تجزيه ريزكاوالكتروني کانیها برای ۱۵ نقطه پیروکسن و ۹ نقطه پلاژیوکلاز در آزمایشگاه فرآوری مواد معدنی با دستگاه Cameca SX100 EMPA با ولتاژ شتابدهندهی ۱۵ کیلو ولت، جریان الکتریکی ۳۰ نانو آمپر و قطر پرتو ۵ میکرومتر انجام شد. نتایج این تجزیه با استفاده از نرم افزارهای اکسل و Minpet تفسیر و نمودارهای لازم رسم شدند.

### سنگ شناسی

در غرب قطعه جوپار در نزدیکی روستای گلومک، دایکهای بازی و لامپروفیری در واحدهای آذرین بازی و اسیدی رخنمون دارند. از آنجاکه دایکهای مورد بررسی شامل سنگهای نیمه عمیق با ترکیب بازی هستند و نیز با توجه به بافتهای نیمه عمیق چون بیندانهای، پورفیری و خال خال، این سنگها دیاباز نامیده شدهاند (شکل۲ الف). در این سنگها، درشت-بلورهای خود شکل تا نیمه شکلدار پلاژیوکلاز (لابرادوریت)، پیروکسن (دیوپسید) و به مقدار کم الیوین در زمینهای از پلاژیوکلاز ریزسنگی، الیوین، کلینوپیروکسن و فلدسپار قلیایی دیده می شوند. بلورهای پلاژیوکلاز در مقاطع میکروسکوپی بیشتر به صورت شکلدار تا نیمه شکلدار هستند و با اندازه ۳/۰ تا ۱/۵ سانتی متر دیده می شود که ۵۰–۶۰ درصد حجم سنگ

را تشکیل دادهاند. با اندازه گیری زاویه خاموشی به کمک روش ميشل لوى، نوع آنها لابرادروريت – بيتونيت (٣٥-٥٠) است، که میانبارهایی از کانیهای کدر و الیوین نیز در آنها دیده می شود. پلاژیو کلازها بیشتر سرسیتی شدهاند و گاهی نیز سالم بوده و دارای ماکل چندریختی و بافت غربالی هستند (شکل ۲ ب) و بافت غربالی می تواند در اثر آمیختگی ماگمایی، کاهش فشار و تغییر در مقدار مواد فرار تشکیل شده باشد. در نمونه دایکهای مورد بررسی، احتمال کاهش فشار و تغییر در مقدار مواد فرار بیشتر است. با نزدیک شدن دایکها به سطح زمین و همچنین به دلیل سردشدن ناگهانی مذاب که موجب رشد سريع بلور مي شود، مناطق غربالي، مواد مذاب و بخار را به صورت میانبار به دام میاندازند. از طرف دیگر، پلاژیوکلازها در عمقهای زیاد از ماگما متبلور شده و سپس در اثر کاهش فشار و از دست دادن بخار و مواد سیال انحلال یافتهاند [۸]. درشت بلورهای کلینوپیروکسن به صورت بی شکل تا شکلدار با اندازه متوسط ۱ سانتیمتر با زاویه خاموشی ۳۷-۴۶ درجه از نوع ديوپسيد- اوژيت هستند. آنها گاهي همراه با ماكل دوتايي و تکراری دیده می شوند (شکل ۲ پ). درون برخی از درشت بلورهای پیروکسن، میان بارهایی از پلاژیوکلاز و گاهی کانی-های کدر دیده میشود. بلورهای پیروکسن گاهی سالم هستند ولی بیشتر دچار دگرسانی کلریتی و اورالیتی شدهاند که اغلب از سمت لبه به طرف مرکز در حال گسترش است. کانیهای فرعی این سنگها، مگنتیت، ارتوپیروکسن و کانیهای ثانویه کلسیت، زئولیت و کلریت است.

## ویژگیهای میکروسکوپی لامپروفیرها

براساس کانیشناسی، ترکیب و گردهمایی زمینساختی، سه گروه از لامپروفیرها معرفی شدهاند: ۱- لامپروفیرهای آهکی قلیایی، ۲-لامپروفیرهای قلیایی و ۳-لامپروفیرهای الترامیفیک [۹، ۱۰]. در منطقه مورد بررسی، با توجه به حضور درشت بلورهایی از کانیهای آبدار (آمفیبول)، الیوین و یا کلینوپیروکسن به نظر میرسد که لامپروفیرهای جوپار از نوع قلیایی (کامپتونیت) باشند [۹]. لامپروفیرهای مورد بررسی دارای بافت پورفیری و گلومروپورفیری و جریانی هستند که مهمترین ترکیب کانیشناسی آنها پلاژیوکلاز، پیروکسن، الیوین و آمفیبول قهوهای است. فراوانترین درشتبلورهای این دسته از سنگها شامل دیوپسید، کانیهای فرومنیزین آبدار (آمفیبول) است. درشتبلورهای الیوین نیمه شکلدار با قطر متوسط ۱ میلیمتر نزدیک به ۱۰–۱۵ درصد حجم سنگ را تشکیل

گاه به صورت درشت بلور دیده نمی شوند و به صورت ریز سنگ در زمینه هستند (شکل ۲ ث). کلریتی شدن و رسی شدن از دگرسانیهای قابل مشاهده در این سنگهاست. فراوانی کانی پلاژيوكلاز بسيار بيشتر از فلدسپارقليايي است. پلاژيوكلازها گاهی به صورت شعاعی در خمیره لامپروفیرها رشد کرده و تشکیل بافت چشمی دادهاند (شکل ۲ ج) که این بافت با ویژگی عدم آمیختگی سیلیکات- سیلیکات در فشار بالای مواد فرار گسترش می یابد. بافت چشمی عبارت است از نظم گیری مجموعه بلوری از درشت بلورها به صورت شعاعی در اطراف درشت بلورهای درشت تر که شکل شاخهای گرد به خود می-گيرند. زمينه شامل ريزسنگهاي پلاژيوكلاز، پيروكسن، آمفیبول (۱۰ درصد حجمی) بیوتیت (۵ درصد) است. کانیهای کدر و ارتوپیروکسن از کانیهای فرعی و کلسیت، سرسیت، اپیدوت و کوارتز از کانیهای ثانویه محسوب می شوند. با توجه به ویژگیهای سنگشناسی بیان شده در بالا به نظر میرسد که لامپروفیرهای منطقه از نوع کامپتونیت باشند. میدهد و اغلب در راستای شکستگیها سرپانتینی شدهاند. پیروکسنها به صورت دانه درشت تا دانهریز با زاویه خاموشی ۳۵ درجه از نوع دیوپسید – اوژیت با متوسط قطر ۳ میلی مترحدود ۳۰ درصد حجم درشت بلورهای لامپروفیرها را شامل می شود. لبه های باریکی از آنها به علت اکسیده شدن به رنگ قهوهای دیده می شود. در نمونه های مورد بررسی ار توپیرو کسن نیز دیده می شود، اما از فراوانی کمتری برخوردار است و با خاموشی مستقیم (موازی) قابل تشخیص است. وجود درشت بلور و ریزسنگ آمفیبول قهوهای از دیگر ویژگیهای این دسته است که حدود ۱۵-۲۰ درصد از حجم درشت بلورها را شامل می شود اندازه ریزسنگهای آمفیبول بین ۰٫۱ تا ۰٫۵ میلیمتر و درشت بلورها ۱-۳ میلیمتر است. در مقاطع میکروسکویی، آمفیبولهای قهوهای به طور معمول به شکل لوزی و منشوری دیده می شوند که گاهی ماکل و چندرنگی از خود نشان می-دهند (شکل ۲ ت). فلدسیارها با فراونی حدود ۳۰-۴۰ درصد بیشترین درصد حجمی را به خود اختصاص میدهند، اما هیچ



شکل ۲ تصویرهای میکروسکوپی با نور قطبیده متقاطع (XPL) از دایکهای دیابازی و لامپروفیری جوپار. الف) بافت بین دانهای در سنگهای مورد بررسی که بلورهای پیروکسن بین بلورهای پلاژیوکلاز، پ) ماکل دوتایی در مورد بررسی که بلورهای پیروکسن بین بلورهای پلاژیوکلاز و امکل دوتایی در بلورهای پیروکسن، ت) کانی آمفیبول با ماکل دوتایی در درشت بلورهای پلاژیوکلاز و لامپروفیری جوپار. الف میروفیری بروکسن بین بلورهای پلاژیوکلاز و ترار گرفتهاند، ب) بافت غربالی در درشت بلورهای پلاژیوکلاز، پ) ماکل دوتایی در بلورهای پیروکسن، ت) کانی آمفیبول با ماکل دوتایی در درشت بلورهای پلاژیوکلاز و ترار گرفتهاند، ب) دایک لامپروفیری بدون حضور درشت بلورهای پلاژیوکلاز و ترار گرفتهاند، ب) بافت غربالی در درشت بلورهای پلاژیوکلاز و بلورهای پلاژیوکلاز و ترار گرفتهاند، ب) ماکل دوتایی در بلورهای پلاژیوکلاز و جا رشد شعاعی پلاژیوکلاز و تشکیل بافت چشمی.

زمین شیمی سنگ کل

در جدول ۱ میانگین نتایج تجزیههای شیمیایی نمونههای دایکهای دیابازی و لامپروفیری جوپار آورده شده است. بررسی زمینشیمیایی نمونههای سنگی نشان میدهد که همه آنها

ماهیت قلیایی دارند. نمونههای لامپروفیری در گسترهی بازالت قلیایی و تراکی بازالت قرار میگیرند و در گسترهی لامپروفیرهای قلیایی رسم میشوند (شکل ۳).

جدول ۱ دادههای اکسید عنصرهای اصلی (بر حسب درصد وزنی) و کمیاب (بر حسب ppm) به دست آمده از تجزیه سنگ کل دایکهای بازی و لامپروفیری منطقه مورد بررسی به روش (Db ICP-MS: دیاباز Lp: لامیروفیر).

				چروخير).	in age of the second		یسی به روس (ر
عنصر	1-5-j	1-8-j	1-12J	17N	81-P	41-J-P	101-J-P
	Db	Db	Db	Db	Lp	Lp	Lp
SiO <sub>2</sub>	۴۷,۱	49,78	۴۸٬۸۶	41/41	169/1	41/28	۴۷٬۸۶
TiO <sub>2</sub>	•/98	۱/۲۶	۱/۳۶	٠/٩٧	1/98	۱,۲۶	۱/۵۶
$Al_2O_3$	18,89	18,98	18,10	۱۵,۳	۱۵٬۳۹	14,98	۱۵,۵۳
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	٨,٩٣	٩,۴۵	٨,۴۵	۱۰/۱	۳۴/۸	٩,۴۵	٨/٩۵
MnO	• ,YA	۳۳.	• ,YA	• ، ۲۹	• ، ۱۸	۳۳,	• ,YA
MgO	٧,44	۶,۷۸	۶٬۸۵	۲/۲۱	٨/44	Y/YA	Y/A۵
CaO	٩,۵٣	۲, ۱۶	٩٫٨٢	1.141	٩٫٣٣	1.18	۹٫٨۶
Na <sub>2</sub> O	۲,۶۱	37,41	۲٫۸۹	۲,۴۲	۳,۶۱	۳٬۰۱	٣,٠٣
K <sub>2</sub> O	۲,۶۳	۲,٩٩	۲/۴۹	۲٬۸۵	۳. ۲	۲,۱۹	۲/۲۹
$P_2O_5$	•,٧٢	۰٬۸۶	۳۸،۰	٠،٧٩	۰،۷۱	۰،۸۲	۰،۷۳
$SO_3$	۰,۰۵	• / • <b>۵</b>	•,• ۵	۰,۰۵	• / • <b>۵</b>	۰,۰۵	• ,• ۶
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	•,• 1	• / • 1	•,• ١	• /• 1	•/• 1	• / • ١	•,• ١
LOI	۲٫۲	١,٢	1/22	• ۲۲/	١/٢	۲٫۳	١/٩٢
مجموع	99,41	۱۰۰/۱۸	۱۰۰٬۵۳	<b>१</b> ९ <sub>/</sub> ९४	1	٩٩,٢٨	1
Cs	۱۳۵	15.	147	۱۳۵	17.	111	147
Rb	117	٨٩	٩٧	٩٣	))•	١٠٣	٩٩
Ba	۴۸۹	۵۰۱	498	4.9	۶۲۳	۶۲۰	۵۹۳
Sr	٨٩۶	٧۴۵	٨۵۵	۷۱۹	۹۹۷	٨٨۶	٨٩۶
Pb	17,8	18.88	19.7	19,7	١٨٢	١٧	17,07
Th	8	F.179	8,77	8.01	88	۵٫۶	Y.7
U	٣	۲,۳	۴	۵	7,7	۲,۳	۲
Zr	198	١٨٩	197	711	188	١٨٥	١٨٥
Hf	۴۵	۳.۸۲	4.14	۵.۰ ۱	<i><b>F</b></i> , <b>F</b>	7,77	F.14
Та	1/8	1.7	1.87	1.55	1/1	1.5	1.8
Y	۴۱	٣.	٣٢	٣٣	۳/۵ ۲۸	۲۸	78
Nb	٣.	۲۸	۲۹	۲۸	77	78	78
La	¥9	۴۸	~	72	¥V	49	() ()
Pr	٨.۶	1.4	٨.٩	9.1	11	17	11
Nd	٣٩	٣۶	۳۷	۴.	47	۴.	۴.
Sm	٨٠٨	V.19	V.84	V.99	8.41	8.70	5.44
En	T.AT	7.79	7.47	7.57	) // 1	1.49	77
Gd	V.•V	٧.٣	V.**	V.VF	5.¥	0.74	٨.٩
Th	\)	. 18	1	\ \	• 49	۵/۱۸ ۱۸	<u>س</u> ر ۲
Dv	<b>£</b> 7	**	1/1	No	***	£ £V	¥.*
Ho	1/1	. 96	. 9	1	. 9 \	.95	1/1
Fr	7.07	7.00	Y EV	7.00	461	7.1F	7.01
Tm	1/61	1/00			•.*		1/21
Yh	۲۳	2.12	Y A	7.19	190	7.7	×.v
In	1/•1	1/11			1/17	1/1	1/1
Ce			•/17	•/11	·/1	•/11	•// 1
Cr	146	194	164	1.64	461	۲.۳	7.A
Ni	1///	CY	171	111 CY	1111 V#	, · · ,	1.0
V	1 66	> + 9	11		11	***	×0
Ga	111	1/1	177	110	1/17	170	117
Zn	1//17	11/*1	16/11	۵۳	11/10	14/11	11/1
Cu	۸۶ ۳۵	111	1	11	YA Ku	۲۸ بدید	Λü
Be	17	) Y	17	19	۴۷	rr -	۲۷
De	۲/۷	1/9	τ/Υ	7,7	1/Y	7	۱,۵
Ue	7 ۸,۰	•/٨١	•/٧١	• / ٧ ٢	1/• ٣	•/٩۵	•,٨۵
ng	<•,• ۵	<u>&lt;</u> •,•۵	<•,•۵	<u></u>	<u>&lt;،،،</u> ۵	<٠,٠۵	<٠,٠۵ 
L1	۲۵٫۷	۳۰,۵۲	۲۵٫۱	77	۲۲	79	77
Sn	۳/۴	۲,۶۳	٣/١٨	۲,۸	۲	٣	٣/٣
11	١	٠,٩	۶ ·	٩	۲,۲	۲٬۰۱	۲



شکل۳ الف- تقسیم بندی نمونههای مورد بررسی در نمودار مرجع [۱۴]. گسترههای لامپروفیر و لامپروئیت و خط تفکیکی سریهای ماگمایی برگرفته از مرجع [۱۵] است. (گستره با خطوط پررنگ: ترکیب لامپروفیر قلیایی، گستره با خط چین بزرگ: لامپروفیرهای فرامافیک (UML)، گستره با خط چین ریز: لامپروفیر آهکی قلیایی (CAL) و گستره با نقطه چین: لامپروئیت) ب) نمودار Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O نسبت به SiO<sub>2</sub> [۱۶]. لامپروفیرها: \_\_\_\_\_ دیابازها: \_\_\_\_\_\_

شباهت در تغییرات عناصر ناسازگاری مانند عناصر خاکی نادر (شکل ۴ الف) نشان می دهد که همه نمونههای مورد بررسی به هم وابسته هستند و احتمالاً از یک سنگ خاستگاه مشترک ایجاد شدهاند. در این الگو، تدریجی عناصر خاکی نادر سبک (LREE) به میانه (MREE) و سنگین (HREE) و با شیب منفی دیده می شود که این امر را می توان با نسبتهای منفی دیده می شود که این امر را می توان با نسبتهای (La/Sm) از ۲٫۳۰ تا ۱۲/۵ نیز تائید کرد. افقی بودن روند (La/Yb) می تواند نشانه خاستگاه گوشته گارنتدار برای منطقه مورد بررسی و تهی شدگی آنها (HREE) می تواند ناشی

از جدایش کانیهای الیوین، زیرکن یا هورنبلند باشد [۱۱]. الگوی فراوانی عناصر ناسازگار سنگهای آتشفشانی جوپار بهنجار شده با مقادیر کندریت [۱۲] (شکل ۴ ب) تهی شدگی مشخص در Th Ba, Ti, Nb, Ta و غنی شدگی در عناصر K و R را نشان میدهد. به عقیده برخی پژوهشگران تهی شدگی از Rb را نشان میدهد. به عقیده برخی پژوهشگران تهی شدگی را نشان میدگی از LREE و عناصر سنگ دوست بزرگ یون (LILE) میتواند ناشی از دو عامل ۱) تشکیل ماگماها از یک گوشته غنی شده (در اثر سیالهای فرورانشی) و (۲].



**شکل ۴** الف) الگوی REE در سنگهای بازالتی قطعه جوپار [۱۷] و ب) نمودار به هنجار شدهی سنگهای منطقه مورد بررسی نسبت به کنـدریت [۱۲] علائم مانند شکل۳ هستند.

#### شیمی کانیها

از نتایج تجزیهی نقطهای ریزپردازشی کانیهای پیروکسن و پلاژیوکلاز که در جدولهای ۲ و ۳ آورده شدهاند. به منظور نامگذاری، شناسایی ترکیب شیمیایی، تعیین دما و فشار تبلور تعادلی مجموعه کانیایی درسنگهای منطقه جوپار استفاده شد.

# پيروكسن

کلینوپیروکسنها پس از پلاژیوکلازها فراوانترین کانی در دایکهای دیابازی جوپار هستندکه بیشتر به صورت درشت بلورهای شکلدار و گاهی ریزبلور در بین ریزسنگهای فلدسپارها دیده میشوند. برای نامگذاری این کانی از روش مرجع [۱۸] استفاده شد. در این روش، نخست از نمودار Q-J

که انواع پیروکسنهای سدیمی، سدیمی- کلسیمی و کلسیمی را از هم جدا می کند استفاده شد (شکل ۵ الف). مقدار عدد منیزیم (Mg + Fe + 2 این کانی حدود ۹۵/۹۶-۲۰/۳۰ درصد (برای دیابازها و لامپروفیرها) محاسبه شد و مجموع کاتیونهای Na+Ca+ Fe+2 آنها نزدیک به ۲ است بنابراین، آنها در گستره آهن- منیزیم-کلسیم قرار می گیرند. ترکیب اعضای نهایی این کانی در دیابازها و لامپروفیرها در گستره (Soft - 14.35) آنها نزدیک می او (Soft) است است. براساس نمودار مثلثی ولاستونیت- انستاتیت- فروسیلیت [۱۹]، پیروکسنها از نوع دیوپسید هستند (شکل ۵ ب).

Error! Not a valid link Point         Px1         Px2         Px3         Px4         Px5         Px6         Px7         Px8         Px9         Px10           SiO2 $\bar{r}A_AV$ $\bar{r}A_1 - A$ $\bar{a}_{-1} - 1$ $\bar{r}A_1 - 1$	.(2).	ەيەتكەن ب	ہیرو حسن در	برای صلی :	ارغبتا ورتي	ربر حسب د	ر -د -دردی	ای فجریه ری			
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Error! Not a valid link.Point	Px1	Px2	Px3	Px4	Px5	Px6	Px7	Px8	Px9	Px10
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	SiO <sub>2</sub>	۴۸٬۹۷	۴٩٬۰۸	۵۰٬۰۱	46'+1	49,01	۴۸,۹۹	۴٩٫٧٧	41,7m	۴۸٬۸۲	49
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	TiO <sub>2</sub>	1,87	١,٩	۱,۶۵	١,٣٩	۱,۸۲	٩؍١	۱٫۵۴	۵, ۱	۱٫۸۸	۲۸۲ ۱
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	٣,٢۶	۲٫۸۲	۲٫۸۹	۲٫۷۸	٣,٠٣	۲٫۸۸	۲٫۸۹	٣	۲٫۷۸	۲,۶۹
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	FeO	Y <sub>/</sub> YA	۱۰,۱۱	٥٠٬٠۵	۱۰,۶۵	۱۰٬۰۶	٨,٩١	٩٫٨۵	۶۳/۱۰	٩٫٩٣	۰،۰۶
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	MnO	۰٫٣	۰٫۲۹	۳۳٫	۱۳۱	۰٫۲۸	۱۳۱	۳۳٫۰	۸۲٬۰	۱۳۱	۰٫۳۶
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	MgO	۱۵٬۰۹	14,98	14,14	۱۵٬۰۳	14,47	۱۵/۱۶	14,84	۱۴,۶۸	١۴٫٨٢	۱۵٬۰۳
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	CaO	۲۲٬۵۲	۳۶, ۲۰	۲۰٬۸۶	۲۰٬۹۸	۲۰٫۸۲	۲۱,۶۶	۲۰٫۲۱	۱۹ <sub>/</sub> ۸۹	۲۰,۴۸	۲۰٬۸۲
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Na <sub>2</sub> O	۶۵ <sub>/</sub> ۰	۰, ۵	۰,۵۸	۰٬۵۲	<b>۰</b> ٬۴۷	۵, •	۰ ۵۱	۰٬۵۳	<b>۲</b> ۵۲ ·	۰٫۴۷
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	K <sub>2</sub> O	۲, ۰	۰,۱	۰٬۰۹	۰,۰۲	۰٬۰۳	۰,۱	• , • <b>A</b>	۰,۰۹	٠,١	۳.,
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳۶,	۶۳۶ .	۴, ۰	۰٬۲۸	٣	۳۳,۰	• ,٣٣	۰,۲۸	۳۳,	۰,۲۹
Si $1/176$ $1/117$ $1/167$ $1$	مجموع	۱۰۰ <sub>/</sub> ۶۶	۲۰۰٬۴۸	۱۰۰٬۹۹	١٠٠٫٩٢	٣	۲۳٫۲۳	114	١٠٠٫١١	<b>१</b> ९ <sub>/</sub> ९९	۶۲،۰۰
Ti $\cdot_{1} \cdot \Delta r$ <td>Si</td> <td>۱,۷۹۶</td> <td>۱,۸۱۷</td> <td>١٫٨۴٧</td> <td>۵۰۸٫۱</td> <td>۱٫۸۲۱</td> <td>۱٫۸۰۹</td> <td>۱,۸۴۹</td> <td>۱٬۸۳۱</td> <td>۱,۸۱۶</td> <td>۲۱۸٫۱</td>	Si	۱,۷۹۶	۱,۸۱۷	١٫٨۴٧	۵۰۸٫۱	۱٫۸۲۱	۱٫۸۰۹	۱,۸۴۹	۱٬۸۳۱	۱,۸۱۶	۲۱۸٫۱
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Ti	۰,۰۴۵	۰٬۰۵۳	•,• 48	۰,·۳۸	• ، • ۵۲	• ، • ٣٩	•,• ۴۳	•,• ۴۲	۰٬۰۵۳	۰,۰۵۲
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Al	•,141	۳۲۲۱٬۰	•,178	•,171	•,١٣٣	۰,۱۲۵	• ۲۲۲ ا	•/١٣٢	•,177	•, <b>\</b> \\Y
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Al <sub>4</sub>	•,141	۳۲۲۱٬۰	•,178	•,171	•,١٣٣	۰,۱۲۵	• ۲۲۲ ا	•/١٣٢	•,177	•, <b>\</b> \\Y
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Al <sub>6</sub>	•,•	•,•	•1•	•,•	•,•	•,•	•,•	•,•	•,•	•,•
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Fe <sub>3</sub>	•,• ٨١	•,• ۴۳	•,•۶۴	۰٬۰۷۳	۰٬۰۵۳	۰٬۰۷۴	۰,۰۶۸	• ,• YA	•,• 49	۰,۰۳۸
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Fe <sub>2</sub>	۰,۱۵۸	• ۲۲۰	•,749	۵۵۲٬ •	۰٫۲۵۹	۰٫۲۰۱	۸۳۲٬۰	۳۵۲٬۰	۳۶۲٫۰	•,٢٧٣
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Mn	۰,۰۰۹	۰,۰۰۹	•,• ١•	•,• ١ •	۰,··۹	۰,۰۱۰	•,• ) •	۰,۰۰۹	•,• ) •	•,• ) )
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Mg	۵۲۵٬ •	۰,۸۲۶	• ,YYA	۵۲۸٬۰	٠ <sub>/</sub> ٧٩٩	<b>۰</b> ٬۸۳۴	۰٬۸۱۱	۰٫۸۱۳	۰٬۸۲۱	• ,XYYX
Na $\cdot_{i}$ ··· $\cdot_{$	Ca	• ٬۸۸۵	۰ ، ۸ · ۸	۰٬۸۲۵	۰٬۸۲۸	۰ <sub>/</sub> ۸۲۹	• ٬۸۵۷	۵ • ۸ <sub>۱</sub> •	٠,٧٩٢	۰٫۸۱۶	۰٬۸۲۵
K $\cdot_{j} \cdot \cdot 9$ $\cdot_{j} \cdot \cdot \delta$ $\cdot_{j} \cdot \cdot f$ $\cdot_{j} \cdot \cdot 1$ $\cdot_{j} \cdot \cdot \delta$ $\cdot_{j} \cdot \cdot f$ $\cdot_{j} \cdot \cdot \delta$ <td>Na</td> <td>•,• *•</td> <td>۳۶ .</td> <td>•,• **</td> <td>۰,۰۳۷</td> <td>•,• ٣۴</td> <td>۰,۰۳۶</td> <td>۳۷.</td> <td>۰٬۰۳۸</td> <td>۰٬۰۳۹</td> <td>•,•٣۴</td>	Na	•,• *•	۳۶ .	•,• **	۰,۰۳۷	•,• ٣۴	۰,۰۳۶	۳۷.	۰٬۰۳۸	۰٬۰۳۹	•,•٣۴
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	K	•,••٩	۵۰.,۰	•,••۴	•,••1	•,••١	۰,۰۰۵	•,••۴	•,••۴	۰,۰۰۵	•,••)
Wo $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot_{1} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ $\Delta \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ <td>Cr</td> <td>•,• • •</td> <td>• /• ) )</td> <td>•,• ١٢</td> <td>•,••A</td> <td>۰,··۹</td> <td>۰,۰۰۹</td> <td>•,• ) •</td> <td>•,·•A</td> <td>• ,• ) •</td> <td>•,••A</td>	Cr	•,• • •	• /• ) )	•,• ١٢	•,••A	۰,··۹	۰,۰۰۹	•,• ) •	•,·•A	• ,• ) •	•,••A
En $f \cdot / 17$ $r V / V1$ $r S / 9 S$ $r S / V \cdot$ $r V / f1$ $r A / S T$ $r V / f \cdot$ $r S / S T$ $r V / V V$ Fs $9 A A$ $17 \cdot 79$ $17 \cdot 6$ $17 \cdot 70$ $17 \cdot 5$ $11 \cdot 70$ $17 \cdot 50$	Wo	۵۰,۰۰	۵۰,۰۰	۵۰٬۰۰	۵۰٬۰۰	۵۰,۰۰	۵۰,۰۰	۵۰,۰۰	۵۰٬۰۰	۵۰٬۰۰	۵۰٬۰۰
Fc 9.1.1 17.79 1.7.4 1.7.4. 1.7.5. 1.1.7.4. 1.7.5. 1.7.7.4. 1.7.4. 1.7.4.	En	۴۰,۱۲	۳۷٫۷۱	366,98	۳۶,۷۰	۳۷,۴۱	۳۸,۶۲	۳۷٫۴۰	88,88	۳۷٫۷۷	۳۷٫۷۰
	Fs	٩٫٨٨	۱۲٫۲۹	۱۳٬۰۴	۱۳٫۳۰	۱۲٫۶۰	۸۳٫۳۸	۱۲,۶۰	۱۳٫۳۸	۱۲٫۲۳	17,98

**جدول ۲** دادههای تجزیه ریزکاوالکترونی (بر حسب درصد وزنی) برای کانی پیروکسن در دایکهای بازی.

شماره نقطه	LaM1	LM2	LM3	LM4	LM5
SiO <sub>2</sub>	۵۲٬۹۸	۵۱,۲۸	49,98	۵۳٬۲۱	۵۰٬۸۳
TiO <sub>2</sub>	۰ <sub>/</sub> ۵۹	• ، ٧٢	٠٫٣٢	۰ ,Δ٨	•,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	٣,۴٩	۲٫۷۸	۳,۵۳	T/87	۱,۸۹
FeO	۵٬۰۳	۶,۰۶	۶,۶ <b>۸</b>	۵٫۸۳	۵٫۸۶
MnO	٠,١٩	• ۱۸	۰,۲۱	•/18	۰,۱۵
MgO	۱۵٫۶۶	۱۶٫۰ ۱	۱۷٫۰۱	14,94	۱۶٬۶۸
CaO	۲۰,۲۳	21/16	۲۱٬۰۳	5.74	۲۲٫۱۰
Na <sub>2</sub> O	١,٢٩	•_9٣	۰٬۸۳	1,74	١,٣٠
K <sub>2</sub> O	•,\•	• , • A	• ، ۱۸	۰ <sub>/</sub> ۰۹	٠,١٣
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	•,٣۶	•,٢٩	•,44	• /٧٩	• ,87
مجموع	<i>९९<sub>/</sub>९۲</i>	<b>१</b> ९ <sub>/</sub> ९४	1,89	٩٩ <u>/</u> ٩٠	٩٩ <sub>/</sub> ٨٣
Wo	۵۰,۰۰	۵۰,۰۰	۵۰٬۰۰	۵۰,۰۰	۵۰,۰۰
En	۴۲٬۸۲	41,81	۴۰,۵۰	۴۱٬۸۵	۴۱٬۸۷
Fs	۲,۱۹	٨,٢٠	۹,۵۰	٨,۵٢	٨,١۴
Si	۱٬۸۸	١٫٨۴	۱,٨۶	۱,٨٠	۱٫۸۳
Ti	• ، • ۱	•,• )	• ,• <b>\</b>	• /• 1	•,• <b>)</b>
Al	• ۲۲	• ,٣٣	• ۲۸	• /٣ •	• ,٣۶
Al4	٠,١٢	۰ <sub>/</sub> ۱۶	•,14	• ,7 •	۰,۱۷
Al6	۰,۱۵	۰,۱۷	٠٫١٣	• , )	• ، ۱۸
Fe <sub>3</sub>	•,••	• ,• ٣	•,•۴	•,1۴	• /• 1
Fe <sub>2</sub>	۰,۱۷	•,1٣	٠٫١٣	• ,• <b>۵</b>	•_/•
Mn	•,• <b>\</b>	•,••	•••	• /• •	•_••
Mg	۱,۱۵	1,. 4	۱,۱۵	١,١٠	۰٫۹۱
Ca	• ,44	۵۵, ۰	۰٬۴۷	۰ ۵ <i>۰</i>	• 81
Na	• <sub>1</sub> •۶	• • • •	••۶	• <sub>1</sub> • ۶	• <sub>1</sub> • ۶
K	•,••	•_••	•_/••	• / • •	•_••
Cr	•,•٢	•,• ٢	• / • ۲	• ,• ٢	•,•٢
محموع	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰

ادامه جدول ۲ داده های تجزیه ریز کاوالکترونی (بر حسب درصد وزنی) برای کانی پیروکسن در دایک های لامپروفیری منطقه جوپار.

جدول ۳ دادههای تجزیه ریزکاوالکترونی (برپایه درصد وزنی) برای کانی پلاژیوکلاز در دایکهای بازیک و لامپروفیر منطقه جوپار Db: نشانه دیاباز LP: نشانه لامیروفیر

						J.:	- ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		J
Piont	Pl1	Pl2	P13	Pl4	P15	Pl6	Pl7	Pl8	P19
	Db	Db	Db	Db	Db	LP	LP	LP	LP
SiO <sub>2</sub>	41,47.	۵۷٬۷۵۰	۵۱,۷۱۰	۵۶٬۸۵	51,85	27,41	57,87	57,47	61,98
TiO <sub>2</sub>	• .• • • •	• ,• Y •	· , · <b>\</b> ۶	• (• Å )	٠,٠٩٠	• ,• Y •	• • • • •	• • • • •	۰,۰۹
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳۳٬۰۳	۳۰٬۵۶	۲۸٬۳۳	TO,YA	41,17	59,51	22,22	۲٨,٠٣	۲٩,١٠
FeO	• ,87	• .٣٣	۰,۵۳	۰,۵۸	۰,۰۵	•.14	٠,٠٩	• .17	•.14
MgO	• , • •	• , • •	• . • •	• ,• •	• , • •	• ,• •	• ,• •	• ,• •	• , • •
CaO	14.01	18,88	11,87	٩٫٨٧	14,80	15.1.	15,80	14,00	15/15
Na <sub>2</sub> O	T,8T	۴,۷۸	۵,۷۴	۶,۷۵	۵٬۳۶	۵,۶۳	۶,۵۲	6.Y )	8.08
K <sub>2</sub> O	• • • ۶	• 10	• <sub>/</sub> • Y •	• • • ٣۶	• .) •	· , ۲Y	• (51	•	• , ٣٧
محموع	١٠٠,٨٠	٢٢,٠٠١	٩٨,٩۶	99,94	1	۳۸,۰۰۰	1,۵۴	1,80	1
Si	1,47	١,٨٢	١٨٩	1,84	1,44	۱,٨۶	١,٩٠	١,٨٢	1,14
Ti	• .• • ١	• ,• • ٢	•,••٢	• . • • ٢	•,••٢	•,••٢	• • • • •	• ,• •	•,••٢
Al	1.417	1.598	1.777	· .٨٨ )	1.711	1.778	1.140	1.179	1.719
Al4	٠ ، ۲۸ ۰	•.174	۰.۱۰۸	۲۵۳، ۰	•.107	• . 1	۰،۰۹۳	۰،۱۲۹	•.107
Al6	1.177	1.177	1.110	• ۵۲۹	١،٠۵٩	۱،۰۹۳	107	١،٠۵٠	199
Fe <sub>3</sub>	•,••	•,••	•,••		• ,• •	• ,• •	• ,• •	• ,• •	• ,• •
Fe <sub>2</sub>	•,• ١٩	• .• • •	• .• 18	• ,• •	• .• • ١	۴	• ,• • ٣	۴	۴
Mg	• .• •	• ,• •	• . • •	• ,• •	• ,• •	• ,• •	• ,• •	• . • •	• ,• •
Ca	• ,99	۰,۵۳	• ,49	۱۳٫۰	۰,۵۶	٠٬۵٠	• ,۴٩	۰٬۵۴	• ۵۰
Na	• 110	• .٣٣	• (۴)	٨٣,٠	٠,٣٧	٠,٣٩	• ,40	٠,۴٠	• .47
K	• . • • ٣	• • • • •	• . • • ٣	• • • • •	• • • ۵	• • • • • •	• • • • •	• • 10	• • • • • •
محموع	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰	۴,۰۰
Ab	• ,۵Y	· ,Y8	• 181	• ,44	٠,۶٠	۵۵, ۰	۲۵٫۰	٠٬۵٧	+ ۵۴
An	• , ۴ •	•,74	۸۳٫ ۰	•,۵۴	•,*•	• ,47	٠,۴٨	•,47	•,۴٩
Or	• .• ٣١	• • • • ٢	• .• • ٨	• /• 1 ٨	• . • • ۵	14	• .• ) •	• • • 10	• /• ١٣



شکل ۵ ردهبندی پیروکسنهای منطقه جوپار: الف) ترکیب کلینوپیروکسنها در نمودار Q نسبت به J [۱۸] و ب) نمودار En-Fs- WO[۱۹]. (نمونههای دایک دیابازی . نشانه نمونه های دایک لامیروفیری

# تعیین سری ماگمایی و پهنه زمینساختی برپایه شیمی کلینوپیروکسن

تركيب كلينوپيروكسنها به شيمي ماگماي مادر بستگي دارد. بر این اساس، تفاوت میان گروههای گوناگون ماگماها را میتوان شناسایی کرد. ترکیب شیمیایی یپروکسنها به ویژه فراوانی عناصری مانند Ca, Na, Ti, Al و Si در شناسایی ماهیت ماگما و جایگاه زمینساختی آنها بسیار اهمیت دارند. بر این اساس، چند نمودار تعیین سری ماگمایی بر پایه ترکیب شیمیایی پیروکسن طراحی شده است. در نمودارهای SiO<sub>2</sub> نسبت به Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [۲۰] و Ca+Na نسبت به Ti [۵]، نمونههای مورد بررسی در گسترهی قلیایی تا نیمه قلیایی قرار می گیرند (شکلهای ۶ الف و ب). در نمودار Ca+ Na نسبت به Ti، بیشتر نمونهها در گسترهی قلیایی قرار می گیرند که نشان دهندهی غنی شدگی عنصر Ca در آنهاست. برای شناسایی سری ماگمایی لامپروفیرها بر اساس شیمی کانی ییروکسن از نمودار SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> نسبت به #Mg استفاده شد. نمونههای مورد بررسی در بخش مشترک لامیروفیرهای قلیایی- آهکیقلیایی و فرامافیکها جای دارند [۲۱-۲۳] که این همپوشیها بر پایه مرزهای شناخته شده توسط نیزبت [۲۴] بدیهی است (شکل ۶ پ).

زمین- دما فشار سنجی محاسبات متعددی برای برآورد فشار در کانی کلینوپیروکسن

Winprox انجام شده است [۲۹-۲۵]. در این پژوهش از برنامه Winprox انجام شده است [۲۹-۲۵]. در این پژوهش از برنامه (یر برآورد شد:  $T(\mathbf{K}) = 93100 + 544P(kbar)/61.1 + 36.6(X_{Ti}^{cpx}) + 10.9(X_{Fe}^{cpx}) - 0.95(X_{AI}^{cpx} + X_{Cr}^{cpx} - X_{Na}^{cpx} - X_{K}^{cpx}) + 0.395[\ln(a_{En}^{cpx})]^{2}$ (1)

که 
$$X_{AI}^{cpx} = X_{Al(IV)}^{cpx} + X_{Al(VI)}^{cpx}^{cpx}$$
 (۲)  
 $a_{En}^{cpx} = (1 - X_{Ca}^{cpx} - X_{Na}^{cpx} - X_{K}^{cpx}) * 0.5 (X_{AI}^{cpx} + X_{Cr}^{cpx} + X_{Na}^{cpx} + X_{k}^{cpx})$  (۴)  
 $a_{En}^{cpx} = (1 - X_{Ca}^{cpx} - X_{Na}^{cpx} - X_{K}^{cpx}) * 0.5 (X_{AI}^{cpx} + X_{Cr}^{cpx} + X_{Cr}^{cpx} + X_{Na}^{cpx})$  (۴)  
 $a_{En}^{cpx} + X_{Na}^{cpx} + X_{k}^{cpx}$  (۴)  
 $a_{En}^{cpx} + X_{Na}^{cpx} + X_{k}^{cpx}$  (۴)  
 $a_{En}^{cpx} + 3205 + 0.384T(K) - 518\ln[T(K)] - 5.62(X_{Mg}^{Cpx}) + 83.2(X_{Na}^{Cpx}) + 68.2(X^{Cpx}_{DiHd}) + 2.52\ln(X^{Cpx}_{AI} - v_{I}) - 51.1(X^{Cpx}_{DiHd})^{2} + 34.8(X^{Cpx}_{EnFs})^{2}$  (f)  
 $A_{En}^{cpx} - 51.1(X^{Cpx}_{DiHd})$  (f)  
 $X^{Cpx}_{EnFs} = [(Fe_{tot} + Mg) - (Ca - CaTi - CaTs - CrCaTs - CrCaTs)]$   
 $X^{Cpx}_{EnFs} = [(Fe_{tot} + Mg) - (Ca - CaTi - CaTs - CrCaTs)] - 2$  (f)  
 $Y^{1} - (Y^{1}) - (Y^{1}) - (Y^{1}) - Y^{1})$  (f)  
 $Y^{1} - (Y^{1}) - (Y^{1}) - (Y^{1}) - Y^{1})$ 



شکل۶ تعیین سری ماگمایی و جایگاه زمینساختی نمونهها با استفاده از ترکیب شیمیایی پیروکسن در الف) نمودار SiO<sub>2</sub> نسبت به Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [۲۰]، ب) نمودار Ca+Na در مقابل Ti [۵] و پ) نمودار شناسایی سری ماگمایی لامپروفیرها [۲۴].

روش دیگر برای دماسنجی کلینوییروکسنها روش ییشنهادی کرتز [۳۱] است که بر پایه فراوانی کاتیونهای دو ظرفیتی Mg ،Fe<sup>+2</sup> و Caرابطه زیر را ارائه نمود.  $T(^{\circ}C) = \{1000/(0.054 + 0.608X^{Cpx} - 0.304Ln(1 2[Ca]^{Cpx})$  -273 (Y) که این در رابطه، X<sup>Cpx</sup> برابر است با  $X^{Cpx} = [Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)]^{Cpx}$ با استفاده از این روش، دمای تشکیل کلینوپیروکسنها حدود ۱۱۵۳درجه سانتیگراد به دست آمد. روش به کار رفته دیگر رابطه ارائه شده در مراجع [۲۹-۳۲]  $10^{4}/T(K) = 6.39 + 0.076(H_2O^{Liq}) - 5.55(X_{CaO}^{Liq})$  $X_{SiO2}^{Liq}$ ) - 0.386ln( $X_{MgO}^{Liq}$ ) - 0.046P(kbar) + 2.2 ×  $10^{-4} [P(kbar)]^2$ البته در این رابطه، تغییرات Jd-DiHd موجب افزایش خطا تا ۵۲-۵۲ درجه سانتیگراد می شود. بر این اساس، میانگین دمای تشکیل کلینوییروکسنها برای دیابازها ۱۰۹۶ درجه سانتیگراد و برای لامیروفیرها ۱۱۱۵درجه سانتیگراد است. در

ادامه برای تأیید نتایج یاد شده از روش ترسیمی سوسو [۳۳] استفاده شد. او با بهره گیری از مقادیر XPT و YPT (روابط (۹) و (۱۰)) در ترکیب کلینوپیروکسن، یک نمودار برای برآورد دما و فشار ارائه نموده است. با توجه به این نمودار، کلینوییروکسن-های دایکهای دیابازی مورد بررسی در گستره دمایی ۱۱۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد و لامیروفیرها در ۱۲۰۰– ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد تشکیل شدهاند (شکل ۷ الف)  $X_{PT} = 0.446 SiO_2 + 0.187 TiO_2 - 0.404 Al_2O_3 +$  $0.346 FeO^{(tot)}$  - 0.052 MnO + 0.309 MgO+0.431CaO - 0.446Na<sub>2</sub>O (9)  $YpT = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 +$ 0.323FeO(t) + 0.235MnO - 0.516MgO -0.167CaO - 0.153Na<sub>2</sub>O  $(1 \cdot)$ لیندسلی [۳۴] نمودار سه تایی Wo-En-Fs را بـرای ارزیابی دمای پیدایش پیروکسنها پیشنهاد کرده است. در این نم ودار، كلينوپيروكس نهاى درون لامپروفيرهاى مورد بررسی در گستره دمایی ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد شكل گرفتهاند (شكل ۷ ب).



شکل ۷ تعیین دمای پیروکسنهای منطقه جوپار با استفاده از الف) روش مرجع [۳۳] و ب) نمودار Wo-En- Fs [۳۴]. پ) تعیین فشار تبلور پیروکسن با استفاده از روش مرجع [۳۳] و ت- بررسی فشار و مقدار آب موجود در ماگما بر پایه شیمی کانی پیروکسن [۳۸]. علائم مشابه شکل ۵ است.

#### فشار سنجى

به منظور محاسبه فشار از روش مرجع [۲۵] استفاده شد. در این روش، گسترههای فشار ۰۰۱ ۲۰ تا ۸۰ کیلوبار بازنگری شده و از رابطه زیر استفاده شده است: P(Kbar) = 3205 + 0.38T(K) - 518LnT(K) - 5.62 $((X_{Mg}^{Cpx}) + 83.2(X_{Na}^{Cpx}) + 68.2(X_{DiHd}^{Cpx}))$ 2.52Ln(X<sub>Al(VI)</sub><sup>Cpx</sup>  $51.1(X_{DiHd}^{Cpx})^2$ + $34.8(X_{EnFs}{}^{Cpx)2})$ (11)بر اساس این رابطه، فشار تبلور پیروکسن ۵٬۴ تا ۶٬۴ کیلوبار برای دیابازها و ۳٬۴–۵٬۴ کیلوبار برای لامپروفیرهاست. در نمودار تعیین فشار مرجع [۳۳]، (شکل ۷ پ) فشار پیروکسن در دایکهای دیابازی در گستره ۴–۸ کیلوبار به دست آمد. هلتز [۳۵] بیان کرد که توزیع آلومینیوم در جایگاههای چاروجهی و هشتوجهی میتواند معیار مناسبی برای برآورد مقدار آب ماگما و فشار محیط تشکیل سنگهای آذرین باشد. بر این اساس، پیروکسنهای موجود در لامیروفیرهای مورد بررسی از

ماگمای مادر در فشار ۵ کیلوبار و در محیطی کم آب متبلور شدهاند (شکل ۷ ت). مقدار پایین Al<sup>VI</sup> در پیروکسنهای مورد نظر (جدول ۲) نیز سازگار با فشارهای تبلور اندک است [۳۶].

تعیین محیط زمین ساخت با استفاده از شیمی پیروکسن یکی دیگر از کاربردهای شیمی پیروکسنها تعیین محیط زمین ساختی سنگهاست برپایه نمودار F1-F2 [۲۴]، کلینوپیروکسنهای بازالتها و لامپروفیرهای مورد بررسی در گسترهی ترکیبی بازالتهای کمان آتشفشانی و بازالتهای کف اقیانوس جای می گیرند (شکل ۸ الف). در نمودار دوتایی 100\* IiO<sub>2</sub>-Al<sup>IV</sup> (شکل ۸ ب).

#### دماسنجی به روش فلدسپارها

پلاژیوکلازها فراوانترین کانی روشن تشکیل دهنده دایکهای دیابازی مورد بررسی هستند. نتایج تجزیه نقطهای برخی از

کاتیونهای درشت بلورهای پلاژیوکلاز پس از محاسبه بر اساس فرمول ساختاری ۸ اکسیژن در جدول ۳ آمده است. پلاژیوکلازهای تجزیه شده در نمودار مثلثیAb-An-Or [۱۹]، در گسترهی الیگوکلاز، آندزین، لابرادوریت واقع می شوند (شکل ۹ الف). چنانکه در شکل ۹ ب دیده می شود، با استفاده از نمودار سه تایی Ab-An-Or برای پلاژیوکلازهای مورد بررسی

با دمایی حدود ۵۰۰–۶۵۰ درجه سانتیگراد روبهرو هستیم که با توجه به ترکیب سنگشناسی منطقه مورد بررسی به نظر میرسد که این دما کمتر از دمای واقعی تبلور باشد. احتمالاً پایین بودن دمای محاسبه شده ناشی از دگرگونیهای زیر نقطه انجماد ترکیب فلدسپارها طی تبلور توده است (شکل ۹ ب).



شکل ۸ الف - نمودار F1-F2 برای شناسایی خاستگاه زمینساختی ماگمای سازنده بازالتها بر پایه شیمی کلینوپیروکسن ( VAB: بازالتهای کمان آتشفشانی؛ OFB: بازالتهای کف اقیانوس، WPT: بازالتهای درون صفحهای) [۲۴] و ب) نمونهها در نمودار TiO₂-AIIV \*100 که روند مشابه با کمان ماگمایی را نشان میدهند [۳۷]

$$\begin{split} F1 &= -0.012 SiO_2 - 0.0807 TiO_2 + 0.0026 Al_2O_3 - 0.0012 FeO - 0.0026 MnO + 0.0087 MgO - 0.0128 CaO - 0.0419 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0818 TiO_2 - 0.0212 Al_2O_3 - 0.004 FeO - 0.1435 MnO - 0.0029 MgO + 0.085 CaO + 0.0160 Na_2O F2 &= -0.0469 SiO_2 - 0.0469 SiO_2 - 0.0$$



شکل۹ فلدسپارها در دایکهای منطقه جوپار در الف) نمودار ردهبندی فلدسپارها [۱۹] و ب- نمودار سه تایی آلبیت- ارتوکلاز- آلبیت-Ab-Or) (An برای ارزیابی دمای تعادلی فلدسپارها بر پایه درجه سانتیگراد و درگستره فشار یک کیلوبار [۳۹].

# جایگاه زمینساختی

از مقایسه ترکیب گدازه ها با ترکیب ماگماهای شکل گرفته از ذوب لرزولیت های اسپینل یا گارنت دار می توان به درجه ذوب بخشی و ماهیت گوشته ی خاستگاه منطقه مورد بررسی پی برد. نمونه های مورد بررسی از نظر فراوانی La, Sm ترکیبی مشابه با ماگماهای برآمده از گوشته غنی شده دارند که در شکل ۱۰ الف بر روند همخوان با حدود ۱ تا ۵ درصد گارنت لرزولیت قرار می گیرند. الام [۴۰] معتقد است که پهنه انتقال بین اسپینل لرزولیت به گارنت لرزولیت در عمق ۶۰ تا ۸۰ کیلومتری است و برخی دیگر اعتقاد دارند که این پهنه در عمق ۲۰ تا ۸۰ کیلومتری گوشته بالایی قرار دارد [۴۱، ۲۲]. با توجه به اینکه این نمودار نشان دهنده ی حضور گارنت و عدم حضور اسپینل در خاستگاه سنگ های منطقه است، می توان کمترین عمق شکل گیری ماگمای تشکیل دهنده ی این سنگ ها را بیش از ۸۰ کیلومتر دانست. نمونه های مورد بررسی در نمودار مثلثی کیلومتر دانست. نمونه های مورد بررسی در نمودار مثلثی

فعال قارهای قرار می گیرند (شکل ۱۰ ب). برای اینکه مشخص شود کمان ماگمایی از نوع اقیانوسی است یا قارهای از نمودار براسی در گستره کمانهای قارهای قرار می گیرند (شکل ۱۰ پررسی در گستره کمانهای قارهای قرار می گیرند (شکل ۱۰ پ). به نظر می رسد که کمان ماگمایی سازنده سنگهای منطقه ناشی از فرورانش یک پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قارهای باشد. افزون بر نمودارهای بالا، از نسبت عناصر کمیاب Zr/Y نیز می توان برای تشخیص نظام زمین ساختی استفاده کرد [۴۵]، به این صورت که اگر Zr/Y در گدازهها بیش از ۳ باشد، محیط زمین ساختی وابسته به کمانهای آتشفشانی قارهای و اگر کمتر از ۳ باشد به کمانهای آتشفشانی اقیانوسی وابستهاند. سنگهای آتشفشانی جوپار از آنجا که دارای نسبت وابستهاند. سنگهای آتشفشانی جوپار از آنجا که دارای نسبت می گیرند، بنابراین محیط زمین ساختی ماگمایی منطقه مورد بررسی می تواند وابسته به کرانه فعال قارهای باشد.



**شکل ۱۰** نمودارهای بررسی خاستگاه سنگهای قطعه جوپار: الف) نمودار La نسبت به La/Sm به منظور محاسبهی میزان ذوببخشی [۴۶]، ب) جایگاه زمین ساختی سنگهای مورد بررسی در نمودار مرجع [۴۳] و پ) نمودار Zr نسبت به Zr/Y از [۴۴].

مهندس شاکری و دکتر بهرامی به خاطر کمک در تأمین مخارج پروژه سپاسگذاری میکنند.

مراجع

[1] Salavaty M., Darvishzadeh B., Darvishzadeh A., *"Mineral chemistry of mica and clinopyroxen in lamprophyre dykes in the south of Amlash"*, Ianian Journal of Crystallography and Mineralogy 9 (2001):3-26.

[2] Ravankhah A., Moayyed M., Hosseinzadeh, M. R., Azimzadeh A. M., Hassanzadeh J., Amel N., "Petrographical, mineral chemical and geochemical studies of the lamprophyric bodies and alkaline gabbro from the Houway area (NE Hourand-NW Iran)", Ianian Journal of Crystallography and Mineralogy, 3(2015) 556-569 [3] Aghazadeh M., Badrzadeh Z., "Mineralogy and mineral chemistry of lamprophyres in the NW Iran", Ianian Journal of Crystallography and Mineralogy, 4 (2013) 571-584.

[4] Ghadami Gh., Bahrampour A., Atapour H., Poosti M., Ahmadipour H., "Using whole rock and mineral chemistry for determining the origin of lamprophyres from Deh – Bazargan -Sarasiab6 (north of Kerman city, Kerman Province)" Iranian Journal of Petrology 32 (2018):1-20.

[5] Leterrier J., Maury R. C., Thonon P., Girard D., Marehal M., "Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo volcanic series", Earth and Planetary Science Letters. 59. (1982); 139-54.

[6] Aghanabati A., "Geology of Iran. Geological Survey of Iran", (2006) Tehran (in Persian).

[7] Dimitrijevic M. N., Djockovic I., Cvettic S., Halaviatiz J., "*Geological map of Rayen 1:100000 seris, sheet 7449*", Geological Survey of Iran (1979) Iran.

[8] Kuo L.C., Kirkpatrick R.J., "Pre-eruptive history of phyric basalts from DSDP Legs45 and46: Evidence from Morphology and zoning patterns in plagioclase", Contributions to Mineralogy and Petrology, 79(1982) 13-27.

[9] Rock N.M.S., *"Lamprophyres, Thomson Lithos Ltd*", East Kilbride, p: 285

[10] Gill R., *"igneous rocks and processes: A practical guide*", 1st edition, Wiley-Blackwell, (2010) London.

[11] Rollinson H. R., "Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation", 1st edition, Longman Scientific and Technical, (1993) London. برداشت

مجموعه آذرین سنگهای جویار طیف گستردهای از سنگهای آذرین اسیدی تا بازی را در بر می گیرد که میزبان دایکهای بازی و لامپروفیری است. به نظر میرسد که این دایکها جوانترین فعالیت ماگمایی در منطقه هستند که در راستای شکستگیها نفوذ کردهاند پیروکسنها در دایکهای مورد بررسی با ترکیب دیویسید حضور دارند. نمودارهای تفکیک محيط زمينساختى تشكيل پيروكسنها گوياى ارتباط نمونهها با فرآیند فرورانش و شکل گیری مجموعه مورد بررسی در کرانه فعال قارهای است. دماهای محاسبه شده با استفاده از روشهای متعدد، نشان میدهد که پیروکسنها در لامپروفیرها در دمای حدود ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد متبلور شدهاند. تغییرات دما در دایکهای بازی محدودتر و در گستره ۱۱۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. باتوجه به نمودار فشارسنجی مرجع [۳۳]، فشار برای دیابازها و لامپروفیرها ۴-۸ کیلوبار برآورد شد. مقدار آب ماگما هنگام تبلور متغیر و کمتر از ۲ درصد بوده و فشار محیط تبلور لامیروفیرها کمتر از ۵ کیلوبار است. دایکهای دیابازی از میزان گریزندگی اکسیژن تقریباً متوسط تا بالا برخوردار هستند. بر پایه نتایج شیمیایی يلاژيوكلازها به روش ريزكاوالكتروني، تركيب آنها اليگوكلاز-آندزین- لابرادوریت و دمای تبلور آنها ۵۰۰-۶۵۰ درجه سانتیگراد است. برپایه شیمی سنگ کل، نمونههای مورد بررسی دارای سری ماگمایی قلیایی هستند و در گستره کرانه فعال قارمای قرار می گیرند که بررسیهای ساختاری نیز این امر را تایید می کند. الگوهای بهنجار شده به ترکیب گوشته اولیه نشان میدهند که دایکهای بازی جویار دارای ناهنجاری مثبت Rb و K و ناهنجاری منفی Ta, Nb, Ti, Ba, Th هستند. از Rb دیدگاه سنگزایی، این سنگها از ذوببخشی خاستگاه گوشته-ای گارنتدار پدید آمدهاند. از آنجا که ماگمای سازنده این دایکها که سرشت قلیایی دارد در ژرفای نسبتاً زیاد و از ذوب بخشی گوشته گارنتدار به وجود آمده و در شکافهای عمیق پوستهی قارهای نفوذ کرده و دایکهای لامپروفیری و سپس دیابازی را یدید آورده است.

قدردانی

نویسندگان از همه عوامل اجرایی مجله بلورشناسی و کانی-شناسی ایران قدردانی میکنند. آنها همچنین از جناب آقای *settings*", Contributions to Mineralogy and Petrology, 63 (1977): 161-173.

[25] Nimis P., "A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling", Contributions to Mineralogy and Petrology, 121(1995): 44–125.

[26] Nimis P., "Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. Part 2. Structural geobarometers for basic to acid, tholeiitic and mildly alkaline magmatic systems", Contributions to Mineralogy and Petrology, 135(1999): 62–74.

[27] Nimis P., Taylor W. R., "Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometrer and an enstatite-in-Cpx thermometer", Contributions to Mineralogy and Petrology, 139, (2000):541–554.

[28] Putrika K. D., "Thermometers and Barometers for Volcanic Systems", Reviews in Mineralogy & Geochemistry, Vol. 69, (2008): 61-120.

[29] Putirka K., Johnson M., Kinzler R., Longhi J., Walker D., "Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar", Contributions to Mineralogy and Petrology, 123(1996), 92–108.

[30] Yavuz F., "WinPyrox: A Windows program for pyroxene calculation classification and thermo barometry", American Mineralogist 98.7(2013): 1338-1359.

[31] Kretz R., "Metamorphic Crystallization. John Wiley and Sons", (1994) Chichester and New York.

[32] Putirka K. D., Mikaelian H., Ryerson F., Shaw H., "New clinopyroxene- liquid thermobarometers for mafic, evolved, and volatile bearing lava compositions, with applications to lavas from Tibet and Snake River Plain", Idaho. American Mineralogist, 88(2003);1542–1554.

[33] Soesoo A., "A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallization PT-estimations", Geological Society of Sweden (Geological Föreningen) 119 (1997); 55-60.

[34] Lindsley D. H., "*Pyroxene thermometry*", American Mineralogist 68(1983); 477-493.

[35] Helz R., "Phase reactions of basalts in their melting range at PH2O = 5kb, Part 11, Melt composition", Journal of Petrology 17(1993) 139-193.

[36] Mahood G. A., Baker D. R., "Experimental constraints on depths of fractionation of mildly alkalic basalts and associated felsic rocks:

[12] Thompson R. N., "Magmatism of British Tertiary volcanic province", Scottish Journal of Geology18 (1982) 49-107.

[13] Kurt H., Asan K., Ruffet G., "The relationship between collision-related calcalkaline, and withinplate alkaline volcanism in the Karacadag Area (KonyaTurkiye, Central Anatolia)", Chemie der Erde, Geochemistry, 68(2008) 155–1766.

[14] Le Bas M.J., Maitre R.W., Streckeisen A., "Zanettin BAchemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram", Journal of Petrology 27. (1986) 745–750.

[15] Gill R., "Igneous rocks and processes: A practical guide", 1st edition, Wiley-Blackwell, (2010) London.

[16] Irvine T. N., Baragar W. R. A., "A guide to chemical classification of the common volcanic rocks", Canadian Journal of Earth Sciences 8(1971) 523–548.

[17] Sun S. S., McDonough W. F., "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London", Special Publications 42(1989); 313-345.

[18] Morimoto N., Fabrise j., Ferguson A., Ginzburg I. V., Ross M., Seifert F.A., Zussman J., Akoi K., Gottardi G., *"nomenclature of pyroxenes"*, American Mineralogist 173(1988); 1123-1133.

[19] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "An *introduction to the rock forming minerals*", Longmans 696 p, 2th editions, (1992) London.

[20] Le Bas., "The role of aluminum in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage", American Journal of Science. 260(1962); 267-288

[21] Rock N. M. S., "Nature and origin of calcalkaline Lamprophyres: minettes, vogesites, kersantites and spessartites", Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth science 74(1984); 193-227.

[22] Rock N. M. S., "The nataure and origin of ultramafic lamprophyres: alnoites and allied rocks", Journal of Petrology 27(1986); 155-196.

[23] Rock N. M.S., "The nature and origin of lamprophyres: an overview. In: Fitton, J.G., Upton, B.G.J. (Eds.), A lkaline Igneous Rocks", Geological Society Special publications, 30(1987); 191–226.

[24] Nisbet E.G., Pearce J.A., "Clinopyroxene composition of mafic lavas from different tectonic

[42] Mckenzie D. P., O'Nions R. K., "Partial melt distribution from inversions of rare earth element concentration", Journal of Petrology. 32(1991), 1021-1091.

[43] Pearce T. H., Gorman B.E., Birkett T. C., "the relationship between major element chemistry and tectonic environment of basic and intermediate volcanic rocks", Earth and Planetary Science Letters. 36(1977):121-132.

[44] Pearce J. A., "The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: Continental basalts and mantle xenoliths (Eds. Hawkesworth", C. J. and Norry, M.J.) Nantwich, Cheshire: Shiva Publications, (1983); 230-249.

[45] Pearce J. A., Norry M. J., "*Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variation in volcanic rocks*", Contributions to Mineralogy and Petrology 69(1979): 33-47.

[46] Aldanmaz E., Pearce J. A., Thirlwall M. F., Mitchell J. G., "*Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey*", Journal of Volcanology and Geothermal Research 102(2000): 67–95. *Pantelleria, strait of Sicily*", Contribution to Mineralogy and Petrology 93(1986) 251-264.

[37] Ao S. J., Xiao W. J., Han C. M., Mao Q. G., Zhang J. E., "Geochronology and geochemistry of early Permian mafic-ultramafic complexes in the Beishan area, Xinjiang, NW China: implications for late Paleozoic tectonic evolution of the southern Altaids", Gondwana Research 18(2010) 466-478.

[38] Coltorti M., Bonadiman C., Faccini B., Grégoire M. O., Reilly S. Y., Powell W., "Amphiboles from suprasubduction and intraplate lithospheric mantle", Lithos 99 (2007) 68-84.

[39] Anderson J. L., "Status of thermo-barometry in granitic batholiths, Earth Science Review 87(1996) 125-138.

[40] Ellam E. M., "Lithospheric thickness as a control on basalt geochemistry", Geology 20 (1992) 153-156.

[41] Frey F.A., Garcia M.O., Wise W.S., Kennedy A., Gurriet P., Albarede F., "*The evolution of Mauna Kea volcano, Hawaii: Petro genesis of tholeiitic and alkali basalts*", Journal of Geophysical Research 96(1991); 29-40.