پتـــــرولوژی، سال چهارم، شماره پانزدهم، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۳۹-۵۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۱۰

نقش گوشته منبع مورب و پوسته قاره‌ای در منشأ سنگ‌های آتشفشانی ترسیری منطقه ناش در شرق رودبار، شمال ایران

شهروز حق نظر * و زهرا شافعی
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

چکیده
سنگ‌های آتشفشانی ترسیری ناش در کوه‌های البرز در شرق رودبار (شمال ایران) دارای تنوع ترکیبی بین اولیوین بازالت، آندزیت بازالتی، پیروکسن آندزیت و آندزیت هستند. از نظر پتروگرافی وجود گزنولیت‌ها و گزنوکریست‌های متنوع، از شواهد آلودگی پوسته‌ای این سنگ‌هاست. همبستگی مثبت CaO/Al_2O_3 در برابر MgO و همبستگی مثبت Al_2O_3 در برابر SiO_2 از نشانه‌های تفریق اولیوین و کلینوپیروکسن در روند تحولات سنگ های منطقه است. همبستگی مثبت K_2O/P_2O_5 با SiO_2 و همبستگی مثبت La/Sm در برابر K_2O/P_2O_5 حکایت از آلودگی ماگما با پوسته قاره‌ای دارد. مطالعه الگوهای عناصر کمیاب ناسازگار و مقایسه آنها با مقادیر پوسته‌ای بیانگر آلودگی سنگ‌های منطقه با پوسته قاره‌ای زیرین و فوقانی است. روندهای خطی در نمودار تغییرات Nb/Y در برابر Zr/Y، دو ناحیه منشأ متفاوت، یکی گوشته منبع مورب و دیگری پوسته قاره ای را برای منشأ سنگ‌های منطقه معرفی می‌کند. تغییرات Y/Nb در برابر Zr/Nb و نیز Rb/Y در برابر Nb/Y بیانگر آلودگی پوسته‌ای ماگماهای منشأ گرفته از منبع مورب است. بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که سنگ‌های منطقه از ذوب ۱۵ درصد یک منبع گوشته‌ای تیپ مورب با رخساره اسپینل در یک محیط داخل صفحه قاره‌ای حاصل شده است که با درجات متفاوتی با سنگ‌های پوسته قاره‌ای آلوده شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: سنگ‌های آتشفشانی، گوشته منبع مورب، آلودگی پوسته‌ای، ترسیری، ناش، البرز

مقدمه

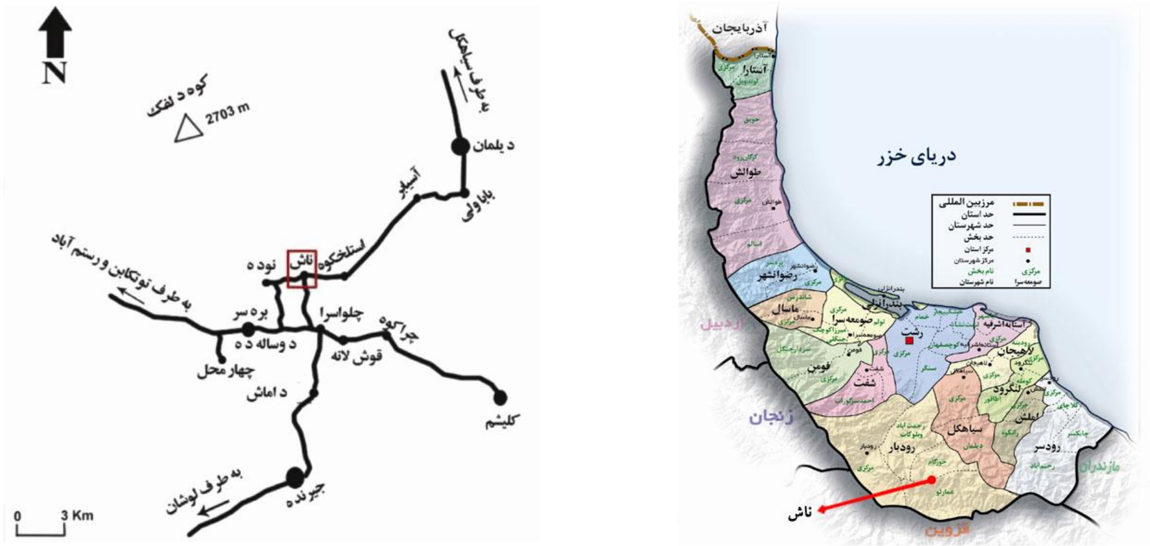
یکی از مهم‌ترین کاربردهای علم پترولوژی آذرین تعیین نقش گوشته استنوسفری و لیتوسفری در ساخته شدن مذاب و ارتباط و وابستگی آن با رویدادهای ژئوتکتونیکی است. به نحوی که برای منشأ بازالت‌های قاره‌ای و اقیانوسی ترکیب گوشته از بیشترین اهمیت برخوردار است (Jung, 2003). اما آنچه که باید در مناطق قاره‌ای مورد توجه قرار گیرد آن است که ماگماهای اولیه از ذوب بخشی گوشته به دلیل بر هم‌کنشی با پوسته قاره ای طی صعود مورد تعدیل و تغییر قرار می‌گیرند (Wilson, 1989). بنابراین، باید در پتروژنز ماگماهای

* haghnazar@liau.ac.ir

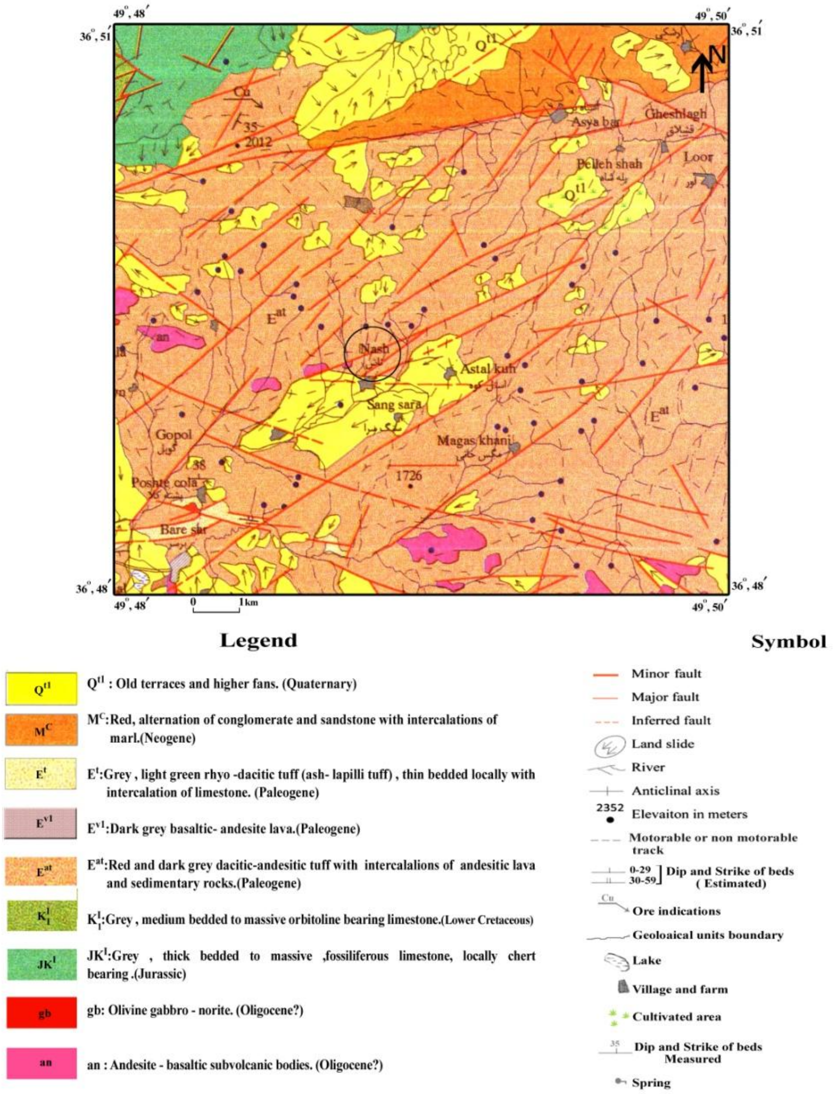
درون‌صـفحه قـاره‌ای همـواره نقـش آلـودگی پوسـته‌ای را در نظـر گرفـت. زیـرا بـرای مثـال آلـودگی پوسـته‌ای مـی‌توانـد ویژگـی‌هـای ژئوشـیمیایی بازالـت‌هـای درون صـــفحه قـــاره‌ای را تغییـــر دهـــد و ویژگـــی‌هـــای ژئوشـیمیایی سـنگ‌هـای منـاطق فـرورانش را بـه طـور کـاذب نشـان دهـد (Wilson, 1989). بررسـی علایـم ژئوشـیمیایی و ایزوتـوپی سـنگ‌هـا، اجـازه شناسـایی ترکیـب گوشـته و فرآینـدهای ماگمـایی نظیـر: اخـتلاط، آلایـش و هضـم را مـی‌دهـد. همـه بازالـت‌هـای قـاره‌ای الگوهای عناصـر کمیـاب غنـی‌شـده را نشـان مـی‌دهنـد. ایـــن غنـــی‌شـــدگی یـــا بـــه وســـیله نفـــوذ ســـیالات متاسـوماتیکی بـه وجـود آمـده، یـا بـه وسـیله پـذیرش اجـزاء غنـی‌شـده مثـل پوسـته و یـا لیتوسـفر توسـط استنوسـفر و مـواد گوشـته‌ای فقیـرشـده توضـیح داده می‌شـوند (Jung, 2003). از سـوی دیگـر، مـی‌تـوان بـین منبـع گوشـته‌ای و جایگـاه تکتـونیکی سـنگ‌هـا ارتبـاط برقـرار نمـود: مـثلاً، گوشـته تیـپ EM در واقـع گوشـته غنـی‌شـده لیتوسـفری اسـت (Weaver, 1991) کـه احتمـالاً در اثـر فـرورانش مـواد پوسـته‌ای بـه داخـل گوشـته بـه وجـود آمـده اسـت (Rollinson, 1993). متاسوماتیسـم گـوه گوشـته فوقـانی بـه وسـیله سـیالات آبـی آزاد شـده از ورقـه فـرو رانـده شـده باعـث غنی‌شـدگی از عناصـر ناسـازگار در ایـن سـنگ‌هـا شـده اسـت (Mysen, 1982). امـا در منـاطق ریفتـی درون‌قـاره‌ای گوشـته استنوسـفری منبـع OIB و منبـع MORB در پتروژنـز بازالـت‌هـا نقـش دارد (Wilson, 1989). از سـوی دیگـر، گوشـته لیتوسـفری زیـر قـاره‌ای نیـز اغلـب در پتروژنـز بازالـت‌هـا مطـرح اسـت و هـم گوشـته و هـم پوسـته لیتوسـفری بـه عنـوان آلـوده‌کننـده‌هـای ماگماهـای استنوسـفری مطـرح هسـتند (Ellam, 1992). در پـژوهش حاضـر، سـعی شـده اسـت تـا بـه کمـک شـواهد ژئوشـیمیایی، ویژگی های منشأ گوشـته‌ای و نقش پوسـته قـاره ای در تحـولات ماگمـایی سـنگ‌هـای آتشفشـانی ترسـیری منطقـه نـاش بررسـی و ارتبـاط آن بـا محـیط ژئودینـامیکی حـاکم در زمـان تشـکیل ایـن سـنگ‌هـا تعیـین شـود. ایـن موضـوع مـی‌توانـد مـا را در درک صـحیح‌تـر محـیط تکتونوماگمـایی سـنگ‌هـای ترسـیری در البرز و به طور کلی در ایران یاری رساند.

زمین شناسی منطقه ناش

منطقـه نـاش در ۷۵ کیلـومتری شـرق شهرسـتان رودبـار در اسـتان گـیلان واقـع شـده اسـت (شـکل ۱). منطقـه مـورد بررسـی طبـق تقسـیم‌بنـدی Stocklin (۱۹۶۸) در پهنـه البـرز و طبـق تقسـیم‌بنـدی Engalenc (۱۹۶۸) در پهنـه ترسـیر مرکـزی قـرار دارد. محـدوده ایـن منطقـه در بخـش مرکـزی ورقـه ۱/۱۰۰۰۰۰ جیرنـده بـین طـول‌هـای جغرافیـایی '۴۸ °۴۹ تـا '۵۰ °۴۹ و عـرض‌هـای '۴۸ °۳۶ تـا '۵۱ °۳۶ قـرار دارد (شـکل ۲). ورقـه ۱/۱۰۰۰۰۰ جیرنـده بخشـی از پهنـه البـرز مرکـزی را در بـر گرفتـه است که در آن واحـدهای سـنگی پالئوزوئیـک تـا عهـد حاضـر نمایـان هسـتند. واحـدهای آتشفشـانی-رسـوبی مزوزوئیـک بیشـتر در شـمال منطقـه بـه صـورت برگه‌هـای رانـده شـده در منـاطق گسـله رخنمـون دارد. امـا بخـش بزرگـی از منطقـه بـه وسـیله واحـدهای رسـوبی-آتشفشـانی سـنوزوئیک بـه ویـژه ترسـیری پوشـیده شـده‌انـد (Ghalamghash, 2002). برونـزد غالـب سـنگ‌هـای منطقـه نـاش را سـنگ‌هـای آتشفشـانی و آتشفشـانی-رسـوبی بـه سـن پـالئوژن بـه ویـژه ائوسـن میـانی بـه خـود اختصـاص داده اسـت کـه روی نقشـه بـا واحـد E^{at} مشـخص هسـتند. سـنگ‌هـای این واحد از توف‌های اسـیدی تـا حـد واسـط بـا ترکیـب داسیت تا ریوداسیت و میـان‌لایـه‌هـا و افـق‌هـای متعـدد گـدازه‌ای تشـکیل شـده کـه در روی زمـین بـه رنـگ خاکستری تا خاکسـتری تیـره و قرمـز دیـده مـی‌شـوند. این واحدها بیشتر توسـط دایـک‌هـا و تـوده‌هـای نفـوذی کوچک و توده‌های نیمه عمیق قطع شده‌اند.



شکل ۱- راه‌های دسترسی به منطقه ناش در شرق رودبار در استان گیلان، شمال ایران



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه ناش (Ghalamghash, 2002)

روش انجام پژوهش

پس از انجام بررسی های صحرایی، با توجه به تنوع لیتولوژی از واحدهای آتشفشانی منطقه تعداد ۵۰ نمونه برداشت و مقطع نازک تهیه شد و از نظر پتروگرافی با میکروسکوپ پلاریزان بررسی شد. سپس، از میان نمونه‌های فوق تعداد ۱۳ نمونه که دارای کمترین میزان هوازدگی بود، انتخاب و برای تجزیه عناصر اصلی با روش AES-ICP و ۱۳ نمونه دیگر برای تجزیه عناصر فرعی و REE با روش ICP-MS به آزمایشگاه SGS تورنتو کانادا ارسال شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای Igpet 2007 و GCDkit انجام شده است.

پتروگرافی

بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی روی سنگ‌های آتشفشانی منطقه، به لحاظ پتروگرافی مجموعه‌های زیر از یکدیگر تفکیک شد:

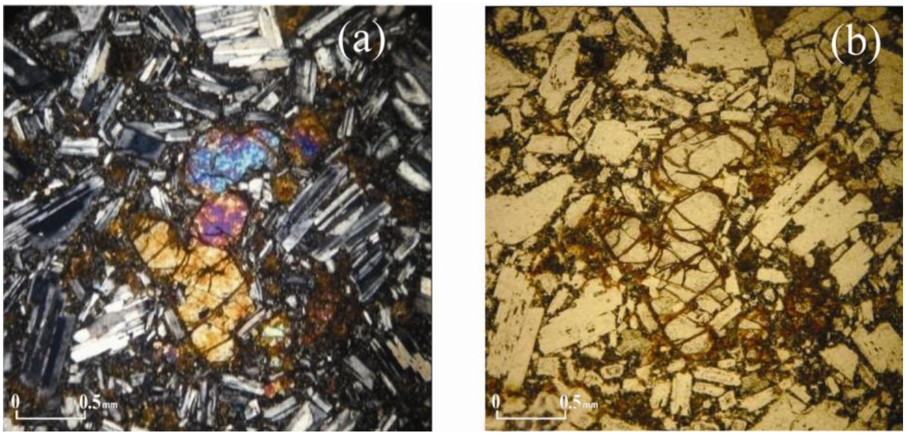
۱- اولیوین بازالت، ۲- آندزیت بازالتی، ۳- پیروکسن آندزیت، ۴- آندزیت

۱- اولیوین بازالت

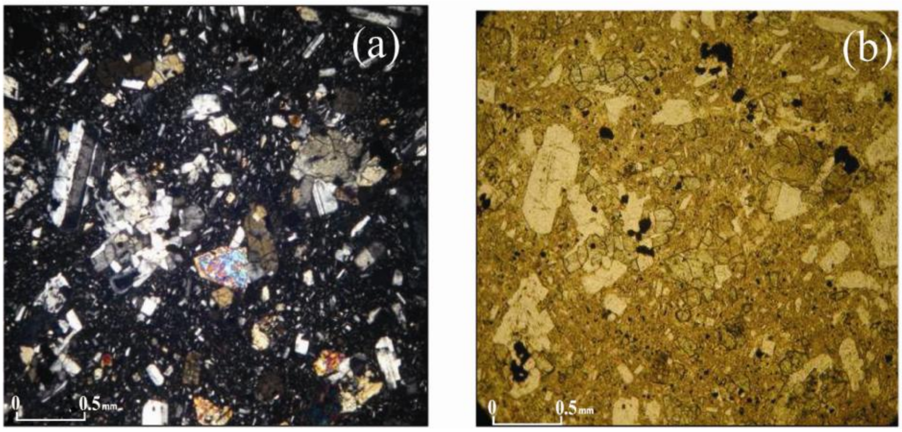
بافت این سنگ‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی تا میکرولیتی-شیشه‌ای و دانه متوسط است. فنوکرسیت‌ها شامل اولیوین و پلاژیوکلاز و در مقادیر کمتر کلینوپیروکسن است (شکل ۳). پلاژیوکلازها به صورت خودشکل تا نیمه‌خودشکل با ماکل‌های پلی‌سنتتیک و کارلسباد و گاهی بافت غربالی و ساختمان منطقه‌ای را نشان می‌دهد. اولیوین‌ها به صورت خودشکل تا نیمه خودشکل بوده، گاهی دگرسانی به کلریت و اکسیدهای آهن را نشان می‌دهد. برخی از اولیوین‌ها کاملاً ایدنگسیتی شده و تنها قالب آن به جای مانده است. اولیوین در بعضی نمونه‌ها به صورت پویی‌کلیتیکی داخل پلاژیوکلاز و پیروکسن دیده می‌شود که نشان از تقدم تبلور اولیوین نسبت به پلاژیوکلاز و پیروکسن دارد. پیروکسن‌ها در مقادیر کمتر به صورت خودشکل تا نیمه خودشکل در متن سنگ حضور داشته و به صورت پویی‌کلیتیکی حاوی ادخال های پلاژیوکلاز است و از طرفی گاهی بلورهای پلاژیوکلاز به صورت ساب‌افیتیک پیروکسن‌ها را قطع نموده‌اند. از سوی دیگر، پلاژیوکلازها به صورت پویی‌کلیتیکی بلورهای ریز پیروکسن را در بر گرفته‌اند. حضور پویی‌کلیتیکی پلاژیوکلاز داخل پیروکسن و پیروکسن داخل پلاژیوکلاز و همچنین، بافت ساب افیتیک از شواهد تبلور همزمان پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است (Shelley, 1993). خمیره اولیوین بازالت‌ها از میکرولیت های پلاژیوکلاز، دانه های کلینوپیروکسن و مگنتیت دانه‌ریز تشکیل شده است که گاهی فضای بین آنها توسط شیشه اکسیده شده پُر شده است.

۲- آندزیت بازالتی

بافت این سنگ‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی-شیشه‌ای بوده و فنوکریست‌های غالب در آنها به ترتیب پلاژیوکلاز و پیروکسن است (شکل ۴). تفاوت اصلی این سنگ‌ها با اولیوین بازالت‌ها، فقدان کانی اولیوین به عنوان فاز اصلی فنوکریستی است. پلاژیوکلازها به صورت خود شکل تا نیمه خودشکل با ماکل پلی‌سنتتیک و ساختمان منطقه‌ای و تا حد زیادی سالم و تازه است. بعضی از پلاژیوکلازها بافت غربالی واضحی را نشان می دهند که البته این موضوع در همه بلورها مشاهده نمی‌شوند. پیروکسن‌ها به صورت خودشکل تا نیمه خودشکل و یک پلئوکروئیسم متمایل به سبز را نشان می‌دهند. مگنتیت نیز به صورت نیمه خودشکل و بی‌شکل همراه فنوکریست‌ها مشاهده می‌شود. خمیره از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و دانه‌های ریز کلینوپیروکسن تشکیل شده که مگنتیت و شیشه فضای بین آنها را پُر نموده‌اند.



شکل ۳- فنوکریست‌های اولیوین در سنگ اولیوین بازالت، a) در نور XPL، b) در نور PPL



شکل ۴- فنوکریست‌های پیروکسن و پلاژیوکلاز در آندزیت بازالتی، a) در نور XPL، b) در نور PPL

۳- پیروکسن آندزیت

وجه اختلاف این سنگ ها با نمونه‌های آندزیت بازالتی، مربوط به ظهور کانی آمفیبول در این سنگ‌هاست (شکل ۵). پلاژیوکلاز به عنوان فراوان‌ترین فنوکریست هم به صورت درشت‌بلور و هم ریزبلور در متن سنگ وجود دارند. پلاژیوکلاز گاهی دارای بافت غربالی است. آمفیبول‌ها به صورت خودشکل تا نیمه خودشکل بوده و پلئوکروئیسم قهوه‌ای نشان می‌دهد و دارای حاشیه سوخته (اپاسیتی شده) است. این حاشیه سوخته به صورت نواری نازک در اطراف آمفیبول‌ها مشاهده می‌شود. پیروکسن‌ها سومین فنوکریست را از نظر فراوانی تشکیل داده و از نظر ویژگی‌های کانی‌شناسی مشابه آندزیت‌های بازالتی است. خمیره این سنگ‌ها از میکرولیت‌های ریز پلاژیوکلاز و دانه‌های کلینوپیروکسن تشکیل شده که فضای بین آنها توسط شیشه دگرسان شده پُر شده است.

۴- آندزیت

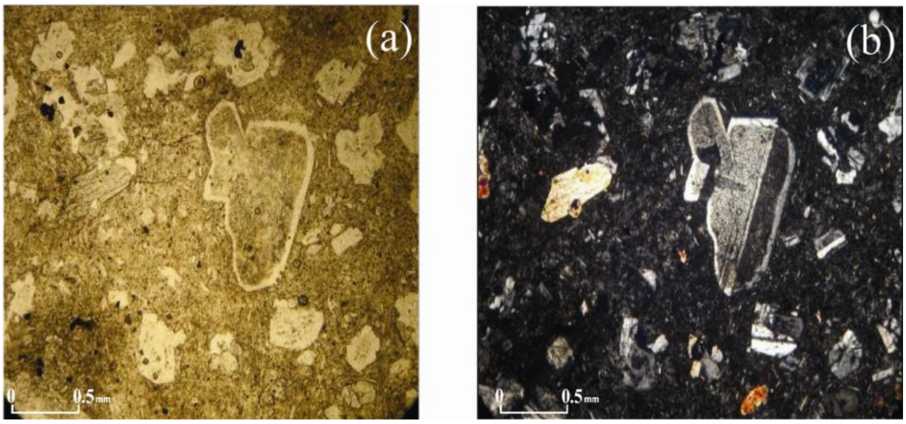
بافت این سنگ‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریانی و یا میکرولیتی-شیشه ای است. فنوکریست ها به ترتیب فراوانی شامل پلاژیوکلاز و آمفیبول است (شکل ۶). وجه اختلاف این سنگ ها با نمونه‌های آندزیت بازالتی و پیروکسن آندزیت، فقدان بلورهای پیروکسن، هم در فنوکریست و هم در خمیره است. از ویژگی‌های پتروگرافی این سنگ‌ها ضخامت حاشیه سوخته (اپاسیتی شده) آمفیبول‌ها است که در نمونه‌های آندزیتی بسیار

بیشــتر از نمونــه‌هــای پیروکســن آنــدزیتی اســت، بــه نحوی که گـاهی تمـام پیکـره آمفیبـول اپاسـیتی شـده و تنها اجساد آنهـا بـر جـای مانـده اسـت. بررسـی‌هـای پتروگرافـی، یـک تفریـق قابـل توجـه در نمونـه‌هـای سـنگی منطقـه را نشـان مـی‌دهـد. ایـن تحـول از اولیوین بازالت بـه آنـدزیت بـازالتی بـا حـذف اولیـوین، از آنـدزیت بـازالتی بـه پیروکسـن آنـدزیت بـا ظهـور آمفیبـول و کـاهش تـدریجی پیروکسـن در پیروکسـن آندزیت و از سـمت پیروکسـن آنـدزیت بـه آنـدزیت بـا حذف کامل پیروکسن مشخص می‌شود.

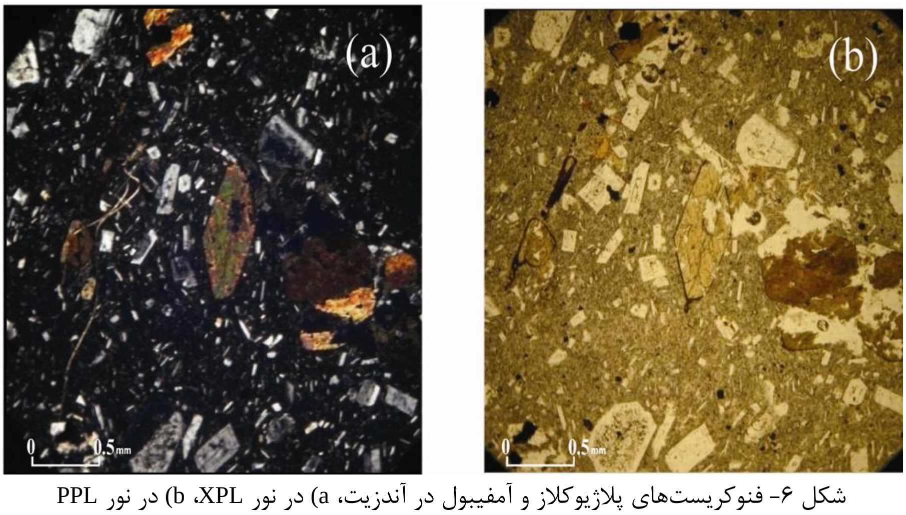
از دیگــر ویژگــی‌هــای پتروگرافــی ســنگ‌هــای منطقــه، حضــور گزنولیــت‌هــا و گزنوکریســت‌هــای متنــوع در تمــامی تــرم‌هــای ســنگی منطقــه اســت (شــکل ۷). گزنولیــت‌هــا بیشــتر دارای ترکیــب گـابرویی، دیـوریتی و گـاهی بـازالتی بـوده، بیشـتر در نمونــه‌هــای پیروکســن آنــدزیتی و آنــدزیتی دیــده مــی‌شــود. ایــن بیگانــه ســنگ‌هــا و بلورهــا از شــواهد پتروگرافی آلایش پوسته‌ای است.

ژئوشیمی

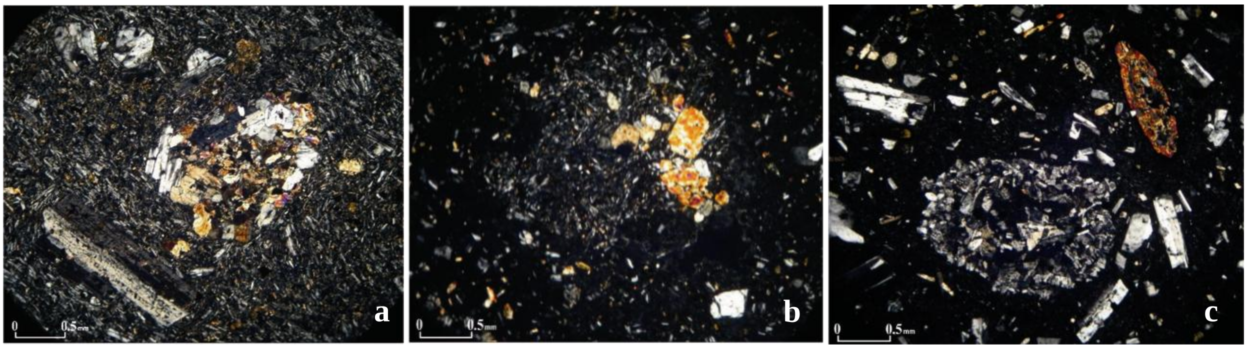
در جـدول ۱ نتـایج تجزیـه شـیمیایی اکسـیدهای اصـلی ۱۳ نمونـه از سـنگ‌هـای آتشفشـانی منطقـه بـا روش ICP-AES و نتــایج تجزیــه شــیمیایی عناصــر فرعــی و REE آنهــا بــا روش ICP-MS در جــدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۵- فنوکریست‌های پلاژیوکلاز غربالی شده، آمفیبول و پیروکسن در پیروکسن آندزیت، (a در نور PPL، (b در نور XPL



شکل ۶- فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول در آندزیت، a) در نور XPL، b) در نور PPL



شکل ۷- گزنولیت‌ها در سنگ‌های آتشفشانی منطقه ناش. a) بیگانه‌سنگ گابرویی، b) بیگانه‌سنگ دیوریتی، c) بیگانه‌سنگ بازالتی

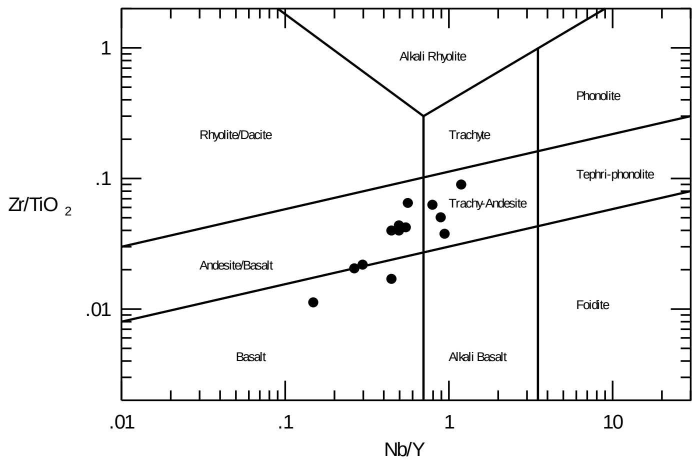
جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی سنگ‌های آتشفشانی ناش با روش ICP-AES

Sample	N-2	N-3	N-4	N-5	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12	N-14	N-15	N-16
SiO_2	59.1	50.6	52	63.6	46	45.3	55.4	56.7	53.7	57.5	56.2	59.4	57.9
Al_2O_3	17.1	18.4	18.5	15.5	18.8	18.6	17.5	18.6	17.8	17.8	18	17.7	18.2
Fe_2O_3	5.13	7.94	7.73	4.2	8.97	9.17	6.06	5.45	6.42	5.51	6.19	4.73	5.51
CaO	4.33	7.71	7.9	3.92	9.55	11.4	6.64	6.2	6.61	5.92	5.09	4.11	4.31
MgO	2.65	3.04	2.97	1.52	3.5	3.64	3.98	2.33	4.11	3.26	2.22	1.41	3.12
Na_2O	3.6	3.4	3.6	4.2	4.3	3.6	3	3.2	2.7	3.3	3.6	3.8	3.7
K_2O	3.81	2.28	2.31	2.45	1.89	1.62	2.06	2.37	2.83	2.16	2.94	3.07	3.02
MnO	0.05	0.13	0.13	0.11	0.13	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.09	0.13
P_2O_5	0.23	0.39	0.41	0.17	0.35	0.16	0.19	0.24	0.19	0.22	0.33	0.2	0.24
TiO_2	0.51	1.07	1.08	0.47	1.29	0.9	0.55	0.68	0.55	0.54	0.85	0.52	0.67
LOI	2.04	2.44	1.52	2.38	3.17	3.02	1.43	2.13	2.64	1.59	1.49	2.4	1.17
Total	98.7	97.5	98.1	98.5	97.65	97.75	97.9	98	97.7	98	97.1	97.4	98

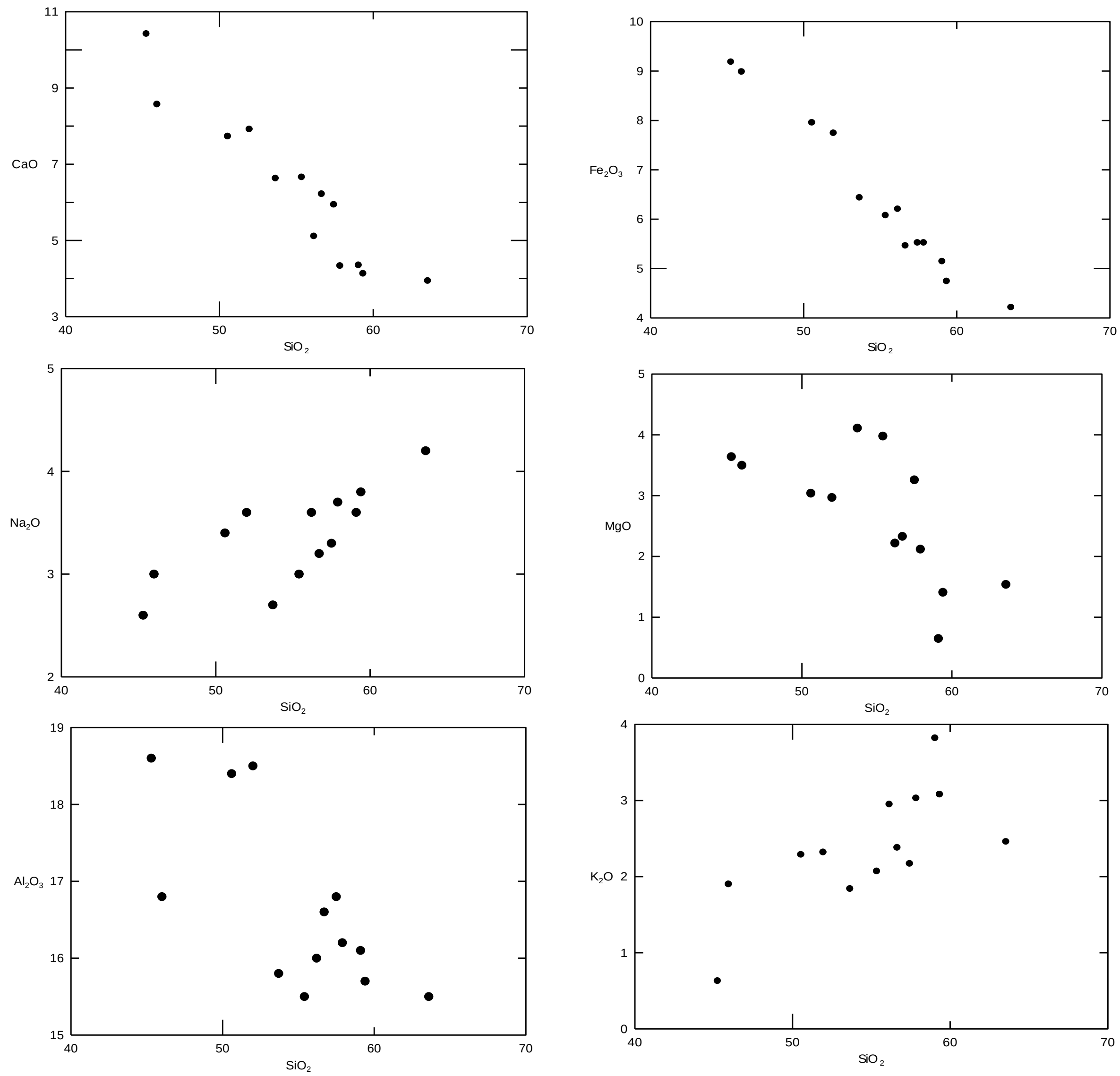
جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر فرعی و REE سنگ‌های آتشفشانی ناش با روش ICP-MS

Sample	N-2	N-3	N-4	N-5	N-7	N-8	N-9	N-10	N-11	N-12	N-14	N-15	N-16
Ba	500	680	680	800	510	300	690	750	610	690	520	560	530
Nb	16	8	9	24	9	3	9	11	10	10	19	17	18
Sr	370	640	660	370	480	460	380	390	400	420	470	370	380
Y	20	30	30	20	20	20	20	20	20	20	20	30	20
Zn	62	102	91	63	78	78	72	69	69	62	72	69	105
Zr	190	130	140	250	130	60	130	170	130	140	190	200	200
Ce	53.4	54.1	57	80.2	49.1	21.9	47.7	61.1	47.4	51.3	54	58.5	57.4
Co	6	15.7	15.4	6.1	21.5	23.9	16	10.5	15.9	12.3	11.6	6.8	9.4
Cs	1.8	0.6	0.5	2.1	2.3	0.2	1.7	2.6	2.4	2.5	2.7	3.1	2.7
Cu	16	55	43	15	59	63	37	27	34	28	25	13	18
Dy	3.09	4.93	5.25	3.57	4.16	2.76	3.15	4.1	3.3	3.05	3.37	3.69	3.74
Er	1.94	2.83	2.9	2.19	2.24	1.58	1.9	2.41	1.91	1.69	1.87	2.18	2.47
Eu	1.04	1.71	1.87	1.24	1.81	1.14	1.03	1.32	1.09	1.08	1.21	1.04	1.29
Ga	17	19	19	18	19	18	17	18	17	17	18	17	18
Gd	3.34	5.71	5.73	4.27	5.01	3.01	3.37	4.78	3.78	3.53	3.94	3.89	4.15
Hf	4	4	4	6	3	2	3	4	3	4	5	5	5
Ho	0.7	1.04	1.05	0.74	0.84	0.61	0.68	0.94	0.69	0.63	0.74	0.78	0.85
La	32.6	27.9	29.7	47.4	26.7	11.4	27.6	34.2	28.7	29.6	30.9	34.3	33.4
Lu	0.28	0.36	0.42	0.32	0.3	0.21	0.25	0.34	0.26	0.28	0.3	0.37	0.39
Nd	21.5	28.5	30.1	29.4	25.8	12.5	20.9	27	22	21.7	22.6	23.9	24
Ni	8	11	12	10	18	17	25	12	27	19	57	34	15
Pr	6.23	7.1	7.63	8.89	6.49	3.03	5.8	7.54	6.14	6.17	6.53	6.83	6.84
Rb	106	47.4	49.1	92.8	54.7	9.5	66.3	117	80.1	113	123	112	113
Sm	3.9	6.6	6.7	5.2	5.5	3	4.2	5.4	4.4	4.2	4.5	4.5	4.9
Sn	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Ta	1.2	0.4	0.4	1.8	0.4	0.4	0.6	0.7	0.6	0.7	1.5	1.4	1.4
Tb	0.55	0.84	0.89	0.62	0.74	0.47	0.53	0.72	0.51	0.49	0.61	0.6	0.62
Th	9	4.5	4.6	11.7	4.9	2.3	9.1	11.3	9.2	9.7	8	9.7	9.1
Tl	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Tm	0.28	0.4	0.44	0.32	0.34	0.23	0.25	0.37	0.3	0.28	0.29	0.36	0.34
U	2.6	1.26	1.33	3.07	1.36	0.65	2.48	3.54	2.39	2.8	2.42	3.02	2.87
V	56	149	149	40	190	183	105	92	95	67	71	48	72
Yb	2.1	2.6	2.8	2.2	2.2	1.5	1.8	2.4	1.9	1.7	2.1	2.5	2.4

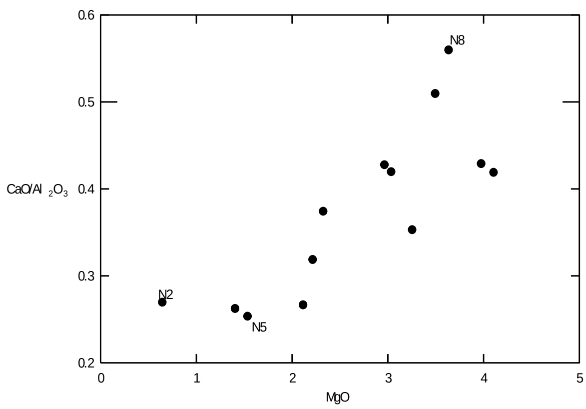
مقــدار SiO_2 درســنگ‌هــای منطقــه در طیفــی گســترده از ۴۵/۳ تــا ۶۳/۶ درصــد قــرار دارد. چهــار نمونه بین ۴۵ تا ۵۲ درصد سیلیس داشته که جزو سنگ های بازیک منطقـه محسوب مـی‌شـود و سـایر سنگ ها در طیف سنگ های حد واسط تا اسیدی قــرار دارد. در نمــودار لگــاریتمی Zr/TiO_2 در برابــر Nb/Y از Winchester و Floyd (۱۹۷۷) نمونـــه‌هـــا رونــدی از بازالــت، آنــدزیت‌هــای بــازالتی تــا تراکــی‌آنــدزیت را نشــان مــی‌دهنــد (شــکل ۸). در نمودارهــای هــارکر بــا افــزایش مقــدار SiO_2 مقــادیر اکســـــــــــیدهای MgO، CaO، Fe_2O_3، TiO_2 و Al_2O_3کـــــاهش و مقـــادیر Na_2O و K_2O افـــزایش می‌یابد (شکل ۹). همچنـین، همگـام بـا افـزایش رونـد تفریـــق، یعنـــی کـــاهش مقـــدار MgO، نســـبت CaO/Al_2O_3 بـه طـور مـنظم کـاهش مـی‌یابـد (شـکل ۱۰). تفریـق اولیـوین نمـی‌توانـد نسـبت CaO/Al_2O_3 را تغییر دهد و تنها با مصرف Mg در ساختار خود مقـدار MgO را در مـذاب باقیمانـده کـاهش مـی‌دهـد. امـــا از ســـوی دیگـــر، نســـبت CaO/Al_2O_3 در پلاژیـوکلاز انـدک بـوده، بـه نحـوی کـه مقـدار ایـن نســـبت در کلینوپیروکســـن در حـــدود ده برابـــر پلاژیـــوکلاز اســـت. بنـــابراین، نســـبت CaO/Al_2O_3 همگــام بــا تفریــق کلینوپیروکســن کــاهش مــی‌یابــد (Le Roux, 2002). در نمـــــودار تغییـــــرات Al_2O_3/CaO در برابــر SiO_2 (شــکل ۱۱) همبســتگی مثبت خطی بین نمونه‌ها مشاهده شده، از بردار تفریـق کلینوپیروکسـن تبعیـت مـی‌نماینـد (Dicheng *et al.*, 2007). از طرفـی، همگـام بـا کـاهش مقـدار MgO، یعنـــی افـــزایش تفریـــق، مقـــدار Al_2O_3 ثابـــت مانده که ایـن موضـوع بیـانگر عـدم تفریـق پلاژیـوکلاز اســت (شــکل ۱۲). دیــاگرام‌هــای تغییــرات عناصــر اصـلی تفریـق اولیـوین و کلینوپیروکسـن را در رونـد تحول ماگمایی سنگ های منطقـه نشـان مـی‌دهـد. در شــکل ۱۳ همبســتگی مثبــت خطــی بــین عناصــر ناســازگار مشــابه مشــاهده شــده و بــه طــور قابــل تـوجهی از مبـدأ مختصـات عبـور مـی‌کنـد. بـه عقیـده Wilson (۱۹۸۹) ثابـــت مانـــدن غلظـــت عناصـــر ناسازگار تنهـا در نتیجـه تبلـور تفریقـی محتمـل اسـت و بـه عقیـده وی ایـن موضـوع سـیمای مشخصـی در بسیاری از سـری‌هـای آتشفشـانی ریفـت درون قـاره‌ای شـرق آفریقاسـت. البتـه بـه عقیـده Wilson (۱۹۸۹) باید در تفسیر همبستگی نمونـه هـا و رونـدهای ایجـاد شده بـه عنـوان خـط واقعـی نـزول مـایع محتـاط بـود. زیرا این روند ها در سـری‌هـایی کـه در معـرض فرآینـد AFC (هضم به همراه تفریـق بلـوری) قـرار گرفتـه انـد، نیز حفظ می‌شود.



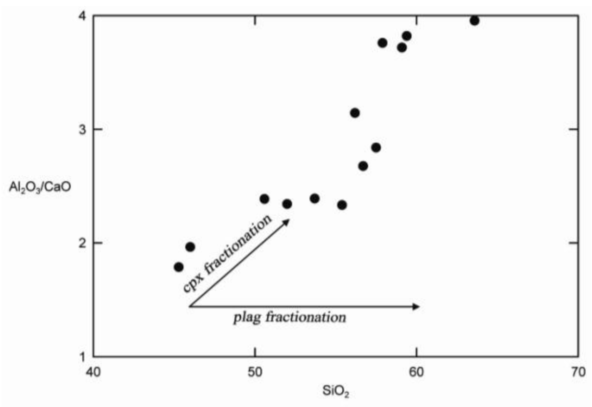
شکل ۸- موقعیت سنگ‌های منطقه ناش در نمودار لگاریتمی Zr/TiO_2 در برابر Nb/Y اقتباس از Winchester و Floyd (۱۹۷۷)



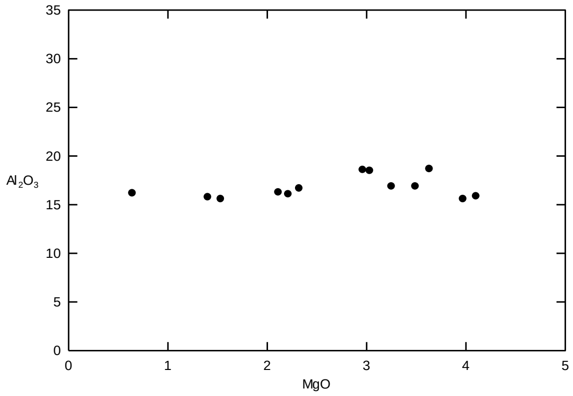
شکل ۹- تغییرات عناصر اصلی در برابر سیلیس در سنگ‌های آتشفشانی ناش



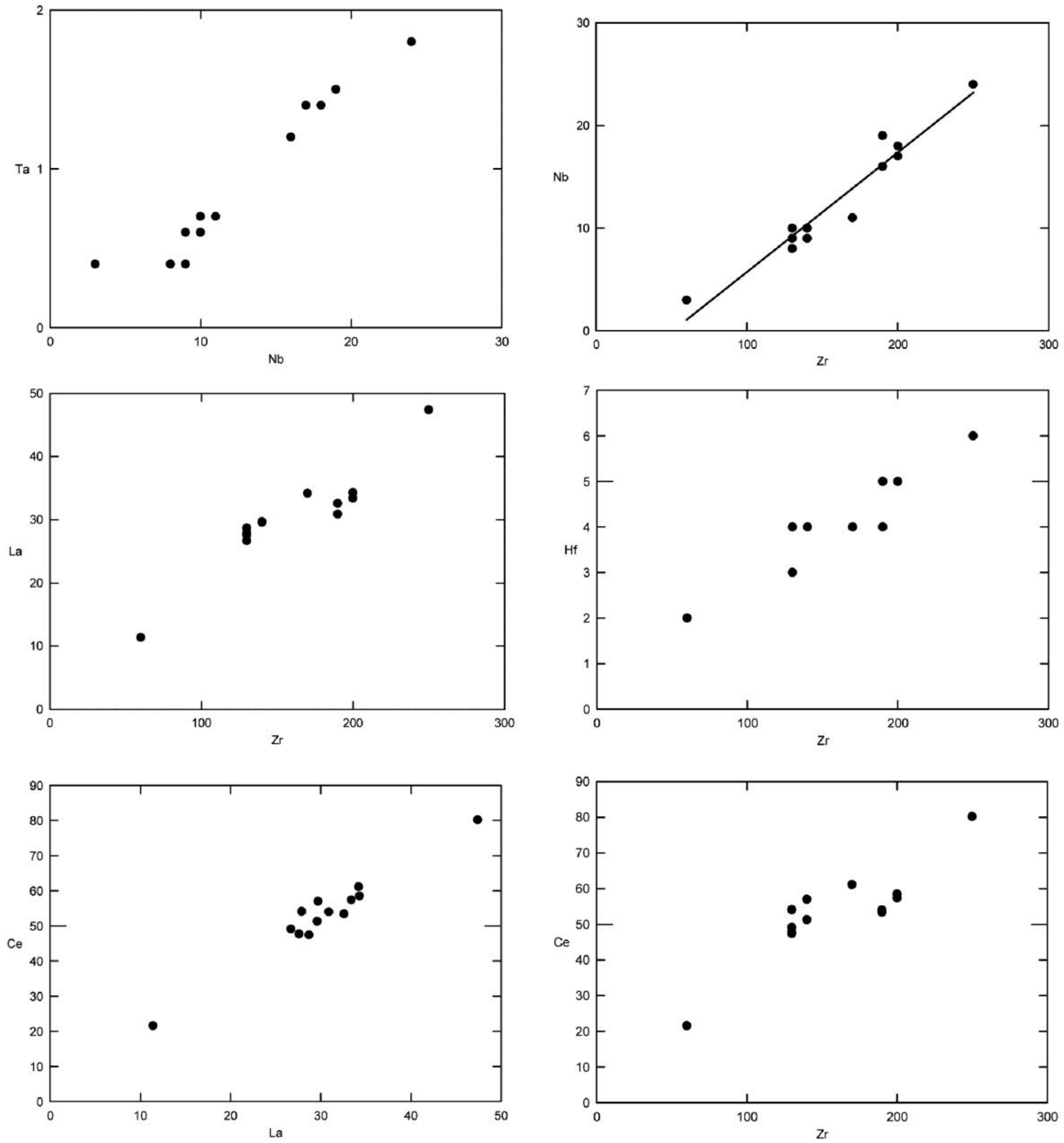
شـکل ۱۰- نمـودار تغییـرات Al_2O_3/CaO در برابـر MgO در سنگ‌های آتشفشانی ناش



شـکل ۱۱- نمـودار تغییـرات Al_2O_3/CaO در برابـر SiO_2 در سنگ‌هـای آتشفشـانی نـاش اقتبـاس از Dicheng و همکـاران (۲۰۰۷)



شـکل ۱۲- نمـودار تغییـرات Al_2O_3 در برابـر MgO در سـنگ‌هـای آتشفشانی ناش



شکل ۱۳- نمودار تغییرات عناصر کمیاب ناسازگار در سنگ‌های آتشفشانی ناش

آلایش پوسته‌ای

در بررسی‌های پتروژنز تمامی ایالت‌های درون‌صفحه‌ای قاره‌ای باید به این نکته توجه داشت که ماگماها ضمن صعود تا چه حد با سنگ‌های پوسته قاره‌ای بر هم‌کنشی داشته‌اند. بنابراین، در منشأ ماگماهای این مناطق همواره باید نقش آلودگی پوسته‌ای را در نظر داشت (Wilson, 1989).

نسبت K_2O/P_2O_5 در نمونه‌های منطقه بین ۳/۸۷ در بازیک‌ترین نمونه تا ۱۶/۵۶ در اسیدی‌ترین نمونه تغییر می کند. معمولاً بازالت‌های منشأ گرفته از گوشته دارای نسبت $K_2O/P_2O_5 \leq 2$ است (Carlson and Hart, 1988). هضم پوسته یا تفریق آپاتیت سبب بالا رفتن نسبت مزبور می‌شود (Carlson and Hart, 1988). در شکل ۱۴ همبستگی مثبت K_2O/P_2O_5 نسبت به SiO_2 مشاهده می‌شود. به عقیده Brueseke و Hart (۲۰۰۹) افزایش نسبت K/P همگام با افزایش SiO_2 نشانه تفریق بلورین ماگمای مافیک همراه با هضم پوسته سیلیسی غنی از K است. به عقیده این پژوهشگران، این پدیده عامل اصلی تولید ماگماهای حد واسط در جایگاه درون صفحه قاره‌ای عنوان شده است. شاخص La/Sm نیز از معرف‌های حساس به آلودگی پوسته‌ای است (Lightfoot and Keays, 2005). در شکل ۱۵ همبستگی مثبتی خطی بین نسبت La/Sm در برابر K_2O/P_2O_5 مشاهده می‌شود. نمونه N8 یعنی بازیک‌ترین نمونه دارای پایین‌ترین نسبت La/Sm و K_2O/P_2O_5 و نمونه N5 به عنوان اسیدی‌ترین نمونه دارای بالاترین نسبت‌های La/Sm و K_2O/P_2O_5 است.

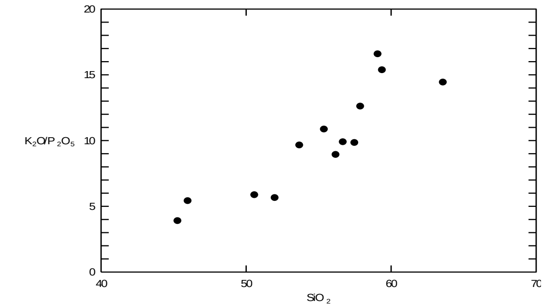
بررسی الگوی عناصر کمیاب ناسازگار و مقایسه آنها با مقادیر پوسته‌ای حکایت از دو مرحله آلایش پوسته‌ای در سنگ‌های منطقه دارد. در شکل ۱۶ الگوی میانگین عناصر کمیاب سنگ‌های بازیک و حد واسط منطقه درمقایسه با مقادیر پوسته زیرین و فوقانی نشان داده شده است. الگوها به خوبی همبستگی روند عنصری سنگ‌های بازیک منطقه با پوسته تحتانی و سنگ‌های حد واسط منطقه را با پوسته فوقانی نشان می‌دهد. روندهای مشابه و فراز و نشیب‌های یکسان نمونه‌ها، بر هم‌کنشی ماگماهای بازیک منطقه را با پوسته زیرین و سنگ‌های حد واسط منطقه را با پوسته فوقانی مدلل می‌سازد.

در شکل ۱۷ الگوی عناصر REE سنگ‌های حد واسط منطقه بهنجار شده با پوسته فوقانی نشان داده شده است. روند خطی نمونه‌ها منطبق با مقادیر پوسته فوقانی، آلایش پوسته‌ای سنگ‌های حد واسط منطقه با پوسته فوقانی را نشان می دهد. به نظر می رسد در منطقه بررسی شده دو مخزن ماگمایی مرتبط با هم یکی در پوسته تحتانی و دیگری در پوسته فوقانی به وجود آمده است.

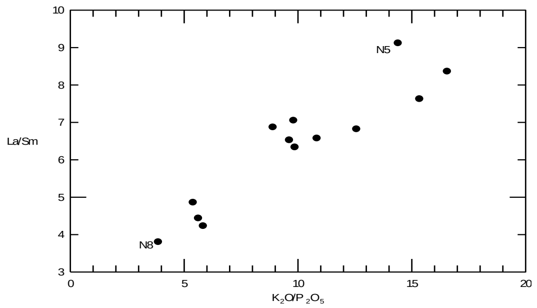
منشأ گوشته‌ای

از نسبت‌های عناصر کمیاب ناسازگار در سیستم‌های بازالتی برای تمیز منابع گوشته‌ای و پوسته‌ای استفاده می‌شود (Weaver, 1991). به عقیده Hoffman (۱۹۹۷) نسبت‌های عناصر کمیاب ناسازگار می‌تواند به عنوان ردیاب‌های ژئوشیمایی ناحیه منشأ عمل کند. از نمودار دو تایی Y/Nb در برابر Zr/Nb می‌توان به منظور تأثیر زبانه‌های گوشته‌ای داغ منبع OIB (پلوم) بر ژئوشیمی مورب استفاده نمود (Wilson, 1989). در نمودار Y/Nb در برابر Zr/Nb، نمونه‌های منطقه ناش آشکارا بر روی روندی قرار دارند که آمیزه‌ای از یک منبع MORB تهی شده و منبع غنی‌شده (مشخصه ریفت کنیا و یا منبع غنی‌شده OIB) است (شکل ۱۸). بازیک‌ترین نمونه (N8) به منبع مورب نزدیک بوده، نمونه‌ها روندی خطی به سمت پوسته قاره‌ای و منبع OIB نشان می‌دهند. به عقیده Wilson (۱۹۸۹) مشاهده این روند دخالت منبع گوشته‌ای استنوسفری منبع مورب را در

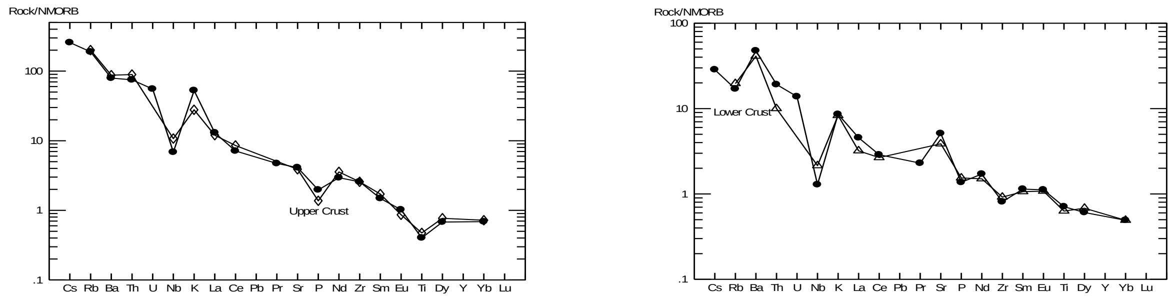
پتروژنز سنگ‌های منطقه ناش نشان می‌دهد. در نمودار Rb/Y در برابر Nb/Y از Zhao و Zhou (۲۰۰۷) نمونه های منطقه از سمت بازیک به سمت حد واسط روندی از یک منبع مورب به سمت پوسته قاره‌ای فوقانی نشان می‌دهند (شکل ۱۹). موقعیت نمونه‌های منطقه در نمودار لگاریتمی Nb/Y در برابر Zr/Y نشان داده شده است (شکل ۲۰). به طور کلی، این نمودار تقریباً غیر حساس به تأثیر فرآیندهای آلتراسیون، تفریق بلورین درجات متغیر ذوب بخشی است (Fitton *et al.*, 1997). به عقیده Wilson و Lyashkevich (۱۹۹۶) روندهای خطی در نمودار، حداقل دو ناحیه منشأ متفاوت را در پتروژنز ماگماها مطرح می‌کند. همان طور که، ملاحظه می‌شود بازیک‌ترین نمونه منطقه (N8) دارای نسبت‌های پایین Nb/Y و Zr/Y است که از ویژگی های منابع تهی شده مثل منبع مورب است. در حالی که به صورت تدریجی و خطی نمونه ها به سمت گوشته OIB منحرف شده، دقیقاً از روند پوسته قاره‌ای تبعیت می کنند. این موضوع دخالت دو منبع گوشته استنوسفری منبع مورب و پوسته قاره‌ای را در پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی منطقه مطرح می‌نماید.



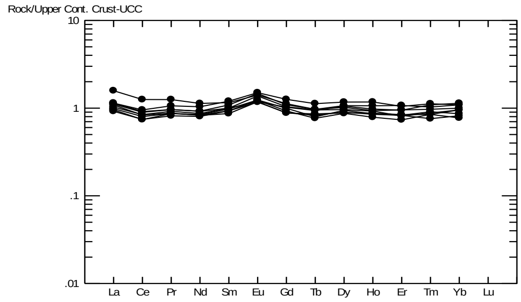
شکل ۱۴- نمودار تغییرات K_2O/P_2O_5 نسبت به SiO_2 در سنگ‌های آتشفشانی ناش



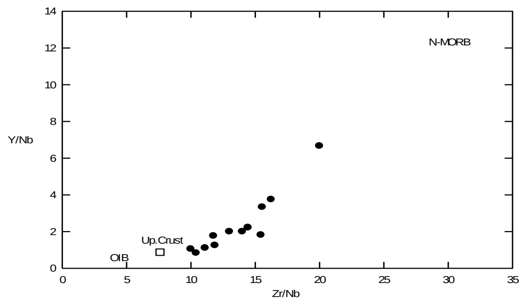
شکل ۱۵- نمودار تغییرات La/Sm در برابر K_2O/P_2O_5 در سنگ‌های آتشفشانی ناش. نمونه N8 بازیک‌ترین و نمونه N5 اسیدی‌ترین نمونه سنگ‌های منطقه است.



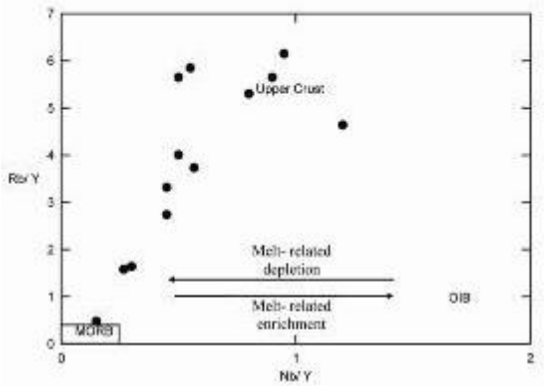
شکل ۱۶- مقایسه الگوی میانگین عناصر کمیاب سنگ‌های بازیک ناش در مقایسه با پوسته تحتانی (سمت راست) و مقایسه الگوی میانگین عناصر کمیاب سنگ‌های حد واسط ناش در مقایسه با پوسته فوقانی (سمت راست).



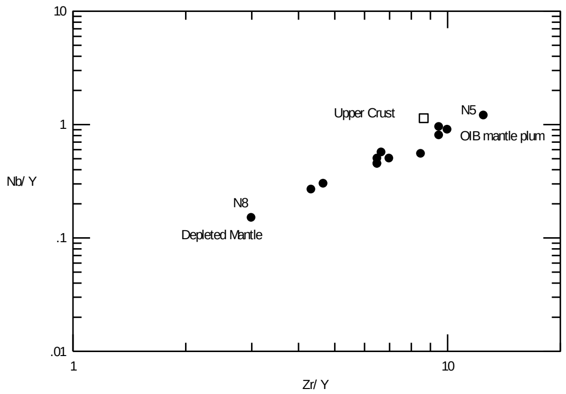
شکل ۱۷- الگوی عناصر REE سنگ‌های حد واسط منطقه بهنجار شده با پوسته فوقانی



شکل ۱۸- موقعیت نمونه‌های آتشفشانی منطقه ناش در نمودار دوتایی Y/Nbدربرابر Zr/Nb



شکل ۱۹- موقعیت نمونه‌های آتشفشانی منطقه ناش در نمودار دوتایی Rb/Y در برابر Nb/Y اقتباس از Zhao و Zhou (۲۰۰۷)



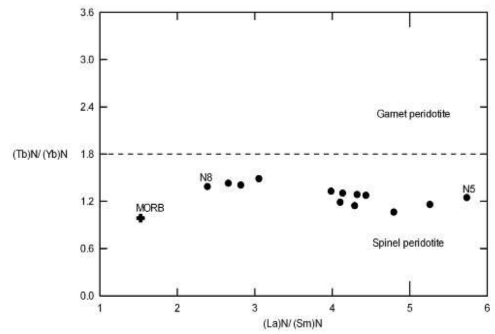
شکل ۲۰- موقعیت نمونه‌های آتشفشانی منطقه ناش در نمودار لگاریتمی Nb/Y در برابر Zr/Y اقتباس از Fitton و همکاران (۱۹۹۷)

بحث و نتیجه‌گیری

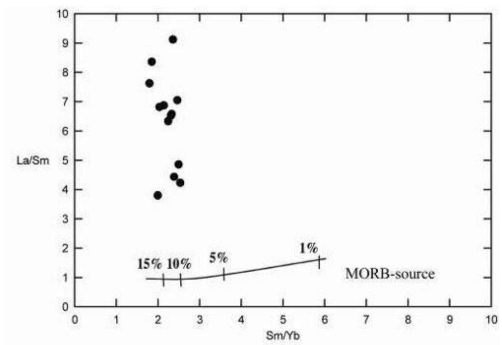
سنگ‌های آتشفشانی ترسیری منطقه ناش در شمال ایران واقع در رشته کوه‌های البرز تنوع ترکیبی بین اولیوین بازالت، آندزیت بازالتی، پیروکسن آندزیت و آندزیت را نشان می‌دهد که بر اساس شواهد ژئوشیمیایی این سنگ‌ها با پوسته قاره‌ای تحتانی و فوقانی آلوده شده‌اند. حضور گزنولیت‌های متنوع و گزنوکریست‌ها در این سنگ‌ها این آلودگی را تأیید می‌کند. بررسی‌های نسبت‌های عناصر کمیاب ناسازگار نشان می‌دهد که نمونه‌های بازیک منطقه به منابع گوشته استنوسفری منبع مورب نزدیک بوده، روندهای بین نمونه‌های اولیه و تکامل یافته آرایشی خطی بین گوشته منبع مورب و پوسته قاره ای را نشان می دهد که نشان از بر هم‌کنشی ماگماهای منشأ گرفته از گوشته منبع مورب با پوسته قاره ای دارد. در نمودار (Tb/Yb)N در برابر (La/Sm)N، تمامی نمونه‌ها به صورت روند افقی با نسبت تقریباً ثابت ۱/۲۸ در محدوده گوشته اسپینل قرار گرفته‌اند (شکل ۲۱). مقادیر (Tb/Yb)N<۱/۸ از شاخصه‌های منشأ گوشته‌ای با رخساره اسپینل است (Wang *et al.*, 2002). در این نمودار، بازیک‌ترین نمونه (N8) به منبع مورب نزدیک است و همان طور که در شکل ۱۵ نشان داده شده، نسبت La/Sm به شدت متأثر از آلودگی پوسته‌ای بوده و روند خطی مشاهده شده در نتیجه آلایش پوسته‌ای است. در نمودار La/Sm در برابر Sm/Yb (شکل ۲۲) درصدهای ذوب بخشی یک منبع مورب نشان داده شده است (Kuepouo *et al.*, 2006) همان طور که، ملاحظه می‌شود نمونه‌های منطقه نسبت‌های ثابتی از Sm/Yb را نشان داده، به نحوی که بازیک‌ترین نمونه دارای کمترین مقدار La/Sm و به منبع مورب نزدیک‌تر است. با توجه به این که نمونه های بازیک منطقه نیز دچار آلودگی با پوسته تحتانی شده اند (شکل ۱۶)، بنابراین شاید نمونه‌های اولیه قبل از آلودگی دارای نسبت‌های پایین‌تر La/Sm بوده، روند خطی عمودی نمونه‌ها، ذوب حدود ۱۵ درصد یک منبع مورب را نشان می دهند. شواهد ژئوشیمیایی گویای آن است که سنگ‌های آتشفشانی منطقه ناش از ذوب ۱۵ درصد یک گوشته استنوسفری منبع مورب با رخساره اسپینل منشأ گرفته است که به درجاتی با سنگ‌های پوسته قاره‌ای آلوده شده‌اند. نقش گوشته استنوسفری منبع مورب هم در مورد پتروژنز بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی و هم بازالت‌های ریفتی درون قاره و بازالت‌های طغیانی قاره‌ای مطرح است (Wilson, 1989).

در نمـــودار لگـــاریتمی K_2O/Yb در برابـــر Ta/Yb از Pearce (۱۹۸۲) نمونـــه‌هـــا درون آرایـــه گوشـــته‌ای روندی از سمت گوشـته منبـع مـورب بـه سـمت گوشـته غنی شـده داخـل صـفحه نشـان مـی‌دهنـد (شـکل ۲۳). در نمـــودار Ba/La در برابـــر La/Sm (Ryan *et al.*, 1996) موقعیــت نمونــه‌هــای آتشفشــانی منطقــه نــاش نشـان داده شـده اسـت (شـکل ۲۴). بـه عقیـده Ryan و همکـــاران (۱۹۹۶) نســـبت Ba/La بـــه شـــدت تـــابع سـیالات آزاد شـده از صـفحه فـرو رانـده شـده بـوده، در حـالی کـه نسـبت La/Sm متـأثر از آلـودگی پوسـته‌ای اسـت. همـان طـور کـه در نمـودار مشـاهده مـی شـود نمونه‌های منطقـه نـاش دارای نسـبت‌هـای کـم و تقریبـاً ثابـت از Ba/La و رونـدی افقـی از سـمت منبـع مـورب در جهت بردار آلایش پوسته‌ای نشان می‌دهند.

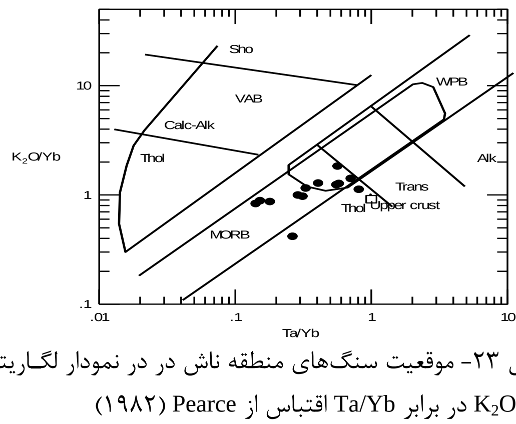
در نمـــودار لگـــاریتمی Th/Hf در برابـــر Ta/Hf (Wang *et al.*, 2001) تمـامی نمونـه‌هـا در محـدوده IV یعنـی بازالـت‌هـای داخـل صـفحه قـاره‌ای و بخـش IV3 یعنـی کمربنـدهای کششـی قـاره‌ای یـا ریفـت اولیــه (initial rift) قــرار گرفتــه‌انــد (شــکل ۲۵). بــا توجـه بـه شـواهد آلـودگی ماگماهـا بـا پوسـته قـاره‌ای کـه در مباحـث قبلـی نیـز بیـان شـد، موضـوع ارتبـاط ســنگ‌هــای منطقــه بــا بازالــت‌هــای تیــپ MORB اقیانوســی منتفــی بــوده، ارتبــاط آنهــا بــا محــیط‌هــای داخــل صــفحه قــاره‌ای محتمــل اســت. بــه عقیــده Wilson (۱۹۸۹) گوشــته استنوســفری منبــع مــورب در پتروژنــز ریفــت‌هــای درون قــاره‌ای کــه فعــال‌تــرین کشش را نشان می دهد، نقـش مهمـی را ایفـا مـی کنـد و ایــن موضــوع در ســنگ‌هــای آتشفشــانی ریفــت‌هــای آفــار در اتیــوپی، ریوگرانــد در نیومکزیکــو آمریکــا و ایالــت باســین‌انــدرنــج در غــرب آمریکــا مشــاهده مـی‌شـود. تصـور مـی‌شـود کـه سـنگ‌هـای آتشفشـانی منطقــه نــاش در اثــر ذوب ۱۵ درصــد یــک گوشــته استنوسفری منبع مـورب بـا رخسـاره اسـپینل در یـک محـیط ریفـت درون قـاره‌ای بـه وجـود آورده کـه بـه درجـاتی بـا سـنگ‌هـای پوسـته قـاره‌ای آلـوده شـده و متحمل فرآیند AFC شده‌اند.



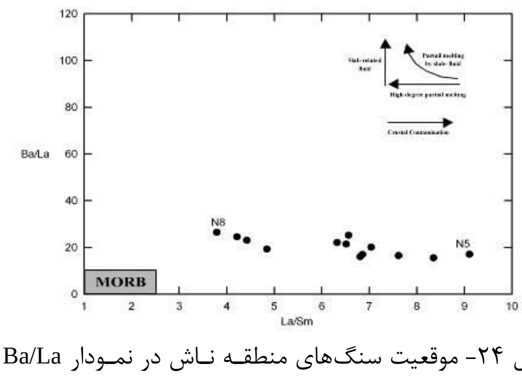
شکل ۲۱- موقعیت نمونه‌های آتشفشـانی منطقـه نـاش در نمـودار (Tb/Yb)N در برابر (La/Sm)N



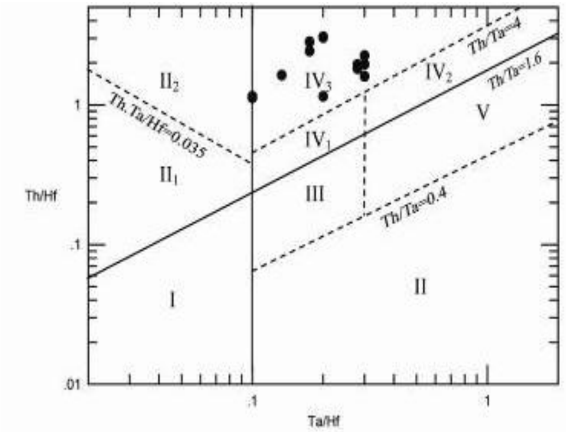
شکل ۲۲- موقعیت نمونه‌های آتشفشـانی منطقـه نـاش در نمـودار La/Sm در برابر Sm/Yb. اقتباس از Kuepouo و همکاران (۲۰۰۶)



شکل ۲۳- موقعیت سنگ‌های منطقه ناش در در نمودار لگـاریتمی K_2O/Yb در برابر Ta/Yb اقتباس از Pearce (۱۹۸۲)



شکل ۲۴- موقعیت سنگ‌های منطقـه نـاش در نمـودار Ba/La در برابر La/Sm اقتباس از Ryan و همکاران (۱۹۹۶)



شکل ۲۵- نمودار لگاریتمی Th/Hf در برابر Ta/Hf اقتباس از Wang و همکاران (۲۰۰۱). مناطق شامل: I) منطقه MORB تیپ N در حاشیه صفحات واگرا، II) بازالت‌های مناطق حاشیه صفحات هم‌گرا، II1) بازالت‌های مناطق جزایر کمان اقیانوسی، II2) بازالت‌های مناطق ولکانیک حاشیه کمان قاره‌ای و جزایر حاشیه کمان قاره‌ای، III) مناطق MORB تیپ E و MORB تیپ T و بازالت‌های مناطق جزایر اقیانوسی درون صفحه اقیانوسی، IV) بازالت‌های مناطق درون صفحه‌ای قاره‌ای، IV1) ریفت‌های درون قاره‌ای و ریفت‌های تولئایت‌های حاشیه قاره‌ای، IV2) آلکالی بازالت‌های مناطق ریفت درون قاره‌ای، IV3) بازالت‌های مناطق کمربندهای کششی قاره‌ای یا ریفت اولیه، V) بازالت‌های مناطق پلوم‌های مناطق گوشته‌ای

منابع

Brueseke, M. E. and Hart, W. K. (2009) Intermediate composition magma production in an intracontinental setting: Unusual andesites and dacites of the mid-miocene Santa Rosa-Calico volcanic field, Northern Nevada. Journal of Volcanology and Geothermal Research 188: 197-213.

Carlson, R. W. and Hart, W. K. (1988) Flood basalt volcanism in the northwestern United States. In: Continental basalt (Ed. Mc Dougal, J. D.) 273-310. Kluwer Academic Publishers, Durdrecht.

Dicheng, Z., Guitang, P., Xuanxue, M., Zhongli, L., Xinshenng, J., Liquan, W. and Zhidan, Z., (2007) Petrogenesis of volcanic rocks in the sangxiu formation, central segment of Tethyan Himalaya: a probable example of Plume-Litospher interaction. Journal of Asian Earth Sciences 29: 320-335.

Ellam, R. M. (1992) Littospheric thickness as a control on basalt geochemistry. Geology 20: 153-156.

Engalenc, M. (1968) Geologie, geomorohologie, hydrogeology de la region de Tehran (Iran), These es science, Monpellier (in French).

Fitton, J. G., Saunders, A. D., Norry, M. J., Hardarson, B. S. and Taylor, R. N. (1997) Thermal and chemical structure of the Iceland Plume. Earth and Planetary Sciences Letters 153: 197-208.

Hoffman, A. M. (1997) Mantle geochemistry: The messages from oceanic volcanism. Nature 385: 219-229.

Jung, C. (2003) Geochemische and Isotopen-geochemische Unter Suchungen an tertiaeren valkaniten der Hocheifel-einbeitag zur identifizierung der mantelquellen von Rift-bezogenenvulkaniten, Dissetation zur Erlangung des doktorgrades Naturwissenchaften, vorgelegt dem fachbreich Geowissenschaften der Philipps-Universitaet Marburg, Deuschland (in German).

Kuepouo, G., Tchouankoue, J. P., Nagao, T. and Sato, H. (2006) Transitional tholeiitic basalts in the Tertiary Bana volcano-plutonic complex, Cameroon line. Journal of African Earth 45: 318-332.

Le Roux, P. J. (2002) Crystallization processes beneath the southern Mid-Atlantic Ridge (40-55° S), evidence for high-pressure initiation of crystallization. Contributions to Mineralogy and Petrology 45: 318-332.

Lightfoot, P. C. and Keays, R. R. (2005) Siderophile and chalcophile metal variations in tertiary picrites and basalts from west Greenland with implications for the sulphide saturation history of continental flood basalt magmas. Economic Geology 100: 439-462.

Mysen, B. O. (1982) The role of mantle anatexis. In: Andesites (Ed. Thorpe, R. S.) 489-522. Johnn Wiley & Sons Inc., New York.

Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Andesites (Ed. Thorpe, R. S.) 528-548. Johnn Wiley & Sons Inc., New York.

Rollinson, H. R. (1993) Using geochemical fata: evolution, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, Londen.

Ryan, J., Morris, J., Bebout, G. and Leeman, B. (1996) Describing chemical fluxes in subduction zones: insights from" Depth-Profiling" studies of arc and forearc rocks. In: Subduction top to bottom (Eds. Bebout, G. E., Scholl, D. W., Kirby, S. H. and Platt, J. P.) 263-268. American Geophisical Union, Washington DC.

Shelley, D. (1993) Igneous and metamorphic rocks under the microscope. Chapman and Hall, New York.

Stocklin, J. (1968) Structural history and tectonic of Iran: a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 52(7): 1229-1258.

Wang, K., Plank, T., Walker, J. D. and Smith, E. I. (2002) A mantle melting profile across the Basin and Range, SW USA. Journal of Geophysical Research 107: 1-21.

Wang, Y., Zhang, C. and Xia, S. (2001) Th/Hf-Ta/Hf identification of tectonic setting of basalts. Acta Petrologica Sinica 17: 413-421 (in Chinese).

Weaver, B. L. (1991) The origion of ocean island basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints. Earth and Planetary Science Letters 104: 381-397.

Wilson, M. (1989) Igneous Petrogenesis a global tectonic approach .Unwin Hyman, London.

Wilson, M. and Lyashkevich, Z. M. (1996) Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dnieper-Donetsrift, East European Platform. Tectonophysics 268: 65-81.

Winchester, J. A. and Floyd, P. A. (1977) Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation product using immobile elements. Chemical Geology 20: 325-343.

Zhao J. H. and Zhou, M. F. (2007) Geochemistry of Neoproterozoic mafic introsions in the panzhihua district (Sichuan province, SW China): Implication for subduction related metasomatism in the upper mantle. Precambrian Research 152: 27-47.

Ghalamghash, J. (2002) Geologycal map of Jirandeh. Geologycal Survey of Iran, Tehran.

The role of MORB-mantle source and continental crust in genesis of Tertiary volcanic rocks of Nash area in the east of Roudbar, North of Iran

Shahrooz Haghnazar * and Zahra Shafeie

Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

Abstract

The Nash's Tertiary volcanic rocks in the Alborz Mountains in the east of Roudbar (North of Iran) show a compositional range from olivine basalt, basaltic andesite, pyroxene-andesite to andesite. From petrographical point of view, the diversity of xenoliths and xenocrysts are evidences for crustal contamination. The positive correlation of CaO/Al_2O_3 vs. MgO and Al_2O_3/CaO vs. SiO_2 are signatures of differentiation of olivine and clinopyroxene in magmatic evolution. The positive correlations of K_2O/P_2O_5 vs. SiO_2 and La/Sm vs. K_2O/P_2O_5 indicate the contamination of magma with continental crust. The incompatible elements patterns and their comparison with those of continental crust point to the contamination of volcanic rocks with lower and upper continental crust. The linear trends on Zr/Y vs. Nb/Y diagram, indicate two different sources for the studied rocks. The MORB-mantle source and the continental crust. The variations of Zr/Nb vs. Y/Nb and Rb/Y vs. Nb/Y display the crustal contamination of magmas which are derived from MORB-mantle source. Geochemical studies show that the studied rocks were originated from 15% melting of a MORB source in spinel facies in continental within-plate.

Key words: Volcanic rocks, MORB-mantle source, Crustal contamination, Tertiary, Nash, Alborz

* haghnazar@liau.ac.ir