

پترولوژی، و ژئوشیمی دایک‌های دیابازی منفرد در افیولیت شمال نائین

محمد فودازی^۱ محمد هاشم امامی^۲ سلیمان علایی مهابادی^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر

۳- کارشناس ارشد سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده

افیولیت نائین قسمتی از مجموعه افیولیتی حاشیه غربی خرده قاره ایران مرکزی است و با مساحتی بالغ بر ۵۰۰ کیلومترمربع در کنار گسل نائین- بافت رخنمون دارد. سن جایگیری این مجموعه افیولیتی را بر اساس میکروفسیل‌های یافت شده در آهک‌های پلاژیک به کرتاسه فوقانی و پالئوسن پیشین نسبت داده‌اند [۱]. دایک‌های دیابازی رخنمون یافته در این افیولیت به علت فرآیندهای دگرگونی هیدروترمالی، متاسوماتیسم، و تکتونیک به چهار گروه میکروگابرو - گابرو، گابروهای با دگرگونی هیدروترمال، دایک‌های رودنگیتی، و آمفیبولیت تفکیک شده‌اند [۲]. در نمودارهای ژئوشیمیایی این سنگ‌ها دارای سرشت توله‌ایتی هستند و الگوی به‌همچار شده آن‌ها نسبت به کندریت تا حدودی از عناصر نادر خاکی سبک و سنگین غنی‌شدگی نشان می‌دهد. غنی‌شدگی آن‌ها از عناصر یاد شده که منطبق بر روند سری توله‌ایت اقیانوسی است را می‌توان به منشا تفریق یافته آن‌ها نسبت داد. ژئوشیمی عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی و همچنین مقدار $(La/Sm)_N < 1.5$ و $(La/Y)_N < 1.5$ که در دایک‌های دیابازی دیده می‌شود مبین محیط‌های گسترش میان اقیانوسی N-MORB تا T-MORB در طی کرتاسه بالایی خواهد بود.

واژگان کلیدی: دایک‌های دیابازی، دایک‌های رودنگیتی، آمفیبولیت، سری تولیتی، دگرگونی هیدروترمال

مقدمه

در ایران توالی‌های افیولیتی برونزدهای وسیعی دارند و بر اساس پراکندگی جغرافیایی در چهار گروه جای می‌گیرند: الف) افیولیت‌های شمال ایران در طول کمربند کوهزایی البرز با سن ۲۹۷-۲۶۸ میلیون سال که بقایایی از اقیانوس پالئوتتیس می‌باشند و بین خرده‌قاره ایران مرکزی و توران قرار دارند. ب) منشورهای افیولیتی مکران

با سن ۹۸ - ۱۴۰ میلیون سال که تا جنوب کمربند سنندج - سیرجان کشیده شده‌اند. ج) افیولیت‌های زون برخوردی زاگرس با سن ۹۴ - ۹۶ میلیون سال که شامل افیولیت‌های نیریز و کرمانشاه هستند و حاصل تشکیل اقیانوس نئوتتیس در ایران می‌باشند. د) افیولیت‌ها و آمیزه‌های افیولیتی به سن کرتاسه میانی تا بالایی که در

به شدت چین خورده و به حالت قطعات عدسی شکل تکتونیک (Boudined) در آمده‌اند. این سنگ‌ها به علت فرآیندهای دگرگونی هیدروترمالی، متاسوماتیسم، و تکتونیک به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

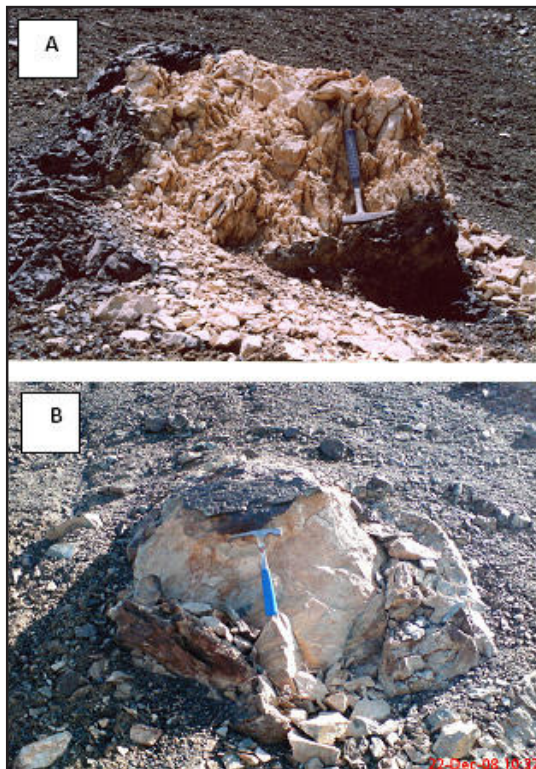
الف- میکروگابرو - گابرو

ب- دایک‌های دیابازی گابرویی با دگرگونی هیدروترمال (ترمولیت - اکتینولیت - آلبیت شیسست)

ج- دایک‌های رودنگیتی د- آمفیبولیت‌ها

پتروگرافی

دایک‌های دیابازی منفرد در گروه های مختلف مورد مطالعات پتروگرافی قرار گرفته اند.



شکل ۱ - A دایک‌های دیابازی رودنگیتی درون سریانتینیت ه: نفوذ دایک‌های دیابازی درون پریدوتیت‌های سریانتینی شده

ناحیه مکران و حاشیه کمر بند سندرچ- سیرجان جای گرفته‌اند، مانند آمیزه‌های افیولیتی شهر بابک، نائین، بافق، سبزوار، فریمان و تربت حیدریه.

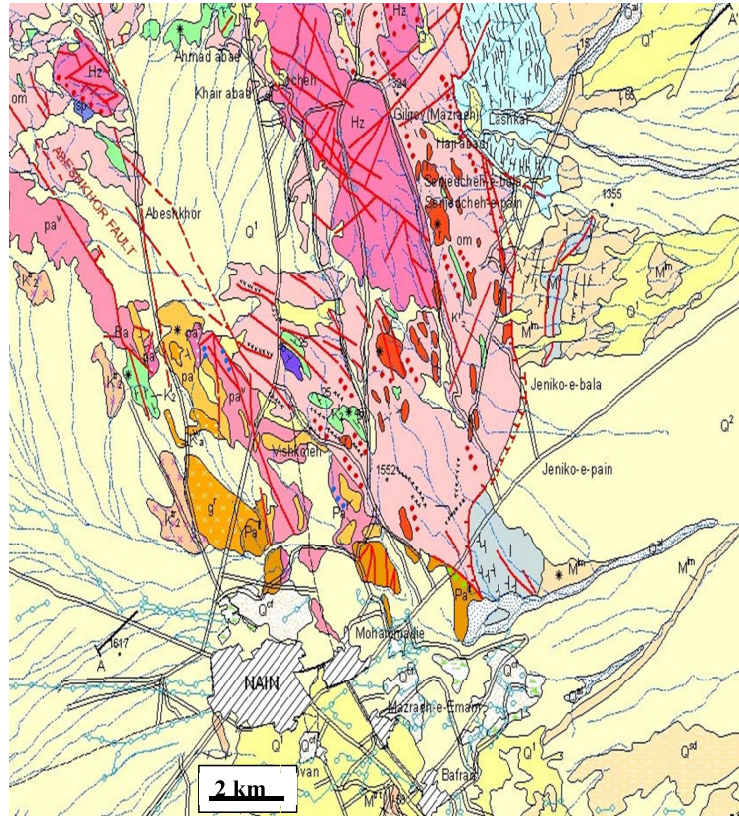
رخساره‌های سنگی افیولیت نائین شامل پریدوتیت‌های سریانتینی شده، توده‌های هارزبورژیتی همراه با عدسی‌های دونیتی، گابروهای توده‌ای، دایک‌های ورقه‌ای، دایک‌های دیابازی، دایک‌های هارزبورژیتی پلاژیوکلازدار، دایک‌های پیروکسنیتی، دایک‌های لیستونیتی، دایک‌های گابرویی پگماتوئیدی، گدازه‌های بالشی، گدازه‌های لوله‌ای، روانه‌های سیال، سنگ آهک‌های شیسستوز و چرت‌های رادیولردار کرتاسه بالا، و سنگ‌های دگرگونی با ترکیب آمفیبولیت و گلوکوفان- ژادئیت شیسست است [۲ و ۳].

روش تحقیق

در این نوشتار پترولوژی و ژئوشیمی دایک‌های دیابازی رخنمون یافته در این آمیزه افیولیتی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بدین منظور ابتدا تهیه نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ همراه با برداشت نمونه از کلیه واحدهای سنگی انجام شده، و سپس تجزیه شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF) در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور و تجزیه به روش ICP-MS توسط شرکت ALS در کشور کانادا، و کانی‌شناسی پیشرفته با دستگاه EPMA مدل SX-۱۰۰ در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی کرج انجام شده است.

زمین شناسی

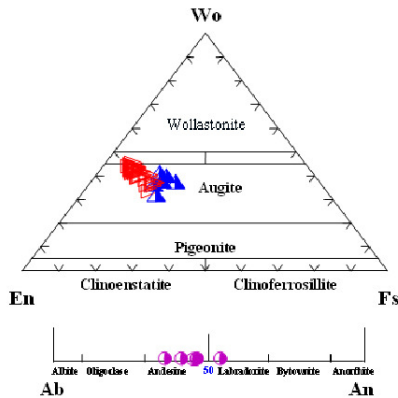
در افیولیت شمال نائین دایک‌های دیابازی منفرد سنگهای پریدوتیتی از جمله هارزبورژیت های سریانتینی شده را بریده اند، گسترش این سنگ ها در جنوب باختر کوه گلی گنگو فزون تر از دیگر مکان‌هاست. این دایک‌ها تحت تأثیر ساز و کارهای تکتونیک خمیده شده و گاه



Ophiolitic mélange

Hz	K ₂	K₂¹: White to cream biomicritic limestone	سنگ آهک بیومیکریتی سفید تا کرم رنگ
	r	r : Radiolarian chert	چرت های رادیولاریت دار
	Sp	Sp: Spilite	اسپلیت
	Lis	Lis : Listvenite	لیستونیت
	am	am: Amphibolite	آمفیبولیت
	d ^{ga}	d^{ga}: Micro gabbroic dikes	دایک‌های میکروگابروئی
	om	om: Ophiolitic mélange	آمیزه افیولیتی

شکل ۲ موقعیت دایک های دیابازی روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ نائین [۲]



شکل ۳ - ترکیب شیمیایی فنوکریست کلینوپیروکسن ، ریزیلور کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز در دایک‌های دیابازی

کلینوپیروکسن نوع اوژیت از $En_{39.03} Fs_{23.3} Wo_{37.6}$ حاشیه تا $En_{47.3} Fs_{20.5} Wo_{32.08}$ در مرکز محاسبه شده است. درشت بلورهای کلینوپیروکسن در محدوده اوژیت و گاه با تمایل به دیوپسید است و تغییرات ترکیب شیمیایی آنها در حاشیه $En_{46.5} Fs_{15.1} Wo_{38.3}$ و در مرکز $En_{48.1} Fs_{9.5} Wo_{42.3}$ محاسبه شده است.

ب - پتروگرافی دایک های گابرویی با دگرگونی هیدروترمال (ترمولیت- اکتینولیت- آلبیت شیست): منشأ این سنگ‌ها همان دایک‌های دیابازی است. بافت کنونی آنها اغلب نماتوبلاستیک تا شیستوز است. بافت شیستوز به خرج جهت یافتگی ترمولیت- اکتینولیت شکل گرفته است. در مواردی به دلیل شدت دگرسانی بافت سنگ قابل تشخیص نیست.

ترکیب کانی شناسی این سنگ‌ها دربردارنده بلورهای آمفیبول بی‌شکل از نوع ترمولیت- اکتینولیت است. این کانی‌ها که به فراوانی به صورت بلورهای تخت‌ای، رشته‌ای، و سوزنی دیده می‌شوند، حاصل دگرسانی کانی‌های مافیک سنگ هستند، و در مواردی خمیدگی و تغییر شکل نشان می‌دهند که به احتمال ناشی از فشارهای تکتونیکی حاکم بر منطقه است.

پلاژیوکلازهای اولیه به طور کامل به کانی‌های ثانوی

الف - پتروگرافی دایک های با ترکیب میکروگابرو- گابرو: این سنگ‌ها تا حدودی ترکیب آغازین خود را حفظ کرده‌اند. بافت آنها میکروگرانولار است، و ترکیب کانی‌شناسی آنها دربردارنده کانی‌های پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است.

بلورهای پلاژیوکلاز شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار از نوع بیتونیت- لابرادوریت هستند که گاه ماکل تکراری و خاموشی موجی نشان می‌دهند و شکستگی‌های آنها با کلریت و سریانتین پر شده است. در مواردی حاشیه بلورهای پلاژیوکلاز توسط نوارهای باریکی از کلریت و سریانتین از کانی‌های مجاور مانند پیروکسن جدا شده است. بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار کلینوپیروکسن به کلریت- سریانتین تغییر یافته، و برخی از آنها به طور کامل با کلریت- سریانتین پر شده‌اند. تبدیل پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن به زئولیت در دایک دیابازی دیده می‌شود.

گاهی بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن به صورت فشرده و با حاشیه مضرس در کنار هم قرار دارند و گاهی در بین آنها ریزبلورهایی از پیروکسن و پلاژیوکلاز دیده می‌شود که می‌تواند ناشی از خردشدگی در اثر فشارهای تکتونیکی حاکم بر منطقه باشد. در این سنگ‌ها گاه رگه‌های ظریف و یا ضخیم و طویل پرهینیت دیده می‌شود. تغییرات ترکیب شیمیایی پلاژیوکلاز در این سنگ‌ها از $An_{54.1} Ab_{45.7} Or_{0.1}$ (لابرادوریت) تا $An_{36.3} Ab_{63.3} Or_{0.4}$ (آندزین) بوده است.

شکل ۳ - ترکیب شیمیایی فنوکریست کلینوپیروکسن ، ریزیلور کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز در دایک‌های دیابازی

در مطالعات مایکروپروپ کلینوپیروکسن‌ها به دو گونه ریز بلور و درشت بلور در دایک‌های دیابازی وجود دارند. تغییرات میانگین ترکیب شیمیایی ریز بلورهای

بقایای پلاژیوکلازهای اولیه گاهی با کانی‌های ثانویه از جمله گارنت، هیدروگارنت، کلریت و سریانتین جایگزین شده است.

بلورهای پیروکسن به ترمولیت- اکتینولیت، و گاه آمفیبول اورالیتی تبدیل شده، و گاهی پیروکسن‌ها و آمفیبول‌ها به کانی گارنت و هیدروگارنت تغییر یافته‌اند. ریز بلورها و درشت بلورهای گارنت و هیدروگارنت نوع گروسولر و هیدروگرسولر به صورت به هم فشرده و یکنواخت تشکیل شده و گاه با کلریت جانشین شده‌اند. کانی‌های ثانوی شامل پرهنیت، سریسیت، کانی‌های رسی، کلریت، سریانتین، گارنت، زوئیزیت، ترمولیت- اکتینولیت، کلسیت، و کمی اسفن هستند. این سنگ‌ها توسط رگه‌هایی از کلسیت بریده شده‌اند.

د - پتروگرافی آمفیبولیت‌ها: برخی از دایک‌های دیابازی به آمفیبولیت تغییر یافته‌اند. بافت این سنگ‌ها گرانولار بی شکل و نامتوبلاستیک جهت یافته است و در ترکیب کانی‌شناسی آنها هورنبلند سبز، ترمولیت- اکتینولیت، و پلاژیوکلاز دیده می‌شود. آمفیبول نوع هورنبلند سبز دارای بیشترین فراوانی است، گاهی جهت یافتگی و کشیدگی نشان می‌دهد و در مواردی به ترمولیت- اکتینولیت تبدیل شده است. پلاژیوکلازها اغلب دگرسان شده و به کانی‌های فیلوسیلیکاتی مانند سریسیت، میکا،

کلریت و گاهی ترمولیت- اکتینولیت تجزیه و یا جانشین شده‌اند. تبدیل آمفیبول و پلاژیوکلازها به کانی‌های سری ترمولیت- اکتینولیت، سریسیت، اپیدوت، کلسیت، اسفن، و لوکوکسن در طی دگرگونی برگشتی (Retrograde metamorphism) انجام گرفته است. این سنگ‌ها توسط رگه‌هایی از پرهنیت و اکسید آهن بریده شده‌اند.

از جمله آلبیت، سریسیت، و کلریت تبدیل شده‌اند. بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار کلینوپیروکسن نوع اوژیت با حاشیه تحلیل رفته و در حال تبدیل به کانیهای ثانوی، و همچنین تبدیل کلینوپیروکسن به آمفیبول اورالیتی که هر دو ناشی از فرایند دگرگونی هیدروترمال در این سنگ‌ها هستند نیز دیده می‌شوند.

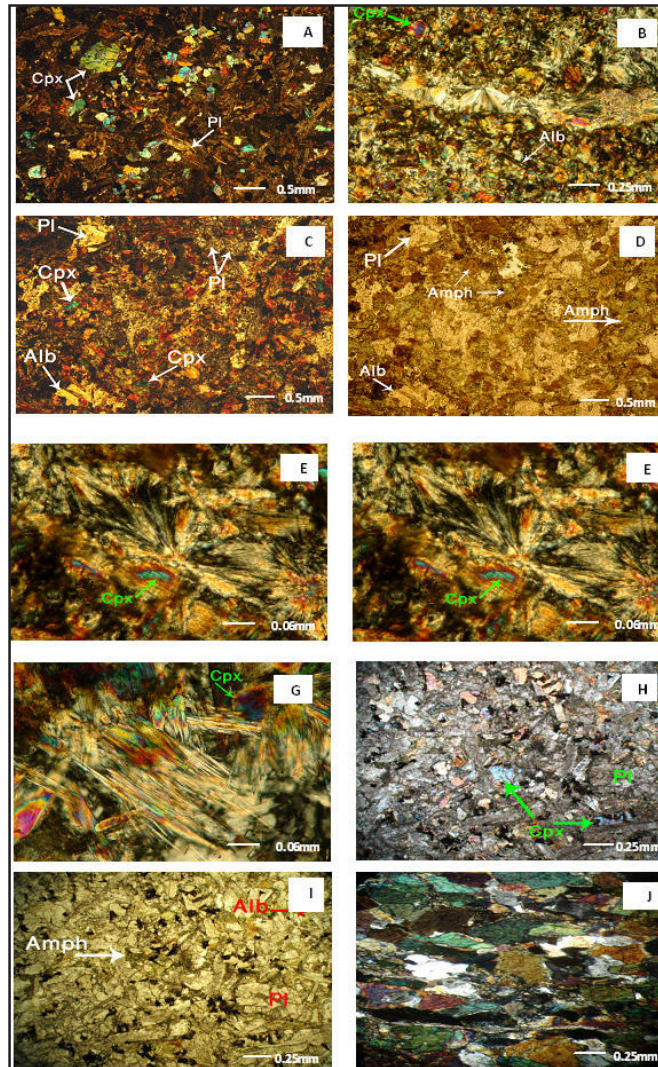
رگه‌ها و شکستگی‌ها با بلورهای پرهنیت و به مقدار کم‌تر کربنات (کلسیت) و کوارتز و اپیدوت پر شده‌اند. کانی‌های ثانوی شامل گارنت، هیدروگارنت، اپیدوت نوع زوئیزیت و کلینو زوئیزیت، اسفن، لوکوکسن، اکسید آهن، پرهنیت، کلسیت، کوارتز دوباره تبلور یافته، کلریت، کانی‌های اویاک و کمی مسکوویت هستند. ریز بلورهای بی‌شکل گارنت بین دیگر کانی‌ها دیده می‌شوند.

ج- پتروگرافی دایک‌های رودنگیتی: رودنگیت‌ها سنگ‌های غنی از کلسیم و تحت اشباع از سیلیس هستند که یا به گونه ایزوله شده، یا به شکل بودینه‌شده در داخل سریانتینیت‌های کاتاکلاستیک و همچنین به صورت زون آلتراسیون مجاورتی در مرز بین سریانتینیت‌ها و سنگ‌های مجاور یافت می‌شوند [15].

در آمیزه افیولیتی شمال نائین دایک‌های دیابازی گاهی به رودنگیت تبدیل شده‌اند. بافت این سنگ‌ها گرانولار، و گاهی پوئی کیلوبلاستیک است. بافت گرانولار اولیه به علت دگرسانی از بین رفته و در مواردی غیر قابل تشخیص است.

در ترکیب کانی‌شناسی این سنگ‌ها آثار پلاژیوکلاز نیمه شکل دار تا شکل دار، و بلورهای بی‌شکل پیروکسن کلسیم‌دار به احتمال از نوع تیتان اوژیت و اوژیت، و آمفیبول دیده می‌شود.

پلاژیوکلازها اغلب به زوئیزیت تغییر یافته، و در مواردی به طور کامل به زئولیت و پرهنیت تبدیل شده است.



شکل ۴ - تصاویر میکروسکوپی دایک‌های دیابازی

- A- بافت میکروگرانولار در دایک دیابازی میکروگابرویی همراه با فنوکریست های کلینوپیروکسن نوع اوژیت و پلاژیوکلازهای تبدیل شده به البیت و کلریت دیده می شود (XPL×۲۵).
- B- رگه پرهینیتی دایک دیابازی دارای ترکیب میکروگابرویی را بریده است (XPL×۵۰).
- C- بافت گرانولار بی شکل ، تبدیل کلینوپیروکسن به ترمولیت - اکتینولیت و تبدیل پلاژیوکلاز به البیت و آمفیبول و کلریت در دایک دیابازی تغییر یافته به آمفیبولیت دیده می شود (XPL×۲۵).
- D- بافت گرانولار بی شکل ، تبدیل کلینوپیروکسن به ترمولیت - اکتینولیت و تبدیل پلاژیوکلاز به البیت و آمفیبول و کلریت در دایک دیابازی تغییر یافته به آمفیبولیت دیده می شود (PPL×۲۵).
- E- تبدیل پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن به زئولیت در دایک دیابازی دارای ترکیب میکروگابرویی (XPL×۲۰۰).
- F- بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار کلینوپیروکسن نوع اوژیت با حاشیه تحلیل رفته و در حال تبدیل به کانیهی ثانوی که ناشی از دگرگونی هیدروترمال در دایک دیابازی است (XPL×۱۰۰).
- G - تبدیل کلینوپیروکسن به آمفیبول اورالیتی در دایک دیابازی دارای دگرگونی هیدروترمال (XPL×۲۰۰).
- H و I - بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار پلاژیوکلاز (البیت) و ریز بلورهای کلینوپیروکسن همراه با کانی های اویاک (اکسید آهن) در دایک دیابازی دگرسان شده در رخساره شیبست سبز (XPL×۵۰) و (PPL×۵۰).
- J- تبدیل کلینوپیروکسن به هورنبلند سبز در دایک دیابازی تبدیل شده به آمفیبولیت (XPL×۵۰).

پترولوژی، و ژئوشیمی دایک‌های دیابازی منفرد در افیولیت شمال نائین

جدول ۱ - ترکیب شیمیایی حاشیه و مرکز کلینوپیروکسن (cpx) در دایک‌های دیابازی بر اساس داده‌های الکترون مایکروپروپ (EPMA)

Sample No.	81.64.NF.10	81.64.NFcorAve	81.64.nfcpx	81.64.nfcpx	81.64.nfcpx(1)	81.64.nfcpx(2)
Rock Type	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike
Location	core	core	core	rim	rim	rim
Mineral	cpx	cpx	cpx	cpx	cpx	Cpx
SiO ₂	54.772	53.206	53.608	52.556	52.232	52.521
Na ₂ O	0.12	0.454	0.184	0.254	0.353	0.192
K ₂ O	0	0.0028	0.0017	0.0062	0.015	0
MgO	16.357	16.807	17.067	16.281	15.757	16.114
CaO	21.16	21.045	20.851	18.651	18.005	17.41
MnO	0.147	0.1354	0.1685	0.27	0.262	0.313
FeO	5.718	5.7284	5.842	9.143	10.933	10.681
NiO	0.027	0.0072	0.0065	0.026	0.011	0
Al ₂ O ₃	0.361	1.1895	2.257	1.271	1.26	1.146
Cr ₂ O ₃	0.248	0.3006	0.1482	0.0492	0	0.014
TiO ₂	0.296	0.298	0.361	0.4448	0.484	0.535
Cr	40.72	20.17	6.16	3.73	0	1.21
TSi	2.032	1.962	1.952	1.963	1.954	1.972
TAI	0	0.038	0.048	0.037	0.046	0.028
M1Al	0.016	0.014	0.049	0.019	0.009	0.023
M1Ti	0.008	0.008	0.01	0.012	0.014	0.015
M1Fe ₂	0.063	0.045	0.01	0.059	0.098	0.06
M1Cr	0.007	0.009	0.004	0.001	0	0
M1Mg	0.905	0.924	0.927	0.907	0.879	0.902
M1Ni	0.001	0	0	0.001	0	0
M2Mg	0	0	0	0	0	0
M2Fe ₂	0.114	0.132	0.168	0.226	0.244	0.276
M2Mn	0.005	0.004	0.005	0.009	0.008	0.01
M2Ca	0.841	0.832	0.814	0.746	0.722	0.7
M2Na	0.009	0.032	0.013	0.018	0.026	0.014
M2K	0	0	0	0	0.001	0
Sum_cat	4	4	4	4	3.999	4
Ca	43.63	42.942	42.302	38.334	36.994	35.96
Mg	46.927	47.716	48.177	46.56	45.047	46.309
Fe ₂ _Mn	9.442	9.342	9.521	15.107	17.959	17.731
JD1	0.447	0.701	0.677	0.955	0.468	0.716
AE1	0	0.958	0	0	0.868	0
CFTS1	0.376	0	0.221	0.074	0	0.021
CTTS1	0	0.421	0.512	0.638	0.692	0.774
CATS1	0	0	1.87	0.027	0	0.449
WO1	43.164	41.901	39.526	37.396	35.964	34.641
EN1	46.83	47.028	47.98	46.318	44.634	46.214
FS1	9.184	8.992	9.213	14.592	17.373	17.184
Q	1.923	1.932	1.918	1.939	1.942	1.938
J	0.017	0.065	0.026	0.037	0.051	0.028
WO	43.63	42.942	42.302	38.334	36.994	35.96
EN	46.927	47.716	48.177	46.56	45.047	46.309
FS	9.442	9.342	9.521	15.107	17.959	17.731
WEF	99.112	96.756	98.667	98.145	97.442	98.585
JD	0.888	3.244	1.333	1.855	2.558	1.415

جدول ۲ - ترکیب شیمیایی پلاژیوکلاز (pl) در دایک‌های دیابازی بر اساس داده‌های الکترون مایکروپروپ (EPMA)

Sample No.	81.64.nf.1	81.64.nf.4	81.64.nf.6	81.64nf.7
Rock Type	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike	diabasic-dike
Mineral	pl	pl	pl	pl
SiO ₂	57.673	54.25	59.655	57.444
Na ₂ O	6.507	5.493	7.494	6.432
K ₂ O	0.053	0.022	0.073	0.0378
MgO	0	0.084	0.243	0.1213
CaO	9.791	11.765	7.765	9.606
FeO	0.568	0.439	0.43	0.472
Al ₂ O ₃	26.137	28.672	24.734	26.422
TiO ₂	0.033	0.004	0.049	0.025
MnO	0	0	0	0
Total	100.76	100.73	100.44	100.56
Si	10.315	9.772	10.636	10.282
Al	5.505	6.082	5.194	5.57
Ti	0.004	0.001	0.007	0.003
Fe ₂	0.085	0.066	0.064	0.071
Mn	0	0	0	0
Mg	0	0.023	0.065	0.032
Ca	1.876	2.271	1.483	1.842
Na	2.257	1.919	2.591	2.232
K	0.012	0.005	0.017	0.009
Cations	20.054	20.139	20.057	20.041
X	15.824	15.855	15.837	15.855
Z	4.23	4.284	4.22	4.186
Ab	54.5	45.7	63.3	54.7
An	45.3	54.1	36.3	45.1
Or	0.3	0.1	0.4	0.2

ژئوشیمی

دایک‌های دیابازی در نمودار (Cox et al (1979) در محدوده‌های گابروی ساب آکالن و گاه به علت دگرسانی در محدوده ی گابروی آکالن، و در نمودار Middlemost (1985) در محدوده‌های گابرو ، گابرو دیوریت و گاه به علت دگرسانی در محدوده مونزو گابرو جای گرفته‌اند [۷ و ۱۳].

جدول ۳- ترکیب شیمیایی دایک‌های دیابازی

Sample	81NF87G	81NF95G	81NF41G	81NF44G	81NF52G	81NF88G	81/139NF	81NF111G
Petrography	Amph.	Amph.	Tr-Ac shist	Tr-Ac shist	micor-gb	diabase	gb	gb
SiO ₂	52.11	51.92	52.67	52.12	52.28	52.96	48.14	51.14
TiO ₂	1.48	1.39	1.16	1.52	1.27	1.37	1.87	1.22
Al ₂ O ₃	15.63	14.81	14.98	15.32	15.97	16.75	13.75	15.15
Fe ₂ O ₃	4.432	5.014	4.528	4.768	4.423	4.55	6.523	3.88
FeO	5.698	6.446	5.822	6.131	5.686	5.119	8.386	4.989
MnO	0.17	0.15	0.13	0.25	0.11	0.12	0.21	0.16
MgO	8.26	9.61	9.13	7.73	8.05	7.83	5.92	8.22
CaO	9.72	8.14	8.92	9.92	9.46	9.32	9.79	9.88
Na ₂ O	1.36	1.79	2.51	2.1	2.43	1.51	5.6	2.11
K ₂ O	1.99	1.69	1.02	0.95	1.15	1.28	0.24	1.03
P ₂ O ₅	0.31	0.16	0.16	0.21	0.16	0.3	0.13	0.14
Fe ₂ O ₃ T	10.13	11.46	10.35	10.9	10.11	9.67	15.79	9.42
FeOT	9.12	10.32	9.32	9.81	9.1	8.7	14.21	8.48
Total	100.32	100.17	100.17	100.12	100.15	100.31	100.13	97.92
V	*	*	*	*	*	*	309.4	*
Cu	*	*	*	*	*	*	52.8	*
Zn	*	*	*	*	*	*	98.4	*
Ga	*	*	*	*	*	*	23.2	*
Y	31	29	28	31	25	27	30.1	37
Zr	112	191	138	167	123	194	*	133
Mo	*	*	*	*	*	*	2.1	*
Sn	*	*	*	*	*	*	4.3	*
Pb	*	*	*	*	*	*	5	*
Nb	7.2	8.7	4.1	4.6	9.3	6.5	*	9.2
Ba	645	603	111	114	115	597	150.8	620
Ce	38	45	45	39	39	47	*	35
Co	*	*	*	*	*	*	43.7	*
Cr	*	*	*	*	*	*	33.9	*
Cs	0.94	0.91	1	1.7	0.67	1.1	1	0.98
Eu	1.8	1.4	1.5	0.94	101	1.5	2.4	1.6
Hf	4.2	9.2	6.7	7.4	6.5	9.6	*	5.1
La	18	24	37	29	30	16	*	32
Nd	23	30	51	29	32	25	*	44
Ni	*	*	*	*	*	*	25.3	*
Rb	60	57	12	9	12	55	7.1	65
Sc	19	32	23	28	22	12	28.2	41
Sm	4.3	5.9	10	4.8	7.4	4.8	*	4.5
Sr	477	379	390	400	403	434	491.3	586
Ta	1.4	1	0.67	1.1	0.85	1.1	*	1
Tb	1.2	1.4	1.1	0.7	1.6	1.7	*	1.9
Yb	4.2	4.8	2.8	2.4	2.8	3.9	1.8	2.8

گابروها وجود دارد، و به طور کلی ژئوشیمی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی آن‌ها بیانگر محیط‌های گسترش میان اقیانوسی N-MORB تا T-MORB در طی کرتاسه بالایی است

منابع

۱- داودزاده، م. (۱۳۵۱)، زمین‌شناسی و پتروگرافی منطقه شمال نائین، ایران مرکزی، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره

۱۴ص

۲- علایی مهابادی، س، فودازی، م (۱۳۸۱)، نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ نائین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۳- فودازی، م (۱۳۸۶)، بررسی پترولوژیکی ردیف و آمیزه افیولیتی شمال نائین با نگرشی بر ویژگی‌های ژئوشیمی و ژئودینامیسم دایک‌های ورقه‌ای و گدازه‌های بالشی، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۲۷۵ص.

۴- نبوی، مح، عمیدی، م (۱۳۵۷)، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ نائین، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

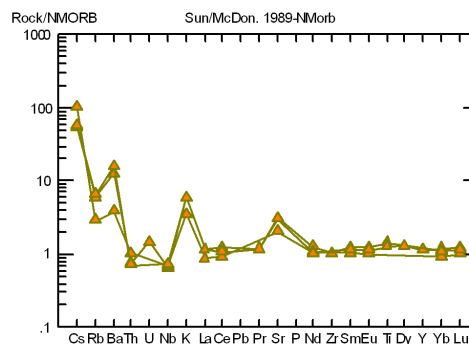
5-Alai Mahabadi,S., Foudazi,M., (2006). Geology and Petrography of Nain ophiolite(Central Iran) ,Six International Symposium on Eastern Mediterranean Geology pp. 47

7-Cox,K.G.,Bell,J.D.,Pankhurst,R.J.,(1979). The interpretation of igneous rocks. George Allen & Unwin,London,450p.

8-Davoudzdeh,M.,(1972),Geology and petrography of the area north of Nain,central Iran. Geol.Survey of Iran, Rep. No.14,92 p.

9-Irvine, T.N.;Baragar,W.R.A(1971). A Guide to the chemical classification of the common

در الگوی به‌هنجارشده این سنگ‌ها نسبت به مورب نرمال نیز چنین روندی برقرار است، در این حالت به جز عناصر Nb,Th که اندکی کاهش نشان می‌دهند سایر عناصر روند افزایشی داشته و به علاوه عناصر Zr,Ti,Y,Yb از یک الگوی صاف منطبق بر مورب نرمال پیروی می‌کنند(شکل ۱۰).



شکل ۱۰- الگوی به‌هنجار شده عناصر خاکی سبک تا سنگین نسبت

به مورب نرمال(Sun&McDough 1989)

نتیجه گیری

دایک‌های دیابازی رخنمون یافته در افیولیت شمال نائین به علت تحمل فرآیندهای دگرگونی هیدروترمالی، متاسوماتیسم، و تکتونیک به چهار گروه میکروگابرو - گابرو، گابروهای با دگرگونی هیدروترمال، دایک‌های رودنگیتی، و آمفیبولیت تفکیک شده‌اند. نمونه‌های کمتر دگرسان شده این سنگ‌ها در نمودارهای ژئوشیمیایی دارای سرشت توله‌ایتی هستند. غنی‌شدگی بیشتر این سنگ‌ها از عناصر خاکی نادر سبک و سنگین که منطبق بر روند سری توله‌ایت اقیانوسی است را می‌توان به منشا تفریق یافته‌تر آنها نسبت داد. الگوی تقریباً صاف (flat) که در نمونه‌های به‌هنجار شده این سنگ‌ها نسبت به کندریت دیده می‌شود(شکل ۸) و همچنین مقدار $(La/Sm)_N > ۱,۵$ و $(La/Y) > ۱,۵$ که در دایک‌های دیابازی کمتر دگرسان شده به ویژه در میکروگابروها و

- volcanic rocks. Canadian J. Earth Sciences. Vol. 8, PP.523-548.
- 10-Le Maitre, R.W. and et. Al. (1989). A Classification of igneous rocks and glossary of terms , Black well scientific publications, 195 p.
- 11-Le Bas , M.J., Streckeisen, A.L., (1991). The IUGS systematic of igneous rocks, J. geological society, London. Vol. 148, pp. 825-833
- 12-Mason, B., Moore, C.B., (1982). Principles of geochemistry , John wiley & Sons, New York, 344p.
- 13-Middlemost, E.A.K., (1989). Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. chemical geology, Vol. 77, pp. 19-26.
- 14-Middlemost, E.A.K., (1991). Towards a comprehensive classification of igneous rocks and Magma Earth science reviews , Vol. 31, pp. 73-87.
- 15-O'Hanley, D., Schandle, E.s, and Wicks, F.J, (1996), The origin of rodingites from Cassiar, British Columbia , and their use to estimate T and P(H₂O) during serpentinization , Department of mineralogy , Royal Ontario, Geochim cosmochim. Acta, v. 56, pp. 97-108.
- 16-Rollinson, H.R., (1993), Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Scientific and Technical, UK, 352p.
- 17- Sun, S.S., McDonough, W.F., (1989), Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes. In : Saunders A.D. and Norry , M.J. (eds), Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub. 42, pp. 313-345.