مجلهٔ پژوهشی دانشگاه اصفهان(علوم پایه) جلد ۳۲- شماره ۳- سال ۱۳۸۷ صص ۱۰۰ –۸۷

بررسیهای کانیشناسی و ژئوشیمیایی رودنژیتهای افیولیت نایین

سمیه فلاحتی، موسی نقرهئیان، محمود خلیلی، قدرت ترابی و محمد علی مکیزاده گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

چکیدہ

در رودنژیتهای افیولیت شمال نایین، دو نوع رودنژیتیزاسیون استاتیک و دینامیک مشاهده می شود. همچنین در رودنژیتهای استاتیک این منطقه، دو مرحله ابتدایی و پیشرفته قابل مشاهده می باشد. در مرحله ابتدایی، به ترتیب کانیهای اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار به خرج پلاژیوکلاز هم زمان با افزایش میزان کلسیم سیال رودنژیت ساز تبلور یافتهاند و در مرحله پیشرفته، کانی زنوتلیت به خرج پلاژیوکلاز و کلریت منیزیمدار، ترمولیت، دیوپسید ثانویه به خرج پیروکسن همزمان با افزایش میزان سیلیسیم سیال رودنژیت ساز تبلور یافتهاند. در فرآیند رودنژیتی شدن دایکهای گابروئی منطقه مورد مطالعه، میزانaC و Mg , Fe, Mn میزان Na, Al, K کاهش چشمگیر، میزان سیزین، رودنژیتی شدن استاتیک، رودنژیتی شدن دینامیک.

Mineralogical and Geochemical Studies on Rodingites of Nain Ophiolite

S. Falahaty, M. Noghreyan, M. Khalili, G. Torabi and M. A. Mackizadeh Geology Department, the University of Isfahan

Abstract

Two types of rodingitization (static and dynamic) are observed in the rodingites of the ophiolite in the North of Nain. Two stages have occurred in the formation of static rodingites. In the initial stage, epidote, prehnite and hydrogrossular have crystallized respectively, at the expense of plagioclase, with the increase of calcium

سميه فلاحتى، موسى نقره ئيان، محمود خليلي، قدرت ترابى ومحمدعلى مكى زاده

content rodingite forming fluid. In the advanced stage, xonotlite in the expense of plagioclase, and Mgchlorite, tremolite and secondary diopside, at the expense of pyroxene, have been formed simultaneously with an increase of Si content of rodingite forming fluid. During rodingitization, the Ca and OH content, have increased, whereas the amounts of K, Al and Na are reduced. Mn, Fe and Mg values are slightly reduced but Si remains constant.

Keywords: Nain ophiolite, rodingite, static rodingitization, dynamic rodingitization.

مطالعات، سنگهای رودنژیتی از محصولات متاسوماتیسم سنگهای گابروئی، دلریتی، گری واک، گرانیتی، داسیتی و شیلی مرتبط با مجموعه های سرپانتینیتی عظیم محسوب می شوند و در برگیرنده کانی های کلسیم دار نظير اپيدوت (زوئيزيت و كلينوزوئيزيت)، پرهنيت، گارنت (بیشتر از نوع هیدروگراسولار)، کلریت Mg دار، ديويسيد ثانويه، ولاستونيت، زنوتليت' و وياگناتيت' می باشند (تیلور، ۱۹۶۶ و کلمن، ۱۹۷۷). به عقیده شاندل و همکاران (۱۹۹۰)، در جریان سریانتینی شدن پیروکسن و الیوین موجود در سنگ های اولترامافیک، کلسیم آزاد می -شود که این کلسیم قادر به جایگیری در ساختار سریانتینیت ها نیست، لذا در سیال حاصل از سریانتینی شدن تمرکز می یابد و اگر تودہ ہـای اولترامافیـک قـبلاً توسط دایک های دیابازی مورد هجوم قرار گرفته باشند، سیالات حاصل از سرپانتینی شدن آن ها بر روی دایک های دیابازی اثر نموده و حاصل واکنش تشکیل رودنژیت می باشد.

روش مطالعه:

به منظور بررسی ترکیب کانی های موجود در رودنژیت های افیولیت نایین، تعداد ۴۰ نمونه از این سنگ ها برای تهیه مقطع نازک انتخاب شدند. از این مقاطع نازک، تعداد ۱۰ مقطع به منظور تعیین فرمول ساختمانی کانی های مورد نظر موجود در آن - ها

1- Xonotlite

مقدمه

توالی افبولیت شیمال نیایین در امتیداد زون گسیلی نايين - بافت واقع شده است (شكل ۱). اين زون در غرب ایران مرکزی واقع است و شامل چندین قطعه مجزا از توالی های افیولیتی اقیانوس نئوتتیس می باشد. این افيوليت ها بقاياي يوسته اقيانوسي مي باشند و در زمان كرتاسه بالايي تا يالئوسن زيرين بر روى حاشيه ايران مرکزی رانده شده اند. پریدوتیت های سریانتینی شده، گابرو، دایک های صفحه ای، پلاژیو گرانیت، بازالت و آهک پلاژیک از واحد های تشکیل دهنده ایـن افیولیـت است (داود زاده، ۱۹۷۲). دایک های رودنژیتی شده اغلب به رنگ سفید تا کرم و به صورت ساختارهای سوسيسي شكل (بوديناژ) (شكل ۲А) با ضخامت نـسبتاً کم (شکل ۲B) در داخل سریانتینیتهای افیولیت نایین قابل رؤيت مي باشند. سنگ منشأ اغلب اين سريانتينيتها، هارزبورژیت های تکتونیت می باشد. در دایکهای رودنژیتی شده با ضخامت زیاد، فرآیند رودنژیتیزاسیون در محل کنتاکت دایک با سریانتینیت به وفور دیده می شود، در حالي كه مركز دايك تقريباً بـدون تغييـر بـاقي مانده است. همچنین مرز بین قسمت رودنژیتی شده دایک و قسمت تقریباً سالم دایک یک مرز تـدریجی میباشد (شکل ۲C)، در صورتی کـه کنتاکـت دایـک سرپانتينيت يک مرز شارپ مي باشد (شکل ۲D). لازم به ذکر است که دایک های رودنژیتی شده با ضخامت زياد در منطقه به ميزان كم يافت مي شوند. برطبق آخرين

^{2 -} Vuagnatite

٨٩

بررسیهای کانیشناسی و ژئوشیمیایی رودنژیتهای افیولیت نایین

Acme) AcmeLabs آنالیز کال سنگ به AcmeLabs) کانادا جهت (Analytical Laboratories Ltd))کانادا جهت آنالیز ICP-MAS فرستاده شد.



انتخاب و پس از تهیه مقاطع نازک صیقلی به دانـشگاه Leibniz آلمان جهت آنالیز میکروپروب فرستاده شدند. همچنین تعداد ۶ نمونه از رودنژیت های منطقه به منظور

FM افيوليت فنوج	Khoy افيوليت خوى
BZ: افيوليت باند زيارت	KM افيوليت كرمانشا ه
SB : افيوليت سبزوار	NY: افيوليت نيريز
TK : افيوليت چهل کوره	NA؛ فيوليت نايين
<u>BF:</u> افيوليت بافت	M: افيوليت مشهد
RS افبولیت رشت	ES: افيوليت اسفندقه
SHB افيوليت شهر باب	IR افيوليت ايرانشهر

شکل ۱ – موقعیت افیولیت های ایران(علایی مهابادی و همکاران، ۱۳۸۳)



شکل ۲- تصاویر ماکروسکوپی رودنژیت های شمال نائین ۲ A - نمائی از ساختار بودیناژ رودنژیت های شمال نائین ۲ B - نمائی از دایک های رودنژیتی شده کم ضخامت موجود در سرپانتینیت های افیولیت شمال نائین C ۲ - نمائی از کنتاکت تدریجی بین قسمت رودنژیتی و سالم دایک D ۲ - کنتاکت شارپ بین سرپانتینیت - رودنژیت افیولیت شمال نائین (5 CaMgSi2O6 + CaAl2SiO6¹) + 3 CaAl2Si2O8+4H2O " Mg5Al2Si3O10 (OH)8 Diopside Anorthite Mg – chlorite + 3 Ca3Al2Si3O12 Grossular

(واکنش ۶)

(واکنش ۷)

رودنژیتیزاسیون دینامیک در مقاطع مورد مطالعه نیز، با وجود کانی های رگ ای زنوتلیت به میزان فراوان (شکل ۳ ۳) ، پرهنیت به میزان کم (شکل ۳ ۳) و پکتولیت به میزان بسیار کم (شکل ۳۵) مشخص می شود (واکنش های ۸ ۹ و ۱۰).

6 CaO + 6 SiO2 + H2O Ca6Si6O17(OH)2 Xonotlite

(واکنش ۹)

1.5 Al2Si2O7 + 1.5 Ca + 2.5 H2O " Ca2Al2Si3O10(OH)8 + 0.5 Al2O3 Prehnite

(واکنش ۱۰)

2Ca2++Na++3SiO2+3H2O" Ca2NaH (SiO3)3+5H+ Pectolite واکـنشهای ۱، ۲، ۳ و ۴ توسط کلمـن (۱۹۶۷) واکنشهای ۵، ۶، ۷ توسط سبزه ئی (۲۰۰۲) و واکنشهای ۸، ۹، ۱۰ توسط نقره نیان و همکاران (۱۳۸۰) ارایه شده است. مطالعات پتروگرافی

در رودنژیت های افیولیت شمال نایین، دو نوع رودنژیتیزاسیون استاتیک (با توجه به حضور کانی های رگ جانشینی) و دینامیک (با توجه به حضور کانی های رگ ای) مشاهده می شود (سبزه ئی، ۲۰۰۲). همچنین در رودنژیت های استاتیک این منطقه، دو مرحله ابتدایی و پیشرفته قابل مشاهده می باشد. در مرحله ابتدایی به ترتیب کانی های اییدوت (شکل ۳۸)، پرهنیت و های ۱، ۲ و ۳) به خرج پلاژیوکلاز و در مرحله پیشرفته، به ترتیب کانی -های زنوتلیت (جدول ۳) به خرج پلاژیوکلاز (واکنش ۴) و کلریت منیزیم دار (شکل ۳۵)، رمولیت و دیوپسید ثانویه (شکل ۳۵) به خرج پیروکسن رواکنش های، ۵، ۶ و ۷) تشکیل شده اند.

3 CaAl2Si2O8 + Ca+2 +2 H2O " 2Ca2Al3O(Si2O7)(Si2O4)OH+2H+ Anorthite Zoisite

(واکنش ۲)

1.5 CaAl2Si2O8 + 0.5 Ca+2 + 1.5 H2O " Ca2Al2Si3O10(OH)8 + 0.5 Al2O3 + H+Anorthite Prehnite

(واکنش ۳)

2 Ca2Al2Si3O10(OH)8 + 2 Ca " 2 Ca3Al2Si2.5O10(OH)2 +0.5 Si+4 Prehnite Hydrogrossular

(واکنش ۴)

(واكنش ۵)

¹⁻ Tschermak smolecule



شکل ۳ - تصاویر میکروسکوپی رودنژیتهای افیولیت نائین A تبدیل پلاژیوکلاز به اپیدوت B تبدیل پرهنیت به هیدروگراسولارC تبدیل پیروکسن به کلریت منیزیومدار D تبدیل پیروکسنهای اولیه به پیروکسنهای ثانویه E زنوتلیت رگه-ای F پرهنیت رگهای G زنوتلیت رگهای

سمیه فلاحتی، موسی نقره ئیان، محمود خلیلی، قدرت ترابی ومحمدعلی مکی زاده

Major element	Wt%	Wt%	Wt%
SiO2	28.170	28.480	34.090
TiO2	0.280	0.100	0.040
Al2 O3	22.380	22.770	22.870
FeO*	0.070	0.100	0.100
MnO	0.000	0.000	0.020
MgO	0.140	0.120	0.050
CaO	38.060	37.620	37.000
Total	89.100	89.190	94.170
Formula	Cations	Cations	Cations
Si	4.922	4.956	5.510
Ti	0.037	0.013	0.005
Al	4.608	4.669	4.353
Fe2+	0.010	0.015	0.014
Mn	0.000	0.000	0.003
Mg	0.036	0.031	0.012
Ca	7.124	7.013	6.421
Total	16.737	16.697	16.313

جدول ۱- نتایج آنالیز میکروپروب از کانی های گارنت

جدول۲ - محاسبه اعضای انتهائی محلول های جامد در مورد کانی های گارنت

Ру	0.509	0.441	0.187
Alm	0.143	0.206	0.210
Gro	99.349	99.353	99.562
Sp	0.000	0.000	0.042

٩٣

Major			
element	W%	W%	W%
SiO ₂	50.88	51.51	50.90
TiO ₂	0.00	0.00	0.00
Al_2O_3	0.02	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.00	0.10	0.00
FeO	0.00	0.02	0.01
MnO	0.00	0.02	0.00
MgO	0.00	0.03	0.02
CaO	45.58	44.72	45.32
Na ₂ O	0.00	0.93	0.01
K_2O	0.01	0.02	0.00
Total	96.49	97.35	96.26
Formula	Cations	Cations	Cations
Si	6.080	6.102	6.091
Ti	0.000	0.000	0.000
Al	0.003	0.000	0.000
Cr	0.000	0.001	0.000
Fe ²⁺	0.000	0.002	0.001
Mn	0.000	0.002	000
Mg	0.000	0.005	0.004
Ca	5.836	5.677	5.811
Na	0.000	0.214	0.002
К	0.003	0.003	0.000

جدول۳– نتایج آنالیز میکروپروب از کانی زنوتلیت

تغییرات شیمیایی این سنگ ها نسبت به سـنگ منـشأ آن

ها ضروری به نظر می رسد.

با توجه به شکل (۴) مشخص می شود که، در فرآیند رودنژیتی شدن دایک های گابروئی منطقه مورد مطالعه، میزان Ca و OH سنگ افزایش، میزان ,Na, Al با توجه به این که رودنژیت هـا حاصـل آلتراسـیون دایک های گابروئی در منطقه به شمار می آیند، لذا درک

ژئوشیمی

K کاهش چشمگیر، میزان Mg , Fe, Mn کاهش جزیی و میزان Si تقریباً ثابت باقی می ماند. این نمودار با توجه به داده های جدول (۴) رسم شده است.

همچنین از آن جا که فرآیند رودنژیتیزاسیون مستلزم فرآيند سريانتينيزاسيون مي باشد لذا، تشخيص روند تغييرات عناصر اصلي در اولترامافيک ها ي اطراف اين سنگ ها (سنگ ميزبان رودنژيت ها) ضمن فرآيند سرپانتینی شدن، کمک بسیار زیادی به تشخیص روند تغييرات عناصر اصلى گابرو ها ضمن فرآيند رودنژيتي شدن می نماید. با توجه به شکل (۵) مشخص می شود که، سنگ های اولترامافیک در طی فرآیند سرپانتینیزاسیون از لحاظ کلسیم، تھی شدگی و در مقابل دایک های گابروئی در طی فرآیند رودنژیتیزاسیون، غنی شدگی پیدا کرده اند و همچنین عنصرالومینیوم در سرپانتينيت ها، نسبتاً افزايش و در عوض در رودنژيت ها، از کاهش نسبی برخوردار شده است. چنین روندی به خوبی نشانگر تبادلات یونی بین کانی های موجود در رودنژیت – سریانتینیت می باشد. این نمودار با توجه به داده های جدول (۴) رسم شده است.

از دیاگرام ACF (شکل ۶) نیز به منظور مقایسه ترکیب شیمیایی رودنژیت های منطقه با میدان پایداری این سنگ ها (کلمن، ۱۹۷۷) استفاده شده است.

همان طور که ملاحظه می شود، ترکیب رودنژیت های منطقه با میدان رسم شده برای رودنژیت ها توسط کلمن (۱۹۷۷)، هم خوانی دارند و همگی به قطب C این دیاگرام نزدیک می باشند.

در این شکل علاوه بر همخوانی ترکیبی رودنژیت های منطقه با میدان پایداری ارایه شده توسط کلمن، تغییرات شیمیایی لازم برای رودنژیتی شدن بازالت و گری وک نمایش داده شده است. به عقیده شاندل و همکاران (۱۹۸۹)، شیمی پروتولیت رودنژیت - ها باعث تفاوت در تغییرات شیمیایی لازم برای رودنژیتی شدن این سنگ ها می شود. همچنین کانی های خاص رودنژیت نیز در این دیاگرام نشان داده شده اند. لازم به ذکر است که، هر نوع رودنژیت با هر درجه از آلتراسیون، در داخل میدان پایداری رودنژیت ها قرار می گیرد بنابراین در این دیاگرام درجه پیشرفتگی رودنژیتیزاسیون ٩٥



www.SID.ir

جدول ۴- نتایج تجزیه شیمیائی رودنژیتها و سنگهای مرتبط با آن در افیولیت نائین. Ga-m، میانگینی از دایکهای گابروئی سالم (داود زاده، ۱۹۷۲) و (علائی مهابادی، ۱۳۸۳). Ro- m، میانگینی از رودنژیتها. No.404: سرپانتینیت (داود زاده،

Sample	Ga-m	Ro- m	No.404	Ha 16
SIO2	48.22	42.74	38.6	44.7
AI2O3	16.36	9.7	4.1	1
Fe2/O3	8.16	5.51	6.35	8.59
CaO	11.73	26.57	0.00	2.54
NaO	1.84	0.03	0.00	0.01
K2O	1.02	0.02	0.03	0.01
MgO	8.34	7.29	37	36.67
TiO2	0.88	0.33	0.15	0.025
MnO	0.1	0.096	0.1	0.137
P2O5	0.01	0.04	0.02	0.039
LOI	3.95	7.69	13.4	5.36
Total	98.98	100.016	99.4	99.081

Ha16 (۱۹۷۲)، Ha16 هارزبورژیت



شکل ۶ - دیاگرام ACF به منظور مقایسه ترکیب شیمیایی رودنژیتهای منطقه موردمطالعه بامیدان رودنژیتهای کلمن (منطقه هاشور زده)، (کلمن، ۱۹۷۷). Chl: کلریت Di: دیوپسید Grs: گراسولار Pc: پکتولیت Tr: پرهنیت Tr: ترمولیت Zo: زوئیزیت Xo: زنوتلیت

A: [Al2O3+Fe2O3]-[Na2O+K2O] C:CaO-3.3P2O5 F:MnO+FeO+MgO

ها تحت تـ أثیر آلتراسیون قـرار گرفتـه انـد، لـذا رونـد رودنژیتی شدن در رودنژیت های افیولیـت نـ ایین را مـی توان این گونه بیان کرد:

بحت با توجه به این که در رودنژیت های استاتیک منطقه مورد مطالعه، ابتدا پلاژیوکلاز ها و سپس کلینوپیروکـسن

www.SID.ir

در مراحل ابتدایی رودنژیتی شدن، به علت بالا بودن میران کلسیم و PH سیال:

بیشتر پلاژیوکلاز ها تحت تأثیر تجزیه شدن قرار گرفته اند و به کانی هایی تبدیل شده اند که برای تشکیل به +Ca2 بیشتر و SiO2 کمتراحتیاج دارند مانند اپیدوت، پرهنیت و هیدروگراسولار در حالی که با پیشرفت رودنژیتی شدن به دلیل آن که میرزان SiO2:CaO سیال کاهش یافته است:

بیشتر کانی های پیروکسن تحت تأثیر تجزیه شدن قرار گرفته اند و به کانی هایی تبدیل شده اند که، برای تشکیل به نسبت CaO: SiO2 کمتری در مقایسه با کانی های شکل گرفته در مرحله نخست رودنژیتی شدن احتیاج دارند مانند زنوتلیت، کلریت منیزیوم دار، ترمولیت و دیوپسید ثانویه سپس یک سیستم بازخور در محیط ایجاد شده است (سبزه ئی،۲۰۰۲)، به این معنا که کانی های تشکیل شده در مراحل اولیه، تحت تأثیر سیالات غنی از سیلیس و فقیر از کلسیم مراحل پیشرفته قرار گرفته و به کانی های کم کلسیم تر تبدیل شده اند، مانند پرهنیتی شدن مجدد هیدروگراسولار (فقیهیان و همکاران، ۱۳۷۹).

لازم به ذکر است که تشکیل کانی های ترمولیت با ترکیب مشابه از کانی های کلینوپیروکسن در رودنژیت های استاتیک، طی دو واکنش صورت می گیرد. یکی از این واکنش ها +Ca2 کمتر وSiO2 بیشتری نسبت به دیگری مصرف می کند که نشان می دهد این واکنش در مراحل پیشرفته تری که میزان CaO:SiO2 سیال به نسبت زیادی کاهش یافته است، تشکیل شده است. هر نسبت زیادی کاهش یافته است، تشکیل شده است. دو واکنش توسط سبزه ئی (۲۰۰۲) ارایه شده است. (5CaMgSi2O6 + CaAl2SiO6) + CaAl2Si2O8 + Ca2+ + 2H2O + SiO2 " Diopside Anorthite

Ca2Mg5Si8O22(OH)2+2Ca3Al2Si3O

12+2H+Tremolite Grossular

(5CaMgSi2O6 + CaAl2SiO6) + 4CaAl2Si2O8 + 2Ca2+ + 6H2O "

Diopside Anorthite

Ca2Mg5Si8O22(OH)2+2Ca2Al3O(Si 2O7)(Si2O4)OH+2Ca3Al2Si3O12+8H+

Tremolite Zoisite Grossular

شاندل و همکاران (۱۹۸۹) تکامل کانی های موجود در رودنژیت های استاتیک را با پیشرفت رودنژیتی شدن این گونه بیان میکنند:

۱- ابتدا زوئيزيت - كلينوزوئيزيت و هيدرو گراسولار
جانشين پلاژيوكلاز مىشوند (مراحل اوليه رودنژيتى شدن).

۲- کلریت های غنی از Mg، ترمولیت و تالک جای کلینوپیروکسن را می گیرند(مراحل پیشرفته رودنژیتی شدن).

۳- دیوپسید های ثانویه شکل میگیرند(مراحل پیشرفته رودنژیتی شدن).

تکامل کانی زایی ذکر شده در بالا، کاملاً با تکامل کانیزایی در رودنژیت های استاتیک افیولیت نایین همخوانی دارد. حضور فراوان زنوتلیت رگهای دیگر رودنژیت های دینامیک نسبت به کانی های رگهای دیگر نیز نشان می دهد که، سیال سازنده رودنژیت های دینامیک در ابتدا ازنسبت ۱ ~CaO/SiO2برخوردار بوده است (در کانی زنوتلیت، نسبت اکسید کلسیم به اکسید سیلیسیم یک می باشد) ولی با گذشت زمان، این نسبت افت کرده است و به ترتیب کانی های پرهنیت و پکتولیت با میزان کم شکل گرفته اند.

آنالیز های ژئوشیمیایی کل سنگ، مهاجرت یون کلسیم از سرپانتینیت به رودنژیت را به خوبی نشان می دهند، به این معنا که، رودنژیت های منطقه شمال نایین محصول تأثیر سیالات غنی از Ca به وجود آمده از سرپانتینیزاسیون اولترامافیک ها می -باشند. بنابراین زمان نفوذ دایک به سرپانتینیت ها فاکتور مهمی برای

٩٧

Archive of SID

سميه فلاحتى، موسى نقره ئيان، محمود خليلي، قدرت ترابي ومحمدعلي مكي زاده

رودنژیتیزاسیون به شمار می آید، به نحوی که دایک باید همزمان و یا قبل از سرپانتینیزاسیون به این سنگ ها نفوذ کرده باشد.

بررسی های کانی شناسی (حضور کانی های غنی از کلسیم) و ژئوشیمیایی نشان میدهد، شاره هایی که باعث تبدیل دایکهای گابروئی به رودنژیت شده است، از لحاظ Ca و OH اشباع بوده اند.

با توجه به مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمیایی، هر اندازه رودنژیت ها از درجه رودنژیتیزاسیون بالاتری بر خوردار باشند، علاوه بر این که هر دو پاراژنز مربوط به مراحل اولیه و پیشرفته رودنژیتیزاسیون استاتیک و همچنین کانیهای رگهای مربوط به رودنژیتیزاسیون دینامیک در آنها مشاهده می شود، میزان عناصر Ca و OH نیز در آنها نسبت به رودنژیتهایی که کمتر تحت تأثیر رودنژیتیزاسیون قرار گرفته اند، بالاتر میباشد.

از آن جا که در سنگ های رودنژیتی شده، ابتدا کانی های پلاژیوکلاز (مراحل ابتدایی) و سپس کانی های کلینوپیروکسن (مراحل پیشرفته) تحت تأثیر آلتراسیون قرار گرفتهاند.

بنابراین می توان نتیجه گرفت که دما ابتدا شاید پایین بوده و سپس افزایش پیدا کرده است زیرا پرهنیت و اپیدوت آهن دار (پیستاشیت) حاصل از تجزیه کانی های پلاژیوکلاز در دمای معادل با رخساره پرهنیت - پومپلئیت (دگرگونی بسیار ضعیف) و اورالیت های ناشی از تجزیه کانی های کلینوپیروکسن در دمای معادل با رخساره شیست سبز (دگرگونی ضعیف) حاصل می شوند (شلی ۱، ۱۹۹۳). لازم به ذکر است که، وینکلر ۲ (۱۹۷۶) رخسارههای دگرگونی را بر اساس دما طبقهبندی می کند و رخساره پرهنیت - پومپلئیت را دگرگونی درجه بسیار ضعیف، رخساره شیست سبز را دگرگونی درجه ضعیف و رخساره آمفیبولیت را دگرگونی درجه متوسط در نظر می گیرد.

با این تفاسیر شاید بتوان محدوده دمایی رودنژیتهای استاتیک افیولیت نایین را رخساره پرهنیت-

پومپلئیت تا شیست سبز در نظر گرفت. یکی دیگر از دلایل معادل بودن دمای تشکیل کانیهای موجود در مرحله ابتدایی رودنژیتی شدن با دمای رخساره پرهنیت -پومپلئیت، وجود کانی های پرهنیت با بافت پاپیونی در این مرحله می باشد.

به گفته شلی (۱۹۹۳)، وجود بلور های خمیده و بسیار طویل و بافت های پاپیونی (مشابه بافت اسفرولیتی) یکی از مشخصه های سنگهای دگرگونی بسار خفیف (رخساره پرهنیت - پومپلئیت) میباشد. شلی (۱۹۹۳) دلیل وجود این گونه بافتها در سنگهای دگرگونی بسیار خفیف را این گونه بیان میکند،" تشکیل یک بلور جدید با سه فرآیند نطفهبندی، انتشار و رشد در ارتباط است.

هر سه فرآیند دارای سرعتهای متفاوتی هستند که بسته به شرایط موجود تغییر می کنند. کند بودن سرعت هر یک از این فرآینـد هـا در چگونگی پیـشرفت عمـل تبلور تأثیر می گذارد.

برای مثال اگر سرعت انتشار کندتر از سرعت رشـد باشد یک حالت اسکلتی، دندریتی و یا پاپیونی پدید می-آید، زیرا برای رشد یک بلور منظم و پایدار، همیشه مواد مورد نیاز در دسترس نیست و از ایـن رو بلـور بـرای دستیابی به ماده مورد نظر یک حالت غیر تعادلی پیدا می کند."

همچنین با توجه به ترمومتری کلریت های موجود در رودنژیت های منطقه مورد مطالعه (جدول ۵) که به روش کاتلینا و نیوا (۱۹۸۵) انجام شده است (جدول ۶)، دمای تشکیل C° 32 ± 151.5 برای این کانی به دست آمد. لازم به ذکر است که، کلریت منیزیم دار جزو کانیهای شکل گرفته در مرحله پیشرفته رودنژیتی شدن محسوب می شود و دمای تشکیل این کانی می بایست بیشتر از دمائی باشد که به روش کاتلینا و نیوا دمای به دست آمده است، بنابراین دمای کم به دست آمده برای این کانی را می توان نشان از تغییرات ایس کانی بعد از تشکیل آن دانست.

www.SID.ir

Major		
element	Fal-01	Fal-02
SiO2	38.01	35.40
Al2O3	17.36	19.63
FeO	24.01	24.45
MnO	0.48	0.50
MgO	16.88	16.97
CaO	0.58	0.33
Total	97.32	97.28
Formula	Cations	Cations
Si	3.48	3.26
Al	1.87	2.13
Fe2	1.84	1.88
Mn	0.04	0.04
Mg	2.30	2.33
Mg Ca	2.30 0.06	2.33 0.03
Mg Ca Al(IV)	2.30 0.06 0.52	2.33 0.03 0.74

جدول ۵ - نتایج آنالیز EDS از کانی کلریت

منیزیوم دار، ترمولیت، دیوپسید ثانویه) نشان از تغییرات وسیع ترکیب سیالات سازنده این سنگ ها دارد، بدین معنا که سیال در مراحل ابتدایی از لحاظ میزان کلسیم و در مراحل پیشرفته از لحاظ سیلیسیم غنی بوده است. در حالی که نبود تنوع کانی شناسی در رودنژیت های دینامیک (حضور فراوان زنوتلیت و حضور نسبتاً پایین پرهنیت و پکتولیت) منطقه نشان از حضور سیالات با ترکیب نسبتاً ثابت در این سنگ ها و تغییرات نسبتاً کم آن ها دارد.

۲ - در فرآیند رودنژیتی شدن دایک های گابروئی منطقه مورد مطالعه، میازنCa و OH سانگ افازیش، جدول ۶ - نتایج ترمومتری کانیهای کلریت موجود در رودنژیتهای افیولیت نائین

Label	T°C	
Fal-01	128.27	
Fal-02	174.66	
Mean 151.47		
$T = 151.5 \pm 32 \ ^{\circ}C$		

نتيجه

۱ - تنوع کانی شناسی در رودنژیت های استاتیک
منطق از مراحل ابتدایی (اپیدوت، پرهنیت،
هیدروگراسولار) تا مراحل پیشرفته (زنوتلیت، کلریت

سميه فلاحتى، موسى نقره ئيان، محمود خليلي، قدرت ترابى ومحمدعلي مكي زاده

از رودنژیتهای افیولیت نایین، فشرده مقالات هشتمین همایش بلور شناسی و کانیشناسی ایران، ٤ صفحه، ۱۳۷۹. ۲ - علایی مهابادی، س، فؤدازی، م، داوری، م، بهره مند، م، محمدیان، ه، و حدادان، م. نقشه زمین شناسی ۱۳۸۳. نایین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۳. 3 - M., Cathelineau, and D. A., Nieva, chlorite solid solution geothermometer—The Los Azufres (Mexico) geothermal system: Contribution to Mineralogy and Petrology, v. 91, p. 235–244, (1985).

4– R. G., Coleman, Low – temperature reaction zones and alpine ultramafic rock of California, Oregon and Washington: U. S. Geological Survey Bulletin, v. 47, p. 1247, (1967).

5 – R. G., Coleman, Ophiolites, ancient oceanic lithosphere ?: Springer- Verlag, Berlin, 229p, (1977).

6 - R. G., Coleman, Ophiolites, minerals and rocks: Springer – Verlag, Berlin, v. 12, 229p; (1977).

7 – M., Davoudzadeh, Geology and petrology of the area North of Naein, Central Iran: Geological Survey of Iran, Report no. 14, 79 p; (1972).

8 – M., Sabzehei, Rodingitization of Iranian basic rocks, a new interpretation: Journal of Sciences, v. 13, p. 155 – 160; (2002).

9 – E. S., D. S., Schandle, O hanley, and F. J., Wicks, Rodingites in serpentinized ultramafic rocks of the Abitibi greenstone belt, Ontario: Canadian Mineralogist, v. 27, p. 579 – 591; (1989).

10 – E. S., D. S., Schandle, O hanley and F. J., Wicks, Fluid inclusion in rodingite, a geothermometer for serpentinization: Economic Geology, v. 85, p. 1273 – 1276; (1990).

11 - D., Shelly, Igneous and metamorphic rocks under the microscope: Chapman and Hall, 630 p; (1993).

12 – T., Thayer, Serpentinization considered as a constant volum metasomatic process: American Mineralogist, v. 51, p. 685 – 710; (1966).

میزانNa, Al, K کاهش چـشمگیر، میـزان Na, Al, K Mg کاهش جزیی و میزان Si تقریباً ثابت باقی میماند. Mg - از آن جا که، رودنژیتهای منطقه محصول تأثیر سیالات غنی از Ca به وجود آمـده از سرپانتینیزاسیون اولترامافیک ها میباشند، بنابراین زمان نفـوذ دایـک بـه سرپانتینیتها فاکتور مهمی برای رودنژیتیزاسیون به شمار میآید، به نحوی که دایک میبایست همزمان و یا قبل از سرپانتینیزاسیون به این سنگ ها نفوذ کرده باشد.

۴ - وجود هر دو پاراژنز مربوط به مراحل اولیه و پیشرفته رودنژیتیزاسیون استاتیک و همچنین کانی های رگه ای مربوط به رودنژیتیزاسیون دینامیک در رودنژیت های منطقه، نشان از بالا بودن درجه رودنژیتیزاسیون در این سنگ ها دارد.

۵ - پرهنیت و اپیدوت آهن دار (پیستاشیت) حاصل از تجزیه کانی های پلاژیوکلاز (مرحله ابتدایی رودنژیتی شدن) در دمای معادل با رخساره پرهنیت - پومپلئیت (دگرگونی بسیار ضعیف) و اورالیت های ناشی از تجزیه کانی های کلینوپیروکسن (مرحله پیشرفته رودنژیتی شدن) در دمای معادل با رخساره شیست سبز (دگرگونی ضعیف) حاصل می شوند با این تفاسیر شاید بتوان محدوده دمایی رودنژیت های استاتیک افیولیت نایین را رخساره پرهنیت - پومپلئیت تا شیست سبز در نظر گرفت.

منابع ۱ – فقیهیان، ح، نقرهئیان، م، مکی زاده، م.ع.، و شرافت، ش. پیدایش زئولیتهای دروغین (پکتولیت و پرهنیت) در بخشی