



بررسی نقش جدایش بلورین و آلایش پوسته‌ای در شکل‌گیری ماقمایی سنگ‌های آتشفشاری پالئوزن داماش گیلان

شهروز حق نظر^{۱*}، سارا ملکوتیان^۲

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند

(دریافت مقاله: ۹۰/۸/۲۵، نسخه نهایی: ۹۰/۸/۲۷)

چکیده: سنگ‌های آتشفشاری داماش به سن پالئوزن در زون ساختاری البرز واقع در استان گیلان بروند قبل توجهی دارند. این سنگ‌ها تنوع ترکیبی بین اولیوین بازالت، آندزیت بازالتی، پیروکسن آندزیت و آندزیت نشان می‌دهند. بررسی‌های سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی حکایت از آن دارد که جدایش کانی‌های کلینوپیروکسن و اولیوین عامل اصلی تنوع سنگ‌های آتشفشاری داماش است. همبستگی مشبت Hf و Nb در برابر Zr و CaO/Al₂O₃ در برابر MgO و Al₂O₃/CaO در برابر SiO₂ از نشانه‌های ژئوشیمیایی جدایش بلورین کانی‌های کلینوپیروکسن و اولیوین هستند. فقر در عناصری چون Hf, Zr, P, Ti, Ta, Nb و نسبت‌های بالای La/Nb, Ba/Nb و Rb/Y و محتوای پایین Y/Nb نشان از آلایش پوسته‌ای این سنگ‌ها دارد. بررسی روند الگوی عناصر ناسازگار و مقایسه آنها با مقادیر پوسته‌ای نشان می‌دهد که این سنگ‌ها دارای تعادل عنصری شاخصی با سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای بوده و با آنها آلایش یافته‌اند.

واژه‌های کلیدی: سنگ‌های آتشفشاری؛ جدایش بلورین؛ آلایش پوسته‌ای؛ داماش؛ گیلان.

داماش براساس نقشه‌ی زمین‌شناسی تهیه شده در مقیاس ۱/۴۰۰۰۰ (شکل ۱) به ترتیب از قدیم به جدید به قرار زیرند:
 ۱- واحد آهکی (EL): این واحد با لایه‌بندی کاملاً مشخص و به رنگ کرم با ترکیب سنگ آهک ماسه‌ای، آهک میکراتی و بایوسپارایت بوده و حاوی فسیل نومولیت هستند. با توجه به انباست فسیلی، سن این واحد اثوسن زیرین تا میانی تعیین می‌شود.

۲- واحد اولیوین بازالت تا آندزیت‌های بازالتی (OB): که در صحرا به رنگ تیره دیده می‌شوند. برخی از سنگ‌های این واحد دارای لایه‌بندی مشخص بوده که این می‌تواند احتمالاً براثر توقف‌های کوتاه مدت خروج گدازه و یا انحراف مسیر جریان در فاصله‌ی زمانی کوتاه مدت برونزیزی گدازه‌ها به وجود آمده باشد.
 ۳- واحد پیروکلاستیک بازی لایه‌ای (OT): در شمال روستای داماش دنباله‌ای از سنگ‌های پیروکلاستیک ریزشی به رنگ

مقدمه

منطقه‌ی داماش از روستاهای ییلاقی بخش عمارلو از توابع شهرستان رودبار در استان گیلان است. گستره‌ی مورد بررسی بین طول‌های شرقی ۴۲°، ۳۶° و ۵۶'، ۴۹° و ۵۰' و عرض‌های شمالی ۴۳°، ۱۵' و ۴۹° در بخش مرکزی ورقه‌ی ۱/۱۰۰۰۰ جیرنده [۱] قرار دارد.

این منطقه بنابر تقسیم بندی اشتولکین [۲] جزء زون ساختاری البرز محسوب می‌شود. بنابر نظر وی کوه‌های البرز از شمال به جنوب به ۶ زون ساختاری تقسیم شده است، که بر این اساس منطقه‌ی داماش در زون مرکزی - جنوب قرار دارد. در این زون، رسوب‌های کم عمق وابسته به قبل از سنوزوئیک با سنگ‌های آتشفشاری بسیار ضخیم سنوزوئیک به ویژه اثوسن پوشیده شده است.

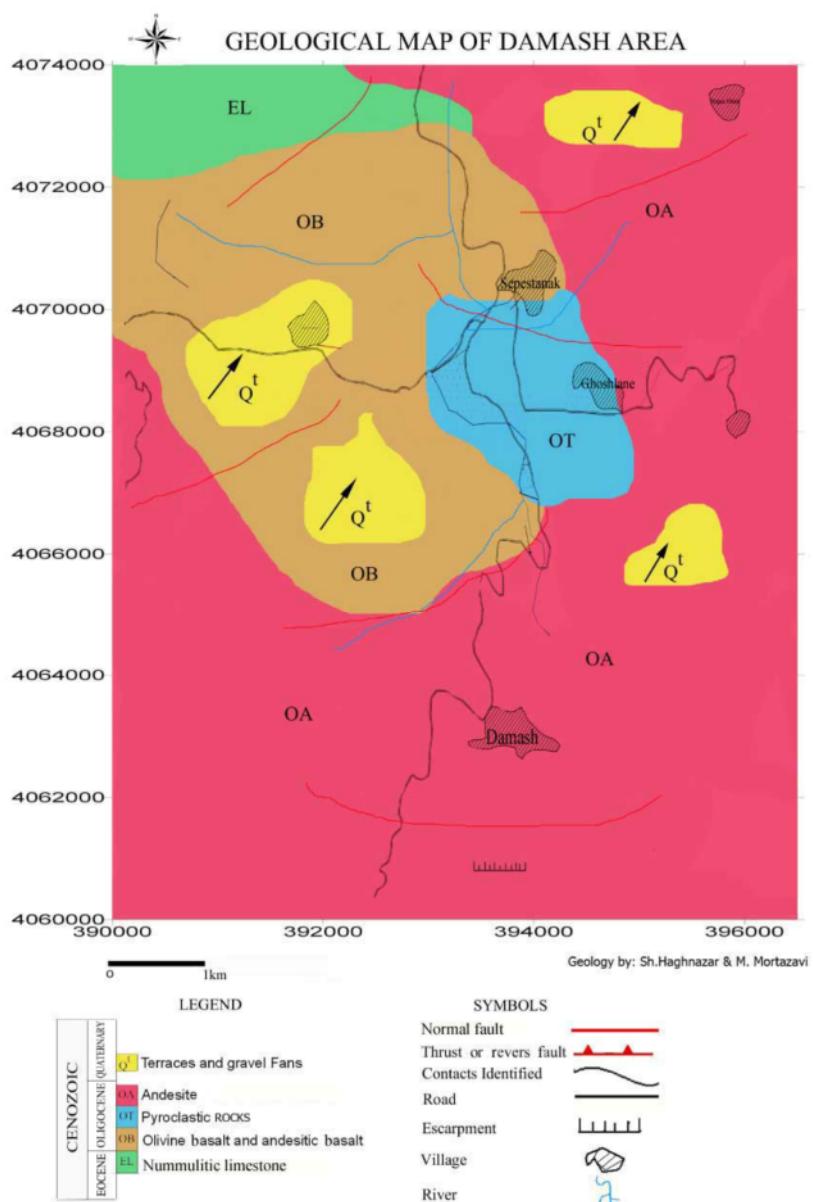
چینه‌شناسی واحدهای بروند در گستره‌ی مورد بررسی

لایلی توف واحد (OT) واحد گدازه‌ای آندزیتی قرار دارد که از قاعده به رأس تناوبی از آندزیت‌های بازالتی، پیروکسن آندزیت و آندزیت را تشکیل می‌دهد و بیشترین برونزد را در منطقه دارند.

در این پژوهش سعی شده تا با توجه به اطلاعات صحرابی، بررسی‌های کانی‌شناسی و سنگنگاری و با توجه به نتایج تجزیه‌های شیمیایی عناصر اصلی و فرعی، شکل‌گیری ماقمایی صورت گرفته روی گدازه‌های پالئوژن منطقه داماش، مورد بررسی قرار گیرد.

تیره و لایه‌بندی مشخص دیده می‌شود که روی واحد اولیوین بازالت (OB) قرار گرفته و بخوبی از توپوگرافی آن پیروی می‌کند. داخل این پیروکلاستیک‌ها، قطعات زاویه‌دار با اندازه‌ای بین ۲ تا ۶۴ میلی‌متر به چشم می‌خورد. ترکیب این پیروکلاستیک‌ها در حد لایلی توف و بررش‌های آتش‌شانی با ترکیب آندزیت بازالتی و آندزیت است. براساس بررسی‌های میکروسکوپی بلورهای کوارتز، پلازیوکلаз، پیروکسن و قطعات سنگی آندزیت بازالتی و آندزیت و حتی ماسه سنگی در یک زمینه‌ی شیشه‌ای کاملاً اکسیده به رنگ تیره قرار گرفته‌اند.

۴- واحد پیروکسن آندزیت و آندزیت (OA): پس از واحد



شکل ۱ نقشه‌ی زمین‌شناسی گستره‌ی داماش در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰.

جدول ۱ نتایج تحلیل شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی سنگ‌های آتشفشاری داماش به روش XRF

نمونه	DB-۴	DB-۸	DB-۱۰	DB-۱۳	DB-۱۷	DB-۱۹	DB-۲۰	DB-۲۱	DB-۲۲
SiO ₂	۴۹,۳۷	۴۸,۶۱	۴۹,۱۵	۵۶,۱۹	۵۳,۷۵	۶۲,۷۹	۵۴,۷۰	۶۰,۴۲	۶۸,۱۰
Al ₂ O ₃	۱۹,۴۱	۲۰,۳۳	۱۸,۵۳	۱۶,۳۲	۱۷,۶۲	۱۵,۴۹	۱۷,۷۳	۱۶,۵۹	۱۵,۷۵
Fe ₂ O ₃	۸,۹۰	۷,۴۰	۹,۱۰	۷,۱۲	۹,۱۸	۴,۰۸	۹,۴۱	۵,۴۵	۳,۸۰
CaO	۱۰,۸۰	۱۰,۷۳	۱۰,۶۶	۷,۶۳	۸,۰۳	۴,۰۶	۶,۷۸	۲,۸۵	۳,۲۶
Na ₂ O	۲,۵۰	۲,۴۵	۲,۴۸	۲,۶۵	۳,۲۸	۴,۱۲	۲,۶۰	۳,۷۴	۲,۹۳
K ₂ O	۰,۷۶	۰,۷۶	۰,۸۰	۲,۸۱	۲,۰۵	۱,۹۴	۲,۳۸	۱,۶۴	۴,۱۹
MgO	۵,۷۲	۴,۹۳	۶,۷۴	۵,۰۸	۳,۱۹	۱,۷۲	۲,۹۸	۳,۱۳	۰,۲۳
MnO	۰,۱۶	۰,۱۰	۰,۱۶	۰,۱۳	۰,۱۸	۰,۰۸	۰,۱۷	۰,۱۲	۰,۰۸
P ₂ O ₅	۰,۱۴	۰,۱۴	۰,۱۵	۰,۱۷	۰,۳۲	۰,۱۹	۰,۴۲	۰,۲۱	۰,۱۸
TiO ₂	۰,۷۰	۰,۷۱	۰,۷۸	۰,۶۱	۰,۹۰	۰,۴۷	۰,۸۳	۰,۵۲	۰,۳۷
LOI	۱,۹۸	۴,۰۴	۲,۱۳	۱,۰۸	۱,۹۵	۴,۴۱	۱,۰۲	۲,۵۲	۰,۹۹
Total	۱۰۰,۴۲	۱۰۰,۱۹	۱۰۰,۶۶	۱۰۰,۰۰	۱۰۰,۹۳	۹۹,۳۵	۱۰۰,۵۱	۱۰۰,۱۹	۱۰۰,۸۷

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر فرعی و REE سنگ‌های آتشفشاری داماش به روش ICP

نمونه	DB-۴	DB-۸	DB-۱۰	DB-۱۳	DB-۱۷	DB-۱۹	DB-۲۰	DB-۲۱	DB-۲۲
Ba	۳۲,۵۳	۳۵,۲۰	۳۳۷,۹	۶۷۶,۶	۷۶۱,۱	۸۴۲,۹	۵۱۹,۸	۷۳۰,۸	۵۸۶,۱
Bi	۰,۰۱۳	۰,۰۰۹	۰,۰۴۷	۰,۰۸۲	۰,۰۹۵	۰,۱۱۰	۰,۱۳۴	۰,۰۴۷	۰,۰۱۰
Co	۳۴,۳	۲۸,۱	۳۶,۶	۲۶,۷	۲۱,۸	۷,۵	۳۳,۲	۱۵,۷	۲,۴
Cr	۶۹	۶۰	۱۲۲	۱۷۳	۷۷	۷۶	۴۴	۱۱۱	۷۹
Cs	۱,۰۰	۰,۳۲	۰,۷۱	۲,۲۶	۱,۹۹	۲,۸۸	۰,۹۷	۴,۱۲	۳,۲۲
Cu	۵۷	۵۵	۶۱	۴۰	۲۳	۷	۵	۲۲	۵
Ga	۱۷,۱۶	۱۷,۸۹	۱۶,۵۹	۱۶,۹۹	۲۰,۰۲	۱۸,۱۱	۱۹,۴۳	۱۷,۱۱	۱۶,۸۳
Hf	۱,۴۹	۱,۴۵	۱,۰۹	۳,۰۰	۲,۱۰	۵,۰۲	۴,۱۱	۳,۶۴	۴,۰۷
Mo	۰,۶۸	۰,۵۱	۰,۷۶	۱,۱۳	۱,۰	۲,۴۷	۱,۱۵	۱,۶۸	۰,۹۹
Nb	۴,۳۹	۴,۲۸	۴,۴۹	۹,۰۶	۷,۰۵	۲۱,۰۵	۱۶,۷۷	۱۰,۷۷	۱۷,۷۲
Ni	۲۱	۱۹	۳۶	۲۶	۴	۴	۶	۱۹	۳
Pb	۵۸	۵۵	۵۳	۱۳,۲	۹,۶	۱۲,۸	۳,۴	۱۶,۶	۷,۹
Rb	۱۹,۲۰	۱۶,۷۳	۱۸,۰۶	۱۱۱,۶۲	۵۳,۰۷	۱۱۱,۴۴	۷۳,۵۵	۱۲۸,۱۱	۱۲۴,۰۲
Sc	۳۲,۶	۳۲,۷	۲۱,۳	۲۶,۴	۲۰,۳	۸,۵	۱۹,۷	۱۴,۲	۵۵
Sn	۰,۷۰	۰,۳۶	۰,۳۵	۰,۶۱	۱,۹	۰,۹۹	۱,۷۳	۱,۷۷	۱,۶۱
Sr	۴۷۱	۴۸۹	۴۳۱	۳۸۴	۶۹۹	۴۴۷	۵۳۷	۴۱۴	۳۶۷
Ta	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۶	۰,۵	۱,۷	۱,۰	۰,۸	۱,۴
Th	۲,۸۷	۲,۸۲	۲,۷۹	۸,۶۰	۴,۶۲	۱۲,۹۵	۴,۰,۷	۱۱,۰۶	۱۰,۷۵
Ti	۴۲۸,۶,۹۷	۴۳۰,۱,۳۶	۴۵۹,۲,۶۸	۳۶۹,۵,۲۱	۵۴۰,۹,۲۹	۲۷۸,۶,۹۱	۴۹۰,۸,۰	۳۱۸,۲,۹۳	۲۲۲,۶,۸۷
U	۰,۹۱	۰,۸۹	۰,۸۷	۲,۴۳	۱,۳۵	۳,۴۸	۱,۴۲	۳,۱۷	۲,۵۹
V	۲۱۲,۶۴	۲۲۰,۰۸	۲۱۲,۹۸	۱۶۳,۲۹	۱۹۹,۲۹	۵۵,۳۱	۱۳۲,۴۱	۹۳,۵۲	۲۵,۵۸
Y	۱۳,۷۱	۱۲,۰۲	۱۳,۸۶	۱۸,۶۲	۳۱,۰۱	۱۸,۸۱	۲۲,۷۵	۱۹,۱۰	۱۸,۷۰
Zn	۶۹,۲۵	۵۶,۸۳	۶۹,۹۳	۶۸,۱۲	۹۶,۲۸	۵۵,۲۰	۸۲,۶۸	۶۴,۸۲	۳۵,۴۱
Zr	۵۷	۵۵	۶۱	۱۲۰	۱۱۳	۲۱۵	۱۸۳	۱۶۸	۲۱۰
La	۱۱,۸۰	۱۱,۰۳	۱۲,۵۶	۲۴,۷۸	۲۳,۳۸	۴۴,۱۶	۲۷,۲۹	۲۰,۶۲	۳۲,۴۷
Ce	۲۲,۷۴	۲۲,۲۰	۲۶,۲۹	۴۷,۴۵	۴۹,۱۰	۷۶,۴۱	۵۶,۸۰	۵۷,۴۳	۵۸,۷۸
Sm	۲,۸۵	۲,۷۷	۲,۱۳	۴,۲۰	۵,۹۶	۴,۷۶	۵,۸۰	۴,۳۹	۳,۹۶
Pr	۲,۹۸	۲,۸۶	۲,۲۸	۵,۴۳	۶,۲۷	۸,۱۴	۷,۰۳	۶,۳۸	۶,۳۴
Eu	۱,۰۱	۱,۰۳	۱,۱۱	۱,۰۹	۱,۶۸	۱,۲۰	۱,۷۸	۱,۰۶	۰,۹۸
Gd	۲,۶۶	۲,۵۶	۲,۹۵	۳,۶۰	۵,۷۳	۳,۸۳	۵,۲۰	۳,۵۹	۳,۲۳
Ho	۰,۵۰	۰,۴۵	۰,۰۲	۰,۶۷	۱,۱۱	۰,۶۶	۰,۸۴	۰,۷۷	۰,۶۵
Nd	۱۲,۵۴	۱۱,۸۶	۱۳,۵۱	۲۰,۵۳	۲۶,۰۲	۲۷,۵۲	۲۸,۰۵	۲۳,۵۸	۲۲,۱۹
Dy	۲,۵۱	۲,۳۱	۲,۶۵	۳,۳۷	۵,۵۵	۳,۳۳	۴,۴۹	۲,۳۸	۲,۱۶
Er	۱,۴۳	۱,۲۷	۱,۴۷	۱,۹۴	۲,۱۲	۱,۸۸	۲,۳۰	۱,۹۴	۱,۹۲
Tm	۰,۱۰۵	۰,۱۸۰	۰,۲۱۳	۰,۲۸۱	۰,۴۶۵	۰,۱۸۴	۰,۳۲۲	۰,۱۸۵	۰,۱۰۴
Tb	۰,۴۱۲	۰,۳۸۶	۰,۴۳۷	۰,۵۴۴	۰,۸۸۵	۰,۵۵۵	۰,۷۴۵	۰,۵۵۷	۰,۵۰۱
Yb	۱,۳۲۷	۱,۱۶۰	۱,۳۶۴	۱,۸۲۰	۳,۰۱۵	۱,۸۸۸	۲,۱۲۰	۱,۸۷۸	۲,۰۳۹
Lu	۰,۲۰	۰,۱۷	۰,۲۰	۰,۲۸	۰,۴۸	۰,۲۹	۰,۳۱	۰,۲۸	۰,۳۲

صورت فنوکریست و هم میکروفنوکریست در سنگ حضور دارد. درشت بلورهای اولیوین سالم‌اند، ولی میکروفنوکریست‌های اولیوین کاملاً دگرسان شده و به کلریت، سرپانتین و ایدینگسیت تبدیل شده‌اند (شکل ۲).

پیروکسن‌ها دارای ساختار منطقه‌ای بوده به نحوی که چند رنگی قهوه‌ای در حاشیه را نشان می‌دهند (شکل ۳). این کلینوپیروکسن‌ها در واقع از نوع تیتان اوژیت بوده که دارای Al,Ti^{+3} Fe هستند [۳]. این حاشیه در نتیجه افزوده شدن TiO_2 طی روند جدایش یک ماغمای بازالت قلیایی ایجاد می‌شود [۴]. با توجه به حاشیه‌ی غنی از Ti در این پیروکسن‌ها باید انتظار داشت که مقادیر TiO_2 در ماغمای جدایشی بالا باشد. ولی نتیجه‌ی تجزیه‌های شیمیایی نمونه‌ها خلاف آن را نشان می‌دهد. محتوای پایین TiO_2 در این سنگ‌ها که به کمتر از ۱٪ می‌رسد، نشان‌دهنده‌ی این است که احتمالاً پس از تشکیل فنوکریست‌های پیروکسن در عمق، آلایش پوسته‌ای سبب افت مقدار TiO_2 در کل سنگ و ترم تحول یافته‌ی بعدی شده است، زیرا میزان TiO_2 در سنگ یک معیار کاملاً حساس نسبت به آلودگی پوسته‌ای بوده [۵] و مقادیر پایین آن نشانه‌ی دخالت پوسته در شکل‌گیری‌های ماغمایی است [۶]. خمیره‌ی این سنگ‌ها از پلازیوکلаз تشکیل شده است که دانه‌های کلینوپیروکسن و اولیوین‌های دگرسان شده و کانی‌های ریز کدر فضای بین آنها را پر کرده‌اند.

روش بررسی

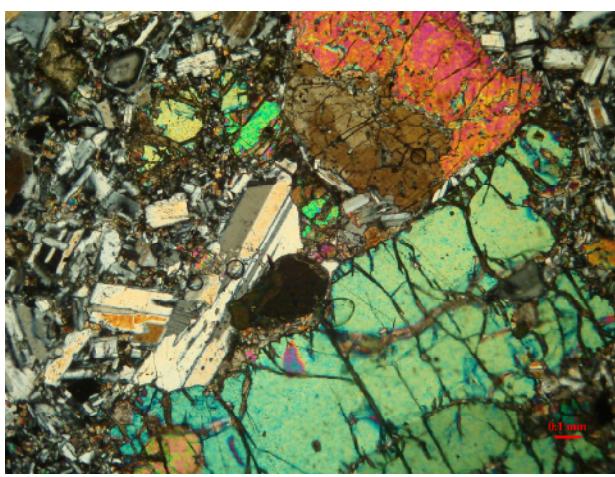
پس از بررسی‌های صحرایی، با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای منطقه، اقدام به تهیه نقشه ۱۴۰۰۰ زمین‌شناسی شد. پس از جدایش واحدهای سنگی منطقه، در حدود ۷۰ نمونه مقطع نازک تهیه شدند و از نظر سنگنگاری با میکروسکوپ قطبشی مورد بررسی قرار گرفتند. تعداد ۹ نمونه از سنگ‌های XRF آتشفشنای منطقه به منظور تجزیه عناصر اصلی به روش (جدول ۱) و تعداد ۹ نمونه نیز به منظور تجزیه عناصر فرعی و REE به روش ICP (جدول ۲) در آزمایشگاه GeoLabs کانادا (садابری) تجزیه عنصری شدند.

شواهد سنگنگاری و کانی‌شناسی شکل‌گیری ماغمایی منطقه داماش

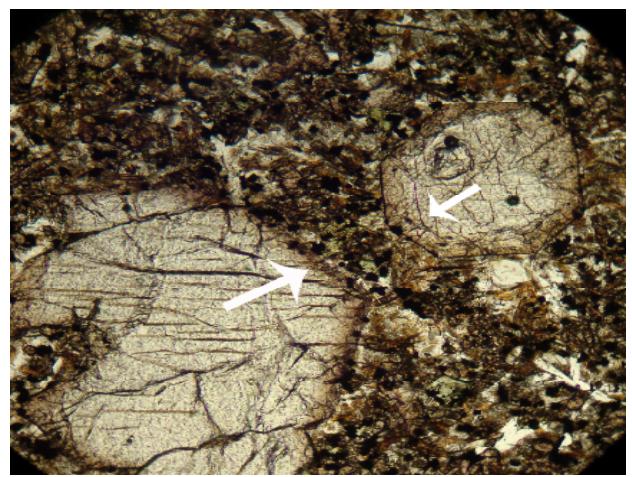
با بررسی‌های میکروسکوپی صورت گرفته روی گدازه‌های منطقه‌ی داماش سه ترکیب سنگی از یکدیگر تفکیک شدند:
۱- اولیوین بازالت‌ها ۲- آندزیت‌های بازالتی ۳- پیروکسن آندزیت و آندزیت

اولیوین بازالت‌ها

این سنگ‌ها پایین‌ترین بخش برون‌زد سنگ‌های آتشفشنای منطقه را تشکیل می‌دهند و دارای بافت پورفیریک با خمیره‌ی میان دانه تا ریزبلورند. فنوکریست‌های غالب به ترتیب فراوانی شامل: اولیوین، پیروکسن و پلازیوکلاز هستند. اولیوین هم به



شکل ۲ اولیوین بازالت منطقه داماش حاوی بلورهای اولیوین، پیروکسن و پلازیوکلاز (با آنالیزور XPL).



شکل ۳ کلینوپیروکسن غنی از تیتان با حاشیه‌ی قهوه‌ای متایل به بنفس (با آنالیزور XPL).

سریع فشار از روی حجره و آزاد شدن گاز ماقمایت است. آمفیبول‌ها نیز کدر شده و گاهی در نمونه‌های آندزیتی، کل ساختار آمفیبول از هم پاشیده و به مجموعه‌ی کانی‌های تیره تبدیل شده‌اند. به عقیده‌ی رادرفورد وهیل [۸] ناپایداری آمفیبول با نرخ صعود ماقمای در ارتباط است. وقتی نرخ صعود زیاد باشد، هیچ حاشیه‌ی واکنشی مشاهده نمی‌شود ولی اگر نرخ صعود متوسط (۳۵ تا ۵۰ متر بر ساعت) باشد یک حاشیه نازک از آمفیبول، کدر می‌شود و در صورتی که سرعت صعود ماقمای کم (در حدود ۱۵ تا ۳۰ متر بر ساعت) باشد حاشیه‌ی سوخته ضخیم‌تر شده و در سرعت‌های کمتر، کل ساختار آمفیبول از هم می‌پاشد.

با بررسی‌های میکروسکوپی به خوبی می‌توان روند جدایش ماقمایی را در مورد سنگ‌های آتشفسانی منطقه داماش تشخیص داد: سنگ‌های اولیوین بازالتی کم جدا شده‌ترین برونز سنگ‌های منطقه را تشکیل می‌دهند. با پیشرفت جدایش، اولیوین از گذاره‌ی باقیمانده حذف می‌شود و برعسبت درصد بلورهای پلازیوکلاز در نمونه‌های آندزیت بازالتی افزوده می‌شود. با پیشرفت جدایش به تدریج نسبت درصد بلورهای پیروکسن نسبت به پلازیوکلاز کاهش یافته و با آبدارشدن ماقمای، آمفیبول ظاهر می‌شود. پیشرفت جدایش باعث حذف کامل بلورهای پیروکسن در نمونه‌های آندزیتی شده است.

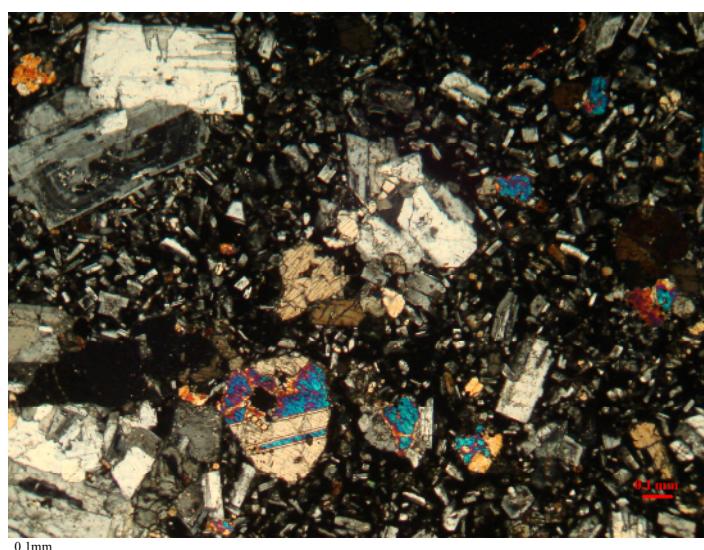
آندزیت‌های بازالتی

گذاره‌های آندزیت بازالتی با لایه‌بندی مشخص روی اولیوین بازالت‌ها قرار دارند. بافت این سنگ‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی و میکرولیتی - شیشه‌ای بوده و فنوکریست‌های آن به ترتیب فراوانی عبارتند از پلازیوکلاز و پیروکسن (شکل ۴). فنوکریست‌های اولیوین به مقدار بسیار اندک نیز در این سنگ‌ها مشاهده می‌شوند. پلازیوکلازها دارای ساختار منطقه‌ای و نیز گاهی با بافت غربالی دیده می‌شوند.

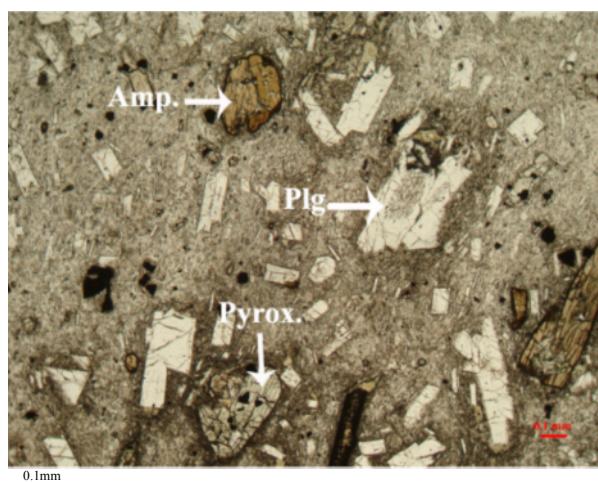
پیروکسن آندزیت‌ها و آندزیت‌ها

ترم شکل‌گیری بعدی در سنگ‌های آتشفسانی منطقه داماش، پیروکسن آندزیت‌ها و آندزیت‌هایی هستند که برونز قابل توجهی در منطقه دارند. اختلاف مهم کانی‌شناسی این سنگ‌ها با ترم‌های قبلی پیدایش آمفیبول به عنوان یک فاز اصلی فنوکریستی و نیز کاهش چشم‌گیر تعداد فنوکریست‌های پیروکسن و حذف تدریجی آنها در آندزیت‌هاست (شکل‌های ۵ و ۶). فنوکریست غالب موجود در این سنگ‌ها پلازیوکلاز است که دارای بافت‌های غیرتعادلی چون؛ ساختارهای منطقه‌ای مشخص و بافت غربالی هستند (شکل ۶).

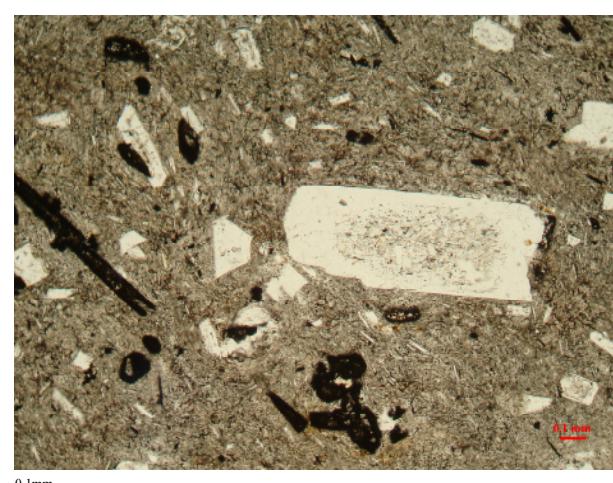
به عقیده ترول و همکاران [۷] تشکیل بافت غربالی، ترکیبی از تأثیر ورود یک دسته ماقمای جدید به حجره ماقمایی و نیز شکستن سقف حجره‌ی ماقمایی و برداشته شدن



شکل ۴ آندزیت بازالتی منطقه‌ی داماش (با آنالیزور XPL).



شکل ۵ بلورهای پلازیوکلаз، آمفیبول و پیروکسن در سنگ پیروکسن آندزیت (بدون آنالیزور PPL).



شکل ۶ پلازیوکلاز با بافت غربالی و آمفیبول کدر شده در آندزیت (بدون آنالیزور PPL).

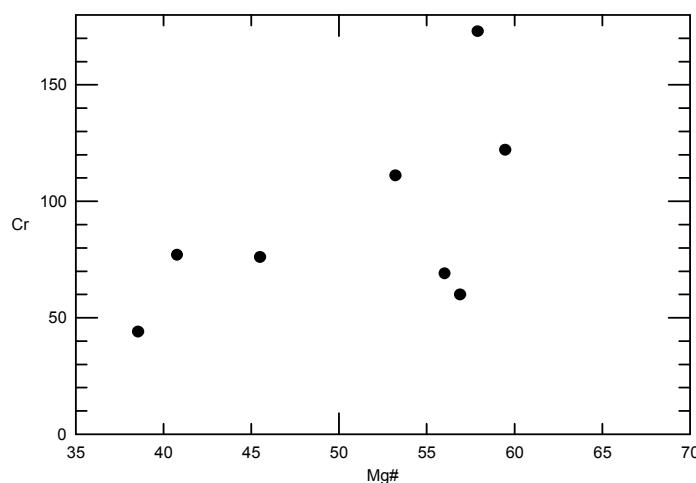
به عقیده‌ی ویلسون [۵] ثابت ماندن غلظت‌های دو عنصر ناسازگار تنها در نتیجه‌ی رویداد تبلور جدایشی محتمل است. البته به عقیده‌ی وی روندهای خطی ممکن است در سری‌هایی که در معرض فرآیند جدایش و هضم (AFC) قرار گرفته باشند، نیز حفظ شود.

در شکل (۱۰) در نمودار $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ نسبت به MgO همگام با کاهش مقدار MgO و افزایش مقدار جدایش، نسبت $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ کاهش می‌یابد. جدایش اولیوین نمی‌تواند نسبت $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ را در ماغما تغییر دهد و تنها با مصرف MgO در ساختار خود باعث کاهش MgO ماغما می‌شود. کاهش کلینوپیروکسن غنی از Ca به عنوان یکی از اجزای مهم جدایش (در کنار اولیوین) است [۹].

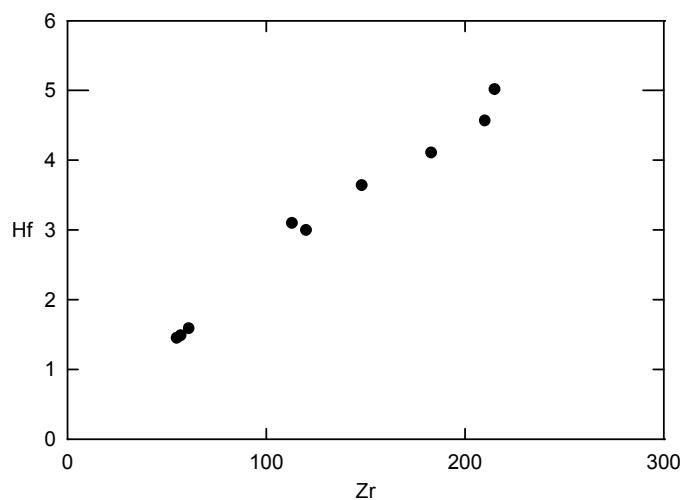
شاخص‌های ژئوشیمیایی جدایش بلوری در سنگ‌های آتشفسانی داماش

از روی نسبت‌های عناصر کمیاب سازگار و ناسازگار می‌توان برای تعیین ارتباط ژنتیکی نمونه‌ها و شکل‌گیری‌های ماغمایی استفاده کرد.

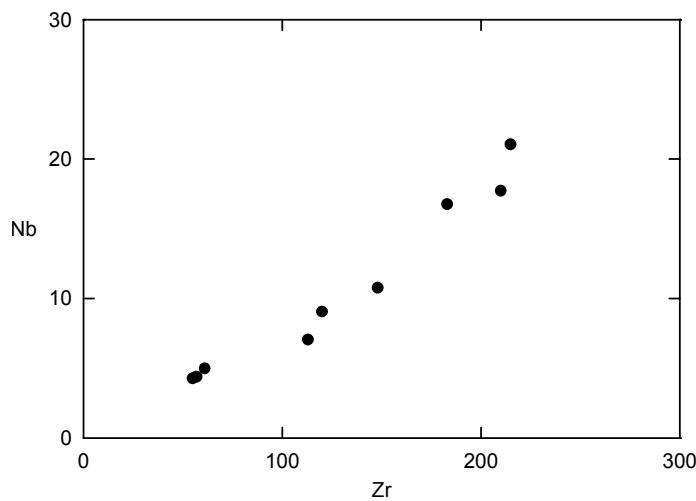
در شکل (۷) کاهش تدریجی مقدار کروم به عنوان یک عنصر سازگار، همگام با افزایش جدایی و کاهش عدد منیزیم به چشم می‌خورد. در شکل‌های (۹ و ۸) در نمودارهای تغییرات Hf نسبت به Zr و Nb نسبت به Zr همبستگی مثبت خطی بین این عناصر در سنگ‌های آتشفسانی داماش به چشم می‌خورد. مشاهده‌ی این پیوستگی و همبستگی خطی در نمودارها حاکی از آن است که روندهای ممتد در این نمودارها در حقیقت نشانگر خطوط نزول مایع و فرایند جدایشند [۵].



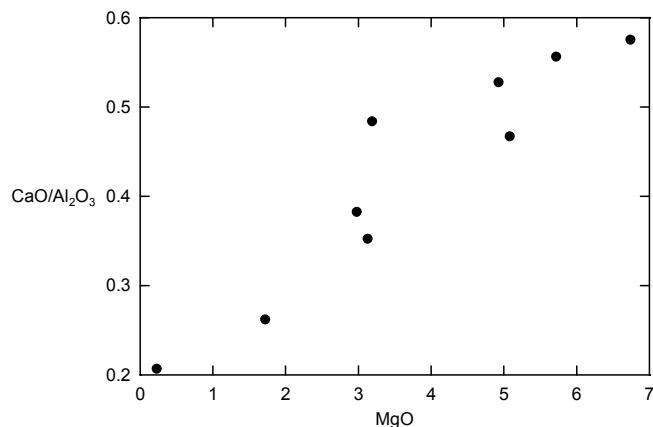
شکل ۷ نمودار تغییرات Cr نسبت به عدد منیزیم برای سنگ‌های داماش.



شکل ۸ نمودار تغییرات Hf نسبت به Zr برای سنگ‌های منطقه‌ی داماش.



شکل ۹ نمودار تغییرات Nb نسبت به Zr برای سنگ‌های منطقه‌ی داماش.

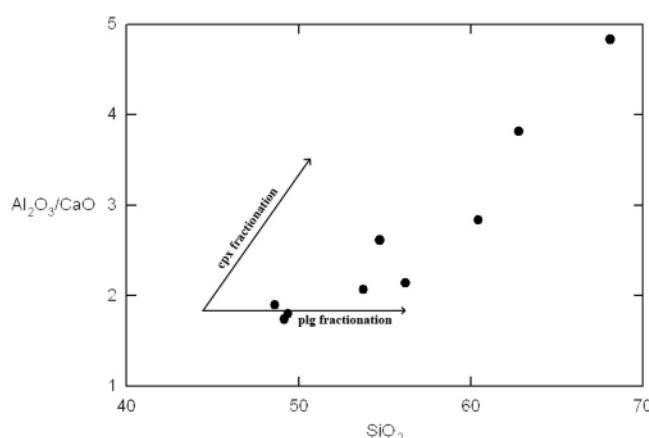
شکل ۱۰ نمودار تغییرات CaO/Al₂O₃ نسبت به MgO برای سنگ‌های آتشفسانی داماش.

پلازیوکلاز مشخص شده است [۱۰]. چنانکه ملاحظه می‌شود، با افزایش مقدار $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ زیاد می‌شود که

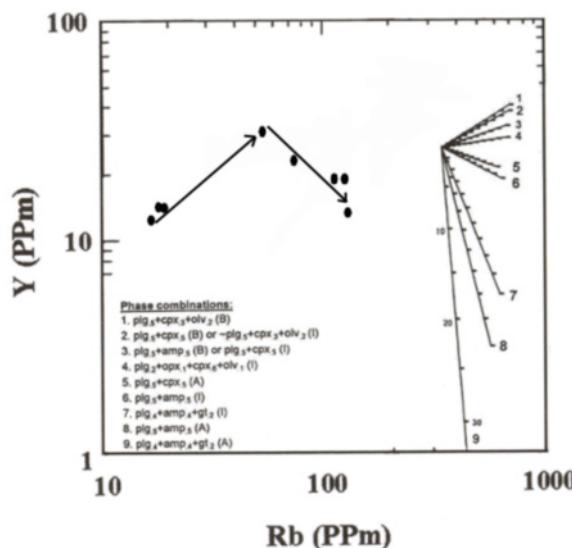
در شکل (۱۱) در نمودار تغییرات $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ نسبت به SiO_2 ، روندهای جدایشی کانی‌های گلینوپیروکسن و

در نمودار فوق اگر شیب داده‌ها افقی و یا مثبت باشد نشانه‌ی آن است که ماقمای اولیه تحت تأثیر جدایش بخشی بدون آب قرار گرفته و اگر منفی باشد نشانه‌ی تبلور کانی‌های آبدار و جدایی آنهاست. چنانکه ملاحظه می‌شود در سنگ‌های آتشفسانی داماش دو روند مشاهده می‌شوند: روند مثبت که با افزایش Rb مقدار Y زیاد می‌شود و از بردارهای شماره‌ی ۱ و ۲ پیروی می‌کند و روند منفی که با افزایش Rb مقدار Y کم شده که حکایت از تبلور کانی آبدار چون آمفیبیول دارد. این دو روند به خوبی با بررسی‌های سنگ‌نگاری همخوانی دارد: در روند مثبت ترکیب سنگ‌ها از اولیوین بازالت به سمت آندزیت بازالتی در تغییر است و در روند منفی ترکیب سنگ‌ها از آندزیت بازالتی به سمت پیروکسن آندزیت و آندزیت در تغییر است.

این تغییر حکایت از جدایش کلینوپیروکسن در شکل‌گیری‌های ماقمایی سنگ‌های آتشفسانی منطقه است. به منظور بررسی پدیده‌ی جدایش بلورین و نوع فازهای حاصل از تبلور یک ماقما در شرایط آبدار و بدون آب در سنگ‌های آتشفسانی داماش، از نمودار لگاریتمی Y نسبت به Rb [۱۱] استفاده شد (شکل ۱۲). ایتریوم (Y) یک عنصر ناسازگار با کانی‌های بدون آب چون پلازیوکلاز، اولیوین، پیروکسن (اوژیت) و مگنتیت بوده و طی روند جدایی کانی‌های فوق به صورت ناسازگار عمل کرده و مقدار آن زیاد می‌شود، ولی در اثر تبلور و جدایش کانی‌های آبداری چون آمفیبیول، عنصر ایتریم جذب کانی یاد شده می‌شود و مقدار آن در گدازه‌ی باقی مانده کم خواهد شد [۱۲]. همچنین این عنصر حتی در درجات بالای آلودگی پوسته‌ای ماقماها نیز بدون تغییر باقی می‌ماند [۵].



شکل ۱۱ نمودار تغییرات $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ نسبت به SiO_2 [۱۰]. چنانکه ملاحظه می‌شود نمونه‌های منطقه‌ی داماش از روند جدایی کلینوپیروکسن پیروی می‌کند.

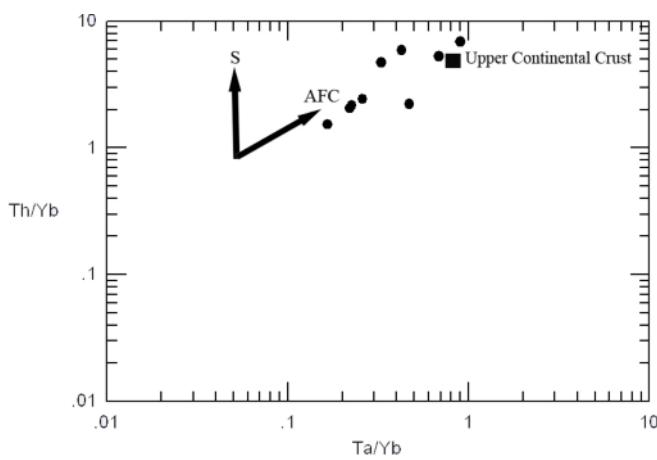


شکل ۱۲ نمودار لگاریتمی تغییرات Y نسبت به Rb [۱۱] برای سنگ‌های آتشفسانی داماش.

بین ۱/۶ تا ۳/۳۱ تغییر می‌کند، عموماً نسبت $\text{La}/\text{Nb} > 1$ نشانه‌ی هضم سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای است [۱۶]. در شکل (۱۴) در نمودار Ba/Nb نسبت به La/Nb (اقتباس از [۱۷]) نمونه‌ها روندی از گوشه (PM) به سمت سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای را نشان می‌دهند. این نمودار به خوبی آلایش مagmaهای مولد سنگ‌های منطقه داماش را با سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای نشان می‌دهد.

در نمودار مثلثی $\text{Y}/\text{Nb} - \text{Zr}/\text{Nb} - \text{Rb}/\text{Y}$ داماش به خوبی روند آلایش پوسته‌ای را تعقیب می‌کنند (شکل ۱۵). با افزایش آلایش پوسته‌ای هر دو نسبت Y/Nb و Zr/Nb کاهش می‌یابند [۵]. این پدیده در بسیاری از مناطق کافتی درون قاره‌ای که با پوسته‌ی قاره‌ای آلوده شده‌اند (مانند ایالت کافتری ریوگراند) مشاهده شده است [۵].

در شکل (۱۶) در نمودار لگاریتمی Rb/Th نسبت به (اقتباس از [۱۱]) ترکیب میانگین پوسته‌ی فوکانی از [۱۸] و از معادلات AFC [۱۹] استفاده شد. در این نمودار درجات مختلف تبلور بخشی به ازای مقادیر مختلف r نشان داده شده‌اند. پaramتر r نسبت آهنگ هضم به آهنگ تبلور بخشی است. در این نمودار هرچه داده‌های تجزیه‌ی شیمیایی در مقادیر بالاتر r قرار گیرد، هضم بیشتری صورت گرفته است.



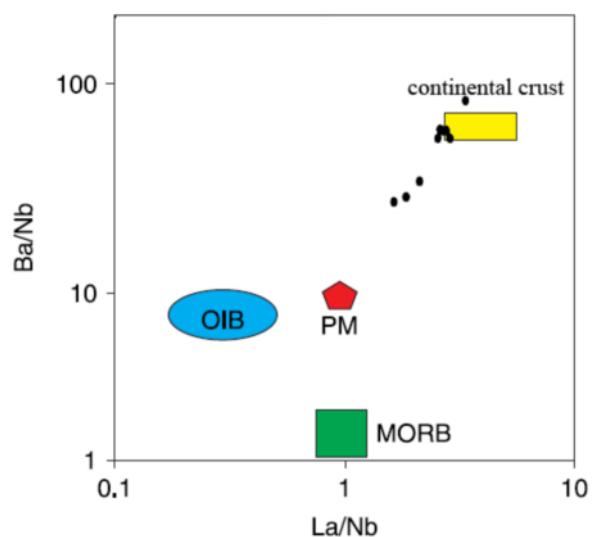
شکل ۱۳ نمودار تغییرات Th/Yb نسبت به Ta/Yb (اقتباس از [۱۴]). بردار S مؤلفه فرورانش و بردار AFC فرایند هضم و جدایش بلوری را نشان می‌دهد.

شاخصه‌های ژئوشیمیایی آلایش پوسته‌ای در سنگ‌های آتشفشنانی داماش

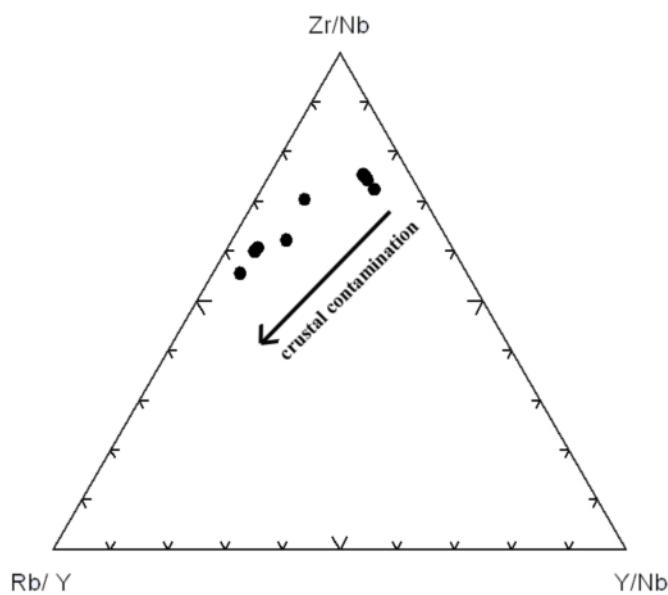
به عقیده ویور [۱۳] از روی نسبت‌های عنصر کمیاب ناسازگار درسیستم بازالتی می‌توان برای تشخیص منابع پوسته‌ای و گوشه‌ای استفاده کرد.

در شکل (۱۳) در نمودار لگاریتمی پیشنهادی Th/Yb نسبت به Th/Yb پیشنهادی پیرس [۱۴]، موقعیت پوسته‌ی قاره‌ای فوکانی و مؤلفه‌های فرورانش و همچنین هضم و تفریق (فرایند AFC) مشخص شده است. نمونه‌های داماش به خوبی روند هضم و تفریق (AFC) را نشان داده و دلالت فرایند آلایش پوسته‌ای همراه با جدایش بلورین را در سنگ‌زایی magmaی مولد سنگ‌های منطقه نشان می‌دهند. به عقیده [۱۴] اگر مؤلفه فرورانش به طور مؤثر در خاستگاه بازالت‌های منطقه تأثیرگذار باشد، باید روند غنی‌شدگی صعودی Th/Yb را از نسبت ثابت Th/Yb داشته باشیم، به این دلیل که مواد فرورانشی Th را با خود منتقل کرده ولی Yb و Ta را با خود حمل نمی‌کنند.

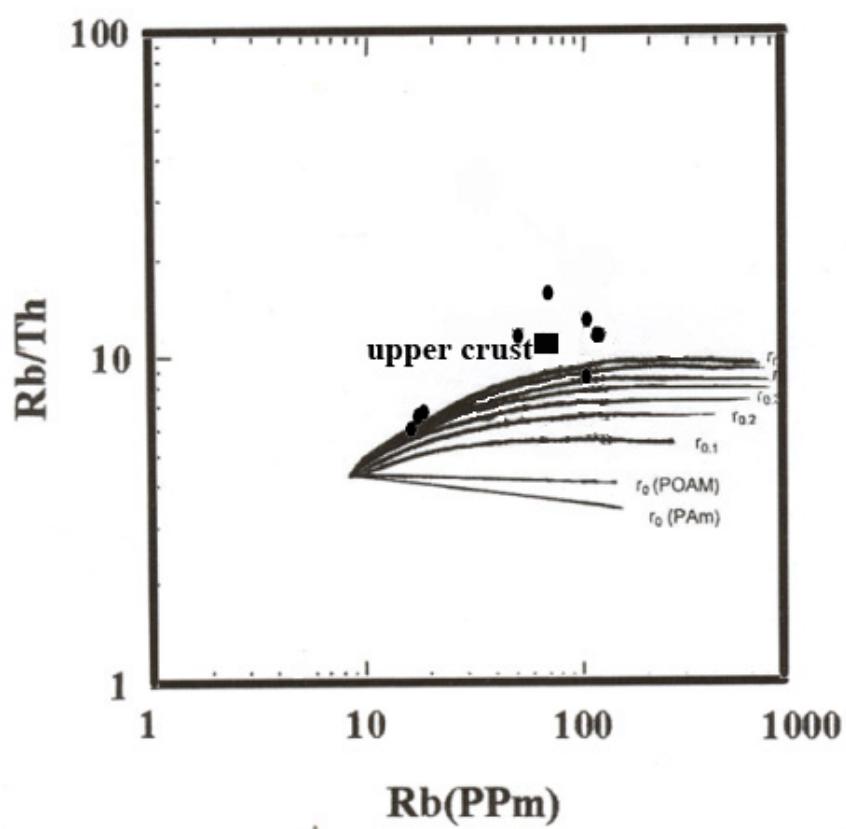
نسبت Ba/Nb در سنگ‌های منطقه داماش بالا و میانگین آن ۵۳ است. نسبت‌های بالای Ba/Nb عموماً در گوشه‌ی لیتوسفری زیر قاره‌ای و سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای دیده می‌شود [۱۵]. چون نسبت La/Nb در سنگ‌های منطقه داماش



شکل ۱۴ نمودار تغییرات Ba/Nb نسبت به La/Nb (اقتباس از [۱۷]).



شکل ۱۵ نمودار مثلثی Rb/Y - Zr/Nb - Y/Nb سنگ‌های آتشفشاگی داماش.



شکل ۱۶ نمودار لگاریتمی Rb/Th نسبت به Rb (اقتباس از [۱۱]) برای سنگ‌های آتشفشاگی داماش.

نشان داده به نحوی که از این فرایند برای بدست آوردن عمق تقریبی آلودگی پوسته‌ای استفاده می‌شود [۵]. نسبت Rb/Th

به خصوص در سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای فوقانی در مقایسه با سنگ‌های پوسته‌ی قاره‌ای زیرین غنی‌شدگی

۲- بررسی عناصر اصلی و فرعی و نسبت‌های عناصر ناسازگار حکایت از آن دارد که در سنگ‌های منطقه پدیده‌ی هضم سنگ‌های پوسته‌ای همراه با تبلور جدایشی (تحت عنوان فرآیند AFC) صورت پذیرفته است. در این حالت گدازه‌های آندزیتی که تکامل یافته‌ترین سنگ‌های منطقه محسوب می‌شوند بیشترین آلدگی پوسته‌ای را نشان می‌دهند.

۳- در اثر برهم کنش magmaی اولیه ریشه گرفته از گوشته با مواد پوسته‌ی قاره‌ای، ترکیب ژئوشیمیایی اولیه magmaی سنگ‌های منطقه تعديل و تغییر یافته است، به نحوی که کاملاً روندهای عنصری پوسته را به خود گرفته است.

به نظر پژوهندگان، در اثر این تغییرات نسبت‌های ژئوشیمیایی جدیدی به صورت کاذب ایجاد شده که ناشی از آلایش پوسته‌ای بوده است بنابراین باید بخصوص در استفاده از نمودارهای ژئوشیمیایی برای تشخیص خاستگاه و نمودارهای تشخیص محیط زمین ساختی که برپایه‌ی عناصر حساس نسبت به آلایش پوسته‌ای ترسیم شده‌اند، کاملاً محتاط بود زیرا آثار ناشی از آلدگی پوسته‌ای کاربرد آنها را گاهی ناممکن می‌سازد.

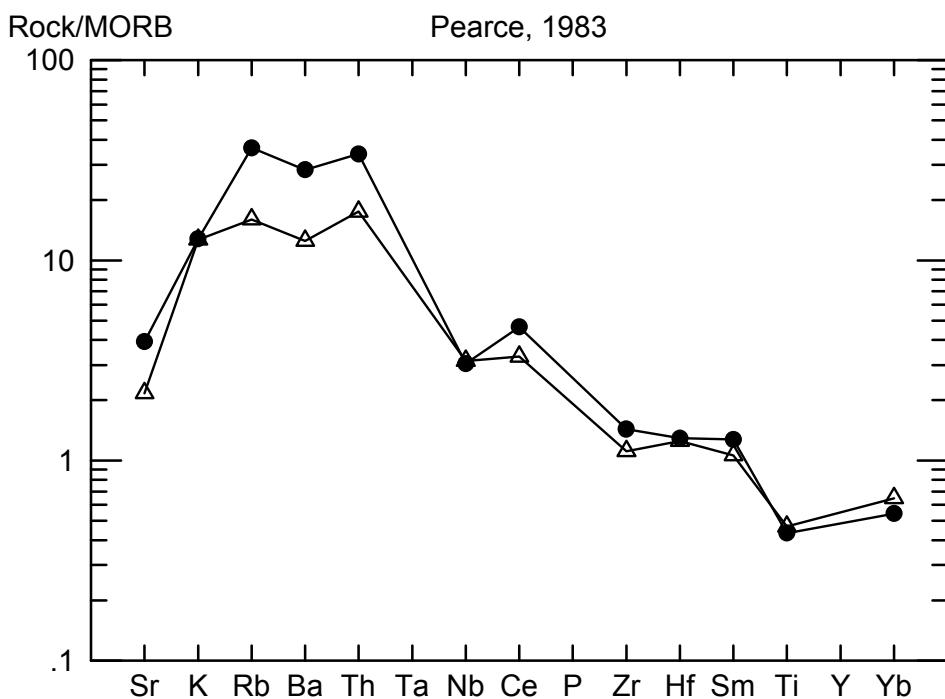
به خصوص در سنگ‌های پوسته‌ی فوقانی بالاتر از منابع پوسته‌ای و گوشته‌ای دیگر است. در نمودار Rb/Th نسبت به (شکل ۱۶)، نمونه‌های منطقه‌ی داماش به مقادیر پوسته‌ی قاره‌ای فوقانی نزدیک بوده و در مقادیر بالاتری از ۲ قرار گرفته‌اند و در نتیجه آلدگی و هضم زیادی داشته‌اند.

در شکل (۱۷) الگوی میانگین عناصر کمیاب سنگ‌های آتشفسانی داماش در مقایسه با مقادیر میانگین پوسته [۲۰] هماهنگی و مانستگی روندهای عنصری بین سنگ‌های منطقه و پوسته‌ی قاره‌ای به چشم می‌خورد.

روندهای مشابه و نشیب و فرازهای یکسان نمونه با مقادیر پوسته‌ای، برهم کنش magmaی بازالتی منطقه‌ی داماش را با پوسته‌ی قاره‌ای مدلل می‌سازد.

برداشت

۱- سنگ‌های آتشفسانی پالئوزن داماش تنوع ترکیبی بین اولیوین بازالت تا آندزیت دارند. بررسی‌های سنگنگاری حکایت از آن دارد که جدایش کانی‌های اولیوین و پیروکسن نقش بسیار مهم در تنوع سنگ‌شناسی سنگ‌های منطقه داشته است.



شکل ۱۷ مقایسه‌ی الگوی میانگین عناصر کمیاب سنگ‌های آتشفسانی داماش با مقادیر میانگین پوسته [۲۰].
● میانگین سنگ‌های آتشفسانی داماش △ میانگین پوسته‌ی قاره‌ای

مراجع

- [۱] قلمقاش ج .. "نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰ جیرنده، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور(۱۳۸۱).
- [۲] Stocklin J., "Northern Iran:Alborz mountains.Mesozoic-Cenozoic orogenic belt.data for orogenic studies", Geol. Soc. London, Sp. Publ (1974a) 213-234.
- [۳] Pichler H., Shmitt-Riegraf C., "Gesteinsbildende Minerale im Dunnenschliff", Ferdinand Enke, Verlag Stuttgart,(1985).
- [۴] Duda A., Schmincke H.- U., "Polybaric differentiation of Alkali basaltic magmas: evidence from green-Core Clinopyroxenes (Eifel , FRG)", Contrib. Mineral. Petrol, 91(1985) 340-353.
- [۵] Wilson M., "Igneous petrogenesis-A global tectonic approach", Unwin Hyman London,(1989)466p.
- [۶] Fodor R.V., "Low and high-TiO₂ flood basalts of southern Brazil.Origin from picritic Parentage and a common mantle source", Earth planet.Sci.Lett.84(1987)423-430.
- [۷] Troll V.R., Donaldson C.H., Emeleus C.H., "Pre-eruptive magma mixing in ash-flow deposits of the tertiary Rum Igneous Centre", Scotland, Contrib .Mineral.petrol.147(2004)722-739.
- [۸] Rutherford M.J., Hill P.M., "Magma ascent rates from Amphibole breakdown:an experimental study applied to the 1980 Helens eruption", j.Geophys.Res,98(1993)19667-19686.
- [۹] Class C., Altherr R., Volker F., Eberz G., McCulloch M.T, "Geochemistry of pliocene to Quaternary alkali basalts from the Huri Hills, Northern Kenya", Chemical Geology, 113(1994)1-22.
- [۱۰] Zhu D., Pan G., MO X., Liao Zh., Jiang X., Wang L., Zhao Zh., "Petrogenesis of volcanic rocks in the Sangxiu Formation,central segment of Tethyan Himalaya:A probable example of plume-lithosphere interaction", journal of Asian Earth Sciences,29(2007)320-335.
- [۱۱] Keskin M., Pearce J.A., Mitchell J.G., "Volcano-stratigraphy and geochemistry of