

Lithologic sequence and geochemical characteristics of Second phase of Paleogene volcanic rocks in Deylaman area, Western Alborz

S. Taki¹, A. Darvishzadeh², M. Ghaderi³, Kh. Khosrow Tehrani¹

1- Department of Geology, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran (IAU)

2- Department of Mining and Geology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, (IAU)

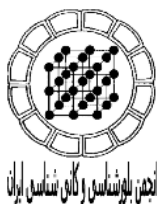
3- Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Email: Taki_Saeed2002@yahoo.com

(Received: 14/10/2008, in revised form: 29/1/2009)

Abstract: Deylaman area lies on Paleogene volcanic rocks in Western Alborz near the border between Central and Western Alborz structural zones. The succession of Paleogene rocks in the area is comprised of three separate phases each of which representing one stage of volcanic events. The main purpose of this paper is to study the lithologic sequence and geochemical characteristics of phase two volcanic rocks with Oligocene age (?). Rocks from the second phase are made of three separate parts (subunits) which by the order of age from the oldest to the youngest are; subunit one: basalts and basaltic andesite lavas, subunit two: coarse and fine grained tuffs and volcanic breccia, subunit three: andesitic tuffs with andesitic lenses. Geochemical studies on major and trace elements of lavas show that these rocks have calc-alkaline characteristic of volcanic arcs. Meanwhile, there are some similarities between REE patterns, for example LREE are more enriched, HREE have flat patterns as well as Eu negative anomalies. Therefore, the magmas of these rocks formed from a garnet-free but feldspar-bearing source. Immobile trace element data such as Cr and Th confirm their volcanic arc origin.

Keywords: *Lithology, geochemistry, volcanic, Paleogene, Deylaman, Alborz.*



توالی سنگ‌شناسی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن در منطقه دیلمان، البرز باختری

سعید تکی^۱، علی درویش‌زاده^۲، مجید قادری^۳، خسرو خسروتهرانی^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲- گروه زمین‌شناسی و معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان

۳- بخش زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

پست الکترونیکی: Taki_Saeed2002@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۸۷/۷/۲۳، نسخه نهایی: ۸۷/۱۰/۹)

چکیده: منطقه دیلمان در البرز باختری و در نزدیکی مرز بین زون‌های ساختاری البرز مرکزی و باختری روی سنگ‌های آتشفشانی پالئوژن قرار دارد. توالی پالئوژن در این ناحیه شامل سه فاز جداگانه است که هر کدام یک مرحله از فعالیت‌های آتشفشانی را به نمایش می‌گذارد. هدف اصلی این کار پژوهشی، بررسی توالی سنگ‌شناسی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی فاز دو با سن احتمالی الیگوسن است. سنگ‌های فاز دو در این ناحیه خود از سه بخش (زیرواحد) مجزا تشکیل شده است که از قدیمی ترین به جدیدترین عبارتند از: زیرواحد یک: گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی، زیرواحد دو: توف‌های درشت دانه و ریز دانه و برش آتشفشانی، زیرواحد سه: توف‌های آندزیتی همراه با عدسی‌های آندزیتی. بررسی‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب گدازه‌ها نشان می‌دهد که این سنگ‌ها در قلمرو کالکوالکالن قرار می‌گیرند که بیشتر شاخص قوس‌های آتشفشانی هستند. در عین حال، شباهت‌هایی میان الگوهای REE آن‌ها وجود دارد، از جمله این که همه آن‌ها از نظر LREEها بسیار غنی شده‌ترند و HREEها نیز الگوهای تخت را به نمایش می‌گذارند، بی‌هنجاری منفی Eu نیز در همه الگوها مشترک است. بنابراین ماگماهای تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها از یک خاستگاه مشترک فاقد گارنت ولی حاوی فلدسپات سرچشمه گرفته‌اند. داده‌های وابسته به عناصر کمیاب غیر متحرک مانند Cr و Th نیز وابستگی آن‌ها را به قوس‌های آتشفشانی تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سنگ‌شناسی، ژئوشیمی، آتشفشانی، پالئوژن، دیلمان، البرز.

مقدمه

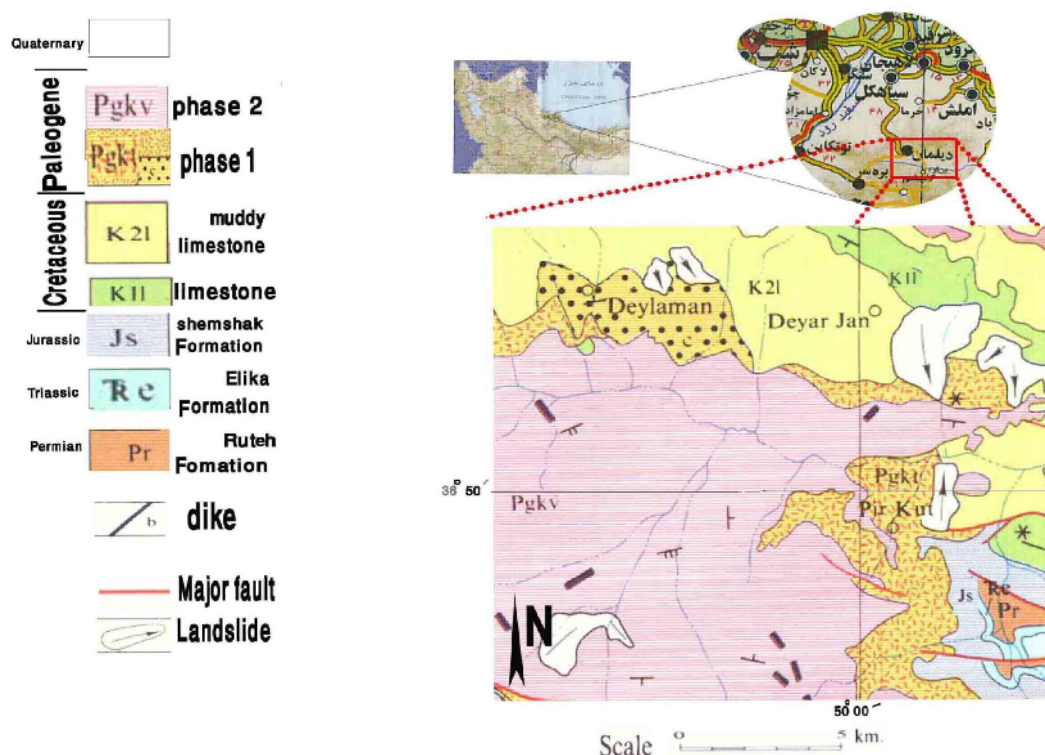
پالئوزوئیک تا عهد حاضر است، ولی بیشترین گسترش به سنگ‌های پالئوژن مربوط می‌شود. هدف اصلی این کار پژوهشی بررسی بخشی از سنگ‌های آتشفشانی پالئوژن است. آنلز و همکاران [۳] دنباله پالئوژن در چارگوش قزوین - رشت را در سه فاز جداگانه جای داده‌اند (جدول ۱). هر یک از فازهای یاد شده نیز مجموعه‌ای از لیتولوژی‌های متعدد و جدایی هستند که یک مرحله از فعالیت‌های آتشفشانی را نشان

منطقه دیلمان در رشته‌کوه‌های البرز در استان گیلان و تقریباً در حدود ۶۵ کیلومتری جنوب رشت و بین طول‌های ۵۳°، ۴۹° تا ۴°، ۵۰° خاوری و عرض‌های ۴۷°، ۳۶° تا ۵۵°، ۳۶° شمالی با مساحت تقریبی ۲۴۰ کیلومتر مربع واقع شده است (شکل ۱) و از نظر ساختاری در مرز البرز باختری و مرکزی قرار دارد [۱، ۲]. واحدهای سنگی رخنمون یافته در این منطقه شامل بر

در نواحی خاوری چارگوش زمین‌شناسی قزوین - رشت گهگاهی تدریجی است که در آنجا گدازه و توف به نسبت مساوی در یک منطقه تدریجی به ضخامت ۱۰۰ متر به صورت بین‌لایه‌ای ظاهر می‌شوند [۴].

نتایج به دست آمده از رسم مقاطع زمین‌شناسی و ستون‌های چینه‌شناسی (شکل ۲) حکایت از آن دارد که توالی فاز دوی گستره مورد بررسی در مکان‌هایی (مانند جنوب گرمار و لرو، شکل ۲ مقاطع E و F) روی آهک‌های کرتاسه فوقانی قرار می‌گیرد، در حالی که در مکان‌های دیگر (مثل باختر تنگه‌رود، شکل ۲ مقطع A) مستقیماً روی دنباله فاز یک می‌نشینند.

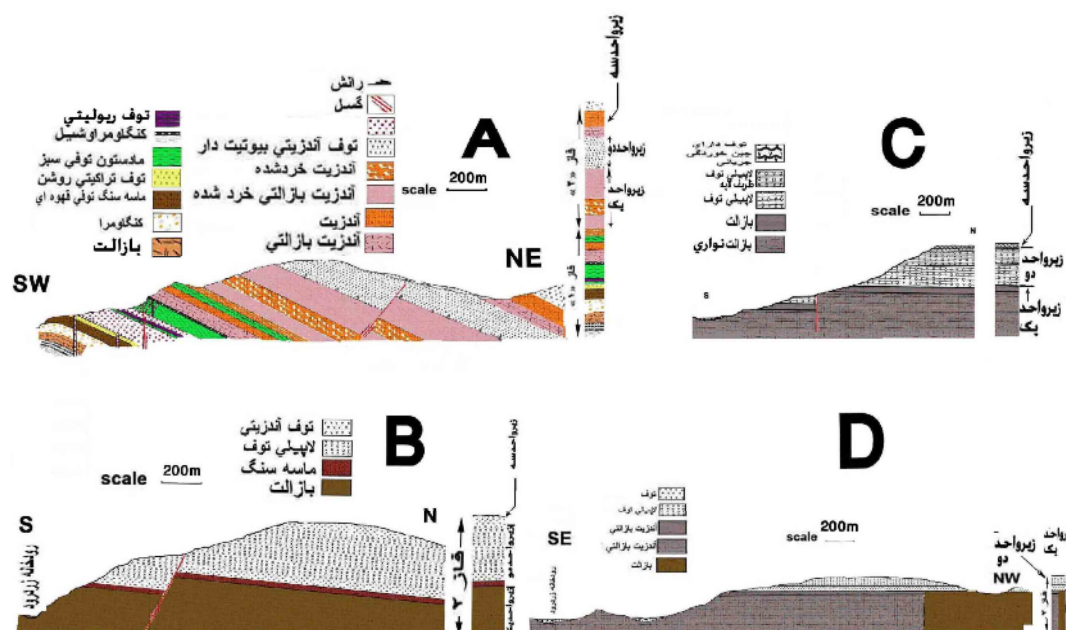
می‌دهند. این سه فاز، دستخوش تغییرات جانبی فراوانی شده اند. سنگ‌های فاز یک، بیشتر از توف‌ها (و گدازه‌ها)ی آندزیتی و اسیدی و گل‌سنگ‌های توفی تشکیل شده‌اند که سن احتمالی ائوسن [۳] را دارند و بخش بیشتر آن‌ها همسان سازند کرج است. سنگ‌های فاز دو و سه که احتمالاً وابسته به الیگوسن اند [۳]، به ترتیب از گدازه‌های بازی و گدازه‌های آندزیتی شیشه‌ای تشکیل شدند که در یک محیط خشکی (بدون آب) فوران کرده‌اند. در واقع، قاعده فاز دو به عنوان ترازوی شناخته می‌شود که خروج گدازه‌های بازی و گدازه‌های آندزیتی خشکی جایگزین انبوهه‌های دریائی توف‌های فاز یک می‌شود. این تبدیل در بیشتر بخش‌های کمر بند پالئوژن دیده می‌شود، ولی



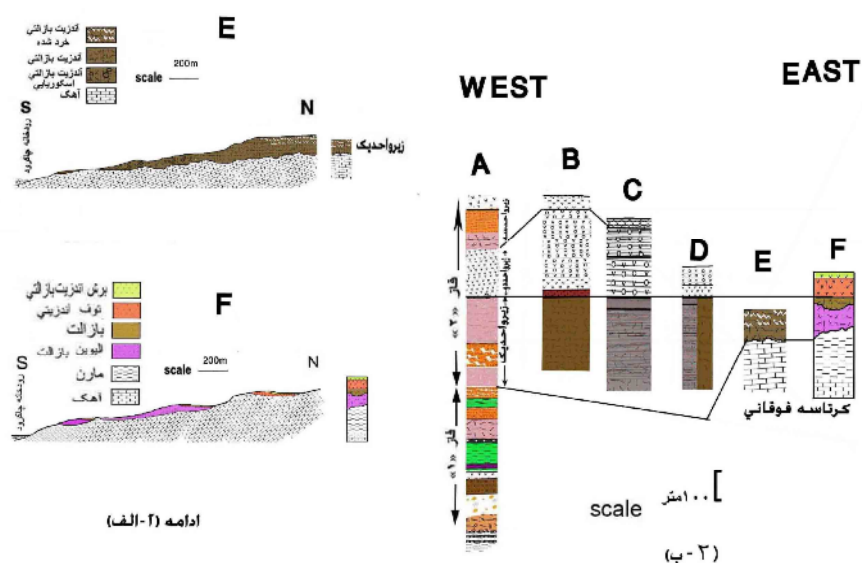
شکل ۱ موقعیت منطقه مورد بررسی و نقشه زمین‌شناسی آن [۳].

جدول ۱ فازهای پالئوژن زون البرز باختری بنا بر تقسیم‌بندی آنلز و همکاران [۳].

سن	فاز	لیتولوژی غالب
بیشتر الیگوسن؟	۳	بیشتر گدازه‌های آندزیتی شیشه‌ای
	۲	بیشتر گدازه‌های بازی
بیشتر ائوسن؟	۱	بیشتر توف‌های آندزیتی و اسیدی و گل‌سنگ‌های توفی



شکل ۲ الف) مقاطع زمین‌شناسی و ستون‌های چینه‌شناسی فاز دوی پالوژن وابسته به (A) باختر تنگه رود، (B) یک کیلومتری خاور زرد رود، (C) جنوب گلک، (D) جنوب کارخانه سیمان، (E) جنوب خاوری گرم‌رود، (F) جنوب لرو، (ب) تغییرات ضخامت و جنس دنباله زیرواحدهای فاز دو در طول منطقه مورد بررسی از باختر به خاور (برای تشخیص علائم و نشانه‌های به کار رفته به راهنماهای شکل ۲-الف مراجعه کنید).



راهنمای شکل ۲

زیرواحد سه: فوران توف‌های آندزیتی همراه با گدازه‌های آندزیتی
 زیرواحد یک: زیرواحد یک که قدیمی‌ترین سنگ‌ها را در فاز دو تشکیل می‌دهند، غالباً از گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی تشکیل شده‌اند. ضخامت و ترکیب این زیرواحد در مکان‌های مختلف متغیر است، به نحوی که ضخامت آن در بخش باختری

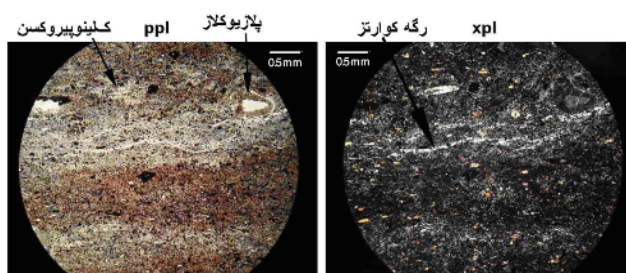
مشاهدات صحرائی نشان می‌دهد که مجموعه سنگ‌های فاز دو در منطقه مورد بررسی، خود حداقل از سه زیرواحد تشکیل شده است:

زیرواحد یک: فوران گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی
 زیرواحد دو: فوران لاپیلی توف‌های چند گن و توف‌های آندزیتی

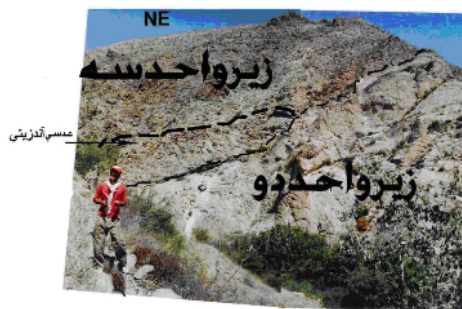
شده است. در بخش زیرین این زیرواحد گاهی چند لایه ماسه‌سنگی و کنگلومرانی به رنگ سرخ متمایل به بنفش دیده می‌شوند. ضخامت این زیرواحد در حدود ۳۰۰ متر است. زیرواحد سه: این زیر واحد از لحاظ دانه بندی همانند زیرواحد دو است. زیرواحد یاد شده غالباً از توف‌های آندزیتی کوارتزار با بافت اتاکسیتی، متمایل به سرخ تشکیل شده است. درون این زیرواحد، گدازه‌هایی از جنس آندزیت به‌صورت عدسی مانند دیده می‌شود. زیرواحد سه با یک مرز بسیار روشنی روی زیرواحد دو قرار می‌گیرد (شکل ۴). از ویژگی‌های این زیرواحد، چین‌خوردگی‌های جریانی (شکل ۵) در آن است که در واقع نشانگر نوعی دگرذیسی (Rheomorphism) حاصل از روانی آن به هنگام جدایش و خروج گازهای محبوس در میان ذرات خاکستر ناپیوسته است [۵، ۶].

منطقه (شمال تنگه‌رود) بیشینه و به حدود ۳۰۰ متر می‌رسد (شکل ۲ مقطع A)، در حالی که در بخش خاوری (جنوب لرود) ضخامت تنها چند متر (حداکثر ۱۰ متر) است. در سمت خاوری، این گدازه‌ها بیشتر اسکوریائی می‌شوند. جریان‌های گدازه‌ای منفرد غالباً بین ۳ تا حدود ۵۰ متر ضخامت دارند و گاهی با افق‌های نازک خاک‌های قدیمی از هم تفکیک می‌شوند. بیشتر این جریان‌ها در بخش پائین خود حفره‌دار بوده و با لایه‌بندی ظریفی دیده می‌شوند که در واقع نشانگر نوعی جریان رگه‌ای (laminar flow) است (شکل ۳).

زیرواحد دو: زیرواحد دو که نسبت به دو زیرواحد دیگر بیشترین گسترش را دارد، غالباً از توف‌های لاپیلی نسبتاً درشت دانه و برش آتشفشانی همراه با توف‌های آندزیتی دارای بافت اتاکسیتی و به مقدار بسیار کمتر نیز گدازه‌های آندزیتی تشکیل



شکل ۳ تصویر میکروسکوپی بازالت نواری در ppl و xpl.



شکل ۴ برخوردگاه زیرواحد سه (بالا) و زیرواحد دو (پائین). نزدیک برخوردگاه عدسی‌های آندزیتی در زیرواحد سه دیده می‌شود (آبراهه جنوب میکال، دید به سمت خاور - شمال خاوری).



شکل ۵ چین‌خوردگی‌های جریانی (flow folding) موجود در بخش فوقانی زیر واحد سه.

روش کار

برای دستیابی به هدف‌های این کار پژوهشی سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئون، در سه مرحله کتابخانه‌ای، عملیات صحرایی و آزمایشگاهی مورد بررسی‌های ژئوشیمیایی قرار گرفتند. از آنجا که بخش مهمی از سنگ‌های منطقه، واحدهای آذرآواری دارای لایه‌بندی مشخص است (که به صورت بین‌چینه‌ای با گدازه‌های مختلف همراهند)، لذا در عملیات صحرایی سعی شد تا نمونه‌برداری‌ها در مسیرهای مستقیم از محل‌های مختلف به گونه‌ای انجام شود تا در راستاهای مختلف عمود بر راستای لایه‌ها و لایه‌بندی باشد تا از یک طرف تنوع

ترمی سنگ‌های یاد شده مشخص شده و از طرفی دیگر تقدم و تأخر آن‌ها روشن شود. این گونه نمونه‌برداری در مسیرهای یاد شده منجر به رسم نیمرخ و روشن شدن ستون چینه‌شناسی شد. به دنبال نمونه‌برداری در مرحله عملیات صحرایی از نمونه‌ها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه شد. پس از بررسی سنگ‌شناختی مقاطع نازک، ده نمونه با کمترین دگرسانی برای تجزیه شیمیایی انتخاب و به آزمایشگاه ALS-Chemex کانادا فرستاده شدند. تجزیه‌ها به روش ICP-AES برای عناصر اصلی و ICP-MS برای عناصر کمیاب صورت پذیرفت (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی (برحسب درصد) و عناصر کمیاب (برحسب ppm) سنگ‌های آتشفشانی فاز دو پالئون منطقه دیلمان.

	D ₃₂₇	D ₃₁₂	D ₃₀₆	D ₂₅₈	D ₂₅₇	D ₁₈₈	D ₁₆₈	D ₀₀₁	D ₁₀₀
SiO ₂	۵۴٫۳	۵۱٫۲	۵۱٫۵	۵۰٫۰	۵۰٫۷	۵۵٫۵	۴۵٫۰	۵۵٫۶	۴۶٫۶
Al ₂ O ₃	۱۴٫۵۵	۱۷٫۲۵	۱۶٫۴۵	۱۷٫۱۵	۱۶٫۹۵	۱۵٫۳	۱۶٫۱۵	۱۵٫۳	۱۱٫۵۵
Fe ₂ O ₃	۱٫۴۳	۱٫۵۳	۱٫۵۹	۱٫۷	۱٫۷۵	۱٫۱۸	۲٫۱۳	۱٫۴۷	۱٫۷۲
FeO	۶٫۱۵	۶٫۷۴	۷٫۱۱	۷٫۴۶	۷٫۷۴	۵٫۳۵	۸٫۵۶	۶٫۳۸	۷٫۸۱
CaO	۸٫۱۳	۷٫۵۷	۶٫۶۴	۹٫۲۵	۹٫۲۹	۷٫۸۷	۹٫۱۶	۷٫۵۶	۱۲٫۹
MgO	۴٫۴۷	۴٫۱۱	۳٫۸۲	۵٫۰۰	۴٫۴۶	۴٫۸	۵٫۹۸	۴٫۰۰	۱۰٫۶۵
Na ₂ O	۳٫۰۰	۳٫۹۱	۳٫۴۹	۲٫۹۱	۳٫۰۱	۳٫۰۲	۲٫۸۹	۲٫۸۸	۱٫۸۴
K ₂ O	۲٫۷۹	۲٫۶۱	۱٫۷۸	۱٫۱۸	۱٫۳۱	۱٫۴۷	۱٫۴۹	۲٫۱۶	۱٫۱۹
TiO ₂	۱٫۲۶	۱٫۱۸	۱٫۱۱	۱٫۳۵	۱٫۳۴	۰٫۷۴	۲٫۵۶	۱٫۲۶	۱٫۴
P ₂ O ₅	۰٫۲۸	۰٫۳۹	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۹۹	۰٫۲۰	۰٫۲۱
LOI	۲٫۰۵	۰٫۶۵	۳٫۷۹	۲٫۰۸	۲٫۱۱	۳٫۸۳	۳٫۵۳	۲٫۲۵	۳٫۰۸
La	۲۱٫۶	۳۴٫۸	۲۷٫۹	۲۱٫۱	۱۸٫۰	۲۲٫۳	۴۷٫۰	۲۳٫۰	۱۴٫۸
Ce	۴۴٫۴	۶۷٫۹	۵۴٫۵	۴۲٫۴	۳۷٫۴	۴۱٫۰	۹۳٫۶	۴۵٫۰	۳۰٫۸
Pr	۵٫۸۷	۸٫۶۴	۷٫۰۷	۵٫۳۴	۴٫۹۷	۴٫۶۹	۱۱٫۲۵	۵٫۴۸	۴٫۱۲
Nd	۲۱٫۴	۳۱٫۹	۲۶٫۷	۲۲٫۵	۱۹٫۷	۱۸٫۴	۴۵٫۰	۲۲٫۰	۱۸٫۴
Sm	۴٫۰۷	۶٫۰۲	۵٫۷۱	۵٫۰۱	۴٫۵۰	۳٫۶۷	۸٫۲۶	۴٫۷۵	۴٫۲۵
Eu	۱٫۲۵	۱٫۸۴	۱٫۷۳	۱٫۴۱	۱٫۴۱	۱٫۱۱	۲٫۵۹	۱٫۲۵	۱٫۲۲
Gd	۴٫۱۷	۶٫۰۶	۶٫۰۰	۴٫۹۳	۴٫۶۹	۳٫۸۸	۷٫۹۸	۴٫۷۵	۴٫۱۶
Tb	۰٫۶۸	۰٫۸۶	۰٫۹۴	۰٫۷۶	۰٫۷۹	۰٫۵۹	۱٫۰۶	۰٫۷۸	۰٫۶۱
Dy	۳٫۳۴	۴٫۱۳	۵٫۱۱	۴٫۴۰	۴٫۲۸	۳٫۳۱	۵٫۱۲	۴٫۵۳	۳٫۳۳
Ho	۰٫۶۹	۰٫۸۴	۱٫۰۶	۰٫۹۱	۰٫۹۰	۰٫۶۹	۱٫۰۱	۰٫۹۶	۰٫۶۶
Er	۱٫۸۴	۲٫۲۷	۲٫۸۳	۲٫۶۵	۲٫۳۵	۲٫۱۲	۲٫۷۲	۲٫۸	۱٫۸۵
Tm	۰٫۲۷	۰٫۳۳	۰٫۴۲	۰٫۳۶	۰٫۳۶	۰٫۳۰	۰٫۳۵	۰٫۴۰	۰٫۲۵
Yb	۱٫۶۸	۲٫۰۳	۲٫۵۴	۲٫۳۷	۲٫۲	۱٫۹۹	۲٫۱۸	۲٫۶۲	۱٫۶۱
Lu	۰٫۲۸	۰٫۳۲	۰٫۴۱	۰٫۳۳	۰٫۳۴	۰٫۳۰	۰٫۳۱	۰٫۴۰	۰٫۲۳
Zr	۱۴۶	۱۹۶	۲۲۹	۱۲۲	۱۱۵	۱۲۲	۲۴۲	۱۸۴	۸۲
Y	۱۸٫۳	۲۳٫۱	۲۷٫۶	۲۳٫۱	۲۳٫۹	۱۸٫۷	۲۴٫۷	۲۵٫۱	۱۶٫۹
Th	۴٫۸۲	۹٫۸۴	۶٫۰۵	۴٫۴۴	۴٫۰۲	۶٫۵۰	۴٫۱۱	۶٫۵۵	۲٫۴۲
Cr	۱۶۰	۱۰	۶۰	۱۰۰	۵۰	۱۸۰	۱۱۰	۱۰۰	۶۸۰
Hf	۴٫۱	۴٫۹	۵٫۶	۳٫۵	۳٫۲	۳٫۱	۵٫۲	۵٫۲	۲٫۳

سنگ شناختی

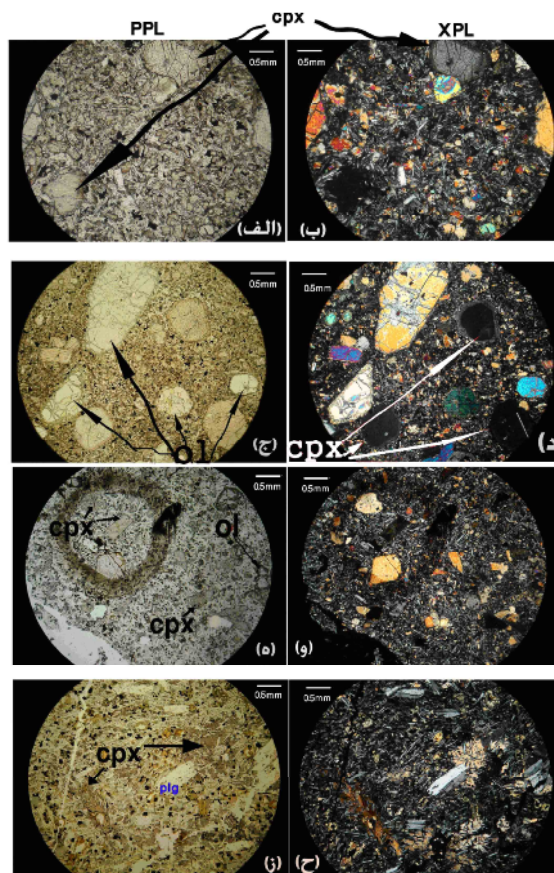
بررسی‌های میکروسکوپی سنگ‌های آتشفشانی فاز دو پالئوژن حکایت از آن دارد که غالب گدازه‌های این فاز، بازالت و آندزیت بازالتی‌اند، در حالی که توف‌ها که غالباً آندزیتی هستند که به شرح زیرند.

الف) بازالت: گدازه‌های بازالتی در دنباله فاز دو در پائین‌ترین بخش زیر واحد یک قرار دارند. در نمونه دستی، رنگ آن‌ها سبز تیره (و حتی نسبتاً سیاه) بوده و ساخت پورفیریتیک تا نهان بلورین دارند. گاهی ساخت‌های منشوری نیز در آن‌ها قابل

مشاهده است (شکل ۶). در زیر میکروسکوپ، بافت آن‌ها پورفیریتیک تا پورفیری میکرولیتی جهت‌یافته و گاهی نیز پوئی‌کیلنیک و ساب‌افیتیک (شکل ۷) است. کانی‌های اصلی این سنگ‌ها، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و الیوین؛ کانی فرعی مگنتیت و کانی‌های ثانویه عبارتند از کلریت، گوئیت، هماتیت و زئولیت. فنوکریست‌های این سنگ‌ها غالباً الیوین، کلینوپیروکسن و به مقدار بسیار کمی نیز پلاژیوکلازند که در خمیره‌ای از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، میکرو بلورهای کلینوپیروکسن و مگنتیت قرار گرفته‌اند.



شکل ۶ ساخت منشوری در بازالت‌های وابسته به فاز دوی پالئوژن منطقه مورد بررسی.



شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی بازالت‌ها، الف، ب، ج، د) منطقه‌بندی هم مرکز در فنوکریستال‌های کلینوپیروکسن. حاشیه کلینوپیروکسن‌ها در نور عادی قهوه‌ای می‌شود (تیتان اوژیت). ه و) وجود منطقه‌بندی قطاعی (sector zoning) در فنوکریستال‌های کلینوپیروکسن. ح، ز) هم‌رشدی‌های افیتیک و ساب‌افیتیک مابین پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن.

اليوين ها غالباً در پيرامون دستخوش ايدنگسيتي (iddingsitization) شده اند. بنا به نظر دير و همكاران [۷] فرايند ايدنگسيتي، يك تغيير و تبديل پيوسته در ساختار اليوين است كه در حالت جامد پديد مي آيد كه در آن Fe^{2+} ، Mg و Si از بلور خارج و در عوض Fe^{3+} ، Al و Ca وارد شبكه مي شوند. كلينوپيروكسن ها غالباً منطقه بندي مشخصي را نشان مي دهند. اين منطقه بندي به دو صورت ظاهر مي شوند: الف) هم مركز (شكل ۷-ج، د) و ب) قطاعي (شكل ۷-هـ و). در نور PPL معمولاً فنوكريست هاي كلينوپيروكسني كه داراي منطقه بندي به سمت كرانه هاي خود قهوه اي رنگ شده و در نور XPL به هنگام خاموشي، رنگ هاي تداخلي غيرعادي (آبي و قهوه اي چرمي) به خود مي گيرند (تيتان اوژيت) (شكل ۷-الف، ب). مقدار سيليس اين سنگ ها بين ۴۵ تا ۴۶/۶ درصد بوده (نمونه هاي D_{100} و D_{168} در جدول ۲) و در نور خود حاوي اليوين هستند. در نور نمونه اي از اين بازالت ها، نفلين و در ديگري هيپرستن ديده مي شود (جدول ۳ نمونه هاي).

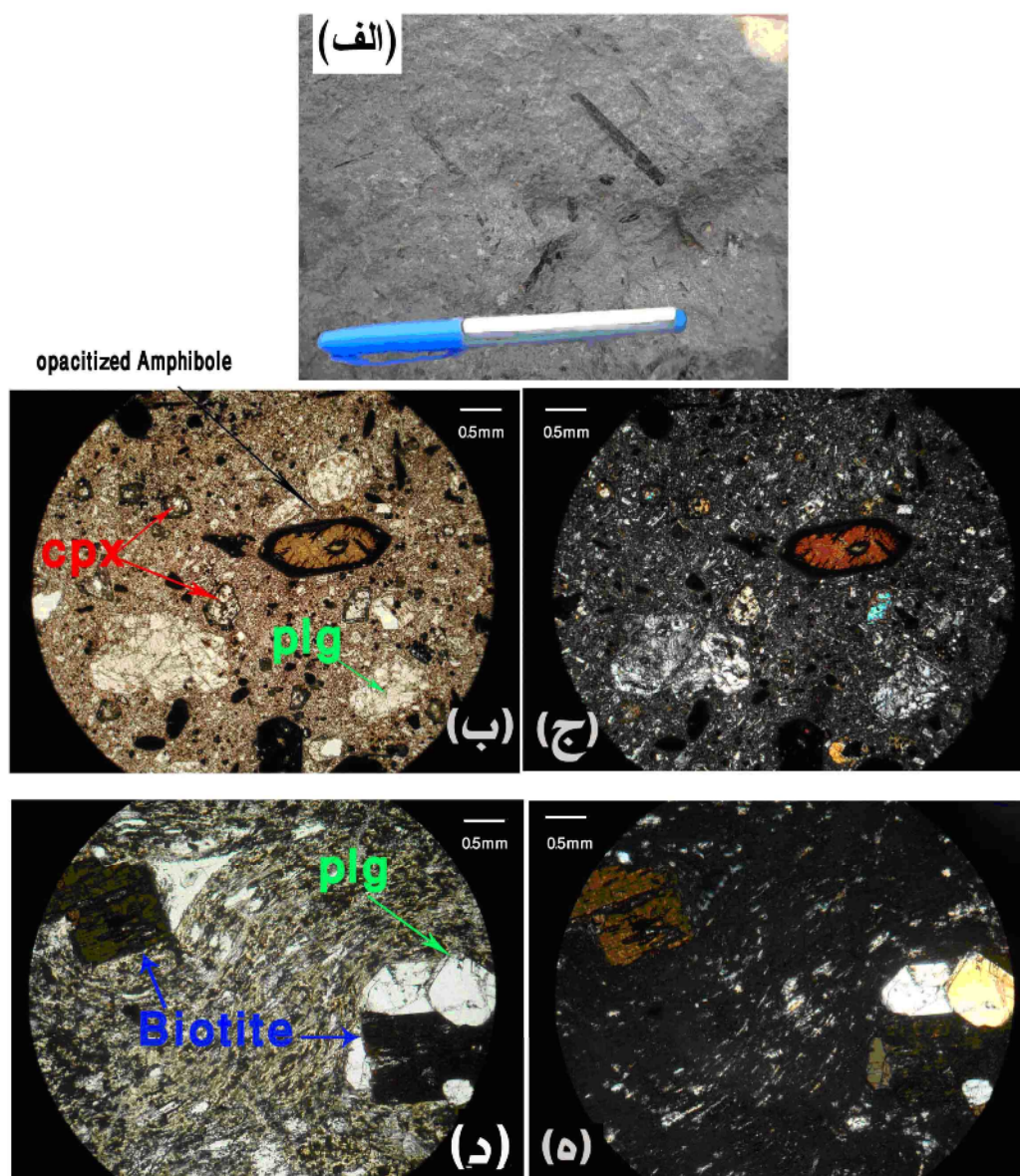
ب) آندزيت بازالتی: گدازه های آندزيت بازالتی از لحاظ مكاني همراهی نسبتاً نزديكي با بازالت ها دارند. رنگ آن ها نيز سبز نسبتاً روشن تر از بازالت ها است. ساخت آفانيتيك تا پورفيري داشته و بيشتر حفره اي و يا تا حدى بادامي هستند. زير ميكروسكوپ، بافت آن ها پورفيري ميكروليتي و جهت يافته (تراكيته از نوع هيالوپليتيك)، ريز پورفيريكي تا ويتروفيري و گاهي نيز به صورت موضعي انبوهه هاي فنوكريستي به صورت گلومروپورفيريكي در آن ها مشهود است. كاني هاي اصلي شامل پلاژيوكلاز و كلينوپيروكسن؛ كاني هاي فرعي، آمفيبول، بيوتيت،

كاني هاي كدر، اليوين و زيركن؛ و كاني هاي ثانويه شامل كلريت، اپيدوت و اكسيد آهن اند. در همه اين سنگ ها، پلاژيوكلاز از لحاظ فراواني بيشترين مقدار را به خود اختصاص داده و وجود كلينوپيروكسن نيز در همه مشترك است، ولي مقدار كلينوپيروكسن در نمونه هاي گوناگون آندزيت بازالتی متفاوت بوده و گاهي فقط به صورت فنوكريست ديده مي شود. از ويژگي هاي مشترك ديگر همه آندزيت هاي بازالتی، وجود آمفيبول در آن ها است كه بعضي آمفيبول ها كاملاً كدر شده اند بوده، در حالي كه برخي ديگر فقط پيرامون كدر دارند. در بعضي از نمونه ها، طول آمفيبول ها به ۳ سانتيمتر نيز مي رسد (شكل ۸-الف). مقدار سيليس اين دسته از سنگ ها بين ۵۰ تا ۵۵/۶ درصد بوده و همه آن ها در نور خود هيپرستن و كوارتز داشته و فاقد هر دو كاني اليوين و نفلين اند (غير از نمونه D_{312}) (جدول ۲ و ۳).

ج) توف آندزيتي: رنگ سطحی این توفها سفید یا خاکی و گاهی متمایل به سرخ است. بیوتیت نمایان ترین بلوری است که در نمونه دستی آن ها قابل مشاهده است. در زیر میکروسکوپ، بافت این سنگ ها پورفیروكلاستيك و اتاكسيتي بوده و در تقسيم بندي IUGS نوعی توف شيشه اي بلوری به شمار مي روند. كاني اصلي اين سنگ ها، پلاژيوكلاز، كاني هاي فرعي بيوتيت و مگنتيت است. فنوكريست هايي از جنس پلاژيوكلاز منطقه اي و بيوتيت همراه با مقادير كمی ميكروفنوكريست مگنتيت در خميره اي متشكل از شيشه، ميكروليت هاي پلاژيوكلاز و كاني هاي ريز نهان بلور قرار دارند (شكل ۸-د، هـ).

جدول ۳ محاسبه نورم CIPW سنگ های آتشفشانی فاز دو پالئوژن منطقه دیلمان.

	Qz	Or	Ab	An	Di	Hy	Mt	Ilm	Ap	Ne	Ol
D ₃₂₇	۳/۶۳	۱۷/۱۰	۲۶/۲۸	۱۸/۶۱	۱۷/۶۱	۱۱/۵۱	۲/۱۵	۲/۴۸	۰/۶۳	۰	۰
D ₃₁₂	۰	۱۵/۹۸	۳۳/۰۸	۲۲/۵۲	۱۱/۵۳	۰	۲/۳۰	۲/۳۲	۰/۸۸	۰/۶	۱۰/۷۸
D ₃₀₆	۲/۲۱	۱۱/۲۲	۳۱/۴۳	۲۲/۴۹	۶/۸۵	۱۷/۶	۲/۴۶	۲/۲۵	۰/۵۱	۰	۰
D ₂₅₈	۰/۲۶	۷/۲۴	۲۵/۵۲	۳۱/۳۵	۱۲/۲۹	۱۷/۵۶	۲/۵۶	۲/۶۶	۰/۵	۰	۰
D ₂₅₇	۱/۰۶	۷/۳۹	۲۶/۲۷	۳۰/۰۸	۱۳/۳۲	۱۶/۰۶	۲/۶۲	۲/۶۳	۰/۵	۰	۰
D ₁₈₈	۸/۶۷	۹/۱۰	۲۶/۷۱	۲۴/۹۲	۱۱/۹۱	۱۴/۹۳	۱/۷۹	۱/۴۷	۰/۵	۰	۰
D ₁₆₈	۰	۹/۲۷	۲۵/۶۹	۲۸/۰۳	۱۱/۱۶	۰/۱۲	۳/۲۵	۵/۱۲	۲/۲۷	۰	۱۵/۱۲
D ₀₀₁	۸/۲۶	۱۳/۱۸	۲۵/۱۱	۲۳/۱۱	۱۱/۸۴	۱۳/۳۸	۲/۲	۲/۴۷	۰/۴۵	۰	۰
D ₁₀₀	۰	۷/۳۶	۱۲/۳۸	۲۰/۶۰	۳۶/۲۸	۰	۲/۶۱	۲/۰۷	۰/۴۸	۲/۱	۱۶/۱۳



شکل ۸ الف) تصویر ماکروسکوپی نمونه‌ای از آندزیت بازالتی، طول بعضی از آمفیبول‌ها به ۳ سانتیمتر نیز می‌رسد. ب و ج) تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ای از آندزیت بازالتی. د، ه) تصاویر میکروسکوپی توف آندزیتی با بافت اتاکسیتی.

ژئوشیمی و محیط زمین‌ساختی

داده‌های شیمیایی عناصر اصلی روی نمودارهای مجموع آلکالی-سیلیس (TAS) براساس [۸-۱۱] و AFM براساس [۱۰] (شکل ۹-الف، ب، ج) حکایت از آن دارد که این سنگ‌ها از نوع ساب آلکالن و غالباً کالکوالکالن هستند.

سنگ‌های پالئوژن در منطقه مورد بررسی با نفوذی‌های متعدد قطع شده‌اند. همین امر سبب شده است که برخی از آن‌ها دستخوش دگرسانی نیز بشوند. هر چند که از میان نمونه‌های برداشت شده، نمونه‌های دارای کمترین دگرسانی

برای تجزیه شیمیایی انتخاب شده‌اند، ولی برای اطمینان بیشتر از نتایج به‌دست آمده از عناصر اصلی، عناصر کمیاب کم‌تحرك و غیرمتحرک‌ها مانند Y ، Ni ، Ti ، V ، P ، Zr ، Nb و عناصر نادر خاکی (REE) و نسبت‌های عنصری که در طی فرآیندهای هوازدهی و دگرسانی تغییر چندانی نمی‌کند نیز به کار برده شدند.

بر اساس بررسی‌های نسبت Zr/Y در سری‌های تولییتی بین ۲ و ۴/۵، در سری تحولی ۴/۵ الی ۷ و در سری کالکوالکالن بیش از ۷ است. بر پایه نسبت این دو عنصر، غالب

(۱۱) دیده می شود که چند مورد از آن ها به شرح زیرند:

۱- در همه آن ها، جدایش مشخصی بین اجزای سنگین و سبک REE دیده می شود به نحوی که LREE ها بسیار غنی شده ترند (درجه جدایش REE که از نسبت به دست آمده بین ۷/۶ تا ۱۸/۷ تغییر می کند).

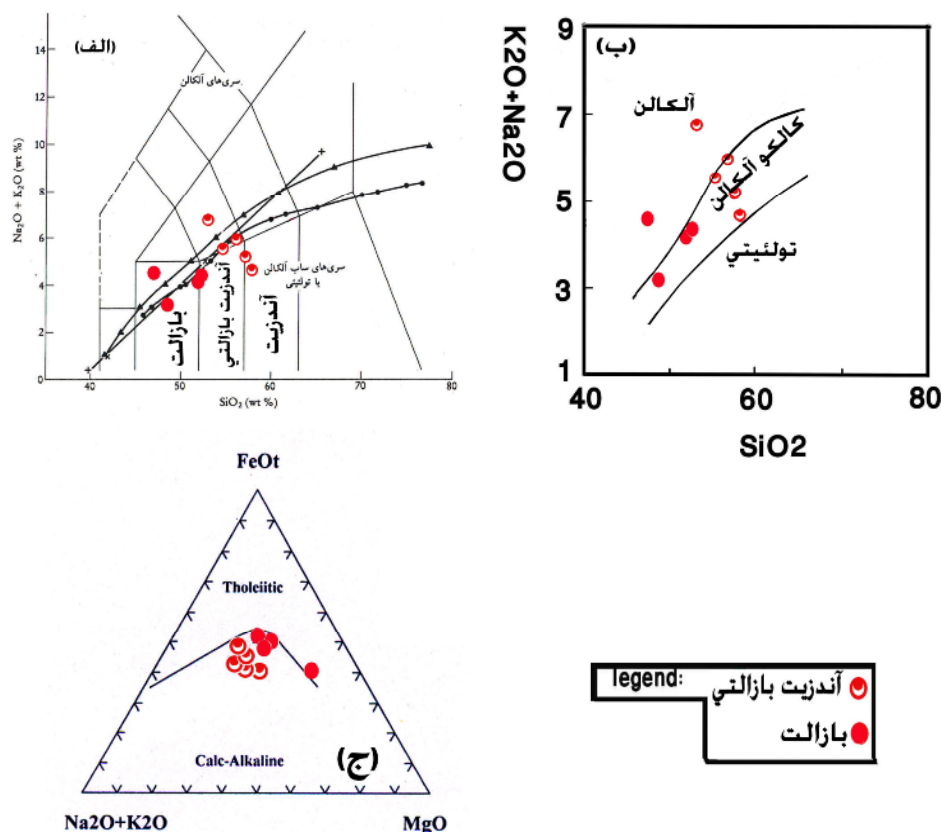
۲- شیب الگوهای REE در سمت LREE تند و نزولی، ولی در سمت HREE ها تخت (flat) است.

۳- HREE ها غالباً بیش از ده برابر از مقادیر کندریتی غنی شده ترند.

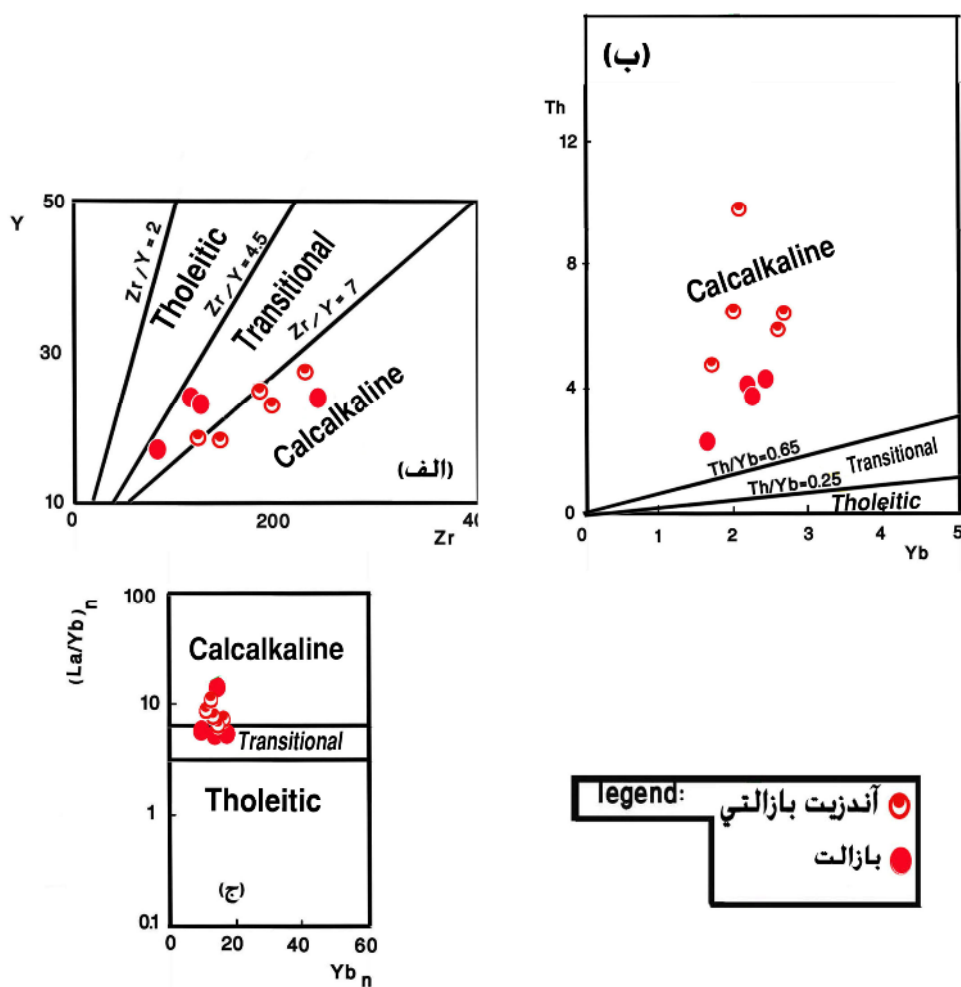
۴- بی هنجاری منفی Eu در همه دیده می شود (محاسبه بی-هنجاری Eu با استفاده از میانگین هندسی پیشنهاد شده توسط [۱۵] به دست آمده است. اگر عدد حاصله زیر یک باشد، بی هنجاری منفی و بالای یک، مثبت خواهد بود). همه نمونه های آتشفشانی فاز دو از نظر Eu مقادیر زیر یک (اعداد بین ۰/۷۷ تا ۰/۹۸) را نشان می دهند.

سنگ های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن منطقه مورد بررسی در قلمرو کالکوالکالن و گاهی تحولی قرار می گیرند (شکل ۱۰-الف). همچنین، نسبت های La/Yb و Th/Yb نیز می تواند متمایزکننده سری های کالکوالکالن و تولیتی باشد [۱۲]. این نسبت در سنگ های کالکوالکالن بیش از ۰/۶۵، در سنگ های تولیتی کمتر از ۰/۲۵ و در انواع دیگر بین آن دو است. نسبت های عنصری La_N/Yb_N که به مقادیر کندریتی ارائه شده توسط [۱۳] بهنجار شده اند، در انواع کالکوالکالن بالاتر از سری های تولیتی است. داده های وابسته به سنگ های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن منطقه غالباً در گستره کالکوالکالن و بعضی نیز در قلمرو تحولی قرار می گیرند (شکل های ۱۰-ب و ج). بنابراین نتایج حاصل از عناصر اصلی (نمودارهای TAS و AFM) را تأیید می کنند.

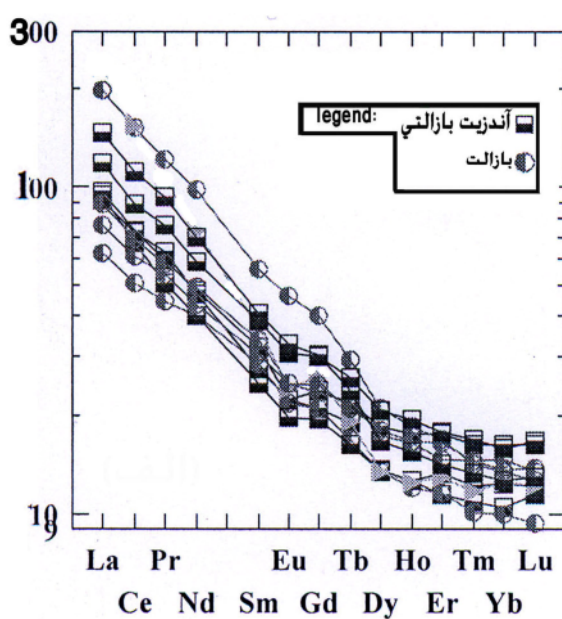
بررسی عناصر نادر خاکی نشان می دهد که مانستگی های زیادی بین الگوهای به دست آمده از عناصر نادر خاکی (REE) بهنجار شده به مقادیر کندریتی بر اساس داده های [۱۴] (شکل



شکل ۹ الف) تقسیم بندی سنگ های آتشفشانی بر پایه نمودار TAS [۸] و داده های مربوط به سنگ های آتشفشانی فاز دو منطقه مورد مطالعه روی آن. منحنی ها، مرز جداکننده سنگ های آلکالن و ساب آلکالن و [۹] (دایره توپر)، [۱۰] (مثلث توپر)، [۱۱] (بعلاوه). ب) تفکیک سری سنگ های آلکالن و ساب آلکالن (تولیتی و کالکوالکالن) بر اساس [۹]. ج) نمودار AFM خط جداکننده از [۱۰].



شکل ۱۰ داده‌های وابسته به سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن روی نمودارهای الف) Y-Zr، ب) Th-Yb، ج) La_N/Yb_N -Yb_N.



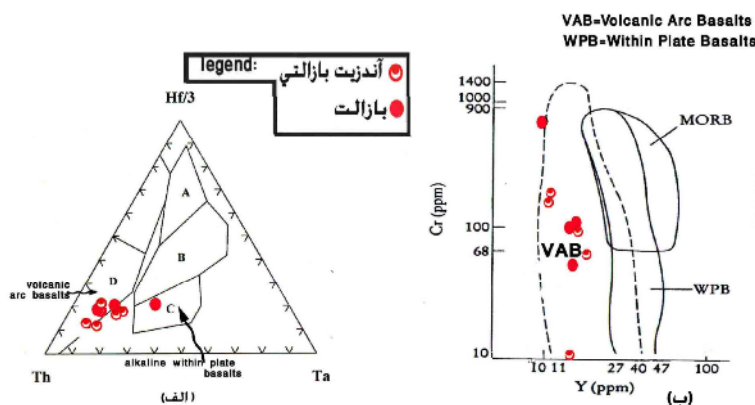
شکل ۱۱ الگوهای REE وابسته به سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئون که نسبت به مقادیر کندریتی بر اساس [۱۴] بهنجار شده‌اند. ناسازگارند. بنابراین جدا شدن فلدسپات از مذاب چه در اثر جدایش تفریق بلوری و چه به علت ذوب بخشی (که در آن فلدسپات در تفاله باقی می‌ماند)، باعث پیدایش بی‌هنجاری منفی Eu در مذاب می‌شود. شواهد سنگ شناختی مقاطع سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئون در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد که فلدسپات جزء فازهای اصلی بیشتر این سنگ‌هاست. پس قاعداً جدایش بلوری فلدسپات نمی‌تواند عامل اصلی ایجاد بی‌هنجاری منفی Eu در این سنگ‌ها باشد، بلکه تعادل مذاب با سنگ خاستگاه حاوی فلدسپات عامل اصلی این بی‌هنجاری است.

داده‌های شیمیایی روی نمودارهای متمایز کننده محیط های زمین ساختی حکایت از وابستگی ماگمای تشکیل دهنده این سنگ‌ها به قوس‌های آتشفشانی قاره‌ای در ارتباط با فرورانش دارد. نمودارهایی که استفاده شده، بر پایه عناصر کمیاب غیرمتحرک بنا نهاده شده است، به عنوان مثال نمودار Th-Hf-Ta [۱۹] (شکل ۱۲-الف). نسبت Hf/Th مربوط به سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئون منطقه دیلمان پائین تر از ۳ است، بنابراین جزء بازالت‌های کالکوالکالن قوس‌های آتشفشانی محسوب می‌شوند. این داده‌ها روی نمودار Cr-Y [۲۰] نیز در گستره قوس‌های آتشفشانی قرار می‌گیرند (شکل ۱۲-ب).

بنابر بررسی انجام شده در منطقه یوزباشی‌چای در جنوب ناحیه مورد مطالعه و در کمرند البرز بخش طارم سفلی [۲۱]، همین سنگ‌ها ماهیت کالکوالکالن داشته، ولی بیشتر پر پتاسیم و شوشونیتی‌اند. نتیجه این کار پژوهشی، سنگ‌های یاد شده را به یک محیط فرورانش یا برخورد قاره‌ای حاصل از فرورانش نسبت داده است.

مانستگی‌های یاد شده دلالت بر هم خاستگاه بودن سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئون در منطقه مورد بررسی دارد. بنا به نظر [۱۶، ۱۷] جدایش LREE از HREE به صورت غنی‌شدگی LREE می‌تواند به دلیل تعادل مذاب با گارنت (به عنوان یک فاز تفاله‌ای در سنگ خاستگاه) باشد، ولی با توجه به اینکه اولاً فراوانی HREE بیش از ده برابر مقادیر کندریتی است، ثانیاً شیب الگوهای REE به سمت HREE کم شده و تخت (flat) می‌شود، وجود گارنت در خاستگاه تأیید نمی‌شود. بررسی سنگ‌های منطقه Biharipur هندوستان نیز به الگوهای مشابهی دست یافته و تخت‌بودن سمت HREE الگوها را دلیل بر نبود هورنبلند و گارنت تفاله‌ای در خاستگاه دانسته است [۱۸]. یادآوری این نکته لازم است که ضریب توزیع گارنت در عناصر نادر خاکی به صورت افزایشی و نسبتاً یکنواخت از La به Yb حاصل شده است. بنابراین اگر قرار باشد که گارنت موجب جدایش اعضای REE از یکدیگر شود، نمی‌تواند الگوهای HREE تخت ایجاد کند. از طرف دیگر چگونه ممکن است گارنت در خاستگاه خود باشد و ضریب توزیع آن نیز نسبت به HREE بسیار بالاتر از یک باشد ولی با این حال منجر به غنی‌شدگی HREE (آن هم به مقدار بیش از ده برابر مقادیر کندریتی) شود. بنابراین در خاستگاه، گارنت نباید وجود داشته باشد، بلکه باید حداقل الیون و پیروکسن دیده شوند.

چنانکه گفته شد از جمله هماهنگی‌های دیگری که بین همه الگوها وجود دارد، بی‌هنجاری منفی Eu است. بی‌هنجاری منفی Eu اغلب به وسیله فلدسپات‌ها (به‌ویژه در ماگمای فلسیک) کنترل می‌شود، زیرا Eu^{2+} در پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم سازگار است، در حالی که REE‌های سه‌ظرفیتی



شکل ۱۲ داده‌های وابسته به سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن منطقه دیلمان روی نمودارهای: الف) Th-Hf-Ta [۱۹]، ب) Cr-Y [۲۰].

برداشت

بررسی سنگ‌های آتشفشانی فاز دوی پالئوژن منطقه دیلمان نشان می‌دهد که آن سنگ‌ها غالباً گدازه‌های بازیک و توف‌های آندزیتی فوران‌یافته در یک محیط خشکی (بدون آب) هستند که خود از سه بخش (زیرواحد) جدا از هم تشکیل یافته‌اند که به ترتیب از قدیم به جدید عبارتند از:

- ۱- گدازه‌های بازالتی و آندزیت بازالتی (زیرواحد یک)
- ۲- توف‌های درشت و ریز غالباً آندزیتی همراه لنزهای گدازه-های عدسی با همین جنس (زیرواحد دو)
- ۳- توف‌های آندزیتی (زیرواحد سه).

داده‌های شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب حکایت از آن دارد که این گدازه‌ها و همچنین توف آندزیتی کوارتزار زیرواحد سه، غالباً کالکوالکالن بوده و بر روی نمودارهای متمایز کننده جایگاه زمین ساختی، در قلمرو قوس‌های آتشفشانی وابسته به فرورانش قرار دارند. الگوهای REE به‌دست آمده از این سنگ‌ها نیز یک خاستگاه مشترک فاقد گارنت ولی حاوی فلدسپات را برای آن‌ها پیشنهاد می‌کند.

مراجع

[۱] آقاباتی ع.، "زمین‌شناسی ایران"، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۵) ۶۱۹ صفحه.

[۲] درویش‌زاده ع.، "زمین‌شناسی ایران"، مؤسسه انتشارات امیرکبیر (۱۳۸۰) ۹۰۱ صفحه.

[3] Annells R.N., Arthurton R.S., Bazley R.A., Davies R.G., "Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangle Map", Geol. Surv. Iran, (1975), 94 p.

[4] Stalder P., "Magmatismes tertiaire et subrecent entre Taleghan et Alamout", Elbourz Central (Iran), Schweiz Min. Petr. Mitt., (1971), v. 51, No. 1, p. 2-138.

[5] Henry C.D., Wolf J.A., "Distinguishing strongly rheomorphic tuffs from extensive silicic lavas", Bull. Volcanol. (1992), v. 54, p. 171-186.

[6] Wolf J.A., Wright J.V., "Rheomorphism of welded tuffs", J. Volcanol. Geotherm Res., (1981), v. 10, p. 13-34.

[7] Deer W.A., Howie R.A., Zussmann J., "An introduction to rock-forming minerals", (1991) Longman, 528 p.

[8] LeBas M.J., Le Maitre R.W., Strekeisen A., Zanettin B., "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali - silica diagram", J. Petrol., (1986), v. 27, p. 745-750.

[9] Kuno H., "Differentiation of basalt magmas", In: Hess H.H. and Poldervaart A. (eds.), Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic compositions, vol. 2, Interscience, New York, (1968), p. 623-688.

[10] Irvine T.N., Baragar W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", Can. J. Earth Sci., (1971), v. 8, p. 523-548.

[11] MacDonald G.A. and Katsura T., "Chemical composition of Hawaiian lavas", J. Petrol., (1964), v. 5, p. 83-133.

[12] Barrett T.J., MacLean W.H., "Chemostratigraphy and hydrothermal alteration in exploration for VHMS deposits in greenstones and younger volcanic rocks, in: Alteration and alteration processes", Lentz D.R. (ed.): Geological Association of Canada, Short Course Note 11, (1999), p. 433-467.

[13] Sun S.S., McDonough W.F., "Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes", In: Sunders A.D. and Norry M.J. (eds) magmatic in oceanic basins. Geol. Soc. London. Spec. Publication 42, (1989), p. 313-345.

[14] McDonough W.F., Sun S.S., "Composition of the Earth", Chemical Geology, 120 (1995), 223-253.

[15] Taylor S.R., McLennan S.M., "The continental crust: its composition and evolution", Blackwell, Oxford (1985).

[16] Rollinson H.R., "Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation", Longman Scientific & Technical, (1993), 322 p.

[17] Wilson M., "Igneous petrogenesis", Unwin Hyman, (1989), 421 p.

- [18] Kaur P., Chaudhri N., Okrusch M., Koepke J.,
“Paleoproterozoic A – type felsic magmatism in
the Khetri copper belt, Rajasthan, northwestern
India, petrologic and tectonic implication”, Contr.
Mineral. Petrol., (2006), v. 87, p. 81-122.

Thorpe R.S. (ed.), *Andesites*, Wiley Chichester, (1982), p. 525-548.

[۲۱] آسیابانها ع. ، "زمین‌شناسی و پتروژنز رخساره‌های آتشفشانی منطقه یوزباشی‌چای (غرب قزوین)". رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، (۱۳۸۰) ۳۲۱ صفحه.

[19] Wood D.A., "*The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province*", *Earth Planet. Sci. Lett.*, (1980), v. 50, p. 11-30.

[20] Pearce J.A., "*Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries*", In: