



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 آلی 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 کنگلومرای با ضخامت حدود چندین متر دارای میان لایه‌هایی از ماسه سنگ و سنگ آهک است. از نظر خاستگاه رسوبی، سنگ‌های کنگلومرای 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 کربناتی و دگرسان شده‌اند. مقادیر کم اسپینل، کلریت، کوارتز ثانویه و محصولات ریزدانه حاصل از دگرسانی در زمینه‌ای 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 کانازاواوی 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،

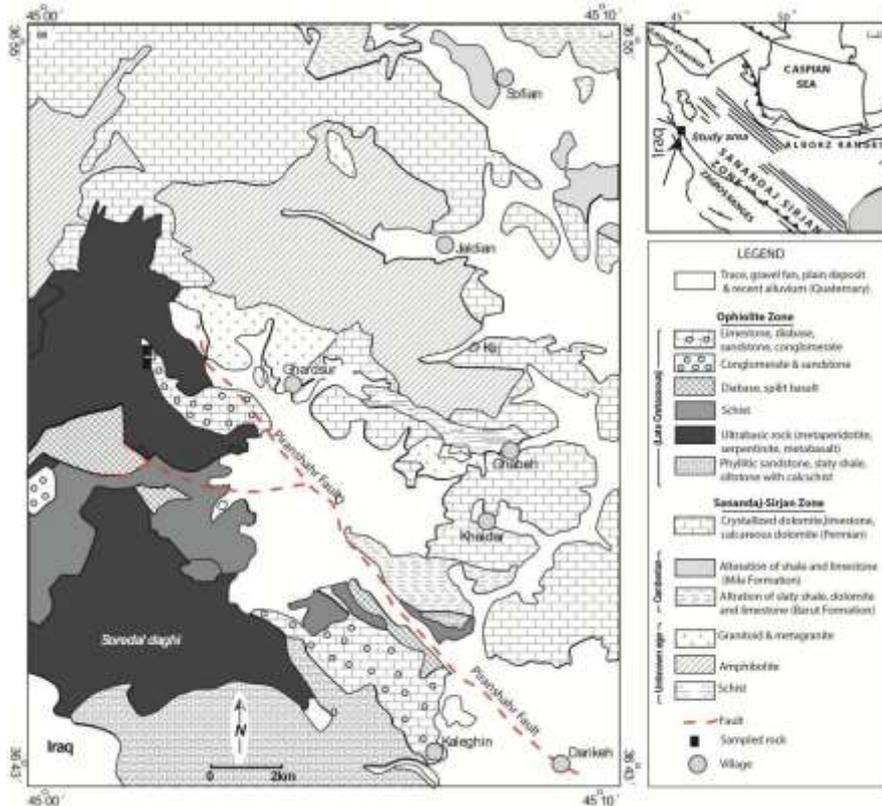
در شرایط ایزوشیمیایی می‌شود [۷]. سرعت واکنش‌های سرپانتینی و کربناتی شدن در شرایط تقریباً ایزوشیمیایی پایین‌تر از سرعت آن در شرایط سیستم باز دیده می‌شوند. تحرک منیزیم و خروج آن از پریدوتیت طی فرایندهای هوازده در محیط‌های دریایی [۸] و خشکی [۹]، افزایش حجم ایجاد شده در اثر سرپانتینی شدن را خنثی کرده و باعث 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 کربنات 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 آلپی انجام گرفته است ولی دگرسانی پریدوتیت و رخداد فرایندهای سرپانتینی و کربناتی شدن 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 کربناتی‌شدن، به افی کربنات متحول شده‌اند. حوضه‌ی رسوبی کرتاسه پیرانشهر احتمالاً خاستگاه مناسب و کافی برای ذخیره‌ی CO₂ بوده که باعث کربناتی‌شدن شدید قطعات پریدوتیتی و تشکیل کربنات 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 تراسی 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 کانی‌های فرومنیزین 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]).

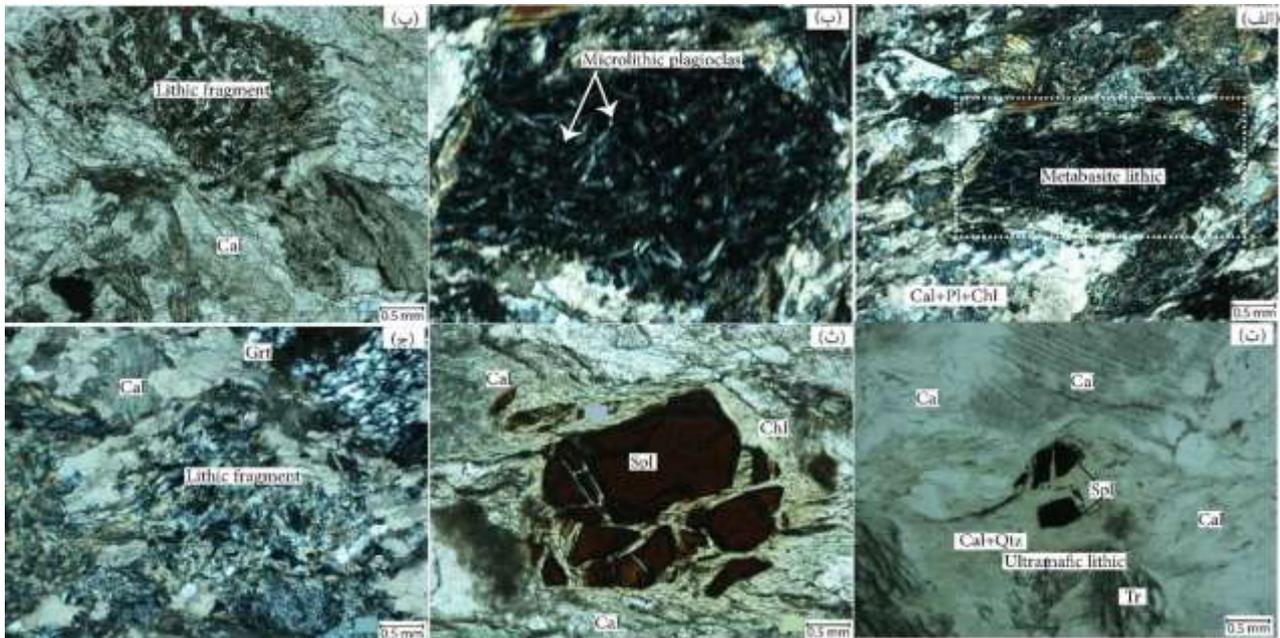


شکل ۲ (الف) نمایی از برونزد سنگ‌های افیولیت ملانژ در مرز ایران با عراق، (ب) دورنمایی از ملانژ افیولیتی و برونزد کنگلومرا، (پ) کنگلومرا با قطعات در اندازه چندین میلی‌متر تا سانتی‌متر با سیمان آهکی، (ت) برونزد کنگلومرا، (ث) کنگلومرای با خاستگاه پلی‌ژنتیک متشکل از قطعات مختلف سنگی، (ج) قطعات سرخ رسوبی (احتمالاً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

سنگ‌نگاری کنگلومراها

کلسیت، و کمتر از آن کوارتز، کانی‌های اصلی تشکیل دهنده‌ی پریدوتیتی دگرسان‌های 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 CO_2 حل شده و کانی‌های کلسیت و کوارتز به‌طور کامل جایگزین آنها شده است. دگرسانی شدید قطعات پریدوتیتی همراه با تهی‌شدگی MgO باعث غنی‌شدن نسبی در SiO_2 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 تشکیل‌دهنده‌های قطعات پریدوتیتی دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی هستند (شکل ۳ ت-ج).

در این بخش سنگ‌نگاری سنگ‌های کنگلومرا و قطعات پریدوتیتی دگرسان شده داخل آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سنگ‌های کنگلومرای دارای خاستگاه پلی‌ژنتیک 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 سنگ-های رسوبی ریزدانه، ماسه سنگ کوارتزیت، خرده قطعات بازالتی و متابازی و قطعات پریدوتیتی دگرسان شده هستند. قطعات بازی ریزدانه بوده و بقایای بافت آدرین با ریزبلورهای 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 کربناتی و دگرسان شده و بافت‌های غربالی وابسته به آغاز دگرسانی البوین در آنها مشاهده نمی‌شود (شکل ۳ ت-ث).



شکل ۳ الف) کنگلومرا با بافت برشی. قطعه‌ی بازالت با میکروولیت‌هایی از پلاژیوکلاز از دو طرف کشیدگی نشان می‌دهد. کلسیت به همراه کوارتز و کلریت ریزدانه در زمینه‌ی برشی قابل تشخیص است، حالت XPL، (ب) میکروولیت‌های 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.

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 $(Cr\#Cr/Cr+Al)$ 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 (۰/۲۱-۰/۴۷wt%)، NiO (۰/۰۲-۰/۱۵wt%)

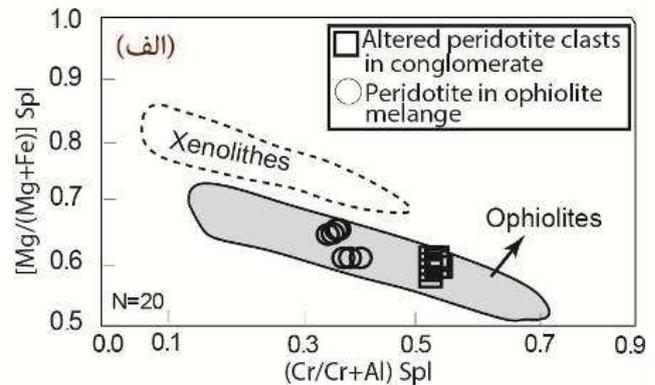
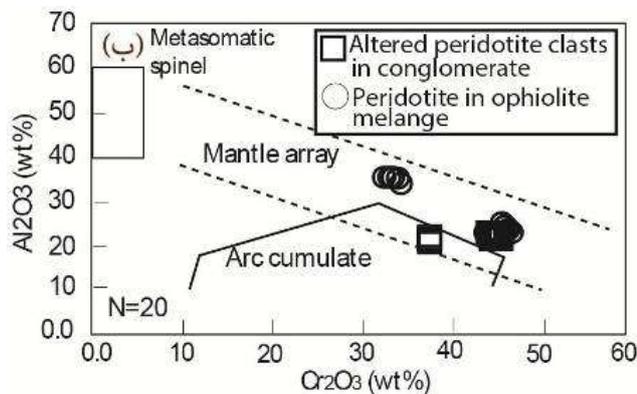
و TiO_2 (تا ۰/۵ wt%) در اسپینل‌های تجزیه شده در کنگلومرا بسیار اندکند (جدول ۱). اسپینل‌های مورد بررسی در قطعات پریدوتیتی کنگلومرا و نیز پریدوتیت‌های مجموعه‌ی افیولیتی پیرانشهر در نمودار $Cr/(Cr+Al)$ نسبت به $Mg/(Mg+Fe)$ در گستره‌ی افیولیت دیده می‌شوند (شکل ۴ الف). همچنین نمودار Al_2O_3 در مقابل Cr_2O_3 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 آلی قرار می‌گیرد.

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

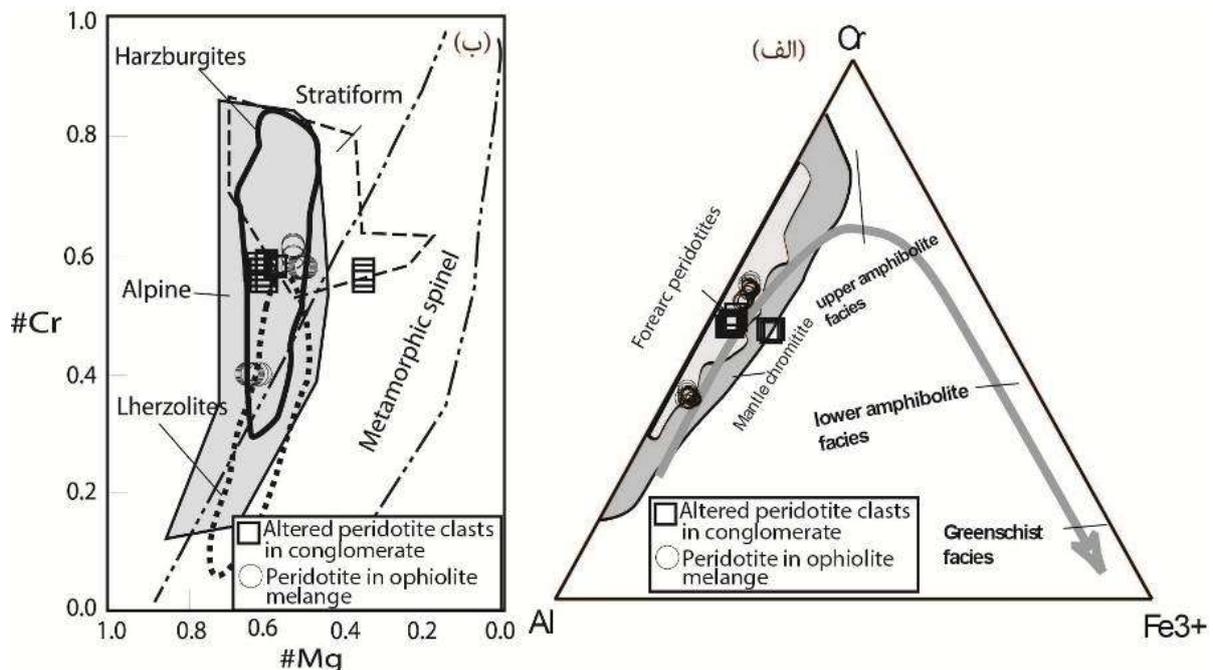
Poi.	قطعات پریدوتیت دگرسان شده داخل کنگلومرا										
	۴۳	۴۲	۴۱	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱-۱۹	۱۸
TiO ₂	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳
Al ₂ O ₃	۱۹/۱۹	۱۸/۶۵	۲۰/۰۰	۲۳/۰۰	۲۲/۹۳	۲۳/۷۱	۲۳/۷۸	۲۳/۸۸	۲۳/۹۳	۲۳/۳۴	۲۳/۸۷
Cr ₂ O ₃	۳۶/۵۸	۳۶/۴۳	۳۷/۱۲	۴۴/۱۷	۴۴/۹۱	۴۳/۷۸	۴۴/۱۵	۴۳/۸۳	۴۴/۰۱	۴۴/۴۷	۴۴/۱۰
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

	قطعات پریدوتیت دگرسان شده داخل کنگلومرا				پریدوتیت سرپانتینی شده مجموعه افیولیتی پیرانشهر							
	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۴	۱۰	۳	۲	۱	۱۲	۱۱	
Poi.	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	۲٫۰۰	۲٫۰۰	۲٫۰۰	۲٫۰۰	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 [۱۷، ۱۶]، ب) نمودار درصد وزنی Al_2O_3 نسبت به Cr_2O_3 اسپینل [۱۸]. ترکیب اسپینل در پریدوتیت‌های مجموعه‌ی 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 آلیپی و لایه‌ای شکل از [۲۱]). ترکیب اسپینل در قطعات پریدوتیت دگرسان درون کنگلومرا قابل مقایسه با پریدوتیت‌های ملانژ افیولیتی پیرانشهر در گستره‌ی آلیپی قرار می‌گیرند. بر اساس $\#Cr$ اسپینل ترکیب سنگ مادر در قطعات پریدوتیت 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 پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی حضور دارد (جدول ۲). کانی‌های کوارتز دارای ناخالصی‌هایی از عناصر Al_2O_3 (۰.۲۳-۰.۳۳ wt%)، FeO (۰.۳۸-۰.۱۳ wt%) و CaO (تا ۰.۱۵ wt%) هستند (جدول ۲).

کلریت: کلریت به صورت ثانویه و در مقادیر کم در قطعات پریدوتیتی 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 پریدوتیت کنگلومراهای مورد بررسی در ارتباط با Ca و CO_2 و دگر نهاده‌ی کربناتی‌شدن متاپریدوتیت‌ها 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 $Prp-Alm-GAU$ ، $Prp-Alm-Sps$ و $Grs-Adr-Uva$ آورده شده‌اند (شکل ۶ الف-ب). مقدار Ca بالای گارنت در قطعات پریدوتیتی مورد بررسی سرشتی دگر نهاده‌ی کربناتی و $Ca [7]$ 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 کنگلومرای 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 ۰/۰۱ wt%) و MnO (تا ۰/۰۳ wt%) در مقادیر کم در ترکیب کلسیت‌های مورد بررسی حضور دارند. ترکیب FeO ، MgO و MnO کلسیت در قطعات پریدوتیت دگرسان کنگلومرای پیرانشهر در شکل ۸ ب نشان داده شده است.

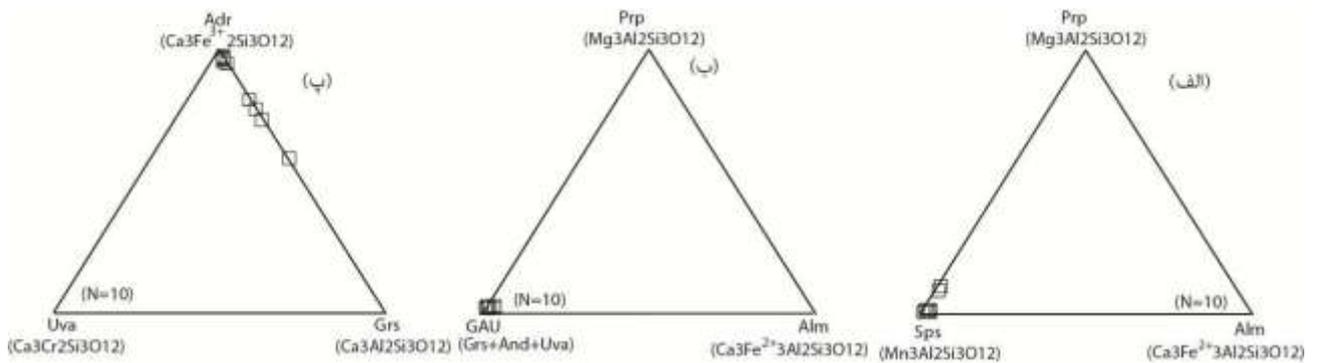
Cr_2O_3 نسبتاً بالا بوده (تا ۲/۶۲ wt%) ولی مقادیر MnO (تا ۰/۲۲ wt%) کم است.

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 $[\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}]$ ترکیب پیکنوکلر و دیابانتیت کلریت در کنگلومرای 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.

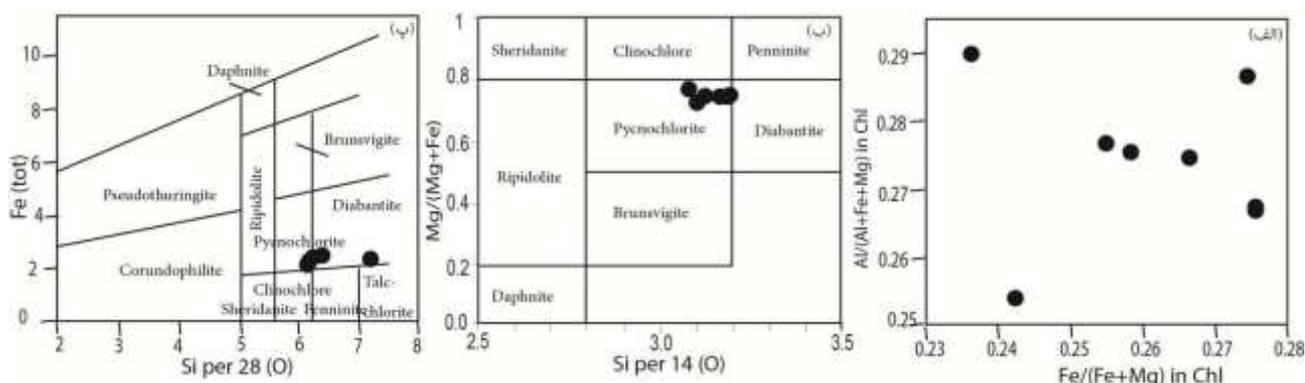
Poi.	گارنت										کوارتز	
	۶۴	۶۳	۶۲	۶۱	۵۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۸۹	۶۰	۱۰
SiO_2	۳۶/۷۹	۳۵/۳۰	۳۷/۰۳	۳۷/۲۴	۳۵/۷۵	۳۵/۳۲	۳۵/۶۵	۳۵/۷۴	۳۶/۷۳	۹۹/۶۰	۹۹/۱۹	۹۹/۴۰
TiO_2	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Al_2O_3	۳/۶۱	۰/۱۳	۵/۱۱	۸/۵۲	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۵۴	۴/۶۷	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۰۳
Cr_2O_3	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۷
FeO	۲۵/۹۵	۳۰/۲۲	۲۳/۰۲	۱۸/۹۵	۳۱/۰۴	۳۱/۶۹	۳۰/۶۴	۳۱/۰۶	۲۵/۲۸	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	۳۱/۳۱	۳۱/۸۹	۳۳/۷۸	۳۳/۶۵	۳۱/۵۱	۳۱/۶۹	۳۱/۷۲	۳۱/۹۹	۳۰/۸۹	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	۱۰۱/۳۷	۱۰۱/۲۸	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	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰
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			



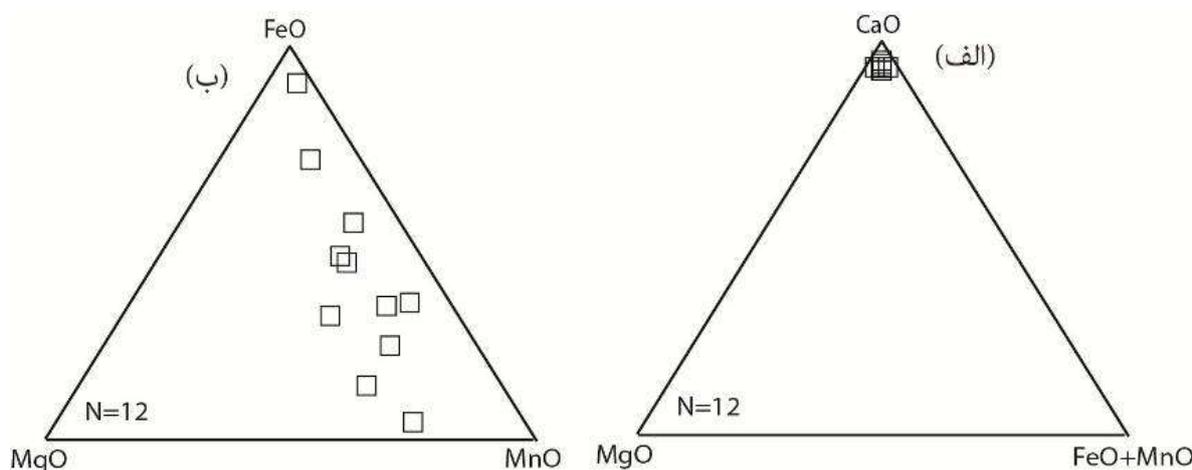
شکل ۶ ترکیب گارنت در قطعات پریدوتیتی دگرسان شده کنگلومراهای مجموعه‌ی دگرگونی پیرانشهر. (الف) نمودار Sps-Prp-Alm ترکیب فقیر از Fe^{2+} و Mg گارنت را نشان می‌دهد، (ب) در نمودار Prp-Alm-(Grs+And+Uva) ترکیب گارنت در راس GAU، (ج) در نمودار Grs-Adr-Uva ترکیب گارنت روی ضلع Adr-Grs قرار می‌گیرند. بر این اساس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

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

Poi.	کلریت								کلسیت			
	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	۱٫۸۳	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

(ج) تراوش Ca و CO₂ به داخل سنگ‌های پریدوتیتی طی دگرنهادی کربناتی باعث تشدید تحرک و خروج MgO از پریدوتیت‌های دگرسان شده و در نتیجه کوارتز در مقادیر نسبتاً زیاد در پریدوتیت‌های 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 پریدوتیت‌های دگرسان شده است. تحرک‌پذیری ترجیحی MgO نسبت به SiO₂ از عوامل مهمی است که باعث افزایش نسبی غلظت Si در سیال تا مرحله‌ی اشباع شدگی و در نتیجه رسوب کوارتز در پریدوتیت‌های دگرسان شده است. بررسی‌های بیشتر [۷] نشان داد که تحرک‌پذیری MgO طی سرپانتینی شدن شدید نبوده و نمی‌تواند به تنهایی عامل مهم در اشباع‌شدگی سیال و تشکیل کوارتز در پریدوتیت‌های دگرسان شده باشد در صورتیکه تراوش سیال غنی از Ca و CO₂ به درون پریدوتیت‌ها طی دگرسانی کربناتی با تشدید تحرک و خروج MgO باعث تهی‌شدگی بیشتر MgO و تشکیل کوارتز ثانویه در مقادیر قابل توجه در پریدوتیت‌های کربناتی می‌شود. جایگزینی فازهای سیلیکات منیزیم آبدار توسط کلسیت و کوارتز و نیز تهی‌شدگی شدید MgO در طی دگرسانی کربناتی پریدوتیت‌ها باعث کاهش چگالی سنگ می‌شود که بر این اساس دگرسانی کربناتی این سنگ‌ها برخلاف دگرسانی سرپانتینی دارای تغییرات حجمی ثابت است. دگرسانی سرپانتینیتی به علت افزایش حجم با شکستگی سنگ همراه است.

بر اساس 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 پریدوتیتی مورد بررسی به نظر می‌رسد که کانی‌های ثانویه کوارتز در قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی در ارتباط با رخداد دگرسانی کربناتی در قطعات مورد بررسی تشکیل شده‌اند. بر این اساس در خصوص خاستگاه Ca²⁺ نیز احتمالاً بتوان در ارتباط با رخداد کربناتی شدن قطعات پریدوتیتی را پس از بالآمدگی افیولیت‌ها، هوازدگی و انتقال آن

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

کلسیت و کوارتز: کلسیت از کانی‌های ثانویه اصلی و مهم تشکیل دهنده‌ی قطعات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی است. کلسیت و در مواردی به همراه کوارتز به طور کامل جایگزین کانی‌های سیلیکات منیزیم آبدار (سرپانتین و تالک) در قطعات پریدوتیت دگرسان می‌شود. برخلاف کوارتز، تشکیل کلسیت در قطعات پریدوتیت مورد بررسی نیاز به ورود Ca و CO₂ طی رخداد دگرسانی کربناتی شدن است. در مورد خاستگاه احتمالی Ca²⁺ در قطعات پریدوتیتی کربناتی شده در منطقه‌ی مورد بررسی می‌توان دو حالت زیر را در نظر گرفت: (الف) Ca²⁺ از انحلال کانی‌های کلسیم‌دار (مانند کلسیت و پلاژیوکلاز) در داخل حوضه‌ی رسوبی خاستگاه گرفته است، (ب) بخش مافیک همبافت افیولیتی (کلینوپیروکسن) تامین کننده‌ی Ca²⁺ لازم برای دگرسانی کربناتی قطعات پریدوتیتی 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 Ca²⁺ از انحلال کانی‌های کلسیم‌دار حوضه‌ی رسوبی شاید منطقی به نظر برسد. خاستگاه CO₃²⁻ ممکن است از تعادل آب و CO₂ جو و یا از خاستگاه رسوبی عمیق طی کوهزایی حاصل شده باشد.

در ارتباط با تشکیل کوارتز ثانویه در پریدوتیت‌های دگرسان، بررسی‌ها نشان دادند که SiO₂ حاصل از سرپانتینی شدن الیوین بسیار کم بوده و تنها رخداد دگرسانی کربناتی شدن پریدوتیت‌هاست که می‌تواند باعث آزاد شدن مقادیر قابل توجه SiO₂ و در نتیجه تشکیل کوارتز در مقادیر نسبتاً فراوان در پریدوتیت‌های دگرسان شده باشد [۷]. از عوامل مهم در تشکیل کوارتز در پریدوتیت‌های دگرسان شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: (الف) کوارتز در ارتباط با تراوش سیالات Si دار به درون قطعات دگرسان شده پریدوتیتی تشکیل می‌شود، (ب) تهی‌شدگی شدید MgO در پریدوتیت‌های دگرسان شده باعث تشکیل کوارتز از سیلیس باقیمانده در ترکیب سنگ می‌شود،

قطععات پریدوتیتی دگرسان مورد بررسی، به نظر می‌رسد که دگرسانی مرحله‌ی اول در قطععات 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 قطععات آواری پریدوتیتی به داخل حوضه‌ی رسوبی و واکنش-های سیال-سنگ، این قطععات 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 قطععات پریدوتیتی از قبل سرپانتینی شده در کنگلومراهای مورد بررسی عبارتند از: (۱) مقادیر کلینوپیروکسن 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 قطععات پریدوتیتی دگرسان شده باشد. در نتیجه کلسیت با مقادیر حجمی بالا در قطععات 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 سرپانتینی شدن در شرایط دگرتهادی افیولیت‌ها نیز می‌تواند باعث آزاد شدن MgO و متاسوماتیسم MgO شود اما تهی‌شدگی شدید MgO در قطععات سرپانتینی شده به علت رخداد دگرسانی کربناتی است که باعث تشکیل کلسیت در مقادیر فراوان در این قطععات 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 کربناتی شدن 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 قطععات پریدوتیتی مورد بررسی را تایید می‌کند. (۴) FeO آزاد شده طی کربناتی‌شدن به صورت

به درون حوضه‌ی رسوبی در نظر گرفت. مقادیر مودی فراوان کلسیت در قطععات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی تشکیل آنها از خاستگاه احتمالی وابسته به حوضه-های رسوبی را تایید می‌کند.

- **گارنت:** گارنت با ترکیب آندرادیت و گروسولار از دیگر کانی-های ثانویه مهم در قطععات 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 جزئی در ترکیب کانی‌های ثانویه کوارتز و کلسیت از دیگر شواهد کانی‌شناسی هستند که غنی‌شدگی نسبی از Fe در قطععات پریدوتیت دگرسان شده در کنگلومراهای مورد بررسی را تایید می‌کند.

- **کلریت و تالک:** کلریت و تالک به همراه سرپانتین در مقادیر بسیار کم در قطععات پریدوتیت دگرسان شده و زمینه‌ی کنگلومراهای مجموعه افیولیتی پیرانشهر حضور دارند. در ارتباط با حضور کلریت و تالک به همراه کوارتز ثانویه در قطععات 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 قطععات 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 قطععات پریدوتیتی مورد بررسی پیشنهاد کرد.

بررسی رخداد دگرسانی‌های سرپانتینی و کربناتی در قطععات پریدوتیتی کنگلومرای پیرانشهر

قطععات پریدوتیتی کنگلومراهای مورد بررسی دو مرحله‌ی دگرسانی شامل سرپانتینی‌شدن و کربناتی‌شدن را تحمل کرده-اند. براساس شواهد کانی‌شناسی، بافتی و شیمی کانی‌ها در

- [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., Andreassen K., "A field and chemical study of serpentization — 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 serpentized 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 serpentization 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.

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 حوضه‌ی رسوبی پیرانشهر دارای خاستگاه پلی‌ژنتیک با سیمان بیشتر کلسیتی هستند. قطعات تشکیل دهنده‌ی آن با ابعادی در حدود چند میلی‌متر تا سانتی‌متر شامل خرده قطعات رسوبی، پریدوتیت‌های دگرسان شده و سنگ‌های بازیگ دگرگون شده و بازالت است. قطعات آواری پریدوتیتی به شدت کربناتی و دگرسان شده‌ند. 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 (سربانتین 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 ۱-۳۳۰۶/۲۷/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 serpentized 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.

Contributions to Mineralogy and Petrology 140 (2000) 283–295.

[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] خداپنده 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",