



بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹ The 23rd Symposium of Geological Society of Iran 10-11 November, 2020



مطالعه میزان دگرگونی توده نفوذی گابرویی کوه ارغون، جنوب غرب ماهنشان

صمد بهنام

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

محمد ابراهیمی*

دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال روستای قراول‌خانه و در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب غرب ماهنشان واقع شده است. در کوه ارغون مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای شامل شیست سبز، گنایس و آمفیبولیت با روند شمال غرب – جنوب شرق رخمنون دارد. در این مجموعه توده نفوذی گابرویی به سن کرتاسه پسین- پالئوسن نفوذ نموده که دارای ترکیب کانی‌شناسی پلاژیوکلاز، پیروکسن و هورنبلند و کانی‌های کدر است. نظر به شواهد پتروگرافی و حضورکانی‌های شاخص رخساره شیست سبز و آمفیبولیت درجه پایین مانند کلریت، اپیدوت، کلسیت، اکتینولیت و کوارتز، وجود تاجی‌ها و کناره‌های واکنشی در پورفیروبلاستهایی که در عدم تعادل با زمینه هستند و نیز وجود بلورهای سودومورف (بلورهای کاملاً دگرگون شده با بافت آذرین اولیه) و بررسی واکنش‌های محتمل و دارای روند منطقی در زیرسیستم منیزیم با استفاده از نرم‌افزار ترموکالک، می‌توان گفت این توده نفوذی دچار دگرگونی در حد رخساره شیست سبز و بخش زیرین آمفیبولیت (با حدود ۴۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۵/۳ کیلو بار) شده است.

واژگان کلیدی: کوه ارغون، دگرگونی ناحیه‌ای، توده نفوذی گابرویی، زیرسیستم منیزیم، رخساره شیست سبز.

مقدمه

منطقه مورد مطالعه در گوشه جنوب شرقی ورقه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تکاب- تخت سلیمان بین طول‌های جغرافیایی ۱۴ ۱۹ ۴۷ تا ۴۴ ۲۲ ۴۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۰۳ ۳۷ تا ۵۴ ۳۶ شمالی واقع شده است. این منطقه در تقسیم‌بندی زون‌های ساختاری ایران براساس بربریان و کینک (۱۹۹۱) (۱ و ۲) جزء ایران مرکزی و براساس Glig (۲۰۰۶) (۳) جزء زون سندج – سیرجان می‌باشد.

با توجه به خصوصیات سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی منطقه تکاب و سن‌پایی U/Pb بر روی زیرکن گنیس‌های گرانیتی منطقه تکاب که سن ۵۶۰ (Stockli et al., 2004) [۴] میلیون سال را بدست داده است، می‌توان این منطقه را جزء خرده قاره ایران مرکزی دانست (حاجی‌علی‌اوغلی، ۲۰۰۷) [۵]. با توجه به روابط چینه‌ای و مطالعات سنی منتشر شده، شاید بتوان زمان تشکیل توده گابرویی دگرگون شده را تریاس میانی– بالایی و همزمان با فاز کوهزایی سیمیرن پیشین در نظر گرفت. بنابر این سن دگرگونی این توده نفوذی را می‌توان به فازهای سیمیرن پسین و لارامید مربوط دانست.

روش مطالعه

در این پژوهش پس از انجام مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، از نمونه‌ها مقاطع نازک تهیه شد. سپس بررسی میکروسکوپی مقاطع انجام پذیرفت و براساس مطالعات پتروگرافی، کانی‌شناسی و مطالعه واکنش‌های محتمل در زیرسیستم منیزیم اعضای انتهایی فازهای سازنده سیستم و ارتباط آنها با همدیگر بررسی و نتایج بدست آمده گزارش گردید.

پتروگرافی توده نفوذی متاگابرویی

سنگ‌های گابرویی دگرگون شده در ابتدا دارای فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن و بافت‌های اینتراگرانولار و دانه‌ای بوده‌اند. پلاژیوکلاز مهمترین و فراوانترین کانی تشکیل دهنده این سنگ‌ها محسوب می‌شود. پلاژیوکلاز حدود ۵۵ تا ۶۵ درصد حجم این سنگ‌ها را شامل می‌شود و اغلب به صورت بلورهای خودشکل و نیمه‌خودشکل بوده و به صورت تیفه‌های ریز تا درشت و با ماکل تکراری قابل تشخیص‌اند. برخی بلورهای پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی (زونینگ) می‌باشند (شکل ۱-۱b). کلریتی شدن، سرسپیتی شدن و سوسوریتی شدن از جمله دگرسانی‌های قابل مشاهده در پلاژیوکلازها هستند. دگرسانی سوسوریتی بیشتر در مرکز بلورها رخ داده که حاکی از منطقه‌بندی عادی پلاژیوکلاز و غنی بودن مرکز بلور از کلسیم نسبت به حاشیه آن است. مهمترین کانی مافیک این سنگ‌ها پیروکسن است و مقدار آن به ۲۵ تا ۳۵ درصد می‌رسد (شکل ۱-۱c). از دیگر کانی‌های مافیک موجود در سنگ می‌توان به آمفیبول (هورنبلند) با فراوانی بین ۵ تا ۱۰ درصد اشاره نمود. آپاتیت، بیوتیت و کانی‌های کدر از جمله کانی‌های فرعی موجود در سنگ‌های مورد مطالعه هستند (شکل ۱-۱f). بعضی از بلورهای بیوتیت سالم و بدون تجزیه بوده ولی بعضی دیگر به کلریت تجزیه شده‌اند (شکل ۱-۱a). پلاژیوکلاز: دارای انواع ماکلهای پلی‌ستیک، پریکلین و تیفه‌های ماکل چند مرحله ای نامنظم می باشد. منطقه‌بندی (زونینگ) عادی و نوسانی(ناشانگر اختلاط ماگمایی) در این پلاژیوکلازها زیاد دیده می‌شوند (شکل ۱-۱d) در این سنگ‌ها در پلاژیوکلازها پدیده کینک‌شدگی و گوه‌ای شدن ماکلها فراوان به چشم می‌خورد که بدلیل وجود فشارهای برشی در حین یا بعد از تبلور توده می‌باشد (شکل ۱-۱b).

هورنبلند: این کانی در این سنگ‌ها با رخ های دو جهتی کاملاً واضح و در بعضی نقاط با ماکل ساده دیده می‌شود (شکل ۱-۱f) و اغلب به شکل منشوری و خرد شده بوده که در اثر آلتراسیون به کلریت تبدیل شده‌اند
بیوتیت: این کانی دارای خاموشی مستقیم و رخ یک جهتی واضح می‌باشد. بعضی از بلورهای بیوتیت سالم و بدون تجزیه بوده ولی بعضی دیگر به کلریت تجزیه شده اند و در اثر اعمال نیروهای تکتونیکی حاکم بر منطقه گاهی بلورهای بیوتیت دچار خمیدگی شده‌اند (شکل ۱-۱a).

شواهد دگرگونی در حد رخساره شیست سبز توده نفوذی گابرویی بر مبنای مشاهدات پتروگرافی

دو فرآیند سرسپیتی شدن و کلریتی شدن معمولاً در این سنگ ها با هم دیده می‌شوند به طوری که در دماهای پایین تا متوسط بیوتیت ها پراحتی به کلریت تبدیل می‌شوند. در اکثر واکنش‌های مربوط به عمل کلریتی شدن مقداری K (پتاسیم) آزاد می شود که تا حدودی سرسپیتی شدن پلاژیوکلازها به دلیل آن است.

با توجه به حضور کانی‌های شاخص رخساره شیست سبز مانند آل بیت + اپیدوت + کلریت + اکتینولیت + کوارتز، در بررسی میکروسکوپی نمونه‌های برداشت شده وشواهد زیر می توان گفت که توده نفوذی دیوریتی منطقه مورد مطالعه دچار دگرگونی در حد رخساره شیست سبز شده است. این شواهد عبارتند از:

۱ – اپیدوتیتی شدن: اپیدوت برجستگی نسبتاً بالایی داشته و عموماً با سایر کانی‌های غنی از کلسیم مانند هورنبلند، پلاژیوکلاز و تیتانیت همراه است، وجود مقدار زیاد Fe³ باعث بالا رفتن بیرفرزنانس اپیدوت است که تا رنگ‌های درجه ۳ هم پیش می‌رود، اپیدوت در مقاطع مربوط به گابروها معمولاً بصورت ثانویه بوده و از تجزیه پلاژیوکلازها بوجود آمده‌است با توجه به حضور گسترده این کانی در نمونه‌های مورد مطالعه می‌توان گفت حضور اپیدوت به همراه سایر کانی‌های رخساره شیست سبز نشان از دگرگون - شدن این سنگ‌ها دارد. (شکل ۲ – f)

۲ – کلریتی شدن: کلریت در مقاطع مربوط به گابروها بصورت ثانویه از تجزیه کانی‌های مثل بیوتیت و پیروکسن و آمفیبول بوجود آمده است (شکل ۲ – b).

۳ – تاجی‌ها و کناره‌های واکنشی: نشانه آشکار از عدم تعادل میان فازهای ویژه در متابازیک‌های رخساره آمفیبولیت و درجه‌های پایین‌تر هستند. این سیم‌ها گرداگرد پورفیروبلاستهایی که در عدم تعادل با شرایط زمینه هستند، دیده می‌شوند و واکنش همراه با عدم تعادل‌های پی در پی می‌تواند باعث سودومورف شدن بخشی یا کامل فاز ناپایدار شود (شکل ۲ – c).

۴ – کلسیتی شدن: تجزیه آمفیبول به کلسیت نیز در مقاطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود (شکل ۲ – d).

۵– کانی‌های اپاک نیز که حاصل تجزیه گانی‌های مافیک می‌باشند، در مقاطع دیده می‌شوند (شکل ۲ – b).

دگرگونی سنگ‌های بازیک (متابازیت‌ها)

سنگ‌های دگرگونی مافیک از سنگ‌های آذرین مافیک، اساساً بازالت‌ها و آندزیت‌ها و به مقدار کم اهمیت‌تر از گابرو مشتق می‌شوند. از آنجائی‌که سنگ‌های بازیک از CaO-Al₂O₃-MgO-FeO غنی هستند، غالباً کانی‌های کلریت–اکتینولیت و اپیدوت را در دگرگونی حرارت پایین (رخساره شیست سبز) و هورنبلند را در درجه حرارت‌های بالاتر (رخساره آمفیبولیت) بوجود می‌آورند. درحرارت‌های بالاتر سنگ‌های حاوی پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و ارتوپیروکسن تشکیل می‌گردند. با توجه به وجود انحلال جامد گسترده بین کانی‌های موجود در سنگ‌های متابازیک (انحلال جامد بین پلاژیوکلازهای Na و Ca دار و انحلال جامد بین Fe و Mg)، این سنگ‌ها حساسیت زیادی به تغییرات حرارت و فشار نشان نمی‌دهند.

ترموبارومتري توده نفوذی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ترموکالک و بر مبنای مشاهدات پتروگرافی

جهت انجام محاسبات ژئوترموبارومتري از روش‌های گوناگونی می‌توان استفاده کرد. در این مقاله سعی شده است با استفاده از مشاهدات پتروگرافی و شواهد فابریکی، واکنش گر‌ها و محصولات آنها که دارای شرایط زیر باشند، مشخص شوند.

الف- با توجه به اینکه درجه دگرگونی نمونه‌های برداشت شده در حد رخساره شیست سبز و بخش زیرین آنها در خد رخساره آمفیبولیت می‌باشند نمونه‌های برای تعیین واکنش گر‌ها و محصولات آنها انتخاب شدند که در آنها واکنش گر‌ها با حفظ بافت اولیه به کانی‌های دیگر تبدیل شده‌اند[۷]

ب- نمونه انتخاب شده باید دارای حداکثر تعداد فازهای کانی‌شناسی باشد تا بتوان یک یا چند واکنش بین اعضای نهایی تشکیل- دهنده آن پیشنهاد نمود.

ج- تمامی فازهای انتخاب شده برای واکنش باید با هم در تعادل شیمیایی باشند [۸].

و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار ترموکالک واکنش‌های محتمل را مشخص نمودیم و سپس از بین این واکنش‌ها، واکنش‌های دارای روند منطقی را انتخاب و در نهایت دما و فشار دگرگونی را محاسبه می‌نماییم. ضمناً اختصارات نام کانی‌ها در این فصل از [۹] اقتباس شده‌اند.

سازنده‌های فازی مرحله دگرگونی رخساره شیست سبز با استفاده از شواهد فابریکی و مشاهدات پتروگرافی و بررسی نمونه‌های استاندارد مشابه، با در نظر گرفتن اکتینوئیت ایده‌آل عبارتند از:

آمفیبول: (ترمولیت (Ca₂Mg₃Si₈O₂₂(OH)₂) و فرواکتینولیت (Ca₂Fe₅Si₈O₂₂(OH)₂))، پلاژیوکلاز: (انورتیت ((CaAl₂Si₂O₈))، پیروکسن: (دیوپسید (CaMgSi₂O₆) و هندنبرژیت ((CaFeSi₂O₆))، کلریت: (کلینوکلر ((Mg₂Al₂Si₃O₁₀(OH)₄))، آمسیت ((Fe₃Al₂Si₃O₁₀(OH)₄) و دافنیت ((Mg₃Al₂Si₃O₁₀(OH)₄))، اپیدوت: (ژونیزیت ((Ca₂Al₂Si₃O₁₂(OH))، کوارتز: (SiO₂))، مسکویت: (KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂)، آب: (H₂O)، میکسای سیاه: (فلوگوپیت ((KMg₃AlSi₃O₁₀(OH)₂) و آنیست ((KFe₃AlSi₃O₁₀(OH)₂)).

با توجه به سازنده‌های فازی، سازنده‌های سیستم عبارتند از:

H₂O, Al₂O₃, K₂O, FeO, MgO, CaO, SiO₂

برای بدست آوردن حداکثر و حداقل دمای ممکن دگرگونی، بررسی‌های ترمودینامیکی در زیرسیستم اعضای نهایی کانی‌های منیزیم‌دار صورت گرفته است.

اعضای انتهایی زیرسیستم منیزیم با لحاظ اکتینوئیت ایده‌آل:

Al₂O₃, K₂O , MgO , CaO , SiO₂ , H₂O(AKMCSH)

سازنده‌های فازی این زیرسیستم عبارتند از: ترمولیت (tr)، انورتیت (an)، ژونیزیت (zo)، دیوپسید (di)، فلوگوپیت (phl)، کلینوکلر (clin)، آمسیت (ames)، مسکویت (mu)، کوارتز (q) و آب (H₂O).

در شکل (۱) نمودار دما – فشار برای این واکنش‌ها ترسیم شده است و نشان می‌دهد که فشار در حدود ۵/۳ کیلو بار و دما در حدود ۴۸۰ درجه سانتیگراد می‌باشد که با شرایط رخساره شیست سبز هماهنگی دارد.

تعدادی از واکنش‌های مربوط به اعضای نهایی منیزیم‌دار منطقه مورد مطالعه که در نمودار شکل ۱ تصویر شده- اند، عبارتند از:

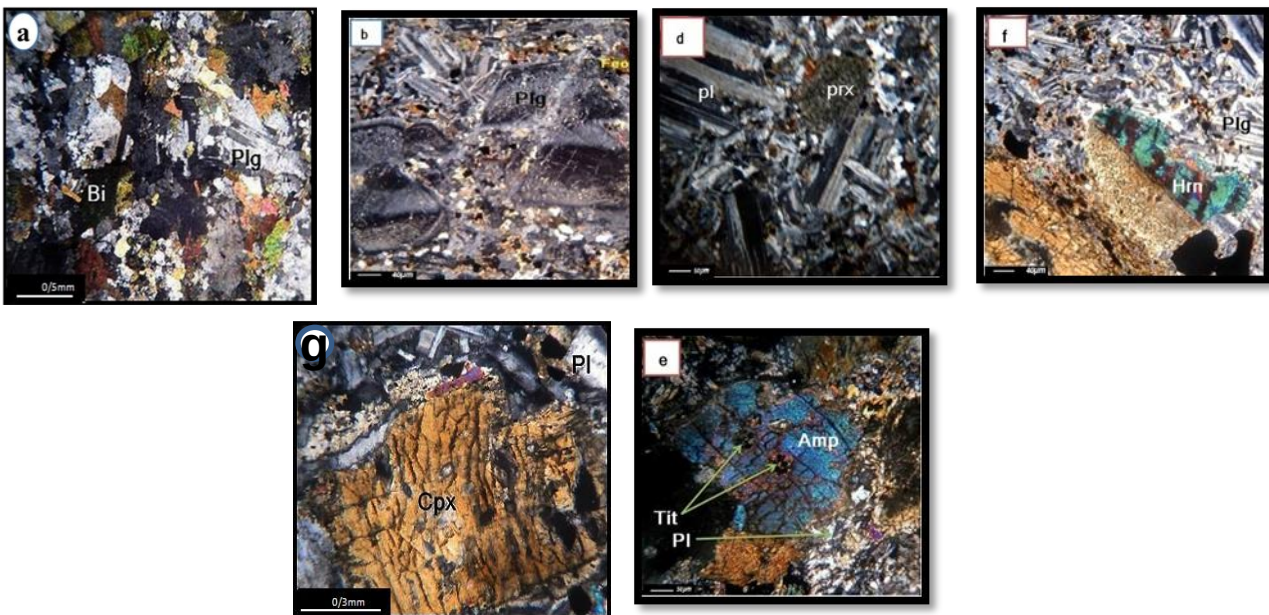
4) 9tr + 30zo = 35di + 2clin + 43an + 16H₂O
7) 5tr + 18zo = 21di + ames + 25an + 10H₂O
21) 35di + 8clin + 15mu = 6tr + 15phl + 23an + 26H₂O
27) 5tr + 2di + 9mu = 9phl + 6zo + 26q + 2H₂O
39) 32di + 5clin + 19mu = 19phl + 16zo + 31q + 12H₂O

و نهایتاً با بررسی نمودارهای بدست آمده و ترسیم نقاط دما – فشار بدست آمده بر روی میدان پایداری رخساره‌های دگرگونی نتایج زیر بدست آمد .

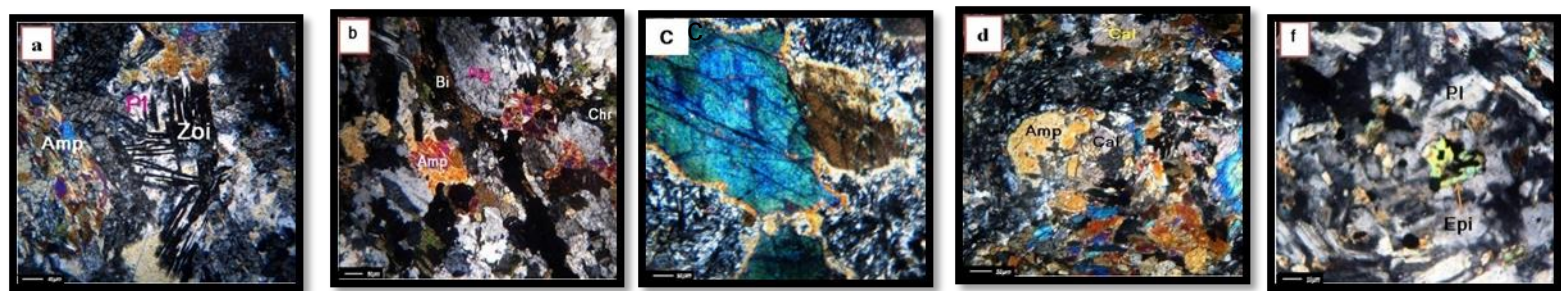
- بررسی نمودارها نشان می‌دهد سنگ‌های توده گابرویی تا بخش بالایی رخساره شیست سبز و بخش زیرین رخساره آمفیبولیت دگرگون شده‌اند.
- دما – فشار بدست آمده برای اعضای انتهایی منیزیم‌دار حدود ۴۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۵/۳ کیلو بار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

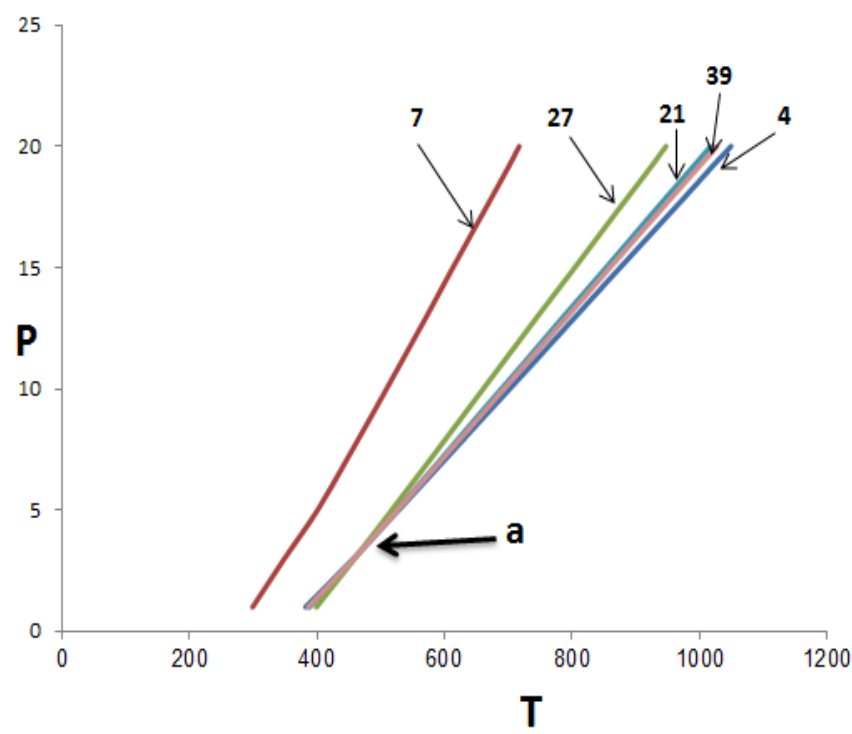
با توجه به اینکه توده نفوذی کوه ارغون بین سنگ‌های دگرگونی مجموعه تکاب-ماهنشان قرار گرفته است هر چند دگرشکلی همراه دگرگونی در سنگ‌های رسی منطقه تکاب-ماهنشان بسیار مشخص و بارز است، لیکن توده نفوذی کوه ارغون دگرشکلی شدیدی نشان نمی‌دهد. دگرگونی توده نفوذی گابرویی منطقه مورد مطالعه شامل وجود برگواگی در نمونه‌های ماکروسکوپی و جهت‌یافتگی کانی‌ها در مقاطع میکروسکوپی از جمله تغییر شکل ماکل‌های پلاژیوکلاز را شامل می‌شود. شاید ماهیت کانی‌شناسی سنگ‌های گابرویی به ویژه پایین بودن مقدار کانی‌های ورقه‌ای در آن در مقایسه با سنگ‌های رسی عامل تفاوت رفتار دگرشکلی این دو دسته سنگ است در حالیکه درجه دگرگونی آنها نزدیک به هم می‌باشد. ضمناً بررسی ترموبارومتري سنگ‌های توده نفوذی گابرویی منطقه مورد مطالعه از طریق بررسی واکنش‌های محتمل و مناطقی بدست آمده برای زیرسیستم منیزیم با لحاظ اکتینوئیت ایده‌آل با استفاده از نرم‌افزار ترموکالک حدود ۴۸۰ درجه سانتیگراد و فشار ۵/۳ کیلو بار می‌باشد. در نهایت با توجه به کانی‌های حاصل از دگرگونی این توده، جهت‌یافتگی کانی‌ها در مقاطع میکروسکوپی و ترموبارومتري صورت گرفته، می‌توان بیان داشت که توده نفوذی در رخساره شیست سبز تا آمفیبولیت دگرگون شده است.



شکل ۱: (a) بیوتیت اولیه و یوهدرال، (b) پلاژیوکلاز با بافت نوسانی سرسپیتی شده، (c) کلینوپیروکسن، (d) بافت گرانوبلاستیک و کینک‌شدگی پلاژیوکلاز، (e) تیتانیت حاصل از تجزیه آمفیبول و تجزیه پلاژیوکلاز به اپیدوت، (f) هورنبلند ماکل‌دار. میدان دید ۳ mm و همه تصاویر در نور xpl گرفته شده‌اند.



شکل ۲: (a) ژونیزیت حاصل از پلاژیوکلاز، (b) کلریت حاصل از تجزیه بیوتیت (c) تاجی‌های واکنشی موجود در فنوکریست‌های آمفیبول (هورنبلند) (d) کلسیت حاصل از تجزیه آمفیبول. (f) اپیدوت حاصل از تجزیه پلاژیوکلاز. میدان دید ۱/۲ mm و همه تصاویر در نور xpl گرفته شده‌اند.



شکل ۳: نمودار دما– فشار واکنش‌های دتر تونی رخساره شیست سبز در زیر سیستم منیزیم‌دار (AKMCSH).

- منابع**
- Berberian, M., and King, G.C.P., (1981).Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran .Canadian Journal of Earth Sciences, 18: 210-265.
 - Berberian, F., Muir, I. D., Pankhurst, R. J. and Berberian, M. (1982). Late Cretaceous and Early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and Central Iran. Journal of the Geological Society, London, 139: 605-14.
 - Gilg, H.A., Boni, M., Balassone, G, Allen, C.R., Banks, D. and Moore, F., 2006. Marble-hosted sulfide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: Interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. Mineral Deposita, 41: 1-16.
 - Stockli, D.F., Hassanzadeh, J., Stockli, L.D., Axen, G.,Walker, J.D., and Dewane, T.J., (2004). Structural and geochronological evidence for Oligo-Miocene intra-arc low-angle detachment faulting in the Takab-Zanjan area, NW Iran. Abstracts with Programs, Geological Society of America, Denver Annual Meeting (November 7–10: 316-319.
 - Hajjalilohi, R. 2007. Petrogenesis and tectonic evolution of metaluminous sub –alkaline granitoids from the Tekab Complex, NW Iran. Geological Magazine, 148 (2): 250-268.
 - Carswell & beach, A.(1990)Retrogressive metamorphic processes in shear zones with special refrence to the lewisian complex. J. struct. Geol. 2, 257-263.
 - اپوذر، ج. (۱۳۸۷) مبانی ترمودینامیکی پترولوژی دگرگونی. انتشارات دانشگاه زنجان، ۲۰۴ صفحه
 - Powell, R., Holland, T.J.B., (1988). Internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlation: 30 application, methods, worked examples and a computer program. J. of Metamorphic Geology, 16: 173-204.