

بررسی کانی‌های ثانویه در مجموعه افیولیتی صحنه - هرسین به منظور تعیین شرایط دگرسانی

لیلا فتحیان^۱، فرهاد آلیانی^۲، سید جعفر حسینی دوست^۳، سعیده رحمانی^۴

۱- کارشناس ارشد پترولوژی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲- دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۴- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

fathiyan@gmail.com

دریافت: ۹۰/۵/۱۱ پذیرش: ۹۰/۱۰/۴

چکیده

افیولیت‌های کرمانشاه یک کمپلکس به شدت خرد شده می‌باشد گابروها، دایک‌های دلریتی و پریدوتیت‌های عمدتاً سرپانتینی شده از مهم‌ترین واحدهای تشکیل دهنده این مجموعه افیولیتی می‌باشند. پریدوتیت‌ها در منطقه مورد مطالعه از نوع دگرگون شده هستند. که به دلیل خرد شدگی شدید به شدت تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال قرار گرفته و دگرسانی تقریباً شدیدی را متحمل شده‌اند. حاصل این تجزیه و تخریب‌ها پیدایش کانی‌های ثانویه گروه سرپانتین (لیزاردیت، کریزوتیل، آنتی‌گوریت)، کلریت، تالک، مگنیزیت، ایدنگزیت و بروسیت می‌باشد. بررسی کانی‌های ثانویه موجود در این پریدوتیت‌ها نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه تحت متاسوماتیسم حرارت پایین در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته و سپس در اثر دگرگونی تا حد رخساره آمفیبولیت دمای منطقه افزایش پیدا کرده است. در پژوهش زیر به شرایط و واکنش‌های مرتبط با تشکیل هریک از کانی‌های فوق پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: کرمانشاه، افیولیت، هیدروترمال، متاسوماتیسم، هرسین

مقدمه

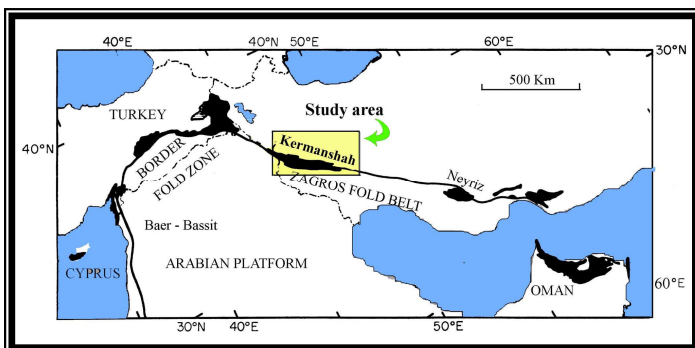
انجام شد. سپس بازدیدهای اصلی از کل ناحیه تحت پوشش همراه با نمونه‌برداری سیستماتیک از مقاطع مشخص صورت گرفت (شکل ۲). از نمونه‌های جمع‌آوری شده تعداد ۶۵ مقطع نازک تهیه و مطالعات دقیق پتروگرافی برای تعیین نام انواع سنگ‌ها و بررسی کانی‌های ثانویه موجود توسط میکروسکوپ پلاریزان انجام شد. در نهایت از تعداد ۱۶ نمونه آنالیز شیمیایی به روش XRF (در شرکت کانساران بینالود و دانشگاه فردوسی مشهد، دستگاه PHILIPS مدل PW ۱۴۸۰) و از ۲ نمونه به روش XRD (دانشگاه بوعلی سینا، مدل ITAL STRACTIONS ساخت کشور ایتالیا و تحت شرایط 30 mA , 40 KW , $k\alpha$ به عمل آمد (شکل ۱۳). سپس آنالیزها در نمودارهای مربوطه توسط نرم افزارهای نیوپت و جی سی دی کیت^۱ قرار گرفتند.

سیستم آلپ-همالیا که در مزوزوئیک-سنوزوئیک حادث شده است یک سیستم کلاسیک از نوع برخورد قاره است. این نوار کوهزایی متشکل از مجموعه‌های متعدد افیولیتی است که در ایران و نواحی همجوار شناسایی شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. (شکل ۱) منطقه مورد مطالعه قسمتی از مجموعه معروف به نوار افیولیت-رادبولاریت کرمانشاه می‌باشد که این مجموعه از منطقه صحنه و هرسین (در جنوب شرق) واقع در استان کرمانشاه آغاز و با روند شمال‌غرب در امتداد تراسه زاگرس قرار می‌گیرد، بدین ترتیب این قسمت را به نام مستقل، افیولیت صحنه نیز می‌شناسند مهم‌ترین پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته عمدتاً بر وری ژئوشیمی و کانسارهای اقتصادی افیولیت‌ها متمرکز شده است. [۱، ۲، ۳ و ۱۱].

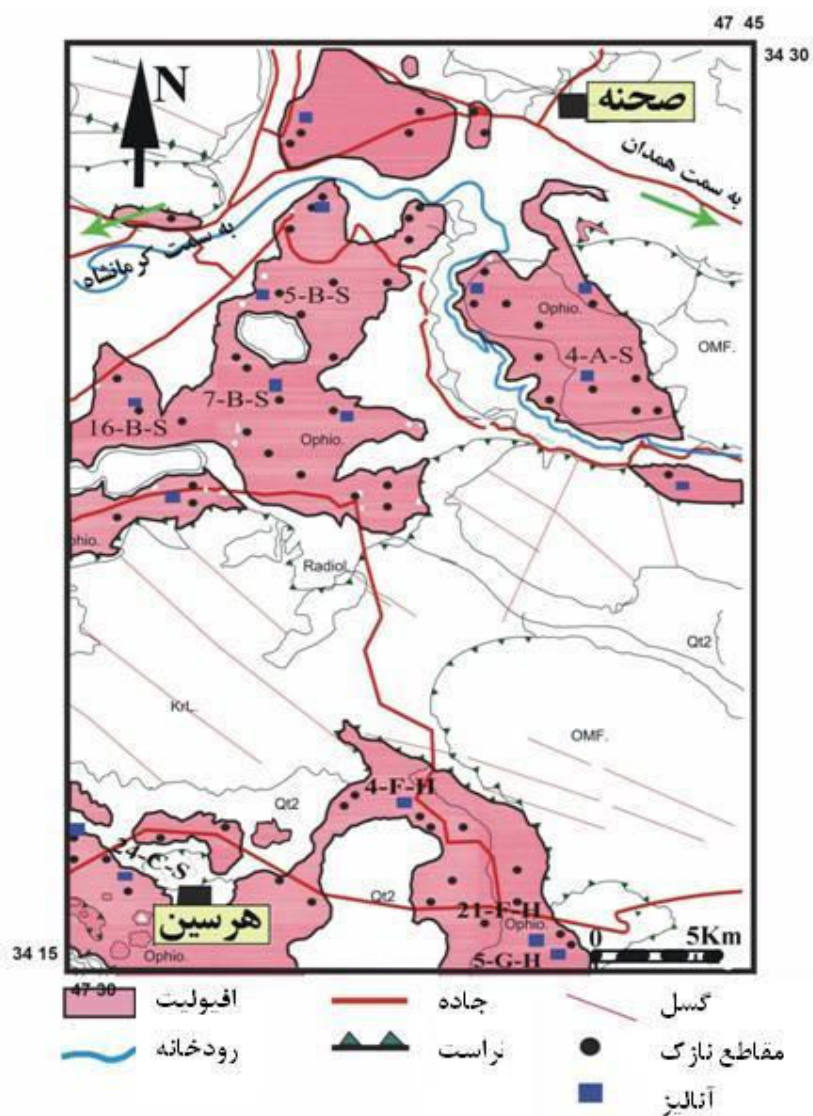
روش مطالعه

در ابتدا کارهای صحرایی اولیه مانند بازدید مقدماتی و تهیه عکس‌هایی از ناحیه جهت شناخت بیشتر منطقه

¹New pet and Gcdikit



شکل (۱) نقشه پراکندگی افیولیت‌های ایران و توزیع افیولیت‌های کرتاسه نئوتتیس در امتداد زون زاگرس - بتلیس [۱۲]



شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و محل‌های نمونه‌برداری و آنالیزهای انجام شده (حسینی دوست، ۱۳۸۵ با اصلاحات)

بحث

محدود دیگر کانی‌های ثانویه مانند تالک، کلریت، کربنات‌ها، بروسیت و ایدنگزیت‌ها می‌باشد.

۱- سرپانتین

سرپانتینیت‌ها را در منطقه مورد مطالعه به طور عمده سرپانتینیت‌های توده‌ای تشکیل می‌دهند که مرتبط با سرپانتینی شدن استاتیک می‌باشند. کانی غالب در این سرپانتینیت‌ها کریزوتیل و به میزان کمتری لیزاردیت و آنتی‌گوریت می‌باشد که این مسئله در مقاطع سرپانتینیت منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌گردد که در مبحث هر یک از کانی‌ها به طور کامل به آن پرداخته شده است.

۱-۱- لیزاردیت

لیزاردیت‌ها معرف کانی‌های سرپانتینی دما پایینی می‌باشند که معمولاً در دماهای کمتر از (250°C) پایدار هستند و به طور بارزی در درجات دگرگون پایین‌تر از رخساره شیست سبز یافت می‌شود [۴]. و در اثر دگرگونی پیشرونده تا بالای رخساره شیست سبز به پلی‌مورف‌های دما بالا (سرپانتین) تبدیل می‌شوند. لیزاردیت‌ها در مقاطع میکروسکوپی اصولاً به صورت ورقه‌های نامنظم قرار می‌گیرند [۴]؛ که در مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های مورد مطالعه، لیزاردیت‌ها با فراوانی بسیار اندک و به صورت ورقه‌های سفید رنگ مشاهده می‌گردند (شکل ۴-الف).

۱-۲- کریزوتیل

در مقاطع نازک نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، کریزوتیل به صورت فیبرهای متقاطع سبز رنگ دیده می‌شوند که سبب ایجاد یک بافت مشبک می‌گردند. اصولاً چنین بافت‌هایی ثانویه هستند و در اثر تبلور مجدد ایجاد شده‌اند (شکل ۴-ب). کریزوتیل‌ها نیز در دگرسانی استاتیک و حرارت‌های پایین، در اثر واکنش محلول‌های هیدروترمال با کانی‌های مافیک مثل الیوپن و پیروکسن تشکیل می‌گردند. کریزوتیل‌ها تحت شرایط رخساره شیست سبز میانی تشکیل و سپس تحت شرایط دگرگونی پیشرونده تا بالای رخساره شیست سبز، پلی‌مورف دما بالای سرپانتین (آنتی‌گوریت) را تشکیل می‌دهند که در شکل ۶ این پلی‌مورف‌ها کنار یکدیگر دیده می‌شوند [۵]. قابل ذکر است که کریزوتیل‌ها کانی رایج سرپانتینیت‌های نوع توده‌ای می‌باشند [۴] که در منطقه مورد مطالعه نیز این مسئله

در مورد طبیعت نقل و انتقال‌های بین محلول‌های هیدروترمال-ماگما، در سیستم‌های هیدروترمال اقیانوسی، به خصوص در پوسته اقیانوسی جدید اطلاعات کمی موجود می‌باشد [۱۲]. در این رابطه مطالعات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی افیولیت‌ها در پشته‌های میان اقیانوسی، کلید مهمی برای فهم فرآیندهای آلتراسیون/متاسوماتیسم هیدروترمال می‌باشد [۲۱].

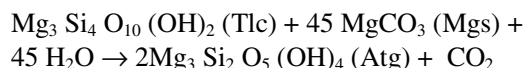
افیولیت‌ها منابع مهمی جهت کسب اطلاعات در مورد فرآیندهای هیدروترمال در پوسته اقیانوسی به شمار می‌روند. با توجه به این مسئله که مجموعه افیولیتی ایران در بیشتر نواحی، به خصوص در منطقه مورد مطالعه بسیار خرد شده می‌باشد به شدت تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال قرار گرفته و دگرسانی تقریباً شدیدی را متحمل شده‌اند. حاصل این تجزیه و تخریب‌ها پیدایش سنگ‌ها و کانی‌های ثانویه می‌باشد که با مطالعه نوع و پیشرفت کانی‌های ثانویه، می‌توان درجه دگرگونی و دگرسانی افیولیت‌ها را در منطقه مورد مطالعه تخمین زد. نتایج آنالیز (جدول ۱)، پریدوتیت‌ها در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند که نمونه‌های الترامافیک منطقه با توجه به ترکیب کانی‌شناسی ثانویه آن‌ها در قسمت پریدوتیت‌های دگرگون شده قرار می‌گیرند. این پریدوتیت‌ها که در مناطق کوهزایی دگرگون شده‌اند به پریدوتیت‌های نوع آلیپی معروف هستند (شکل ۳). شایان ذکر است که تنها در نواحی جنوب صحنه، نسبت به سایر بخش‌های منطقه مورد مطالعه، پریدوتیت‌ها دگرسانی شدیدتری را متحمل نشده‌اند. در این پژوهش به منظور فهم بیشتر فرآیندهای دگرگونی کف اقیانوسی، مهم‌ترین کانی‌های ثانویه و شیمی آن‌ها در سنگ‌های اولترامافیک افیولیت‌های صحنه هرسین که دارای دگرسانی شدیدتر می‌باشند؛ مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

کانی‌شناختی و شیمی کانی‌های ثانویه

در این بخش به انواع کانی‌های ثانویه و چگونگی تشکیل آن‌ها تحت شرایط استاتیک پرداخته می‌شود. کانی‌های رایج منطقه شامل کانی‌های گروه سرپانتین (لیزاردیت، کریزوتیل و آنتی‌گوریت) می‌باشند و در کنار آن‌ها به طور

فراوانی کمتری یافت می‌شوند و در این نوع سرپانتینیت‌ها کریزوتیل‌ها پلی‌مورف رایج می‌باشند [۱۰] در مقاطع میکروسکوپی مورد مطالعه این کانی به صورت بلورهای تیغه‌ای، سوزنی شکل و سفید رنگ مشاهده می‌شوند (شکل ۶).

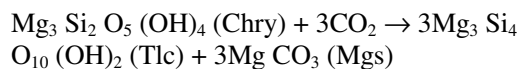
واکنش احتمالی زیر برای تشکیل آنتی‌گوریت‌ها در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد (شکل ۷):



بنابراین در منطقه مورد مطالعه آنتی‌گوریت‌ها در شرایط XCO_2 پایین و سیال غنی از آب، در دمای حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل شده‌اند با توجه به این مسئله که تشکیل مجدد فورستریت و انستاتیت از آنتی‌گوریت به دمایی بیش از ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نیازمند است و چون شواهدی مبنی بر تشکیل مجدد این کانی‌ها در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌گردد بنابراین دما در منطقه از ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد نباید فراتر رفته باشد.

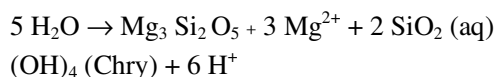
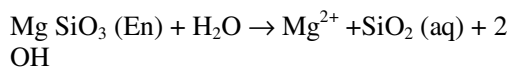
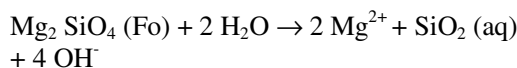
۲- تالک

تالک یک کانی سیلیکات منیزیم آب‌دار با فرمول $\text{Mg}_3 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$ می‌باشد. در سنگ‌های الترامافیک منطقه مورد مطالعه، تالک به وسیله چرخه‌های هیدروترمال و تحت شرایط حرارت پایین تا حد رخساره شیبست سبز و به طور عمده در زون‌های برشی تشکیل می‌شود. [۶] به عبارتی در اثر اضافه شدن ساده CO_2 ، مجموعه سرپانتین‌ها می‌تواند به تالک تبدیل شوند. کانی تالک در مقاطع میکروسکوپی سرپانتینیت‌های منطقه مورد مطالعه، به میزان کم به صورت ورقه‌ای و سفید رنگ در بین کانی‌های سرپانتین مشخص می‌باشد (شکل ۸-الف). که واکنش پیشنهادی برای تشکیل تالک در این منطقه به شرح زیر می‌باشد.



مشاهده می‌شود. با توجه به این مسئله که کانی رایج سرپانتین در منطقه مورد مطالعه کریزوتیل می‌باشد بنابراین دمای منطقه مورد مطالعه احتمالاً تا دمای رخساره شیبست سبز پیش رفته است. حضور کریزوتیل‌ها به صورت فیبرهای متقاطع در زمینه سایر کانی‌های سرپانتین نشان دهنده تشکیل تاخیری کریزوتیل‌ها تحت شرایط استاتیک می‌باشند [۴] که این مسئله در مقاطع سرپانتینیتی منطقه مورد مطالعه کاملاً مشهود می‌باشد.

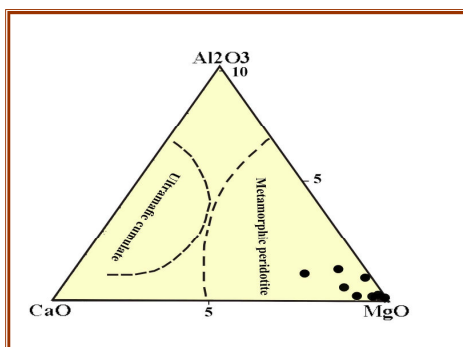
واکنش احتمالی زیر برای تشکیل کریزوتیل‌ها از الیون و انستاتیت در سنگ‌های اولترامافیک منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد (شکل ۵).



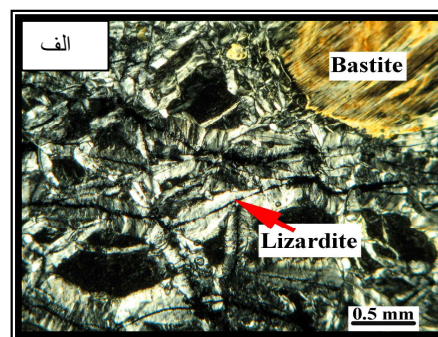
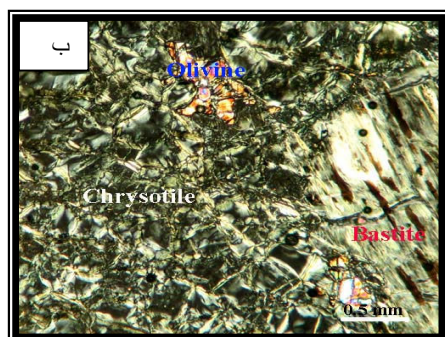
در این واکنش همراه با کاهش SiO_2 و افزایش PH، کریزوتیل‌ها در فاز تاخیری و تحت شرایط استاتیک تشکیل می‌گردند.

۳-۱- آنتی‌گوریت

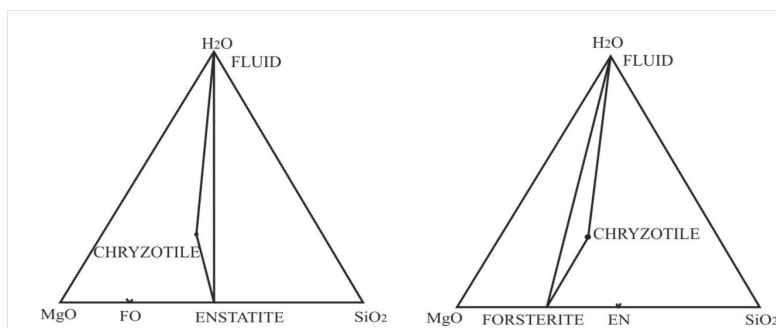
آنتی‌گوریت‌ها نسبت به سایر پلی‌مورف‌های سرپانتین در دگرگونی ناحیه‌ای درجه بالاتر (حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) شکل می‌گیرند، به عبارتی سرپانتینی شدن از نوع آنتی‌گوریت، در اثر واکنش کانی‌های اولترامافیک با محلول‌های هیدروترمالی با منشاء دگرگونی عمیق ایجاد می‌شوند [۹] در منطقه مورد مطالعه ابتدا لیزاردیت و کریزوتیل تحت متاسوماتیسم حرارت پایین در حد رخساره شیبست سبز ایجاد می‌شوند و سپس در اثر دگرگونی تا حد رخساره آمفیبولیت به آنتی‌گوریت تبدیل شده‌اند [۱۴]. با توجه به این مسئله که سرپانتینیت‌های منطقه مورد مطالعه بافت مشبک و باستیتی نشان می‌دهند بنابراین سنگ مادر این سرپانتینیت‌ها، باید هارزبورژیت باشد. در سرپانتینیت‌های با سنگ مادر هارزبورژیت، آنتی‌گوریت‌ها نسبت به کریزوتیل‌ها با



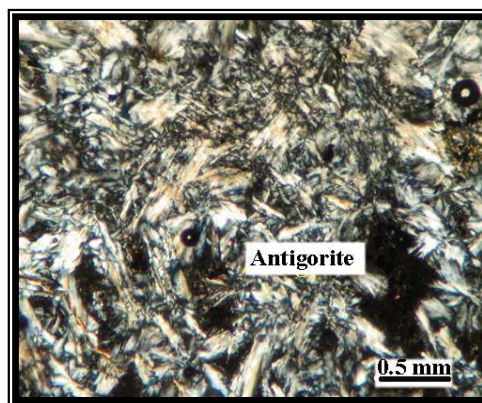
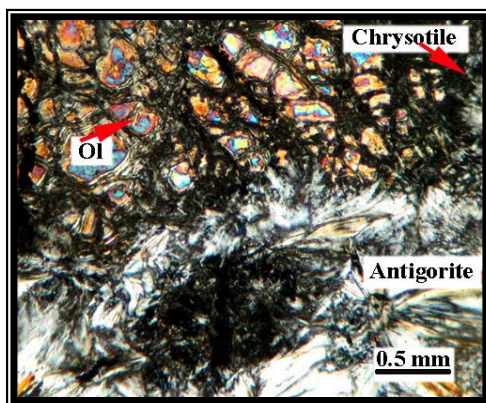
شکل ۳ نمودار Al_2O_3 -MgO-CaO برای مطالعه پریدوتیت‌ها در منطقه مورد مطالعه (محل برداشت نمونه‌ها در شکل ۲ مشخص شده است) [۵]



شکل ۴ تصویر میکروسکوپی از کانی لیزاردیت (الف) و کریزوتیل (ب) در مقاطع سرپانتینیت در منطقه مورد مطالعه. نور XPL



شکل ۵ روابط فازی و واکنش دگرگونی در سنگهای الترامافیک منطقه صحنه-هرسین

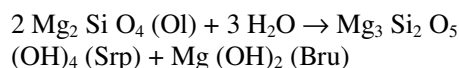


شکل ۶ تصویر میکروسکوپی از کانی آنتی‌گوریت در سرپانتینیت‌های منطقه مورد مطالعه

۳- کربنات

کانی الیوین صورت گرفته است. هارزبورژیتی که مقدار الیوین آن نسبت به پیروکسن بیش‌تر باشد در هنگام سرپانتینی شدن، مقداری بروسیت تشکیل می‌گردد [۸]. به همین دلیل در دونیت و هارزبورژیت‌ها تمرکزهای بالای الیوین، مجموعه‌های سرپانتین- بروسیت را تشکیل می‌دهد [۱۸]. گونارسون و همکاران تعیین کردند که بروسیت ممکن است در گستره دمایی بین ۵ تا ۳۵۰ درجه تشکیل گردد. در مقاطع سرپانتینیت در منطقه مورد مطالعه، کانی بروسیت به صورت مدور و بی‌رنگ مشاهده می‌گردد (شکل ۱۰).

واکنش زیر برای تشکیل بروسیت در مقاطع منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد (شکل ۱۱).



۶- کلریت

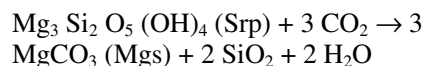
کلریت‌ها در منطقه مورد مطالعه از نوع کلریت‌های غنی از منیزیم مانند پنین و کلینوکلرها می‌باشند (شکل ۱۲). به عبارتی ترکیبات کلریت‌ها در سنگ‌های الترابازیک منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که آلتراسیون هیدروترمال تحت شرایط رخساره شیست سبز و در دمای ۲۰۰ تا ۳۵۰ درجه اتفاق افتاده است [۲۰].

نتیجه‌گیری

پریدوتیت‌ها در منطقه مورد مطالعه از نوع دگرگون شده می‌باشند که به دلیل خردشدگی شدید به شدت تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمال قرار گرفته و دگرسانی تقریباً شدیدی را متحمل شده‌اند. حاصل این تجزیه و تخریب‌ها پیدایش کانی‌های ثانویه از جمله لیزاردیت، کریزوتیل، آنتی‌گوریت، کلریت، تالک، مگنیزیت، ایدنگزیت و بروسیت می‌باشد. بررسی کانی‌های ثانویه موجود در این پریدوتیت‌ها نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه تحت متاسوماتیسم حرارت پایین در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته و سپس در اثر دگرگونی تا حد رخساره آمفیبولیت دمای منطقه افزایش پیدا کرده است. که در بعضی قسمت‌ها موجب پیدایش کانی‌های حرارت بالاتر مانند آنتی‌گوریت شده است.

کربن موجود در گوشته زمین به صورت محلول در سیال‌های هیدروترمال می‌باشد که در نتیجه درهم کنش بین CO_2 موجود در این سیالات با سیلیکات‌ها، کربنات‌ها که مهم‌ترین شکل کربن می‌باشند در گوشته بالایی شکل می‌گیرند [۱۵]. برای تولید میزان زیادی کانی‌های کربناته، نیاز به سنگ‌های غنی از Ca, Mg مثل پریدوتیت‌ها و سرپانتینیت‌ها می‌باشد. طوریکه این سنگ‌ها با محتوای زیاد MgO ، برای واکنش با CO_2 و ایجاد کانی‌های کربناته مناسب می‌باشد [۷]. سیالات غنی از CO_2 از پوسته اقیانوسی آلتزه شده به سمت توده‌های سرپانتینیت در عمق حرکت و با آن‌ها وارد واکنش می‌گردد از آنجایی که سرپانتینیت‌ها سنگ‌های غنی از Mg می‌باشند و ظرفیت بالایی برای واکنش با CO_2 دارند با سیالات هیدروترمال غنی از CO_2 واکنش می‌دهند که رایج‌ترین محصول این واکنش کانی‌های کربناته مگنیزیت می‌باشد که در مقاطع منطقه مورد مطالعه به ویژه سرپانتینیت‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۸-ب).

واکنش زیر جهت تشکیل مگنیزیت در مقاطع منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد.

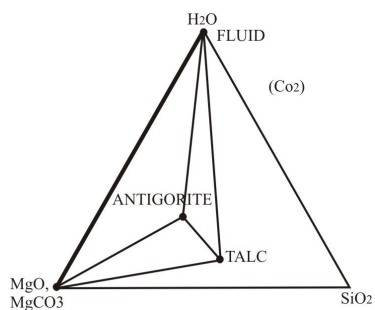


۴- ایدنگزیت

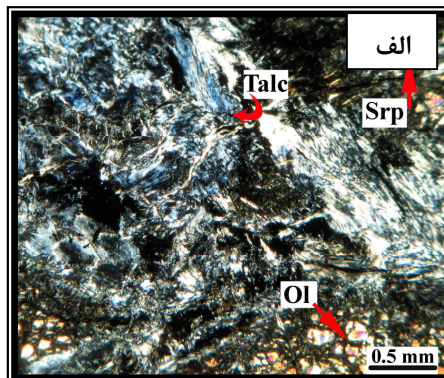
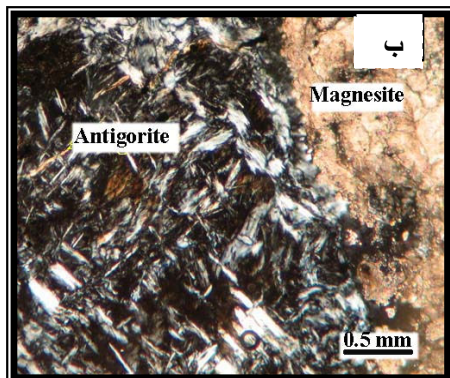
ایدنگزیت با فرمول $\text{Mg, Fe}_2\text{O}_3, 3 \text{SiO}_2, 4 \text{H}_2\text{O}$ از جمله کانی‌های ثانویه موجود در مقاطع منطقه مورد مطالعه می‌باشد که به طور کامل یا جزئی پسودومورف الیوین می‌باشند. در مقاطع سرپانتینیت، ایدنگزیت‌ها به صورت تیغه‌های نازک قهوه‌ای با بی‌رفرنژانس متوسط در کنار آنتی‌گوریت مشاهده می‌شوند (شکل ۹-ب).

۵- بروسیت

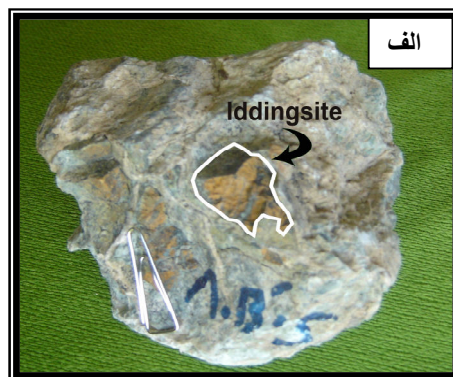
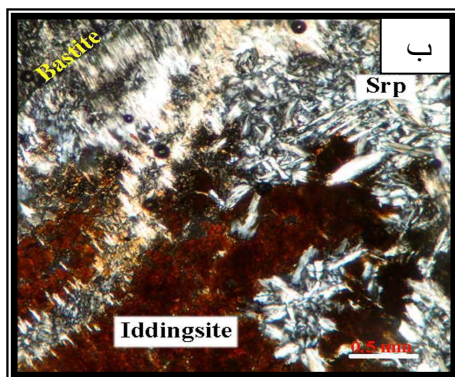
بروسیت با فرمول $\text{Mg} (\text{OH})_2$ یک کانی ثانویه می‌باشد که در نتیجه فرآیند دگرسانی در سرپانتینیت‌ها، تالک شیست‌ها و کلریت شیست‌ها پدید می‌آید [۱۹]. در منطقه مورد مطالعه کانی بروسیت در سنگ‌های سرپانتینیت تشکیل شده است به این صورت حضور بروسیت مدرکی است که نشان می‌دهد که فرآیند سرپانتینی شدن به خرج



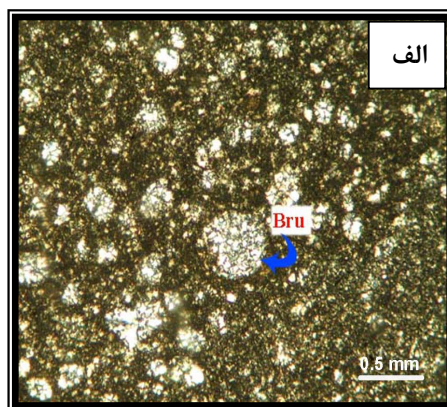
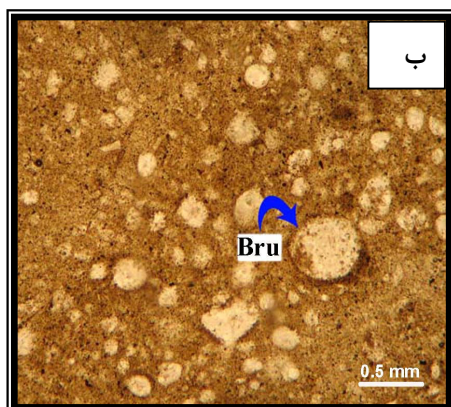
شکل ۷) روابط فازی و واکنش دگرگونی در سنگ‌های الترامافیک منطقه صحنه-هرسین



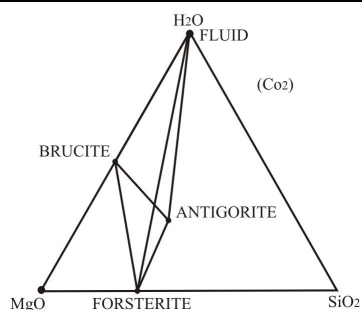
شکل ۸) تصویر میکروسکوپی از کانی تالک و مگنزیت در نمونه‌ای از سرپانتینیت‌ها



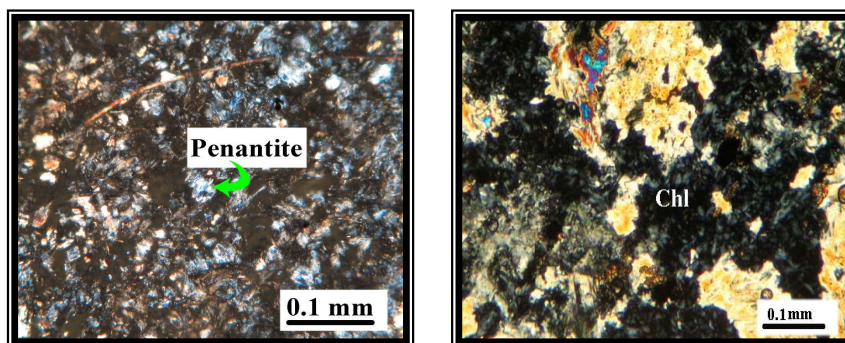
شکل ۹) تصویر ماکروسکوپی (الف) و میکروسکوپی (ب) از کانی ایدنگزیت در هارزبورژیت‌های سرپانتینی شده در منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۰) تصویر میکروسکوپی از رگه بروسیتی در سرپانتینیت‌های منطقه مورد مطالعه. الف، XPL، ب، PPL (Bru، بروسیت)



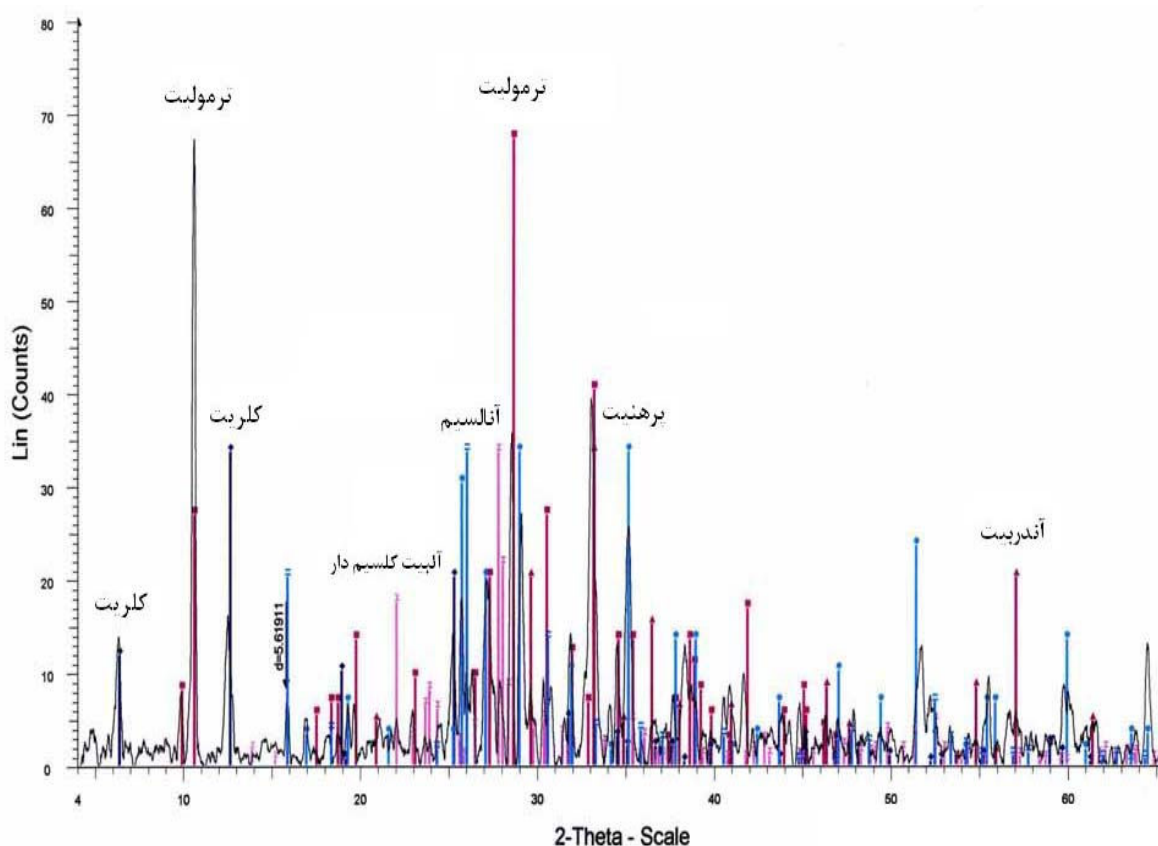
شکل (۱) روابط فازی و واکنش دگرگونی در سنگ‌های الترامافیک منطقه صحنه-هرسین



شکل (۱۲) تصویر میکروسکوپی از کانی کلینوکلر و پنین در سنگ‌های الترامافیک منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مقادیر اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب در نمونه‌های الترامافیک منطقه مورد مطالعه (به روش XRF).

Sample/Oxides	7-B-S	5-B-S	24-C-S	4-A-S	16-B-S	4-F-H	21-F-H
SiO ₂	41.39	41.26	39.71	39.67	41.41	37.61	38.13
TiO ₂	0.02	0.01	0.01	0.49	0.01	0.02	0.51
Al ₂ O ₃	0.74	0.11	0.69	4.51	0.33	0.56	3.92
Fe ₂ O ₃	9.71	8.24	7.63	12.41	9.60	8.30	6.18
MgO	34.98	35.94	37.29	27.73	40.65	39.38	36.56
MnO	0.14	0.12	0.11	0.17	0.13	0.11	0.22
CaO	3.25	0.19	0.56	7.52	0.92	1.30	0.86
Na ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.41	0.10	0.10	0.08
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.00	0.02	-	-	0.01
Total							
Trace Element, ppm							
Ni	2432	2744	2339	0.09	-	0.24	0.16
Pb	7	6	3	-	-	-	-
Rb	6	6	3	-	-	-	-
Sr	61	9	9	0.01	-	-	-
V	45	34	42	0.02	-	-	-
W	-	-	-	-	-	-	-
Y	6	6	7	-	-	-	-
Zr	10	8	8	-	-	-	0.02
Zn	47	43	42	0.01	-	-	0.01
Ba	۱۲	-	-	0.08	0.07	0.06	0.06
La	-	-	-	-	-	-	-
Cs	-	-	-	-	-	-	-
Ce	-	۲۹	-	-	-	-	-
Co	۸۴	۸۴	۷۲	0.02	0.02	0.01	0.01
Cr	۲۴۴۱	۲۱۶۶	۲۳۱۵	0.34	0.41	0.33	0.11
Cu	۳	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01
Nb	۰	۴	-	-	-	-	-
Mo	۴	۱	۳	-	-	-	-
U	۶	۵	-	-	-	-	-
Th	-	-	۱	-	-	-	-



شکل ۱۳) نتایج آنالیز XRD نمونه 5-G-H از رودنگیت‌های مجموعه افیولیتی صحنه-هرسین (محل برداشت در شکل ۲ مشخص شده است)

منابع

- [1] آرین، م. و معین وزیری، ح (۱۳۷۸) پتروگرافی، چینه شناسی و ژئوشیمی مجموعه افیولیتی کرمانشاه.
- [2] آقابات‌ی، ع (۱۹۷۸) تهیه نقشه چهارگوش کرمانشاه، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰
- [3] بابایی، ف (۱۳۸۱) بررسی افیولیت‌های منطقه صحنه (استان کرمانشاه) از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی و سنگ‌شناسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- [4] مرادپور، ن (۱۳۸۴) مطالعه پتروگرافی، ژئوشیمی و پترولوژی مجموعه افیولیتی جنوب صحنه (شمال شرق کرمانشاه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- [5] Azer, M. K. & Khalil, A. E. S., "Petrological and mineralogical studies of Pan- African serpentinites at Bir Al- Edeid area, central Eastern Desert, Egypt", *Journal of African Earth Sciences* 43 (2005) 525- 536
- [6] Auzende, Al., Guillot, S., Bevuard, B. & Baronnet, A., "Serpentinites in an Alpine convergent setting: Effect of metamorphic grade and deformation on microstructures", *European Journal of Mineralogy* 18 (2006) 21- 33
- [7] Boschi, c., Frush- Green, G. L. & Escartny, J., "Occurrence and significance of Serpentinite- hosted, Talc and Amphibole- rich fault rocks in modern Oceanic settings and Ophiolite Complexes" *Ophioliti*, 31 (2006) 129- 140
- [8] Cipolli, F., Gambardella, B., Marini, L., Ottonello, G. & Zuccolini, M. V., "Geochemistry of high- PH waters from serpentinites of the Gruppo di Voltri (Genova, Italy) and reaction path modeling of CO2 sequestration in serpentinite aquifers", *Applied Geochemistry*, 19 (2004) 787- 802

- cosmochimica Acta, 68 (2004) 1115-1133.
- [19] Paulick, H., Bach, W., Godard, M., Hoog, J. C. M., Suhr, G. & Harvey, J., "Geochemistry of abyssal peridotites (Mid-Atlantic Ridge, 15° 20' N, ODP Leg 209): Implication for fluid/ rock interaction in slow spreading environments", *chemical Geology*, 234 (2006) 179- 210
- [20] Perkins, D., *Mineralogy* (Second edition), Prentice- Hall of India (New Delhi) (2002)
- [21] Ramadan, T. M. & Kontny, A., "Mineralogical and structural characterization of alteration zone detected by orbital remote sensing at Shalation District, SE Desert, Egypt", *Journal of African Earth Sciences*, 40(2004) 89- 99.
- [22] Shibuya, T., Komiya, T., Anma, R., Ota, T., Omori, S., Kon, Y., Yamamoto, Sh., Maruyama, Sh., "Progressive metamorphism of the Taitao ophiolite; evidence for axial and off- axis hydrothermal alteration", *Lithos*, 98 (2007) 233- 260
- [9] Coleman, R. G., "Petrologic and Geophysical nature of serpentinite", *Geol. Soc. Of America Bulletin*, 82(1971) 897- 918
- [10] Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J., "Rock-Forming minerals (Orthosilicates)", Long man: New York. (1982)
- [11] Gahlan, H. A., Arai, Sh., Ahmed, A. H., Ishida, Y., Abdel- Aziz, Y. M. & Rahimi, A., "Origion of magnetite veins in serpentinite from the Late Proterozoic Bou- Azzer ophiolite, Anti- Atlas, Morocco: An implication for mobility of iron during serpentinization", *Journal of African Earth Sciences*, 46 (2006) 318- 330
- [12] Ghazi, M. A. & Hassanipak, A. A., "Geochemistry of Subalkaline and Alkaline extrusives from the Kermanshah Ophiolite , Zagros suture zone, Western Iran: implication for Tethyan plate tectonics", *J. Asian Earth Sci*, 17 (1999) 319- 332.
- [13] Gills, K. M. & Roberts, M. D., "Cracking at the magma- hydro thremal transition: evidence from the Troodos ophiolite", *Cyprus, Earth and Planetary Sciences letter*, 169 (1998) 227- 244
- [14] Gillis, K. M., Thompson, G., "Metabasalts from the Mid- Atlantic Ridge – new insights in to hydrothermal systems in slow- spreading crust"; *Contrib. Mineral. Petrol*, 113 (1993) 502- 523
- [15] Li, X. P., Rahn, M. & Bucher, K., "Metamorphic processes in rodingites of the Zermatt- Sass ophiolites". *International Geological Review*., 46(2004) 28- 51.
- [16] Liu, L. G., "Effect of CO2 on the phase behavior of the enstatite- forsterite system at high pressures and temperatures", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 146 (2004) 261-272
- [17] Pamic, J., Sestini, G., and Adib, D., "Alpine magmatic and metamorphic processes and Plate- tectonics in the Zagros range", *Iran, GSA Bulletin*., 90 (1978) 569-576
- [18] Palandri, J. I. & Reed, M., "Geochemical models of metasomatism in ultramafic system; Serpantinization, Rodingitization, and floor Carbonate chimney precipitation", *Geochimica et*