

شیمی کانی کلینوپیروکس در ارزیابی دما-فشار و ژنر بازالت‌های متاسوماتیسمی سازند هرمز در گنبد‌های نمکی گچین و جزیره هرمز، جنوب ایران

رقیه نعمتی^(۱)، علی کنعانیان^(۲)، محمدعلی مکی‌زاده^(۳) و صدیقه تقی‌پور^(۴)

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

۲. دانشیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

۳. استادیار دانشکده زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

۴. دانش‌آموخته دکتری پترولوژی، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۵

چکیده

گنبد‌های نمکی گچین و هرمز متشکل از سازند هرمز، در استان هرمزگان و منطقه زاگرس چین‌خورده واقع شده‌اند. براساس مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌های سنگ‌های بازالتی در دو مرحله تشکیل شده‌اند؛ ابتدا کانی‌های آذرین: کوارتز، فلدسپار، پیروکسن، آمفیبول و سپس کانی‌های متاسوماتیسمی: ترمولیت-اکتینولیت، کلریت، اپیدوت، کلسیت، بیوتیت، آلبیت و اکسید آهن. متاسوماتیسم شدید در منطقه، کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌ها را تغییر داده است؛ ولیکن اکثر کلینوپیروکسن‌ها برخلاف سایر کانی‌ها، بدون تغییر باقی مانده‌اند، بنابراین از شیمی کلینوپیروکسن‌ها جهت تشخیص طبیعت و محیط تکتونیکی ماگمای مادر در سازند هرمز منطقه استفاده شد. آنالیز نقطه‌ای میانگین ترکیب کلینوپیروکسن‌های گنبد نمکی گچین را اوژیت ($Wo_{27.66}En_{45.44}Fs_{26.91}$) و کلینوپیروکسن‌های گنبد نمکی هرمز را اوژیت تا دیوپسید ($Wo_{43.36}En_{32.71}Fs_{23.93}$) نشان داد. این کانی‌ها از گروه کلسیم-اسکولا هستند. نمودارهای شیمیایی براساس ترکیب کلینوپیروکسن‌ها، نمونه‌های گنبد نمکی هرمز را از نوع بازالت‌های جزایر قوسی و گنبد نمکی گچین را از نوع بازالت‌های تولیتی درون قاره‌ای و با طبیعت ساب‌آکالین معرفی می‌کنند. میانگین دمای تقریبی تشکیل کلینوپیروکسن‌ها برای گنبد هرمز ۸۷۵ درجه سانتی‌گراد، جهت گنبد گچین ۹۹۷ سانتی‌گراد و فشار تشکیل آنها کمتر از 2kb به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سازند هرمز، گنبد نمکی، کلینوپیروکسن، ترموبارومتري، محیط تکتونیکی.

مقدمه

هرمز واقع در استان هرمزگان می‌باشد و حاصل دیاپیرسیم نمک هستند (Walthman, 2008). سنگ‌های آذرین این مجموعه متحمل متاسوماتیسم شدید شده‌اند. از آثار این پدیده در گنبد‌ها می‌توان به ظهور کانی‌های جدید از قبیل آلبیت، الیزیت، ریبکیت، اژیرین،

گنبد‌های نمکی جنوب ایران به لحاظ دارا بودن سنگ‌های آذرین و دگرگونی منحصربه‌فرد بوده و حدود ۸۰ درصد آنها دارای سنگ‌های آتشفشانی می‌باشند (مرادی، ۱۳۸۲). گنبد‌های نمکی مورد مطالعه شامل گچین و جزیره

* نویسنده مرتبط: memati59@yahoo.com

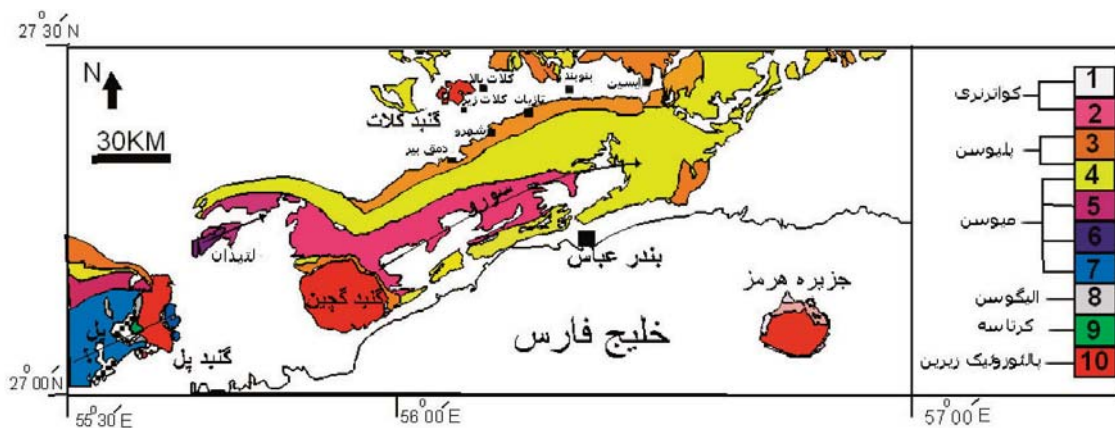
مانده است؛ کاربرد بهتری دارد. کلینوپیروکسن نقش مهمی در مطالعه پترولوژی آذرین دارد و امکان مطالعه تغییرات مذاب اولیه حاصل از گشته را فراهم می‌کند (Johnson and Dick, 1992) و به‌عنوان یک فاز تفریقی در عمق، نقش مهمی را در مطالعه ژئوشیمی آذرین ایفا می‌کند (Damascene et al., 2002). در واقع ترکیب فنوکریست این کانی ثبت‌کننده تاریخچه رشد بلوری آن طی تحولات ماگمایی و تفریق ماگمایی تحت شرایط مختلف دما، فشار، سرعت سرد شدن و دیگر پارامترها است (Azomov et al., 2001).

جهت این مطالعات گندهای نمکی گچین و جزیره هرمز انتخاب شدند تا بدون تاثیرات متاسوماتیسم بر کلینوپیروکسن‌ها، بتوان نتیجه‌گیری بهتری از خصوصیات ماگمای سازند هرمز به دست آورد. پس از جمع‌آوری ۱۸۰ نمونه و تهیه مقاطع نازک، توسط میکروسکوپ پلاریزان لایتز و المپوس BH-2 مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و تا حد ممکن میزان دگرسانی سنگ‌ها و تغییرات کانی‌ها انجام شد. جهت بررسی دقیق ترکیب کانی‌های کلینوپیروکسن آنالیز میکروپروب با دستگاه پروب مدل SX50 با سه طیف‌سنج در دیپارتمان علوم زمین دانشگاه تورنتو کانادا انجام شد؛ ولتاژ شتاب‌دهنده ۱۴Kv و شدت جریان ۱۵nA و ۱um پرتو نامتمرکز، جهت فازهای بی‌آب بوده است.

اپیدوت، کوارتز و کلریت اشاره کرد (درویش زاده، ۱۳۶۹؛ سبزه‌ای، ۱۳۶۸؛ جعفری‌صدر، ۱۳۷۰ و مرادی، ۱۳۸۲). متاسوماتیسم تقریباً در تمام سنگ‌های آذرین منطقه با نسبت‌های متفاوت گزارش شده و با آنالیز این سنگ‌های آذرین متاسوماتیسمی، نظریه‌های متفاوتی جهت تعیین نوع و طبیعت ماگمای سازند هرمز ارائه شده است که به شرح ذیل می‌باشد:

شوشونیتی: الیاسی و همکاران (۱۳۵۵)؛ آلکالن سدیک: سبزه‌ای (۱۳۶۸)؛ آلکالن پتاسیک: درویش زاده (۱۳۶۹)؛ کالکوالکالن: جعفری‌صدر (۱۳۷۰)، مرادی (۱۳۸۲)، روند تفریق را کالکوالکالن و بازالت‌ها را تولیتی تا تحولی و تقی‌پور (۱۳۸۶) در منطقه زاگرس بلند طبیعت ماگما را ساب‌آلکالن با گرایش به آلکالن معرفی می‌کنند. با توجه به تعدد نظریه‌ها و نیز در دسترس نبودن سنگ‌های آذرین بدون تاثیر متاسوماتیسم، جهت تعیین محیط تکتونیکی، طبیعت و خصوصیات ماگمای مادر سنگ‌های آذرین سازند هرمز، کلینوپیروکسن‌های سالم موجود در بازالت‌ها استفاده شد تا نتیجه قابل اعتمادی به دست آید.

کلینوپیروکسن یکی از مقاوم‌ترین کانی‌ها در برابر دگرسانی است. در مورد بازالت‌های دگرسان شده که هسته فنوکریست‌های کلینوپیروکسن از لحاظ شیمیایی بی‌تغییر



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی و موقعیت گندهای مورد مطالعه برگرفته از فخاری، ۱۳۷۴. شرح علائم: ۱ و ۲) رسوبات عهد حاضر: رس، مارل و گراول، ۳) سازند بختیاری: کنگلومرا، ۴) سازند آغاچاری: ماسه‌سنگ و مارل قرمز، ۵) سازند میشان: مارل خاکستری، ۶) گوری ممبر: سنگ آهک، ۷) سازند گچساران: مارل، انیدریت و کمی نمک، ۸) سازند آسماری: سنگ آهک، ۹) گروه بنگستان: شیل بیتومینه و سنگ آهک، ۱۰) سری هرمز، گندها و یخسارهای نمکی: رسوبات پالئوژئوکریستین و سنگ‌های آذرین قدیمی

شده است. سازند میشان در جنوب، جنوب غرب و نیز در غرب و شرق جزیره دیده می‌شود. واحد H1 سازند هرمز در بخش‌های مرکزی جزیره به‌صورت لایه‌های قرمز رنگ نمک با تناوبی از آهک و مارن و توف دیده می‌شود و تقریباً هر چهار واحد سازند هرمز در جزیره حضور دارند. البته به علت به‌هم‌ریختگی شدید امکان پی‌گیری یک لایه خاص در جزیره به‌طور پیوسته وجود ندارد. H2: ریولیت، ایگنمبریت، همراه لایه‌های مارن، ماسه سنگ، اخرا، ژپیس است. H4: توف، ماسه‌سنگ و ژپیس است. مرز H2 و H3 با لایه‌های ژپیس، اخرا با میان لایه‌های ماسه سنگی مشخص می‌گردد (مرادی ۱۳۸۲).

نمونه‌های فنوکریست کلینوپیروکسن به‌صورت رگه‌های مشخص قابل مشاهده است (شکل ۲).

گنبد نمکی گچین

گنبد نمکی گچین، گنبدی کم ارتفاع در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب غرب بندرعباس است. از لحاظ کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی مشابه گنبد نمکی هرمز می‌باشد و سنگ‌های آذرین متنوع دارد. بخش عمده گنبد را واحد H1 می‌سازد و دیگر واحدها به‌صورت حلقه‌ای در اطراف بخش مرکزی حضور دارند (مرادی، ۱۳۸۲).



شکل ۲. الف) رگه‌های بزرگ کلینوپیروکسن‌ها در کنار قطعاتی از بازالت و نمک، ب) قطعات مجتمع فنوکریست‌های کلینوپیروکسن

بافت غالب قابل مشاهده در بازالت‌ها شامل: پورفیری، بادامکی و اینترسرتال است. بافت آمیگدالوئیدال که حفرات آن توسط کلریت پر شده است، دیده می‌شود. براساس مطالعه پتروگرافی، بازالت بادامکی تشخیص داده شد که حفرات تحت تاثیر محلول‌های

زمین‌شناسی گنبد‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه متعلق به زون چین‌خورده زاگرس است (شکل ۱). در طول پروتروزوئیک پسین، فاز پان آفریکن بر ایران اثر نموده و در اواخر این فاز، حوضه‌ای پلاتفرم تشکیل گردیده است. اولین رسوباتی که در این حوضه ته‌نشین شدند؛ رسوبات تبخیری مانند نمک و گچ بوده‌اند. رسوبات مذکور را، سازند هرمز نامیده‌اند (Blanford, 1972). این سازند از چهار واحد به شرح ذیل تشکیل شده است: H1: واحد نمکی که پایین‌ترین بخش سازند هرمز را تشکیل می‌دهد. H2: لایه‌هایی از مارن-انیدریت، توف، ایگنمبریت، سنگ آهن و سنگ‌های آتشفشانی اسیدی. H3: کربنات‌های جلبکی سیاه رنگ و بد بو. H4: تناوبی از ماسه سنگ، مارن، شیل، سنگ‌های آتشفشانی اسیدی و بازیک (احمدزاده و همکاران، ۱۳۶۹). سنگ‌های آذرین در گنبد‌های نمکی جنوب ایران از تنوع زیادی برخوردارند (Talbot et al, 2009). این سنگ‌ها با ترکیب اسیدی و بازیک و به‌صورت درونی و بیرونی هستند.

جزیره هرمز

جزیره هرمز با وسعت ۴۱ کیلومتر مربع، در ۱۸ کیلومتری شهر بندرعباس، در دهانه خلیج فارس (تنگه هرمز) واقع

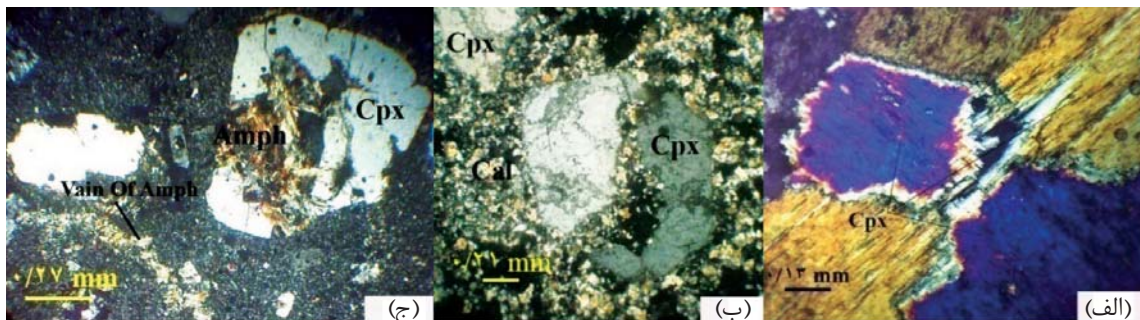
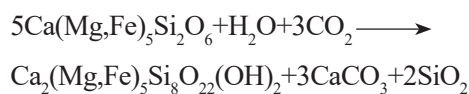


سنگ نگاری

سنگ‌های بازالتی در نمونه دستی به رنگ‌های خاکستری تا خاکستری تیره و تا حدی سبز دیده می‌شوند. این سنگ‌ها حفره دارند و داخل حفرات توسط کانی‌های ثانویه ترمولیت-اکتینولیت، کلریت، کلسیت و کوارتز پر شده است.

دگرسان کننده به وسیله کلریت و کلسیت پر شده‌اند (تقی‌پور، ۱۳۸۶). در مواردی بافت گلوپروپورفیری توسط کلینوپیروکسن‌ها یا با همراهی پلاژیوکلازها دیده می‌شود (شکل ۳-الف). کانی‌های غالب پیروکسن (۱۹-۳۴ درصد) و پلاژیوکلاز (۱۵-۴۰ درصد) می‌باشند. مقدار فلدسپات‌ها به دلیل متاسوماتیسم متغیر می‌باشد. کوارتز، کلسیت، کانی‌های رسی، کانی‌های اپیک، ترمولیت-اکتینولیت‌های ثانویه زمینه سنگ را پر کرده‌اند. کلینوپیروکسن‌ها با ابعادی تا سه میلی‌متر متغیر و اکثراً یوهدرال هستند. کلینوپیروکسن‌های رگه‌ای و شکسته شده نیز مشاهده می‌شود. پلاژیوکلازهای شدیداً دگرسان شده در کنار پیروکسن‌های کاملاً سالم مشاهده می‌شوند. این تضاد ممکن است در اثر اختلاف در ترکیب سیال، نسبت آب به سنگ و پارامترهای فیزیکوشیمیایی دیگر باشد. حضور کلینوپیروکسن آتره نشده ممکن است دلیلی بر این باشد که سیال موثر، بیشتر از ترکیب کلی سنگ آئومینه است (Frey, 1987). پلاژیوکلازها سوسوریتی و به میزان کمتر سرسیتی شده‌اند. درسوریتی شدن آنورتیت به اپیدوت و پلاژیوکلاز باقی مانده به آلبیت تبدیل شده است. اپیدوت حاصل از فلدسپات‌ها بیشترین مقدار از کانی‌های محصول

سوسوریتی شدن را به خود اختصاص می‌دهد. در سنگ‌های بازالتی، متاسوماتیسم به صورت سوسوریتی و به میزان کمتر سرسیتی شدن پلاژیوکلازها، کلریتی شدن آمفیبول‌ها دیده می‌شود و تشکیل فنوکریست‌های آلبیت حاصل از متاسوماتیسم سدیک مشاهده می‌گردد. کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت، کوارتز و اپیدوت حفرات را پر کرده‌اند (شکل ۳-ب) و این سنگ‌ها متاسوماتیسم سدیک، کلسیک، منیزین و سیلیسی را به ترتیب متحمل گشته‌اند. در نمونه‌های گنبد نمکی جزیره هرمز شدت دگرسانی بیشتر از نمونه‌های گنبد گچین است و به علت تجزیه و دگرسانی بیشتر کانی‌ها، زمینه دانه ریزتر شده است. نبود استرس قوی جهت‌دار در این سنگ‌ها با رشد توده‌ای و بی‌جهت کانی‌های ثانویه در حفرات و رگه‌ها مشخص می‌گردد. فنوکریست‌های کلینوپیروکسن از نمونه‌های کاملاً سالم تا حدی دگرسان شده به اورالیت و اکتینولیت مشاهده می‌گردد (شکل ۳-ج). ترمولیت و اکتینولیت می‌تواند از کلینوپیروکسن دی‌پوسید-هدنبریت طبق رابطه زیر ایجاد شود (Deer et al., 1992).



شکل ۳. الف) تجمع‌های کلینوپیروکسن‌ها با مرزهایی مضرس (G.N.A.c)، ب) فنوکریست یوهدرال شکسته شده کلینوپیروکسن در زمینه‌ای از اپیدوت و کلسیت (H.PX1)، ج) کلینوپیروکسن در حال اورالیتی شدن (H.P.3.a)

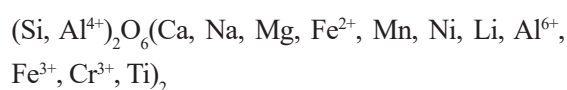
شیمی کلینوپیروکسن‌ها

کانی در دو گنبد نمکی باشد. براساس تقسیم‌بندی اسمیت و چنی نقل از (Wen et al., 2001)، پیروکسن‌هایی که از رابطه زیر تبعیت کنند جز کلینوپیروکسن‌های بسیار پر سیلیس و کلسیم-اسکولا قرار می‌گیرند. پیروکسن‌های گچین و هرمز دارای این ویژگی هستند.

براساس داده‌های میکروپروپ در صد اکسیدهای عناصر اصلی براساس شش اتم اکسیژن محاسبه گردید (جدول ۱ و ۲). تفاوت در میان نوع کلینوپیروکسن و تغییرات عناصر بین دو گنبد مشخص است که می‌تواند به دلیل ژنز متفاوت این

گچین، اوژیت با فرمول $(\text{Mg}_{0.840}, \text{Fe}_{0.245})(\text{Ca}_{0.511}, \text{Na}_{0.017})$ و $(\text{Si}_{2.103}, \text{Al}_{0.131})$ و نمونه‌های جزیره هرمز در محدوده اوژیت تا دیوپسید با فرمول $\text{Ca}_{0.785}(\text{Mg}_{0.638}, \text{Fe}_{0.191})(\text{Si}_{2.030})$ قرار می‌گیرند (شکل ۵).

فرمول ساختاری پیروکسن‌ها براساس شش اتم اکسیژن و چهار کاتیون محاسبه می‌گردد (Viten and Hamm, 1978).



$(\text{Si}+\text{Ti}) > (\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}+\text{Mn}-\text{Ni}-2\text{Na})$
در مقایسه نمونه‌های گچین در برابر هرمز، میزان سیلیس بیشتر، آلومینوم و کلسیم کمتری دارند. این تفاوت‌ها می‌تواند مربوط به اختلاف درجه تفریق باشد (Arvin, 1991).

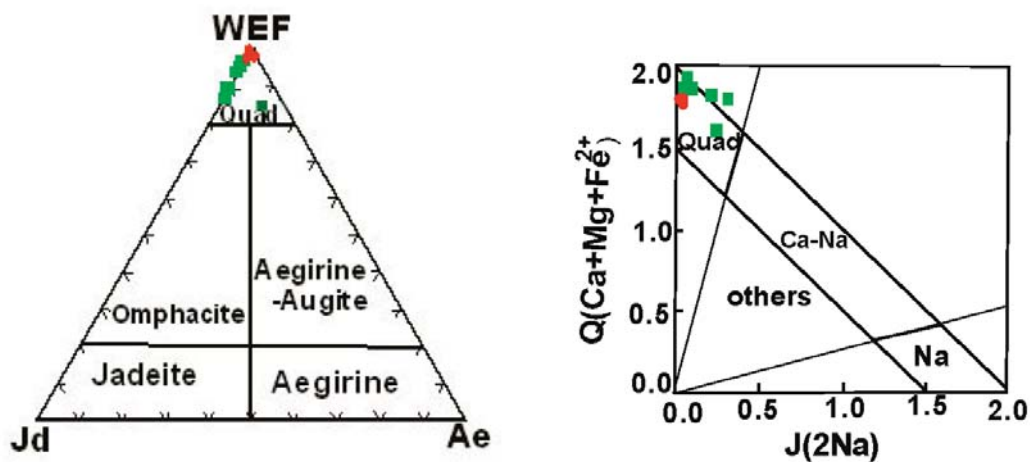
در نمودار Q-J (Morimoto, 1989) پیروکسن‌ها در محدوده پیروکسن‌های آهن-منیزیم-کلسیم قرار می‌گیرند (شکل ۴). فنوکریست‌های پیروکسن در دو محدوده دیوپسید-اوژیت و با تفکیک منطقه‌ای، کلینوپروکسن‌های گنبد

جدول ۱. نتایج آنالیز میکروپروب کانی‌های کلینوپروکسن گنبد نمکی گچین و کاتیون‌ها که براساس شش اتم اکسیژن محاسبه شده است

Sample	G.N.A.c.2	G.N.A.e.1	G.N.A.e.2	G.N.A.f.2.a	G.N.A.f.2.c
SiO ₂	۵۵/۵۷۵	۵۵/۳۵۲	۵۵/۳۲۶	۵۵/۵۵۴	۵۱/۴۲۲
TiO ₂	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Al ₂ O ₃	۰/۵۲۰	۰/۷۱۳	۰/۱۳۴	۰/۵۳۰	۱/۲۰۵
FeO	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Fe ₂ O ₃	۱۴/۳۴۵	۱۵/۵۶۴	۱۶/۰۰۰	۱۴/۵۰۰	۱۶/۳۰۹
Cr ₂ O ₃	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
MnO	۰/۲۴۶	۰/۲۰۲	۰/۲۳۵	۰/۲۴۵	۰/۲۳۵
MgO	۱۵/۶۴۳	۱۴/۸۴۰	۱۴/۴۸۱	۱۵/۶۳۰	۱۲/۶۸۱
CaO	۱۲/۴۸۲	۱۲/۴۳۹	۱۲/۷۶۶	۱۲/۵۰۱	۱۱/۷۸۵
Na ₂ O	۰/۲۰۷	۰/۲۵۴	۰/۲۰۹	۰/۲۰۶	۰/۲۸۷
K ₂ O	۰/۰۴۸	۰/۰۸۱	۰/۰۰۲	۰/۰۴۵	۰/۱۱۹
sum	۹۹/۰۶۶	۹۹/۴۴۵	۹۹/۱۵۳	۹۹/۲۱۱	۹۴/۰۴۳
Si	۲/۱۳۱	۲/۱۲۷	۲/۱۴۱	۲/۱۲۸	۲/۱۰۹
Al	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲	۰/۰۰۶	۰/۰۲۴	۰/۰۵۸
Fe	۰/۴۱۳	۰/۴۵۰	۰/۴۶۶	۰/۴۱۷	۰/۵۰۳
Ti	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Cr	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Mg	۰/۸۴۹	۰/۸۵۰	۰/۸۳۶	۰/۸۹۳	۰/۷۷۵
Mn	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸
Ca	۰/۵۱۳	۰/۵۱۲	۰/۵۲۹	۰/۵۱۳	۰/۵۱۸
Na	۰/۰۱۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳
K	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶
Sum_cat	۳/۹۵۴	۴/۰۰۱	۴/۰۰۲	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰
WO	۲۸/۰۴۵	۲۸/۱۶۳	۲۸/۸	۲۸/۰۱۹	۲۸/۷۰۳
EN	۴۸/۹۰۴	۴۶/۷۵	۴۵/۴۵۵	۴۸/۷۴۴	۴۲/۹۷۴
FS	۲۳/۰۵۱	۲۵/۰۸۷	۲۵/۷۴۵	۲۳/۲۲۷	۲۸/۳۲۳

جدول ۲. نتایج آنالیز میکروپروب کانی‌های کلینوپیروکسن گنبد نمکی هرمز و کاتیون‌ها که براساس شش اتم اکسیژن محاسبه شده است

Sample	h.p.3.a	h.p.3.b	h.p.3.c	H.PX1	H.PX2
SiO ₂	۵۳/۱۹۸	۵۲/۹۷۶	۵۲/۸۷۹	۴۹/۴۹۹	۴۹/۹۶۶
TiO ₂	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۳۱	۰/۴۵۶	۰/۰۴۹
Al ₂ O ₃	۰/۵۳۴	۰/۹۰۱	۰/۷۴۲	۷/۹۹۴	۰/۱۷۲
FeO	۱۳/۵۸۸	۱۲/۴۰۲	۱۳/۰۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Fe ₂ O ₃	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۵/۲۸۱	۲۲/۱۵۴
Cr ₂ O ₃	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۲۴	۰/۰۰۰
MnO	۰/۰۹۸	۰/۱۴۴	۰/۱۰۹	۰/۰۶۶	۰/۱۳۶
MgO	۹/۱۳۲	۱۰/۲۰۳	۱۰/۵۴۳	۱۷/۲۴۱	۵/۱۵۲
CaO	۲۱/۲۰۱	۲۰/۹۸۰	۲۰/۱۰۱	۱۷/۱۸۸	۱۹/۸۶۱
Na ₂ O	۱/۴۵۳	۰/۴۱۳	۰/۶۵۴	۰/۸۲۲	۲/۱۵۶
K ₂ O	۰/۲۴۳	۰/۲۱۱	۰/۲۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
sum	۹۹/۴۴۷	۹۸/۲۳۰	۹۸/۲۸۴	۹۹/۴۷۱	۹۹/۶۵۰
Si	۲/۰۳۲	۲/۰۵۲	۲/۰۴۳	۱/۸۰۴	۱/۹۶۳
Al	۰/۰۲۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۴	۰/۳۴۴	۰/۰۰۸
Fe	۰/۴۳۴	۰/۴۰۲	۰/۴۲۰	۰/۱۴۵	۰/۷۲۳
Ti	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱
Cr	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰
Mg	۰/۵۲۰	۰/۵۸۹	۰/۶۰۷	۰/۹۳۷	۰/۳۰۲
Mn	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵
Ca	۰/۸۶۸	۰/۸۷۱	۰/۸۳۲	۰/۶۷۱	۰/۸۳۶
Na	۰/۱۰۸	۰/۰۳۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۸	۰/۱۶۴
K	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Sum_cat	۴/۰۰۱	۴/۰۰۱	۴/۰۰۰	۴/۰۰۱	۴/۰۰۱
WO	۴۷/۵۴۶	۴۶/۶۵۳	۴۴/۶۵۶	۳۸/۲۵۱	۴۴/۸۸۰
EN	۲۸/۴۹۵	۳۱/۵۶۸	۳۲/۵۸۹	۵۳/۳۸۷	۱۶/۲۰۰
FS	۲۳/۹۵۹	۲۱/۷۷۹	۲۲/۷۵۵	۸/۳۶۲	۲۲/۴۶۰

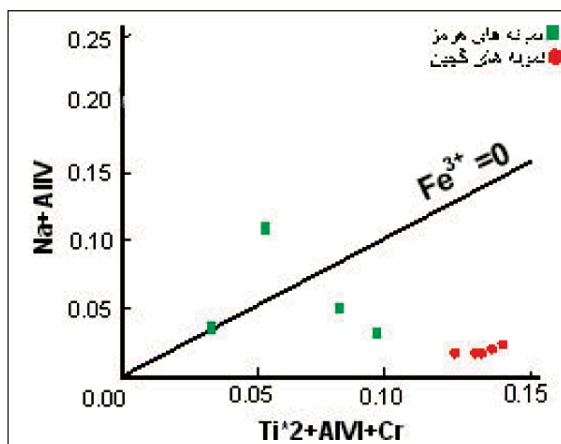


شکل ۴. نمودار مثلثی و Q-J طبقه‌بندی پیروکسن‌ها (Morimoto, 1989). این نمونه‌ها در موقعیت سرشار از آهن، منیزیم و کلسیم قرار می‌گیرند

ذوب‌شدگی مرطوب منبع‌گوشته‌ای تهی شده با خروج ۲۰ تا ۳۰ درصد مایع حاصل از ذوب باشد (Mordic and Glazner, 2006). بنابراین استنباط می‌شود که نمونه‌ها موید مناطق جزایر قوسی و تولید شدن از ذوب مرطوب منبع‌گوشته‌ای تهی شده باشند. همان‌طور که اشاره شد، مقدار TiO_2 در کلینوپیروکسن‌ها به سرعت سرد شدن بستگی دارد؛ هرچه سرعت سرد شدن بالاتر باشد، میزان ضریب Ti افزایش می‌یابد (Coish and Taylor, 1979). بنابراین سرعت سرد شدن ماگمای مادر بسیار کند بوده است.

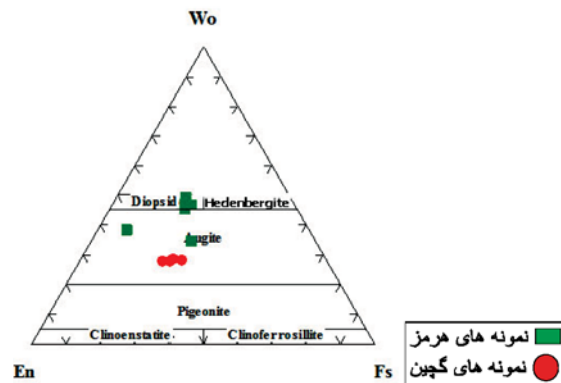
میزان کم آلومینوم IV مرتبط با افزایش تفریق Si در ماگماهای غیر آکالن و آکالن معمولی می‌باشد؛ که درصد Al موقعیت کوردینانس تراهدرال کاهش می‌یابد و مقدار Al و Ti در کلینوپیروکسن‌های آکالی بیشتر از کلینوپیروکسن‌های تولییتی می‌شود و نیز تیتانیوم کم و سیلیس بالا از ویژگی سنگ‌های آذرین کمان‌های آتشفشانی است (Le Bass, 1962). لذا طبیعت ماگمای بازالت‌ها، تولییتی و ساب آکالن به نظر می‌رسد.

بر اساس نمودار تغییرات $Al^{IV}+Na$ در مقابل $Al^{VI}+2Ti+Cr$ ، مقدار آهن فریک پیروکسن‌ها تابعی از فوگاسیته اکسیژن در محیط تشکیل آنهاست. طبق این نمودار نمونه‌ها در پایین خط $Fe^{3+}=0$ قرار می‌گیرند که به معنی کم بودن فوگاسیته اکسیژن در محیط تشکیل پیروکسن‌ها می‌باشد (شکل ۶).



شکل ۶. نمودار تغییرات $Na+Al^{IV}$ در مقابل $Al^{VI}+2Ti+Cr$ (Bence et al., 1975)

کلینوپیروکس‌های هرمز در مقایسه با متوسط



شکل ۵. تقسیم‌بندی Wo-En-Fs جهت پیروکسن‌های Ca-Mg-Fe (Morimoto, 1989) نمونه‌ها محدوده اوژیت (گنبد نمکی گچین) و اوژیت تا دیوپسید (جزیره هرمز) را نشان می‌دهند

بحث

منطقه‌بندی مشخصی در این فنوکریست‌ها مشاهده نگردید، نبود منطقه‌بندی در پیروکسن‌ها می‌تواند ناشی از ماگمایی منشأ گرفته از یک مخزن ماگمایی هموزن باشد (Cathy and Nash, 2009).

سرعت سرد شدن مذاب بازالتی بر ترکیب کلینوپیروکسن‌ها اثر می‌گذارد؛ به این صورت که در سرعت‌های بالای سرد شدن کلینوپیروکسن از Ca, Mg, Fe^{2+} , Si تهی و از Na , Fe^{3+} , Al^{IV} , Ti غنی می‌گردد (Mollo et al., 2010). میزان بسیار کم و حتی عدم وجود Fe^{3+} , Ti, Al^{IV} در نمونه‌ها دلیلی بر سرعت پائین سرد شدن ماگمای بازالتی مولد این کلینوپیروکسن‌ها است؛ که خود موید توقف این ماگما در پوسته و احتمالاً تشکیل ماگمای ریولییتی است.

Ti^{4+} می‌تواند جز متشکلین اصلی کلینوپیروکسن‌ها باشد. عدم حضور تیتانیوم در این کلینوپیروکسن‌ها با دلایل زیر قابل توجیه است:

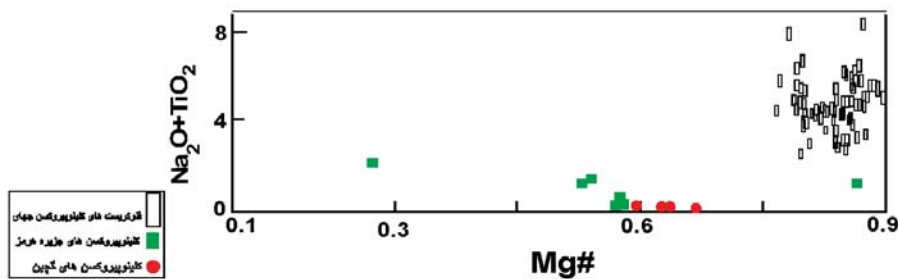
ایجاد ماگما از منبع گوشته‌ای تهی شده از تیتانیوم منجر به تولید ماگمایی فقیر از تیتانیوم می‌شود.

همچنین میزان بسیار کم تیتانیوم را مربوط به بونینیت‌ها و جزایر قوسی در مناطق سوپرا سابداکشن دانسته‌اند که از ذوب مرطوب گوشته فوقانی تهی شده، ماگمای حاوی آب تولید می‌گردد (Pearce and Norry, 1979).

میزان تیتانیوم بسیار کم و منیزیم بالا می‌تواند مربوط به

مربوط به سرعت پائین سرد شدن ماگمای بازالتی حاوی کلینوپیروکسن باشد که سبب گشته میزان این عناصر در کلینوپیروکسن ها کاهش یابد (Mollo et al., 2010).

کلینوپیروکس های دنیا از لحاظ عدد منیزیم و نیز میزان اکسیدهای سدیم و تیتانیوم در حد کمتری قرار گرفته اند (شکل ۷). کمی سدیم، تیتانیوم و عدد منیزیم می تواند



شکل ۷. مقایسه کلینوپیروکسن های هرمز با فنوکریست های کلینوپیروکسن دنیا برگرفته از (Rogers and Grutter 2009)

میزان کمتری از آن وارد جریان تبلور پیروکسن می گردد. زمانی که میزان سدیم در ماگما افزایش یابد در کلینوپیروکسن مقدار آن افزایش می یابد. تهی شدگی از اکسید تیتانیوم نیز می تواند به علت تهی شدگی این عنصر در ماگما به دلیل تبلور اکسیدهای آهن و تیتانیوم باشد و تغییرات TiO_2 و Na_2O نتیجه تحول ماگمای بازالتی است که به دلیل کاهش دما دچار تبلور می شود (Stone and Niu, 2009) (Mordic and Glazner, 2006) و میزان کروم بسیار کم این کلینوپیروکسن ها آنها را در رده انواع فقیر از کروم قرار می دهد که به تبلور از مذاب های غنی از آهن نیاز دارند (Akinin et al., 2005).

سری ماگمایی و محیط زمین ساختی کلینوپیروکسن ها

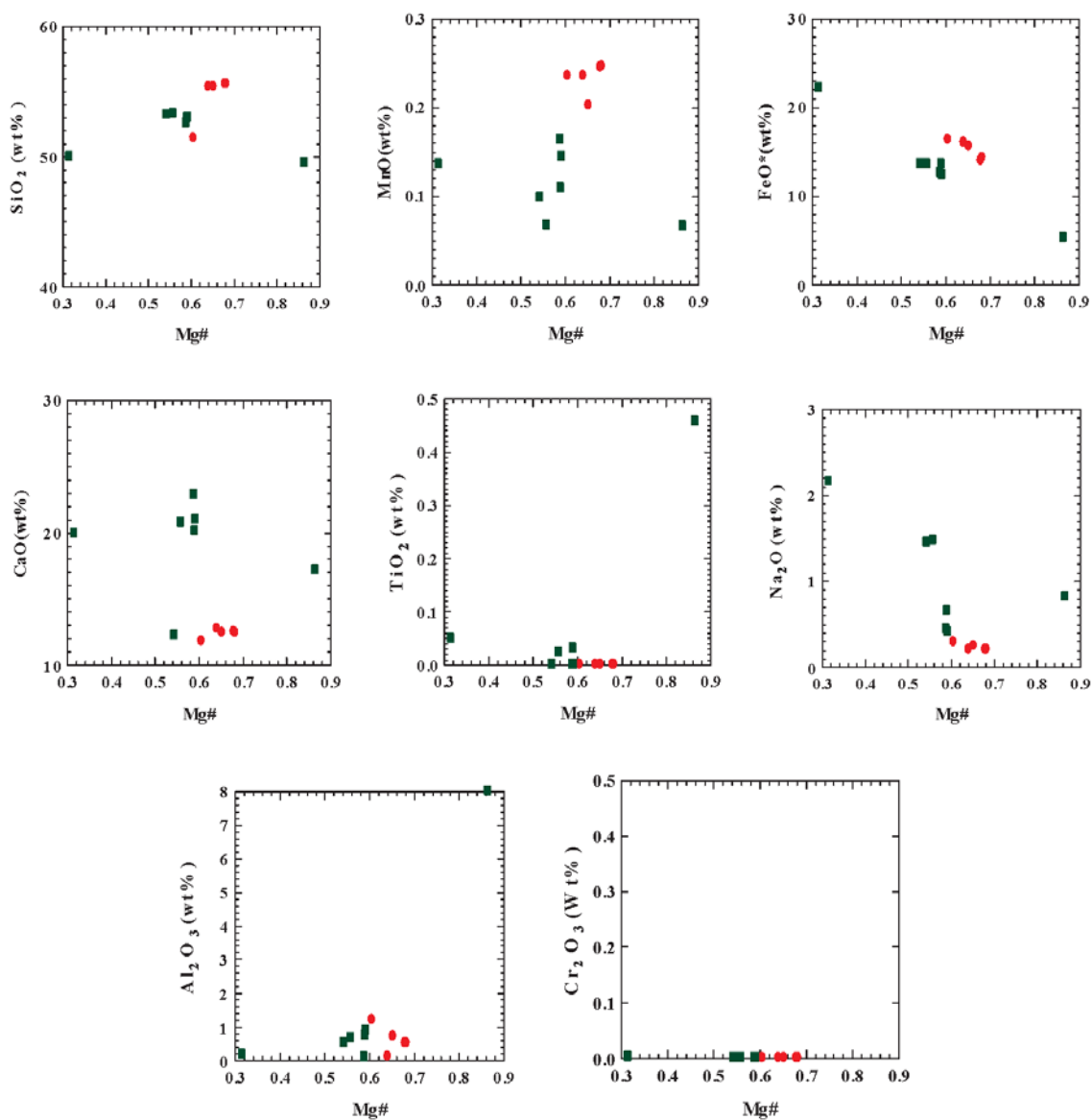
ترکیب کلینوپیروکسن بخصوص فنوکریست های آن براساس شیمی گدازه میزان تغییر می کند و ترکیب آنها تفاوت های شیمیایی بین انواع ماگما های بازالتی را خیلی دقیق تر از ترکیب زمینه نشان می دهد (Leterric et al., 1993) و Rollinson, 1982. این خاصیت جهت شناسایی مکان های مختلف زمین ساختی بکار می رود (Nisbet and Le Bass, 1962) و Pearce, 1977. نمونه ها در نمودار Qiu (۱۹۹۱) در محدوده ساب آکالین قرار می گیرند (شکل ۹).

نمودار Nisbet and Pearce (1977) روش تشخیصی مفیدی جهت شناسایی محیط های تکتونیکی از آنالیز

نمودارهای دوتایی تغییرات کلینوپیروکسن

در ترکیب پیروکسن ها سیلیس و اکسیدهای آلومینوم، آهن، منیزیم و کلسیم از اجزای اصلی هستند و اکسیدهای تیتانیوم، منگنز، پتاسیم و سدیم به میزان کمتر حضور دارند. به طور معمول پیروکسن ها غنی از Mg هستند و عدد منیزیم $(Mg/(Mg+Fe^{2+}))$ به عنوان شاخصی جهت بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی پیروکسن ها مورد استفاده قرار می گیرد. از نمودار تغییرات Mg# در برابر سایر عناصر بر پایه a.p.f.u استفاده می گردد. نمودارهای تغییرات فراوانی عناصر می تواند نشانه پیشرفت تفریق ماگمایی باشد (شکل ۸). در بررسی این عناصر میزان منیزیم پیروکسن های منطقه گچین بیشتر از جزیره هرمز است. کلینوپیروکسن های گنبد نمکی گچین نسبت به جزیره هرمز دارای آهن، سیلیس و منگنز بیشتر و سدیم و کلسیم کمتری هستند.

در این نمودارها CaO ، Al_2O_3 ، FeO و MnO نسبت مستقیمی با Mg# دارند در حالی که TiO_2 (اکسید تیتانیوم) در نظر گرفتن میزان بسیار ناچیز آن و Na_2O نسبتی معکوس با Mg# در کلینوپیروکسن دارند. کلینوپیروکسن های گنبد نمکی گچین فاقد اکسید تیتانیوم هستند ولی نمونه های جزیره هرمز مقدار بسیار کمی اکسید تیتانیوم دارند. روند کاهش Na_2O در تبلور کلینوپیروکسن همراه با افزایش میزان عدد منیزیم می تواند به علت کاهش این اکسید در مذاب به دلیل تبلور پلاژیوکلاز غنی از سدیم باشد؛ که هرچه میزان اکسید سدیم در مذاب کاهش یابد،



شکل ۸. نمودارهای تغییرات ترکیب کلینوپیروکسن‌ها در برابر Mg#

هستند و توزیع H^+ و کلینوپیروکسن به رفتار Al^{IV} بستگی دارد.

هرچه میزان Al^{IV} کلینوپیروکسن‌ها کم باشد که مبین تبلور آنها از ماگمایی کم آلومینوم است، دارای کمترین مقدار ضریب توزیع H_2O بین کلینوپیروکسن و مذاب ($D_{H_2O}^{Cpx-melt}$) است و نشان‌دهنده این است که کلینوپیروکسن که کانی بی‌آبی است؛ می‌تواند مقادیری آب را حمل کند. براین اساس کم بودن میزان Al^{IV} نشان می‌دهد که کانی بسیار کم آب یا بی‌آب است (O'Leary et al., 2010).

کلینوپیروکسن‌ها در سنگ‌های بازالتی است و مشکل تحرک شیمیایی در آن کاهش می‌یابد؛ اما به اندازه استفاده از عناصر کمیاب غیر متحرک موثر نیست (شکل ۱۰). بر این اساس آن نمونه‌های هرمز در منطقه بازالت‌های قوسی و گچین در محدوده تولیت‌های درون صفحه‌ای قرار می‌گیرند و اما در نمودار (Leterrier et al., 1982) که از عناصر Na, Al, Ca, Cr, Ti استفاده شده است (شکل ۱۱) نمونه‌ها در محدوده تولیتی و کالک آلکان قرار می‌گیرند. بازالت‌های مرتبط با مناطق قوسی، دارای مقادیری آب

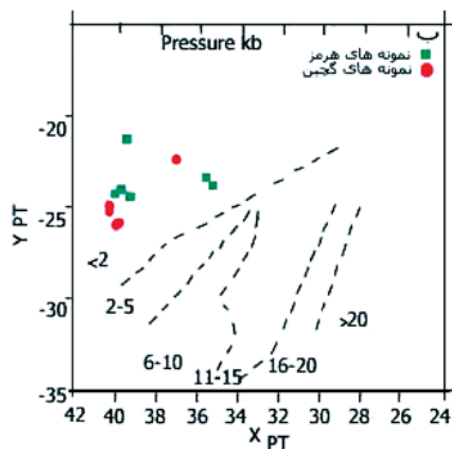
ژئوترمو بارومتري پيروکسن

نسبت Al^{VI}/Al^{IV} پيروکسن‌ها به‌عنوان معیاری برای سنجش فشار در پيروکسن‌ها استفاده می‌گردد. نسبت کمتر از واحد Al^{VI}/Al^{IV} را نشانگر تشکیل این کانی در فشار کمتر از ۱۰ کیلو بار می‌دانند (Wass, 1979)؛ که در مورد نمونه‌های آنالیز شده صادق است. محاسبات بر اساس فرمول (Soesoo, 1997)، فشار تشکیل کلینوپيروکسن‌ها را کمتر از دو کیلو بار نشان می‌دهد (شکل ۱۲). در ترمومتري کلینوپيروکسن فرض بر این قرار دارد که آنها با مذاب سازنده سنگ که معادل ترکیب کلی سنگ می‌باشد، در تعادل هستند (Mordic and Glazner, 2006).

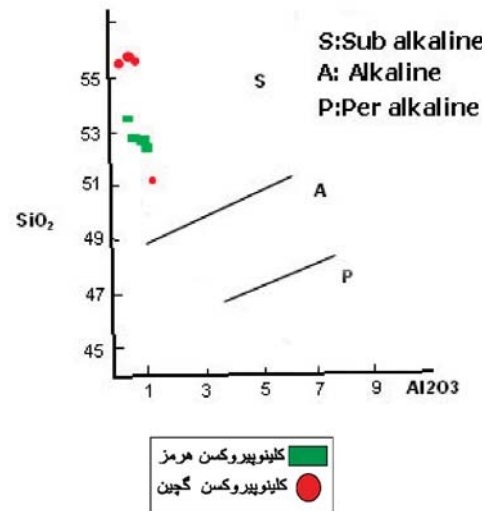
(Nimis and Taylor, 2000) به‌طور تجربی از کلینوپيروکسن‌های سنتزی برای کالیبراسیون در دماهای بین ۸۵۰-۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشارهای ۰-۶ کیلو بار استفاده کرده و فرمول خود را ارائه دادند. به کمک این فرمول ترمومتري کلینوپيروکسن‌های مورد مطالعه انجام گرفت. این دما سنجی‌ها تا حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد خطا دارد. دماها در فشارهای یک و پنج کیلو بار محاسبه شده است (جدول ۳). کلینوپيروکسن‌های گنبد نمکی گچین دمای تبلور بیشتری نسبت به کلینوپيروکسن‌های جزیره هرمز نشان می‌دهد، این مسئله را می‌توان به سطحی‌تر بودن شرایط آتشفشانی حاکم بر سنگ‌های جزیره هرمز توجیه کرد.

$$T(K) = 23166 + 39.28 * P / 13.25 + 15.35 * Ti + 4.50 * Fe - 1.55 * (Al + Cr + Na + K) + (Lna^{cpx}_{en})$$

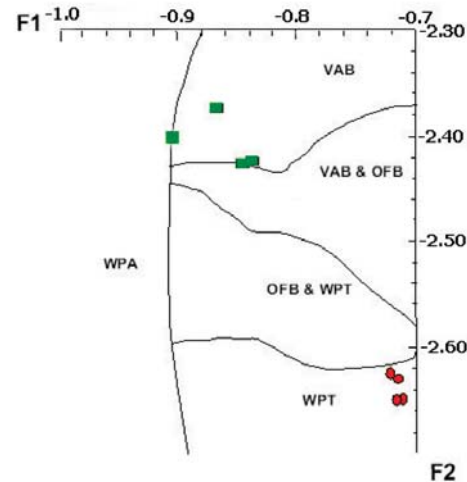
$$a^{cpx}_{en} = (1 - Ca - Na - K) * (1 - 1/2(Al + Cr + Na + K))$$



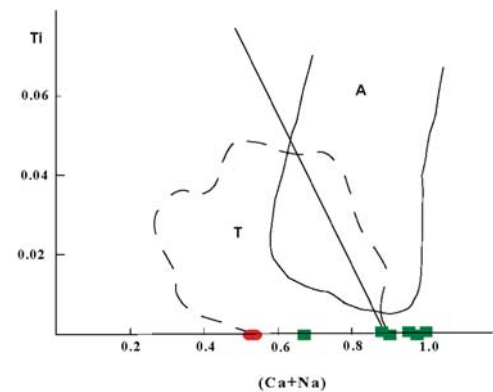
شکل ۱۲. محاسبه فشار تشکیل کلینوپيروکسن‌ها بر اساس فرمول Soesoo, 1997، فشار تشکیل کلینوپيروکسن‌ها را کمتر از دو کیلو بار ارائه می‌دهد



شکل ۹. نمودار Qiu (۱۹۹۱) نقل از (Shao et al., 2000)



شکل ۱۰. نمودار F2 F1 متعلق به (Nisbet and Pearce, 1977) OFB=Ocean-floorbasalts, VAB=Volcanic-arc basalts, WPT=intraplate Tholeiitic basalts, WPA=intraplate alkali basalts

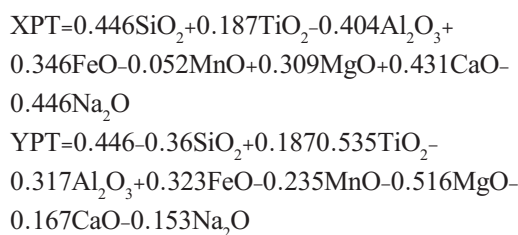


شکل ۱۱. نمودار Leterrier et al., 1982، A: بازالت‌های آلكالن و T: بازالت‌های تولیتی و كالك آلكالن

مرطوب گوشته تهی شده ایجاد و پس از صعود احتمالاً به مدت طولانی در پوسته توقف داشته و ماگمای سیلیسی و حدواسط را تولید کرده است. حضور ریولیت و بازالت در کنار هم می‌تواند دلیلی بر این امر باشد. در زمان تبلور کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز غنی از سدیم، اکسید آهن و اکسید تیتانیوم از ماگما متبلور شده‌اند و با در نظر گرفتن این امر که ماگمای مادر محتوی تیتانیوم کمی بوده است؛ با تبلور اکسید تیتانیوم و سرعت پائین تبلور، میزان این عنصر در کلینوپیروکسن‌ها به حد ناچیزی رسیده است.

منابع

- احمدزاده، م، هوشمندزاده، ع.ا. و نبوی، م. ح.، ۱۳۶۹. مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم با نگرشی ویژه به ایران، جلد اول، ۱-۲۲.
- الیاسی، ج.، امین سبحانی، الف.، بهزاد، ع.، معین وزیری، ح. و میثمی، ع.، ۱۳۵۵. زمین‌شناسی جزیره هرمز. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم زمین‌شناسی انجمن نفت ایران، ۳۱-۷۲.
- تقی‌پور، ص.، ۱۳۸۶. مطالعات کانی‌شناسی و پترولوژیکی مجموعه‌های آذرین-تبخیری گنبد‌های نمکی زاگرس بلند (استان چهارمحال بختیاری). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۲۳.
- جعفری صدر، ع.، ۱۳۷۰. زمین‌شناسی و پترولوژی مجموعه‌های آذرین و دگرگونی گنبد نمکی گچین (بندرعباس). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۴۵.
- درویش زاده، ع.، ۱۳۶۹. مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم با نگرشی ویژه به ایران، جلد اول، ص ۸۱-۱۰۸.
- سبزه‌ای، م.، ۱۳۶۸. گزارش بررسی‌های زمین‌شناختی و سنگ‌شناختی گنبد‌های کاکان، کمهر و کوه گون در منطقه یاسوج. اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد، گزارش داخلی، ۷۰.
- فخاری، م.، ۱۳۷۴. نقشه ۱:۲۵۰,۰۰۰ بندرعباس، جهت اخذ درجه دکتری تکتونیک دانشگاه آزاد اسلامی. شرکت ملی نفت ایران بخش اکتشافات زمین‌شناسی.
- مرادی، م.، ۱۳۸۲. تحولات پترولوژیکی واحدهای آذرین گنبد‌های نمکی سواحل و جزایر خلیج فارس. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران، ۲۶۲.
- نبوی، م. و سبزه‌ای، م.، ۱۳۶۷. نگرشی بر سازند



جدول ۳. دماهای محاسبه شده بر اساس درجه کلین، کلینوپیروکسن‌های گنبد نمکی گچین و جزیره هرمز بر مبنای فرمول (Nimis and Taylor, 2000) در فشارهای یک و پنج کیلو بار

Sample	P= 1 kbar	P=5 kbar
G.N.A.C.2	۱۲۸۶/۷۴	۱۲۹۲/۴۰۵
G.N.A.e.1	۱۲۵۹/۹۷	۱۲۶۵/۳۱۶
G.N.A.e.2	۱۲۴۹/۷۷۶	۱۲۵۵/۷۵
G.N.A.f.2.A	۱۲۷۴/۲۰۴	۱۲۷۹/۸۵۴
G.N.A.f.2.C	۱۲۷۵/۳۴۲	۱۲۸۰/۵۵۲
H.P.3.a	۱۲۰۶/۸۷	۱۲۱۲/۳۷۴
H.P.3.b	۱۱۲۹/۰۹	۱۱۳۶/۷۳
H.P.3.c	۱۱۲۴/۶۹	۱۱۳۱
H.PX1	۱۱۶۲/۰۳۷	۱۱۷۰/۴۸۵
H.PX2	۱۱۱۵/۶۷۴	۱۱۱۵/۸۰۲

نتیجه‌گیری

با توجه به متاسوماتیسم گسترده در منطقه و تاثیر شدید آن بر سنگ‌ها؛ جهت تشخیص منشا و محیط تکتونیک سازند هرمز از ترکیب کلینوپیروکسن‌ها استفاده شد. در نمودارهای تفکیکی محیط تشکیل بازالت‌ها، نمونه‌های جزیره هرمز در محدوده تولیت‌های جزایر قوسی و نمونه‌های گنبد گچین در محدوده تولیت‌های درون صفحه‌ای قرار گرفتند. در نتیجه نسبت دادن یک محیط تکتونیک به سازند هرمز با توجه به این نتایج امکان‌پذیر نیست. اعلام سرشت آلکالن برای ماگمای مادر سنگ‌های سازند هرمز با مطالعه انجام گرفته صحیح نمی‌باشد و تنها متاسوماتیسم آلکالن (خاکی) در منطقه رخ داده است که حضور نمک و آب‌های گرم از شرایط مهیاکننده آن هستند. بر مبنای مطالعه کلینوپیروکسن‌ها ماگمای مادر سیالی هموزن، تحت شرایط پایدار که سرعت سرد شدن آن بسیار آهسته و میزان آب آن بسیار ناچیز بوده است و چندین مرحله ذوب‌شدگی را پشت سر گذاشته است. از ذوب

- effects of cooling rate on texture and pyroxene chemistry in OSDP leg 34 basalt: a microrobe study, *Earth and Planetary Science Letters*, 42, 389-398.
- Damascene, D., Scoates, J. S., Weis, D., Frey, F. A. and Giret, A., 2002. Mineral chemistry of mildly alkali basalts from the 25 Ma Mont Crozier Section, Kerguelen Archipelago, constraints on phenocryst crystallization environments. *Journal of Petrology*, 43(7), 1389-1413.
 - Frey, M., 1987, Low temperature metamorphism, Chapman & Hall. Gass, J. G., 1973, Intrusion, extrusion & metamorphism at constructive margins, *Nature*, 242, 522-545.
 - Johnson, K.T.M. And Dick, H.J.B., 1992. Melting in oceanic upper mantle: an ion microprobe study of diopsides in abyssal peridotites. *Journal of Geophysical Research*, 92, 2661-2678.
 - Le Bass, M. J., 1962, The role of aluminum in igneous clinopyroxene with relation to their parentage. *American Journal of Science*, 260, 267-288.
 - Leterrie, S., Maury, C. R., Thonon, P., Girard, D. and Morchal, M., 1982. Clinopyroxene composition as method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letter*, 51, 139-154.
 - Mollo, S., Del Gaudio, P., Ventura, G., Lezzi, G. and Scarlato, P., 2010. Dependence of clinopyroxene composition on cooling rate in basaltic magmas: Implications for thermobarometry, *Lithos*, 118, 302-312.
 - Mordic, B. E. and Glazner, A.F., 2006. Clinopyroxene thermometry of basalts from the Coaso and Big Pine volcanic fields, California, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 152, 111-124.
 - هرمز و الگوی نو برای تشکیل گنبد های نمکی در جنوب ایران. گزارش سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۶.
 - Akinin, V. V., Sobolev, A. V., Ntaflos, T. and Richter, W., 2005. Clinopyroxene megacrysts from Enmelen melanephelinitic volcanoes (Chukchi Peninsula, Russia): application to composition and evolution of mantle melts, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 85-101.
 - Arvin, M., 1991. Clinopyroxene composition and genesis of basalts from coloured series and exotic blocks in the Neyriz area (southern Iran): A composition with haybi complex of Oman. *Journal of Science I. R. Iran*, Winter and Spring, 2, No. 1, 2.
 - Azomov, P. Ya. and Bushmin, S. A., 2007. Solubility of minerals of metamorphic and metasomatic rocks in hydrothermal solution of varying acidity: Thermodynamic modeling at 400-800°C and 1-5 Kbar, *Geochemistry International*, 45, No. 12, 1210-1234.
 - Blanford, W. T., 1972, Note on the geological formations seen along the coasts of Bondar, R. J., and Vityk, M. O., 1997, Interpretation of micro thermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusion in minerals: methods and applications short course of the working groups (IMA), *Inclusions of minerals*, 117-130.
 - Bence, A. E., Papike, J. J. and Ayuso, R. A., 1975. Petrology of Atlantic Island Arcs. *Bulletin of Volcanology*, 32, 189-206.
 - Cathy, H. E. and Nash, B. P., 2009. Pyroxene thermometry of rhyolite lavas of Bruneau-Jarbridge eruptive center, Central Snake River Plain, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 188, 173-185.
 - Coish, R. A., Taylor, L. A., 1979, The

- Morimoto, N., 1989, Nomenclature of pyroxene, *Canadian Mineralogist*, 27, 143-156.
- Nimis, P. and Taylor, W. R., 2000. Single clinopyroxene thermometry for garnet peridotites, part 1, calibration and testing of cr-in-cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. *Contributions Mineral Petrology*, 541-550.
- Nisbet, E. G., Pearce, J. A., 1977. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 63. 149-160.
- O'Learly, J. A., Gaetani, G. A. and Hauri, E. H., 2010. The effect of tetrahedral Al³⁺ on the partitioning of water between clinopyroxene and silicate melt, *Earth and Planetary Science Letters*, 297, 110-120.
- Pearce, J. A. and M. J. Norry, 1979. Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y, and Nb variation in volcanic rocks. *Contrib. Mineral Petrology*, 69: 33-47.
- Rogers, A. J. and Grutter, H. S., 2009. Fe-rich and Na-rich megacryst clinopyroxene and garnet from the Luxinga kimberlite cluster, Lunda Sul, Angola, *Lithos*, 1125, 942-950.
- Rollinson, H. R., 1993, Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific and Technical, UK. 352.
- Sazonova, L. V., Nosova, A. A., Narkosova, V. V. 2001. Zoning of clinopyroxenes from volcanics by the example of the Devonian basalts of the Magnitogorsk Trough, South Ural, *Zap. Vses. Mineral. O-va*, 130(6), 80-95.
- Shao, J., Fengying, G. and Zhang, L., 2000, Coupling of mantle-upwelling and shearing Mesozoic dyke swarms in Da-Hinggan Mountains, northeast China. 31ST International Geological congress, August 6-17, 2000, *Episodes*, 21, no. 2.
- Soesoo, A., 1997. A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallisation PT estimations. *geological Society of Sweden (Geologiska Foreningen) 119055-60.*
- Stone, S. and Niu, Y., 2009. Origin of compositional trends in clinopyroxene of oceanic gabbros and gabbroic rocks: A case study using data from ODP Hole 735B, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 189, 313-322.
- Talbot, C., Aftabi, Pedram., Chermazurab., 2009, potash in a salt mushroom at hormoz Island, hormoz strait, Iran, *Ore Geology Reviews*, 35, issues. 3, 317-332
- Viten, K. and Hamm, H., 1978. Additional notes on calculation of the crystal chemical formula of clinopyroxene and their content of Fe³⁺ from microprobe analysis, *Monoatshefte, Neues. Jahrb. Mineral.*, 71-83.
- Walthman, T., 2008. Salt terrains of Iran, *Geology Today*, Vol. 24, Issue, 5, p. 188-194.
- Wass, S. Y., 1979. Multiple origins of clinopyroxenes in alkaline basaltic rocks. *Lithos*, 12. 115-132.
- Wen, S., Zhendong, Y., Ruchengz, W, and Xianwen, L., 2001. Quartz and clinoenstatite exsolutions in clinopyroxene of garnet-pyroxenolite from the North Dabie Mountains, eastern china, *Chinese Science Bulletin*, 46, No. 17, 1482-1492.