

بررسی شیمی کانی‌ها و رخدادهای دگرسانی قطعات پریدوتیتی درون کنگلومرای حوضه کرتاسه پیرانشهر، شمال غرب ایران

رباب حاجی علی اوغلی

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز
(دریافت مقاله: ۹۵/۳/۱۲، نسخه نهایی: ۹۵/۶/۲۰)

چکیده: منطقه‌ی مورد بررسی بخشی از زون افیولیتی زاگرس در شمال غرب شهرستان پیرانشهر، شمال غرب ایران است. بررسی قطعات پریدوتیتی دگرسان در سنگ‌های کنگلومرای کرتاسه موضوع این پژوهش است. کنگلومراهای مورد بررسی دارای خاستگاه پلی ژنتیک با سیمان کلسیتی هستند و قطعات تشکیل دهنده آن با ابعادی در حدود چند میلی‌متر تا سانتی‌متر شامل خرده قطعات رسوبی، پریدوتیت‌های دگرسان شده، سنگ‌های متابازیک و بازالت‌اند. قطعات پریدوتیتی درون کنگلومرا به شدت کربناتی و دگرسان شده‌اند. بر اساس داده‌های شیمی اسپینل، خاستگاه قطعات پریدوتیتی دگرسان در کنگلومرا مشابه با پریدوتیت‌های سرپانتینی شده در ملائز افیولیتی پیرانشهر در محدوده افیولیت‌های آلیبی واقع می‌شوند. حضور اسپینل سرخ قهوه‌ای، تالک و سرپانتین در مقادیر اصلی و کم در این قطعات آواری، ترکیب پریدوتیتی پروتولیت این قطعات به شدت دگرسان شده را تایید می‌کند. کلسیت از کانی‌های ثانویه اصلی و مهم تشکیل دهنده‌ی قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراها است. کلسیت به همراه کوارتز در مواردی به طور کامل جایگزین کانی‌های سیلیکات منیزیم آبدار (سرپانتین) در قطعات پریدوتیت دگرسان شده است. گارنت ثانویه با ترکیب آندرایت و گروسولار در مقادیر کم در این قطعات حضور دارد. در این پژوهش دگرسانی قطعات آواری پریدوتیتی و تشکیل کانی‌های ثانویه کوارتز و فازهای غنی از Ca^{2+} و CO_3^{2-} در ارتباط با متاسوماتیسم سیالات غنی از $MgO-CaO-CO_2$ در منطقه مورد بحث قرار گرفته است. حضور کوارتز ثانویه به همراه مقادیر بالایی از کلسیت از شواهد دال بر رخداد دگرسانی کربناتی در قطعات پریدوتیتی کنگلومرای است. مقدار Ca بالای گارنت در قطعات پریدوتیتی دگرسانی از دیگر شواهدی است که رخداد متاسوماتیسم کربناتی و Ca در سنگ‌های مورد بررسی را تایید می‌کند. بر اساس شواهد سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و شیمی اسپینل تحولات دگرسانی قطعات پریدوتیتی درون کنگلومرای حوضه رسوبی پیرانشهر در دو مرحله خلاصه می‌شود: مرحله اول دگرسانی مربوط به رخداد سرپانتینی شدن پریدوتیت‌ها در طی فرارانش افیولیت‌ها بوده است. این سنگ‌ها سپس در مسیر هوازده شده و به داخل حوضه رسوبی پیرانشهر منتقل شده که تشکیل کنگلومرا با سیمان آهکی را داده‌اند. مرحله دوم دگرسانی مربوط به کربناتی شدن قطعات پریدوتیتی در طی تدفین و دیاژنز رسوبات بوده است.

واژه‌های کلیدی: کنگلومرا؛ قطعات آواری پریدوتیت؛ شیمی کانی؛ پیرانشهر؛ شمال غرب ایران.

مقدمه

اضافه شدن سیالات اغلب به عنوان سیستم ایزوشیمیایی در نظر گرفته می‌شود [۴، ۵] که با افزایش حجم چشمگیر بین ۲۵٪ و ۶۰٪ همراه بوده [۶] و ممکن است منجر به شکستگی سنگ‌ها شود [۵]. تشکیل کربنات‌ها در پریدوتیت‌های سالم طی فرایند کربناتی شدن نیز موجب افزایش بیشتر حجم سنگ

سنگ‌های الترامافیک در تماس با CO_2 واکنش‌پذیر (reactive) عمل می‌کنند [۱]. افی کربنات‌ها [۲] و لیستونیت‌ها [۳]، از همراهی پریدوتیت‌های سرپانتینی شده با کربنات‌ها تشکیل می‌شوند. فرایند سرپانتینی شدن به استثنای

۱ ب). همچنین سنگ‌های دگرگون آمفیبولیتی و شیستی به سن نامشخص دارای برونزدهایی در منطقه هستند (شکل ۱ ب). سنگ‌های افیولیتی کرتاسه درهم آمیخته بوده و شامل سنگ‌های الترامافیک، سرپانتینیت، دیاباز، بازالت به همراه سنگ‌های رسوبی با خاستگاه عمیق و رسوب‌های تخریبی شامل ماسه سنگ و کنگلومرا هستند (شکل ۲ الف-ب). این سنگ‌ها درجات مختلف از دگرگونی را ثبت کرده‌اند.

بررسی سنگ‌های کنگلومرا موضوع مورد نظر این پژوهش است (شکل ۲ پ-ج). واحد کنگلومرایی با ضخامت حدود چندین متر دارای میان لایه‌هایی از ماسه سنگ و سنگ آهک است. از نظر خاستگاه رسوبی، سنگ‌های کنگلومرایی دارای خاستگاه پلی ژنتیک هستند (شکل ۲ ث-ج). قطعات تشکیل دهنده‌ی آن گرد شده و ابعاد آنها در حدود چند میلی‌متر تا سانتی‌متر است (شکل ۲ پ). قطعات تشکیل دهنده آن شامل خرده قطعات رسوبی قرمز رنگ شبیه ژاسب، قطعات پریدوتیت دگرسان شده، سنگ‌های دگرگونی متابازی و بازالت نشان می‌دهند (شکل ۲ ج). برخی از قطعات کوارتز و کلسیت به علت ناخالصی‌های آهن در نمونه‌های دستی به رنگ سرخ دیده می‌شوند.

سیمان این کنگلومرا بیشتر آهکی است. قطعات متابازی ریزدانه بوده و کانی‌های آمفیبول جهت‌یافتگی و فولیاسیون مشخصی را در این قطعات نشان می‌دهند. قطعات الترامافیک به شدت کرناتی و دگرسان شده‌اند. مقادیر کم اسپینل، کلریت، کوارتز ثانویه و محصولات ریزدانه حاصل از دگرسانی در زمینه‌ی از کلسیت تشکیل دهنده قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی هستند. خاستگاه خرده سنگ‌های پریدوتیتی در کنگلومرا وابسته به افیولیت یا ملانژ فرارنده شده مجموعه‌ی پیرانشهر است.

روش پژوهش

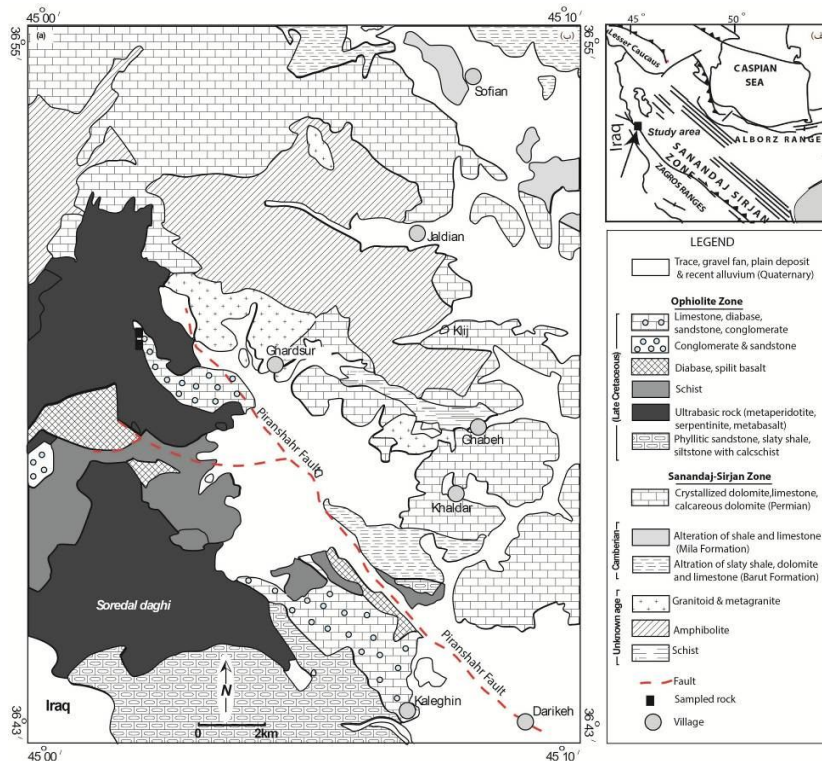
ترکیب شیمی کانی‌ها در نمونه‌های معرف از سنگ‌های کنگلومرا که روابط بافتی و کانی‌شناسی آن قبلاً با بررسی‌های سنگ‌نگاری مشخص شده بود به روش ریزپردازشی EPMA در دانشگاه کاناواوی ژاپن بررسی شد. همچنین ترکیب شیمی اسپینل در پریدوتیت‌های مجموعه‌ی افیولیتی پیرانشهر به منظور مقایسه با ترکیب شیمی اسپینل قطعات آواری پریدوتیتی و تعیین خاستگاه آنها در کنگلومراهای مورد بررسی تجزیه شدند. ولتاژ شتاب‌دهنده ۱۵ kV و شدت جریان ۲۰ nA بوده است. کانی‌های تجزیه شده عبارتند از اسپینل،

در شرایط ایزوشیمیایی می‌شود [۷]. سرعت واکنش‌های سرپانتینی و کرناتی شدن در شرایط تقریباً ایزوشیمیایی پایین‌تر از سرعت آن در شرایط سیستم باز دیده می‌شوند. تحرک منیزیم و خروج آن از پریدوتیت طی فرایندهای هوازده در محیط‌های دریایی [۸] و خشکی [۹]، افزایش حجم ایجاد شده در اثر سرپانتینی شدن را خنثی کرده و باعث خلل و فرجی‌هایی در سنگ می‌شود [۷]. در شرایط دگرسانی دما پایین کف دریا، تحرک منیزیم در دمای کمتر از ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در نسبت‌های بالایی از آب سنگ رخ می‌دهد که می‌تواند مقادیر MgO و آب دریا را تحت تاثیر قرار دهد [۸]. دگرسانی پریدوتیت و تشکیل افی کرنات ممکن است به عنوان بافر مهم در تنظیم PH CO₂ سطح آب و CO₂ جو عمل کند [۱۰]. بررسی‌های زیادی روی دگرسانی پریدوتیت در محیط‌های دگرگونی و هوازده مثل پشته‌های میان اقیانوسی، کف اقیانوس و افیولیت‌های فرارنده شده و پریدوتیت‌های آلیی انجام گرفته است ولی دگرسانی پریدوتیت و رخداد فرایندهای سرپانتینی و کرناتی‌شدن در حوضه‌های رسوبی طی تدفین و درون‌زادی کمتر مورد توجه پژوهندگان [۱۱، ۱۲] قرار گرفته است. در این پژوهش کانی‌شناسی، روابط بافتی و شیمی کانی‌ها در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در داخل کنگلومرای حوضه کرتاسه پیرانشهر مورد بررسی قرار گرفته است. براساس بررسی‌های کانی‌شناسی، بافتی و شیمی کانی‌ها معلوم شده است که قطعات پریدوتیت به شدت دگرسان شده داخل کنگلومراهای وابسته، پریدوتیت‌های مجموعه افیولیتی پیرانشهر هستند که طی تحرک شدید MgO و کرناتی‌شدن، به افی کرنات متحول شده‌اند. حوضه‌ی رسوبی کرتاسه پیرانشهر احتمالاً خاستگاه مناسب و کافی برای ذخیره‌ی CO₂ بوده که باعث کرناتی‌شدن شدید قطعات پریدوتیتی و تشکیل کرنات در مقادیر بالایی در این قطعات شده است.

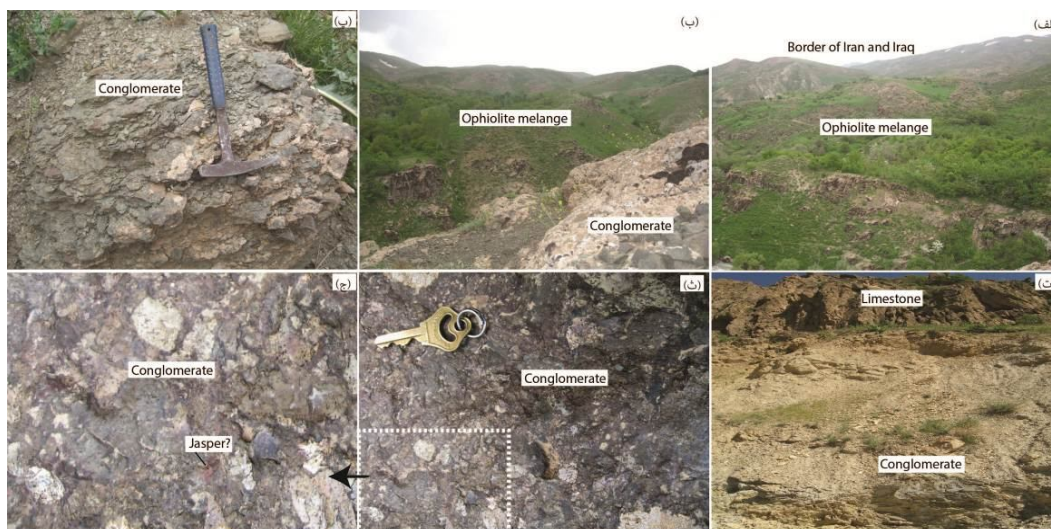
زمین‌شناسی منطقه

منطقه‌ی مورد بررسی در استان آذربایجان غربی و در شمال غرب شهرستان پیرانشهر واقع شده است. این منطقه مرز غربی ایران با عراق بوده و ادامه‌ی غربی برونزدهای سنگی منطقه در کشور عراق واقع شده است (شکل ۱ الف). از دیدگاه تقسیمات واحدهای ساختمانی و رسوبی ایران [۱۳]، این منطقه بین ناحیه‌ی تراستی زاگرس و دگرگونی سنندج-سیرجان واقع شده است (شکل ۱ الف) [۱۴]. سنگ‌های کامبرین و پرمین، قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل

گارت، کلریت، کلسیت و کوارتز. نسبت Fe^{2+}/Fe^{3+} در کانی-های فرومیزین با استفاده از موازنه‌ی کاتیون‌ها در ساختار کانی‌ها به روش Droop (1987) محاسبه شد. داده‌های معرف تجزیه میکروپروب کانی‌ها در جدول‌های ۱ تا ۳ آورده شده است. علائم اختصاری کانی‌ها از [۱۵] است.



شکل ۱ (الف) موقعیت منطقه‌ی مورد بررسی در تقسیم‌بندی‌های ساختاری ایران، (ب) نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد بررسی (با اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ [۱۴]).

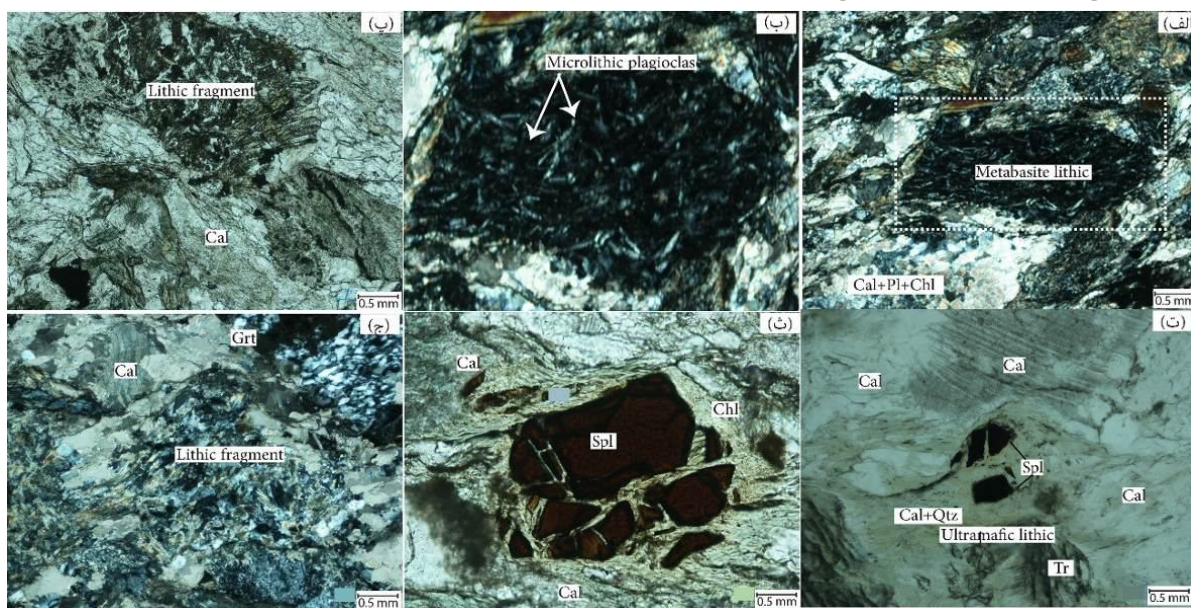


شکل ۲ (الف) نمایی از برونزد سنگ‌های افیولیت ملانژ در مرز ایران با عراق، (ب) دورنمایی از ملانژ افیولیتی و برونزد کنگلومرا، (پ) کنگلومرا با قطعات در اندازه چندین میلی‌متر تا سانتی‌متر با سیمان آهکی، (ت) برونزد کنگلومرا، (ث) کنگلومرای با خاستگاه پلی‌ژنتیک متشکل از قطعات مختلف سنگی، (ج) قطعات سرخ رسوبی (احتمالاً ژاسپ) و قطعات تیره از سنگ‌های متابازی و قطعات خاکستری از سنگ‌های پریدوتیتی دگرسان.

سنگ‌نگاری کنگلومراها

در این بخش سنگ‌نگاری سنگ‌های کنگلومرا و قطعات پریدوتیتی دگرسان شده داخل آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سنگ‌های کنگلومرای دارای خاستگاه پلی‌زنتیک با سیمان آهکی هستند. برخی از این سنگ‌ها به شدت برشی بوده و بافت کاتاکلاستیک نشان می‌دهند. قطعات سنگی با کشیدگی از دو طرف در زمینه‌ی ریزدانه متشکل از مجموعه کانی‌های ریزدانه کلسیت، کوارتز و کلریت مشاهده می‌شوند (شکل ۳ الف). اندازه‌ی قطعات تشکیل دهنده در حدود چند میلی‌متر تا سانتی‌متر است. انواع قطعات آواری تشکیل‌دهنده شامل سنگ‌های رسوبی ریزدانه، ماسه سنگ کوارتزی، خرده قطعات بازالتی و متابازی و قطعات پریدوتیتی دگرسان شده هستند. قطعات بازی ریزدانه بوده و بقایای بافت آدرین با ریزبورهای از پلاژیوکلاز در آنها قابل تشخیص است (شکل ۳ الف-پ). در قطعات آمفیبولیتی کانی‌های آمفیبول جهت یافته بوده و فولیاسیون مشخصی را نشان می‌دهند. قطعات الترامافیک به شدت کرنباتی و دگرسان شده و بافت‌های غربالی وابسته به آغاز دگرسانی الیون در آنها مشاهده نمی‌شود (شکل ۳ ت-ث).

کلسیت، و کمتر از آن کوارتز، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی پریدوتیت‌های دگرسان است. کلسیت و کوارتز حاصل از دگرسانی به‌طور کامل جایگزین بافت غربالی قطعات پریدوتیتی شده است. رشته‌های بسیار نازک و حلقوی هماتیت در کوارتز که دال بر حضور قبلی بافت الک روزنی در سنگ است به ندرت در این سنگ‌ها حفظ شده است. سیلیکات‌های منیزیم‌دار در واکنش با سیالات دارای Ca و CO₂ حل شده و کانی‌های کلسیت و کوارتز به‌طور کامل جایگزین آنها شده است. دگرسانی شدید قطعات پریدوتیتی همراه با تهی شدن MgO باعث غنی شده نسبی در SiO₂ و تشکیل کوارتز ثانویه شده است. بقایای اسپینل قهوه‌ای متمایل به سرخ، مقادیر کم سرپانتین و تالک به همراه کانی‌های ثانویه کلریت، گارنت و مجموعه‌ای از فراورده‌های ریزدانه حاصل از دگرسانی در زمینه-ای از کلسیت، از دیگر تشکیل دهنده‌های قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی هستند (شکل ۳ ت-ج).



شکل ۳ الف) کنگلومرا با بافت برشی. قطعه‌ی بازالت با میکرولیت‌هایی از پلاژیوکلاز از دو طرف کشیدگی نشان می‌دهد. کلسیت به همراه کوارتز و کلریت ریزدانه در زمینه‌ی برشی قابل تشخیص است. حالت XPL، (ب) میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در قطعات بازالتی، حالت XPL، (پ) کلسیت تشکیل دهنده اصلی زمینه‌ی کنگلومرا، حالت PPL، (ت) بقایای اسپینل در قطعات پریدوتیت دگرسان شده با زمینه‌ی کلسیتی و کمتر کوارتز، حالت PPL، (ث) بقایای اسپینل به رنگ سرخ قهوه‌ای. زمینه سنگ از کلسیت تشکیل شده است، حالت PPL، (ج) کانی‌های ثانویه کوارتز و گارنت در قطعات پریدوتیت دگرسان شده. بافت برشی در زمینه‌ی سنگ مشخص است، حالت XPL.

و TiO_2 (تا ۰/۵ wt%) در اسپینل‌های تجزیه شده در کنگلومرا بسیار اندکند (جدول ۱). اسپینل‌های مورد بررسی در قطعات پریدوتیتی کنگلومرا و نیز پریدوتیت‌های مجموعه‌ی افیولیتی پیرانشهر در نمودار $Cr/(Cr+Al)$ نسبت به $Mg/(Mg+Fe)$ در گستره‌ی افیولیت دیده می‌شوند (شکل ۴ الف). همچنین نمودار Al_2O_3 در مقابل Cr_2O_3 ویژگی‌های آرایه گوشته‌ای سنگ‌های مورد بررسی را تایید می‌کند (شکل ۴ ب). در نمودار مثلثی $Cr-Al-Fe^{3+}$ ترکیب اسپینل در کنگلومراها مشابه ترکیب آن در پریدوتیت‌های مجموعه‌ی ملانژ پیرانشهر ویژگی‌های گوشته‌ای و وابسته به جلوی قوس را نشان می‌دهد (شکل ۵ الف). همچنین در نمودار $\#Cr$ نسبت به $\#Mg$ (شکل ۵ ب) ترکیب اسپینل در قطعات پریدوتیت کنگلومراهای مورد بررسی مشابه با ترکیب اسپینل در پریدوتیت‌های مجاور در مجموعه‌ی افیولیتی پیرانشهر گستره‌ی آلی‌ی قرار می‌گیرد.

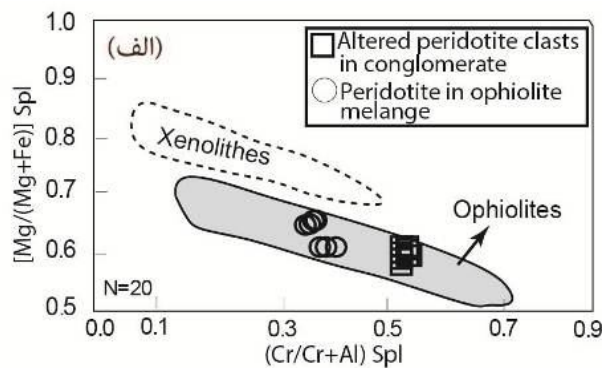
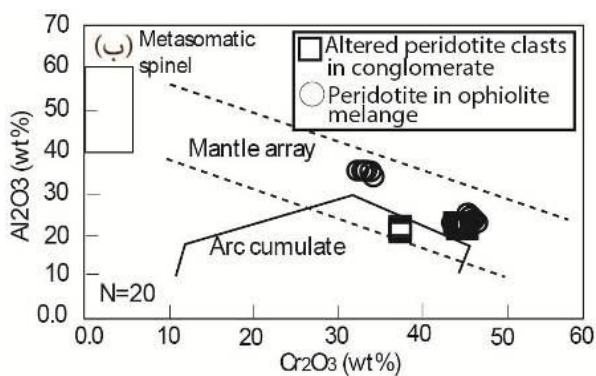
شیمی کانی‌ها در قطعات آواری پریدوتیت‌های دگرسان شده اسپینل: اسپینل به رنگ سرخ-قهوه‌ای، کانی فرعی مهم در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراها و سنگ‌های پریدوتیتی مجموعه افیولیتی پیرانشهر است. فرمول ساختاری اسپینل براساس ۳ کاتیون و ۴ اکسیژن محاسبه شده است (جدول ۱). ترکیب اسپینل در کنگلومراهای مورد بررسی به صورت $Spl_{0.35-0.62}Chr_{0.47-0.54}Mag_{0.02-0.16}$ است. عدد کروم اسپینل در کنگلومراها ۰/۵۷-۰/۵۵ است. همچنین ترکیب اسپینل ماگمایی در پریدوتیت‌های هارزبورژیتی ملانژ افیولیتی پیرانشهر برای مقایسه در جدول ۱ آورده شده است. عدد کروم اسپینل در هارزبورژیت‌های پیرانشهر ۰/۵۸-۰/۶۱ است (جدول ۱) که در مقایسه با ترکیب اسپینل در کنگلومراهای مورد بررسی از مقادیر نسبتاً بالایی برخوردار است. مقادیر MnO (۰/۲۱-۰/۴۷ wt%)، NiO (۰/۱۵-۰/۰۲ wt%)

جدول ۱ ترکیب شیمی اسپینل در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومرا و پریدوتیت‌های سرپانتینی شده‌ی مجموعه افیولیتی پیرانشهر.

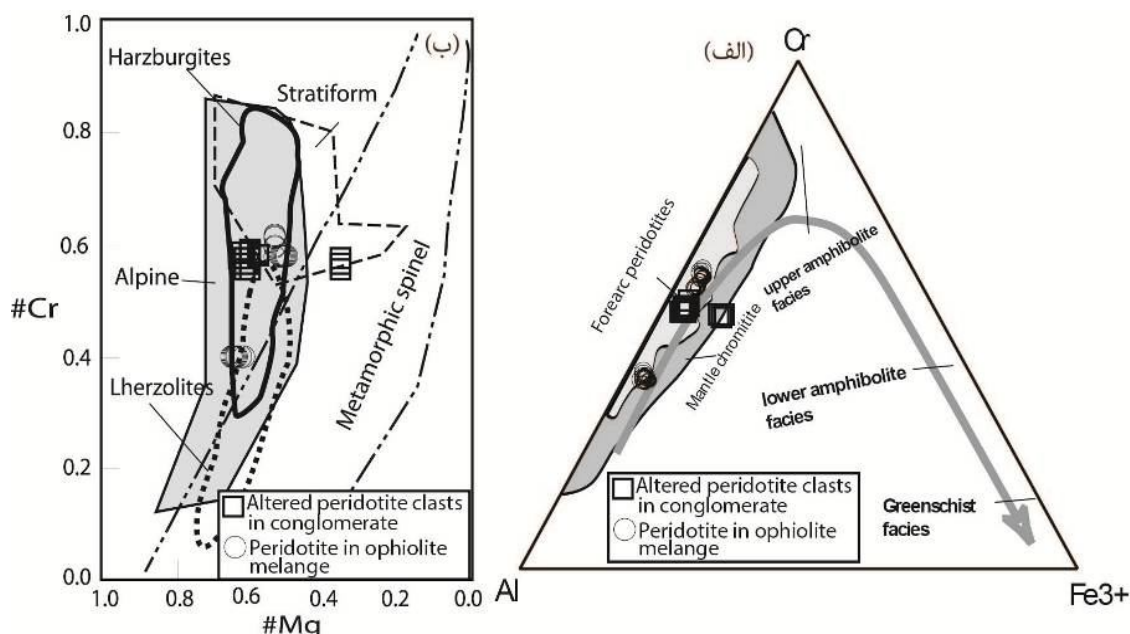
Poi.	قطعات پریدوتیت دگرسان شده داخل کنگلومرا										
	۴۳	۴۲	۴۱	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱-۱۹	۱۸
TiO_2	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳
Al_2O_3	۱۹/۱۹	۱۸/۶۵	۲۰/۰۰	۲۳/۰۰	۲۲/۹۳	۲۳/۷۱	۲۳/۷۸	۲۳/۸۸	۲۳/۹۳	۲۳/۳۴	۲۳/۸۷
Cr_2O_3	۳۶/۵۸	۳۶/۴۳	۳۷/۱۲	۴۴/۱۷	۴۴/۹۱	۴۳/۷۸	۴۴/۱۵	۴۳/۸۳	۴۴/۰۱	۴۴/۴۷	۴۴/۱۰
FeO	۳۴/۰۴	۳۵/۰۴	۳۳/۱۰	۱۷/۳۱	۱۷/۲۰	۱۷/۸۵	۱۷/۰۸	۱۸/۱۳	۱۷/۲۶	۱۷/۱۷	۱۷/۶۸
MnO	۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۳
NiO	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۸	-	-
MgO	۷/۲۹	۷/۲۱	۷/۳۵	۱۳/۵۰	۱۲/۸۹	۱۳/۱۶	۱۲/۹۹	۱۳/۱۶	۱۳/۴۰	۱۳/۳۰	۱۲/۳۴
Total	۹۹/۳۱	۹۹/۴۴	۹۹/۵۵	۹۸/۶۵	۹۸/۵۵	۹۹/۰۹	۹۸/۶۷	۹۹/۷۶	۹۹/۲۸	۹۹/۶۰	۹۸/۳۹
(O)	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰
Ti	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Al	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۷
Cr	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۵	۱/۰۸	۱/۱۰	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۰۶	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۰۸
Fe^{3+}	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۴
Fe^{2+}	۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۲
Mn	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Ni	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Mg	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۷
Total	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
Mg#	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۸
Cr#	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۵

ادامه جدول ۱

Poi.	قطعات پریدوتیت دگرسان شده داخل کنگلومرا				پریدوتیت سرپانتینی شده مجموعه افیولیتی پیرانشهر						
	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۴	۱۰	۳	۲	۱	۱۲	۱۱
SiO ₂	-	-	-	-	۰.۰۳	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰
TiO ₂	۰.۰۱	۰.۰۷	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۰۷
Al ₂ O ₃	۲۳.۹۳	۲۴.۰۷	۲۴.۱۸	۲۴.۲۵	۲۰.۹۷	۲۰.۹۹	۲۰.۹۸	۲۱.۰۷	۲۱.۴۶	۲۲.۳۴	۲۲.۳۶
Cr ₂ O ₃	۴۴.۳۰	۴۴.۴۸	۴۴.۱۲	۴۴.۴۲	۴۸.۰۷	۴۷.۴۷	۴۷.۷۶	۴۸.۰۱	۴۷.۱۲	۴۵.۳۵	۴۶.۳۵
FeO	۱۷.۲۹	۱۷.۷۷	۱۷.۶۶	۱۷.۷۸	۱۸.۸۴	۱۹.۰۵	۱۹.۱۳	۱۹.۱۱	۱۹.۱۵	۲۰.۰۰	۱۸.۸۷
MnO	۰.۲۷	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۶	۰.۲۷	۰.۲۶	۰.۲۹	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۳۱	۰.۳۷
MgO	۱۳.۲۵	۱۳.۴۴	۱۳.۵۶	۱۳.۶۱	۱۲.۴۶	۱۲.۴۶	۱۲.۵۵	۱۲.۲۹	۱۲.۴۰	۱۱.۴۶	۱۲.۷۷
CaO	-	-	-	-	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
Total	۹۹.۰۶	۱۰۰.۰۶	۹۹.۷۸	۱۰۰.۳۳	۱۰۰.۷۳	۱۰۰.۳۱	۱۰۰.۷۸	۱۰۰.۸۴	۱۰۰.۴۹	۹۹.۴۹	۱۰۰.۷۹
(O)	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰	۴.۰۰
Si	-	-	-	-	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
Ti	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
Al	۰.۸۷	۰.۸۶	۰.۸۷	۰.۸۶	۰.۷۶	۰.۷۶	۰.۷۶	۰.۷۶	۰.۷۸	۰.۸۲	۰.۸۰
Cr	۱.۰۸	۱.۰۷	۱.۰۶	۱.۰۶	۱.۱۷	۱.۱۶	۱.۱۶	۱.۱۷	۱.۱۵	۱.۱۲	۱.۱۲
Fe ³⁺	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۴۲	۰.۴۲	۰.۴۲	۰.۴۳	۰.۴۲	۰.۴۶	۰.۴۱
Fe ²⁺	۰.۳۹	۰.۳۹	۰.۳۸	۰.۳۸	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۰۷
Mn	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱
Mg	۰.۶۱	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۶۱	۰.۵۷	۰.۵۷	۰.۵۷	۰.۵۶	۰.۵۷	۰.۵۳	۰.۵۸
Ca	-	-	-	-	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
Total	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۳.۰۰	۲.۹۹	۲.۹۹	۲.۹۸	۲.۹۹	۳.۰۰	۳.۰۰	۲.۹۹
Mg#	۰.۶۱	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۶۲	۰.۵۴	۰.۵۴	۰.۵۴	۰.۵۳	۰.۵۴	۰.۵۱	۰.۵۵
Cr#	۰.۵۵	۰.۵۵	۰.۵۵	۰.۵۵	۰.۶۱	۰.۶۰	۰.۶۰	۰.۶۰	۰.۶۰	۰.۵۸	۰.۵۸



شکل ۴ (الف) نمودار $Mg/(Mg+Fe)$ نسبت به $Cr/(Cr+Al)$ در اسپینل [۱۶، ۱۷]، (ب) نمودار درصد وزنی Al_2O_3 نسبت به Cr_2O_3 اسپینل [۱۸]. ترکیب اسپینل در پریدوتیت‌های مجموعه افیولیتی پیرانشهر برای مقایسه در نمودار تصویر شده است. ترکیب اسپینل در قطعات پریدوتیت دگرسان شده درون کنگلومرا و پریدوتیت‌های ملانژ افیولیتی پیرانشهر در گستره‌ی آرایه‌ی گوشته‌ای قرار می‌گیرند.



شکل ۵ (الف) ترکیب اسپینل در نمودار مثلثی $Cr-Al-Fe^{3+}$ [۱۹]، (ب) نمودار $\#Cr$ در مقابل $\#Mg$ (گستره‌های هارزبورژیت و لرزولیت از [۲۰] و گستره‌های آلی و لایه‌های شکل از [۲۱]). ترکیب اسپینل در قطعات پدیدوتیت دگرسان درون کنگلومرا قابل مقایسه با پدیدوتیت‌های ملانژ افیولیتی پیرانشهر در گستره‌ی آلی قرار می‌گیرند. بر اساس $\#Cr$ اسپینل ترکیب سنگ مادر در قطعات پدیدوتیت دگرسان کنگلومراهای مورد بررسی از نوع هارزبورژیتی تعیین می‌شود.

سیالات دگر نهاد است. بر این اساس گارنت‌های مورد بررسی با مقادیر بالای تشکیل دهنده‌های Ca و همزیست با کلسیت دارای خاستگاه دگر نهاد است.

کوارتز: کوارتز به صورت ثانویه به همراه کلسیت در قطعات پدیدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی حضور دارد (جدول ۲). کانی‌های کوارتز دارای ناخالصی‌هایی از عناصر Al_2O_3 (۰.۰۳-۰.۲۳ wt%)، FeO (۰.۱۳-۰.۳۸ wt%) و CaO (تا ۰.۱۵ wt%) هستند (جدول ۲).

کلریت: کلریت به صورت ثانویه و در مقادیر کم در قطعات پدیدوتیتی کنگلومراها تشکیل شده است. ترکیب شیمی کلریت بر اساس ۱۴ اکسیژن و ۱۰ کاتیون در فرمول محاسبه شده است (جدول ۳). تمامی آهن در فرمول کاتیونی Fe^{2+} در نظر گرفته شده است. Mg تشکیل دهنده‌ی اصلی جایگاه هشت‌وجهی بوده و مقادیر Fe در آن کمتر است. $Mg\#$ کلریت‌های بررسی شده ۰.۷۲ تا ۰.۷۶ است. مقادیر کاتیونی Al در کلریت برابر ۱/۴۸ تا ۱/۹۶ (اتم در واحد فرمولی) است. تغییرات ترکیبی کلریت‌های تجزیه شده در نمودار $Fe/(Fe+Mg)$ در مقابل $Al/(Al+Fe+Mg)$ نشان داده شده است (شکل ۷ الف). مقدار

گارنت: گارنت در قطعات پدیدوتیت کنگلومراهای مورد بررسی در ارتباط با Ca و CO_2 و دگر نهادی کربناتی شدن متاپدیدوتیت‌ها تشکیل شده و دارای تغییرات ترکیب شیمی قابل توجهی هستند. فرمول گارنت بر اساس ۸ کاتیون و ۱۲ اتم اکسیژن محاسبه شده است. جدول ۲ تجزیه‌های معرف کانی-های گارنت در کنگلومراهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. آلماندن در ترکیب گارنت‌های تجزیه شده حضور ندارد. اعضای نهایی تشکیل دهنده‌ی گارنت به صورت $GAU_{91.5-99.6}Prp_{0-0.5}Sps_{0.4-8.3}$ است. در حالت کلی گروسولار (۰.۳ تا ۴۱/۱) و آندرادیت (۵۸/۸ تا ۹۹/۳) ترکیب اصلی گارنت‌ها را تشکیل می‌دهند. عضو نهایی Uvarovite در سنگ‌های بررسی شده بسیار کم است (حداکثر تا ۰/۲). ترکیب کانی‌های گارنت تجزیه شده در نمودارهای مثلثی کسر مولی $Prp-Alm-Sps$ ، $Prp-Alm-GAU$ و $Grs-Adr-Uva$ آورده شده‌اند (شکل ۶ الف-پ). مقدار Ca بالای گارنت در قطعات پدیدوتیتی مورد بررسی سرشتی دگر نهادی کربناتی و $[V] Ca$ در سنگ‌های مورد بررسی است. این ویژگی گارنت وابسته به فرایندهای خروج منیزیم و ورود Ca و CO_2 به وسیله‌ی

است (جدول ۳). ترکیب کانی‌های کربناتی تجزیه شده کلسیت است. نمودار شکل ۸ الف ترکیب کانی‌های کربناتی تجزیه شده در قطعات پریدوتیتی کنگلومراهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. مقادیر TiO_2 (تا ۰/۰۴ wt%) (به استثنای یک نمونه $\text{TiO}_2=0.72$) و Cr_2O_3 (تا ۰/۰۷ wt%) بسیار پایین است. SiO_2 (تا ۰/۷۲ wt%)، MgO (تا ۰/۱۸ wt%)، FeO (تا ۰/۴۳ wt%) و MnO (تا ۰/۳۸ wt%) در مقادیر کم در ترکیب کلسیت‌های مورد بررسی حضور دارند. ترکیب FeO ، MgO و MnO کلسیت در قطعات پریدوتیت دگرسان کنگلومراهای پیرانشهر در شکل ۸ ب نشان داده شده است.

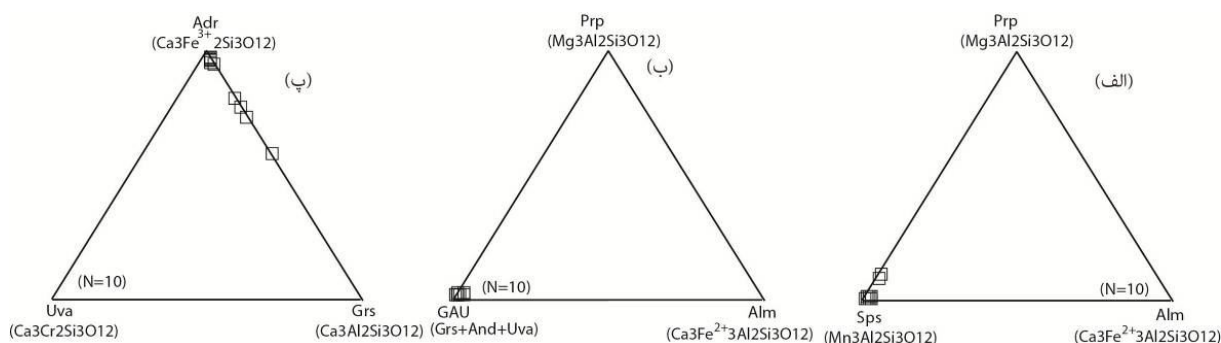
Cr_2O_3 نسبتاً بالا بوده (تا ۲/۶۲ wt%) ولی مقادیر MnO (تا ۰/۲۲ wt%) کم است.

در نمودار رده‌بندی شده $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ در مقابل Si [۲۲] ترکیب کلریت‌های مورد بررسی در گستره‌ی پیکنوکلر و دیابانتیت قرار می‌گیرند (شکل ۷ ب). نمودار Si نسبت به $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$ [۲۲] ترکیب پیکنوکلر و دیابانتیت کلریت در کنگلومراهای حوضه رسوبی پیرانشهر را تایید می‌کند (شکل ۷ پ).

کانی‌های کربناتی: کانی‌های کربناتی تشکیل دهنده‌ی اصلی قطعات پریدوتیت دگرسان در کنگلومراها هستند. فرمول ساختاری کانی‌های کربناتی بر اساس ۳ اکسیژن محاسبه شده

جدول ۲ ترکیب شیمی گارنت و کوارتز در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومرای پیرانشهر.

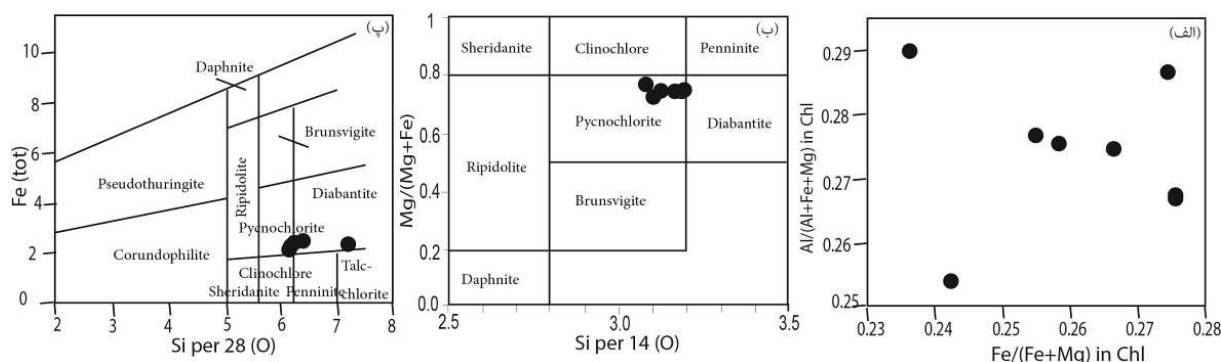
Poi.	گارنت										کوارتز		
	۶۴	۶۳	۶۲	۶۱	۵۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۸۹	۶۰	۱۰	
SiO_2	۳۶۷۹	۳۵۳۰	۳۷۰۳	۳۷۲۴	۳۵۷۵	۳۵۳۲	۳۵۶۵	۳۵۷۴	۳۶۷۳	۹۹۶۰	۹۹۱۹	۹۹۴۰	
TiO_2	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Al_2O_3	۳۶۱	۰/۱۳	۵/۱۱	۸/۵۲	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۵۴	۴۶۷	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۰۳	
Cr_2O_3	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۷	
FeO	۲۵۹۵	۳۰۲۲	۲۳۰۲	۱۸۹۵	۳۱۰۴	۳۱۶۹	۳۰۶۴	۳۱۰۶	۲۵۲۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۵	
MnO	۲/۷۱	۱/۴۹	۱/۰۵	۱/۵۳	۲/۰۵	۲/۸۳	۱/۸۹	۱/۹۴	۳/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	
MgO	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۳	
CaO	۳۱۳۱	۳۱۸۹	۳۳۷۸	۳۳۶۵	۳۱۵۱	۳۱۶۹	۳۱۷۲	۳۱۹۹	۳۰۸۹	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۱	
Na_2O	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
K_2O	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۳	
Total	۱۰۰/۴۷	۹۹/۱۰	۱۰۰/۰۲	۱۰۰/۰۵	۱۰۰/۵۶	۱۰۰/۸۸	۱۰۰/۳۲	۱۰۰/۳۷	۱۰۰/۲۸	۱۰۰/۳۲	۹۹/۸۰	۹۹/۹۴	
Si	۳/۰۴	۳/۰۲	۳/۰۴	۳/۰۱	۳/۰۱	۲/۹۸	۳/۰۱	۲/۹۹	۳/۰۱	۰/۹۹	۱/۰۰	۱/۰۰	
Ti	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Al	۰/۳۵	۰/۰۱	۰/۵۰	۰/۸۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Cr	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Fe^{III}	۱/۶۱	۱/۹۵	۱/۴۲	۱/۱۵	۱/۹۷	۲/۰۱	۱/۹۵	۱/۹۶	۱/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Mn	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Mg	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Ca	۲/۷۸	۲/۹۲	۲/۹۷	۲/۹۲	۲/۸۵	۲/۸۶	۲/۸۷	۲/۸۷	۲/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Na	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
K	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	
Total	۸/۰۰	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۰	۸/۰۰	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۱	۸/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	
(O)	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	
Activity													
Py	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰				
Grs	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲				
Alm	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰				
Spss	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱				
Andr	۰/۵۷	۰/۸۷	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۵۳				



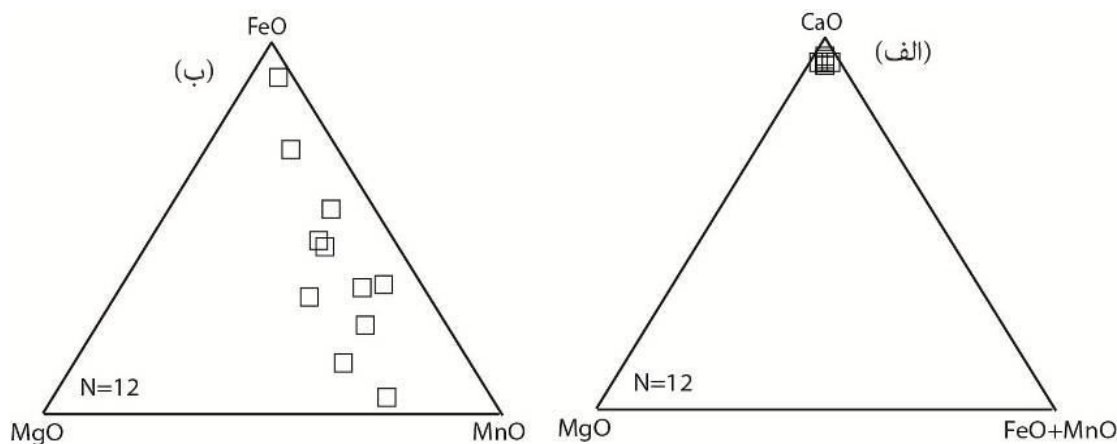
شکل ۶ ترکیب گارنت در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده کنگلومراهای مجموعه‌ی دگرگونی پیرانشهر. (الف) نمودار Sps-Prp-Alm ترکیب فقیر از Fe^{2+} و Mg گارنت را نشان می‌دهد، (ب) در نمودار Prp-Alm-(Grs+And+Uva) ترکیب گارنت در راس GAU، (ج) در نمودار Grs-Adr- Uva ترکیب گارنت روی ضلع Adr-Grs قرار می‌گیرند. بر این اساس ترکیب گارنت‌های مورد بررسی فقیر از کروم هستند.

جدول ۳ ترکیب شیمی کلریت و کلسیت در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومرای پیرانشهر.

	کلریت								کلسیت			
	۲۰	۹۰	۷۶	۵۸	۲۰	۳۴	۲۷	۱۲	۱۰۲	۸۱	۷۸	۷۷
Poi.	۲۰	۹۰	۷۶	۵۸	۲۰	۳۴	۲۷	۱۲	۱۰۲	۸۱	۷۸	۷۷
SiO ₂	۳۱,۴۴	۳۱,۹۹	۳۰,۸۷	۳۰,۵۲	۳۰,۹۸	۳۲,۱۷	۳۸,۰۸	۳۱,۱۷	۰,۰۹	۰,۷۲	۰,۲۷	۰,۰۵
TiO ₂	۰,۰۰	۰,۰۴	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۷۹	۰,۰۴	۰,۰۰
Al ₂ O ₃	۱۴,۹۳	۱۵,۴۲	۱۵,۵۲	۱۶,۰۲	۱۴,۷۱	۱۵,۶۶	۱۳,۱۹	۱۶,۷۷	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۰۳
Cr ₂ O ₃	۲,۶۲	۰,۰۰	۰,۱۵	۰,۲۹	۲,۵۸	۰,۱۲	۰,۴۰	۰,۱۹	۰,۰۰	۰,۰۸	۰,۰۰	۰,۰۰
FeO	۱۵,۹۶	۱۵,۲۰	۱۴,۶۱	۱۵,۳۴	۱۵,۷۳	۱۵,۰۱	۱۳,۲۲	۱۳,۶۳	۰,۱۷	۰,۲۵	۰,۳۵	۰,۲۴
MnO	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۱۶	۰,۱۸	۰,۱۸	۰,۲۲	۰,۱۲	۰,۱۶	۰,۱۱	۰,۰۷	۰,۰۳	۰,۳۸
MgO	۲۳,۵۲	۲۳,۵۶	۲۳,۸۹	۲۲,۸۶	۲۳,۱۷	۲۴,۲۲	۲۳,۲۴	۲۴,۸	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۱۰	۰,۰۱
CaO	۰,۴۲	۰,۴۰	۰,۵۰	۰,۲۸	۰,۴۲	۰,۳۲	۱,۱۴	۰,۲۲	۱۵,۸۲	۵۳,۲۴	۵۳,۳۴	۵۷,۴۳
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	۰,۰۳	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۱
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Total	۸۹,۰۹	۸۶,۷۸	۸۵,۷۱	۸۵,۴۸	۸۷,۷۷	۸۷,۷۳	۸۹,۳۸	۸۶,۹۸	۶۰,۲۹	۵۵,۲۳	۵۴,۰۷	۵۸,۲۶
Si	۳,۱۱	۳,۲۱	۳,۱۳	۳,۱۲	۳,۱۱	۳,۱۹	۳,۶۳	۳,۰۹	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰
Ti	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰
Al	۱,۷۴	۱,۸۲	۱,۸۶	۱,۹۳	۱,۷۴	۱,۸۲	۱,۴۸	۱,۹۶	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Cr	۰,۲۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۲۰	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Fe ²⁺	۱,۳۲	۱,۲۷	۱,۲۴	۱,۳۱	۱,۳۲	۱,۲۴	۱,۰۵	۱,۱۳	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Mn	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Mg	۳,۴۷	۳,۵۲	۳,۶۲	۳,۴۸	۳,۴۷	۳,۵۷	۳,۳۰	۳,۶۷	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Ca	۰,۰۴	۰,۰۴	۰,۰۵	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۱۲	۰,۰۲	۰,۹۹	۰,۹۵	۰,۹۸	۰,۹۹
Na	-	-	-	-	-	-	-	-	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
K	-	-	-	-	-	-	-	-	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
Total	۹,۹۱	۹,۸۸	۹,۹۳	۹,۹۱	۹,۹۱	۹,۸۹	۹,۶۲	۹,۹۱	۱,۰۰	۰,۹۹	۰,۹۹	۱,۰۰
(O)	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱۴,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰
Mg#	۰,۷۲	۰,۷۳	۰,۷۴	۰,۷۳	۰,۷۲	۰,۷۴	۰,۷۶	۰,۷۶				



شکل ۷ ترکیب کلریت در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراهای پیرانشهر. (الف) نمودار $Al/(Al+Fe+Mg)$ در مقابل $Fe/(Fe+Mg)$. (ب) نمودار کاتیونی Si در مقابل $Mg/(Mg+Fe)$ [۲۲]، (پ) نمودار Si در مقابل Fe (tot) [۲۲]. کلریت‌های تجزیه شده دارای مقادیر بالای Mg بوده و در نمودارهای رده‌بندی ترکیب آنها در گستره‌ی پیکنوکلر و دیابانتیت قرار می‌گیرند.



شکل ۸ ترکیب کانی‌های کربناتی در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای پیرانشهر. (الف) در نمودار $CaO-MgO-(FeO+MnO)$ ترکیب کانی‌های کربناتی تجزیه شده در راس CaO قرار می‌گیرند، (ب) نمودار $MgO-FeO-MnO$ مقادیر پایین MgO در مقایسه با FeO و MnO در ترکیب کانی‌های کربناتی مورد بررسی را نشان می‌دهد.

بحث و بررسی

دگرنهادی $MgO-CaO-CO_2$ و تشکیل کانی‌های ثانویه در

قطعات آواری پریدوتیتی دگرسان شده

حضور مقادیر فرعی اسپینل کروم‌دار به رنگ سرخ قهوه‌ای، سرپانتین و تالک از شواهد کانیایی مهمی هستند که خاستگاه فرامافیکی برخی از قطعات آواری دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی در حوضه‌ی رسوبی پیرانشهر را تایید می‌کنند. کلسیت و در مقادیر کمتر کوارتز کانی‌های اصلی پریدوتیت‌های دگرسان شده را تشکیل می‌دهند.

دگرسانی پریدوتیت‌ها معمولاً با دگرسانی الیوین و تشکیل فازهای سیلیکات منیزیم آبدار (مانند سرپانتین و تالک) و کانی‌های تیره شروع می‌شود. انحلال بعدی فازهای منیزیم سیلیکات آبدار طی دگرسانی شدید باعث آزاد شدن MgO و SiO_2 به داخل سیال می‌شود. در صورتی که غلظت عناصر حل شده در سیال پایین باشد تمامی عناصر متحرک موجب تشکیل فضاهای خالی (حفره‌های ثانویه) در سنگ می‌شود اما در شرایط اشباع سیال، فازهای ثانویه (مانند کوارتز، کلسیت) در پریدوتیت‌های دگرسان شده تشکیل می‌شوند. در این بخش از دگرسانی پریدوتیت‌ها و

تشکیل کوارتز از سیلیس باقیمانده در ترکیب سنگ می‌شود، (ج) تراوش Ca و CO_2 به داخل سنگ‌های پدیدوتیتی طی دگرنهادی کربناتی باعث تشدید تحرک و خروج MgO از پدیدوتیت‌های دگرسان شده و در نتیجه کوارتز در مقادیر نسبتاً زیاد در پدیدوتیت‌های کربناتی شده تشکیل می‌شود.

توجه به این مساله ضروری است که تحرک‌پذیری MgO و FeO در تشکیل کوارتز بسیار اهمیت داشته که این عامل مبنای ارائه دو نظریه اخیر در ارتباط با حضور کوارتز در پدیدوتیت‌های دگرسان شده است. تحرک‌پذیری ترجیحی MgO نسبت به SiO_2 از عوامل مهمی است که باعث افزایش نسبی غلظت Si در سیال تا مرحله‌ی اشباع شدگی و در نتیجه رسوب کوارتز در پدیدوتیت‌های دگرسان شده است. بررسی‌های بیشتر [۷] نشان داد که تحرک‌پذیری MgO طی سرپانتینی شدن شدید نبوده و نمی‌تواند به تنهایی عامل مهم در اشباع-شدگی سیال و تشکیل کوارتز در پدیدوتیت‌های دگرسان شده باشد در صورتیکه تراوش سیال غنی از Ca و CO_2 به درون پدیدوتیت‌ها طی دگرسانی کربناتی با تشدید تحرک و خروج MgO باعث تهی‌شدگی بیشتر MgO و تشکیل کوارتز ثانویه در مقادیر قابل توجه در پدیدوتیت‌های کربناتی می‌شود. جایگزینی فازهای سیلیکات منیزیم آبدار توسط کلسیت و کوارتز و نیز تهی‌شدگی شدید MgO در طی دگرسانی کربناتی پدیدوتیت‌ها باعث کاهش چگالی سنگ می‌شود که بر این اساس دگرسانی کربناتی این سنگ‌ها برخلاف دگرسانی سرپانتینی دارای تغییرات حجمی ثابت است. دگرسانی سرپانتینی به علت افزایش حجم با شکستگی سنگ همراه است.

براساس برخی شواهد بافتی و کانی‌شناسی حضور کوارتز در مقادیر نسبتاً فراوان فقط در نمونه‌های کربناتی شده و نیز فراوانی مودی کلسیت نسبت به کوارتز در قطعات پدیدوتیتی مورد بررسی به نظر می‌رسد که کانی‌های ثانویه کوارتز در قطعات پدیدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی در ارتباط با رخداد دگرسانی کربناتی در قطعات مورد بررسی تشکیل شده‌اند. بر این اساس در خصوص خاستگاه Ca^{2+} نیز احتمالاً بتوان در ارتباط با رخداد کربناتی شدن قطعات

تشکیل کانی‌های ثانویه مختلف در قطعات پدیدوتیتی کنگلومراهای پیرانشهر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلسیت و کوارتز: کلسیت از کانی‌های ثانویه اصلی و مهم تشکیل دهنده‌ی قطعات پدیدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی است. کلسیت و در مواردی به همراه کوارتز به‌طور کامل جایگزین کانی‌های سیلیکات منیزیم آبدار (سرپانتین و تالک) در قطعات پدیدوتیت دگرسان می‌شود. برخلاف کوارتز، تشکیل کلسیت در قطعات پدیدوتیت مورد بررسی نیاز به ورود Ca و CO_2 طی رخداد دگرسانی کربناتی شدن است. در مورد خاستگاه احتمالی Ca^{2+} در قطعات پدیدوتیتی کربناتی شده در منطقه‌ی مورد بررسی می‌توان دو حالت زیر را در نظر گرفت: (الف) Ca^{2+} از انحلال کانی‌های کلسیم‌دار (مانند کلسیت و پلاژیوکلاز) در داخل حوضه‌ی رسوبی خاستگاه گرفته است، (ب) بخش مافیک همبافت افیولیتی (کلینوپیروکسن) تامین کننده‌ی Ca^{2+} لازم برای دگرسانی کربناتی قطعات پدیدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی بوده است. با توجه به اینکه مقادیر مودی کلینوپیروکسن و کلسیت در مجموعه‌های افیولیتی کم بوده و در نتیجه سیالاتی که داخل این مجموعه حرکت می‌کنند دارای مقادیر کمتر Ca هستند در نظر گرفتن خاستگاه احتمالی Ca^{2+} از انحلال کانی‌های کلسیم‌دار حوضه‌ی رسوبی شاید منطقی به نظر برسد. خاستگاه CO_3^{2-} ممکن است از تعادل آب و CO_2 جو و یا از خاستگاه رسوبی عمیق طی کوهزایی حاصل شده باشد.

در ارتباط با تشکیل کوارتز ثانویه در پدیدوتیت‌های دگرسان، بررسی‌ها نشان دادند که SiO_2 حاصل از سرپانتینی شدن الیوین بسیار کم بوده و تنها رخداد دگرسانی کربناتی شدن پدیدوتیت‌هاست که می‌تواند باعث آزاد شدن مقادیر قابل توجه SiO_2 و در نتیجه تشکیل کوارتز در مقادیر نسبتاً فراوان در پدیدوتیت‌های دگرسان شده باشد [۷]. از عوامل مهم در تشکیل کوارتز در پدیدوتیت‌های دگرسان شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (الف) کوارتز در ارتباط با تراوش سیالات Si دار به درون قطعات دگرسان شده پدیدوتیتی تشکیل می‌شود، (ب) تهی‌شدگی شدید MgO در پدیدوتیت‌های دگرسان شده باعث

پریدوتیتی را پس از بالآمدگی افیولیت‌ها، هوازدگی و انتقال آن به درون حوضه رسوبی در نظر گرفت. مقادیر مودی فراوان کلسیت در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی تشکیل آنها از خاستگاه احتمالی وابسته به حوضه‌های رسوبی را تایید می‌کند.

- **گارنت:** گارنت با ترکیب آندرادیت و گروسولار از دیگر کانی‌های ثانویه مهم در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی را تشکیل می‌دهد. به نظر می‌رسد Fe آزاد شده طی شکست الیوین و در طی کربناتی‌شدن مجموعه سیلیکات‌های منیزیم آبدار (سرپانتین و تالک) باعث غنی‌شدگی سنگ از Fe و تشکیل گارنت کلسیم- آهن‌دار شده است. همچنین حضور Fe در مقادیر جزیی در ترکیب کانی‌های ثانویه کوارتز و کلسیت از دیگر شواهد کانی‌شناسی هستند که غنی‌شدگی نسبی از Fe در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی را تایید می‌کند.

- **کلریت و تالک:** کلریت و تالک به همراه سرپانتین در مقادیر بسیار کم در قطعات پریدوتیت دگرسان شده و زمینه‌ی کنگلومراهای مجموعه افیولیتی پیرانشهر حضور دارند. در ارتباط با حضور کلریت و تالک به همراه کوارتز ثانویه در قطعات پریدوتیتی دو حالت پیشنهاد می‌شود: (الف) MgO به طور کامل از سیستم خارج نشده و کانی‌های منیزیم‌دار کلریت و تالک در مقدار بسیار کم ارتباط تشکیل شده است، (ب) سیال MgO دار در مراحل بعدی (احتمالاً طی تدفین در حوضه‌ی رسوبی) به داخل قطعات آواری تراوش کرده و باعث تشکیل کلریت و تالک در مراحل بعدی دگرسانی شده است. با در نظر گرفتن اینکه شواهد بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی مناسب دال بر تراوش بعدی سیال MgO دار به داخل سنگ‌های مورد بررسی یافت نشده است، احتمالاً بتوان فرضیه اول را در مورد حضور کلریت و تالک در قطعات پریدوتیتی مورد بررسی پیشنهاد کرد.

بررسی رخداد دگرسانی‌های سرپانتینی و کربناتی در قطعات پریدوتیتی کنگلومرای پیرانشهر

قطعات پریدوتیتی کنگلومراهای مورد بررسی دو مرحله‌ی دگرسانی شامل سرپانتینی‌شدن و کربناتی‌شدن را تحمل کرده-

اند. براساس شواهد کانی‌شناسی، بافتی و شیمی کانی‌ها در قطعات پریدوتیتی دگرسان مورد بررسی، به نظر می‌رسد که دگرسانی مرحله‌ی اول در قطعات پریدوتیتی طی آبداکشن و ملانژ شدگی افیولیت‌ها و یا حمل و انتقال آنها به حوضه‌ی رسوبی اتفاق افتاده و سپس در مرحله‌ی دوم به دنبال انتقال قطعات آواری پریدوتیتی به داخل حوضه‌ی رسوبی و واکنش-های سیال-سنگ، این قطعات شدیداً دگرسانی کربناتی را تحمل کرده‌اند. بررسی‌های [۷] نشان داده است که رخداد دگرسانی کربناتی در پریدوتیت‌ها دال بر دگرسانی آنها در شرایط رسوبگذاری وابسته به حوضه‌های رسوبی است. برخی از شواهد دال بر رخداد دگرسانی شدید کربناتی در قطعات پریدوتیتی از قبل سرپانتینی شده در کنگلومراهای مورد بررسی عبارتند از: (۱) مقادیر کلینوپروکسن و کلسیت در پروتولیت سنگ‌های پریدوتیتی کم بوده و در نتیجه غلظت پایین Ca در سیالات به درون افیولیت‌ها نمی‌تواند باعث تشکیل مقادیر بالای کلسیت در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده باشد. در نتیجه کلسیت با مقادیر حجمی بالا در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده نمی‌تواند در ارتباط با آبداکشن افیولیت‌ها و در شرایط قبل از حمل و انتقال آنها به حوضه‌ی رسوبی تشکیل شده باشد. (۲) شکست الیوین به سرپانتین طی فرایندهای سرپانتینی‌شدن در شرایط دگرنهادی افیولیت‌ها نیز می‌تواند باعث آزاد شدن MgO و متاسوماتیسم MgO شود اما تهی‌شدگی شدید MgO در قطعات سرپانتینی شده به علت رخداد دگرسانی کربناتی است که باعث تشکیل کلسیت در مقادیر فراوان در این قطعات شده است. بررسی‌های [۷] تهی-شدگی شدید MgO در سرپانتینیت‌ها را مرتبط با دگرسانی کربناتی در حوضه‌های رسوبگذاری عنوان کرده است. (۳) سرپانتینی‌شدن الیوین تنها مقدار کمی SiO₂ آزاد کرده و در نتیجه SiO₂ هنوز در شبکه ساختاری سرپانتین حاصل از شکست الیوین باقی است در صورتیکه تنها فرایند مهم کربناتی‌شدن سرپانتین است که می‌تواند مقدار مهمی از SiO₂ را آزاد کرده و باعث تشکیل کوارتز ثانویه و کانی‌های غنی از سیلیس در این سنگ‌ها شود. حضور کوارتز ثانویه و تالک رخداد دگرسانی کربناتی در قطعات پریدوتیتی مورد بررسی را تایید

[4] Viti C., Mellini M., "Mesh textures and bastites in the Elba retrograde serpentinites", *European Journal of Mineralogy* 10 (1998) 1341–1359.

[5] Evans B. W., "The serpentinite multisystem revisited: chrysotile is metastable", *International Geological Review* 46(2004) 479–506.

[6] Shervais J. W., Kolesar P., Andreasen K., "A field and chemical study of serpentinization — Stonyford, California: chemical flux and mass balance.", *International Geological Review* 47 (2005) 1–23.

[7] Beinlich A., Austrheim H., Glodny J., Erambert M., Andersen T.B., "CO₂ sequestration and extreme Mg depletion in serpentinized peridotite clasts from the Devonian Solund basin, SW Norway.", *Geochim Cosmochim Acta* 74(24) (2010) 6935–6964.

[8] Snow J. E., Dick H. J. B., "Pervasive magnesium loss by marine weathering of peridotite", *Geochim Cosmochim Acta* 59 (1995) 4219–4235.

[9] Bulmer C. E., Lavkulich L. M., "Pedogenic and geochemical processes of ultramafic soils along a climatic gradient in southwestern British Columbia.", *Canadian Journal of Soil Sciences* 74 (1994) 165–177.

[10] Brady P. V., Gislason S. R., "Seafloor weathering controls on atmospheric CO₂ and global climate.", *Geochim Cosmochim Acta* 61 (1997) 965–973.

[11] Cashman S. M., Whetten J. T., "Low-temperature serpentinization of peridotite fanglomerate on the west margin of Chiwaukum graben, Washington.", *Geological Society of American Bulletin* 87 (1976) 1773–1776.

[12] Craw D., Landis C. A., Kelsey P. I., "Authigenic chrysotile formation in the matrix of Quaternary debris flows, northern Southland", *New Zealand. Clays and Clay Minerals* 35 (1987) 43–52.

[13] Gilg H.A., Boni M., Balassone G., Allen C.R., Banks D., Moore F., "Marblehosted sulfide ores in the Angouran Zn- (Pb-Ag) deposit, NW Iran: interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex.", *Mineralium Deposita* 41 (2006) 1-16.

می‌کند. (۴) FeO آزاد شده طی کربناتی‌شدن به صورت ناخالصی در ترکیب کوارتز حضور داشته و یا موجب تشکیل فاز ثانویه اکسید آهن در قطعات پریدوتیتی مورد بررسی شده است.

نتیجه گیری

کنگلومراهای مورد بررسی در حوضه رسوبی پیرانشهر دارای خاستگاه پلی‌ژنتیک با سیمان بیشتر کلسیتی هستند. قطعات تشکیل دهنده آن با ابعادی در حدود چند میلی‌متر تا سانتی‌متر شامل خرده قطعات رسوبی، پریدوتیت‌های دگرسان شده و سنگ‌های بازیک دگرگون شده و بازالت است. قطعات آواری پریدوتیتی به شدت کربناتی و دگرسان شده‌اند. کلسیت از کانی‌های ثانویه اصلی و مهم تشکیل دهنده قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراها می‌باشد. کلسیت به همراه کوارتز و در مواردی به طور اصلی جایگزین کانی‌های سیلیکات منیزیم آبدار (سرپانتین و تالک) در قطعات پریدوتیت دگرسان شده است. گارنت ثانویه با ترکیب آندرادیت و گروسولار در مقادیر کم در این قطعات حضور دارد.

قدردانی

این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی به شماره ۱-۲۷/۳۳۰۶-۱/ص می‌باشد که با حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه تبریز انجام شده است لذا بدین‌وسیله از همکاری آن معاونت قدردانی می‌گردد. همچنین از داوران محترم مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران به خاطر ارائه نظرات بسیار سازنده سپاسگزاری می‌نمایم.

مراجع

- [1] Naldrett A. J., "Talc-carbonate alteration of some serpentinized ultramafic rocks south of Timmins, Ontario.", *Journal of Petrology* 7 (1966) 489–499.
- [2] Bucher K., Frey M., "Petrogenesis of Metamorphic Rocks.", Springer Verlag, Berlin, Germany (2001).
- [3] Hansen L. D., Dipple G. M., Gordon T. M., Kellett D. A., "Carbonated serpentinite (listwanite) at Atlin, British Columbia: a geological analogue to carbon dioxide sequestration.", *Canadian Mineralogist* 43 (2005) 225–239.

- [19] Ishii T., Robinson P.T., Maekawa H., Fiske R., "Petrological studies of peridotites from diapiric serpentinite seamounts in the Izu-Ogasawara-Mariana forearc.", Proceedings of the Ocean Drilling Program - Scientific Results 125 (1992) 445-485.
- [20] Stevens R. E., "Composition of some chromites of the western hemisphere", American Mineralogist 29 (1944) 1-34.
- [21] Irvine T.N., "Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 2. Petrologic applications", Canadian Journal of Earth Science 4 (1967) 71-103.
- [22] Hey M. H., "A new review of the chlorites", Mineralogical Magazine 30 (1954) 277-292.
- [۱۴] خدابنده ع. ا.، "نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ نطده"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳.
- [15] Kretz R., "Symbols for rock-forming minerals", American Mineralogist 68 (1983) 277-279.
- [16] Arai S., "Characterization of spinel peridotites by olivine-spinel compositional relationships: review and interpretation", Chemical Geology 113 (1994) 191-204.
- [17] Barnes S. J., Roeder P.L., "The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks", Journal of Petrology 42, 2279-2302.
- [18] Franz L., Wirth R., "Spinel inclusions in olivine of peridotite xenoliths from TUBAF seamount (Bismark Archipelago/Papua New Guinea): evidence for the thermal and tectonic evolution of the oceanic lithosphere", Contributions to Mineralogy and Petrology 140 (2000) 283-295.