IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 1, Spring 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Study of the effect of the nature of the rodingite forming fluids in the minerals of the rodingite of Nain ophiolite

S. Falahaty, M. Saidi, M. Noghreyan, M. Khalili, Gh. Torabi, M. A. Machizadeh

Department of Geology, Isfahan University
Email: somayehfalahaty@yahoo.com

(Received: 8/4/2008, in revised form: 20/7/2008)

Abstract: Two types of rodingitization (static and dynamic) are observed in the rodingites of the ophiolite north of Nain. Two stages have been occurred in the formation of static rodingites. At the initial stage, epidote, prehnite and hydrogrossular have crystallized respectively at the expense of plagioclase, with the increase of Calcium content rodingite forming fluid. In the advanced stage, xonotlite at the expense of plagioclase, and Mg – chlorite, tremolite and secondary diopside, at the expense of pyroxene, have formed simultaneously with an increase of Si content of rodingite forming fluid. The high content of vein xonotlite, in the dynamic rodingites, shows that the CaO/SiO_2 ratio in the fluid is first close to one, but with time, it reduces to less than one and prehnite and pectolite have crystallized. In the dynamic rodingites, due to the low variations of rock – forming fluids, the mineralogy of dynamic rodingites do not vary much. In contrast, the mineralogy of static rodingites display variation, indicating the changing in composition of rock – forming fluids.

Keyword: *Nain ophiolite, Rodingite, Static rodingites, Dynamic rodingites.*

Archive of SID

www.SID.ir

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۸۸، از صفحهٔ ۱۷ تا ۲۸

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

بررسی تأثیر ترکیب شاره‌های رودنژیت ساز در تکامل کانی‌های موجود در رودنژیت‌های افیولیت نائین

سمیه فلاحتی، معصومه سعیدی، موسی نقره ئیان، محمود خلیلی، قدرت ترابی، محمد علی مکی زاده

بخش زمین شناسی دانشگاه اصفهان

پست الکترونیکی: somayehfalahaty@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۸۷/۱/۲۰ ، نسخه نهایی: ۸۷/۴/۳۰)

چکیده: در رودنژیت‌های افیولیت شمال نائین، دو نوع رودنژیتی شدن استاتیک و دینامیک مشاهده می‌شود. هم چنین در رودنژیت‌های استاتیک این منطقه، دو مرحلهٔ ابتدائی و پیشرفته قابل مشاهده است. در مرحلهٔ ابتدائی، به ترتیب کانی‌های اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار به خرج پلاژیوکلاز همزمان با افزایش میزان کلسیم در شارهٔ رودنژیت ساز تبلور یافته و در مرحلهٔ پیشرفته، کانی زنوتلیت به خرج پلاژیوکلاز و کلریت منیزیم‌دار، ترمولیت، دیوپسید ثانویه به خرج پیروکسن هم زمان با افزایش میزان سیلیسیم شاره رودنژیت ساز تبلور یافته‌اند. در رودنژیت‌های دینامیکی نیز حضور فراوان زنوتلیت رگه‌ای نشان می‌دهد که شاره نخست نسبت CaO/SiO_2 ~ ۱ داشته است و با گذشت زمان این نسبت کاهش یافته و کانی‌های پرهنیت و پکتولیت شکل گرفته‌اند. عدم تنوع کانی-شناسی در رودنژیتهای دینامیکی، نشان از تغییرات پائین شاره‌های سازنده این سنگ‌ها دارد. در حالی که تنوع فراوان کانی‌شناسی در رودنژیت‌های استاتیکی، نشان از تغییرات گستردهٔ ترکیب شاره‌های سازنده این سنگ‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: *افیولیت نائین، رودنژیت، رودنژیت‌های استاتیک، رودنژیت‌های دینامیک.*

مقدمه

دنبالهٔ افیولیت شمال نائین در راستای زون گسلی نائین – بافت واقع شده است (شکل ۱). این زون در باختر ایران مرکزی قرار دارد و شامل چندین قطعهٔ جدا از دنبالهٔ افیولیتی اقیانوس نئوتتیس است. این افیولیت‌ها بقایای پوستهٔ اقیانوسی هستند و در زمان کرتاسه بالائی تا ائوسن زیرین روی حاشیهٔ ایران مرکزی رانده شده‌اند. پریدوتیت‌های بیشتر سرپانتینی شده، گابرو، دایک‌های صفحه‌ای، پلاژیوگرانیت، بازالت و آهک پلاژیک از واحدهای تشکیل دهندهٔ این افیولیت است [۱].

در افیولیت نائین، دایک‌های رودنژیتی شده در دو منطقه رخنمون گسترده دارند. رخنمون اول در شمال احمد آباد (شکل ۲A) بین طول جغرافیائی ´ ۱ و ° ۵۳ خاوری و عرض جغرافیائی ´ ۸ و° ۳۳ شمالی، و رخنمون دوم در منطقهٔ گلی گنگو بین طول جغرافیائی ۸ و ° ۵۳ خاوری و عرض جغرافیائی ۳ و °۳۳ شمالی واقع شده است. دایک‌های رودنژیتی شده اغلب به رنگ سفید تا کرم و به صورت ساختارهای سوسیسی شکل (بودیناژ) (شکل ۲B) با ضخامت نسبتاً کم (شکل ۲C) در سرپانتینیت‌های این منطقه قابل رؤیت‌اند. سنگ خاستگاه اغلب این سرپانتینیت‌ها در افیولیت نائین، هارزبورژیت است. در دایک‌های رودنژیتی شده با ضخامت زیاد، فرایند رودنژیتی شدن در برخوردگاه دایک با سرپانتینیت به فراوانی دیده می-شود، در حالی که مرکز دایک تقریباً بدون تغییر باقی مانده است. از طرف دیگر بین بخش رودنژیتی شدهٔ دایک و بخش تقریباً سالم آن یک مرز تدریجی است (شکل ۲D)، در صورتی که برخوردگاه دایک - سرپانتینیت یک مرز تیز است (شکل

Archive of SID

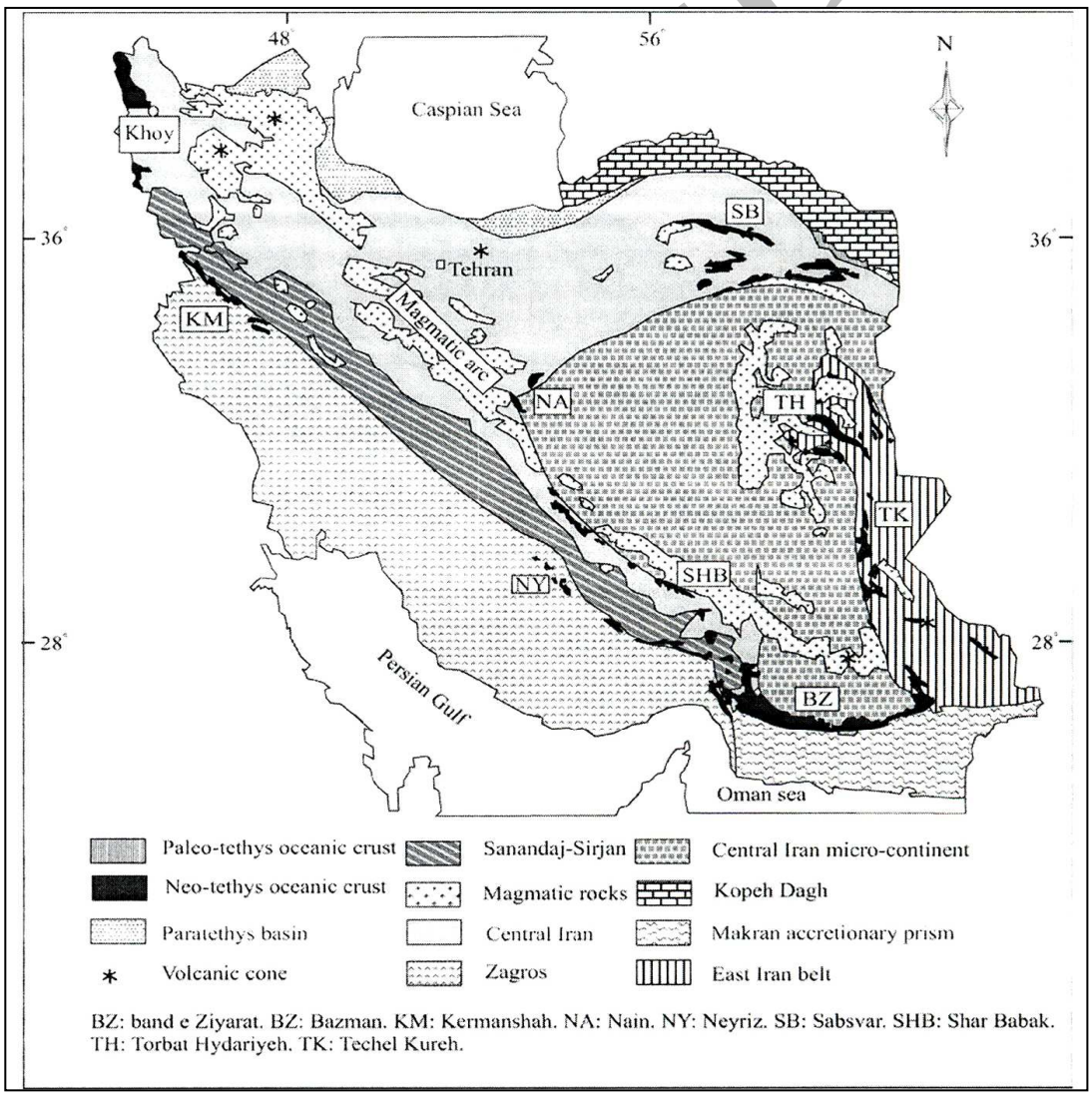
www.SID.ir

۲E). لازم به یادآوری است که دایک‌های رودنژیتی شده با ضخامت زیاد در منطقه به میزان کم یافت می‌شوند.

بنا بر بررسی‌های صورت گرفته، سنگ‌های رودنژیتی از محصولات دگرنهادی سنگ‌های گابروئی، دلریتی، گری واک، گرانیتی، داسیتی و شیلی وابسته به مجموعه‌های سرپانتینیتی گسترده محسوب می‌شوند و در برگیرنده کانی‌های کلسیم دار نظیر اپیدوت (زوئیزیت و کلینوزوئیزیت)، پرهنیت، گارنت (بیشتر از نوع هیدروگراسولار)، کلریت Mg دار، دیوپسید ثانویه، ولاستونیت، زنوتلیت (Xonotlite) و ویاگناتیت (Vuagnatite) هستند [۲].

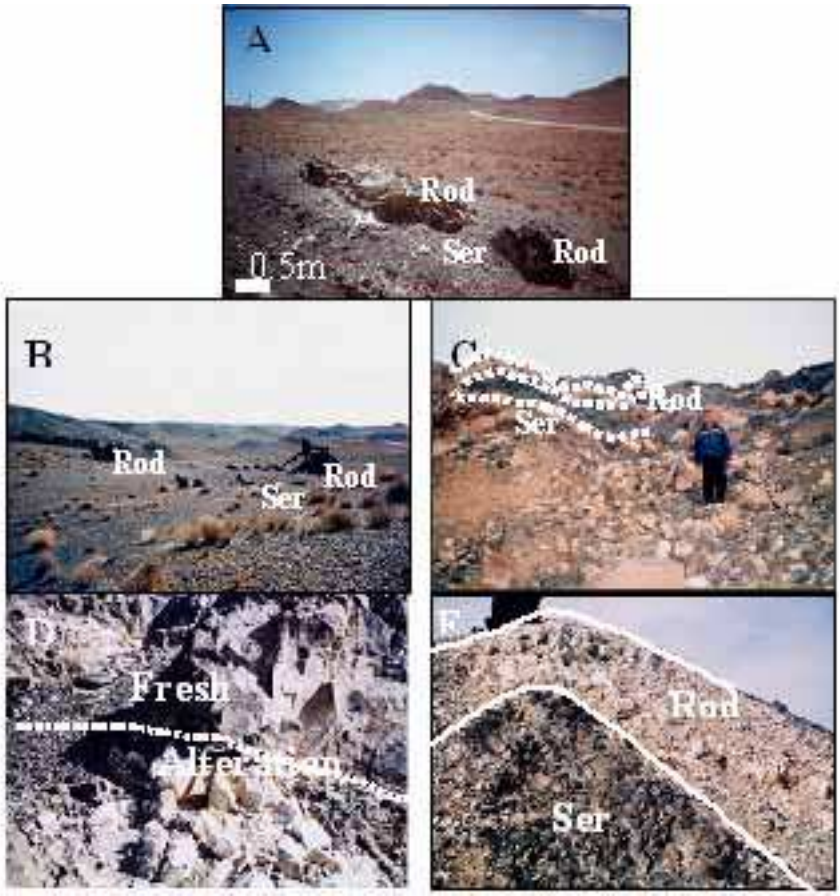
در جریان سرپانتینی شدن، پیروکسن و الیوین موجود در سنگهای اولترامافیک، کلسیم آزاد می‌شود که این کلسیم قادر به جایگیری در ساختار بلورین سرپانتینیت‌ها نیست، لذا در شارهٔ حاصل از سرپانتینی شدن تمرکز می‌یابد و به دایک‌های بازیکی قطع کننده پریدوتیت‌های سرپانتینیزه هجوم برده و موجب رودنژیتی آنها می‌شود [۳].

با توجه به این که شاره‌های رودنژیت ساز مسئول شکلگیری کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها هستند، بنابراین هر گونه تغییر در ترکیب این شاره‌ها منجر به تغییر در نوع کانی شکل گرفته در این سنگ‌ها خواهد شد که مبحث اصلی این مقاله است.



شکل ۱ موقعیت افیولیت‌های ایران [۴]. Khoy: افیولیت خوی، FM: افیولیت فنوج، KM: افیولیت کرمانشاه، BZ: افیولیت باند زیارت، NY: افیولیت نیریز، SB: افیولیت سبزوار، NA: فیولیت نائین، TK: افیولیت چهل کوره، M: افیولیت مشهد، BF: افیولیت بافت، ES: افیولیت اسفندقه، RS: افیولیت رشت، IR: افیولیت ایرانشهر، SHB: افیولیت شهر بابک.

www.SID.ir



شکل ۲ تصاویر ماکروسکوپی رودنژیت‌های شمال نائین، A ۲ - نمائی از دایک‌های رودنژیتی شده شمال احمد آباد، B ۲ - نمائی از ساختار بودیناژ رودنژیت‌های شمال نائین، C ۲- نمائی از دایک‌های رودنژیتی شده کم ضخامت موجود در سرپانتینیت‌های افیولیت شمال نائین، D ۲ نمائی از کنتاکت تدریجی بین قسمت رودنژیتی و سالم دایک، E ۲- کنتاکت شارپ بین سرپانتینیت - رودنژیت افیولیت شمال نائین.

روش مطالعه

به منظور بررسی ترکیب کانی‌های موجود در رودنژیت‌های افیولیت نائین، تعداد ۴۰ نمونه از این سنگ‌ها برای تهیه مقطع نازک انتخاب شدند. از این مقاطع نازک، تعداد ۱۰ مقطع به منظور تعیین فرمول ساختاری کانی‌های مورد نظر موجود در آنها انتخاب و پس از تهیه مقاطع نازک صیقلی به دانشگاه تربیت مدرس تهران برای آنالیز EDS فرستاده شدند.

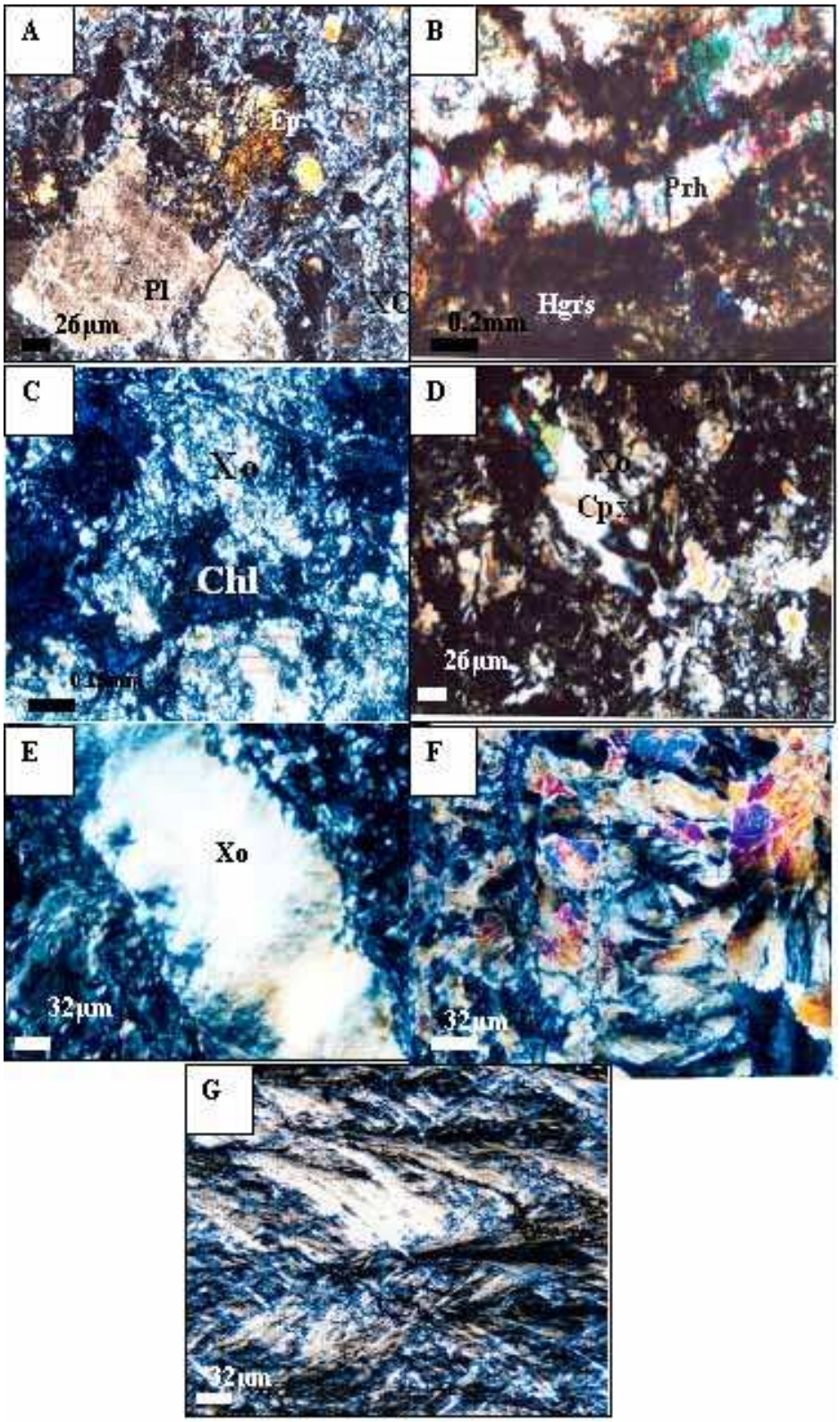
سنگ شناسی

در رودنژیت‌های افیولیت شمال نائین، دو نوع رودنژیتی شدن استاتیک و دینامیک مشاهده می‌شوند. در رودنژیتی شدن استاتیک که با توجه به حضور کانی‌های جانشین مشخص می‌شود، سنگ، بافت اولیهٔ خود را حفظ کرده است [۵] و از لحاظ کانی‌شناسی دو مرحلهٔ ابتدائی و پیشرفته را نشان می‌دهد.

مرحلهٔ ابتدائی با تبلور به ترتیب اپیدوت (شکل ۳A)، پرهنیت، و هیدروگراسولار جانشینی (شکل ۳B) (واکنش‌های ۱، ۲ و ۳) [۶ و ۲]، و مرحلهٔ پیشرفته، با تبلور به ترتیب زنوتلیت به خرج پلاژیوکلاز (واکنش ۴) و کلریت منیزیم‌دار(شکل ۳C)، ترمولیت و دیوپسید ثانویه جانشینی (شکل۳D) به خرج پیروکسن (واکنش‌های، ۵، ۶ و ۷) [۵] مشخص می‌شود. لازم به یادآوری است که، تشخیص ترتیب تبلور کانی‌ها در مراحل ابتدائی و پیشرفته در این نوع از رودنژیتی شدن از طریق مقایسهٔ مقاطع مختلف با درجات متفاوت رودنژیتی شدن به دست آمده است. به طوری که در دایک‌هائی که کم رودنژیتی شده‌اند، پرهنیت به فراوانی دیده می‌شود که در بعضی بخش‌ها، این کانی‌ها در حال تجزیه به هیدروگراسولارند. در حالی که پیروکسن‌ها تقریباً سالم‌اند و حدود ۵۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند. حاشیه‌های کانی‌های کلینوپیروکسن نیز در حال تبدیل به ترمولیت هستند.

Archive

www.SID.ir



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی رودنژیت‌های افیولیت نائین. A: تبدیل پلاژیوکلاز به اپیدوت B: تبدیل پرهنیت به هیدروگراسولار C: تبدیل پیروکسن به کلریت منیزیوم‌دار D: تبدیل پیروکسن‌های اولیه به پیروکسن‌های ثانویه E: زنوتلیت رگه‌ای F: پرهنیت رگه‌ای G: پکتولیت رگه‌ای.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

در گابروهای شدیداً رودنژیتی شده، هیدروگراسولار حاصل از تجزیه پلاژیوکلازها به مقدار فراوان دیده می‌شود به طوری که حتی سطح کانی‌های کلینوپیروکسن را نیز می‌پوشاند. پرهنیت حاصل از تبدیل پلاژیوکلازها به مقدار کم دیده می‌شوند که نشان دهندهٔ تبدیل تقریباً کامل این کانی‌ها به هیدروگراسولار است. کلینوپیروکسن‌ها نیز تقریباً تماماً به ترمولیت یا دیوپسید ثانویه تبدیل شده‌اند. هیدروگراسولارهای حاصل از تبدیل پلاژیوکلازها، فضای خالی بین منشورهای کلینوپیروکسن‌های اولیه تبدیل شده به ترمولیت را پر کرده‌اند.

رودنژیت‌های استاتیک از لحاظ بافت و مکان تشکیل با سرپانتینیت‌های استاتیک همخوانی دارند. بدان معنا که هردو سنگ ضمن حفظ بافت اولیه، دارای بافت گرانوبلاستیک‌اند و تحت تأثیر دگرنهادی زیر کف اقیانوس تشکیل شده‌اند [۵].

(واکنش ۱)

$$3CaAl_2Si_2O_8 + Ca^{+2} + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{Anorthite}}{} 2Ca_2Al_3O(Si_2O_7)(Si_2O_4)OH + 2H^+ \quad \text{Zoiisite}$$

(واکنش ۲)

$$1.5CaAl_2Si_2O_8 + 0.5\ Ca^{+2} + 1.5\ H_2O \rightarrow \underset{\text{Anorthite}}{} Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_8 + 0.5\ Al_2O_3 + H^+ \quad \text{Prehnite}$$

(واکنش ۳)

$$2Ca_2Al2Si_3O_{10}(OH)_8 + 2Ca \rightarrow \underset{\text{Prehnite}}{} 2Ca_3Al_2Si_{2.5}O_{10}(OH)_2 + 0.5\ Si^{+4} \quad \text{Hydrogrossular}$$

(واکنش ۴)

$$6\ CaAl_2Si_2O_8 + 15\ Ca + 12\ SiO_2 + 19\ H_2O \rightarrow \underset{\text{Anorthite}}{} Ca_6Si_6O_{17}(OH)_2 + Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_8 + 3\ Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3\ OH$$
$$\text{Xonotlite} \qquad \text{Prehnite} \qquad \text{Grossular}$$

(واکنش ۵)

$$(5\ CaMgSi_2O_6 + CaAl_2SiO_6 1) + 3\ CaAl_2Si_2O_8 + 4H_2O \rightarrow \underset{\text{Diopside}}{} \underset{\text{Anorthite}}{} Mg_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8 + 3\ Ca_3Al_2Si_3O_{12}$$
$$\text{Mg – chlorite} \qquad \text{Grossular}$$

(واکنش ۶)

$$(5CaMgSi_2O_6 + CaAl_2SiO_6) + CaAl_2Si_2O_8 + Ca^+ + 2H_2O + SiO_2 \rightarrow \underset{\text{Diopside}}{} \underset{\text{Anorthite}}{} Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2 + 2Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2H^+$$
$$\text{Tremolite} \qquad \text{Grossular}$$

(واکنش ۷)

$$(5CaMgSi_2O_6 + CaAl_2SiO_6) + CaAl_2Si_2O_8 + 6\ Ca^{2+} + 10H_2O + 6SiO_2 \rightarrow \underset{\text{Diopside}}{} \underset{\text{Anorthite}}{} 5CaMgSi_2O_6 + 4Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_8 + Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 12\ H^+$$
$$\text{Diopside} \qquad \text{Prehnite} \qquad \text{Grossular}$$

در رودنژیتی شدن دینامیکی که بعد از رودنژیتی شدن استاتیکی بر سنگ تحمیل شده است و با توجه به حضور کانی‌های رگه‌ای مشخص می‌شود، سنگ تحت تأثیر کانی‌های رگه‌ای، بافت اولیه خود را از دست داده است و بافت کاتاکلاستیک از خود نشان می‌دهد. کانی‌های موجود در رودنژیت‌های دینامیک به ترتیب شامل زنوتلیت به میزان فراوان (شکل ۳E)، پرهنیت به میزان کم (شکل ۳ F) و پکتولیت به میزان بسیار کم (شکل ۳G) (واکنش‌های ۸، ۹ و ۱۰) [۷] است.

رودنژیت‌های دینامیک از لحاظ بافت و مکان تشکیل با سرپانتینیت‌های دینامیکی همخوانی دارند. بدین معنا که هردو سنگ دارای بافت اصلی کاتاکلاستیک‌اند و در زمان جایگیری پوستهٔ اقیانوس روی قاره تشکیل شده‌اند [۵].

(واکنش ۸)

$$6\ CaO + 6\ SiO_2 + H_2O \rightarrow \underset{\text{Xonotlite}}{Ca_6Si_6O_{17}(OH)_2}$$

(واکنش ۹)

$$1.5Al_2Si_2O_7 + 1.5\ Ca + 2.5\ H_2O \rightarrow \underset{\text{Prehn}}{Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_8} + 0.5\ Al_2O_3$$

(واکنش ۱۰)

$$2Ca^{2+} + Na^+ + 3SiO_2 + 3H_2O \rightarrow \underset{\text{Pectolite}}{Ca_2NaH(SiO_3)_3} + 5H^+$$

لازم به یاد آوری است که، در تشخیص نوع کانی‌های موجود در هر دو نوع رودنژیتی شدن استاتیکی و دینامیکی علاوه بر

1 – Tschermak's molecule

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی‌های سنگ‌شناختی، از آنالیزهای EDS نیز کمک گرفته شد.

بحث

در مورد بررسی و در مراحل ابتدائی رودنژیتی شدن استاتیک، به دلیل بالا بودن میزان OH شاره (pH در حدود ۱۱) [۲]، هنگام تأثیر این شاره بر دایک‌های بازیک، باعث تجزیه کانی‌هایی مانند پلاژیوکلازهای کلسیک – سدیک شده است که در شرایط اسیدی شکل گرفته‌اند. و این کانی‌ها به ترتیب با افزایش میزان Ca شاره، به کانی‌های کلسیم داری مانند اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار (جدول ۱) تبدیل شده‌اند [۳].

در حالی که شاره با پیشرفت رودنژیتی شدن، از لحاظ میزان OH و نسبت $CaO: SiO_2$ افت کرده و توانائی خود برای تشکیل کانی‌های کلسیم‌دار را از دست داده است، و از SiO_2 و Al غنی شده است [۸] و کاهش نسبت $CaO:SiO_2$، به ترتیب موجب تجزیهٔ پلاژیوکلازها به زنوتلیت و تجزیهٔ پیروکسن‌ها به کلریت منیزیم‌دار (جدول ۲)، ترمولیت و کلینوپیروکسن ثانویه شده است (جدول ۳) [۳]. SiO_2 موجود در مراحل پیشرفته رودنژیتی شدن، احتمالاً به وسیلهٔ محیط، به شرط باز بودن سیستم و نیز تعدادی از واکنش‌های سیلیس‌زای صورت گرفته در مراحل ابتدائی رودنژیتی شدن، به شرط بسته بودن سیستم تأمین می‌شود.

بنابراین با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی صورت گرفته بر روی مقاطع مورد بررسی، روند رودنژیتی شدن در رودنژیت‌های افیولیت نائین را می‌توان این گونه بیان کرد:

در مراحل ابتدائی رودنژیتی شدن، به علت بالا بودن میزان کلسیم شاره:

بیشتر پلاژیوکلازها تحت تأثیر تجزیه شدن قرار گرفته‌اند و به کانی‌هایی تبدیل شده‌اند که برای تشکیل به Ca^{2+} بیشتر و SiO_2 کمتر مانند اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار، نیاز دارند.

با پیشرفت رودنژیتی شدن به دلیل آن که میزان نسبت $CaO: SiO_2$ شاره کاهش یافته است:

بیشتر کانی‌های پیروکسن تحت تأثیر تجزیه شدن قرار گرفته‌اند و به کانی‌هایی تبدیل شده‌اند که برای تشکیل به نسبت $CaO: SiO_2$ کمتری در مقایسه با کانی‌های شکل گرفته در مرحلهٔ نخست رودنژیتی شدن احتیاج دارند، مانند زنوتلیت، کلریت منیزیوم‌دار، ترمولیت، و دیوپسید ثانویه. سپس یک سیستم بازخور در محیط ایجاد شده است به این معنا که کانی‌های تشکیل شده در مراحل اولیه، تحت تأثیر شاره‌های غنی از سیلیس و فقیر از کلسیم مراحل پیشرفته قرار گرفته و به کانی‌های با کلسیم کمتر تبدیل شده‌اند، مانند پرهنیتی شدن دوبارهٔ هیدروگراسولار [۵]. تکامل کانی زائی در رودنژیت‌های استاتیکی افیولیت شمال نائین، بسیار شبیه به رودنژیت‌های کاشیر[۲] [۹] واقع در بریتیش کلمبیا و رودنژیت‌های کمربند گرین استون واقع در ا نتاریو[۳] کاناداست [۳]. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی صورت گرفته روی نمونه‌های مورد بررسی، مشخص شد که، کانی‌های رگه‌ای زنوتلیت، پرهنیت، و پکتولیت به ترتیب به میزان فراوان، کم و بسیار کم در رودنژیت‌های دینامیکی افیولیت شمال نائین یافت می‌شوند.

حضور فراوان زنوتلیت رگه‌ای در رودنژیت‌های دینامیکی نسبت به کانی‌های رگه‌ای دیگر نشان می‌دهد که شارهٔ سازنده رودنژیت‌های دینامیکی در ابتدا ازنسبت ۱ ~CaO/SiO_2 برخوردار بوده است (در ساختار کانی زنوتلیت، نسبت کلسیم به سیلیسیم یک است) ولی با گذشت زمان، این نسبت افت کرده است و به ترتیب کانی‌های پرهنیت و پکتولیت با میزان کم شکل گرفته‌اند (جدول ۴). آن چه مسلم است، بسیاری از کانی‌هائی که در رودنژیت‌های استاتیکی به صورت جانشینی دیده می‌شوند در حالت دینامیکی به صورت رگه‌ای با نسبت‌های متفاوت و ترکیب شیمیائی تا حدی متفاوت ملاحظه می‌شوند.

بنابراین با در نظر گرفتن نسبت کانی‌های موجود در رودنژیت‌های توده‌ای (استاتیکی) و دینامیکی و نیز با بررسی ترکیب این کانی‌ها می‌توان به میزان متفاوت بودن ترکیب شاره هنگام شکل گیری رودنژیت‌های استاتیکی و دینامیکی پی برد [۱۰]. با توجه به این موضوع، حضور فراوان کانی زنوتلیت در رودنژیت‌های دینامیکی نشان از بالا بودن میزان Ca و Si شاره سازنده این سنگ‌ها دارد، در حالی که حضور فراوان پرهنیت و هیدروگراسولار در رودنژیت‌های استاتیک بالا بودن میزان شاره‌های Si, Ca و Al سازنده این سنگ‌ها را نشان می‌دهد

1 - Cassiar
2- Ontario

Archive of SID

www.SID.ir

[۱۱]. هم چنین تنوع کانی‌شناسی پائین در رودنژیت‌های دینامیکی (کانی زنوتلیت در این سنگ‌ها به عنوان فاز اصلی محسوب می‌شود)، نشان از تغییرات کمتر شاره‌های سازنده این سنگ‌ها با گذشت زمان دارد. در حالی که تنوع کانی‌شناسی بالا در رودنژیت‌های استاتیک منطقه از مراحل ابتدائی (اپیدوت، پرهنیت، هیدروگراسولار) تا مراحل پیشرفته (زنوتلیت، کلریت منیزیوم دار، ترمولیت، دیوپسید ثانویه)، نشان از تغییرات گستردهٔ ترکیب شاره‌های سازنده این سنگ‌ها دارد [۱۲].

جدول ۱ نتایج آنالیز EDS از کانی‌های گارنت.

Major element	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%
SiO_2	۴۳/۱۴۰	۳۵/۳۸۰	۴۶/۹۶۰	۳۴/۴
TiO_2	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Al_2O_3	۱۲/۰۴۰	۲۰/۵۸۰	۵/۷۷۰	۲۰/۹۴۰
FeO*	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۱۰	۰/۵۰۴
MnO	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۵۰
MgO	۰/۰۰	۱/۳۶۰	۰/۸۴۰	۰/۰۹۰
CaO	۴۳/۴۵۰	۴۲/۳۰۰	۴۴/۳۶۰	۳۹/۸۷
Total	۹۸/۶۳۰	۱۰۰/۰۰	۹۸/۷۴۰	۱۰۰
Py	۰/۰۰	۴/۲۸۲	۲/۵۳۲	۳/۶۲
Alm	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۳۷	۰/۹۳۹
Gro	۱۰۰/۰۰	۹۵/۷۱۸	۹۶/۰۹۸	۹۵/۱۵۸
Sp	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۸۳

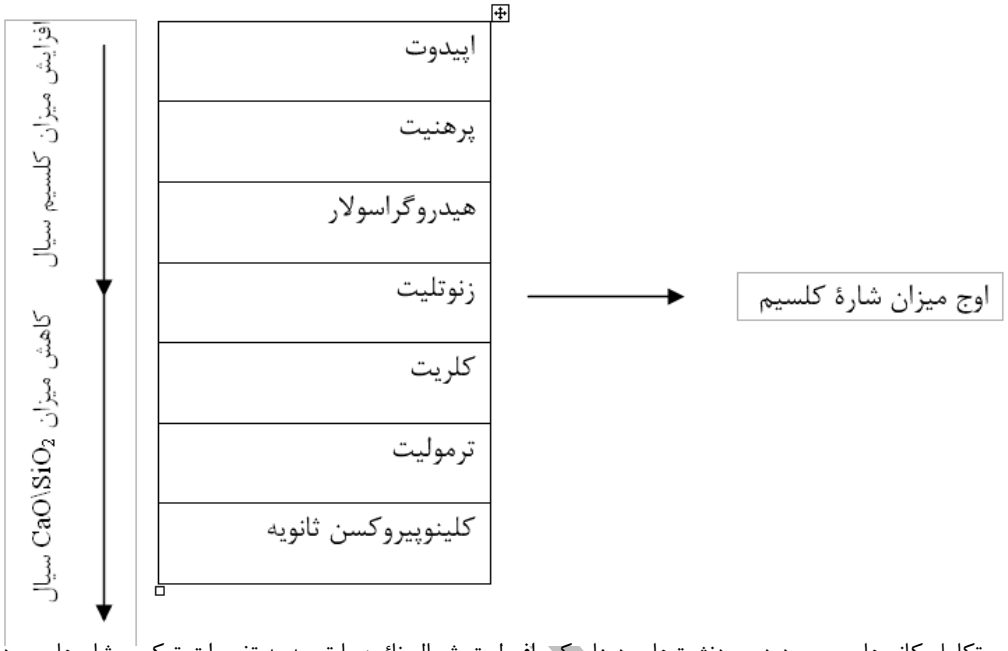
جدول ۲ نتایج آنالیز EDS از کانی کلریت.

element Major	W%	W%
SiO_2	۳۸/۰۱	۳۵/۴۰
TiO_2	۰/۰۰	۰/۰۰
Al_2O_3	۱۷/۳۶	۱۹/۶۳
Cr_2O_3	۰/۰۰	۰/۰۰
FeO	۲۴/۰۴	۲۴/۴۵
MnO	۰/۴۸	۰/۵۰
MgO	۱۶/۸۸	۱۶/۹۷
CaO	۰/۵۸	۰/۳۳
Na_2O	۰/۰۰	۰/۰۰
Total	۹۷/۳۲	۹۷/۲۸

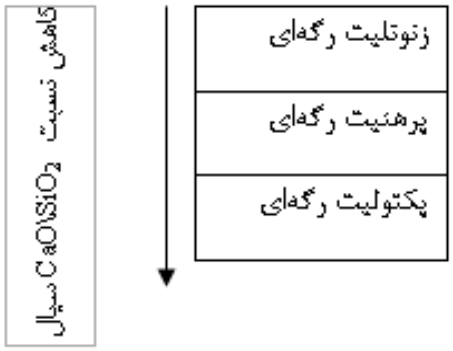
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ تکامل کانی‌های موجود در رودنژیت‌های استاتیکی افیولیت نائین با توجه به تغییرات ترکیب شاره‌های رودنژیت ساز.



جدول ۴ تکامل کانی‌های موجود در رودنژیت‌های دینامیکی افیولیت شمال نائین با توجه به تغییرات ترکیب شاره‌های رودنژیت ساز.



سر پانتینیت‌ها و رودنژیت‌های استاتیک علاوه بر این که از نظر بافت و زمان تشکیل با یکدیگر همخوانی دارند، از نظر کانی-شناسی نیز با یکدیگر همخوانی نشان می‌دهند که این همخوانی از هر دو جنبهٔ ژئوشیمیائی و دمائی مورد نظر قرار می‌گیرد به طوری که تشکیل لیزاردیت، کریزوتیل، و آنتی گوریت در سرپانتینیت‌ها از لحاظ دمائی و ژئوشیمیائی به ترتیب با تشکیل اپیدوت، هیدروگراسولار، و دیوپسید ثانویه در رودنژیت‌ها همخوانی دارند (جدول ۵) [۱۳]. بر پایهٔ بررسی‌های میکروسکوپیکی صورت گرفته روی رودنژیت‌های منطقه، این همخوانی می‌تواند با توجه به جدول (۶) کامل شود. به این معنا که با پیشرفت درجهٔ رودنژیتی شدن و سرپانتینی شدن، کانیهائی شکل می‌گیرند که برای تشکیل به دما و سیلیسیم بیشتری نسبت به کانی‌های شکل گرفته در مراحل اولیه نیاز دارند [۱۳] (لازم به یادآوری است که، دمای پایداری کریزوتیل و لیزاردیت کمتر از ۳۵۰ درجه و دمای پایداری آنتی گوریت تا ۵۵۰ درجه می‌رسد) [۲]. با توجه به این مطلب، احتمالاً سیلیس مورد نیاز برای تشکیل کانی‌های موجود در مراحل پیشرفته رودنژیت‌ها و سرپانتینیت‌های استاتیکی به ترتیب از واکنش‌های سیلیس‌زای موجود در مراحل ابتدائی رودنژیت‌ها به شرط بسته بودن سیستم و از محیط به شرط باز بودن سیستم تأمین می‌شود.

همخوانی دمائی بین کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها و سرپانتینیت‌های دینامیک نیز وجود دارد. با توجه به جدول (۷)، زنوتلیت، پرهنیت و پکتولیت رگه‌ای موجود در رودنژیت

www.SID.ir

های دینامیکی منطقه از نظر دمائی به ترتیب با کانی‌های آنتی گوریت – کریزوتیل، کریزوتیل – لیزاردیت و لیزاردیت همخوانی دارند، به عبارت دیگر، دمای تشکیل کانی‌های رگه‌ای از زنوتلیت تا پکتولیت و دمای تشکیل کانی‌های سرپانتین از آنتی گوریت - کریزوتیل تا لیزاردیت کاهش یافته است. آنتی گوریت شکل گرفته در سرپانتینیت‌های قاره‌ای یا دینامیکی (این آنتی گوریت‌ها با آب‌های دگرگون حاصل می‌شوند) در تماس با آب‌های جوی به کریزوتیل و لیزاردیت تبدیل می‌شود و کلسیم آزاد شده از این تبدیل صرف تشکیل کانی‌های رگه‌ای موجود در رودنژیت‌های دینامیکی می‌شود [۱۴].

لازم به یادآوری است که، در بررسی‌های میکروسکوپی، اغلب کلینوپیروکسن‌های ثانویه درون رگه‌های زنوتلیت دیده شده‌اند، در حالی که دمای تشکیل این دو کانی با توجه به همخوانی آنها به ترتیب با کانی‌های آنتی گوریت و آنتی گوریت – کریزوتیل، تفاوت دارد. بنابراین وجود کانی کلینوپیروکسن ثانویه با دمای بالاتر در کانی رگه‌ای زنوتلیت با دمای پائین تر بحث بر انگیز است. علی رغم همخوانی‌های دمائی، همخوانی-های ژئوشیمیائی بین کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها و سرپانتینیت‌های دینامیکی دیده نمی‌شوند. به این معنا که میزان سیلیسیم ساختاری، به ترتیب از کانی‌های زنوتلیت به سمت پرهنیت و پکتولیت افزایش یافته است. در حالی که میزان سیلیسیم ساختاری، از آنتی گوریت – کریزوتیل به کریزوتیل و لیزاردیت کاهش یافته است (آنتی گوریت در مقایسه با کانی‌های دیگر سرپانتین، سیلیسیم بیشتری در ساختار خود جای می‌دهد). به نظر می‌رسد که همین نا همخوانی ژئوشیمیائی بین کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها و سرپانتینیت‌های دینامیکی، موجب تشکیل کانی‌های رگه‌ای در رودنژیت‌های دینامیکی شده است، زیرا تبدیل آنتی گوریت به کریزوتیل و لیزاردیت باعث آزاد شدن شاره‌هایی با نسبت تقریباً بالای SiO_2 / CaO و تشکیل کانی‌های پرهنیت و پکتولیت رگه‌ای می‌شود [۱۲].

جدول ۵ تکامل کانی‌های موجود در رودنژیت‌های دینامیکی افیولیت شمال نائین با توجه به تغییرات ترکیب شاره‌های رودنژیت ساز [۱۳].

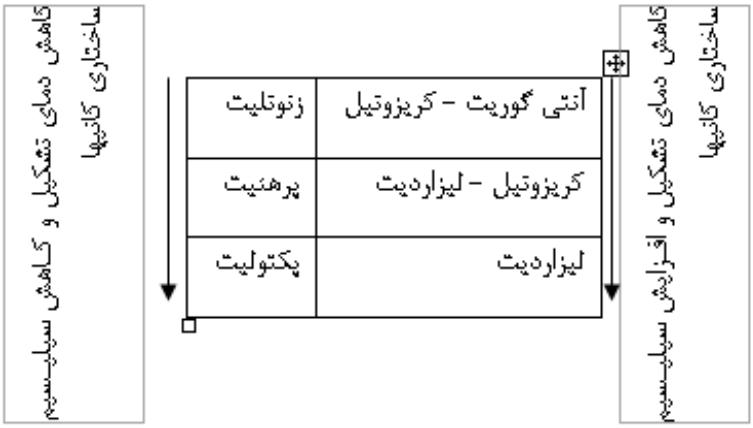
اپیدوت	لیزاردیت
هیدروگراسولار	کریزوتیل
دیوپسید ثانویه	آنتی گوریت

جدول ۶ همخوانی دمائی و ژئوشیمیائی بین کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها و سرپانتینیتهای استاتیکی افیولیت نائین.

افزایش دمای تشکیل و میزان سیلیسیم کانیها		افزایش دمای تشکیل و میزان سیلیسیم کانیها
اپیدوت	لیزاردیت	
پرهنیت	لیزاردیت-کریزوتیل	
هیدروگراسولار	کریزوتیل	
زنوتلیت	کریزوتیل-آنتی گوریت	
کلریت منیزیوم دار	آنتی گوریت-کریزوتیل	
ترمولیت	آنتی گوریت-به میزان بسیار کمتر کریزوتیل	
دیوپسید ثانویه	آنتی گوریت	

Archive of SID

www.SID.ir



جدول ۷ همخوانی دمائی بین کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها و سرپانتینیت‌های دینامیکی افیولیت نائین.

برداشت

بررسی‌های میکروسکوپی، وجود دو نوع رودنژیتی شدن استاتیک (به علت حضور کانی‌های جانشینی) و دینامیک (به علت حضور کانی‌های رگه‌ای) را در رودنژیت‌های منطقه به اثبات می‌رساند. هم چنین در رودنژیت‌های استاتیک منطقه دو مرحلهٔ اولیه و پیشرفته قابل مشاهده است که تنوع کانی‌شناسی، به فراوانی در آنها دیده می‌شود.

با توجه به ارتباط مستقیم بین ترکیب شاره‌های رودنژیت ساز و کانی‌های موجود در رودنژیت‌ها، حضور اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار در مراحل ابتدائی رودنژیتی شدن استاتیک، نشان از حضور شاره‌های با مقدار بالای کلسیم دارد و حضور زنوتلیت، کلریت، ترمولیت، و کلینوپیروکسن ثانویه در مراحل پیشرفته رودنژیتی شدن استاتیک، نشان از حضور شاره‌های با مقدار بالای سیلیسیم دارد. هم چنین حضور فراوان زنوتلیت در رودنژیت‌های دینامیکی، نشان از وجود شاره‌های با نسبت CaO/SiO_2~1دارد.

تنوع کانی‌شناسی در رودنژیت‌های استاتیک منطقه از مراحل ابتدائی (اپیدوت، پرهنیت، هیدروگراسولار) تا مراحل پیشرفته (زنوتلیت، کلریت منیزیوم دار، ترمولیت، دیوپسید ثانویه) نشان از تغییرات گستردهٔ ترکیب شاره‌های سازند این سنگ‌ها دارد. در حالی که عدم وجود تنوع کانی‌شناسی در رودنژیت‌های دینامیک منطقه (حضور فراوان زنوتلیت و حضور نسبتاً پائین پرهنیت و پکتولیت) نشان از حضور شاره‌هایی با ترکیب نسبتاً ثابت در این سنگ‌ها و تغییرات نسبتاً کم آنها دارد.

وجود هر دو پاراژنز مراحل اولیه و پیشرفته رودنژیتی شدن استاتیک و نیز کانی‌های رگه‌ای مربوط به رودنژیتی شدن دینامیک در رودنژیت‌های منطقه، نشان از بالا بودن درجهٔ رودنژیتی شدن در این سنگ‌ها دارد.

مراجع

[1] Davoudzadeh, M., *"Geology and petrology of the area North of Nain, Central Iran"*, Geological Survey of Iran, Report 14 (1972) 1 – 79.

[2] Coleman, R. G., *"Ophiolites, ancient oceanic lithosphere ?"*, Springer Verlag Berlin, (1977) 1 – 229.

[3] Schandle, E. S., D. S., O hanley, and F. J., Wicks, *"Rodingites in serpentinized ultramafic rocks of the Abitibi greenstone belt, Ontario"*, Canadian Mineralogist, (1989) 579 – 591.

[4] Emami, M. H., M. M., Sadegi, Omrani, S. J., *"Magmatic map Iran, Scale 1/1,000,000"*, Geological Survey of Iran, (1993).

[5] Sabzehei, M., *"Rodingitization of Iranian basic rocks, a new interpretation"*, Journal of Sciences, 13 (2002) 155 – 160.

[6] Coleman, R. G., *"Low – temperature reaction zones and alpine ultramafic rock of California, Oregon and Washington"*, U. S. Geology Survey Bulletin, 47 (1967) 1 – 1247.

[۷] فقیهیان، ح.، نقره ئیان، م.، مکی زاده، م. ع.، و شرافت، ش، "*پیدایش زئولیتهای دروغین (پکتولیت و پرهنیت) در بخشی از رودنژیتهای افیولیت نائین*"، فشرده مقالات هشتمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، (۱۳۷۹) ۴ ص.

[8] Palandri, J. L., M. H., Reed, *"Geochemic models of metasomatism in ultramafic systems: serpentinization, rodingitization, and sea floor*

Archive of SID

www.SID.ir

carbonate chimnay precipitation", Geochemica et Cosmochimica Acta, 68 (2004) 1115 – 1133.
[9] O Hanley, D.S., E. S., Shandl, and F.J., Wicks, *"The origin of rodingites from Cassiar, British Colombia, and their use to estimate T and P (H2O) during serpentinization"*, Geochemica et Casmochimica Acta, 56 (1991) 97 – 108.
[۱۰] ترابی، ق.، سبزه ئی، م.، آرائی، ش.، حسن احمد، ا.، هاشم امامی، م.، و محجل، م.، *"کانی‌شناسی فاز های مختلف تشکیل رودنژیت در دایکهای مجموعه افیولیتی پروتوزوئیک بالائی شمال انارک"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، (۱۳۸۳) ۱۳ ص.
[۱۱] فلاحتی، س.، سعیدی، م.، نقره ئیان، م.، خلیلی، م.، ترابی، ق.، مکی زاده، م. ع.، *"بررسی تکامل کانی‌زائی در رودنژیتهای افیولیت شمال نائین"*، مجموعه مقالات اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران، (۱۳۸۶) ۵ ص.
[۱۲] فلاحتی، س.، *"بررسی‌های کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی رودنژیتهای مرتبط با افیولیت نائین"* پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، (۱۳۸۶) ۱۲۹ص.
[13] Schandle, E. S., D. S., O hanley and F. J., Wicks, *"Fluid inclusion in rodingite, a geothermometer serpentinization"*, Econemic Geology, 85 (1990) 1273 – 1276.
[14] Wenner, D. B., *"Hydrogen, oxygen and carbon isotopic evidence for the origin of rodingites in serpentinized ultramafic rocks"* Geochemica et Cosmochimica Acta, 43 (1978) 603 – 614.

Archive of SID

www.SID.ir