

بررسی اسکارن‌های موجود در افیولیت ملانژ شمال نائین (استان اصفهان، ایران)

قدرت ترابی*، شوچی آرایبی**، نرگس شیردشت زاده*،
میکی شیراساکا**، عبدالرزاق جباری* و حسین ترابی*

*گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان
**بخش علوم زمین دانشگاه کاناواوا، ژاپن

چکیده

در بخش‌های مختلف افیولیت ملانژ نائین سنگ‌های دگرگون شامل دایک‌های آمفیبولیتی، آمفیبولیت، گرانیت دگرگون، اسکارن، متاچرت‌های نواری، شیست و مرمر وجود دارد. در این افیولیت ملانژ، اسکارن‌ها بصورت یک واحد سنگی روشن، بین بخش بالایی آمفیبولیت‌ها و بخش زیرین متاچرت‌های نواری دیده می‌شوند. بررسی‌های سنگ نگاری و ژئوشیمی کانی‌ها نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی این سنگ‌ها کربنات (کلسیت)، کلینوپیروکسن (سالت) و در برخی موارد گارنت (گروسولار - آندرادیت) و ولاستونیت بوده و کانی‌های فرعی این سنگ‌ها نیز اسفن و اپیدوت است. اسکارن‌ها از دگرگونی بخش‌های کربناته چرت‌های نواری و سنگ آهک‌ها بوجود آمده‌اند و دارای برگوارگی موازی با آمفیبولیت‌ها هستند. مطالعه شیمی کانی‌ها و استفاده از ژئوترموتر هورنبلند - پلاژیوکلاز نشان می‌دهد که آمفیبولیت‌ها و دایک‌های آمفیبولیتی از دگرگونی دایک‌های دیابازی و گدازه‌های بالشی در رخساره آمفیبولیت بوجود آمده‌اند. ژئوترموتری اسکارن‌ها و گرانیت‌های دگرگون نیز نشان می‌دهد که در ارتباط با یکدیگر هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که سنگ‌های دگرگونی موجود در این افیولیت، قطعات بیگانه‌ای نیستند، بلکه از جنس خود پوسته اقیانوسی بوده و حاصل دگرگونی پوسته اقیانوسی و سنگ‌های رسوبی روی آن (رسوبات سوپرا - افیولیت) هستند.

واژه‌های کلیدی: اسکارن، ملانژ افیولیتی، نائین، ایران.

مقدمه

در بخش‌های شمالی شهر نائین قرار دارد (شکل شماره ۱).

سنگ‌های این مجموعه افیولیتی عبارتند از:
پریدوتیت‌ها و پریدوتیت‌های سرپانتینی شده گشته -

افیولیت ملانژ نائین بخشی از افیولیت‌های حلقوی
است که در شرق ایران مرکزی با سن مزوزوئیک بوده و



شکل شماره ۱- نقشه افیولیت های ایران و موقعیت منطقه مورد بررسی

از سنگ‌های دگرگونی نمونه برداری صورت گرفت. پس از تهیه مقاطع نازک صیقلی و مطالعات پتروگرافی، نمونه‌های مناسب جهت تعیین شیمی کانی‌ها انتخاب گردیدند. آنالیزهای نقطه ای کانی‌ها برای عناصر اصلی توسط دستگاه الکترون میکروپروب JEOL مدل JXA-8800 (WDS) با ولتاژ شتاب دهنده 20 kV و جریان 12 nA در دانشگاه کاناواوا ژاپن انجام گردید. در تفکیک آهن II و III و محاسبه فرمول ساختمانی کانی‌ها از روش ارائه شده توسط [2, 4] استفاده گردید.

روابط صحرایی

سنگ‌های دگرگونی بصورت بلوک‌هایی بزرگ و کوچک در جای جای افیولیت ملانژ نایین بصورت پراکنده دیده می‌شوند. از مهمترین نقاطی که در آن رخنمون قابل توجهی از سنگ‌های دگرگون وجود دارد می‌توان به بخش‌های شمالی شهر نایین، دامنه‌های شمالی افیولیت ملانژ نایین و غرب سپرو اشاره نمود. در شکل

گابرو - پیروکسنیت - دایک‌های دیبازی - کمپلکس دایک‌های ورقه‌ای - بازالت‌ها - گدازه های بالشی - پلاژیوگرانیت - چرت‌های رادیولر - سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی - رودینگیت‌ها - لیستونیت و سنگ‌های دگرگونی شامل آمفیبولیت، دایک آمفیبولیتی، گرانیت دگرگون، اسکارن، متاچرت‌های نواری، شیست و مرمر.

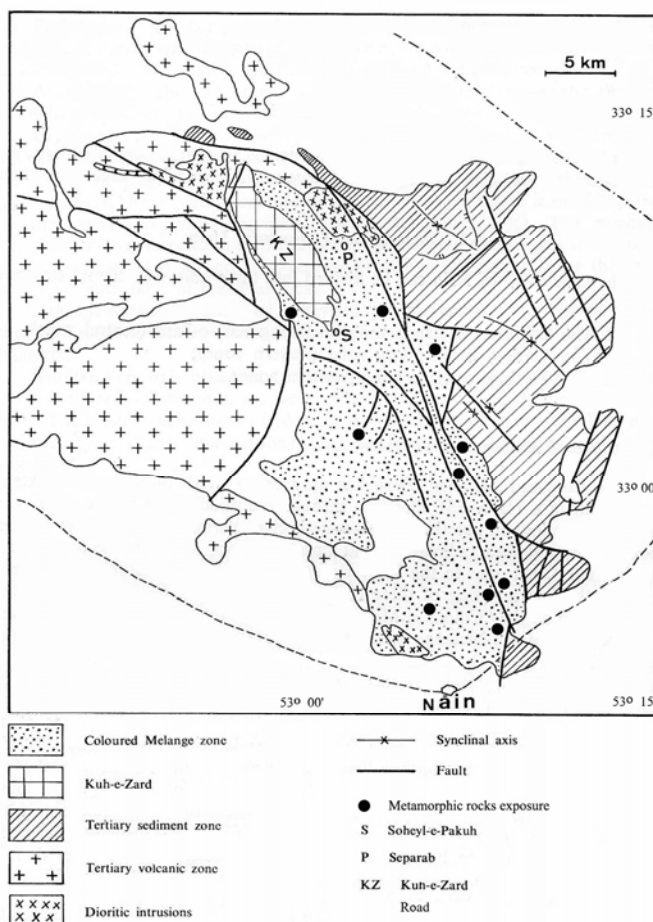
پریدوتیت‌های گوشته این افیولیت شامل هارزبورگیت، لرزولیت و دونیت هستند که در برخی مناطق به شدت سرپانتینی شده‌اند. این پریدوتیت‌ها، دگرشکلی‌های گوشته‌ای را از خود نشان نداده و بیشتر متعلق به زون انتقالی هستند. پیروکسنیت‌ها نیز در ارتباط با مذاب‌های صعود کننده هستند.

در این نوشته به بررسی اسکارن‌های موجود در این افیولیت ملانژ پرداخته خواهد شد.

روش انجام کار

پس از بررسی‌های صحرایی و مطالعه رخنمون‌ها،

بررسی اسکارن‌های موجود در افیولیت ملانژ شمال...



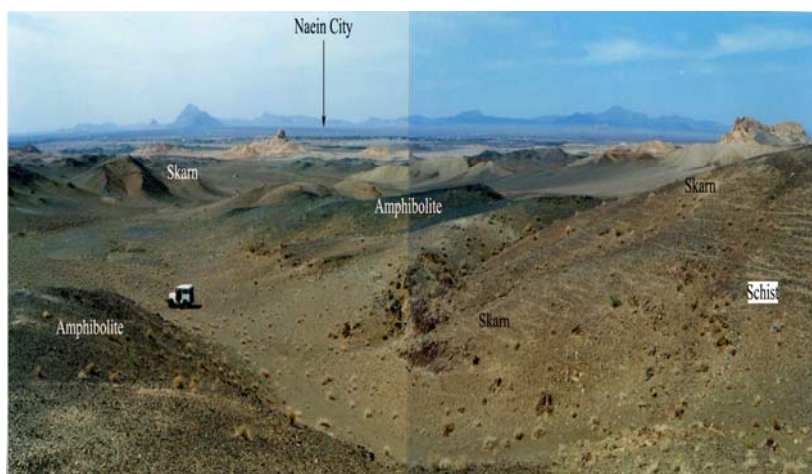
شکل شماره ۲:- نقشه تکتونیکی ساده شده شمال ناین (I] با تغییرات). محل رخنمون سنگ های دگرگونی در افیولیت ناین با علامت دایره سیاه نشان داده شده است.

پریدوتیت‌های گوشته وجود دارند، در چند نقطه دیده شده است که در نهایت به پیکره‌های آمفیبولیتی ختم شده و در آنها محو می شوند (بخش های شمالی شهر ناین، امیرآباد، کاظم آباد و جنوب سپرو). اسکارن‌ها بصورت یک لایه در قسمت بالای آمفیبولیت ها دیده می شوند. تناوب شیست‌ها و مرمر ها با واسطه چرت‌های نواری دگرگون شده، بر روی آمفیبولیت ها و اسکارن‌ها دیده می شوند. در شکل‌های شماره ۳ و ۴، تصاویر صحرایی سنگ‌های دگرگون آورده شده است.

شماره ۲ محل‌های رخنمون سنگ‌های دگرگون در افیولیت ملانژ ناین آورده شده است. در سرتاسر ملانژ، سنگ‌های دگرگونی فقط با پریدوتیت‌های گوشته دارای همبری هستند.

رابطه صحرایی واحدهای مختلف سنگ های دگرگونی با یکدیگر و با سایر سنگ‌های ملانژ افیولیتی را اینچنین می توان بیان کرد که:

دایک‌های آمفیبولیتی در درون پریدوتیت های گوشته دیده شده و فقط با پریدوتیت‌های گوشته و آمفیبولیت‌ها همبری دارند. با تعقیب دایک‌های آمفیبولیتی که در درون



شکل شماره ۳- نمایی از سنگ‌های دگرگونی موجود در افیولیت شمال ناین (نگاه به جنوب)



شکل شماره ۴- (A) آمفیبولیت، اسکارن و شیستهای موجود در بخش‌های میانی افیولیت ناین (نگاه به شمال غرب) (B) وجود دایک‌های آمفیبولیتی در درون آمفیبولیت‌ها مشخص است (نگاه به جنوب)

اسکارن‌ها

اسکارن‌ها سنگ‌هایی هستند که از دگرسانی متازوماتیک یک سنگ (معمولا سنگ‌های غنی از

کربنات) توسط نفوذ سیالات هیدروترمال، و یا انتشار^۱ سازنده‌های شیمیایی^۲ یک سنگ مشخص (توده نفوذی

¹. Diffusion.
². Chemical Constituents.

کلینوپیروکسن در مورد اسکارن‌ها نشان می‌دهد که دمای تبلور گرانیته با دمای تشکیل اسکارن‌ها به یکدیگر نزدیک بوده (حدود ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) و تشکیل اسکارن‌ها شاید در ارتباط با نفوذ گرانیته‌ها است. دلیل برگوارگی اسکارن‌ها و گرانیته‌ها نیز رخداد دگرگونی ناحیه‌ای بعد از دگرگونی مجاورتی است.

بررسی شیمی کانی‌های آمفیبولیت‌ها و دایک‌های آمفیبولیتی، و استفاده از ژئوترمومتر هورنبلند - پلاژیوکلاز حاکی از تشکیل این سنگ‌ها در بخش‌های بالایی رخساره آمفیبولیت است.

اسکارن‌ها سنگ‌هایی هموزن نیستند و حتی در یک نمونه دستی، تمرکز کانی‌های مختلف در بخش‌های مختلف آن متفاوت است. بخش‌هایی از متاچرت‌های نواری، دارای کانی شناسی شبیه اسکارن‌ها هستند، با این تفاوت که دانه ریزترند. متاچرت‌های نواری توسط ضخامت قابل توجهی از تناوب شیست و مرمر پوشانده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که دایک‌های آمفیبولیتی، آمفیبولیت‌ها، اسکارن‌ها، متاچرت‌های نواری، و تناوب شیست‌ها و مرمرها، بترتیب از دگرگونی ناحیه‌ای دایک‌های دیابازی قدیمی، بازالت‌ها و گدازه‌های بالشی، بخش آهکی چرت‌های نواری و سنگ آهک‌ها، چرت‌های نواری و تناوب شیل و آهک بدست آمده‌اند. سیستم تولید و گسترش پوسته اقیانوسی که افیولیت ملانژ نایین بخش از آن بوده، دارای دو فاز فعالیت بوده

مجاور و یا میان لایه‌های سنگ‌های رسوبی) به درون سنگ‌های کربناته، از طریق یک سیال روزنه‌ای استاتیک وجود می‌آیند. تشکیل اسکارن‌ها ممکن است توسط ترکیبی از این دو پدیده صورت پذیرد [4].

در چندین نقطه از این افیولیت، اسکارن‌ها بصورت یک واحد سنگی روشن دارای رخنمون هستند. این رخنمون‌ها بیشتر در همراهی گرانیته‌هایی هستند که دارای برگوارگی بوده و آنها را می‌توان گرانیته گنیس و یا میلونیت نامید. در مطالعات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی بخوبی مشخص است که اسکارن‌ها دارای یک برگوارگی^۱ به موازات برگوارگی آمفیبولیت‌ها، دایک‌های آمفیبولیتی و متاچرت‌های نواری هستند. بررسی‌های پتروگرافی و ژئوشیمی کانی‌ها نشان می‌دهد که کانی‌های اصلی این سنگ‌ها کربنات (کلسیت)، کلینوپیروکسن (سالیته) و در برخی موارد گارنت (گروسولار - آندرادیت) و ولاستونیت بوده و کانی‌های فرعی این سنگ‌ها نیز اسفن و اپیدوت است. وجود میانبارهای کلینوپیروکسن و گارنت در درون ولاستونیت‌ها نشان از تبلور زودتر آنها نسبت به ولاستونیت دارد.

نتایج بررسی ژئوشیمی کانی‌های موجود در اسکارن‌های افیولیت ملانژ نایین به همراه محاسبه فرمول ساختمانی آنها و درصد اعضای نهایی در مورد کلینوپیروکسن‌ها و گارنت‌ها در جدول‌های شماره ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. استفاده از ژئوترمومترهای دو فلدسپات برای گرانیته‌های دگرگون و گارنت -

1. Foliation.

جدول ۱- میانگین نتایج آنالیز کانی‌های موجود در اسکارن‌های فیولیت ملانژ ناپین

Sample	Rock type	Mineral Type	SiO ₂ %	TiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Cr ₂ O ₃ %	FeO%	MnO%	MgO%	CaO%	Na ₂ O%	K ₂ O%	Total%
۵۲۱	Skarn	۲ Cpx	۵۲,۱۱۲	۰,۰۱۲	۰,۲۷۰	۰,۰۰۱	۱۲,۹۱۲	۰,۲۶۶	۱,۰۲۱۲	۲۲,۸۴۱	۰,۲۱۵	۰,۰۱۵	۱۰۰,۱۵۸
		۲ Calcite	۰,۰۱۰	۰,۰۰۶	۰,۰۰۲	۰,۰۰۰	۰,۰۲۲	۰,۰۶۸	۰,۰۲۲	۵۹,۸۱۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۲	۵۹,۹۵۸
		۲ Sphene	۲۰,۹۲۰	۳۷,۱۱۲	۲,۶۹۱	۰,۰۷۰	۰,۴۱۰	۰,۰۲۹	۰,۰۰۰	۲۷,۹۸۶	۰,۰۲۱	۰,۰۱۲	۹۹,۲۸۱
۵۲۸	Skarn	۲ CPX	۵۱,۹۱۰	۰,۰۲۲	۰,۶۷۰	۰,۰۰۸	۱۲,۱۶۴	۰,۵۲۱	۱,۰۹۱۲	۲۲,۸۶۱	۰,۱۸۶	۰,۰۱۸	۱۰۰,۲۲۲
		۴ Garnet	۲۷,۲۹۰	۱,۴۷۰	۱۲,۸۱۰	۰,۰۴۰	۱,۰۶۹۰	۰,۱۵۰	۰,۲۰۰	۳۵,۱۲۰	۰,۰۲۰	۰,۰۰۰	۹۹,۰۰۰
۵۲۲	Skarn	۴ Wollastonite	۵۱,۴۹۰	۰,۰۱۶	۰,۰۰۱	۰,۰۰۷	۰,۱۵۲	۰,۱۷۰	۰,۰۰۱	۴۷,۷۴۷	۰,۰۱۲	۰,۰۰۶	۹۹,۶۵۲
		۲ Garnet	۲۹,۵۱۴	۰,۶۸۰	۱۶,۲۱۴	۰,۰۴۰	۸,۰۱۷	۰,۲۴۲	۰,۱۵۷	۳۵,۰۹۸	۰,۰۰۰	۰,۰۲۱	۱۰۰,۲۴۴

جدول ۲- محاسبه فرمول ساختمانی کانی‌های موجود در اسکارن‌های فیولیت ملانژ ناپین

Sample	Rock type	Mineral Type	Ox.Atm.	Si	Ti	Al	Cr	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
۵۲۱	Skarn	۲ Cpx	۶	۲,۰۲۵	۰,۰۰۰	۰,۰۱۷	۰,۰۰۲	۰,۴۱۲	۰,۰۱۲	۰,۵۸۲	۰,۹۲۲	۰,۰۱۶	۰,۰۰۱	۴,۰۰۰
		۲ Calcite	۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۰,۹۹۸	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
		۲ Sphene	۵	۱,۰۰۲	۰,۹۰۵	۰,۱۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۱۱	۰,۰۰۰	۰,۹۷۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۰	۲,۰۰۰
۵۲۸	Skarn	۲ CPX	۶	۱,۹۶۸	۰,۰۰۱	۰,۰۲۰	۰,۰۰۰	۰,۲۸۵	۰,۰۱۷	۱,۶۱۶	۰,۹۶۸	۰,۰۱۴	۰,۰۰۱	۴,۰۰۰
		۴ Garnet	۱۲	۲,۹۲۲	۰,۰۸۷	۱,۲۷۷	۰,۰۰۲	۰,۷۰۱	۰,۰۱۰	۰,۰۲۵	۲,۹۵۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۰	۸,۰۰۰
۵۲۲	Skarn	۴ Wollastonite	۲	۰,۹۹۹	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۲	۰,۰۰۰	۰,۹۹۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۲,۰۰۰
		۲ Garnet	۱۲	۲,۰۲۸	۰,۰۲۹	۱,۴۷۶	۰,۰۰۲	۰,۵۱۵	۰,۰۲۲	۱,۰۱۸	۲,۸۸۷	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۸,۰۰۰

جدول ۳- محاسبه مقدار درصد اعضای پایانی (End-members) مخلوط‌های جامد در مورد گارنتما و پروکسن‌های موجود در اسکارن‌های فیولیت ملانژ ناپین

Sample	۴ Garnet of ۵۲۸	۲ Garnet of ۵۲۲
Uvarovite	۰,۱۲٪	۰,۱۲٪
Andradite	۳۷,۲۲٪	۳۷,۲۲٪
Grossular	۶۲,۶۶٪	۶۲,۶۶٪
Sample	۲ CPX of ۵۲۱	۲ CPX of ۵۲۸
Wollastonite	۴۷,۶۶٪	۴۸,۴۵٪
Enstatite	۲۹,۸۰٪	۲۱,۸۲٪
Ferrosilite	۲۱,۷۲٪	۲۰,۰۴٪
Acmite	۰,۸۱٪	۰,۶۸٪

جاری شده‌اند. آهک‌ها، چرت‌ها و تناوبی از شیل و آهک نیز سطح آنها را می‌پوشانده‌اند. در اثر نفوذ یک توده است.

به یقین اگر در این مجموعه افیولیتی حادثه دگرگونی رخ نداده بود، سن تشکیل بازالت‌ها و دایک‌هایی که در حال حاضر بصورت آمفیبولیت و دایک‌های آمفیبولیتی هستند، و یا به عبارت دیگر سن شروع فعالیت مرحله اول پوسته اقیانوسی ناین را با استفاده از فسیل‌های موجود در تناوب شیل و آهک (تناوب فعلی شیست و مرمر) بدست می‌آمد.

از مهمترین نتایج این تحقیق این است که برخلاف بررسی‌های پیشینان [1,3,6,7,8] که معتقد بوده‌اند این سنگ‌های دگرگون از ماسیو دگرگونی انارک - خور به این مکان منتقل شده‌اند، می‌توان گفت سنگ‌های دگرگونی موجود در افیولیت ملانژ ناین، قطعات بیگانه نیستند، بلکه از جنس خود پوسته اقیانوسی بوده و حاصل دگرگونی پوسته اقیانوسی و سنگ‌های رسوبی روی آن (رسوبات سوپرا-افیولیت) هستند.

است. بدین ترتیب که در فاز اول، ماگماهای بازالتی پس از تولید و مهاجرت به سمت بالا روی سطح کف دریا گرانیتی بخشی از سنگ آهک‌ها و بخش‌های کربناته چرت‌های نواری تبدیل به اسکارن می‌شوند. بعد از آن، یک حادثه دگرگونی در حد رخساره آمفیبولیت رخ داده است که باعث تشکیل دایک‌های آمفیبولیتی، آمفیبولیت، چرت‌های دگرگون نواری، و تناوب شیست و مرمر شده و اسکارن‌ها و گرانیت‌ها نیز دارای برگوارگی می‌شوند. بعد از حادثه دگرگونی، سیستم تولید و گسترش پوسته اقیانوسی دوباره فعالیت خود را در کرتاسه بالایی آغاز نموده (فاز دوم) و شروع به ایجاد دایک‌های دیابازی، کمپلکس دایک‌های ورقه‌ای، بازالت، و گدازه‌های بالشی نموده است. چرت‌های رادیولر و سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی نیز سطح آنها را می‌پوشانده‌اند. دلیل رخداد دگرگونی ناحیه‌ای و سن آن نیز مشخص نمی‌باشد اما زمان آن حتما قبل از کرتاسه بالایی بوده است. برگوارگی دایک‌های آمفیبولیتی به موازات امتداد دایک‌ها و جهت نفوذ آنها است که شاید بیانگر توقف و بسته شدن سیستم گسترش اقیانوس

منابع

1. Davoudzadeh, M. Geology and petrography of the area north of Naein, central Iran. Geological survey of Iran, Report No. 14,89 p. (1972)
2. Droop, G.T.R. A general equation for estimating Fe^{3+} concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Min. Mag. 51,431-435. (1987)
3. Lensch, G., and Davoudzadeh, M. Ophiolites in Iran, N. Jb. Geol. Palaont.Mh., 306-320. (1982)
4. Lentz, D.R. Mineralized Intrusion-Related Skarn Systems, Short Courses, Volume 26. Mineralogical

7. V/O "Technoexport" Geology of the Anarak area (Central Iran), Geological Survey of Iran, Report TE/No.19,143 .(1984) Association of Canada, Ottawa, Ont., 657 p. (1998)
8. V/O "Technoexport" Outline of metallogeny of Anarak area (Central Iran), Geological Survey of Iran, Report TE/No. 21,136.(1984)
5. Spear, F.S. Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Mineralogical Society of America, 799 p., 1995.(1995)
6. V/o "Technoexport" Geological map of Anarak (1,250,000), Geological Survey of Iran. (1984)