

## سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی توده‌های آتشفشانی میو-پلیوسن شمال شهر بابک، با نگرشی بر ماگماتیسم آداکیتی نئوژن

غلامرضا قدمی\*، سارا عبادی و محمد پوستی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

### چکیده

سنگ‌های آتشفشانی میو-پلیوسن شمال شهر بابک (توده‌های تریشکوه، میدوک و سارا) در استان کرمان بخشی از کمربند ماگمایی ارومیه-دختر است که از نوع آندزیت و داسیت هستند. این سنگ‌ها دارای بافت پورفیری و درشت‌بلورها شامل: پلاژیوکلاز، سانیدین، آمفیبول، بیوتیت و کوارتز است. بر اساس بررسی داده‌های زمین‌شیمیایی، این سنگ‌ها مجموعه‌ای از سنگ‌های آهکی-قلیایی پتاسیم متوسط تا پتاسیم بالا را تشکیل داده‌اند و از عناصر LILE و LREE غنی و از Nb و Ti تهی شده‌اند. در نمودارهای بهنجار شده با کندریت دارای شیب ملایمی از عناصر نادر خاکی سبک به سمت عناصر نادر خاکی سنگین و بدون بی‌هنجاری منفی اوروپیم هستند و در یک محیط فرورانشی متعلق به حاشیه فعال قاره‌ای شکل گرفته‌اند. این سنگ‌ها حاوی مقادیر بالای  $La/Yb$ ،  $SiO_2$ ، Sr و Sr/Y و مقادیر پایین‌تر MgO، Y و Yb نسبت به سنگ‌های آتشفشانی آهکی-قلیایی معمولی هستند و ویژگی‌های آداکیتی پر سیلیس را دارد. تهی‌شدگی از عناصر نادر خاکی سنگین و Y نشان‌دهنده حضور گارنت و هورنبلند در سنگ منشأ است. بر اساس داده‌های بالا منشأ این سنگ‌ها شاید گارنت-آمفیبولیت باشد که در اثر فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس به زیر پهنه ایران مرکزی حاصل شده است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌شیمی، داسیت-آندزیت، میو-پلیوسن، آداکیت، شهر بابک، کمربند ماگمایی ارومیه-دختر

### مقدمه

کمربند ماگمایی ارومیه-دختر با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی به موازات پهنه زاگرس و سنندج-سیرجان با پهنای ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر و طول ۱۸۰۰ کیلومتر از شمال‌غربی به جنوب‌شرقی کشیده شده است (Alavi, 1994). بسیاری از زمین‌شناسان ماهیت سنگ‌های

ماگمایی ارومیه-دختر را به فرورانش نئوتتیس به زیر خرده قاره ایران مرکزی وابسته می‌دانند (Berberian and Beberian., 1981) و معتقد هستند برخورد صفحه عربی با ایران مرکزی در ائوسن بالایی-میوسن پایانی انجام شده است (Agard et al., 2011). برای توجیه ماگماتیسم در کمربند ماگمایی ارومیه-دختر سازوکارهای مختلفی

### زمین‌شناسی منطقه

منطقه بررسی شده در جنوب‌شرق کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر و در استان کرمان قرار دارد و از طرفی، بخشی از نوار ماگمایی دهج-ساردوئیه است. طول نوار ماگمایی دهج-ساردوئیه در استان کرمان بیش از ۵۰۰ کیلومتر و عرض آن حدود ۹۰ کیلومتر است (شکل ۱). منطقه مورد بررسی در محدوده طول‌های جغرافیایی  $55^{\circ}00'$  و  $55^{\circ}15'$  و عرض‌های جغرافیایی  $30^{\circ}30'$  و  $30^{\circ}15'$  شمال شهر بابک و شرق آتشفشان مزاحم واقع شده است. مهم‌ترین سنگ‌های ماگمایی تشکیل دهنده نوار دهج-ساردوئیه مربوط به ولکانیک‌های ائوسن و در درجه بعدی ماگماتیسم نئوژن است. مهم‌ترین فعالیت ماگمایی نئوژن، تشکیل توده‌های نفوذی الیگو-میوسن و گنبد‌های آتشفشانی با ترکیب داسیت-آندزیتی به سن میو-پلیوسن است (Ghadami et al., 2008). فعالیت‌های آتشفشانی نئوژن در شمال شهر بابک به سه گروه دهج، مزاحم و آج تقسیم‌بندی شده است (Djokovic et al., 1973). سنگ‌های منطقه مورد مطالعه شامل: توده‌های ولکانیک و ساب‌ولکانیک داسیت-آندزیتی از گروه دهج است که به صورت گدازه یا گنبد‌های داسیت-آندزیتی سنگ‌های با سن مختلف از جمله ولکانیک‌های ائوسن را قطع کرده و به سطح زمین رسیده‌اند و تشکیل ارتفاعات بلند منطقه را داده است (شکل ۲ و ۳).

### روش انجام پژوهش

پس از بررسی‌های صحرایی و نمونه‌برداری، از نمونه‌های برداشت شده بیش از ۱۰۰ مقطع نازک تهیه و مطالعه شد. سپس، نمونه‌های با کمترین دگرسانی که نماینده کل سنگ‌های منطقه بود، برای تجزیه شیمیایی انتخاب و به شرکت زراژما

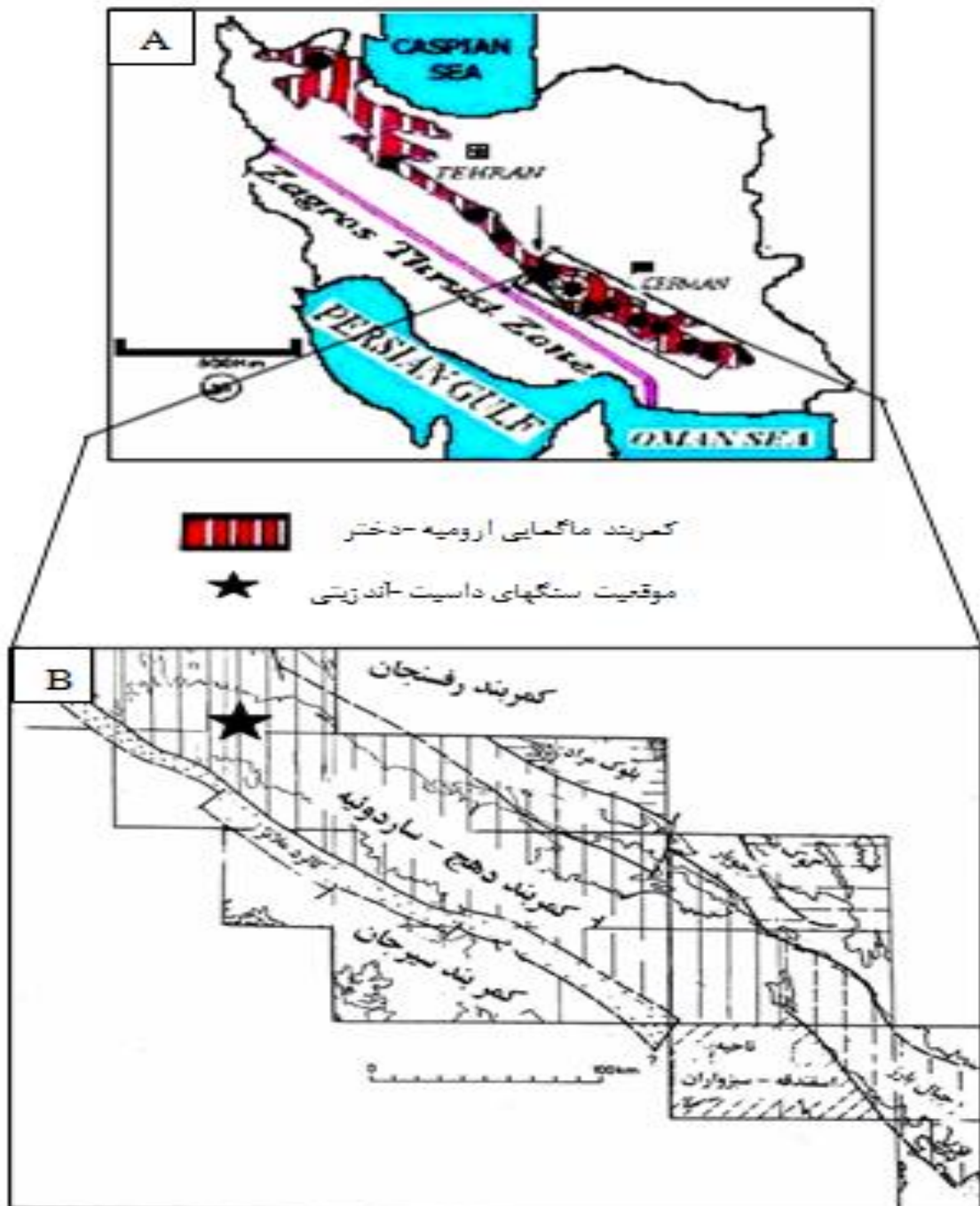
پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره نمود: ذوب قطعه فرورانده، ذوب پوسته پایینی در اثر نفوذ ماگما‌های گوشته‌ای، ذوب بخشی بخش‌های پایینی پوسته که به داخل گوشته فرو افتاده‌اند و ذوب گوه گوشته‌ای که در اثر شاره‌های محیط فرورانش دستخوش دگرنهادی شده است (Annen et al., 2006; Keskin, 2003). یافته‌های به دست آمده توسط برخی از پژوهشگران درباره ماگماتیسم پس از برخورد این کمر بند ماگمایی نیز نشان می‌دهد که ذوب پوسته اقیانوسی فرورانده در مناطقی از این پهنه در عمق زیاد تولید ماگمای آداکیتی کرده است (Jahangiri, 2007; Omrani et al., 2008; Ghadami et al., 2008). هرچند درباره زمان برخورد صفحه عربی با ایران مرکزی اتفاق نظر وجود ندارد با این وجود، فعالیت ماگمایی پس از برخورد که از اواخر میوسن شروع شد تا کواترنر ادامه یافته است (Ghasemi and Talbot, 2005). بررسی سنگ‌های ماگمایی این بخش از کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر می‌تواند روزنه‌ای مفید به درک فرآیندهای درگیر در ذوب پوسته و گوشته در مناطق فرورانش باشد.

در این پژوهش توده‌های ولکانیکی مدوار، تریشکوه و شمال کوه سارا به سن میو-پلیوسن واقع در شمال شهر بابک و غرب آتشفشان مزاحم مورد بررسی بیشتری قرار گرفته‌اند. مشاهده ویژگی‌های آداکیتی در سنگ‌های ماگمایی میو-پلیوسن (نئوژن) شمال شهر بابک و غرب آتشفشان مزاحم لزوم توجه هر چه بیشتر به خاستگاه و علل رخداد ماگماتیسم در منطقه و تعیین جایگاه زمین‌ساختی رخداد آن را ضروری کرده است. بنابراین، با اتکا به یافته‌های جدید صحرایی، سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی توده‌های بالا، خاستگاه دقیق این سنگ‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

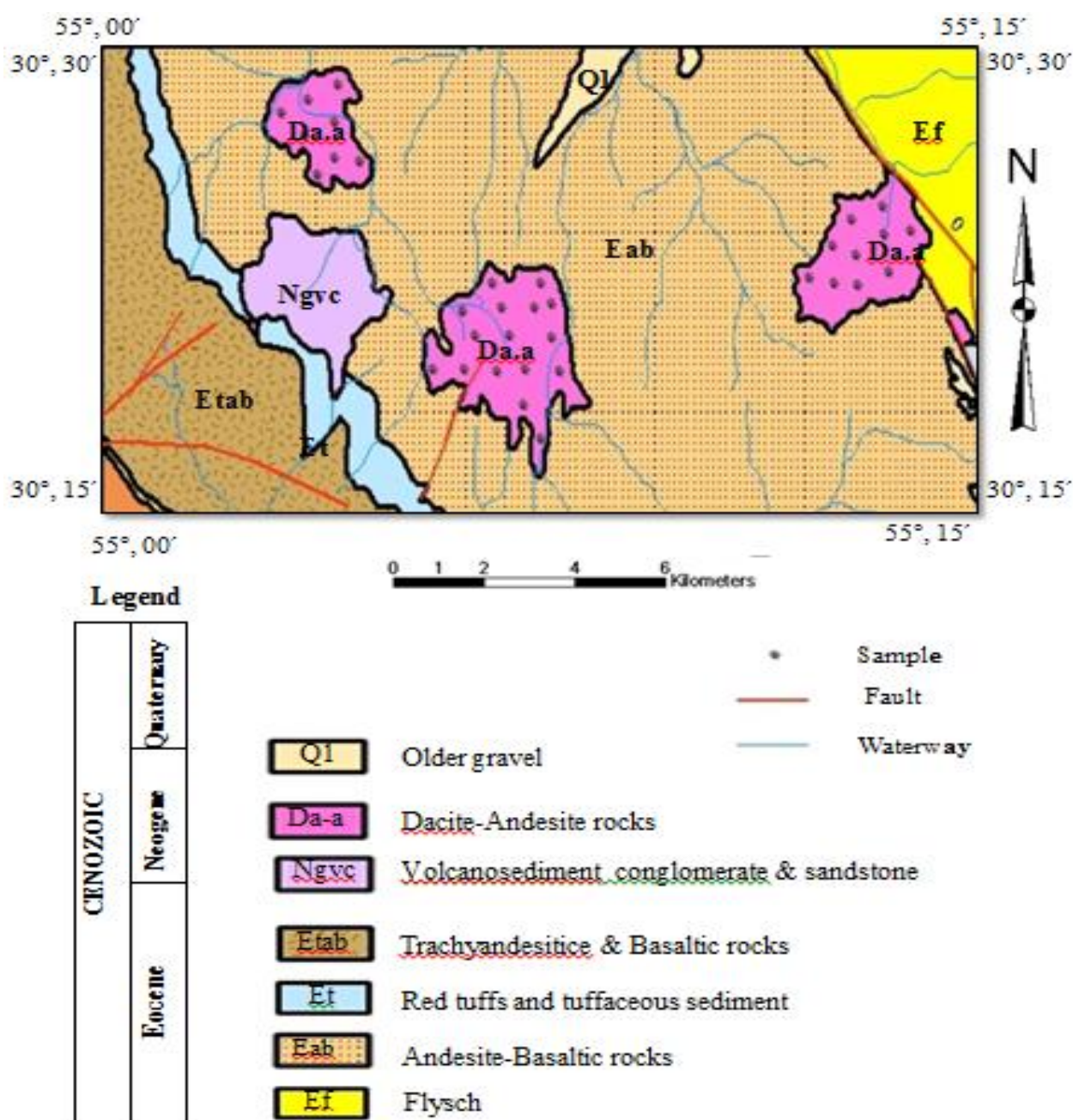
جدول شماره ۱ آورده شده است. برای ترسیم نقشه از نرم‌افزار GIS و برای تجزیه و تحلیل داده‌های زمین‌شیمیایی از نرم‌افزارهای زمین‌شناسی Minpet و Igpert استفاده شد.

فرستاده شد.

تجزیه اکسیدهای اصلی با روش ICP-ME در ایران و عناصر فرعی و کمیاب با روش ICP-MS در استرالیا انجام گرفته است که نتایج آن در



شکل ۱- A) موقعیت نوار ماگمایی دهج-ساردوئیه و سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در ایران؛ B) تقسیمات زمین‌شناسی ناحیه کرمان و موقعیت سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک (Djokovic et al., 1973).



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی توده‌های داسیت-آندزیتی تریشکوه، میدوک و شمال کوه سارا واقع در شمال شهر بابک (اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دهجبا) (Djokovic et al., 1973).

(شکل ۳). مطالعات دقیق پتروگرافی نشان داد که این سنگ‌ها دارای بافت هیالوپورفیری، پورفیری و تراکیتی پورفیری هستند. درشت‌بلورها در هر دو دسته سنگ‌ها شامل: پلاژیوکلاز، سانیدین، آمفیبول، بیوتیت و کوارتز است که درون زمینه‌ای

### پتروگرافی

سنگ‌های مورد بررسی شامل: آندزیت و داسیت با برتری داسیت است. داسیت‌ها بیشتر به صورت گنبد و سنگ‌های آندزیتی در منطقه مورد مطالعه اغلب به صورت جریان گدازه مشاهده می‌شود

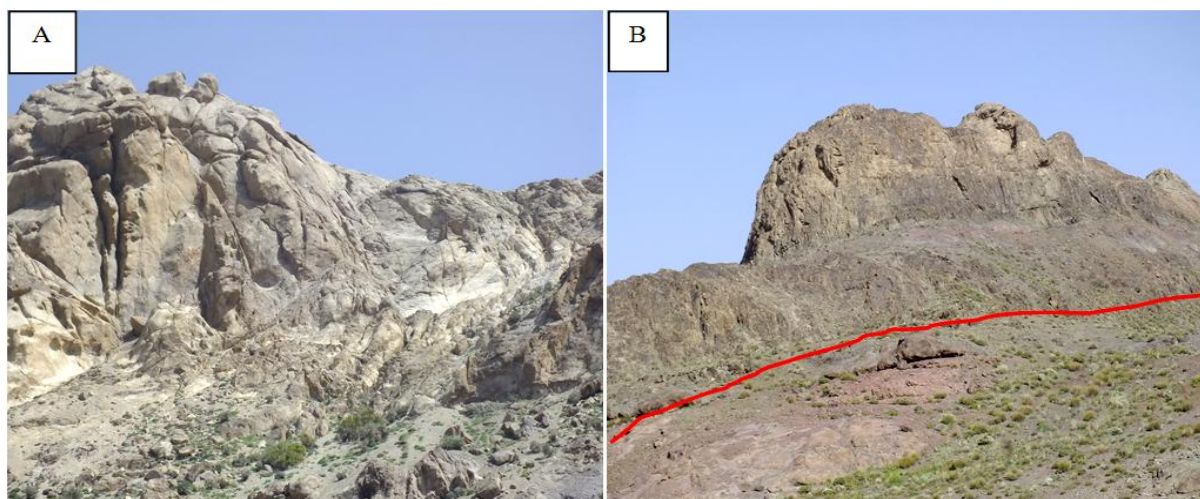


دارد و معمولاً اپاسیتیزه یا سوخته‌اند (شکل ۴-۳). مهم‌ترین ویژگی‌های میکروسکوپی کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌های داسیت-آندزیتی منطقه مطالعه شده بافت‌های غربالی، برهم‌رشدی و ساختار منطقه‌ای پلاژیوکلازها، اپاسیتیزه شدن کانی‌های مافیک و خوردگی خلیج مانند در کوارتز است (شکل ۴-۳ و ۴-۴).

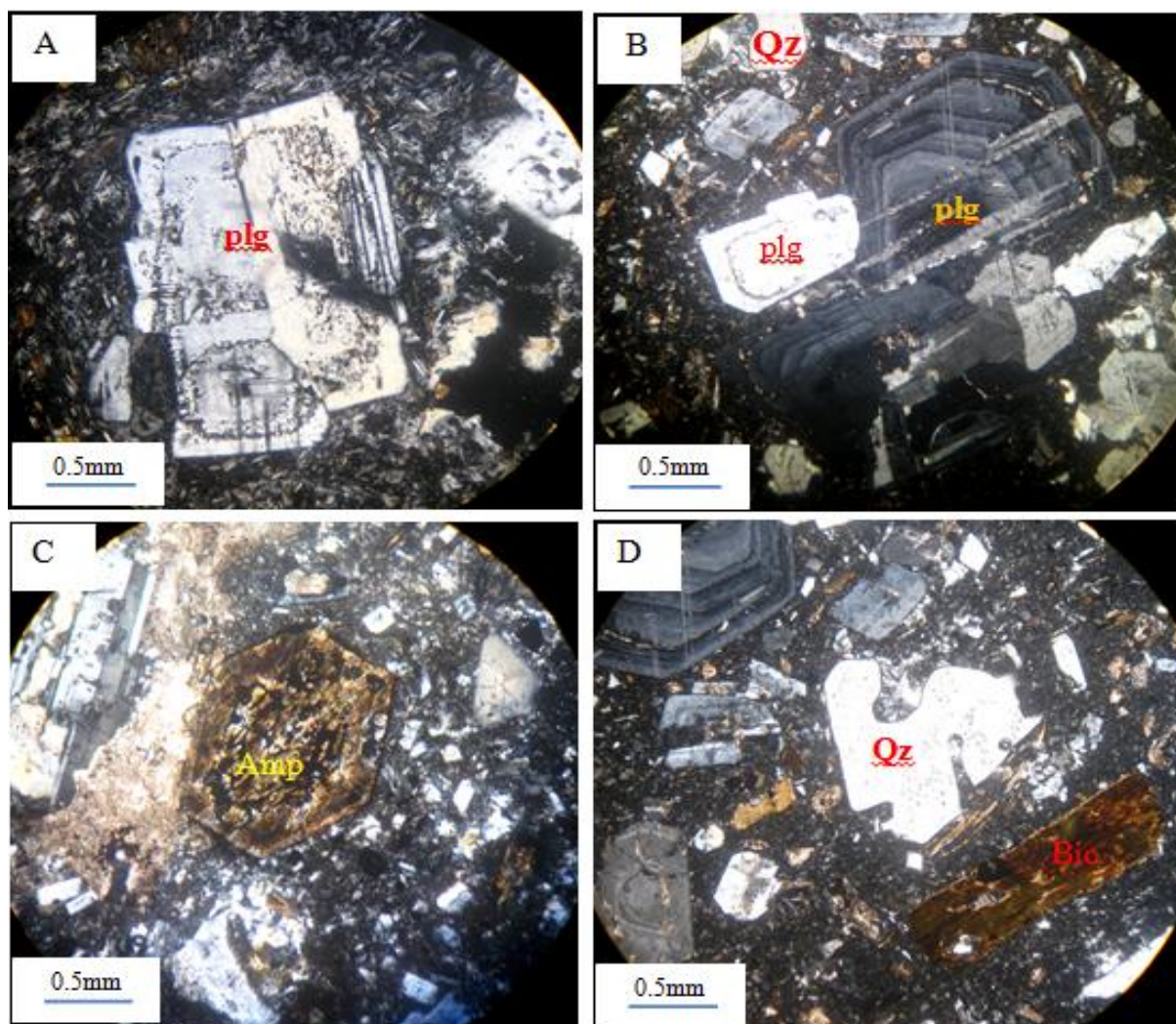
ویژگی‌های بافتی بالا می‌تواند ناشی از تغییر ترکیب ماگما در اثر آرایش و هضم مواد خارجی (سنگ‌های میزبان)، کاهش فشار حاکم بر ماگما در اثر بالا آمدن آن، افزایش فشار بخار آب در اثر صعود ماگما و جدایش آب در آن به صورت یک فاز مجزا، افزایش دمای ماگما در نتیجه ورود یک ماگمای داغ‌تر به درون مخزن یا افزایش دمای آن در اثر خروج ماگما و اکسایش و شعله‌ور شدن آن پس از رسیدن به سطح زمین باشد (Gill, 1981). با توجه به مطالعات پتروگرافی، مهم‌ترین دلایل ایجاد ویژگی‌های بالا کاهش فشار حاکم بر ماگما در اثر بالا آمدن آن و افزایش دمای ماگما در اثر خروج ماگما و رسیدن به سطح زمین است.

مخفی‌بلور تا ریزبلور قرار دارد. در آندزیت‌ها، پلاژیوکلاز اصلی‌ترین کانی روشن است که حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد فنوکریست‌ها را تشکیل می‌دهد و به صورت درشت‌بلور و میکروولیت دیده می‌شود. پلاژیوکلازها شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار بوده و دارای ماکل یا ساختار منطقه‌ای هستند (شکل ۴-۴). در بعضی از مقاطع، پلاژیوکلازها دارای بافت غربالی بوده و گاهی حاشیه انحلالی نیز دارد (شکل ۴-۵). فلدسپار پتاسیم (سانیدین) با فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد و ماکل کارلسباد در برخی از نمونه‌ها به کائولینیت تجزیه شده است. در نمونه‌های داسیتی، بلورهای شکل‌دار و نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز بیش از ۴۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهد. کوارتز نیز به صورت درشت‌بلورهای بی‌شکل با خوردگی خلیجی یا در زمینه فلسیتی وجود دارد و حداکثر تا ۱۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهد. همچنین، در زمینه دارای ریزبلورهایی از سانیدین است.

کانی‌های فرومنیزین در هر دو دسته سنگ‌های آندزیتی و داسیتی شامل: آمفیبول و بیوتیت (۵ تا ۱۰ درصد) است که به صورت فنوکریست حضور



شکل ۳-۴) نمایی از گنبد داسیتی تریشکوه با رنگ روشن و درزهای انقباضی در سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک؛ (B) نمایی از یک جریان گدازه آندزیتی در توده سارا با ضخامت چندین متر که بر روی ولکانیک‌های ائوسن جریان یافته است.



شکل ۴- A) پلاژیوکلاز با زونینگ کامل در زمینه ریزبلور و غنی از کوارتز در آندزیت (XPL)؛ B) حاشیه انحلالی در بلور پلاژیوکلاز در یک زمینه میکرولیتی در آندزیت (XPL)؛ C) اپاسیتیزه شدن آمفیبول و تبدیل آن به کانی‌های اپاک در داسیت Kretz (XPL)؛ D) کوارتز درشت با حاشیه صاف و خلیجی و بیوتیت سوخته در داسیت (XPL)، (علایم اختصاری کانی‌ها از Kretz (۱۹۸۳) است).

### ژئوشیمی

داسیت-آندزیتی منطقه در نمودار  $\text{SiO}_2$  نسبت به  $\text{K}_2\text{O}$  در محدوده سری آهکی-قلیایی با پتاسیم متوسط تا پتاسیم بالا واقع می‌شود (Peccerillo and Taylor, 1976) (شکل ۶).

در نمودار AFM نیز نمونه‌های مطالعه شده روند آهکی-قلیایی از خود نشان می‌دهد (شکل ۷) (Irvine and Baragar, 1971).

الگوی عناصر نادر نمونه‌ها که نسبت به بازالت پشته میان اقیانوسی بهنجار شده است نشان می‌دهد

نتایج تجزیه شیمیایی سنگ‌های منطقه شمال شهر بابک در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. این سنگ‌ها در نمودار مجموع اکسیدهای قلیایی نسبت به سیلیس (Le Bas et al., 1986) در گستره آندزیت و داسیت قرار می‌گیرد و در هر سه توده مورد بررسی (ترشکوه، میدوک و شمال کوه سارا) سنگ‌های داسیتی برتری دارد (شکل ۵).

در نمودارهای تعیین سری ماگمایی، سنگ‌های

که سنگ‌های مطالعه شده از LILE (Ba, K, Pb, Rb, Sr و Th) غنی و از HFSE (Hf, Nb, Ta, Y, Zr و Yb) تهی شده‌اند (شکل ۸). در این نمودار بی‌هنجاری منفی مشخصی برای Nb, Ti و Zr وجود دارد که نشانگر تشکیل این سنگ‌ها در یک محیط فرورانشی است (Wilson, 1989; Gill, 1981).

جدول ۱- ترکیب شیمیایی اکسیدهای سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک که با روش ICP-ME اندازه‌گیری شده است.

	M-17	M-18	M-21	M-22	M-25	S-12
(%wt)	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite	Dacite
SiO <sub>2</sub>	65.82	64.85	65.18	65.78	63.25	65.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.03	15.95	15.81	16.06	16.02	16.82
CaO	3.55	3.95	3.65	3.42	3.85	3.53
FeO <sub>t</sub>	2.68	3.15	3.12	2.89	3.55	3.62
K <sub>2</sub> O	3.58	2.85	3.45	3.29	3.65	2.8
MgO	0.84	1.95	1.42	1.02	1.85	1.04
MnO	0.05	0.06	0.04	0.05	0.07	0.04
Na <sub>2</sub> O	4.75	4.25	5.12	4.61	4.95	5.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.04	0.18	0.05	0.03	0.06
TiO <sub>2</sub>	0.38	0.41	0.45	0.38	0.45	0.43
LOI	2.36	2.16	1.24	2.0	1.95	1.05
Total	100	99.65	99.55	100	99.87	99.79

	S-13	T-2	T-5	T-13	T-16	T-20
(%wt)	Dacite	Andesit	Andesit	Dacite	Andesit	Dacite

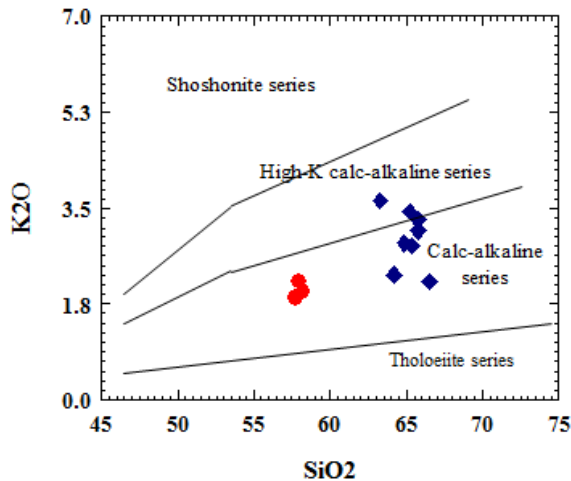
ادامه جدول ۱-.

SiO <sub>2</sub>	64.8	58.25	57.69	66.5	58.01	64.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.95	17.02	16.95	15.8	16.81	16.1
CaO	3.95	6.85	6.91	4.36	7.25	4.87
FeO <sub>t</sub>	4.33	7.11	6.75	3.45	6.55	4.03
K <sub>2</sub> O	2.95	1.98	1.85	2.15	2.15	2.29
MgO	1.01	2.65	2.42	1.33	2.85	1.73
MnO	0.06	0.06	0/0	0.05	0.08	0.06
Na <sub>2</sub> O	4.95	3.13	4.35	4.55	3.44	4.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.37	0.36	0.17	0.24	0.22
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.63	0.55	0.35	0.57	0.55
LOI	1.25	1.95	2.13	1.29	2.05	1.72
Total	99.72	100	99.96	100	100	100

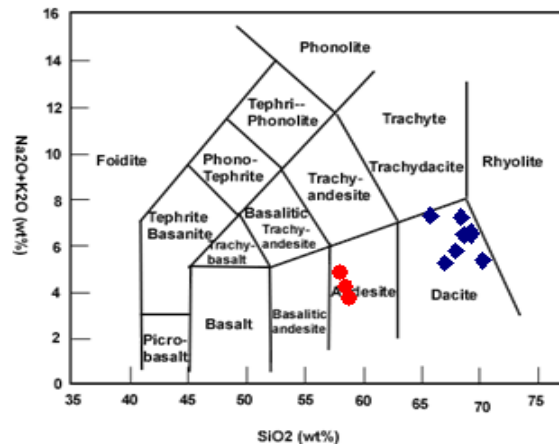
جدول ۲- مقادیر عناصر فرعی و نادر خاکی سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک که با روش ICP-MS اندازه‌گیری شده است.

(ppm)	M-17	M-22	M-25	T-5	T-13	T-20	S-12	S-13
Ba	1060	830	950	1050	950	975	730	756
Co	8.1	6.6	7.2	7.1	8.2	9.4	8.8	7.8
Cr	8	6	9	5	4	3	11	9
Cs	2.75	2.9	2.95	2.1	2.75	3.3	1.3	1.2
Cu	15.2	14.8	16.2	38.1	35.2	30.1	42.5	38.5
Ga	19.2	19.9	20.2	18.1	20.2	19.8	21.1	20.19
Ge	1.12	0.95	1.02	1.02	1.11	1.29	0.81	0.95
Hf	1.75	1.87	1.95	1.62	2.25	2.87	3.9	2.2
Mo	0.6	0.4	0.5	1.75	1.65	1.5	0.4	1.21
Nb	7.1	8.7	7.5	8.2	9.1	8.8	8.3	8.7
Ni	10	8	9	8	6	4	9	8
Pb	17.1	14.7	16.2	28.2	31.1	38.6	15.5	14.2
Rb	75.2	85.4	115	105	95	85	56.8	65.2
Sc	6	4	9	7	8	9	6	7
Sr	850	910	890	860	920	895	941	921
Ta	0.5	0.56	0.5	0.56	0.62	0.57	0.57	0.66
Th	6.25	3.58	4.25	4.2	3.1	5.3	5.51	4.95
U	2.2	1.7	1.9	2.1	2.3	3.68	2.22	2.15
V	55	53	65	67	54	46	73	85
Y	9.5	8.4	10.2	9.7	8.3	7.9	10	15
Zn	75	52	68	55.5	63.2	68.5	78.9	75.2
Zr	48	45	51	85	75	66	79	85
Ti	2950	2510	2750	2950	3240	3450	3440	3350
P	980	728	850	1255	1650	1950	1020	1970
La	21.2	17.3	18.5	22.5	20.2	18.3	27.8	25.2
Ce	28.6	30.4	35.2	27.6	24.2	22.3	48.4	39.2
Pr	4.55	3.75	5.25	3.14	2.95	2.58	5.81	6.21
Nd	11.9	15.1	12.2	11.5	12.2	10.5	21.8	22.1
Sm	4.15	2.58	3.3	3.45	2.85	2.04	3.71	3.25
Eu	1.25	0.98	1.12	1.14	1.11	1.13	1.16	1.11
Gd	5.1	3.12	4.75	4.95	4.25	3.81	4.21	3.95
Tb	0.51	0.33	0.49	0.32	0.28	0.29	0.37	0.32
Dy	1.85	1.68	2.15	1.95	1.85	1.62	1.99	1.75
Ho	0.45	0.33	0.29	0.29	0.25	0.21	0.34	0.31
Er	1.25	0.81	0.95	0.95	0.91	0.86	0.6	0.8
Tm	0.12	0.14	0.11	0.13	0.11	0.1	0.12	0.11
Yb	0.95	0.79	0.85	0.85	0.82	0.75	0.94	0.96
Lu	0.12	0.15	0.18	0.14	0.12	0.11	0.12	0.11
Th/Ce	0.22	0.12	0.12	0.15	0.13	0.24	0.11	0.13
Nb/Zr	0.15	0.12	0.12	0.1	0.09	0.08	0.08	0.08
Ba/Ta	785	522	655	795	826	755	598	560
Ba/Nb	149	156	153	128	133	183	119	105
Sr/Ce	29.7	29.9	25.3	31.1	38	40.4	15.3	23.4

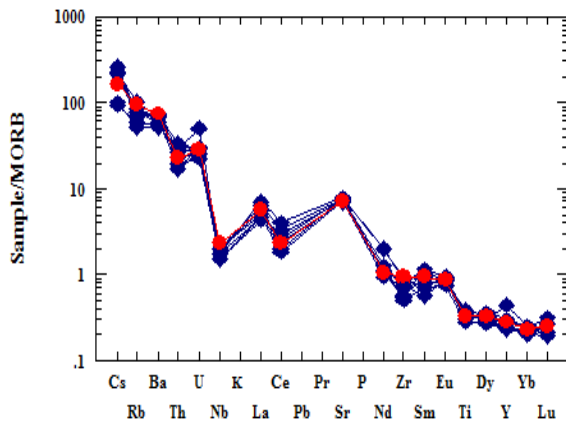




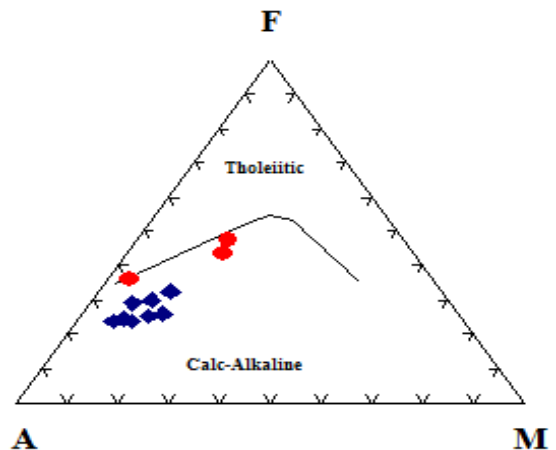
شکل ۶- نمودار در مقابل  $K_2O$  و موقعیت سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در گستره آهکی-قلیایی تا آهکی-قلیایی پتاسیم بالا (Peccerillo and Taylor, 1976). (نشانه‌ها مانند شکل ۵).



شکل ۵- نامگذاری سنگ‌های آتشفشانی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در نمودار مجموع اکسیدهای قلیایی نسبت به سیلیس (Le Bas et al., 1986). داسیت، ● آندزیت.



شکل ۸- نمودار عنکبوتی عناصر نادر سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک نسبت به بازالت پشته میان اقیانوسی (داده‌های MORB از Sun and McDonough, 1989). (نشانه‌ها مانند شکل ۵).



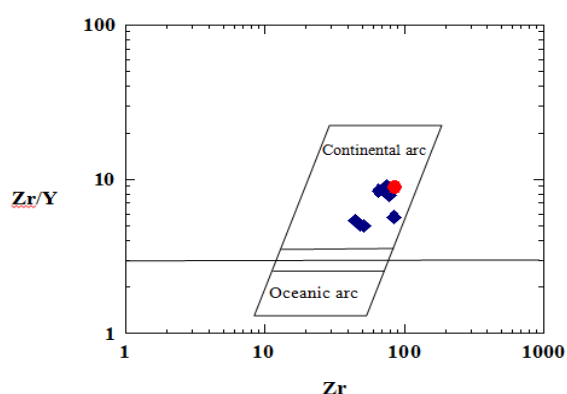
شکل ۷- نمودار AFM (Irvine and Baragar, 1971) موقعیت سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در سری کالک‌آلکان (نشانه‌ها مانند شکل ۵).

منشأ است (شکل ۹). البته سنگ‌های داسیتی، غنی‌شدگی بیشتری در عناصر نادر خاکی سبک نسبت به سنگ‌های آندزیتی از خود نشان می‌دهد که مربوط به تفریق بیشتر سنگ‌های داسیتی است.

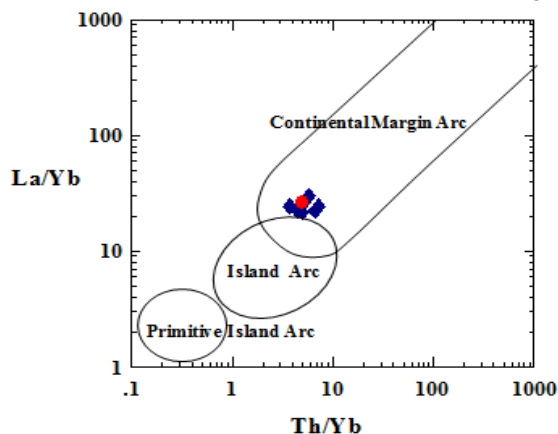
برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی از نمودار Zr

نتایج حاصل از داده‌های عناصر نادر خاکی سنگ‌های داسیت-آندزیتی منطقه که با کندریت بهنجار شده‌اند، نشانگر غنی‌شدگی از عناصر نادر خاکی سبک، تهی‌شدگی از عناصر نادر خاکی سنگین و بدون بی‌هنجاری منفی یوروپیوم است که مؤید حضور گارنت و نبود پلاژیوکلاز در ناحیه

طرف دیگر، Fitton و همکاران (۱۹۹۵) عنوان کرده‌اند که مقادیر بالاتر از ۲۸ در نسبت Ba/Nb و بالاتر از ۴۵۰ در نسبت Ba/Ta نشان‌دهنده محیط حاشیه فعال قاره‌ای است. نسبت Ba/Ta و Ba/Nb و سنگ‌های مطالعه شده به ترتیب بالاتر از ۱۰۵ و ۵۲۲ است (جدول ۲). بنابراین، سنگ‌های داسیت-آندزیتی مطالعه شده در یک محیط حاشیه فعال قاره‌ای متعلق به پهنه‌های فرورانشی شکل گرفته‌اند.

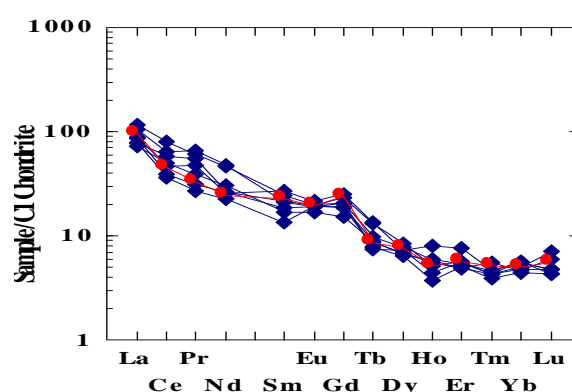


شکل ۱۰- نمودار Zr در مقابل Zr/Y (Pearce et al., 1989) که محیط فرورانشی حاشیه قاره‌ای را از کمان‌های اقیانوسی جدا می‌کند. سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرد (نشانه‌ها مانند شکل ۵).



پایین Y و  $(Y < 13, Yb < 1.4)$  HREE و میزان Ba/La بالا،  $(La/Yb)_N > 12$ ، Sr بالا ( $Sr > 400$ ) و  $Sr/Y > 40$  هستند و ویژگی‌های آداکیتی را دارند

در مقابل Zr/Y (Pearce et al., 1989) استفاده شد که نمونه‌های مطالعه شده در محیط حاشیه فعال قاره‌ای قرار گرفت (شکل ۱۰). همچنین، در نمودار La/Yb در مقابل Th/Yb از (Condie, 1989) که محیط‌های حاشیه فعال قاره‌ای بالغ را از محیط‌های قوسی اقیانوسی و کمان‌های اولیه جدا می‌کند، نمونه‌های مطالعه شده در موقعیت قوس‌های ماگمایی قاره‌ای بالغ قرار می‌گیرد (شکل ۱۱). از



شکل ۹- نمودار عنکبوتی عناصر نادر خاکی سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک بهنجار شده نسبت به کندریت (Sun and McDonough, 1989) (نشانه‌ها مانند شکل ۵).

شکل ۱۱- نمودار Th/Yb در مقابل La/Yb که جدا کننده قوس‌های اولیه از جزایر قوسی بالغ و کمان‌های حاشیه قاره‌ای است (Condie, 1989). سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در محیط حاشیه قاره‌ای قرار گرفته‌اند (نشانه‌ها مانند شکل ۵).

## بحث

سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نیمه عمیق شهر بابک دارای  $MgO < 3\%$ ،  $SiO_2 > 57\%$ ، میزان

درصد سیلیس دارد و نسبت  $Sr/Y$  و  $La/Yb$  در آنها بالاتر است (به ترتیب ۱۰۰ تا ۳۰۰ و ۴۰ تا ۸۰). بررسی‌های تجربی (Rapp *et al.*, 2007) بیانگر آن است که ذوب گوشته دگرنهاد شده (مخلوطی از پریدوتیت+آداکیت) ماگمایی مشابه با ویژگی‌های ژئوشیمیایی آداکیت‌های کم سیلیس (LSA) به وجود می‌آورد. علاوه بر نشانه‌های بالا، اختلافات ژئوشیمیایی بارزی میان دو گروه آداکیت‌های پر سیلیس و آداکیت‌های کم سیلیس در نمودارهای بهنجار شده به کندی وجود دارد. آداکیت‌های کم سیلیس الگوی REE تفریق یافته‌تری را نسبت به آداکیت‌های پر سیلیس نشان می‌دهد. همچنین، آداکیت‌های پر سیلیس نسبت‌های بالاتری از  $Sr/Y$  و  $La/Yb$  نسبت به آداکیت‌های کم سیلیس دارد. از سوی دیگر، آداکیت‌های پر سیلیس الگوی HREE مقعری را نسبت به آداکیت‌های کم سیلیس به نمایش می‌گذارد. به طوری که نسبت  $Yb/Lu$  در آداکیت‌های کم سیلیس حدود ۱۰ و در آداکیت‌های پر سیلیس حدود ۵ گزارش شده است (Moyen, 2009).

آداکیت‌های قاره‌ای یا پتاسی، طیف گسترده‌ای از سیلیس (کمتر از ۶۰ درصد تا بیش از ۷۵ درصد) دارد و میزان  $Y$  و  $Yb$  آنها پایین است اما همیشه نسبت  $Sr/Y$  (۱۵ تا ۱۵۰) و  $La/Yb$  بالایی را نشان نمی‌دهد. این آداکیت‌ها میزان  $K_2O$  بالایی دارد.

آداکیت‌های آرکن که بر اثر فرورانش گرم و از ذوب قطعه فرورانده حاصل شده‌اند، در کمربند گرینستون مشاهده می‌شوند و معمولاً فلسیک بوده و میزان  $Na_2O$  بالا و  $K_2O$  پایینی دارد و نسبت  $Sr/Y$  بالایی را نشان می‌دهند. بنابراین، تحت عنوان آداکیت معرفی شده‌اند (Moyen,

1993) Defant and Drummond؛ Stern and Kilian, 1996). برای مثال در نمودار  $Y$  نسبت به  $Sr/Y$  (Defant and Drummond, 1993) که آداکیت‌ها را از دیگر ماگماهای تشکیل شده در نواحی فرورانش کلاسیک تفکیک می‌کند، نمونه‌های مورد بررسی در گستره آداکیت‌ها واقع شده‌اند (شکل ۱۲).

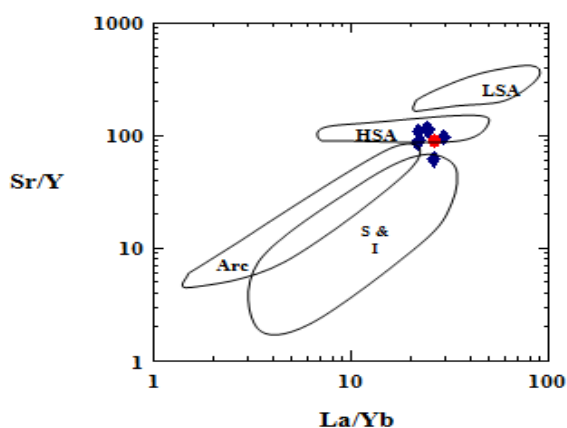
به عقیده Defant و Drummond (۱۹۹۰) ماگماهای آداکیتی از ذوب پوسته اقیانوسی گرم و جوان ریشه می‌گیرند. در حالی که پژوهشگران دیگر عقیده دارند که آداکیت‌ها می‌توانند از راه‌های دیگری نیز تشکیل شوند که عبارتند از: الف) جدایش ماگمایی (Castillo *et al.*, 1999)، ب) ذوب پریدوتیت آبدار (Stern and Hanson, 1991؛ Martin *et al.*, 2005، ج) آمیزش ماگمای بازالتی با ماگمای فلسیک مشتق از پوسته (Guo *et al.*, 2007) و د) ذوب بخشی پوسته قاره‌ای پایینی ضخیم همگن شده (Xu *et al.*, 2002)؛ این سنگ‌ها لازم است ویژگی‌های ژئوشیمیایی آداکیت‌ها به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد.

آداکیت‌ها به چهار گروه تقسیم شده‌اند: آداکیت‌های پر سیلیس (HSA)، آداکیت‌های کم سیلیس (LSA)، آداکیت‌های قاره‌ای یا پتاسی و آداکیت‌های آرکن (Moyen, 2009). آداکیت‌های پر سیلیس (HSA) دارای  $MgO > 3\%$ ،  $SiO_2 > 56\%$ ،  $La_N/Yb_N > 10$ ، میزان  $Sr$  بالا ( $Sr > 400$ )، و میزان پایین  $Y (Y < 18)$  و  $Yb (Yb < 19)$  بوده و با آداکیت‌های پیشنهاد شده توسط Defant و Drummond (۱۹۹۰) همخوانی دارد. این آداکیت‌ها بر اثر ذوب بخشی متابازالت‌ها در گستره پایداری گارنت تشکیل می‌شود.

آداکیت‌های کم سیلیس (LSA) ۵۰ تا ۶۰

نمونه‌ها در گستره آداکیت‌های HSA قرار گرفته‌اند (شکل ۱۳).

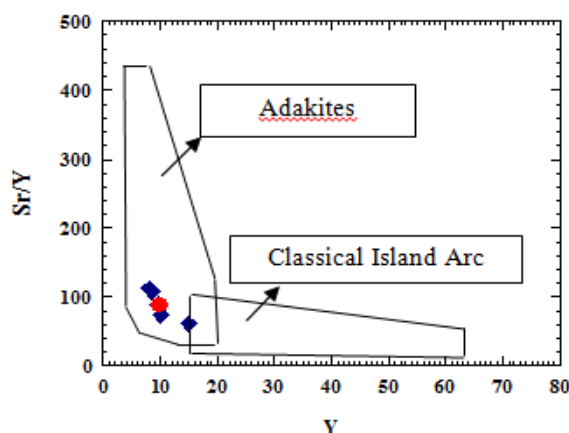
از طرف دیگر، نمونه‌های بررسی شده در نمودارهای عناصر کمیاب و نادر خاکی بهنجار شده به گوشته اولیه و کندریت، بی‌هنجاری منفی Ba، Eu، P و Sr نشان نمی‌دهد و بنابراین، منشأ پوسته قاره‌ای تحتانی برای این سنگ‌ها مردود است. زیرا نبود بی‌هنجاری منفی در عناصر Ba، Eu، P و Sr بیانگر عدم جدایش بلورین یا ذوب بخشی پوسته پایینی است (Chappell and White, 1992؛ Pi-Piper *et al.*, 2002). از طرف دیگر، اندازه‌های حاصل از پوسته فرورونده یا رسوب‌های فرورانده، نسبت بالای از  $Th/Ce > 0.12$  و  $Nb/Zr > 0.05$  (Hawkesworth *et al.*, 1997) را (Elburg *et al.*, 2002؛ Vroon *et al.*, 1993) دارد، که در نمونه‌های مطالعه شده نسبت  $Th/Ce > 0.12$  و  $Nb/Zr > 0.08$  محاسبه شده است که بیانگر نقش پوسته فرورونده در تشکیل ماگمای سنگ‌های مطالعه شده است.



شکل ۱۳- نمودار تغییرات  $La/Yb$  نسبت به  $Sr/Y$  و تفکیک آداکیت‌های کم سیلیس، پر سیلیس و آرکن (Moyen, 2009). سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در محدوده آداکیت‌های پر سیلیس قرار گرفته‌اند، (نشانه‌ها مانند شکل ۵).

(2009).

سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نیمه عمیق شمال شهر بابک ویژگی‌های ژئوشیمیایی مشابه با آداکیت‌های پر سیلیس (HSA) را دارا هستند. زیرا میزان سیلیس آنها بیشتر از ۵۶ درصد است. الگوی REE آنها جدایش شدیدی نشان نمی‌دهد. اما الگوی HREE مقعری را به نمایش می‌گذارد و میزان  $Yb/Lu$  حدوداً برابر ۵ به دست آمده که با آداکیت‌های پر سیلیس هماهنگی بیشتری دارد. علاوه بر نشانه‌های بالا، نسبت پایین  $K_2O/Na_2O$  (با میانگین ۰/۴۲) آنها اختلاف فاحشی را با آداکیت‌های قاره‌ای به نمایش می‌گذارد. همچنین، میزان بالای  $Sr/Y$  نسبت به  $La/Yb$  با ماگما‌های آهکی-قلیایی جدایشی سازگاری ندارد. نمونه‌های منطقه شمال شهر بابک در نمودار  $La/Yb$  نسبت به  $Sr/Y$  که گستره وابسته به نواحی فرورانش بهنجار، آداکیت‌های پر سیلیس (HSA)، آداکیت‌های کم سیلیس (LSA) و آداکیت‌های آرکن را از هم جدا می‌کند (Moyen, 2009)

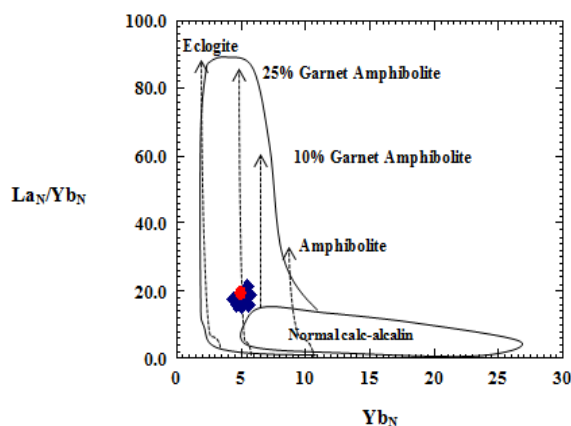


شکل ۱۲- نمودار  $Y$  نسبت به  $Sr/Y$  برای جدایش سنگ‌های آهکی-قلیایی عادی از آداکیت‌ها و موقعیت سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک (Defant and Drummond, 1993) (نشانه‌ها مانند شکل ۵).

M. Teklay and Drummond, 1990; Mezger, 2001). برپایه مطالعات Paul و همکاران (۲۰۰۶) عمق موهو از ۴۵ کیلومتر در صفحه عربی تا ۷۰ کیلومتر در زاگرس جنوبی، مقطع انار در پهنه سنندج-سیرجان محاسبه شده است. اما در زیر کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر و در نزدیکی منطقه مطالعه شده (انار) با یک کاهش ناگهانی به ۴۲ کیلومتر می‌رسد (Paul *et al.*, 2006) و این مطلب با دگرگونی پوسته قاره‌ای تحتانی، ذوب و تولید ماگمای آداکیتی سازگار نیست. با استناد به داده‌های ژئوشیمیایی ارائه شده در این پژوهش و مطالعات ژئوفیزیکی Paul و همکاران (۲۰۰۶) در رابطه ضخامت پوسته در زیر کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر و ادامه فرورانش در نئوژن (Agard *et al.*, 2011) خاستگاه سنگ‌های داسیت-آندزیتی نئوژن غرب آتشفشان مزاحم گارنت-آمفیبولیت به همراه یک فاز تیتانیوم‌دار است. این سنگ منشأ می‌تواند در اثر فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس یا قطعه جدا شده و فرو رفته آن در اعماق، تولید شده باشد. این مدل برای تولید ماگماهای آداکیتی پر سیلیس در دیگر بخش‌های کمر بند ماگمایی ارومیه-دختر (Jahangiri, 2007; Ghadami *et al.*, 2008) و همچنین (Omrani *et al.*, 2008) مشابه در مناطق دیگری از ایران (Nasrabad, 2011) ارائه شده است.

برای تعیین خاستگاه دقیق سنگ‌های آتشفشانی و توده‌های نیمه عمیق از نمودار پیشنهادی مرجع (Defant and Drummond, 1993) نیز استفاده شد. در این نمودار، نمونه‌های مورد بررسی در گستره گارنت-آمفیبولیت (با ۲۵ درصد گارنت) واقع شده‌اند (شکل ۱۴) و شاید ذوب بخشی آمفیبولیت گارنت‌دار خاستگاه اصلی ماگماتیسم آداکیتی توده‌های نئوژن تریشکوه، میدوک و شمال کوه سارا در غرب آتشفشان مزاحم باشد.

در آداکیت‌های پر سیلیس بر اثر ذوب در فشارهای بالا، برجامانده اکلوزیتی با کانی‌های گارنت، کلینوپیروکسن و روتیل ایجاد می‌شود. ماگمای در حال تعادل با منشأ اکلوزیتی میزان Nb/Ta بالاتری را به علت حضور روتیل نسبت به منشأ آمفیبولیتی نشان می‌دهد (Foley *et al.*, 2004; Schmidt *et al.*, 2004). میانگین این نسبت در نمونه‌های مورد بررسی حدود ۵/۵ است که با منشأ آمفیبولیتی هماهنگی بیشتری دارد. از طرف دیگر، سنگ‌های فلسیک و حد واسطی که با گارنت در حال تعادل باشد، دارای ویژگی‌های ژئوشیمیایی همچون: میزان بالای  $Al_2O_3$ ، Ga، Sr/Y و Lu پایین، الگوی REE پرشیب و فاقد بی‌هنجاری منفی Eu هستند که بر اثر ذوب لیتوسفر فرورونده یا ذوب بخشی گرانولیت پوسته پایینی مشتق می‌شود (Defant



شکل ۱۴- نمودار  $La_N/Yb_N$  نسبت به  $Yb_N$  بهنجار شده با کندریت (Defant and Drummond, 1993) و موقعیت سنگ‌های داسیت-آندزیتی میو-پلیوسن شمال شهر بابک در محدوده گارنت-آمفیبولیت. (نشانه‌ها مانند شکل ۵).



## نتیجه‌گیری

نمودارهای جدا کننده آداکیت‌ها از سنگ‌های کالک‌آلکالن در گستره آداکیت قرار می‌گیرد. با توجه به مقادیر استرانسیوم، سیلیس، ایتریوم و عناصر نادر خاکی سنگین، نبود بی‌هنجاری منفی اوروپیم، الگوی عناصر نادر و نمودارهای تعیین کننده موقعیت آداکیت‌ها، سنگ‌های آتشفشانی میو-پلیوسن شمال شهر بابک از نوع آداکیت‌های پر سیلیس هستند. با استناد به داده‌های ژئوشیمیایی، خاستگاه این سنگ‌ها گارنت-آمفیبولیت با فاز باقی‌مانده گارنت و آمفیبول به همراه یک فاز تیتانیوم‌دار است. سنگ منشأ گارنت-آمفیبولیت شاید در اثر ادامه فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس یا قطعه جدا شده آن به وجود آمده و ذوب آن در میو-پلیوسن باعث تولید ماگمای آداکیتی پر سیلیس کرده باشد و پس از صعود باعث تشکیل سنگ‌های داسیت-آندزیتی در منطقه شمال شهر بابک شده است.

## سیاسگزاری

نگارندگان این پژوهش از معاونت پژوهشی دانشگاه هرمزگان به دلیل تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را دارند.

سنگ‌های آتشفشانی میو-پلیوسن شمال شهر بابک شامل: آندزیت و داسیت با بافت پورفیری، هیالوپورفیری و تراکیتی پورفیری هستند. درشت‌بلورها در هر دو دسته سنگ‌ها شامل: پلاژیوکلاز، سانیدین، آمفیبول، بیوتیت و کوارتز است که درون زمینه‌ای مخفی‌بلور تا ریزبلور قرار دارد. در نمودارهای تعیین سری ماگمایی، سنگ‌های مطالعه شده ماهیت آهکی-قلیایی دارد و الگوی تغییرات عناصر کمیاب و نادر خاکی بهنجار شده به کندریت و گوشته اولیه در آنها نشان‌دهنده غنی‌شدگی این سنگ‌ها از LREE و LILE، تهی‌شدگی آنها از HREE و HFSE و وجود بی‌هنجاری منفی Ti و Nb در این سنگ‌ها است. نسبت بالای Ba/Nb و Ba/Ta در کنار موقعیت نمونه‌ها روی نمودارها گویای شکل‌گیری سنگ‌های مورد بررسی در محیطی وابسته به فرورانش در حاشیه فعال قاره‌ای است. از طرف دیگر، سنگ‌های مطالعه شده دارای مقادیر بالاتری از Sr/Y و Sr، SiO<sub>2</sub>، La/Yb و مقادیر پایین‌تری از Yb، Y و MgO نسبت به سنگ‌های آتشفشانی آهکی-قلیایی معمولی هستند. این سنگ‌ها در

## منابع

- Alavi, M. (1994) Tectonics of Zagros orogenic of Iran, new data and interpretation. *Journal of Tectonophysics* 229: 211-238.
- Annen, C., Blundy, J. D. and Sparks, R. S. J. (2006) The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones. *Journal of Petrology* 47: 505-539.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielynck, B., Spakman, W., Monie, P., Meyer, B. and Wortel, R. (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geology Magazines* 10: 1-34.
- Berberian, F. and Berberian, M. (1981) Tectono-plutonic episodes in Iran. In: *Zagros, Hindokosh, Himalaya Geodynamic Evolution* (Eds. Gupta, H. K. and Delany, F. M.) 5-32. *Journal of American Geophysical Union, Washington*.
- Castillo, P. R., Janney, P. E. and Solidum, R. U. (1999) Petrology and geochemistry of Camigiun Island, southern Philippines: insights to the source of adakites and other lavas in a complex arc setting. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 134: 33-51.

- Chappell, B. W. and White, A. J. R. (1992) I and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, Tran. Recherche Society of Edinberg. *Journal of Earth Sciences* 83: 1-26.
- Condie, K. C. (1989) Geochemical changes in basalts and andesites across the Archean-Proterozoic boundry: identification and significances. *Lithos* 23: 1-18.
- Defant, M. J. and Drummond, M. S. (1990) Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature* 374: 662-665.
- Defant, M. J. and Drummond, M. S. (1993) Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc. *Journal of Geology* 21: 547-550.
- Djokovic, I. Cvetic, S. and Dimitrijevic, M. D. (1973) Geological Quadrangle Map of Dehaj 1:100000, Sheet 6950, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Elburg, M. A., Bergen, M. V., Hoogewerff, J., Foden J., Vroon, P., Zulkarnain, I. and Nasution A. (2002) Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar Strait volcanoes, Indonesia. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 66: 2771-2789.
- Fitton, J. G., James, D., Kempton, P. D., Ormerod, D. S. and Leeman, W. P. (1995) The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the western United States. *Journal of Petrology, Special lithosphere issue*: 331-349.
- Foley, S. F., Barth, M. G. and Jenner, G. A. (2000) Rutile/melt partition coefficients for trace elements and an assessment of the influence of rutile on the trace element characteristics of subduction zone magmas. *Geochemica et Cosmochimica Acta* 64: 993-938.
- Foley, S., Tiepolo, M. and Vannucci, R. (2004) Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones. *Nature* 417: 832-840.
- Ghadami, G. R., Shahre-Babaki, A. and Mortazavi, M. (2008) Post-collisional Plio-Pleistocene adakitic volcanism in Central Iranian volcanic belt: geochemical and geodynamic implications. *Journal of Sciences Islamic Republic of Iran* 19: 223-235.
- Ghasemi, A. and Talbot, C. J. (2005) A new tectonic scenario for the Sanandaj-Sirjan zone (Iran). *Journal of Asian Earth Sciences* 26:683-693.
- Gill, J. B. (1981) *Orogenic andesites and plate tectonic*. Springer, Verlag, Berlin.
- Guo, F. Nakamura, E. Fn. W. and Kobayoshi, K. Li. C. (2007) Generation of Palaeocene adakitic andesites by magma mixing: Yanji Area, NE China. *Journal of Petrology* 48: 661-692.
- Hawkesworth, C. J. Turner, S. P. Mc Dermott, F. and Calsteren, P. (1997) U-Th isotopes in arc magmas: implications for element transfer from the subducted crust. *Journal of Science* 276: 551-555.
- Irvine, T. N. and Baragar, W. R. A. (1971) A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8: 523-548.
- Jahangiri, A. (2007) Post-collisional Miocene adakitic volcanism in NW Iran: geochemical and geodynamic implications. *Journal of Asian Earth Sciences* 30: 433-447.
- Keskin, M. (2003) Magma generation by slab steeping and break-off beneath a subduction accretion complex: an alternative model for collision related volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Geophysical Research Letters* 30: 80-46.
- Kretz, R. (1983) Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277-279.
- Le Bas, M., Le maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27: 745-750.

- Moyen, J. F. (2009) High Sr/Y and La/Yb ratios: the meaning of the adakitic signature. *Lithos* 112: 556-574.
- M. Teklay Kroner, A. and Mezger, K. (2001) Geochemistry, geochronology and isotope geology of Nakfa intrusive rocks, northern thickened Neoproterozoic arc crust. *Journal of African Earth Sciences* 33(2): 283-301.
- Martin, H., Smithies, R. H., Rapp, R. P., Moyen, J. F. and Champion, D.C. (2005) An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79(1-2): 1-24.
- Nasrabad, M. (2011) Genesis of unusual mineral assemblage in the trondhjemites of Soltan Abad area (NE Sabzevar): evidences of crystallization and emplacement conditions of magma. *Petrology* 2(5): 113-132 (in Persian).
- Omrani, J., Agard, P., White church, H., Benoit, M., Prouteau, G. and Jolivet, L. (2008) Arc-magmatism and subduction history beneath the Zagros mountains, Iran: a new report of adakites and geodynamic Consequences. *Lithos* 106: 380-398.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. and Tindle, A. G. (1989) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25: 956-983.
- Peccerillo, A. and Taylor, S. R. (1976) Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58: 63-81.
- Pi-Piper, G., Piper, D. J. W. and Matarangas, D. (2002) Regional implications of geochemistry and style of emplacement of Miocene I-type diorite and granite, Delos, Cyclades, Greece. *Lithos* 60: 47-66.
- Paul, A., Kaviani, A., Hatzfeld, D., Verjane, J. R. M. and Mokhtari, M. (2006) Seismological evidence for crustal scale thrusting in the Zagros mountain belt (Iran). *Geophysical Journal International* 166: 227-237.
- Rapp, R., Yaxley, G., Norman, M. D. and Shimizu, N. (2007) Comprehensive trace element characteristics of experimental TTG and sanukitoid melts. In: *Proceeding of the 6th International Hutton Conference on the origin of granitic rocks, Stellenbosch, South Africa*.
- Schmidt, M. W., Dardon, A., Chazote, G. and Vannucci, R. (2004) The dependence of Nb and Ta rutile-melt partitioning on melt composition and Nb/Ta fractioning during subduction processes. *Earth and Planetary Science Letters* 226: 415-432.
- Stern, R. A. and Hanson, G. N. (1991) Archean high-Mg granodiorite: a derivative of light rare earth element enriched monzodiorite of mantle origin. *Journal of Petrology* 32: 201-238.
- Stern, C. R. and Kilian, R. (1996) Role of the subducted slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean austral volcanic zone. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 123: 263-281.
- Sun, S. S. and Mc Donough, W. F. (1989) Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: *Magmatism in the ocean basins* (Eds. Sandres, A. D. and Norry, M. H.) 42: 313-345. Geological Society, London.
- Vroon, P. Z., Van Bergen, M. J., White, W. M. and Varekamp, J. C. (1993) Sr-Nd-Pb isotope systematics of the Banda arc, Indonesia: combined subduction and assimilation of continental material. *Geophysical Researches* 98: 22349-22366.
- Wilson, M. (1989) *Igneous petrogenesis a global tectonic approach*. 1<sup>st</sup> edition, Unwin and Hyman London.
- Xu, J. F., Shinjo, R., Defant, M. J., Wang, Q. and Rapp, R. P. (2002) Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of China : partial melting of delaminated lower continental crust. *Journal of Geology* 30: 1111-1114.

## **Petrography and geochemistry of Mio-Pliocene volcanic masses in the north of Shahre-Babak, insight on neogene adakitic magmatism**

**Gholamreza Ghadami \*, Sara Ebadi and Mohammad Poosti**

Department of Geology, Faculty of Sciences, Hormozgan University, Bandar Abass, Iran

### **Abstract**

The Mio-Pliocene volcanic rocks are exposed in the north and the northwest of Shahre-babak (Trishkuh, Miduk and Sara masses) Kerman province. These rocks formed a part of Uromieh-Dokhtar magmatic belt and consist of andesites and dacites. The rocks studied have porphyritic texture and Phenocrysts with plagioclase, sanidine, amphibole, biotite and quartz. Based on geochemical data and multielements pattern, these rocks are medium to high K calc-alkaline suite and show LILE and LREE enriched normalized multi-element patterns, and Nb and Ti depleted. Chondrite normalized REE patterns of the studied volcanic rocks display a decrease from LREE to HREE without any Eu anomaly and formed in subduction zone in an active continental margin. They have higher SiO<sub>2</sub>, Sr content, Sr/Y and La/Yb ratios and lower MgO, Y and Yb contents in compare to those of normal calc-alkaline volcanic rocks and show characteristics of HSA (high SiO<sub>2</sub> adakites). HREE and Y depleted patterns suggest the existence of garnet and amphibole as a residue in the source. The source of these rocks was probably garnet-amphibolite possibly generated during subduction of the Neo-Tethyan oceanic slab beneath the Central Iran zone.

**Key words:** Geochemistry, Dacite-andesite, Mio-Pliocene, Adakite, Shahre-Babak, Uromieh-Dokhtar magmatic belt

---

\* ghadami@hormozgan.ac.ir