

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

بیستمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

مطالعه کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن جنوب غرب

چوپانان (ایران مرکزی، استان اصفهان)

زهرآگلی*، قدرت ترابی

دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

zahragoli67@gmail.com

Torabighodrat@yahoo.com

چکیده

سنگ‌های ولکانیک جنوب غرب چوپانان که بخشی از بلوک یزد را تشکیل می‌دهند، عمدتاً شامل گدازه‌ها و آذرآواری‌ها می‌باشند. این مجموعه‌ی سنگی به سن ائوسن بوده و ترکیب سنگ‌شناسی حد واسطی را دارا می‌باشد. مهمترین کانی مافیک موجود در سنگ‌های منطقه کلینوپیروکسن است که به صورت فنوکریست قابل مشاهده می‌باشد و متحمل دگرسانی شده است. کلینوپیروکسن‌های موجود در این سنگ‌ها از لحاظ ترکیب شیمیایی از نوع دیوپسید و اوژیت هستند. از مطالعه‌ی ترکیب کلینوپیروکسن‌ها و تلفیق نتایج حاصل با بررسی‌های صحرائی مشخص شد که ترکیب ماگمای سازنده‌ی سنگ‌های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان کالک آلکالن بوده و از لحاظ جایگاه تکتونوماگمایی در قلمرو قوس ماگمایی قرار دارد. توزیع Al در موقعیت‌های تتراندیری و اکتاندیری نشان می‌دهد که این کانی در فشارهای کم و از یک ماگمای آبدار متبلور شده است. محتوی آهن فریک پیروکسن نیز معرف بالا بودن فوگاسیته اکسیژن در محیط تبلور ماگمای میزبان است.

واژگان کلیدی: سنگ‌های آتشفشانی، ائوسن، کلینوپیروکسن، چوپانان، ایران مرکزی.

Study of clinopyroxenes in Eocene volcanic rocks of the Choupanan area (Central Iran, NE of Isfahan)

Zahra Goli, Ghodrat Torabi

Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Volcanic rocks of the Chuopanan are a part of the Yazd block and consist of lava and pyroclastic rocks. These rocks belong to the Eocene and comprise the intermediate rocks. Clinopyroxene is the most significant mafic mineral of these rocks. These are as partly altered phenocrysts. Chemical compositions of clinopyroxene in these rocks are ranging from diopside to augite. The mineral chemistry of clinopyroxene as well as field and petrography evidences indicate that the composition of magma forming these rocks is Calc-alkaline and from the tectonomagmatic point of view, belong to magmatic arcs. Aluminium supplies in octahedral and tetrahedral positions shows that these mineral crystallized in low pressure from a hydrous magma. Ferric Iron of these clinopyroxenes related to the high oxygen fugacity content in the crystallization environment of magma.

Key word: Volcanic rocks, Eocene, Clinopyroxene, Chuopana, Central Iran.

سنگ‌های آتشفشانی از نظر سنگ‌شناختی بسیار اهمیت دارند؛ زیرا ترکیب آن‌ها بر اساس شیمی گدازه‌های میزبان آن‌ها تغییر می‌کند. با توجه به ماهیت کانی کلینوپیروکسن می‌توان از ترکیب این کانی برای بررسی سرشت ماگمای اولیه استفاده نمود.

مقدمه: دوران سنوزوئیک در ایران دوران فعالیت گسترده ماگماتیسم به ویژه ولکانیسم بوده است که نتیجه این فعالیت‌ها ایجاد سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری فراوان در بخش‌های مختلف ایران می‌باشد (شکل ۱ الف). کلینوپیروکسن‌های موجود در

بیستین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

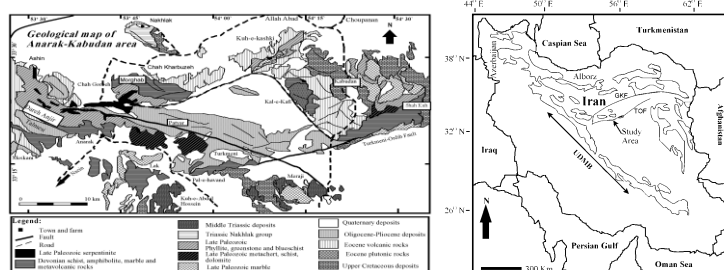
۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

که با مجموعه ای از ولکانیک های ائوسن شناخته می شوند بر روی سازندهای کرتاسه و در مواردی دگرگونی های پالئوزوئیک قرار دارند. مجموعه ی سنگ های ائوسن همراه با توف و گدازه ها در منطقه دیده می شوند (شکل ۱ ب). مطالعات انجام شده بر روی سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان نشان می دهد که پیروکسن ها در این سنگ ها حضور گسترده ای دارند.

سنگ های ولکانیک ائوسن انارک تا جندق توسط افراد مختلفی مطالعه گردیده است که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود. سیاری (۱۳۸۵) علت رخداد ولکانیسم ائوسن شمال انارک را به فرورانش نئوتتیس و ادامه برخورد قاره ای در زمان ائوسن نسبت داد. بهادران (۱۳۸۶) در پایان نامه ی کارشناسی ارشد خود موقعیت زمین شناسی این ناحیه در ایران مرکزی را نسبت به کمان ماگمایی ارومیه- دختر در یک محیط پشت قوس در نظر گرفت.

زمین شناسی عمومی: منطقه مورد مطالعه در جنوب غرب چوپانان (شمال شرق اصفهان) بین طول های جغرافیایی $54^{\circ}33'$ شرقی و عرض های جغرافیایی 33° و 34° شمالی واقع شده است (شکل ۱ ب). این منطقه جزئی از زون ساختاری ایران مرکزی محسوب می شود. این منطقه در بلوک یزد واقع شده و از نظر ساختمانی در بین دو گسل امتداد لغز بزرگ، گسل کویر بزرگ در شمال و گسل ترکمنی- اوردیب در جنوب قرار دارد. گسل چوپانان که از گسل های اصلی و بسیار مهم ایران مرکزی است از منطقه ی مورد بررسی عبور می کند. از گسل های فرعی مهم در منطقه می توان به گسل های کالکافی و شمال انارک با روند شمال شرق- جنوب غرب و شرقی - غربی اشاره نمود. رخنمون سنگ های آتشفشانی منطقه عمدتاً از روند این گسل ها تبعیت می کنند.

قدیمی ترین نهشته های موجود در این منطقه وابسته به پالئوزوئیک بوده و شامل مجموعه ی دگرگونی موسوم به شیست های انارک است. سنگ های ائوسن



ب

الف

شکل ۱ الف) مهمترین رخنمون سنگ های آتشفشانی ائوسن ایران ب) نقشه زمین شناسی ساده شده و موقعیت سنگ های آتشفشانی ائوسن مناطق جنوب غرب چوپانان، معلی (شمال انارک) و عروسان کبودان در شمال شرق استان اصفهان .

دستگاه مایکروپروب Jeol مدل JXA-8800 در دانشگاه کاناوازا انجام گردید. آنالیزها در شرایط ولتاژ

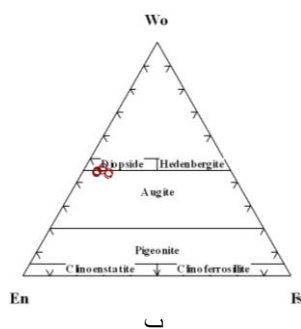
روش کار: به منظور دسترسی به اهداف این تحقیق، ۷ آنالیز نقطه ای از کانی کلینوپیروکسن با استفاده از

بیستین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

شیمی کلینوپیروکسن ها: به منظور بررسی ترکیب کلینوپیروکسن های موجود در سنگ های ولکانیک ائوسن منطقه جنوب غرب چوپانان، از آنالیز میکروپروپ استفاده شده است. کلیه ی کلینوپیروکسن های موجود در سنگ های ولکانیک ائوسن منطقه جنوب غرب چوپانان در نمودار Q-J در قلمرو پیروکسن های کلسیم - آهن - منیزیم قرار گرفته اند (شکل ۲ الف). برای تعیین ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن از نمودار Wo-En-Fs استفاده گردیده است. همانگونه که در شکل ۲ ب ملاحظه می شود در ترکیب این کانی ها عمده‌تاً در محدوده ی دیوپسید تا اورثیت می باشند. ترکیب کلینوپیروکسن از لحاظ عدد منیزیمی از ۰/۸۴ تا ۰/۹۳ در نوسان است.

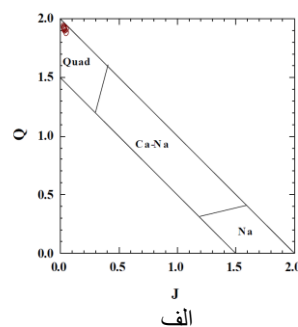


شکل ۲ الف. موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن موجود در سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان در نمودار Q-J ب. موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن موجود در سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان در نمودار مثلثی Wo-En-Fs (Morimoto et al., 1988)

- بررسی نمونه ها در نمودار F1 و F2 بر مبنای داده های حاصل از کلینوپیروکسن ها برای تعیین دقیق تر موقعیت تکتونوماگمایی سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان در زمان تشکیل حاکی از آن است که اغلب نمونه ها در قلمرو مشترک قوس های ماگمایی و فوران کف اقیانوسی واقع شده اند که فرض قوس ماگمایی با بررسی های صحرائی و همچنین میزان بالای پتاسیم در سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان انطباق دارد (شکل ۳ ب).

شتاب دهنده 15KV، شدت جریان 15nA و زمان شمارش ۴۰ ثانیه انجام شده است. جهت محاسبه ی فرمول ساختاری کانی ها و تفکیک Fe^{2+} و Fe^{3+} از روش استوکیومتری استفاده شده است.

پتروگرافی پیروکسن ها: پیروکسن ها در تمام واحد های سنگی به صورت فنوکریست دیده می شوند و اساساً از نوع کلینوپیروکسن می باشند. این فنوکریست ها به صورت بلورهای نیمه شکلدار و شکلدار هستند. در بررسی سنگ شناسی، شواهد بافتی به خوبی نشان می دهند که کلینوپیروکسن ها اولین کانی هایی هستند که در این سنگ ها تبلور یافته اند. همچنین کلینوپیروکسن های موجود در این سنگ ها در مواردی به کلریت و کربنات دگرسان شده اند.



بحث: در استفاده از ترکیب کانی های مختلف موجود در سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان، برای بررسی ماهیت ماگمای اولیه و سنگ خاستگاه، کلینوپیروکسن ها بهترین انتخاب هستند. بررسی ترکیب کلینوپیروکسن ها نشان می دهد که: - از کانی کلینوپیروکسن می توان برای تعیین سری ماگمایی کمک گرفت. نمودار (Le Bas, 1962) نشان می دهد که تمامی نمونه های موجود در سنگ های آتشفشانی منطقه ی جنوب غرب چوپانان در قلمرو ساب آکالن قرار می گیرد (شکل ۳ الف).

بیتمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

در تعیین دو فاکتور F1, F2 از روابط زیر استفاده شده است.

$$F1 = - (0.012 * SiO_2) - (0.0807 * TiO_2) + (0.0026 * Al_2O_3) - (0.0012 * FeO_t) - (0.0026 * MnO) + (0.0087 * MgO) - (0.0128 * CaO) - (0.0419 * Na_2O)$$

$$F2 = - (0.0469 * SiO_2) - (0.0818 * TiO_2) + (0.0212 * Al_2O_3) - (0.0041 * FeO_t) - (0.1435 * MnO) + (0.0029 * MgO) - (0.0085 * CaO) - (0.016 * Na_2O)$$

سازنده برخی از این سنگ ها، فراوانی عناصر اصلی کلینوپیروکسن ها دستخوش تغییرات منظم و تدریجی می شود.

با افزایش عدد منیزیم (Mg#) که خود معرف کاهش درجه ی تفریق ماگمای سازنده سنگ های منطقه می باشد، اکسیدهای TiO_2 , Cr_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , SiO_2 , MgO ، FeO , MnO , NiO کاهش و اکسیدهای FeO , MnO , NiO افزایش می یابند.

افزایش SiO_2 در کلینوپیروکسن ها احتمالاً مربوط به کاهش درجه تفریق ماگما بوده است. بنابراین به نظر می رسد که این پدیده باعث شده که در زمان تبلور کلینوپیروکسن ها به دلیل افزایش SiO_2 در ماگمای سازنده ی این سنگ ها، کلینوپیروکسن ها از SiO_2 غنی شود.

علت کمبود TiO_2 کلینوپیروکسن مربوط به فراوانی بیشتر کانی های تیتانیوم دار نظیر تیتانومگنتیت است. به عبارت دیگر تبلور تیتانومگنتیت باعث خروج تیتانیوم از ماگما و فقر این عنصر در پیروکسن های همزیست با آن شده است. تبلور هر چند کم کرومیت در کنار پیروکسن باعث شده که باقی مانده ی کروم ماگما وارد شبکه ی کرومیت همزیست با پیروکسن شود و به این ترتیب پیروکسن از Cr_2O_3 فقیر شود. کاهش Al_2O_3 نیز مربوط به وفور کانی های آلومینیوم دار نظیر پلاژیوکلاز در این سنگ ها است؛ زیرا با تبلور پلاژیوکلاز، آلومینیوم موجود در ماگما وارد شبکه ی این کانی شده و لذا پیروکسن های همزیست

- بر اساس نمودار مجموع $Al_{IV}+2Ti+Cr$ در برابر $Na+Al_{IV}$ میزان فوگاسیته ی اکسیژن در محیط تشکیل سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان در هنگام تبلور کلینوپیروکسن بالا بوده است؛ زیرا این نمونه ها در نمودار ترسیم شده در بالای خط $Fe^{3+}=0$ قرار گرفته اند (شکل ۳ ج).

- برای تعیین مقدار آب ماگمای سازنده ی سنگ های منطقه ی مورد بررسی از نمودار (Helz, 1973) استفاده گردید که براساس آن میزان بالای آب برای شرایط تبلور پیروکسن به دست می آید (شکل ۳ د). علاوه بر این نمودار ترسیمی، وفور کانی های آبداری از قبیل هورنبلند، بیوتیت و خوردگی حاشیه ی برخی کانی ها به ترتیب بیان کننده آبدار بودن ماگما و انفجاری بودن ولکانیسم در منطقه جنوب غرب چوپانان از شواهد دیگر می باشد.

شکل (۳ د) توزیع آلومینیوم در موقعیت های اکتاهداری و تراهدری در کلینوپیروکسن های سنگ های ولکانیک جنوب غرب چوپانان را نشان می دهد.

- در نمودار های تغییرات فراوانی عناصر در مقابل $Mg\#$ (شکل ۴) به عنوان عاملی که بیانگر پیشرفت تفریق ماگمایی است،

فراوانی عناصر نیز همخوان با روند پیشرفت تفریق ماگمایی خواهد بود و نشان از تبلور کلینوپیروکسن ها پیش از آرایش و اختلاط ماگمایی دارد. شواهد آرایش و اختلاط ماگمایی در بررسی های صحرایی ژئوشیمیایی و سنگ شناسی قابل مشاهده است. احتمالاً به تبعیت از افزایش درجه تفریق ماگمای

بیستمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

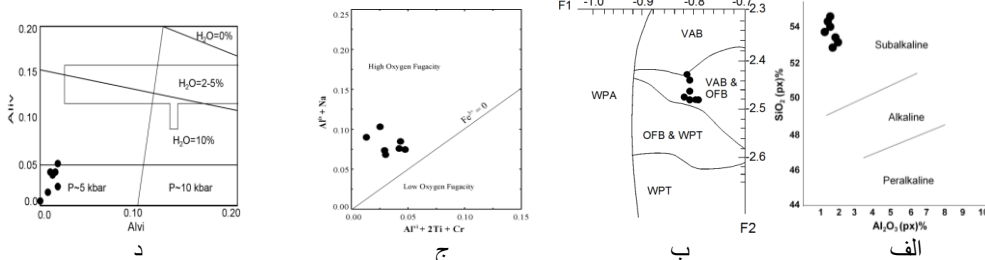
۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

طیف گسترده ای از فشار متوسط تا کم متبلور شده اند که احتمالاً بیانگر تبلور آن‌ها در هنگام توقف و همچنین در هنگام صعود است. محاسبات دما - فشارسنجی درشت بلورهای کلینوپیروکسن با استفاده از روش (Nimis & Taylor, 2000) میانگین دما را ۹۰۹ تا ۱۰۱۵ درجه سانتی گراد و میانگین فشار را ۵ تا ۱۳ کیلوبار نشان می دهد (شکل ۵ الف). استفاده از ترمومتر آمفیبول-کلینوپیروکسن (Perchuk & et al, 2007) در مورد سنگ های ولکانیک مورد بررسی دمایی بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ را ارائه نموده است. موقعیت این توده مورد بررسی در دیاگرام ترمومتری آمفیبول- کلینوپیروکسن (شکل ۵ ب) آورده شده است.

با پلاژیوکلاز از Al_2O_3 فقیر شده اند. فقر نسبی پیروکسن از آلومینیوم نشان می دهد که این پیروکسن ها در فشار های کمتر و به بیان دیگر در اعماق کمتر متبلور شده اند.

کمتر بودن CaO نیز مربوط به تبلور همزمان پیروکسن با پلاژیوکلاز های کلسیم دار است چرا که این حادثه باعث ورود کلسیم به شبکه پلاژیوکلاز و در عوض تهی شدن پیروکسن های همزیست با آن ها از کلسیم می شود.

کاهش مقدار Na_2O پیروکسن ها نیز مربوط به حضور پلاژیوکلاز است این موضوع باعث شده پیروکسن های همزیست با پلاژیوکلاز از سدیم فقیر می شود. - استفاده از کلینوپیروکسن ها در زمین فشارسنجی نشان می دهد که کلینوپیروکسن های آنالیز شده در

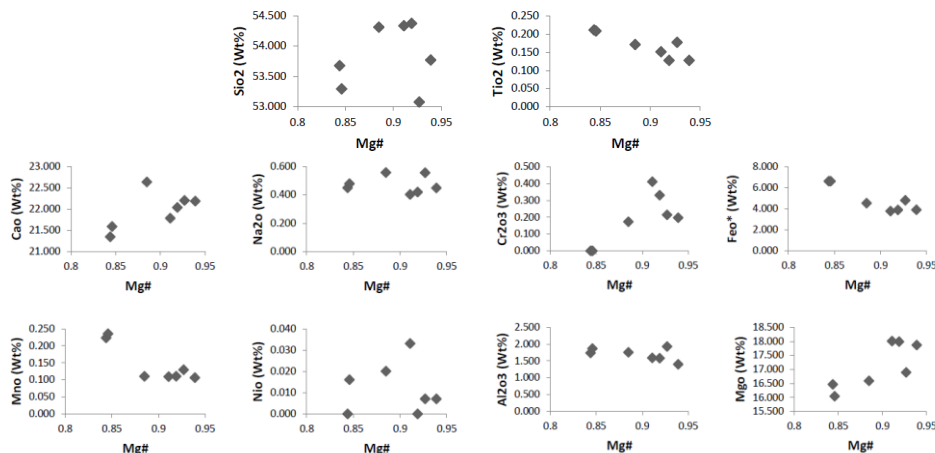


شکل ۳ نمودارهای استفاده از شیمی کلینوپیروکسن سنگ های ولکانیک جنوب غرب چوپانان الف. جهت تعیین نوع سری ماگمایی (Le Bas, 1962) ب. تعیین محیط تکتونیک (Nibest & Pearce) ج. بررسی چگونگی فوگاسیته ی اکسیژن (Schweitzer et al., 1997) د. توزیع آلومینیوم در موقعیت اکتاندری و تترااندری کلینوپیروکسن ها به منظور بررسی مقدار آب ماگما (Helz, 1973)

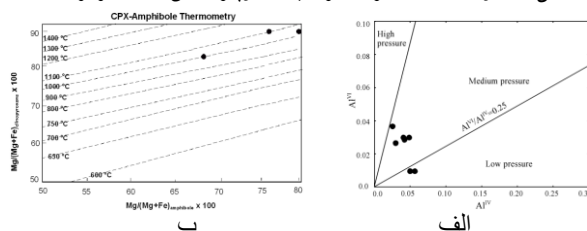
بیستین هایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱



شکل ۴ نمودارهای تغییرات ترکیب کلینوپیروکسن ها در برابر Mg#



شکل ۵ الف. برآورد کلی فشار تبلور کلینوپیروکسن (Aoki & Shiba, 1973) ب. تخمین دمای تشکیل سنگ های ولکانیک ائوسن جنوب غرب چوپانان با استفاده از کانی های همزیست آمفیبول و کلینوپیروکسن (Perchuk & et al, 2007)

- میزان فوگاسیته در محیط تشکیل سنگ ها بالا بوده است که نشان دهنده ی محیطی اکسیدان در هنگام شکل گیری این سنگ ها است.

- با توجه به بررسی های انجام شده، سرشت ماگمایی این سنگ های آتشفشانی، کالک آلکالن می باشد.
- موقعیت تکتونوماگمایی در تشکیل سنگ های آتشفشانی ائوسن جنوب غرب چوپانان احتمالاً یک قوس ماگمایی مرتبط با فرورانش است.

[۴] بهادران، ن.، "پترولوژی و ژئوشیمی سنگ های ولکانیک منطقه ی عروسان کبودان (شمال شرق اصفهان)"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد پترولوژی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۶، ۱۳۰ صفحه.

[5] N., Morimoto, "Nomenclature of Pyroxenes", *The Canadian Mineralogist*. **27** (1989) 143-156.
[6] M. Le Bas, j., Le Maitre, R.w., Streckeisen, A., and B., Zanettine, "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram", *Journal of Petrology*. **27** (1986) 745-750.
[7] E.G., Nibest, and J.A.Pearce, "Clinopyroxene composition in mafic lava from different tectonic setting", *Ibid*, **63** (1977) 149-60.

برداشت: بر اساس بررسی های صحرائی، مطالعه ی سنگ شناسی و آنالیز های میکروپروب روی کانی های موجود در سنگ های آتشفشانی ائوسن جنوب غرب چوپانان نتایج زیر حاصل گردید:
- تمام پیروکسن های موجود در سنگ های منطقه از نوع کلینوپیروکسن هستند و ترکیب آن ها از دیوپسید تا اوژیت در نوسان است.

مرجع ها

[1] E., Romanko, Y., Kokorin, B., Krivyakin, M., Susov, L., Morozov, and M., Sharkovski, "Outline of metallogeny of Anarak area (Central Iran)", Geological Survey of Iran, V/O "Technoexport", Report TE/No. **21** (1984) 136
[2] J., Ahmadian, M. Haschke, I. McDonald, M. Regelous, M. R. Ghorbani, M. H. Emami, and M. Murata, "High magmatic flux during Alpine-Himalayan collision: Constraints from the Kal-e-Kafi complex, central Iran", *Geological Society of America*. **121** (2009) 857-868.
[۳] سیاری، م.، "پترولوژی سنگ های آتشفشانی ائوسن در شمال منطقه ی انارک (شمال شرق استان اصفهان)"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد پترولوژی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۵، ۱۲۰ صفحه.

بیستین همایش بلورشناسی و کانی شناسی ایران

دانشگاه شهید چمران اهواز

۱۱ و ۱۲ بهمن ۱۳۹۱

[11] K., Aoki, and I. Shiba, "Pyroxenes from lherzolite inclusions of Itinomegata", Japan, *Lithos*, **6** (1973) 41-51.

[12] LL., Perchuk, Ly., Aranovich, KK., Podlesski, IV., Layranteva, Vy., Gerasi-Mov, and VV, Fed'kin, "Precambrian granulites of the Aidan shield, eastern Siberia", USSR: *Journal of metamorphic Geology*, **3** (2007) 265-310.

[8] E.L., Schweitzer, J.J., papike and A.E. Bence, "Statistical analysis of clinopyroxene from deep -sea basalts", *Geophysical Research Letters*, **5** (1978) 573-576.

[9] R.T., Helz, "Phase relation of basalt in their melting ranges at PH₂O=5kbar as a function of Oxygen fugacity", part I .Mafic phases. *Journal of petrology*, **14** (1973) 249-302.

[10] P., Nimis, and W. R. Taylor," Single pyroxene thermobarometry for garnet peridotites, Part I, Calibration and evaluation of the Cr-in-pyroxene barometer and enstatite solvus thermometer", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **139** (2000) 541-554.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی