

Mineralogy and petrology in magmatic rocks of Hormoz Formation (salt diapires of High Zagros)

S. Taghipour, M. Khalili, M. Noghrehyan, Gh. Toraby, M. A. Mackizadeh,
B. Taghipour

Geology Department, Isfahan University
Email: Taghipour.sedigheh@gmail.com

(Received: 8/9/2007, in revised form: 4/5/2008)

Abstract: Several igneous-evaporitic rocks complexes, belonging to Lower Cambrian, are exposed in High Zagros. These rocks exposed parallel to the Zagros main thrust as diapir-shaped bodies. Basaltic rocks are the most common rocks but microgabbro, microdiorite, andesite and trachyte are the rocks of this complex. The studied clinopyroxenes are usually fresh mafic mineral in these rocks and display sector zoning features. On the base of mineralogy and mineral chemistry, the pyroxenes are in the range of titan-augite to diopside composition. The geochemical study of the clinopyroxene as well as the discrimination diagrams were used in this study, point to the transitional to alkaline nature of magmatism which occurred in a within continental plate rift environment.

Key words: *Iran, High Zagros, salt dome, igneous rocks, clinopyroxene, transitional magma.*



کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی سنگهای ماگمایی سازند هرمز (گنبد های نمکی کاج و دوآب)

صدیقه تقی پور، محمود خلیلی، موسی نقره‌ئیان، قدرت ترابی، محمد علی مکی زاده، بتول تقی‌پور

گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان
پست الکترونیکی: Taghipour.sedigheh@Gmail.com

(دریافت مقاله ۸۶/۶/۱۷، نسخه نهایی ۸۷/۲/۱۵)

چکیده: زاگرس بلند، مجموعه‌های نسبتاً در هم ریخته‌ای از سنگهای آذرین-تبخیری به سن کامبرین زیرین به حالت صورت گنبدی بروز دارد. این مجموعه‌ها به موازات گسل اصلی زاگرس رخمون یافته است. بازالت فراوانترین سنگ آذرین مجموعه‌های یاد شده است. میکروگابرو، میکرودیوریت، آندزیت و تراکیت از دیگر سنگهای آذرین این گنبدها هستند. کلینوپیروکسن سالمترین کانی سنگهای بازیک است که از دگرسانی مصون مانده است، و ساختار منطقه‌ای و ماکل قطاعی از خود نشان می‌دهد. بر پایه بررسیهای کانی‌شناسی و کانی شیمی پیروکسن از نوع تیتان-اوژیت و دیوپسید است. بررسی شیمی کلینوپیروکسن و استفاده از نمودارهای تفکیکی ژئوشیمیایی، مبین ماگمای انتقالی قلیایی این مجموعه است. که نشان دهنده رخداد ماگماتیسم در محیط کافت درون قاره‌ای است.

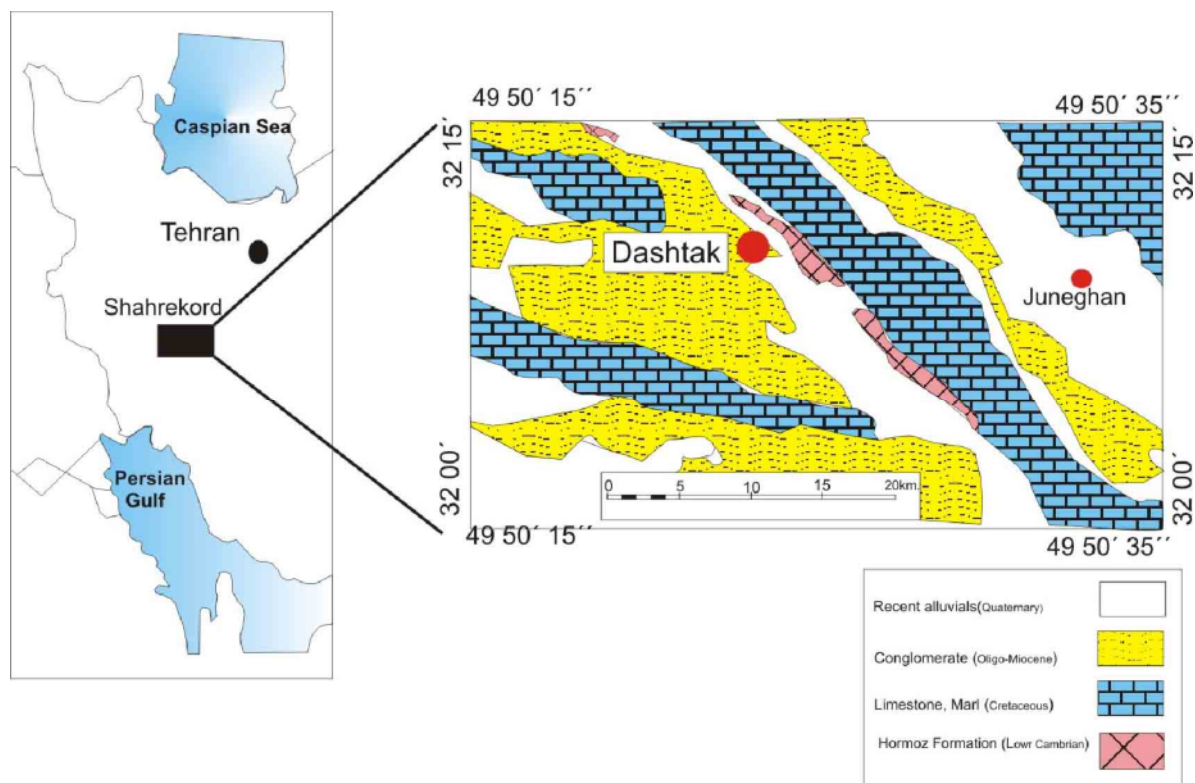
واژه‌های کلیدی: ایران، زاگرس بلند، گنبد نمکی، سنگهای آذرین، کلینوپیروکسن، ماگمای انتقالی.

مقدمه

نام سری هرمز نخستین بار توسط پلیگریم [۱] و سپس توسط بلنفرد [۲] از نام جزیره هرمز که تقریباً تمامی آن سری از گنبد نمکی بزرگی را تشکیل داده بودند، برگزیده شد. این سری یکی از واحدهای چینه شناسی-سنگ شناسی زون ساختاری زاگرس است که اساساً از یک سری نهشته تبخیری با ضخامت تقریبی ۱۰۰۰ متر [۳] تشکیل شده است و جایگاه چینه شناسی آن بین پی سنگ و پوشش ته نشست زاگرس است. زاهدی [۴] سن نهشته‌های تبخیری را کامبرین پایینی و جایگاه آنها را در ستون چینه شناسی بین کامبرین میانی و زیرین دانسته است. در منطقه مورد مطالعه در گنبدهای مختلف سیمای چینه‌شناسی سری هرمز متفاوت است. نظم مشخصی که هروی و همکاران [۶] در گنبدهای جنوب ایران تعیین کرده‌اند، در این منطقه دیده نمی‌شود. سازند هرمز شامل شیل‌های سرخ قهوه‌ای، دولومیت، مقداری گچ و نمک و به ندرت سنگهای آذرین است که به اندازه‌های متفاوت روی گاه درون توده‌های نمک دیده می‌شوند [۷]. سنگهای آذرین یاد شده متنوع بوده و شامل بازالت، دلریت، ریولیت، کراتوفیر،

تراکیت، ایگنمبریت، توفهای اسید، و به ندرت اسپیلیت است [۸]. مگنتیزو ریبکیت و اژیرین در سنگهای بازیک، در اثر دگرگونی گرمایی حاصل از فاز ماگماتیسم غنی از NaCl، تشکیل شده است [۹ و ۱۰]. مومن زاده ماگماتیسم هرمز را قلیایی و خاستگاه نمک را ولکانوژنیک می‌داند [۱۱]. درویش زاده [۱۲] محیط زمین ساختی و ماگماتیسم این مجموعه را مورد بحث قرار داده و معتقد است که طی اینفراکامبرین در ایران و کشورهای همجوار فاز کششی و حالت کافتی برقرار بوده و در محور این کافت آتشفشانی قلیایی صورت می‌گرفته است [۱۲].

در این کار پژوهشی بر پایه بررسیهای صحرایی، و سنگ شناختی، آنالیزهای فلورسانسی پرتو ایکس (XRF)، و داده‌های حاصل از ریز پردازش پیروکسنهای سنگهای مورد پژوهش، به سنگ زایی این سنگها پرداخته و محیط تکتونوماگماتیسم مجموعه آذرینی این گنبدها را ترسیم شده است. گنبد های یاد شده در گستره به طول $49^{\circ} 50' 15''$ تا $49^{\circ} 50' 35''$ شرقی و عرض $32^{\circ} 00'$ تا $32^{\circ} 15'$ شمالی قرار دارند و همه آنها در راستای گسل رانده زاگرس رخمون یافته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه [۵].

مشاهدات صحرایی و بررسیهای سنگ‌شناختی

سنگهای آذرین در منطقه مورد مطالعه به صورت مجموعه نامنظمی از بازالت، میکروگابرو، آندزیت، میکرودیوریت و تراکیت بین ته نشستهای سازند هرمز رخمون یافته‌اند. ساخت ریسمانی در برخی از این بازالتها به خوبی مشاهده می‌شود (شکل ۲). علاوه بر این ساختهای بادامکی و حفره‌ای نیز در گدازه‌ها به روشنی دیده می‌شوند.



شکل ۲ نمایی از گدازه پاهوهو گنبد دواب.

روش مطالعه

نخست بررسیهای صحرایی گسترده و نمونه‌برداری سیستماتیک انجام گرفت و سپس کانی‌شناسی سنگها با میکروسکوپ قطبنده مدل Bx-60 بررسی شد. در راستای تعیین ترکیب کلینوپیروکسن در دانشگاه اکلاهما سیتی (نورمن) آمریکا آنالیز ریز پردازنده الکترونی (EMPA) بر روی ۳۴ نقطه از نمونه‌های کلینوپیروکسن با دستگاه مدل SX-50 انجام شد. در طول آنالیز ریز پردازشی ولتاژ شتابدهنده دستگاه 20 KV، شدت جریان 20 nA، و زمان شمارش برای کلیه عناصر ۳۰ ثانیه بوده است. در بررسیهای سنگ‌شناسی و نامگذاری سنگهای ماگمایی مجموعه مورد مطالعه، ۱۵ نمونه از سنگهای نسبتاً سالم برای آزمایشهای XRF انتخاب شدند. این آزمایشها از سوی شرکت زرازا به استرالیا ارسال شدند و با دستگاه (PW2400- PHILIPS) آزمایش ۳۰ عنصری XRF انجام گرفت.

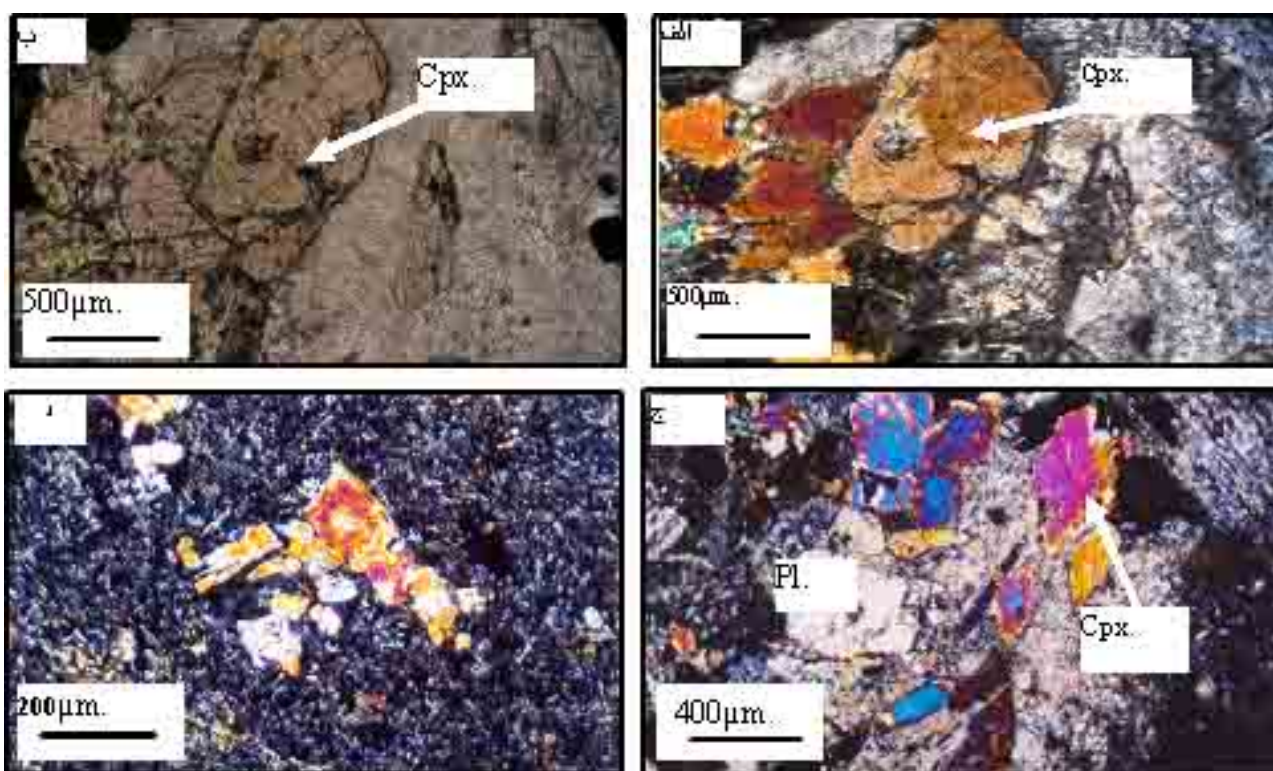
کلینوپیروکسینها در سنگهای میکروگابرویی (هیپ آبیسال) به صورت درشت بلور و ریز بلور در زمینه ریز دانه متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز حضور دارند. درشت بلورها به صورت بلورهای شکلدار و نیمه شکلدار قابل مشاهده‌اند. برخی از این پیروکسینها دارای ساختار منطقه‌ای نوسانی و برخی دیگر علاوه بر ساختار منطقه‌ای دارای ماکل ساعت شنی یا قطاعی هستند (شکل ۳-الف و ب). سنگهای یادشده علاوه بر پیروکسن حاوی مقادیر چشمگیری پلاژیوکلاز، آمفیبول، کانیه‌های کدر (ایلمنیت) و مقادیر کمی الیوین، بیوتیت، کلریت، اسفن ثانویه و آپاتیت‌های سوزنی هستند. تجمع نقطه‌ای پیروکسینها در برخی موارد باعث بروز بافت گلومروپورفیری شده است (شکل ۳-ج و د). این کانی به ندرت به صورت اورالیت و اکتینولیت در آمده است.

کانیه‌های سنگهای یاد شده بیشتر از پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، و کانیه‌های کدر تشکیل شده‌اند. سنگهای میکروگابرویی نیز حاوی پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول و کانیه‌های کدر با بافت‌های دل‌ریتی، اینترگرانولار و پورفیری هستند. آندزیت‌ها و میکرودیوریت‌ها سنگهای آذرین حدواسط این منطقه را تشکیل می‌دهند که کانیه‌های پلاژیوکلاز، آمفیبول، پیروکسن و کانیه‌های کدر را در بر دارند. بافت‌های پورفیری و بین دانه‌ای، از بافت‌های اصلی این سنگها هستند [۱۳].

بحث

۱- سنگ شناختی پیروکسینها

کلینوپیروکسینها سالمترین کانیه‌های سنگهای ماگمایی گنبد‌های نمکی مورد مطالعه هستند. این کانی ویژگی‌های بافتی متفاوتی به نمایش می‌گذارد. به دلیل تبلور سریع گدازه در سنگهای بازالتی، این سنگها به صورت ریز دانه دیده شده‌اند.



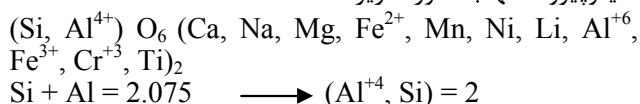
شکل ۳ الف و ب وجود ماکل ساعت شنی در یک تیتان اوژیت، ج کلینوپیروکسن با بافت گلومروپورفیری در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و کانیه‌های کدر، تشکیل یافته است د فنوکریست سالم پیروکسن در زمینه پلاژیوکلاز پره‌نیتی شده در یک سنگ نیمه آتشفشانی.

۲- شیمی کلینوپیروکسنها

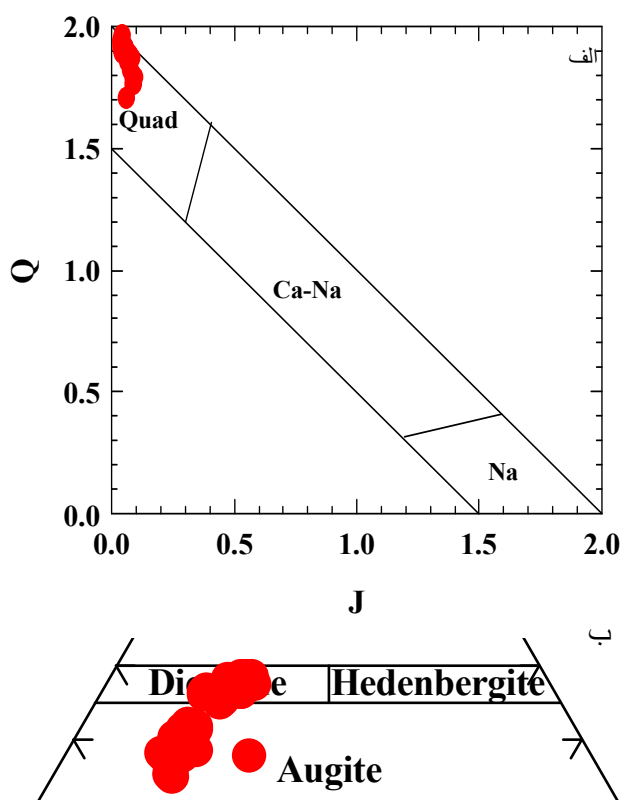
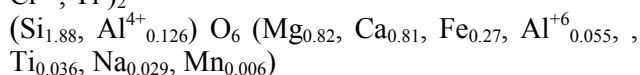
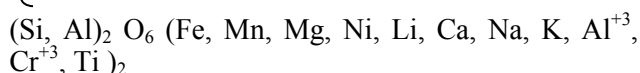
به منظور تعیین فراوانی عناصر اصلی سازنده پیروکسنها، این کانی مورد آنالیز ریز پردازش قرار گرفت. نتایج این آنالیزها به صورت اکسیدهای تشکیل دهنده هر کانی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. فرمول ساختاری این کانی بر پایه ۶ اکسیژن محاسبه و در انتهای جدول ۱ به نمایش در آمده است. در این بخش سعی بر آن است که به یاری داده‌های ریز پردازش، به بررسی سرشتیهای کانی‌شناسی و رده بندی پیروکسنها پرداخته شود. ساختار منطقه‌ای (چنانکه در مقاطع میکروسکوپی مشاهده شد) با تغییرات در مقدار درصد وزنی TiO₂ در مناطق مختلف بلور آشکار است (جدول ۱).

در نمودار Q-J پیروکسنها در گستره پیروکسهای کلسیم-منیزیم-آهن دار قرار گرفته‌اند [۱۴] (شکل ۴-الف). در نمودار Wo-En-Fs [۱۴]، نمونه‌های پیروکسهای مورد مطالعه در گستره اوژیت تا دیوپسید قرار دارند (شکل ۴-ب). در تایید کانی‌شناسی پیروکسن از نمودار Ca-Fe-Mg نیز استفاده شده

است. آنالیزهای ریز پردازش (جدول ۱) نشان می‌دهد که در برخی از تجزیه‌ها مقدار TiO₂ به ۳/۷۱ درصد وزنی می‌رسد (نمونه شماره 1-4Cpx1-6). لذا اطلاق نام تیتان اوژیت (titanaugite) به آنها کاملاً منطقی است [۱۵]. علاوه بر این در برخی مقاطع میکروسکوپی چنانکه گفته شد ماکل ویژه اوژیت‌های تیتان دار یعنی ساعت شنی یا قطعی (hour glass) نیز در آنها دیده می‌شود. محاسبه فرمول ساختاری کلینوپیروکسنها به صورت زیر است:



$$\begin{cases} \text{Al}^{+4} = 0.172 \\ \text{Al}^{+6} = 0.075 \end{cases}$$



شکل ۴ الف جایگاه پیروکسهای گنبد های نمکی کاج و دوآب در نمودار Q-J [۱۴]، ب ترکیب شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار مثلی ولستونیت، انستاتیت و فروسیلیت [۱۴] نمونه‌های یاد شده در گستره دیوپسید تا تیتان اوژیت قرار می‌گیرند.

جدول ۱ نتایج آنالیز ریز پردازش کلینوپیروکسنهای ماگمایی سازند هرمز در زاگرس بلند و محاسبه فرمول ساختاری بر پایه ۶ اکسیژن.

Label	SiO ₂	Total	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	FeO*	Al ₂ O ₃	TiO ₂
1-4Cpx1-1	۴۹٫۸۷	۹۹٫۴۳	۰٫۰۰۳	۰٫۴۷۹	۲۱٫۸۵	۱۳٫۸۳	۰٫۰۷۸	۷٫۲۲۳	۴٫۳۹۴	۱٫۳۳۹
1-4Cpx1-2	۴۹٫۲۹	۹۹٫۵۳	۰٫۰۰۳	۰٫۴۵۱	۲۱٫۷۳	۱۳٫۷۹	۰٫۱۲۲	۷٫۸۴۳	۴٫۵۲	۱٫۵۷۷
1-4Cpx1-3	۴۸٫۴۰	۹۹٫۸۳	۰٫۰۰۷	۰٫۴۷۱	۲۱٫۶۹	۱۳٫۱۵	۰٫۱۴۷	۸٫۳۱۴	۵٫۵۵۵	۱٫۷۸۸
1-4Cpx1-4	۴۶٫۷۰	۹۹٫۶۷	۰	۰٫۵۳۸	۲۱٫۹۳	۱۲٫۲۳	۰٫۰۸۶	۸٫۱۶	۷٫۳۵۹	۲٫۴۸
1-4Cpx1-6	۴۳٫۷۹	۹۹٫۸۵	۰٫۰۰۲	۰٫۶۰۲	۲۱٫۳۵	۱۰٫۸۲	۰٫۱۱۶	۹٫۳۰۵	۹٫۸۰۵	۳٫۷۰۹
1-4Cpx2-1	۴۹٫۴۶	۱۰۰٫۱	۰	۰٫۴۸۸	۲۱٫۷۴	۱۳٫۵۳	۰٫۱۱۳	۸٫۳۸۳	۴٫۳۶۵	۱٫۶۳۴
1-4Cpx2-2	۴۹٫۵۲	۱۰۰٫۱	۰	۰٫۴۷۶	۲۱٫۷۹	۱۳٫۳۸	۰٫۱۴۸	۸٫۶۷۸	۴٫۰۶۳	۱٫۷۶
1-4Cpx2-3	۴۹٫۸۹	۹۹٫۷۱	۰	۰٫۴۸۹	۲۱٫۶۳	۱۳٫۱۲	۰٫۱۷۳	۸٫۹۲۴	۳٫۶۶۸	۱٫۵۰۴
1-4Cpx2-4	۵۰٫۱۳	۹۹٫۴۷	۰٫۰۰۷	۰٫۴۹۴	۲۱٫۷۸	۱۲٫۳۴	۰٫۱۸۴	۹٫۶۴۱	۳٫۲۵۲	۱٫۳۷۱
1-6Cpx-1	۵۰٫۳۸	۱۰۰٫۲۳	۰٫۰۰	۰٫۵۵	۲۱٫۷۹	۴۵٫۱۲	۰٫۲۰	۹٫۶۶	۳٫۵۶	۱٫۲۳
1-6Cpx-2	۴۹٫۴۷	۹۹٫۷۹	۰٫۰۱	۰٫۵۲	۲۱٫۶۷	۱۳٫۰۵	۰٫۱۶	۸٫۷۵	۴٫۴۹	۱٫۵۵
1-6Cpx-3	۴۹٫۳۵	۹۹٫۴۴	۰٫۰۰	۰٫۴۸	۲۱٫۸۴	۱۳٫۶۰	۰٫۱۴	۷٫۷۵	۴٫۶۸	۱٫۵۱
1-6Cpx-4	۴۹٫۷۵	۹۹٫۴۷	۰٫۰۰	۰٫۴۵	۲۲٫۰۴	۱۳٫۷۴	۰٫۰۹	۷٫۳۴	۴٫۴۳	۱٫۴۳
1-6Cpx-5	۴۸٫۹۳	۹۹٫۷۰	۰٫۰۱	۰٫۴۴	۲۱٫۲۶	۱۳٫۴۹	۰٫۱۵	۸٫۷۲	۴٫۷۸	۱٫۶۳
1-6Cpx-6	۴۹٫۰۵	۹۹٫۶۰	۰٫۰۱	۰٫۴۶	۲۱٫۲۷	۱۳٫۳۷	۰٫۱۵	۸٫۷۳	۴٫۷۴	۱٫۶۷
1-6Cpx-8	۴۸٫۸۲	۹۹٫۵۵	۰٫۰۰	۰٫۴۵	۲۱٫۴۲	۱۳٫۴۴	۰٫۱۴	۸٫۳۶	۴٫۹۳	۱٫۷۹
1-6Cpx-9	۴۹٫۶۹	۹۹٫۵۵	۰٫۰۰	۰٫۴۶	۲۱٫۷۵	۱۳٫۹۶	۰٫۱۴	۷٫۳۷	۴٫۵۰	۱٫۴۳
1-6Cpx-10	۴۹٫۳۰	۹۹٫۳۴	۰٫۰۱	۰٫۴۶	۲۱٫۵۶	۱۳٫۵۱	۰٫۱۱	۸٫۰۵	۴٫۶۶	۱٫۵۶
G-2FMS2-5	۵۱٫۸۸	۹۹٫۲۶	۰	۰٫۴۳۸	۱۸٫۱۷	۱۷٫۳۸	۰٫۱۶۹	۷٫۳۴۵	۳٫۲۵۷	۰٫۵۷۱
G-2FMS2-6	۵۱٫۱۸	۹۹٫۰۶	۰٫۰۰۳	۰٫۳۱۳	۸۲٫۱۹	۱۶٫۲۷	۰٫۱۴۲	۷٫۵۲	۲٫۹۵	۰٫۷۷۲
G-2FMS2-7	۵۰٫۰۹	۹۹٫۰۲	۰	۰٫۳	۱۹٫۶۹	۱۵٫۶۱	۰٫۱۷۸	۸٫۲۹۴	۳٫۹۵۵	۰٫۸۱۲
G-3-FMS3-1	۵۲٫۴۱	۹۹٫۹۶	۰٫۰۰۵	۰٫۲۷۵	۱۸٫۳۸	۱۶٫۷۹	۰٫۱۷۹	۸٫۳۹۳	۲٫۶۹۷	۰٫۷۴۲
G-3-FMS3-2	۵۲٫۴۹	۹۹٫۶۴	۰	۰٫۲۵۷	۱۸٫۰۷	۱۷٫۵۸	۰٫۱۸۶	۸٫۲۳۹	۲٫۱۸	۰٫۵۳۶
G-3-FMS3-3	۵۲٫۲۷	۹۹٫۱۵	۰٫۰۰۸	۰٫۲۵۴	۱۷٫۸	۱۷٫۷۲	۰٫۲۰	۸٫۳۰۱	۱٫۹۹۷	۰٫۵۲۲
G-3-FMS3-4	۵۰٫۵	۹۹٫۱	۰٫۰۱۲	۰٫۳۰۱	۱۸٫۶۷	۱۶٫۱۳	۰٫۱۷	۸٫۳۸۹	۳٫۸۲۲	۱٫۰۰۷
G-3-FMS3-5	۵۰٫۳۸	۹۹٫۴	۰٫۰۰۴	۰٫۳۱	۱۹٫۸۴	۱۵٫۶۱	۰٫۱۳۱	۸٫۰۶۱	۳٫۸۶۶	۱٫۱۴۵
G-3-FMS3-6	۵۰٫۴۴	۹۹٫۳۴	۰	۰٫۳۰۲	۱۹٫۵۳	۱۵٫۸۲	۰٫۱۶۴	۸٫۰۰۸	۳٫۸۲	۱٫۱۰۵
G-3-FMS3-7	۵۱٫۰۵	۱۰۰٫۳	۰٫۰۰۸	۰٫۳	۱۹٫۰۳	۱۶٫۲۵	۰٫۲۳۲	۹٫۲۰۶	۳٫۰۳۶	۱٫۰۳۹
G-3-FMS3-8	۵۰٫۵۵	۹۹٫۶	۰	۰٫۳۵	۱۹٫۹۴	۱۵٫۳۹	۰٫۱۶۱	۸٫۲۶۵	۳٫۸۷۲	۱٫۰۱۹
G-3-FMS3-9	۵۱٫۰۳	۹۹٫۱۷	۰٫۰۰۲	۰٫۳۲۳	۲۰٫۳۱	۱۵٫۷۷	۰٫۱۵۶	۷٫۴۶۳	۳٫۲۶۱	۰٫۷۶۳
G-3-FMS3-10	۴۹٫۳۵	۱۰۰	۰٫۱۷۷	۰٫۵۰۱	۱۷٫۴۷	۱۳٫۳۶	۰٫۱۹۲	۱۲٫۶۳	۴٫۷۱	۱٫۳۴۸
G1-FibHM-1	۵۲٫۶۶	۹۹٫۱۶	۰٫۰۰۶	۰٫۲۸۶	۲۰٫۲۳	۱۲٫۰۲	۰٫۴۰۹	۱۲٫۸۳	۰٫۶۵۸	۰٫۰۱۸
G1-FibHM-2	۵۱٫۴۵	۱۰۰٫۴	۰٫۰۰۷	۰٫۳۳۹	۲۲٫۴	۹٫۰۶	۱٫۱۷۲	۱۴٫۹۴	۱٫۰۴۵	۰٫۰۲۶
G1-FibHM-3	۵۱٫۷۲	۱۰۰٫۱	۰٫۰۰۴	۰٫۴۲۷	۲۳٫۵۳	۱۱	۰٫۴۸۸	۱۱٫۴۲	۱٫۴۵۱	۰٫۰۰۳

ادامه جدول ۱									
Label	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	Sum
1-4Cpx1-1	۱٫۸۷۶	۰٫۰۳۸	۰٫۱۹۵	۰٫۲۲۸	۰٫۰۰۲	۰٫۷۷۶	۰٫۸۸۱	۰٫۰۳۵	۴٫۰۳۲
1-4Cpx1-2	۱٫۸۵۶	۰٫۰۴۵	۰٫۲۰۱	۰٫۲۴۷	۰٫۰۰۴	۰٫۷۷۴	۰٫۸۷۷	۰٫۰۳۳	۴٫۰۳۶
1-4Cpx1-3	۱٫۸۲۸	۰٫۰۵۱	۰٫۲۴۷	۰٫۲۶۳	۰٫۰۰۵	۰٫۷۴	۰٫۸۷۸	۰٫۰۳۵	۴٫۰۴۶
1-4Cpx1-4	۱٫۷۶۵	۱٫۰۷	۰٫۳۲۸	۰٫۸۲۵	۰٫۰۰۳	۰٫۶۸۹	۰٫۸۸۸	۰٫۰۳۹	۴٫۰۴
1-4Cpx1-6	۱٫۶۷۱	۰٫۱۰۶	۰٫۴۴۱	۰٫۲۹۷	۰٫۰۰۴	۰٫۶۱۵	۰٫۸۷۳	۰٫۰۴۵	۴٫۰۵۴
1-4Cpx2-1	۱٫۸۶۳	۰٫۰۴۶	۰٫۱۹۴	۰٫۲۶۴	۰٫۰۰۴	۰٫۷۶	۰٫۸۷۷	۰٫۰۳۶	۴٫۰۴۴
1-4Cpx2-2	۱٫۸۶۵	۰٫۰۵	۰٫۱۸	۰٫۲۷۳	۰٫۰۰۵	۰٫۷۵۱	۰٫۸۷۹	۰٫۰۳۵	۴٫۰۳۸
1-4Cpx2-3	۱٫۸۸۹	۰٫۰۴۳	۰٫۱۶۴	۰٫۲۸۳	۰٫۰۰۶	۰٫۷۴	۰٫۸۷۷	۰٫۰۳۶	۴٫۰۳۷
1-4Cpx2-4	۱٫۹۰۵	۰٫۰۳۹	۰٫۱۴۶	۰٫۳۰۶	۰٫۰۰۶	۰٫۶۹۹	۰٫۸۸۷	۰٫۰۳۶	۴٫۰۲۵
1-6Cpx-1	۱٫۹۰۱	۰٫۰۳۸	۰٫۱۵۸	۰٫۳۰۵	۰٫۰۰۷	۰٫۷	۰٫۸۸۱	۰٫۰۴	۴٫۰۳
1-6Cpx-2	۱٫۸۶	۰٫۰۴۴	۰٫۱۹۹	۰٫۲۷۵	۰٫۰۰۵	۰٫۷۳۱	۰٫۸۷۳	۰٫۰۳۸	۴٫۰۲۶
1-6Cpx-3	۱٫۸۵۳	۰٫۰۴۳	۰٫۲۰۷	۰٫۲۴۳	۰٫۰۰۵	۰٫۷۶۱	۰٫۸۷۹	۰٫۰۳۵	۴٫۰۲۵
1-6Cpx-4	۱٫۸۶۶	۰٫۰۴	۰٫۱۹۶	۰٫۲۳	۰٫۰۰۳	۰٫۷۶۸	۰٫۸۸۶	۰٫۰۳۳	۴٫۰۲۴

ادامه جدول ۱								
1-6Cpx-5	۱,۸۴۶	۰,۰۴۶	۰,۲۱۳	۰,۲۷۵	۰,۰۰۵	۰,۷۵۹	۰,۸۶	۴,۰۳۲
1-6Cpx-6	۱,۸۴۹	۰,۰۴۷	۰,۲۱۱	۰,۲۷۵	۰,۰۰۵	۰,۷۵۱	۰,۸۵۹	۴,۰۳۱
1-6Cpx-8	۱,۸۴۱	۰,۰۵۱	۰,۲۱۹	۰,۲۶۳	۰,۰۰۵	۰,۷۵۵	۰,۸۶۵	۴,۰۳۳
1-6Cpx-9	۱,۸۶۶	۰,۰۴	۰,۱۹۹	۰,۲۳۱	۰,۰۰۵	۰,۷۸۱	۰,۸۷۵	۴,۰۳۲
1-6Cpx-10	۱,۸۵۵	۰,۰۴۴	۰,۲۰۶	۰,۲۵۳	۰,۰۰۴	۰,۷۵۷	۰,۸۶۹	۴,۰۲۳
G-2FMS2-5	۱,۹۱۵	۰,۰۲	۰,۱۳۱	۰,۲۲۱	۰,۰۰۵	۰,۹۲۴	۰,۷۷۷	۴,۰۲۲
G-2FMS2-6	۱,۸۷۱	۰,۰۳۱	۰,۱۷۴	۰,۲۵۹	۰,۰۰۶	۰,۸۸۷	۰,۰۷۸	۴,۰۲۱
G-2FMS2-7	۱,۸۸۲	۰,۰۲۹	۰,۱۵۳	۰,۲۳۵	۰,۰۰۵	۰,۸۹۸	۰,۸۰۱	۴,۰۲۴
G-3-FMS3-1	۱,۸۶۶	۰,۰۳۴	۰,۱۸	۰,۲۵۸	۰,۰۰۵	۰,۸۷۳	۰,۷۸۱	۴,۰۲۴
G-3-FMS3-2	۱,۸۷۹	۰,۰۲۹	۰,۱۶۲	۰,۲۴۵	۰,۰۰۵	۰,۸۷۸	۰,۷۹۷	۴,۰۲۴
G-3-FMS3-3	۱,۹۰۱	۰,۰۲۶	۰,۱۵۳	۰,۲۷۴	۰,۰۰۵	۰,۸۸	۰,۷۵۲	۴,۰۲۸
G-3-FMS3-4	۱,۹۲۷	۰,۰۱۷	۰,۱۱۷	۰,۲۱۸	۰,۰۰۵	۰,۹۷۳	۰,۷۳۸	۴,۰۲۵
G-3-FMS3-5	۱,۸۹۴	۰,۰۲۱	۰,۱۷۲	۰,۲۵۵	۰,۰۰۶	۰,۹۵۱	۰,۶۸۵	۴,۰۲۷
G-3-FMS3-6	۱,۹۲۲	۰,۰۱۴	۰,۱۲۷	۰,۲۲	۰,۰۰۵	۰,۹۷	۰,۷۳۲	۴,۰۲۸
G-3-FMS3-7	۱,۹۰۷	۰,۰۱۷	۰,۱۴۹	۰,۲۳۸	۰,۰۰۵	۰,۹۴۲	۰,۷۲۹	۴,۰۲۶
G-3-FMS3-8	۱,۹۱۶	۰,۰۱۶	۰,۱۴۲	۰,۲۲۷	۰,۰۰۵	۰,۹۵۷	۰,۷۱۹	۴,۰۳۱
G-3-FMS3-9	۱,۹۰۸	۰,۰۲۲	۰,۰۱۳	۰,۲۳۴	۰,۰۰۵	۰,۹۰۴	۰,۷۹۲	۴,۰۲۳
G-3-FMS3-10	۱,۸۷۷	۰,۰۲۳	۰,۱۷۵	۰,۲۶	۰,۰۰۶	۰,۸۷۲	۰,۷۹۱	۴,۰۲۲
G1-FibHM-1	۱,۰۰۸	۰,۰۱۷	۰,۰۳	۰,۴۰۹	۰,۰۱۳	۰,۶۸۳	۰,۸۲۶	۳,۹۹۱
G1-FibHM-2	۱,۹۷۸	۰,۰۱۶	۰,۰۴۷	۰,۴۸	۰,۰۳۸	۰,۵۱۹	۰,۹۲۲	۴,۰۲۵
G1-FibHM-3	۱,۹۶۴	۰,۰۱۸	۰,۰۶۵	۰,۳۶۳	۰,۰۱۶	۰,۶۲۳	۰,۹۵۷	۴,۰۳۱

Label	ولاستونیت	انستاتیت	فروسلیت
G-1FMS1	۳۲,۱۶۲	۵۰,۴۵۴	۱۳,۵۶۸
1-4Cpx1-1	۴۲,۸۶۴	۴۰,۴۲۲	۱۱,۸۵۵

چنانکه انتظار می‌رفت، بیشتر ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسنها ماگماتیسیم نیمه قلیایی با گرایش به محیط قلیایی را نشان می‌دهند. ترکیب متوسط چند نقطه از آنالیزهای ریز پردازشی حتی محیط پر قلیا را نشان داده است. بازالت های قلیایی درون صفحه‌ای دارای Na_2O و TiO_2 بالا و SiO_2 پائین است [۱۸]. با توجه به این شواهد نمونه‌های کلینوپیروکسن در نمودار F1-F2 [۱۹] در گستره WPA, VAB قرار می‌گیرند که گواه بر وجود ماگمایی با سرشت ترا قلیایی (قلیایی- انتقالی) برای سنگهای این منطقه است (شکل ۶-ب).

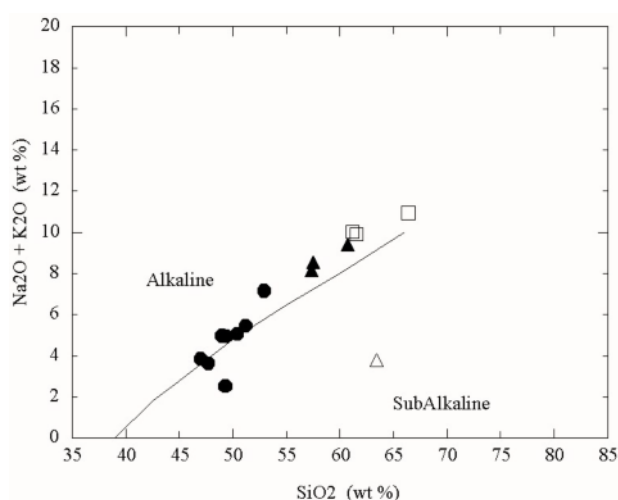
دلیل قرار گرفتن نمونه‌های مورد بررسی در گستره MORB این است که ریفتهای درون قاره‌ای با پیشرفت و تولید آبگون پوسته اقیانوسی در نهایت به MORB تبدیل می‌شوند.

دامنه گسترده ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسنها در انواع سنگهای آذرین می‌تواند بیانگر سرشت خاستگاه ماگمای این کانیها باشند. کلینوپیروکسن، مقاومترین کانی این سنگها در برابر دگرسانی است، به طوری که در بسیاری از بازالت‌های هوازده بلورهای کلینوپیروکسن از هوازدگی مصون مانده اند که در زمینه دگرسان شده قرار گرفته‌اند. آنالیزهای ریز پردازشی از این بقایای دانه‌ای، نوع ماگما و محیط ژئودینامیکی آن را تعیین می‌کند. در این خصوص نمونه‌های مورد مطالعه نمودارهای تقسیم بندی بازالتها بر پایه درصد تیتان سنگ به تیتان کانی کلینوپیروکسن [۱۶] در گستره قطری (MORB) قرار گرفته- اند (شکل ۵). از نمودار $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ [۱۷] برای تعیین نوع ماگماتیسیم استفاده شده است (شکل ۶-الف). در این نمودار

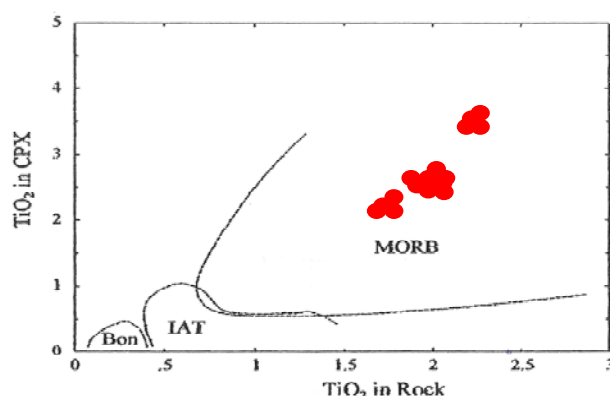
۳- ژئوشیمی سنگهای آذرین

برای بررسی بیشتر از آنالیز سنگ کل نیز استفاده شد (جدول ۲). نمونه‌های مورد مطالعه روی نمودار TAS بیشتر در بالای مرز تقسیم سری های توام قلیایی و نیمه قلیایی، و بخشی نیز در گستره نیمه قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۷). نمونه‌های مورد مطالعه روی نمودار Th/Nb نسبت به [۲۱، ۲۲ و ۲۳]، نیز در گستره انتقالی قرار گرفته‌اند (شکل ۸). پیرس [۲۴] با استفاده از نسبت‌های Nb/Y، Ti/Y، بازالت‌های درون صفحه‌ای، جزایر قوسی و مورب را از یکدیگر تفکیک کرده است. بازالت‌های درون صفحه‌ای دارای Nb/Y، Ti/Y، بیشتری هستند. این تفاوتها احتمالا بازتاب دهنده یک خاستگاه گوشته‌ای غنی شده است. بر پایه نسبت Nb/Y بازالت های درون صفحه‌ای به انواع تولییتی، حدواسط و قلیایی تقسیم می‌شوند. نمونه‌های مورد مطالعه گسترده ای در گستره انتقالی قرار می‌گیرند (شکل ۹). محاسبه معیار CIPW نیز حاکی از وجود نفلین، آل بیت، و الیون فراوان در این سنگهاست [۲۵].

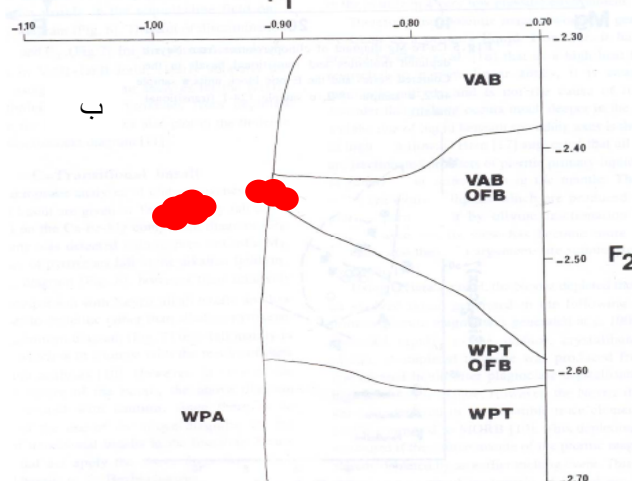
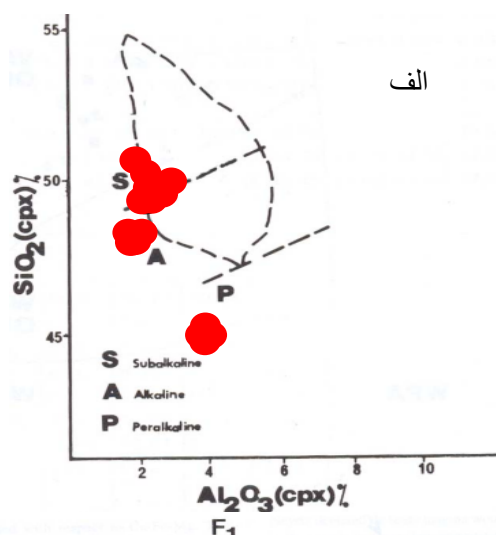
با توجه به دگر نهادی شدید در سنگهای این منطقه نمودارهایی که بر پایه عناصر اصلی (نظیر Na_2O ، K_2O) هستند به یقین نمی‌تواند ترکیب ماگما را نشان دهد. لذا از نمودار شکل ۱۰ استفاده شد. با توجه به نمودار Zr/Y نسبت به Zr بیشتر نمونه‌های مورد بررسی در گستره بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار می‌گیرند (شکل ۱۰).



شکل ۷ نمودار TAS و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه روی آن [۲۰]



شکل ۸ نمودار TiO_2 در سنگ بازالتی نسبت به TiO_2 به کلینوپیروکسنهای آن و جدایی محیط‌های ژئوتکتونیکی مختلف [۱۶]



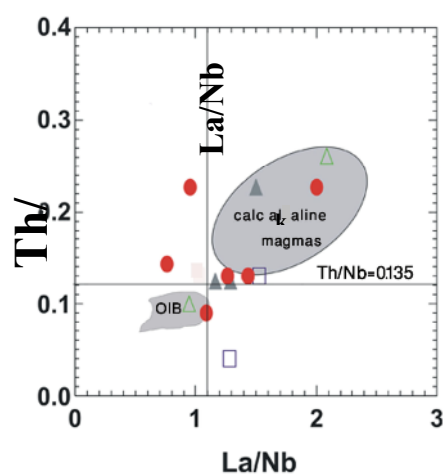
شکل ۹ الف نمودار $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ [۱۷] و جایگاه پیروکسنهای سازند هرمز روی آن، ب نمودار F_1 - F_2 و موقعیت کلینوپیروکسنهای ماگمایی سازند هرمز روی آن [۱۹]

جدول ۲ آنالیز XRF سنگهای آذرین سازند هرمز در زاگرس بلند.

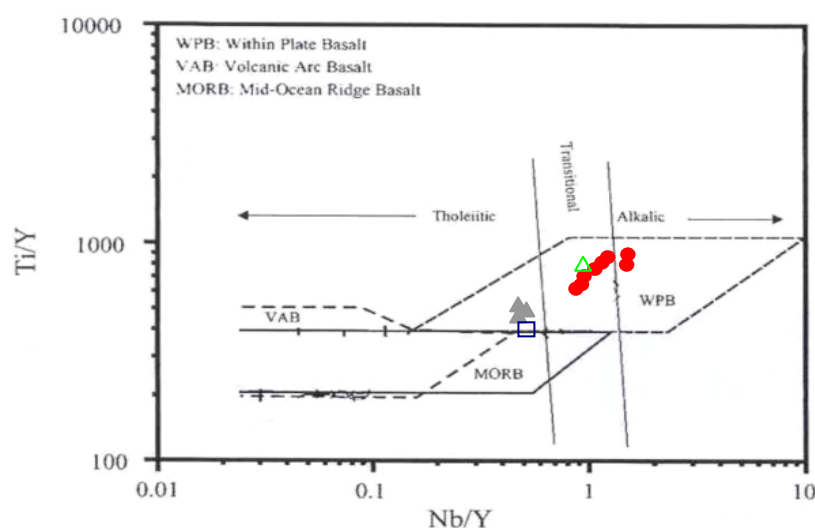
Sample No.	g9 ●	G6 ●	g12 ●	g1 ●	g11 ●	g3 ●	g15 ●
rock type	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt	Basalt
SiO ₂	۵۲٫۶	۵۱	۴۹٫۹	۴۸٫۹	۴۸٫۱	۴۸٫۸۷	۴۶٫۹
TiO ₂	۲٫۲۹	۱٫۳۸	۲٫۱۲	۲٫۰۴	۲٫۰۳	۲٫۱۸	۲٫۱۴
Al ₂ O ₃	۱۵٫۶	۱۵٫۳	۱۵٫۷	۱۵٫۹	۱۵٫۹	۱۲٫۱۶	۱۳٫۹
Fe ₂ O ₃	۲٫۸۹	۲٫۵۸	۲٫۱۲	۲٫۳۸	۲٫۳۹	۲٫۰۴	۲٫۲۹
FeO	۸٫۳۱	۸٫۶۸	۸٫۸۹	۹٫۱۴	۹٫۱۴	۹٫۹۱	۱۲٫۶
MnO	۰٫۲۸	۰٫۱۴	۰٫۳۱	۰٫۲۱	۰٫۲	۰٫۲۱	۰٫۱۸
MgO	۴٫۹۱	۷٫۶۲	۶٫۲۸	۶٫۹۶	۶٫۹۸	۱۱٫۰۳	۸٫۷۴
CaO	۴٫۹۸	۷٫۲۱	۸٫۱۹	۸٫۱۵	۸٫۱۴	۱۰٫۱۴	۷٫۶۵
Na ₂ O	۵٫۵۱	۳٫۷۲	۳٫۴۷	۳٫۳۴	۳٫۳۷	۰٫۷۴	۳٫۲۱
K ₂ O	۱٫۶۱	۱٫۷۳	۱٫۵۸	۱٫۵۶	۱٫۵۲	۱٫۷۸	۰٫۳۸
P ₂ O ₅	۰٫۳۸	۰٫۳	۰٫۵۲	۰٫۴۸	۰٫۴۷	۰٫۳۱	۰٫۳۸
LOI	۰٫۵۷	۰٫۲۵	۰٫۷۹	۰٫۸۹	۱٫۴۴	۰٫۲۱	۱٫۳۹
total	۹۹٫۹۳	۹۹٫۹۱	۹۹٫۸۷	۹۹٫۹۵	۹۹٫۶۸	۹۹٫۶۴	۹۹٫۷۶
Zr	۱۱۲	۱۷۰	۱۱۲	۱۱۱	۱۱۱	۱۲۴	۱۴۸
Sr	۱۸۰	۴۱۰	۳۰۳	۳۰۴	۳۰۴	۹۷	۲۳۲
Rb	۴	۲۴	۲۷	۲۸	۳۰	۱۴	۷
Th	۳	۵	۳	۵	۴	۳	۳
Pb	۶	۵	۵	۶	۴	۳	۴
Zn	۳۱۵	۱۱۷	۲۱۱	۲۱۵	۲۱۵	۹۸	۱۴۴
Cu	۱۷	۴۶	۳۶	۳۶	۳۶	۱۳۷	۳۲
Ni	۴۸	۱۰۸	۶۲	۶۳	۶۳	۱۵۰	۲۱۶
Co	۴۲	۴۵	۴۸	۴۷	۴۷	۷۱	۷۱
La	۲۷	۲۱	۴۵	۴۴	۲۴	۱۶	۱۹
F	۱۱	۹۴	۲۰۷	۲۰۴	۲۰۴	۱۲۸	۲۴۵
V	۲۱۰	۱۵۴	۱۱۴	۱۱۲	۱۱۳	۱۵۴	۱۸۹
Cr	۹۴	۲۲۸	۱۳۷	۱۳۲	۱۳۳	۳۳۲	۳۰۸
S	۱۴	۲۷۸	۶۳	۶۱	۶۱	۱۰۶	۱۶۴
Y	۳۱	۲۵	۲۱	۲۴	۲۴	۳۳	۲۷
Hf	۶	۳	۷	۷	۸	۷	۲
Ba	۳۳۰	۳۲۵	۲۳۵	۲۴۷	۲۴۷	۳۰۱	۱۹۸
Ce	۱۸	۳۵	۴۴	۷۲	۴۷	۶۳	۶۴
U	۴	۴	۳	۳	۰	۴	۷
Nb	۲۳	۲۲	۲۱	۲۲	۲۲	۲۱	۲۳
Cl	۱۵۳۶	۳۰۱۴	۹۵۶	۹۸۷	۹۸۷	۷۴۰	۹۳۸

ادامه جدول ۲

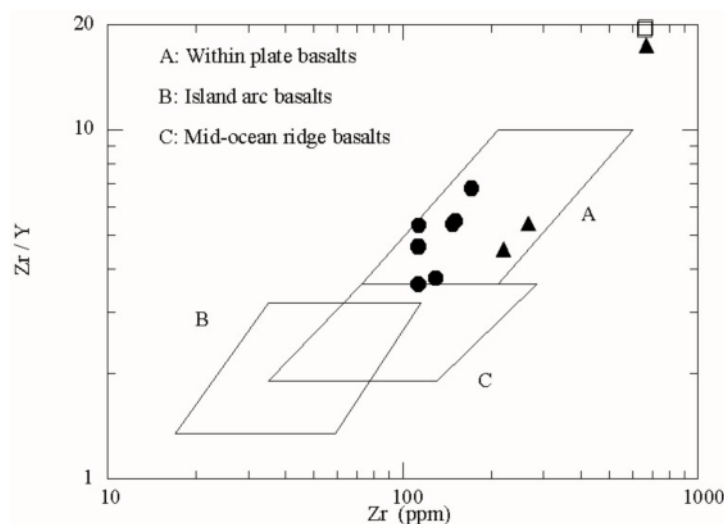
Sample No.	g10 Δ	g5 $\blacktriangle$	g7 $\blacktriangle$	g14 $\blacktriangle$	g13 $\blacktriangle$	g2 $\square$	g8 $\square$	g4 $\square$
rock type	Andesite	Trachky Andesite	Trachky Andesite	Trachky Andesite	Trachky Andesite	Trachkyte	Trachkyte	Trachkyte
SiO ₂	۵۴.۵	۵۷.۱	۶۰.۵	۶۱.۱	۶۱.۱	۶۶.۳۲	۴۶.۳	۵۳.۷
TiO ₂	۱.۲۳	۱.۶۹	۰.۱۹	۰.۱۷	۰.۱۸	۱.۵۳	۲.۱۲	۰.۷۶
Al ₂ O ₃	۱۴.۵	۱۳.۹	۱۳.۸۳	۱۲.۹۸	۱۳.۴۶	۱۳.۲۴	۱۳.۹۰	۱۸.۸۰
Fe ₂ O ₃	۲.۶۱	۳.۲۱	۱.۷۸	۱.۹۹	۱.۹۷	۰.۶۵	۲.۵۱	۱.۴۸
FeO	۷.۵۲	۸.۱۰	۴.۴۳	۳.۷۷	۳.۷۸	۱.۲۹	۱۲.۶	۷.۳۲
MnO	۰.۰۱	۰.۰۹	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۱۹	۰.۰۳
MgO	۴.۶۵	۲.۵۶	۱.۳۴	۰.۹۷	۰.۸۷	۰.۹۸	۸.۸۹	۳.۳۶
CaO	۵.۸۲	۳.۴۷	۸.۳۰	۷.۷۸	۷.۷۸	۳.۴۵	۷.۷۹	۸.۸۷
Na ₂ O	۷.۵۶	۷.۹۴	۷.۴۹	۸.۰۲	۸.۰۱	۶.۶۸	۳.۴۱	۴.۴۷
K ₂ O	۰.۲۲	۰.۵۴	۱.۸۵	۱.۹۹	۱.۹۸	۴.۲۰	۰.۴۱	۰.۴۸
P ₂ O ₅	۰.۴۸	۰.۶۱	۰.۰۶	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۱۵	۰.۴۱	۰.۲۲
LOI	۰.۸۴	۰.۶۹	۰.۱۲	۱.۰۸	۰.۸۱	۱.۶۴	۱.۴۵	۰.۴
total	۹۹.۹۴	۹۹.۹۰	۹۹.۹۳	۹۹.۸۹	۹۹.۹۷	۹۹.۷۹	۹۹.۹۵	۹۹.۸۹
Zr	۲۵۳	۲۱۸	۶۶۳	۶۵۴	۶۶۸	۵۷۴	۱۴۵	۱۰۸
Sr	۷۸	۱۲۳	۱۹۸	۲۰۴	۲۰۱	۲۳۱	۲۳۱	۹
Rb	۸	۸	۳۲	۳۵	۳۴	۷	۸	۳
Th	۳	۵	۳	۴	۳	۸	۴	۶
Pb	۴	۵	۳	۴	۲	۵	۹	۵
Zn	۳۷	۸۶	۲۰	۱۸	۱۸	۱۳	۱۴۴	۲۳
Cu	۶	۲۲	۱۷	۱۴	۱۵	۴۲	۳۲	۲۱
Ni	۹	۱۵	۱۶	۱۳	۱۴	۳۱۵	۲۱۷	۳۱
Co	۲۸	۴۲	۱۵	۱۳	۱۳	۶۲	۷۲	۱۰۷
La	۲۸	۳۳	۲۴	۳۲	۲۰	۱۵	۱۹	۴۸
F	۲۴۱	۲۷۳	۹۲	۸۸	۸۹	۱۴	۲۴۵	۲۱
V	۳۶	۱۲۲	۱۷	۱۷	۱۸	۳۸	۱۹۰	۱۷۱
Cr	۱۲۶	۵۳	۱۶۰	۱۴۸	۱۴۹	۱۸	۳۰۸	۵۷
S	۱۶	۴۷۹	۹۷	۹۸	۹۹	۳۸	۱۶۸	۳۱
Y	۴۷	۴۸	۳۸	۳۴	۳۴	۶	۲۷	۵
Hf	۶	۵	۱۰	۱۳	۱۲	۱۴۹	۲	۵۹
Ba	۱۷	۱۴۱	۱۴۰	۱۴۲	۱۳۸	۷۲	۱۹۸	۲۰۷
Ce	۶۹	۴۱	۷۳	۴۰	۴۱	۱۵	۱۹	۴۷
U	۶	۴	۸	۸	۴	۷	۴	۵
Nb	۲۴	۲۲	۲۴	۲۵	۲۳	۲۶	۲۰	۲۳
Cl	۲۱۸۹	۱۹۰۴	۵۸۷۴	۵۴۲۷	۵۸۲۸	۳۶۶	۹۴۲	۱۱۷۳



شکل ۸ موقعیت سنگهای آذرین سازند هرمز در منطقه زاگرس بلند روی نمودار Th/Nb در برابر La/Nb [۲۱، ۲۲ و ۲۳].



شکل ۹ نمودار جدا کننده بازالتها بر پایه $Ti/Y - Nb/Y$ و موقعیت نمونه های سازند هرمز در زاگرس بلند روی آن [۲۴].



شکل ۱۰ نمونه های مورد مطالعه روی نمودار پیرس و نوری ۳ [۲۶] در گستره بازالت های درون صفحه ای قرار گرفته است.

برداشت

است. بر این پایه نمونه های مورد بررسی مربوط به گسل های تبدیل حاشیه کافت های اقیانوسی هستند که بیشتر از سری تولییتی، قلیایی و گاه تبدیلی هستند.

تشکر و قدردانی

از تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان به سبب حمایت از این کار پژوهشی سپاسگذاری می شود.

مراجع

[1] Pligrim, G. E., "The geology of the Persian Gulf and the adjoining portion of the Persia and Arabia", G. S. India (1908) 34, 2-177.

سنگ های بازی (بازالت و میکروگابرو) دیابیرهای کاج، رستم آباد و دو آب از مجموعه کانیهای کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، آمفیبول، آپاتیت، الیوین، اسفن ثانویه و کانیهای کدر (ایلمنیت) تشکیل شده اند. بررسیهای کانی شناسی وجود ماکل ساعت شنی و ساختار منطقه ای را در کلینوپیروکسینها نشان می دهد. علاوه بر آن همراهی آپاتیت و اسفن فراوان، کرسوتیت، تیتان دار بودن برخی از کلینوپیروکسینها (تیتان اوریت) و نمودارهای ژئوشیمیایی ماگماتیسم نوع ترا قلیایی (انتقالی) را برای سنگهای ماگمایی سازند هرمز در زاگرس بلند مشخص کرده

- [15] Deer, W., A., Zussman, J., "An introduction to the rock forming minerals", Longman Group, seventeen impression (1991) 528.
- [16] Beccaluva, L., Macciotta, G., Piccardo, G. B. and Zeda, O., "Clinopyroxene composition of ophiolitic basalts as petrogenetic indicator", Chem. Geol., (1989), 77, 165-182.
- [17] Le Bas, M. J., "The role of aluminum in igneous clinopyroxene with relation to their parentage", Am. J. Sci. (1962) 260, 267-288.
- [18] Catakli, E., "Assemblage ophiolitique et roches associees de la partie occidentale du massif de Pozanti-Karsanti", P.H.D. thesis, Universite de Nancy (1983) 1. 760.
- [19] Pearce, j. A., Nisbet, E. G., "Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings" Contrib. Mineral. Petrol. (1977) 63, 149-160.
- [20] Irvine, T. N., Baragar, W. K. A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.
- [21] Le Roex A. P., Bell D. R., Davis P., "Petrogenesis of group I kimberlites from Kimberly, South Africa, evidence from bulk-rock geochemistry", J. Petrol. (2003) 44, 2201-2286.
- [22] Coe, N., "Petrogenesis of the Swartuggens and star group II kimberlite dykes, swarms, South Africa", Ms. C. Thesis University of Cape Town (2004) 146.
- [23] Becker, M., Le Roex, A., "Geochemistry of South African on and off craton, group I and group II kimberlites: petrogenesis and source region evolution", J. Petrol. (2006) 4, 63-703.
- [24] Pearce, J. A., 1982, Trace element characteristic of lava from destructive plate boundaries, In: Thrope, R. S. (ed), Andesites, Wiley Chichester, 525-548.
- [۲۵] تقی پور، ص.، "مطالعات کانی شناسی و پترولوژیکی در مجموعه های آذرین-تبخیری گنبد های نمکی زاگرس بلند"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، منتشر نشده، ۱۳۸۶ (۱۳۲۲).
- [26] Pearce, A. J and Norry, M. J., 1979, Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, Nb variations in volcanic rocks, contrib., Mineral. Petrol., 69, 33-47.
- [2] Blanford, W. T., "Note on the geological formations seen along the coasts of Biluchistan and Persian Gulf and on same of the Gulf island", Rec. G.S.I., Indian (1972) 41-45.
- [3] Kent, P. E., "The salt plugs of the Persian Gulf region", Iran, Leics. Lit. Phil. Soc. (1970) 64, 65-88.
- [۴] زاهدی، م.، "جایگاه گنبد های نمکی منطقه زاگرس بلند در ستون چینه شناسی ایران"، فصلنامه علوم زمین (۱۳۷۰) ۱، ۶۴-۷۳.
- [۵] زاهدی، م.، "نقشه زمین شناسی شهرکرد ۱:۲۵۰۰۰۰"، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۱).
- [۶] هروی، م.، هوشمندزاده، ع.، نبوی، م.، "مفاهیم جدیدی از چینه شناسی سازند هرمز و مسئله دیاپیریسم در گنبد های نمکی جنوب ایران"، سمپوزیوم دیاپیریسم (۱۳۶۹) ۱-۲۰.
- [7] Stocklin, J., "Lagoonal formation and salt domes in East Iran" Bulletin of the Iranian Petroleum Institute" (1972) 3, 29-46.
- [8] Harrison, J. V., Obrein, C.A., "The geology of some salt plugs in Laristan, South Persia", Geo. Soc. London, J. Quart (1971) 86, 463-522.
- [۹] سبزه ئی، م.، "گزارش بررسی های زمین شناختی و سنگ شناختی گنبد های نمکی کاکان، کمهر، کوه گون در منطقه یاسوج"، اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد، گزارش داخلی (۱۳۶۸) ۷۰.
- [۱۰] حجتی، ح.، "بررسی پترولوژی و ژئوشیمی گنبد های نمکی استان چهارمحال و بختیاری (کاج، گنجان، دشتک و نازی)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان (۱۳۷۷) ۲۰۷.
- [11] Momenzadeh, M., Heidary, A., "The origin of Hormoz salt formation", Symposium on diapirism with special reference to Iran (1990) 1, 109-140.
- [۱۲] درویش زاده، ع.، "ویژگی زمین شناسی نمک های اینفراکامبرین خلیج فارس"، مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیریسم (۱۳۶۹) ۱، ۸۱-۱۰۸.
- [۱۳] تقی پور، ص.، خلیلی، م.، نقره ثیان، م. و تقی پور، ع.، "مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی بر روی سنگ های آذرین سازند هرمز"، چکیده مقالات انجمن زمین شناسی (۱۳۸۵) ۴۷۸.
- [14] Morimoto, N., "Nomenclature of pyroxenes", Can., Mineral, (1989) 27, 143-156.