

شایش پترولوژی کاربردی



دانشگاه آزاد اسلامی وامد فوراسگان

اواا آذر ماه ۱۹۹۷

بررسی رودینگیت های ملائژ افیولیتی نائین (استان اصفهان) علیرضا اسلامی*، ثمینه رجبی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان alirezaesl@live.com*

چکیدہ

در منطقه شمال نائین در افیولیت ملائز نائین سنگ های رودینگیتی شده و رودینگیت وجود دارند. این سنگ ها در میان پریدوتیت های سرپانتینی شده تشکیل شده اند. کانی های اصلی موجود در این سنگ ها شامل زونوتلیت، پکتولیت، گارنت (گروسولار)، کلینوپیروکسن (اوژیت و دیوپسید) و کلریت و کانی های فرعی تیتان دار نظیر اسفن، ایلمنیت و لوکوکسن با بافت های گرانوبلاستیک، کاتاکلاستیک و لپوبلاستیک می باشند. بر اساس بررسی های صحرایی و مطالعات میکروسکویی، در این منطقه رودینگیت های استاتیک (توده ای) و دینامیک (رگه ای) هر دو وجود دارند. زونوتلیت و پکتولیت شاخص رودینگیت های راگ ای هستند و گارنت، کلینوپیروکسن و کلریت شاخص رودینگیت های استاتیک می باشند. تصاویر الکترونی، ترکیب شیمیایی و دامنجی کلینوپیروکسن موجود در این رودینگیت ها حاکی از وجود دو نسل کلینوپیروکسن می باشد؛ ۱-انواع Fe دار (اوژیت) که کلینوپیروکسن های آذرین باقی مانده از سنگ اولیه هستند و ۲-کلینوپیروکسن می ای Fa دیویسید) که در اثر رودینگیتی شدن تشکیل شده اند. این کلینوپیروکسن ها به ترتیب همراه دو نوع کلریت غیی از Fa و آفتی از آن وجود دارند. شیمی کانی های موجود در این رودینگیت ها ماکی از وجود دو نسل کلینوپیروکسن می اقد؟ (مینی هرودینگیتی شدن تشکیل شده اند. این کلینوپیروکسن ها به ترتیب همراه دو نوع کلریت غیی از Fa و آفتی از Fa وجود دارند. شیمی کانی های موجود در این رودینگیت ها نشان می دهد که فعالیت یون های Ra مای در از می و آ وجود دارند. شیمی کانی های موجود در این رودینگیت ها نشان می دهد که فعالیت یون های Ra مای در زمان وجود دارند. شیمی کانی های موجود در این رودینگیت ها نشان می دهد که فعالیت یون های 80 مای در زمان تشکیل شان در سیال در حدی بالا بوده که قادر به تشکیل این کانی ها بوده است.

Investigation of rodingites in Naein ophiolitic mélange (Isfahan Province)

Abstract

Rodingitized rocks and rodingite occur in the Naein ophiolitic mélange located north of Naein. These rocks are formed in serpentinized peridotites. Principal minerals in these rocks include xonotlite, pectolite, garnet (grossular), clinopyroxene (augite and diopside) and chlorite and Ti-bearing accessory minerals such as sphene and ilmenite, and leucoxene with granoblastic, cataclastic and lepioblastic textures. In field observations and petrographic studies we could demonstrate the presence of both static rodingite and dynamic rodingite in this area. Xonotlite and pectolite occurred in veined rodingites; garnet, clinopyroxene and chlorite occurred in static rodingites. Back-scattered electron imaging (BSE), chemical composition and thermometry of clinopyroxenes in these rodingites suggests the presence of two generation of clinopyroxenes: 1. Feclinopyroxenes (augite) that are relicts of magmatic clinopyroxenes in the protolith (primary rock); 2. Ca-Mg clinopyroxenes (diopside) which are formed by rodingitization These clinopyroxenes are associated with Ferich chlorite and Mg-rich chlorite, respectively. The chemical composition of the minerals in these rodingites indicates that the high activity of Ca, Mg, Ti and Na ions in fluids led to the formation of these minerals.



دیایش بترونوژی کاربردی



دانشگاه آزاد اسرامی وامد فوراسگان

ا و اا آذر ماه ۲۵۷

Keywords: Mineralogy, Mineral Chemistry, Ophioltic mélange, Serpentinized peridotites, Diabasic dykes, Rodingite, Naein.

مقدمه

به طور کلی رودینگیتی شدن یک فر آیند دگر گونی است که طی آن سیلیسیوم از سنگ خارج و کلسیم به آن اضافه می شود (Coleman, 1967) و رودینگیت ها سنگ های غنی از کلسیم و فقیر از سیلیسیوم هستند که دارای سیلیکات های Ca-Mg یا Ca-Al (مانند گروسولار، اپیدوت، پرهنیت، ایدو کراز و دیوپسید) و کلریت های منیزیوم دار می باشند. این سنگ ها به طور عمده دارای کانی های گارنت، دیوپسید، پکتولیت، زونو تلیت و ... می باشند. رودینگیت ها تاکنون در محیط های مختلف تکتونیکی گزارش شده اند. یکی از مراحل تشکیل رودینگیت ها در مجموعه های افیولیتی، دگرسانی هیدروترمال پریدوتیت ها و تشکیل سرپانتینیت می باشد. در اثر سرپانتینی شدن الیوین و ارتوپیروکسن پریدوتیت ها، مقداری کلسیم آزاد می شود که نمی تواند در ساختمان کریستالی سرپانتینیت ها وارد شود. با تاثیر این سیالات غنی از کلسیم بر سنگ میزبان، رودینگیت تشکیل می شود (Palandri and Reed, 2004). ارتباط نزدیک رودینگیتی شدن با تشکیل سرپانتینیت ها باعث گردیده که بسیاری از مود (Sith and Reed, 2004). ارتباط نزدیک رودینگیتی شدن با تشکیل سرپانتینیت ها باعث گردیده که بسیاری از معققین بر این باور باشند که این سنگ ها از لحاظ ژنتیکی و همچنین زمان تشکیل شان مرتبط با سرپانتینیت ها باشند Plyusnina et al., 2009). دمای تشکیل رودینگیت ها هیچگاه از ۵۰۰ درجه سانتی گراد بالا تر نمی رود (1303 می رود (1993).

در بسیاری از رودینیگیت های ایران دو مرحله رودینگیتی شدن استاتیک و دینامیک تشخیص داده شده است که مرتبط با سرپانتینی شدن استاتیک و دینامیک می باشد که به ترتیب رودینگیت های توده ای و رگه ای را تشکیل می دهند. رودینگیت های توده ای یا استاتیک که دارای بافت گرانوبلاستیک هستند، مربوط به زمان گسترش پوسته اقیانوسی و تشکیل افیولیت می باشند در حالی که رودینگیت های رگه ای یا دینامیک مربوط به زمان جایگیری افیولیت و یا فعالیت های زمین ساختی هستند. پر واضح

افیولیت نائین در شمال جاده نایین – اردستان و غرب جاده نایین – انارک واقع شده اند. این افیولیت ملانژ از شمال شهر نایین شروع و ۴۰ کیلومتر به سمت شمال تا روستای سهیل پاکوه ادامه می یابد و از لحاظ جغرافیایی بین طول َ۵۶ و ۵۲[°] تا َ ۱۰ و شرقی و عرض َ ۵۲ و ^۲۳۳ تا َ ۱۰و^۳۳۳ شمالی قرار دارد. در شکل (۱) نقشه زمین شناسی شمال نائین نشان داده شده است. واحد های سنگی موجود در این افیولیت ملانژ شامل پریدو تیت ها، سرپانتینیت، لیستونیت، گابرو، دایک های دیابازی و سنگ های رسوبی هستند (پیرنیا، ۱۳۸۴). رودینگیت های این منطقه همراه و در کنار پریدو تیت های سرپانتینی شده مشاهده می شوند (شکل ۲). این رودینگیت ها دارای کانی های زونو تلیت، پرهنیت، کلینوپیرو کسن، گارنت، کلریت، پکتولیت و اکتینولیت می باشند و به دو دسته رودینگیت ها دارای کانی های زونو تلیت، پرهنیت، کلینوپیرو کسن، گارنت، کلریت، پرسی پررسی پترو گرافی، شیمی کانی ها، تر تیب تبلور آن ها و ترکیب سیال سازنده رودینگیت افیولیت نائین پرداخته می شود.

روش مطالعه

به منظور بررسی رودینگیت های افیولیت ملاتژ نائین، مطالعات صحرایی و نمونه برداری صورت گرفته و پس از پترو گرافی مقاطع نازک، از نمونه های مناسب مقاطع نـازک صیقلی تهیه و کانی هـای موجود در آن هـا بـا استفاده از دستگاه آنـالیز الکترون میکروپروب Cameca SX-100 دانشگاه هانوور آلمان با ولتاژ شـتاب دهنده kV مورد بررسی قرار گرفتند. در محاسبه فرمول ساختاری و تعیین عضو های پایانی کانی ها و همچنین تفکیک Fe⁺² و Fe⁺³ آن ها، از نسبت هـای استو کیومتری و نـرم افزار Minpet استفاده گردیده است.



شایش بترولوژی کاربردی



ا و اا آذر ماه ۹∩۳

دانشگاه آزاد اسرامی وامد فوراسگان



شکل ۲- رخنمون دایک های رودینگیتی شده در کنار سرپانتینیت های افیولیت ملانژ نائین.

پتروگرافی

نمونه های مورد بررسی دارای کانی های غنی از کلسیم با بافت گرانوبلاستیک، لپیدوبلاستیک و در برخی بخش ها کاتاکلاستیک می باشند. کانی های مشاهده شده در این سنگ ها شامل زونو تلیت، پکتولیت، گارنت، پیرو کسن، کلریت، کانی های اپاک، پرهنیت و کلسیت هستند.

زونوتلیت سیلیکات کلسیم آبدار است که به صورت شعاعی در رودینگیت های رگه ای مشاهده می شود. ایـن کـانی در نـور پلاریزه خاکستری و در نور طبیعی از برجستگی کمی برخوردار است (شکل ۳ – A و B).

پکتولیت بزرگترین کانی موجود در این سنگ هاست. این کانی در نور پلاریزه با رنگ های اینترفرانس درجه بالا و در نور طبیعی بدون برجستگی می باشد (شکل ۳ – A و B). در تصاویر الکترونی این کانی به رنگ خاکستری دیده می شود و نسبت به کلینوپیروکسن و گارنت تیره تر می باشد (شکل ۳ – C و F).

در مقاطع مورد بررسی هر دو نوع رودینگیت رگه ای (دینامیک) و توده ای (استاتیک) قابل تشخیص است. تشخیص این دو نوع رودینگیت در مقاطع نازک آن ها با توجه به مجموعه کانی های موجود در آن ها امکان پذیر است؛ زونوتلیت و پکتولیت کانی های شاخص رودینگیت های رگه ای هستند. زونوتلیت در مجاورت بلافصل محل ورود دایک دیابازی به سنگ میزبان می باشد و پس از آن پکتولیت مشاهده می شود.

گارنت کانی ایزوتروپی است که در تصاویر الکترونی از پکتولیت روشن تر و از کلینوپیروکسن تیره تر می باشد و در برخی از بخش به صورت مجموعه های ریز کانیایی دیده می شود (شکل ۳ – D). این نواحی احتمالاً مرتبط با کانال های جریان فاز سیال در امتداد زون های تکتونیکی است (Tsikouras et al., 2009). کلینوپیروکسن موجود در مقاطع مورد بررسی بافت های گرانوبلاستیک و در برخی بخش ها کاتاکلاستیک نشان می دهد و در در بسیاری از بخش ها همراه با کلریت مشاهده می شود







دانشگاه آزاد اسامی وامد فوراسگان

(شکل ۳ – E). بررسی نتایج آنالیز میکروپروب و تصاویر الکترونی این کانی نشان می دهد که انواع تیره تر آهن بیشتری نسبت به کلینوپیروکسن های روشن تر دارند. این ویژگی با ترکیب کلریت اطراف آن ها نیز هماهنگ می باشد. کلریت کانی ورقه ای موجود در رودینگیت های افیولیت نائین است. این کانی در زمینه سنگ و در کنار کلینوپیروکسن ها (شکل ۳– E) و با بافت لپیدوبلاستیک مشاهده می شود. در بسیاری از بخش ها تحت تاثیر فشار های وارده پیچ و تاب نشان می دهد. در نور طبیعی سبز و در نور پلاریزه خاکستری دیده می شود. در بخش شیمی کانی ها توضیح داده می شود که برخی از کلریت های این سنگ ها غنی از آهن و برخی دیگر غنی از منیزیم هستند. وجود دو نوع کلریت با دو ترکیب مختلف مرتبط با تنوع ترکیبی کلینوپیروکسن در این سنگ ها می باشد (Tsikouras et al., 2009).

لو کو کسن مجموعه ای از کانی هاست که در اثر دگرسانی کانی های تیتان دار نظیر ایلمنیت، روتیل و اسفن ایجاد می شود. این کانی در نور طبیعی به صورت لکه های قهوه ای تا قرمز رنگ وجود دارد (شکل ۳ – G). پرهنیت سیلیکات آبدار کلسیم – آلومینیوم است که در نور پلاریزه با رنگ های اینترفرانس درجه بالا مشاهده می شود و در نور طبیعی از برجستگی کمی برخوردار است. پکتولیت و کلسیت از جمله کانی هایی هستند که به همراه پرهنیت یافت می شوند. کلسیت موجود در رودینگیت های مورد بررسی در زمینه سنگ پراکنده بوده و به رنگ قهوه ای دیده می شود.



شکل ۳- تصاویر مقاطع ناز ک رودینگیت های افیولیت ملانژ نائین. علائم اختصاری به کار رفته دو تصاویر بر گرفته از (Kretz, 1983) می باشد. (A) زونو تلیت و پکتولیت موجود در کنار دایک دیابازی نفوذ کننده (XPL) و (B) (PPL). (D) گارنت موجود در رودینگیت های افیولیت نائین (XPL). (E) تصویر الکترونی از یک دیوپسید و کلریت های غنی از منیزیوم در اطراف آن. (G) تصویری از کلینوپیروکسن و کلریت های اطراف آن. لوکوکسن به (E) مرور الکترونی از یک دیوپسید و کلریت های غنی از منیزیوم در اطراف آن. (G) تصویری از کلینوپیروکسن و کلریت های اطراف آن. لوکوکسن به

شیمی کانی ها

زونوتلیت: نتایج آنالیز میکروپروب زونوتلیت موجود در رودینگیت های نائین در جدول (۱) آورده شده است. میانگین فرمول ساختاری این کانی، که بر اساس ۱۸ اکسیژن محاسبه می گردد، به صورت 2(OH) ₁₇ OB 5.963 Si 5.963 می باشد. پکتولیت: سیلیکات آبدار کلسیم – سدیم و یک شبه پیروکسن می باشد. نتایج آنالیز میکروپروب و محاسبه فرمول ساختاری این کانی، که بر اساس ۱۶ اکسیژن می باشد، در جدول (۱) آورده شده است. میانگین فرمول ساختاری پکتولیت موجود در رودینگیت افیولیت نائین به صورت (OH) OB دی OB در مای می باشد. می باشد. نتایج آنالیز میکروپروب و محاسبه فرمول ساختاری این







دانشگاه آزاد اسامی وامد فوراسگان

گارنت: نتایج آنالیز میکروپروب، محاسبه فرمول ساختاری و درصد اعضای پایانی گارنت های موجود در رودینگیت های نائین در جدول (۱) آورده شده است. محاسبه درصد اعضای پایانی این گارنت ها نشان می دهد که از نوع گروسولار هستند (شکل ۴ – A).

میانگین نتایج آنالیز میکروپروب و محاسبه فرمول ساختاری کانیهای موجود در رودینگیت های نائین.(جدول شماره ۱)

Sample	Pectolite	Xonotlite	Garnet	Augite	Diopside	Crundophilite	Pseudothorengite	Sphene	Ilmenite
Analysis									
SiO ₂	54.27	49.95	30.33	50.68	53.38	33.40	25.28	30.80	0.00
TiO ₂	0.02	0.00	0.00	0.52	0.00	0.09	0.28	33.85	49.36
Al ₂ O ₃	0.11	0.33	22.20	2.86	1.15	15.49	17.86	2.94	0.05
FeO*	0.62	0.00	1.19	11.53	3.15	6.94	36.90	2.29	46.69
MnO	0.09	0.05	0.01	0.33	0.41	0.08	0.38	0.05	2.49
MgO	0.00	0.00	0.57	13.76	17.32	30.30	7.39	0.16	0.11
CaO	33.07	46.59	38.35	19.77	24.32	0.31	0.30	28.61	0.40
Na ₂ O	8.71	0.04	0.00	0.29	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00
K ₂ O	0.03	0.00	92.65	4.000	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00
Total	96.92	96.96	30.33	99.75	99.77	86.63	88.40	98.77	99.10
Structural	24	6	6	28		28	5 3		16 45
based on								(oxygene
Si	5.666	5.975	4.881	1.901	1.947	4.584	4.042	1.022	0.000
Ti	0.002	0.000	0.000	0.015	0.000	0.009	0.034	0.845	0.959
AI	0.014	0.047	4.208	0.126	0.049	2.505	3.363	0.115	0.002
Fe ⁺³	0.000	0.000	0.000	0.063	0.060	0.798	4.935	0.000	0.000
Fe ⁺²	0.054	0.000	0.160	0.298	0.037	0.000	0.000	0.064	1.009
Mn	0.008	0.005	0.001	0.010	0.015	0.010	0.051	0.001	0.055
Mg	0.000	0.000	0.137	0.769	0.892	6.199	1.760	0.008	0.004
Ca	3.699	5.971	6.613	0.795	0.979	0.045	0.052	1.018	0.011
Na	1.763	0.009	0.000	0.021	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000
К	0.004	0.000	16.000	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000
Total	11.210	12.007	4.930	4.000	4.000	14.154	14.239	3.077	2.040

کلینوپیروکسن: موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن موجود در رودینگیت های افیولیت نائین در نمودار شکل (۴ – B) نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است این کلینوپیروکسن ها از دو نوع اوژیت و دیوپسید هستند. نتایج آنالیز میکروپروب این کلینوپیروکسن ها در جدول (۱) نشان داده شده است. به این ترتیب دیوپسید ها از CaO و MgO بیشتری نسبت به اوژیت ها برخوردار هستند. مقدار #MgO (Mg + Fe) Mg) و #Fe + Mg) و Fe + Mg) دیوپسید ها به ترتیب ۹۹/۰ و ۷۰/۰ و در اوژیت ها به ترتیب ۷۴/۰ و ۲۵/۰ اندازه گیری شده است. میانگین ترکیب دیوپسید ها به صورت 45.46 En این و ۷۱۵ هم و سند اوژیت ها به صورت ۱۲.754 Mg (Mg + En این این این است. همانگونه که مشخص است اختلاف اصلی این کلینوپیروکسن ها در مولفه فروسیلیت می باشد که ناشی از اختلاف در مقدار آهن آن ها است.

کلریت: میانگین نتایج آنالیز میکروپروب کلریت های موجود در رودینگیت های نائین در جدول (۱) آورده شده است. موقعیت ترکیبی این کلریت ها در نمودار طبقه بندی کلریت ها در شکل (۴ – C) نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است این کلریت ها از نوع Pseudothuringite، Chrundophilite و انواع با ترکیب حدواسط این دو هستند. مطابق با نتایج آنالیز میکروپروب، کلریت های نوع Chrundophilite از MgO قابل توجهی برخوردار اند (~ ۳۰٪) و میانگین مقدار #Mg و FeT آن ها به ترتیب ۸۸۶، و ۱۰/۱۰ اندازه گیری شده است. در حالی که کلریت های نوع Pseudothuringite دارای مقدار قابل توجهی FeO (~ ۳۷٪) می باشند و مقدار #Mg و #Fe آن ها به ترتیب ۲۶، و ۲۰/۰ اندازه گیری شده است.



شایش پترولوژی کاربردی



. Ip II آذر ماه P∩WI

دانشگاه آزاد اسالمی وامد فوراسگان

اسفن: نتایج آنالیز میکروپروب این کانی در جدول (۱) آورده شده است. همانگونه که مشخص است این کانی غنی از TiO₂ (~ ۳۳٪) و CaO (~ ۲۸٪) می باشد. میانگین فرمول ساختاری این کانی، که بر اساس ۵ اکسیژن محاسبه می شود، به صورت Ca)



شکل ۴ – (A) موقعیت ترکیبی گارنت ها (B) کلینوپیروکسن ها و (C) کلریت های موجود در رودینگیت های افیولیت نائین.

ایلمنیت: نتایج آنالیز میکروپروب و فرمول ساختاری ایلمنیت موجود در رودینگیت نائین در جدول (۱) نشان داده شده است. این کانی غنی از TiO₂ (~ ۴۹٪) و FeO (~ ۴۶٪) می باشد و فرمول ساختاری آن بر اساس ۳ اکسیژن محاسبه می گردد. میانگین فرمول ساختاری این کانی به صورت (Fe ²⁺ 0.992 Ca 0.012 Mg 0.005 Ti 0.962 Al 0.001 O3) محاسبه شده است.

بحث

دماسنجی رودینگیت های نائین

به منظور تعیین شرایط دمایی حاکم بر این سنگ ها از دماسنجی های کلیتوپیروکسن و کلریت آن ها استفاده گردید. نتایج ترمومتری این پیروکسن ها، به روش ارائه شده توسط (Nimis & Taylor, 2000)، همواره دمای کمتری را برای دیوپسید نسبت به اوژیت نشان می دهد؛ به این ترتیب که متوسط دمای محاسبه شده از ترمومتری دیوپسید ها °۷۱۴ و اوژیت ها ۱۰۶۲°C می باشد. نتایج ترمومتری این کلینوپیروکسن ها در جداول (۲ و ۳) آورده شده است.

میانگین نتایج ترمومتری کلریت های موجود در رودینگیت های نائین در جدول (۴) آورده شده است. همانگونه که مشخص است دمای محاسبه شده به روش های مختلف، برای کلریت های غنی از آهن (Pseoduthorengite) نسبت به مقادیر محاسبه شده برای کلریت های غنی از منیزیوم (Crundophilite) بیشتر می باشد.

به این ترتیب بررسی نتایج دماسنجی کلینوپیروکسن ها و کلریت های موجود در رودینگیت های افیولیت نائین نشان می دهد که کانی های غنی از آهن در دمای بالاتری نسبت به انواع غنی از منیزیوم تشکیل شده اند.

		A003 -				
Sample	A003 - 100/1	101/1	A003 -102/1	A003 -103/1	A003 -104/1	A003 -105/1
T('C)	1040.348	1063.341	1082.221	1027.947	1093.963	1063.721

جدول ۲- نتایج ترمومتری اوژیت های موجود در رودینگیت نائین.







دانشگاه آزاد اسامی وامد فوراسگان

. E.

. او اا آذر do P∩W

فالين.	در رودینگیت	های موجود	ىرى ديوپسيد ،	ا-تايج ترموم	جدون

Sample	A003 -40/1	A003 -41/1	A003 -42/1	A003 -43/1	A003 -44/1
T('C)	749.158	541.882	950.65	845.4228	484.1947

جدول ۴- نتایج دماسنجی کلریت های موجود در رودینگیت های افیولیت نائین

Mineral Taype	Cathelineau & Nieva, 1985	Cathelineau, 1988	Jowett, 1991
	T1	T2	Т3
Crundophilite	176.627	177.888	207.451
Pseoduthorengite	229.830	258.596	272.188

بررسی ترکیب سیال

همانگونه که نتایج آنالیز میکروپروب کانی های موجود در این رودینگیت ها نشان می دهند زونوتلیت، پکتولیت، گارنت (گروسولار) و دیوپسید کانی های غنی از کلسیم موجود در این سنگ ها هستند که حاکی از تاثیر و نفوذ سیالات غنی از این عنصر می باشد. به طور کلی منشا عناصر Cr ،Mn ،Mg ،Ca و NI در این سنگ ها، شکسته شدن پیروکسن ها و الیوین موجود در پریدوتیت ها، در اثر سرپانتینی شدن شان بوده است (Austrheim and Prestvik, 2008). اولین واکنش در تشکیل رودینگیت ها آبگیری پلاژیوکلاز توسط سیالات غنی از ⁺² Ca می باشد که منجر به جانشینی این کانی توسط گارنت می گردد (Coleman, 1967):

CaAl₂ Si₂ O₈ +2Ca²⁺+3H2O + 0.5SiO₂ Ca₃Al₂Si_{2.5}O₁₀ (OH)₂ +4H

سیالات غنی از ⁺² Ca در اثر سرپانتینی شدن الیوین و شکسته شدن پیروکسن پریدوتیت ها تشکیل می شوند (.,1982 (.)1982 (.) کتیویته سیلیس در این سیالات بسیار پایین بوده و تمایل زیادی به واکنش با کانی های ماگمایی موجود در دایک دیابازی نفوذ کننده در پریدوتیت های در حال سرپانتیتی شدن دارد ((2009 Bach and Klein, 2009 و Bach and Klein بدای در حال سرپانتیتی شدن دارد (2009 Bach and Klein با کانی های ماگمایی موجود در دایک دیابازی نفوذ کننده در پریدوتیت های در حال سرپانتیتی شدن دارد ((2009 Roch and Klein با کانی های ماگمایی موجود در دایک محضور پکتولیت، در این سنگ ها نشان می دهد که علاوه بر کلسیم، فعالیت یون سدیم نیز در سیالات سازنده این رودینگیت ها چشمگیر بوده است؛ سدیم از ساختار پلاژیوکلاز ها خارج شده و در تشکیل پکتولیت شرکت می کند (سبزه ای، اودینگیت ها خود کانی های تیان دار نظیر اسف، ایلمنیت و لوکوکسن در رودینگیت ها نشان می دهد که فعالیت یون ⁺¹ ۲۰۰۲ در سیال سرزده این سرزده آن محضور پکتولیت شرکت می کند (سبزه ای) و دودینگیت ها نشان می دهد که علاوه بر کلسیم، فعالیت یون سدیم نیز در سیالات سازنده این اودینگیت ها نشان می دهد که عالو کارز ها خارج شده و در تشکیل پکتولیت شرکت می کند (سبزه ای، سیالانه آن ای در و دینگیت ها نشان می دهد که فعالیت یون ⁺¹ ۲۰۰۲ در سیال می دهد که فعالیت یون ⁺¹ ۲۰۰۲ در سیال سیازنده آن ها زیاد بوده است. به این ترتیب می توان گفت سیالاتی که در تشکیل رودینگیت های افیولیت نائین نقش داشته اند علاوه بر این که غنی از Ca و Na بوده اند، فعالیت یون Mg و Ti نیز در آن ها زیاد بوده که توانسته دیوپسید و کلریت های غنی از Mg و همچنین کانی های تیتان دار را تشکیل دهد. بررسی ها نشان داده اند که بعد از شکسته شدن پلاژیوکلاز، طی واکنش واکنش و تولیش و Mg و Na و تسیم در می توان داده اند که بعد از شکسته شدن پلاژیوکلاز، طی واکنش و تولیش در مولیت توسط دیوپسید و کلریت جانشین می گردد:

 $\begin{array}{c} \text{Ca}_2 \text{ Mg}_5 \text{ Si}_8 \text{ O}_{22} \text{ (OH)}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2 \text{O}_{\blacktriangleright} \\ + \text{SiO}_2(\text{aq}) \\ + \text{SiO}_2(\text{aq}) \end{array}$

عناصری نظیر AI و Mg به ترتیب از شکسته شدن پلاژیو کلاز، طی واکنش قبل، و شکسته شدن الیوین، طی سرپانتینی شدن ایجاد می شوند. به طور کلی تشکیل کلریت های غنی از Mg در رودینگیت ها ناشی از عبور سیالات غنی از این عنصر می باشـد. منشـا منیزیم موجود در این سیالات شکسته شدن الیوین پریدوتیت ها در اثر سرپانتینی شدن می باشد (Tsikouras et al., 2009). **نتیجه گیری** زونوتلیت و پکتولیت شاخص رودینگیت های دینامیک هستند و گارنت، کلینوپیروکسن و کلریت کانی های شاخص رودینگیت

های استاتیک می باشند. موقعیت قرار گیری زونو تلیت و یکتولیت نسبت به دایک نفوذ کننده به سرزمین در حال سریانتینی شدن







دانشگاه آزاد اسلامی وامد فوراسگان

ا و ۱۱ آذر ماه ۱۳۵۹

نشان می دهد که زونو تلیت زودتر از پکتولیت تشکیل شده است. سیال حاصل از سرپانتینی شدن پریدو تیت ها با کانی های آذرین موجود در دایک دیابازی نفوذ کننده واکنش می دهد. به این ترتیب پس از تشکیل گارنت، به خرج پلاژیو کلاز، کلینوپیروکسن های Ca – Mg (دیوپسید) در دمای حدود ۷۰۰ درجه سانتی گراد به خرج ترمولیت و همچنین یون های Al و Mg حاصل از سرپانتینی شدن پریدو تیت ها تشکیل شده اند. تصاویر الکترونی، ترکیب شیمیایی و دماسنجی کلینوپیروکسن های موجود در رودینگیت های افیولیت نائین نشان می دهد که علاوه بر دیوپسید، اوژیت های آذرین باقی مانده از سنگ اولیه هنوز در این رودینگیت ها وجود دارند. دماسنجی این اوژیت ها بیانگر تشکیل آن ها طی فر آیند های آذرین می باشد. همچنین کلریت های Fe دار در دمای بالا تر و زود تر از کلریت های Mg دار تشکیل شده اند و به ترتیب مرتبط با اوژیت و دیوپسید می باشند. وجود کانی های دیوپسید، گروسولار، زونو تلیت، پکتولیت، ایلمنیت، اسفن و لوکوکسن در رودینگیت های افیولیت نائین نشان می دهد که فعالیت یون های دیولیت نائین نشان می در زمان تشکیل این سنگ ها در سیال بسیار بالا بوده است.

قدردانى

نویسند گان مقاله از حمایت های معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه اصفهان تشکر می نمایند.

منابع

- پیرنیا نائینی، ت.، ۱۳۸۶، پترولوژی پریدوتیت های گوشته اف	ئین (استان اصفهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، گرو،
زمین شناسی دانشگاه اصفهان، ۱۹۱ صفحه.	
- ترابی، ق.، سبزه ئی، م.، آرائی، ش.، حسن احمد، ا.، هاشم ام	، و محجل، م.، ۱۳۸۳، کانی شناسی فاز –های مختلف
تشکیل رودنژیت در دایک های مجموعه افیولیتی پروتوزوئیک	شمال انارک، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ایران،
۱۳ صفحه.	
- فلاحتى، س.، ١٣٨٥، بررسي هاي كاني شناسي و سنگ شناس	ژیت های مرتبط با افیولیت نائین، پایان نامه کارشناسی

ارشد، گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، ۱۱۸ صفحه.

- Austrheim, H., and Prestvik, T., 2008, Rodingitization and hydration of the oceanic lithosphere as developed in the Leka ophiolite, north-central Norway. Lithos, 104, 177–198.

- Bach,W., Klein, F., 2009, The petrology of seafloor rodingites: insights from geochemical reaction path modelling. Lithos 112, 103–117.

-Barnes, I., O'Neill, J. R., Rapp J. B., and White, D. E., 1973, Silicate - carbonate alteration of serpentine, wall rock alteration in mercury deposites of the California coastranges. Economic Geology, 68, 388-398.

- Beard, J.S., Fullagar, P.D., and Sinha, A.K., 2002, Gabbroic pegmatite intrusions, Iberia Abyssal Plain, ODP Leg 173, Site 1070: magmatism during a transition from non-volcanic rifting to sea-floor spreading. Journal of Petrology 43 (5), 885–905.

- Cathelineau, M., 1988, Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. Clay Minerals, 23, 471 - 485.

- Cathelineau, M. and Nieva, D., 1985, A chlorite solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. Contributions to Mineralogy and Petrology, 91, 235 – 244.

- Coleman, R. G., 1977, Ophiolites, minerals and rocks. Springer – Verlag, Berlin, 12, 229 p.



دیایش پترولوژی کاربردی



- Coleman, R. G., 1967, Low – temperature reaction zones and alpin ultramafic rock of California, Oregon and Washington: U. S. Geology Survey Bulletin, 47, 1247 p.

- Coulton, A.J., Harper, G.D., and O'Hanley, D.S., 1995, Oceanic versus emplacement age serpentinization in the Josephine ophiolite: Implications for the nature of the Moho at intermediate and slow spreading ridges. Journal of Geophysical Research Solid Earh, 100 (B11), 22245–22260.

- Davoudzadeh, M., 1972, Geology and Petrography of the Area North of Nain, central Iran. Geological survey of Iran, 14.

- Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., 1982, Orthosilicate and Single Chain Silicate (Vol. 1 A, Vol. 2 A). Longman, London.

- Hekinian, R., Bideau, D., Francheteau, J., Cheminee, J.L., Armijo, R., Lonsdale, P., and Blum, N., 1993, Petrology of the East Pacific Rise crust and upper mantle exposed in Hess Deep (eastern equatorial Pacific). Journal of Geophysical Research 98, 8069–8094.

- Jowett, E.C., 1991, Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer: Geol. Assoc. Canada/Mineral. Assoc. Canada/Soc. Econ. Geol. Joint Annual Meeting, Toronto 1991, Program with Abstracts 16, A62.

- Kretz, 1983, Symbols for rock-forming minerals. American Mineralogist, 68, 277-279.

- Li, X.P., Rahn, M., Bucher, K., 2008, Eclogite facies metarodingites — phase relations in the system $SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3-Fe_2O_3-Fe_2O_2-H_2O$: an example from the Zermatt–Saas ophiolite. Journal of Metamorphic Geology, 26, 347–364.

- Li, X.P., Zhang, L., Wei, C., Ai, Y., and Chen, J., 2007, Petrology of rodingite derived from eclogite in western Tianshan, China, Journal of Metamorphic Petrology 25, 363–382.

- Marshall, P., 1911, The geology of the Dun Mountain subdivision, Nelson: New Zealand. Geology Survey Bulletin, 12, 31 - 35.

- Nimis, P., and Taylor, W.R., 2000, Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 139, 541-554.

Normand, C., Williams-Jones, A.E., 2007, Physicochemical conditions and timing of rodingite formation: evidence from rodingite-hosted fluid inclusions in the JM Asbestos mine, Asbestos, Quebec. Geochemical Transactions 25 (8) doi:10.1186/1467-4866-8-11.
O'Hanley, D.S., 1996, Serpentinites D Records of Tectonic and

Petrological History. Oxford Monographs on Geology and Geophysics. Oxford University Press, Oxford.

- Palandri, J.L., Reed, M.H., 2004, Geochemical models of metasomatism in ultramafic systems: serpentinization, rodingitization, and sea floor carbonate chimney precipitation, Geochimica et Cosmochimica Acta 68 (5), 1115–1133.

- Plyusnina, L.P., Likhoidov, G.G., and Zaraisky, G.P., 1993, Physico-chemical conditions of rodingite formation (experimental data). Petrology (Moscow), 1, 491-501.

- Sabzehei, M., 2002, Rodingitization of Iranian basic rocks, a new interpretation. Journal of Sciences, 13, 155 – 160.

- Tsikouras, B., Karipi, S., Rigopoulos, I., Perraki, M., Pomonis, P., and Hatzipanagiotou, K., 2009, Geochemical processes and petrogenetic evolution of rodingite dykes in the ophiolite complex of Othrys (Central Greece). Lithos, 113,