

ژئوشیمی سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن جنوب شرق کوه درفک واقع در استان گیلان

سعید تاکی^۱، محمدرضا جعفری^۲، محمود خلیلی^۳

۱. گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲. گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳. گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده

منطقه مورد مطالعه در کمربند البرز و حدوداً در مرز بین زونهای ساختمانی البرز مرکزی و غربی بر روی سنگهای آتشفشانی پالئوژن قرار دارد. توالی پالئوژن در این ناحیه مشتمل بر سه فاز جداگانه است که هر کدام یک مرحله طبیعی از فعالیت های آتشفشانی را به نمایش می گذارند. هدف اصلی این تحقیق بررسی ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگهای آتشفشانی فاز یک با سن احتمالی ائوسن می باشد. این سنگها غالباً از جنس آندزیت، آندزیت بازالتی و گاهی توف ریولیتی اند. مطالعات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و کمیاب نشان می دهد که این سنگها در قلمرو کالکواکالان که بیشتر شاخص حاشیه های مخرباند، قرار می گیرند. تمرکز بالا و الگوهای تخت HREE به همراه آنومالی منفی Eu حکایت از یک منشاء فاقد گارنت ولی حاوی فلدسپات می باشد. پائین بودن نسبت $\frac{Nb}{U}$ و محتوای Cr و بالا بودن مقادیر نسبی Th تعلق آنها به قوس های آتشفشانی را تاکید می نماید.

واژه های کلیدی: ژئوشیمی، کوه درفک، البرز، پالئوژن، فاز یک.

مقدمه

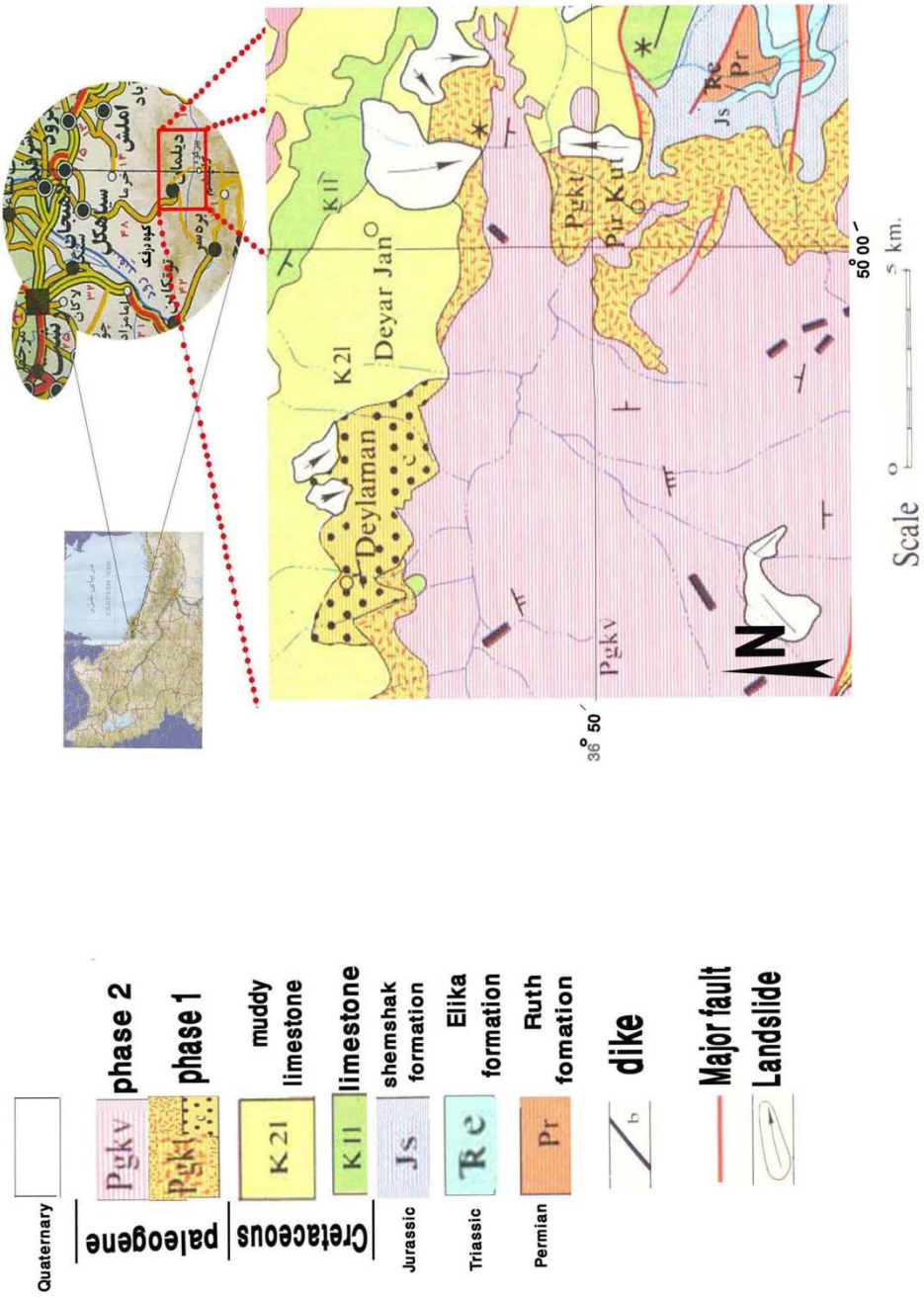
محدوده مورد مطالعه در استان گیلان، تقریباً در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان لاهیجان و در چهارگوش زمین شناسی قزوین - رشت واقع شده است (شکل ۱) و از لحاظ ساختمانی در کمربند البرز و تقریباً در مرز بین زونهای ساختمانی البرز مرکزی و غربی قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در این منطقه مشتمل بر پالئوزوئیک تا عهد حاضر است ولی بیشترین گسترش مربوط به سنگهای پالئوژن می باشد. هدف اصلی این نوشتار نیز بررسی بخشی از سنگهای آتشفشانی پالئوژن می باشد.

آنلز و همکاران (۱۹۷۵)، توالی پالئوژن در چهارگوش قزوین - رشت را در سه فاز جداگانه جای دادند، هر کدام از فازهای مذکور نیز مجموعه ای از لیتولوژیهای متعدد و مجزائی اند که یک مرحله طبیعی از فعالیتهای آتشفشانی را به نمایش می گذارند. این سه فاز تغییرات جانبی، عظیمی را در البرز نشان می دهند. سنگهای فاز یک عمدتاً توفها (و گدازه‌ها)ی آندزیتی و اسیدی و گل سنگهای توفی اند که سن احتمالی ائوسن را دارا بوده و بخش اعظم آن معادل سازند کرج است. این سنگها اکثراً در یک محیط آبی (دریائی کم عمق) تشکیل شده اند. سنگهای فاز دو و سه که احتمالاً اکثراً الیگوسن اند (آنلز و همکاران، ۱۹۷۵) به ترتیب عمدتاً گدازه های بازیک و گدازه های آندزیتی شیشه‌ای را تشکیل می دهند. این سنگها برخلاف فاز یک در یک محیط خشکی (هوائی) فوران نموده‌اند (جدول ۱).

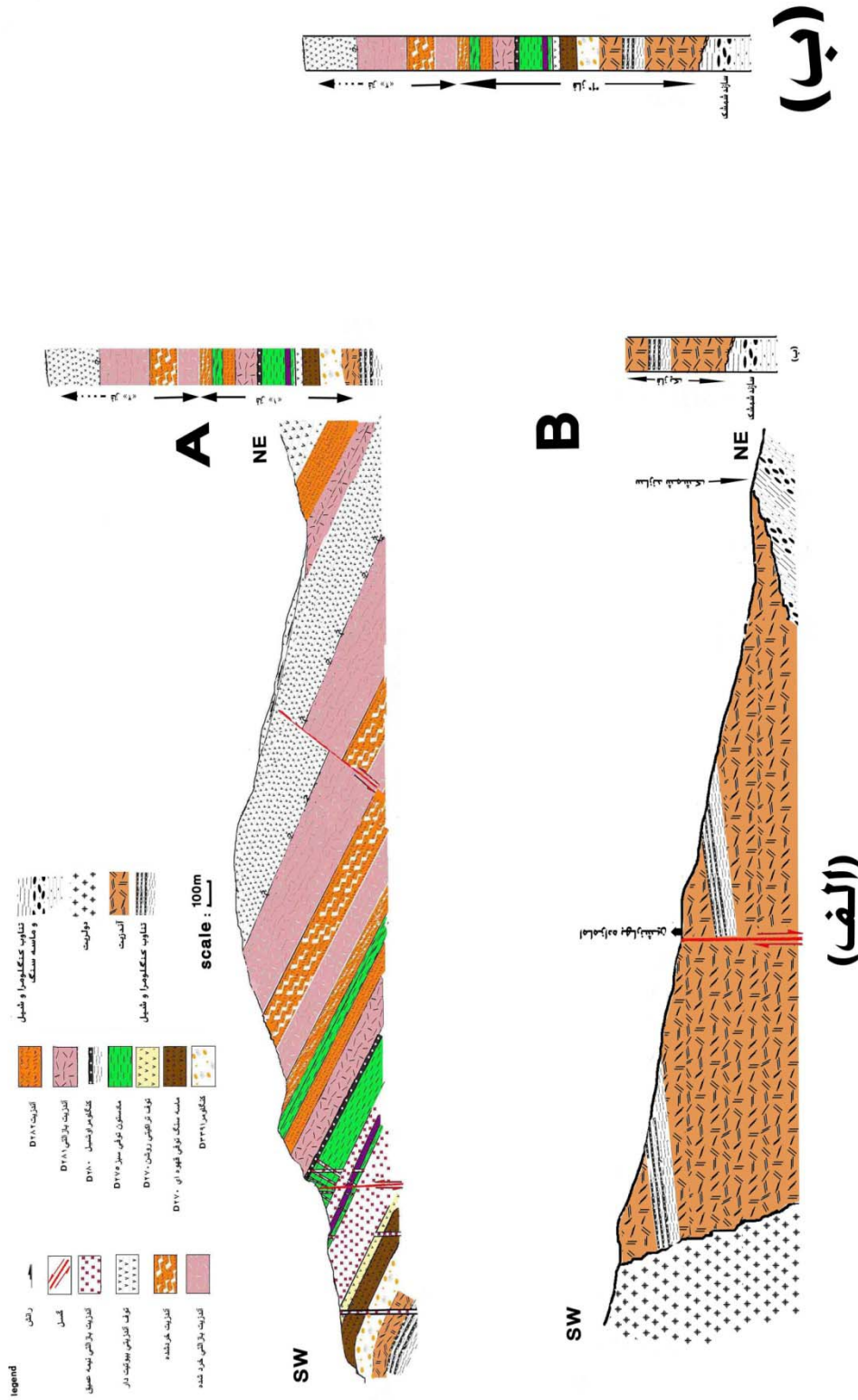
جدول ۱: فازهای پالئوژن منطقه البرز غربی بر طبق تقسیم بندی آنلز و همکاران (۱۹۷۵)

سن	فاز	لیتولوژی غالب
اکثراً الیگوسن؟	۳	عمدتاً گدازه های آندزیتی شیشه ای
	۲	عمدتاً گدازه های بازیک
اکثراً ائوسن؟	۱	عمدتاً توفهای آندزیتی و اسیدی و گل سنگهای توفی

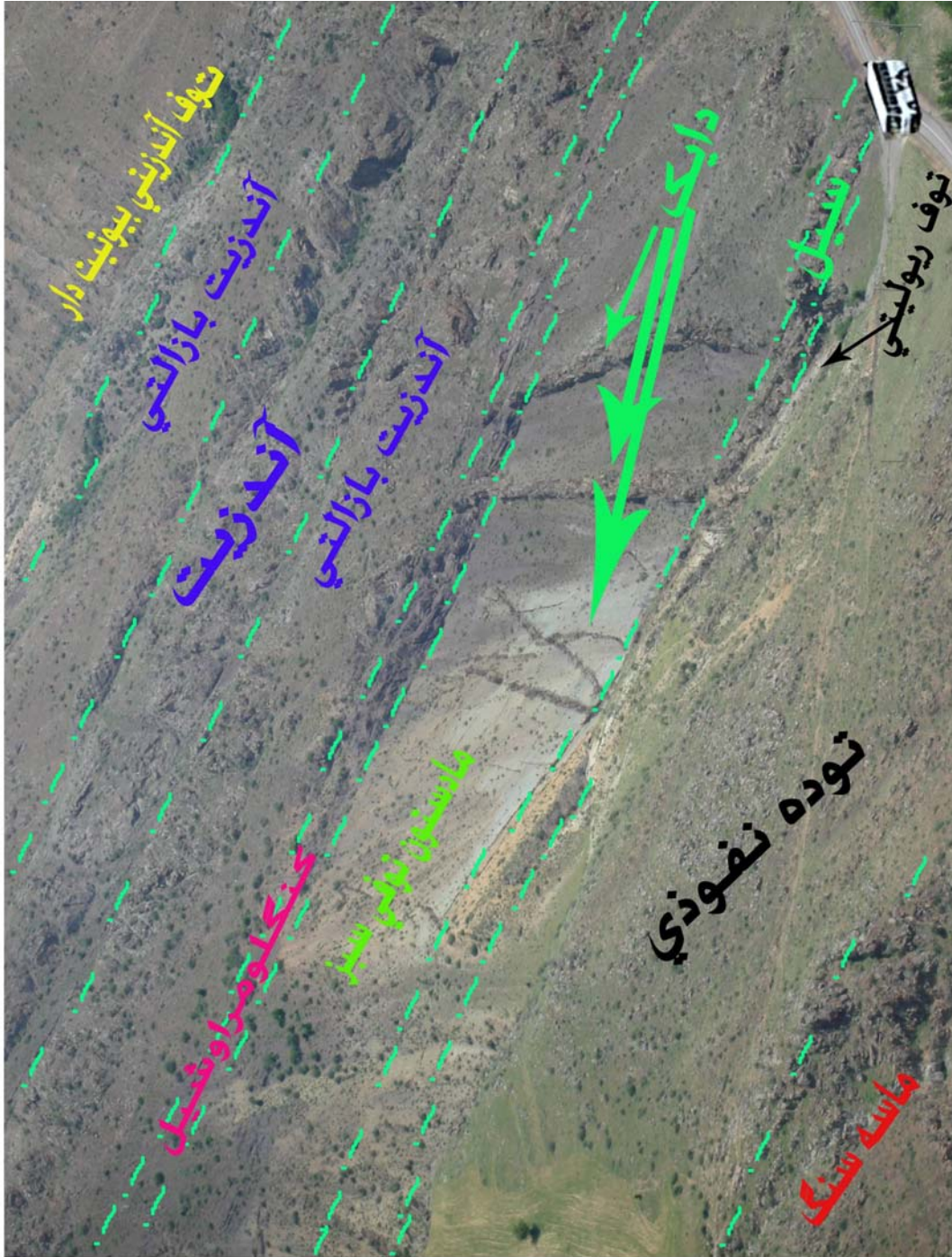
مقاطع زمین شناسی و ستون چینه شناسی توالی فاز یک در (شکل ۲) آمده است. ستون چینه شناسی بدست آمده از این مقاطع نشان می دهد که غالب سنگهای فاز یک در این منطقه گدازه های آندزیتی است که بصورت بین چینه ای با سنگهای آذر آواری و رسوبات تخریبی همراه می باشد. توالی فاز یک در این بخش از البرز تغییرات جانبی زیادی را به خود می بیند به طوری که حتی در یک فاصله نسبتاً کم نیز ضخامت گدازه و حتی جنس آن تفاوتهای قابل ملاحظه ای را نشان می دهد. بی قاعدگی زیاد برجستگیهای سرزمین بعد از کرتاسه باعث شده است که سنگهای فاز یک بطور ناپیوسته بر روی سازندهای مختلف از پرمین گرفته تا کرتاسه ته نشست نمایند. در ناحیه مورد مطالعه این توالی بطور دگرشیب بر روی سازند شمشک قرار گرفته است. ضخامت توالی فاز یک در این ناحیه حدود ۱۱۰۰ متر می باشد. توالی پالئوژن توسط نفوذیه‌های متعددی قطع شده است (مطالعه این نفوذیه‌ها موضوع تحقیق حاضر نمی باشد).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه زمین شناسی آن (آلتر و همکاران، ۱۹۷۵)



شکل ۲: الف) مقاطع زمین شناسی و ستونهای چینه شناسی فاز یک پالئوژن مربوط به (A) غرب تنگه رود، (B) امامزاده بهارنشین. ب) ستون چینه شناسی توالی فاز یک پالئوژن در محدوده مورد مطالعه. ج) رخنمون بخشی از توالی فاز یک پالئوژن در غرب تنگه رود که از دیواره دره مقابل رو به سمت شمال شرق گرفته شده است.



(شکل ۲- ج)

روش انجام کار

جهت دستیابی به اهداف تحقیق که همانا مطالعات ژئوشیمیایی سنگهای آتشفشانی فاز «یک» پالئوژن باشد، پژوهش طی سه مرحله انجام عملیات صحرایی، آزمایشگاهی و کتابخانه ای صورت گرفت. از آنجائی که بخش مهمی از سنگهای منطقه آذرآواریهها و رسوبات دارای لایه بندی مشخص است که بصورت بین چینه ای با گدازه های مختلف همراه می باشند، لذا در عملیات صحرایی سعی گردید نمونه برداریها در مسیرهای مستقیم از محلهای متفاوت به گونه ای انجام شود تا در جهات مختلف عمود بر امتداد لایه ها و لایه بندی باشد تا از یک طرف تنوع ترمی سنگهای مذکور مشخص شود و از طرفی تقدم و تأخر آنها روشن گردد. اینگونه نمونه برداری در مسیرهای یاد شده منجر به رسم مقاطع قائم (profile) و روشن شدن ستون چینه شناسی گردید. بدنبال نمونه برداری در مرحله عملیات صحرایی از نمونه ها مقطع نازک میکروسکوپی تهیه گردید. بعد از مطالعه پتروگرافی مقاطع نازک تعداد ده نمونه از سالمترین آنها جهت آنالیز شیمیائی جدا و به آزمایشگاه ALS Chemex کانادا فرستاده شدند. آنالیزها به روش ICP MS برای عناصر کمیاب و ICP AES برای عناصر اصلی صورت پذیرفت (جدول ۲).

پتروگرافی

مطالعات میکروسکوپی سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن حکایت از این دارد که غالباً گدازه های این فاز آندزیت و آندزیت بازالتی اند در حالی که توفها غالباً ریولیتی می باشند که ذیلاً شرح داده می شوند:

الف) آندزیت بازالتی: آندزیت بازالتی در صحرا به رنگ سبز بوده و دارای ساخت پورفیری تا آفانیتیک اند. این گدازه ها اکثراً حفره ای و گاهی نیز بادامکی هستند. در زیر میکروسکوپ بافت این سنگها پورفیری میکرولیتی و جهت یافته (تراکیتی از نوع هیالوپلیتیک)، میکروپورفیریتیک تا ویتروفیری و گاهی نیز گلمرو پورفیریتیک است.

کانیهای اصلی: پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن

کانیهای تنوعی یا شاخص فرعی (Varietal or characteristic accessory minerals):

آمفیبول

کانیهای فرعی کمیاب (Minor accessory minerals): بیوتیت، الیوین، زیرکن، کانی اپاک

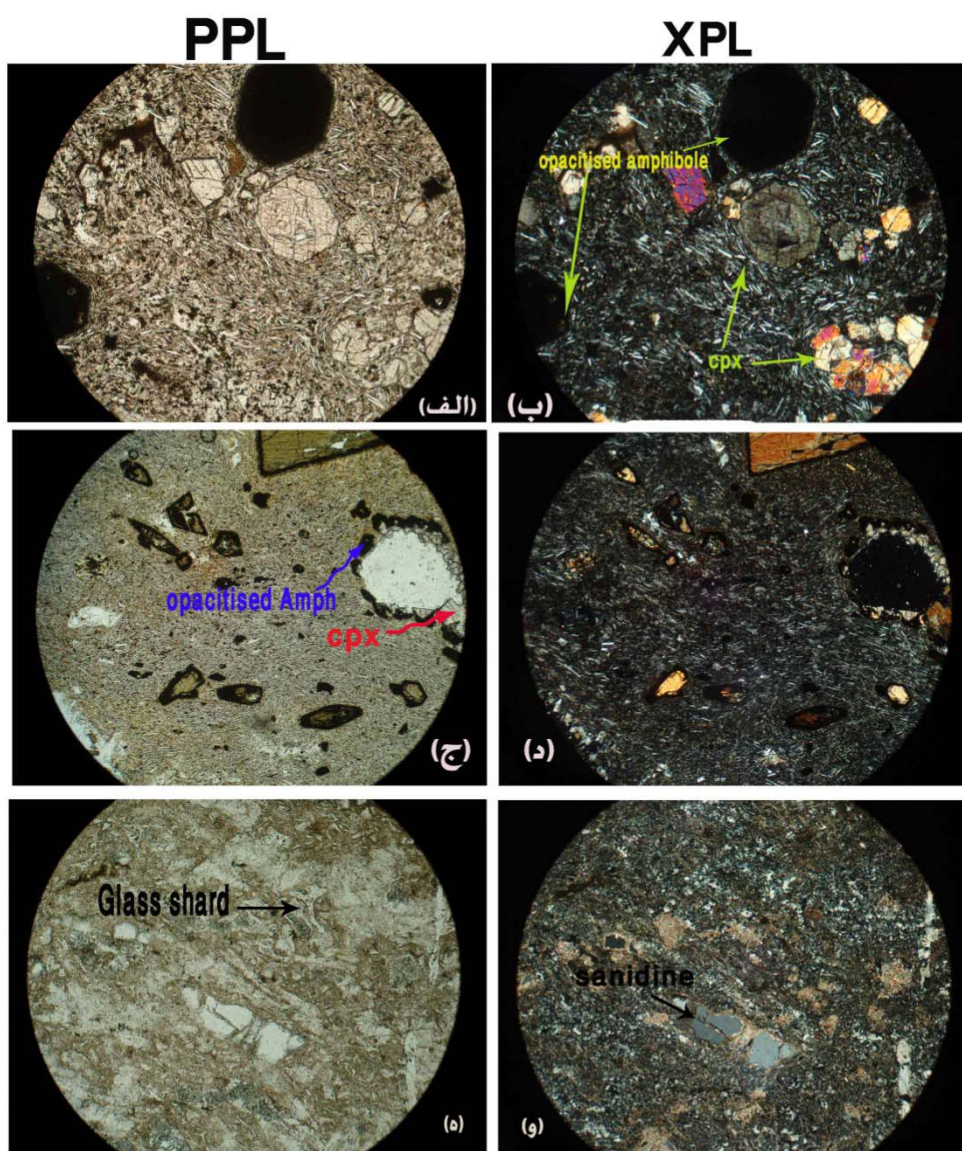
جدول ۲: نتایج تجزیه شیمیائی اکسیدهای عناصر اصلی (برحسب درصد) و عناصر کمیاب (برحسب ppm)

سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن منطقه دیلمان

	D ₁	D ₆	D ₁₅	D ₁₇	D ₁₈	D ₃₀	D ₁₈₈	D ₂₆₀	D ₂₆₂	D ₂₆₈
SiO ₂	۵۵/۶	۵۹/۳	۵۸/۹	۵۷/۶	۵۶/۳	۵۹/۶	۵۵/۵	۶۱/۳	۵۵/۴	۷۲/۴
Al ₂ O ₃	۱۵/۳	۱۶/۱	۱۶/۷	۱۷/۰۵	۱۷/۲	۱۵/۱۵	۱۵/۳	۱۶/۹	۱۴/۶۵	۱۳/۶
Fe ₂ O ₃	۱/۴۷	۱/۲۶	۰/۸۷	۰/۹۲	۱/۰۷	۱/۱۲	۱/۱۸	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۳۲
FeO	۶/۳۸	۵/۴۸	۳/۸۴	۳/۹۴	۴/۶۹	۴/۹	۵/۳۵	۳/۶۶	۳/۵۱	۱/۴
CaO	۷/۵۶	۵/۷۷	۵/۱۴	۵/۷	۵/۸۹	۵/۵۴	۷/۸۷	۵/۰۶	۷/۰۹	۰/۶۵
MgO	۴	۲/۳۲	۱/۸۵	۲/۱۹	۲/۳۹	۲/۹۵	۴/۸	۱/۶۹	۳/۶۹	۰/۵۴
Na ₂ O	۲/۸۸	۳/۰۱	۴/۰۰	۳/۵۳	۳/۰۸	۳/۱۶	۳/۰۲	۴/۲۲	۳/۶۵	۳/۰۵
K ₂ O	۲/۱۶	۲/۸۸	۲/۲۹	۱/۴۲	۱/۳۷	۲/۷۲	۱/۴۷	۱/۴۴	۲/۷۳	۴/۴
TiO ₂	۱/۲۶	۱/۰۸	۰/۶۸	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۶۲	۰/۷۱	۰/۲۷
P ₂ O ₅	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۰۵
LOI	۲/۲۵	۱/۸۳	۴/۳۵	۴/۰۵	۶/۰۰	۲/۸۲	۳/۸۳	۳/۱۱	۶/۹۳	۲/۰۸
La	۲۳	۲۷/۴	۳۵/۹	۳۶/۱	۳۷/۴	۲۷/۲	۲۲/۳	۴۰/۱	۴۷/۲	۲۹/۴
Ce	۴۵	۵۲/۴	۶۵/۳	۶۸/۹	۷۰/۸	۵۰/۹	۴۱/۰	۷/۲۶	۷۵/۶	۵۳
Pr	۵/۴۸	۶/۲۳	۷/۳۷	۸/۱۱	۸/۴۹	۵/۸۷	۴/۶۹	۸/۱۴	۸/۳۲	۵/۲۶
Nd	۲۲	۲۴/۲	۲۶/۸	۳۱/۱	۳۲/۹	۲۲/۵	۱۸/۴	۲۹/۹	۲۹/۷	۱۶/۴
Sm	۴/۷۵	۵/۰۵	۴/۸۲	۵/۹۸	۶/۴۶	۴/۵۸	۳/۶۷	۵/۴۳	۵/۰۹	۲/۷۸
Eu	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۲۷	۱/۵۲	۱/۷۳	۱/۱۷	۱/۱۱	۱/۵۱	۱/۵۸	۰/۵۷
Gd	۴/۷۵	۵/۰۴	۴/۵۹	۵/۶۳	۶/۰۹	۴/۶۹	۳/۸۸	۵/۳۶	۵/۰۵	۲/۶۶
Tb	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۷۲	۰/۵۹	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۴۳
Dy	۴/۵۳	۴/۵	۳/۴۵	۴/۵۳	۴/۹۵	۴/۱۴	۳/۳۱	۴/۰۲	۳/۲۲	۲/۲۵
Ho	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۷۲	۰/۹۵	۱/۰۵	۰/۸۵	۰/۶۹	۰/۸۴	۰/۶۴	۰/۵۴
Er	۲/۸	۲/۸۵	۲/۱۹	۲/۷۹	۳/۱۲	۲/۵۱	۲/۱۲	۲/۵۷	۱/۹۶	۱/۵۳
Tm	۰/۴	۰/۴	۰/۳۱	۰/۴	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۳	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۲۶
Yb	۲/۶۲	۲/۵۳	۲/۱۹	۲/۶۳	۲/۹۹	۲/۳	۱/۹۹	۲/۴۷	۱/۷۹	۱/۸۱
Lu	۰/۴	۰/۴	۰/۳۳	۰/۴	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۳	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۳۲
Nb	۲۰/۸	۱۸/۵	۱۹/۱	۱۷/۲	۱۸	۱۷	۱۳/۳	۱۹/۱	۲۰/۳	۱۲/۱
Zr	۱۸۴	۱۸۱	۱۹۷	۲۶۵	۲۶۹	۱۶۱	۱۲۲	۲۴۰	۲۹۷	۱۲۴
Y	۲۵/۱	۲۵	۱۹/۹	۲۴/۸	۲۸	۲۲/۴	۱۸/۷	۲۱/۹	۱۷	۱۵/۴
Th	۶/۵۵	۷/۱۶	۱۰	۷/۷۶	۷/۹۸	۸/۱۱	۶/۵	۱۱/۴۵	۱۳/۳	۸/۸۶
Cr	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۳۰	۳۰	۱۲۰	۱۸۰	۵۰	۵۰	۱۰
Hf	۵/۲	۴/۶	۴/۸	۶/۱	۶/۱	۴/۳	۳/۱	۵/۹	۶/۷	۳/۵
U	۱/۹۳	۱/۹۸	۲/۶۹	۲/۳۲	۲/۴۵	۲/۳۰	۲/۱۶	۳/۱۸	۳/۴۵	۲/۲۶

کانیهای ثانویه: کلریت، اپیدوت، اکسید آهن

در همه این سنگها پلاژیوکلاز از لحاظ فراوانی بیشترین مقدار را به خود اختصاص می دهد. وجود کلینوپیروکسن نیز در همه مشترک است ولی مقدار آن در نمونه های گوناگون آندزیت بازالتی متفاوت بوده و گاهی فقط به صورت فنوکریستال دیده می شود. آمفیبولها نیز غالباً اپاسیتیزه است که در بعضی فقط از اطراف و در بعضی دیگر به طور کامل اپاسیتی شده و تبدیل به اجساد آمفیبول گشته اند (شکل ۳- الف و ب).



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپی: الف و ب) آندزیت بازالتی با بافت گلومر و پورفیریتیک و خمیره میکرولیتی جهت یافته به ترتیب در نور عادی و پلاریزه (عرض تصویر ۲ میلیمتر)، ج و د) آندزیت به ترتیب در نور عادی و پلاریزه (عرض تصویر ۴/۵ میلیمتر)، ه، و) توف ریولیتی دارای شارد شیشه ای (عرض تصویر ۴/۵ میلیمتر)

مقدار سیلیس در این سنگها بین ۵۱/۵ تا ۵۵/۶ درصد بوده و همگی در نورم خود حاوی هیپرستن و کوارتز و فاقد هر دو کانی الیوین و نفلین می باشند محاسبه نورم در جدول شماره ۳ آمده است.

(ب) آندزیت: بیشتر گدازه های فاز یک ترکیب آندزیتی داشته و در منطقه مورد مطالعه پراکندگی قابل ملاحظه ای دارند. رنگ آنها در صحرا غالباً خاکستری بوده و ساخت آنها غالباً پورفیری و گاهی آفانیتیک است. در زیر میکروسکوپ (شکل ۳- ج ود) بافت این سنگها پورفیری میکروولیتی و گاهی تراکیتی (پیلوتاکسیتی و هیالوپلیتیک) و یا گلمرو پورفیریتیک است.

کانیهای اصلی: پلاژیوکلاز، آمفیبول

کانیهای تنوعی (فرعی شاخص): کلینوپیروکسن

کانیهای فرعی کمیاب: کانیهای اپاک

مقدار سیلیس در این دسته از سنگها بین ۵۵/۴ تا ۶۱/۳ درصد بوده و در نورم همگی کوارتز و هیپرستن وجود دارد ولی الیوین و نفلین موجود نمی باشد (جدول ۳).

(ج) توف ریولیتی: رنگ سطحی توفها سفید بوده و در میان توالی فاز یک یک طبقه با ضخامت حدود ۱۰ متر را تشکیل می دهد. برگواگی ظریفی نیز در این توفها دیده می شود. از لحاظ میکروسکوپی بافت این سنگها پورفیروکلاستیک بوده و در تقسیم بندی IUGS نوعی کریستال ویتریک توف به شمار می روند. کریستالهای سنگ خرد شده بوده و غالباً جنس شان پلاژیوکلاز و سانیدین و گاهی نیز کوارتز می باشد کانی اپاک نیز به مقدار بسیار کم مشاهده می شود. خمیره سنگ پر از شاردهای شیشه ای و کانیهای ریز کریستوکریستالین می باشد (شکل ۳ - ه، و).

از آنجایی که این توفها فاقد خرده سنگ و زینولیت می باشند لذا یک نمونه از آنها مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی این سنگ در جدول شماره ۲ و نورم آن در جدول شماره ۳ آمده است. مقدار سیلیس این سنگ ۷۲/۴ درصد می باشد.

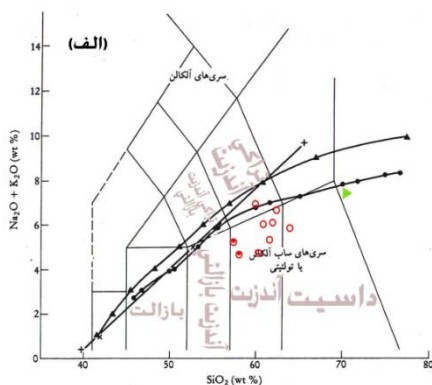
ژئوشیمی

داده های شیمیایی عناصر اصلی بر روی نمودارهای مجموع آلكالی - سیلیس (TAS) و AFM (شکل

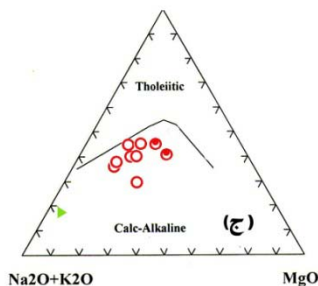
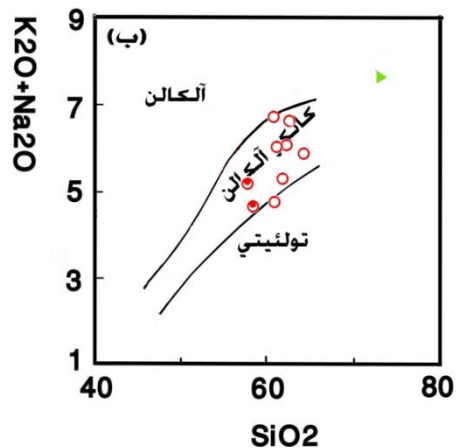
۴- الف، ب، ج) حکایت از این دارد که این سنگها از نوع ساب آلكالن و غالباً از نوع کالکوآلكالن می باشند.

جدول ۳: محاسبه نورم CIPW سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن جنوب شرق کوه درفک

	Qz	Or	Ab	An	Di	Hy	Mt	Ilm	Ap	C
D _۱	۸/۲۶	۱۳/۱۸	۲۵/۱۱	۲۳/۱۱	۱۱/۸۴	۱۳/۳۸	۲/۲	۲/۴۷	۰/۴۵	۰
D _۶	۱۳/۶۸	۱۷/۴۷	۲۶/۰۹	۲۲/۴۲	۴/۶۴	۱۱/۲۱	۱/۸۷	۲/۱	۰/۵۱	۰
D _{۱۵}	۱۲/۶۴	۱۴/۳۲	۳۵/۷۴	۲۲/۰	۳/۰۱	۹/۱۱	۱/۳۳	۱/۳۷	۰/۵۱	۰
D _{۱۷}	۱۵/۵۲	۸/۹۸	۳۱/۸۹	۲۸/۲۷	۰/۲۴	۱۱/۳۶	۱/۴۳	۱/۶۹	۰/۶۳	۰
D _{۱۸}	۱۵/۷۹	۸/۷	۲۷/۹۳	۲۹/۶۱	۰	۱۳/۴	۱/۶۶	۱/۶۹	۰/۶۶	۰
D _{۲۰}	۱۴/۰۲	۱۶/۷	۲۷/۷۳	۱۹/۸۱	۶/۲۶	۱۱/۶۴	۱/۶۹	۱/۷۴	۰/۴۳	۰
D _{۲۶}	۱۷/۰۳	۸/۸۶	۳۷/۱۱	۲۳/۸	۰/۵۱	۹/۵۷	۱/۲۵	۱/۲۳	۰/۶۴	۰
D _{۲۶۲}	۵/۸۷	۱۷/۴۴	۳۳/۳۱	۱۶/۷۳	۱۵/۸۹	۷/۴۲	۱/۲۷	۱/۴۶	۰/۶۱	۰
D _{۱۸۸}	۸/۶۷	۹/۱	۲۶/۷۱	۲۴/۹۲	۱۱/۹۱	۱۴/۹۳	۱/۷۹	۱/۴۷	۰/۵	۰
D _{۲۶۸}	۳۶/۰۶	۲۶/۹۱	۲۶/۶۵	۳/۰۳	۰	۳/۴۲	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۱۱	۲/۸۲



Legend:
 ● آندزیت بازالتی (Basaltic Andesite)
 ○ آندزیت (Andesite)
 ▲ توف (Tuff)

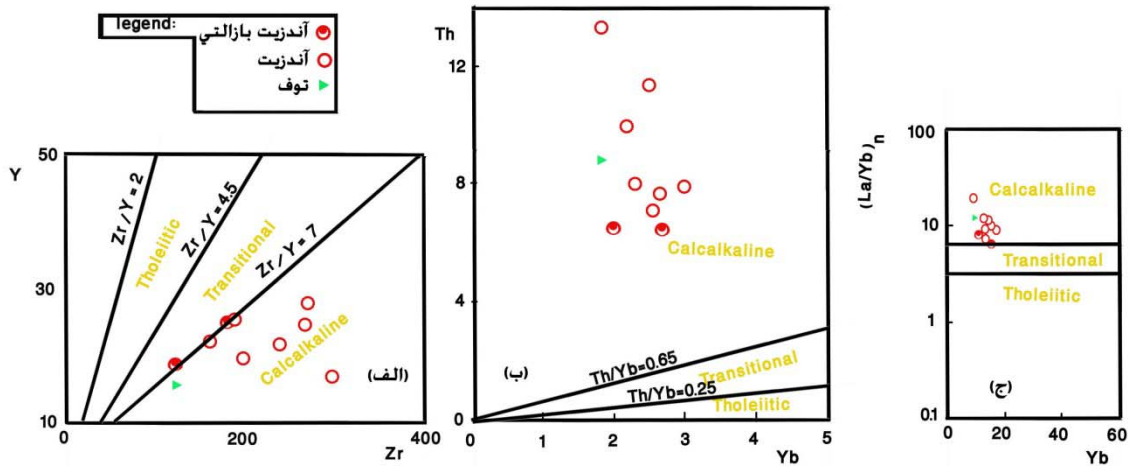


شکل ۴: الف: تقسیم بندی سنگهای آتشفشانی براساس نمودار TAS (لومتر، ۱۹۸۹) و داده های مربوط به سنگهای فاز یک پالئوژن جنوب شرق کوه درفک بر روی آن. منحی ها مرز جدا کننده سنگهای آتشفشانی و ساب آتشفشانی بر اساس کونو، ۱۹۶۸ (دایره توپر)، ابروین و باراگار، ۱۹۷۱ (مثلث توپر)، مک دونالد و کاتسورا، ۱۹۶۴ (بعلاوه) می باشند. ب) تفکیک سری سنگهای آتشفشانی و ساب آتشفشانی (تولیتی و کالکوالکالین) بر اساس کونو، ۱۹۶۸. ج) نمودار AFM خط جدا کننده از ابروین و باراگار، ۱۹۷۱.

سنگهای فاز یک اساساً در یک محیط آبی (دریائی کم عمق) تشکیل شده اند. بنابراین دگرسانی در این سنگها امری اجتناب ناپذیر است لذا در این تحقیق سعی شد از عناصر کم تحرک مانند Nb، Zr، P، V، Ti، Ni، Y و خاکهای نادر (REE) و نسبت های عنصری که در طی فرآیندهای هوازدگی و دگرسانی تغییر چندانی نمی کند استفاده شود.

بر اساس مطالعات بارت و مک لن، ۱۹۹۹ (Barret and Maclean, 1999) نسبت Zr/Y در سرهای تولییتی بین ۲ الی ۴/۵ و در سری تحولی بین ۴/۵ تا ۷ و در سری کالکوالکان بیش از ۷ است. بر اساس نسبت این دو عنصر سنگهای پالئوژن فاز یک همه در محدوده کالکوالکان واقع می شوند (شکل ۵ - الف).

طبق تحقیقات همین محققین نسبت های La/Yb و Th/Yb نیز می تواند متمایز کننده سری های کالکوالکان و تولییتی باشد بطوری که نسبت Th/Yb در سنگهای کالکوالکان بیش از ۰/۶۵ و در سنگهای تولییتی کمتر از ۰/۲۵ و در انواع تحولی بین دو عدد ذکر شده می باشد. نسبت های عنصری $\frac{La_N}{Yb_N}$ که به مقادیر کندریتی (ارائه شده توسط Sun & Mc Donough, 1989) نرمالیز شده اند در انواع کالکوالکان بالاتر از سری های تولییتی است. داده های مربوط به سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن در نمودار فوق همه در محدوده کالکوالکان واقع می شوند (شکل ۵ - ب، ج)، بنابراین نتایج حاصل از عناصر اصلی (نمودارهای TAS و AFM) را تأیید می نمایند.



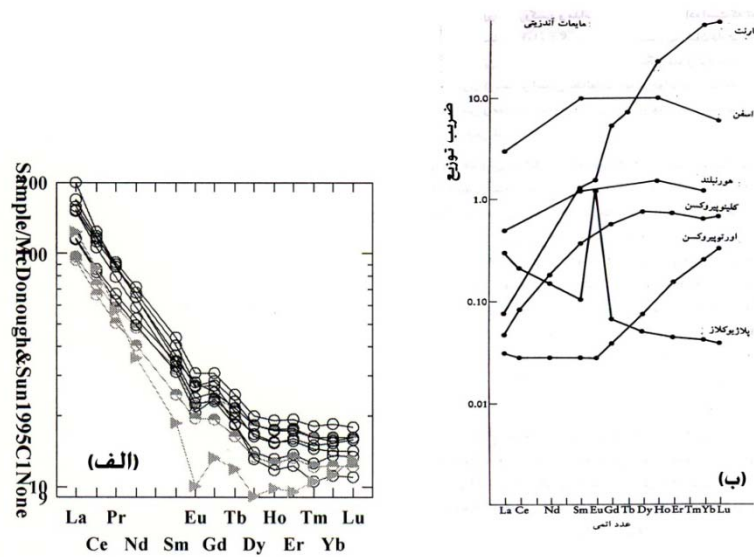
شکل ۵: داده های مربوط به سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن بر روی نمودارهای:

الف) Y-Zr (ب، ج) Th-Yb و $La_N / Yb_N - Yb_N$

الگوهای بدست آمده از عناصر نادر خاکی (REE) نرمالیز شده به مقادیر کندریتی (براساس داده‌های (Mc Donough & Sun, 1995) (شکل ۶-الف) هماهنگی بارزی را بین تمام اعضاء آتشفشانی نشان می دهد (و این دلیلی است بر هم منشاء بودن آنها)، مثلاً اینکه در همگی تفریق مشخصی بین اعضاء سنگین و سبک REE دیده می شود به نحویکه LREE ها بسیار غنی شده‌ترند [درجه تفریق REE که از نسبت $(\frac{La}{Yb})_N$ بدست آمده است بین ۵/۹۶۳ تا ۱۷/۹۱۲ تغییر می کند]. بنا به نظر رولینسون، ۱۹۹۳ و ویلسون، ۱۹۸۹ تفریق LREE از HREE به صورت غنی شدگی LREE می تواند به دلیل تعادل مذاب با گارنت (بعنوان یک فاز تفاله‌ای در سنگ منشاء) باشد ولی با توجه به اینکه اولاً فراوانی HREE بیش از ده برابر مقادیر کندریتی است ثانیاً شیب الگوهای REE در سمت HREE کم شده و تخت (flat) می گردد، وجود گارنت در منشاء را تأیید نمی نماید. کار و همکاران، ۲۰۰۶ (Kaur et al, 2006) با مطالعه روی سنگهای منطقه Biharipur هندوستان به الگوهای مشابه دست یافته اند و تخت بودن سمت HREE الگوها را دلیل بر عدم وجود هورنبلند و گارنت تفاله‌ای در منشاء دانسته اند. ذکر این نکته لازم است که ضریب توزیع (Partition Coefficient) گارنت برای عناصر نادر خاکی به طوری صعودی و یکنواخت از La تا Yb افزایش حاصل می کند (شکل ۶-ب) بنابراین اگر قرار باشد که گارنت سبب تفریق اعضاء REE از همدیگر شود نمی تواند الگوهای HREE تخت ایجاد کند از طرف دیگر چگونه ممکن است گارنت در منشاء باشد ضریب توزیع آن نیز نسبت به HREE ها بسیار بالاتر از یک باشد (شکل ۶-ب) ولی با اینحال منجر به غنی شدگی HREE (آنهم به مقدار بیش از ده برابر مقادیر کندریتی) گردد. بنابراین گارنت در منشاء وجود ندارد ولی در عوض حداقل الیومین، ارتوپروکسن و کلینوپروکسن جزء فازهایی اند که در منشاء وجود دارند.

از جمله هماهنگی های دیگری که بین تمام الگوها وجود دارد، آنومالی منفی Eu می باشد [محاسبه آنومالی Eu با استفاده از میانگین هندسی پیشنهاد شده توسط مک لنن و تیلور، ۱۹۸۵ (Mc Lennan and Taylor, 1985) بدست آمده است $Eu/Eu^* = Eu_N / \sqrt{(Sm_N) \times (Gd_N)}$ ، اگر عدد حاصله زیر یک باشد آنومالی منفی و بالای یک، مثبت خواهد بود]. تمام نمونه های آتشفشانی فاز یک پالئوژن از لحاظ Eu مقادیر زیر یک (اعداد بین ۰/۶۴۲ تا ۰/۹۹۳) را نشان می دهند.

می دانیم که آنومالی Eu اغلب بوسیله فلدسپاتها (بویره در ماگمای فلسیک) کنترل می شود زیرا Eu^{+2} در پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم سازگار است در حالی که REE های سه ظرفیتی ناسازگارند بنابراین جدا شدن فلدسپات از مذاب چه بوسیله تفریق بلوری چه به علت ذوب بخشی (که در آن فلدسپات در تفاله باقی می ماند) باعث پیدایش آنومالی منفی Eu در مذاب می شود. شواهد پتروگرافی مقاطع سنگهای آتشفشانی نشان می دهد که در این سنگها فلدسپات جزو فازهای فراوان و اصلی اکثر این سنگها است پس قاعداً تفریق بلوری فلدسپات نمی تواند عامل اصلی ایجاد آنومالی منفی Eu در این سنگها باشد بلکه تعادل مذاب با سنگ منشاء حاوی فلدسپات عامل اصلی این آنومالی است.

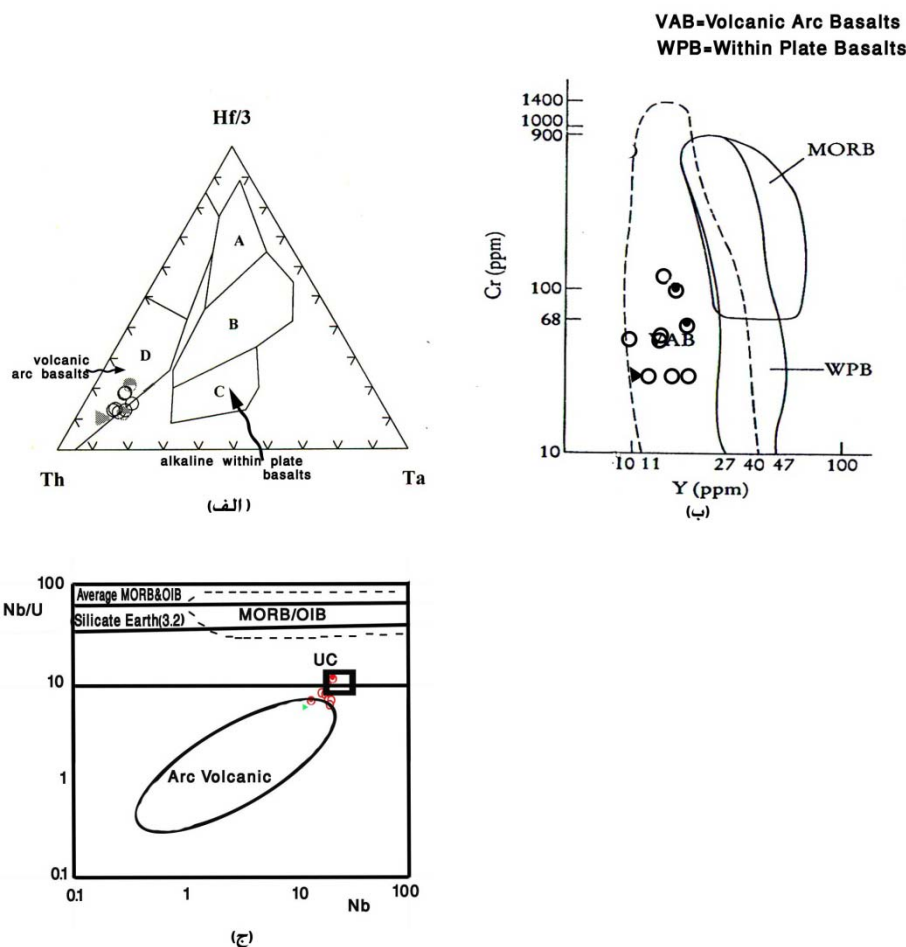


شکل ۶: الف) الگوهای REE مربوط به سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن منطقه دیلمان که نسبت به مقادیر کندریتی (بر اساس سان و مک دوناف، ۱۹۹۵) نرمالیز شده اند. ب) ضریب توزیع کانیهها در مذابهای آندزیتی

جایگاه تکتونیکی

تمایز میان محیطهای تکتونیکی به طریق شیمیائی بر پایه نمودارهای متمایز کننده استوار است در این نمودارها معمولاً هم از عناصر اصلی و هم کمیاب استفاده می شود ولی امروزه نمودارهای متمایز کننده ای که بر پایه عناصر کمیاب و آنهم از نوع غیر متحرک بنا نهاده شده اند کاربرد بیشتری دارند. داده های شیمیائی مربوط به سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن بر روی نمودارهای متمایز کننده حکایت از تعلق ماگمایی تشکیل دهنده آنها به قوس های آتشفشانی قاره ای در ارتباط با فرورانش دارد. از جمله این نمودارها، نمودار $Th - Hf - Ta$ وود، ۱۹۸۰ (Wood, 1980) می باشد که در شکل (۷-الف) آمده است. حسن نمودار $Th-Hf-Ta$ این است که از آن برای گدازه های متوسط تا سیلیسی نیز علاوه بر بازالتها می توان استفاده کرد و خصوصاً برای بازالت های قوس های آتشفشانی خوب است. سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن منطقه مورد مطالعه در محدوده قوس های آتشفشانی و از آنجائی که نسبت Hf/Th آنها پائین تر از ۳ است نیز جزو بازالت های کالکوالکالن به حساب می آیند. بر روی نمودارهای $Cr-Y$ پیرس، ۱۹۸۲ (Pearce, 1982) و Nb/U نیز این سنگها در محدوده قوسهای آتشفشانی قرار می گیرند (شکل ۷-ب، ج).

مطالعات انجام گرفته در مناطق همجوار (منطقه یوزباشی چای در جنوب ناحیه مورد مطالعه و در کمربند البرز بخش طارم سفلی بوسیله آسیابانها، ۱۳۸۲) همین سنگها خصلتی کالکوالکالن داشته ولی اکثراً پر پتاسیم و شوشونیتی اند نامبرده نیز سنگهای مذکور را به یک محیط فرورانش یا تصادم قاره ای نسبت داده است.



شکل ۷: داده های مربوط به سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن جنوب شرق کوه درفک بر روی نمودارهای الف) Th-Hf-Ta وود، ۱۹۸۰، ب) Cr-Y پیرس، ۱۹۸۲، ج) Nb/U چونگ، ۲۰۰۱.

نتیجه گیری

مطالعه سنگهای آتشفشانی فاز یک پالئوژن جنوب شرق کوه درفک نشان می دهد که غالب این سنگها از جنس آندزیت، آندزیت بازالتی و توف ریولیتی هستند و از لحاظ سری ماگماتی متعلق به سری کالکوالکال می باشند.

الگوهای REE بدست آمده از این سنگها حکایت از این دارد که همگی دارای منشاء مشترک هستند و همچنین بعلت تخت بودن الگوی HREE و فراوانی بیش از ده برابر مقادیر کندریتی این منشاء بایستی فاقد گارنت باشد ولی در عوض (به جهت آنومالی منفی Eu) حاوی فلدسپات است. احتمالاً پیروکسن و الیوین نیز در منشاء وجود دارد.

داده های شیمیائی بر روی نمودارهای متمایز کننده جایگاه تکتونیکی نشاندهنده این است که اینها در یک جایگاه مربوط به قوس های آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاصل گردیده اند.

منابع

۱. آسیابانها، عباس، زمین شناسی و پتروژنز رخساره های آتشفشانی منطقه یوزباشی چای (غرب قزوین)، رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، ۱۳۸۰.
۲. آقا نباتی، سیدعلی، زمین شناسی ایران، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۵.
۳. آنلز، رن، اثرتون، رس.، بیزلی، ر.آ. و دیویس، ر.ج. نقشه و گزارش زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰ رشت - قزوین، سازمان زمین شناسی ایران، ۱۹۷۵.
۴. درویشزاده، علی، زمین شناسی ایران، موسسه انتشارات امیرکبیر، ۱۳۸۰.
۵. عزیززی، حسین، معین وزیری، حسین، ژئوشیمی سنگ های آتشفشانی کرتاسه سقز با تاکید بر رفتار عناصر خاک های نادر (REE)، مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، جلد ۲۷ شماره ۱، ۵۴-۳۹، ۱۳۸۶.
۶. معین وزیری، حسین، دیباچه‌ای بر ماگماتیسم در ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۴۴۰ ص، ۱۳۷۵.
۷. معین وزیری، حسین، احمدی، علی، پتروگرافی و پترولوژی سنگهای آذرین، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۵۴۷ ص، ۱۳۷۱.
8. Astis, Gianfilippo, Peccerillo, Angelo, Kempton, Pamela, Luigi La Volpe, Tsai, W.Wu, Transition from calc – alkaline to potassium – rich magmatism in subduction environments : geochemical and Sr, Nd, Pb isotopic constraints from the island of Vulcano (Aeolian arc), J. Min. and Pet., Vol. 139, pp. 684 – 703, 2000.
9. Barrett, T.J., and MacLean, W.H., Chemostratigraphy and hydrothermal alteration in exploration for VHMS deposits in greenstones and younger volcanic rocks, in Alteration and Alteration process, Lentz, D. R. Ed. : Geological Association of Canada, Short Course Note, 11, 433-467 (1999).
10. Best, Myron G., Igneous and metamorphic petrology, 2003, 2nd edition, Blackwell pub, 2003.
11. Chung, S.L., Wang, K.L., Crawford, A.J., Kamenetsky, V.S, Chen, C.H., Lan, C.Y., Chen, C.H., High-Mg potassic rocks from Taiwan : implications for the genesis of orogenic potassic lavas. Lithos, 59, 153-157, 2001.
12. Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, The interpretation of igneous rocks, Allen and Unwin, London, 450, 1979.
13. Kay, S.M., Ardolino, A.A., Corring, M.L., and Ramos, V.A., The Somuncara Large Igneous Province in Patagonia : Interaction of a transient mantle thermal anomaly with a subducting slab, Journal of Petrology, Vol. 48, No.1, 43-48, 2007.
14. Kaur, P., Chaudhri, N., Okrusch, M. and Koepke, J., Plaeoproterozoic A – type felsic magmatism in the Khetri Copper Belt, Rajasthan, northwestern India: petrologic and tectonic implications, Contribution to Mineralogy and Petrology, 87, 81-122, 2006.
15. Mc Donough, W.F., Sun, S.S., Composition of the Earth, Chemical Geology, 120, 223-253, 1995.
16. Pearce, J.A., Role of sub – continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In : Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalt and Mantle Xenoliths. Shiva Pub. Ltd, Cheshire, U.K., 230-249, 1983.
17. Raymond, A. Loren, Petrology, the study of igneous, sedimentary and metamorphic rocks, 2nd edition, Mc Graw Hill, 2002.

18. Toothill, J., Williams, C . A., Macdonald , R.,Turner , S.P., Rogers , N.W., Hawkesworth,C.J.,A complex petrogenesis for an arc magmatic suites,St Kitts , Lesser Antiles, Journal of petrology, vol.48,No.1,PP.32-42,2007.
19. Wilson, Marjorie , Igneous petrogenesis, Unwin Hyman, 1989.

Archive of SID