

پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی (ارومیه)، آذربایجان غربی

منیر مجرد

دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی

*m.modjarrad@urmia.ac.ir

دریافت: ۹۲/۸/۲۸ پذیرش: ۹۳/۱/۲۵

چکیده

منطقه مورد مطالعه در غرب دریاچه ارومیه (شهرستان ارومیه) می‌باشد. در این ناحیه گنبد آتشفشانی منفردی دیده می‌شود که یکی از قله‌های اصلی آن بزوداگی است. انواع محصولات پیروکلاستیک و ترم‌های اسیدی تا حدواسط در منطقه مشاهده می‌شود که داسیت‌ها غالب‌ترین ترکیب در این میان هستند. کانی‌های اصلی داسیت‌ها شامل پلاژیوکلاز و آمفیبول است که در یک متن میکرولیتی تا هیالین جا گرفته‌اند. بافت غربالی و دوباره رشد کرده پلاژیوکلازها رایج است. با مطالعات ژئوشیمی مشخص شد این سنگ‌ها از نوع داسیت بوده و سرشت کالک‌آلکان دارند. نسبت LREE/HREE در این سنگ‌ها بالاست. این سنگ‌ها از HREE, HFSE, Ta, Nb, Ti فقیر بوده و در مقابل از LILE و به ویژه Sr, K, Ba غنی می‌باشند. جایگاه تکتونیکی مرتبط با قوس و نقش مهم پوسته در تولید ماگمای مولد این سنگ‌ها از دیگر نتایج حاصله است. در واقع این اولین معرفی سنگ‌های خروجی بزوداگی به جامعه زمین‌شناسی ایران است.

واژه‌های کلیدی: ژئوشیمی، سنگ‌های آتشفشانی، بزوداگی، ارومیه.

۱- مقدمه

محدوده در مجاورت زون آتشفشانی ارومیه - دختر واقع است. از اواخر کرتاسه به بعد و در سنوزوئیک ماگماتیسم مرتبط با فرورانش به دلیل همگرایی صفحات هنگام بسته شدن اقیانوس نئوتتیس در ایران و ترکیه منجر به ظهور سنگ‌های درونی و آتشفشانی شوشونیتی و کالک‌آلکان شده است [۴].

۲- واحدهای آتشفشانی منطقه

۲-۱ سنگ‌های آتشفشانی میوسن (M^{va})

در این مجموعه سنگ‌های ولکانیک بازیک تا متوسط به صورت توده‌ای همراه با خرده‌سنگ‌های ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی منطقه که در برخی مناطق به صورت واریزه است، رخنمون دارند. جنس این سنگ‌ها آندزیت تا داسیت است. استحکام و سختی آن‌ها باعث تشکیل ارتفاعات و پرتگاه‌هایی در منطقه شده است. بطوریکه ایستگاه فرستنده‌های تلویزیونی شهید امینی در ارتفاعات آن نصب شده است. سنگ‌های این مجموعه دارای بافت پورفیری بوده و زمینه آن میکرولیت‌های پلاژیوکلاز، شیشه و آلکالی‌فلدسپار است. کانی‌های اصلی شامل پلاژیوکلازهای زونه، آمفیبول‌های شکل‌دار،

محدوده سنگ‌های آتشفشانی شرق ارومیه (بزوداگی) بین عرض‌های شمالی $37^{\circ}33'$ تا $37^{\circ}40'$ و طول‌های شرقی $45^{\circ}07'$ تا $45^{\circ}16'$ و در استان آذربایجان غربی و بسیار نزدیک به شهر ارومیه قرار گرفته است (شکل ۱). اصلی‌ترین قله این محدوده آتشفشانی با نام بزوداگی ۱۹۴۷ متر است که با عنایت به پست بودن زمین‌های اطراف قابل‌توجه می‌نماید. زمین‌های اطراف همه مزروعی و از باغات پوشیده شده است.

با توجه به ارتفاع این قله‌ها نسبت به مناطق مجاور، منطقه نظامی و نیز ایستگاه فرستنده تلویزیونی بر روی قله بزوداگی مستقر شده است. همین مسئله باعث عدم دسترسی آسان سنگ‌شناسان به ناحیه شده، بطوریکه تا کنون به جز تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ توسط سلطانی سیسی [۱]، هیچ تحقیق آکادمیکی بر روی این ولکانیک‌ها صورت نگرفته و نوشته حاضر در واقع معرفی این سنگ‌ها به جامعه زمین‌شناسی ایران است.

این ناحیه در شمال‌غرب ایران جا داشته و از دیدگاه تقسیمات واحدهای رسوبی آقناباتی [۲] جزو ایران مرکزی ارزیابی شده است. به نظر افتخارنژاد [۳] بخش غربی دریاچه در زون همدان - ارومیه قرار می‌گیرد.

قطعات کوچک تا بزرگ خوب گرد شده با ماتریکس توفی آهکی و ماسه‌سنگ دانه‌ریز تا متوسط با سیمان سست ماسه‌سنگ سیلتی، توف، توف ماسه‌ای و کنگلومرا با قطعات گدازه متوسط تا بزرگ با قطعه‌های نه چندان گرد شده است. توف‌های این واحد ارزش صنعتی داشته و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. تحقیق حاضر فقط بر روی واحد آتشفشانی میوسن انجام شده است.

۳- روش مطالعه

با هدف کسب اطلاعات از ترکیب شیمیایی سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی ارومیه پس از بررسی میکروسکوپی ۳۵ مقطع نازک، تعداد ۲۰ نمونه از این سنگ‌ها مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. تجزیه برای ۱۵ نمونه به روش ICP-MS در آزمایشگاه زرکوان البرز صورت گرفت و ۵ نمونه معرف برای دستیابی به اکسید عناصر اصلی به ویژه سیلیس در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کشور مورد تجزیه XRF قرار گرفت. نتایج کامل تجزیه نمونه‌ها در متن آمده است (جدول ۱).

پیروکسن و بیوتیت بوده و دارای کانی‌های ثانوی سرسیت، اکسید آهن و کربنات است.

۲-۲ برش‌های آتشفشانی میوسن (M^{vbr})

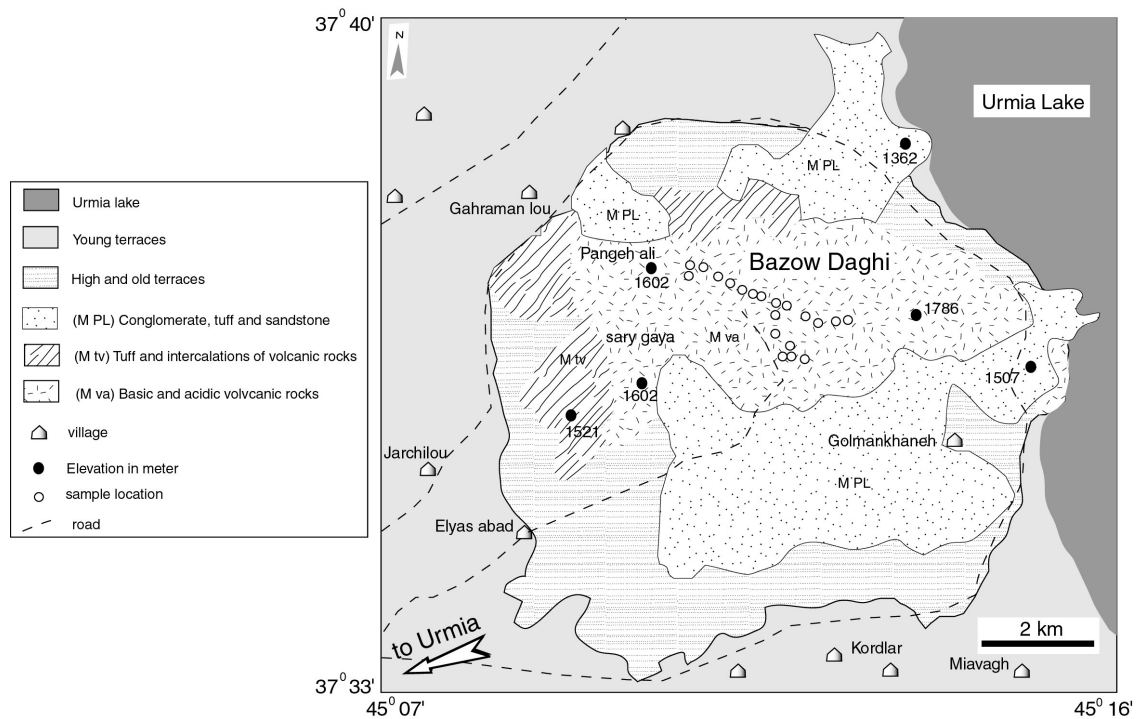
این واحد زیر مجموعه سنگ‌های بند بالاست و شامل رخنمون برشی شده است که قطعات آن از گدازه‌های آندزیتی و مشابه آن و زمینه مواد آتشفشانی است (شکل ۱).

۲-۳ پیروکلاستیک‌های میوسن (M^{tv})

گستره این واحد در محدوده غرب گل‌مانخانه بوده و از نظر لیتولوژی شامل توف، توف ماسه‌ای، مارن، خاکستر آتشفشانی، ماسه‌سنگ آهکی میکرواسپارایتی، کنگلومرا با قطعات گرد شده با میان لایه‌هایی از نوع داسیت، آندزیت داسیتی با بافت پورفیری است. در حد فاصل الیاس‌آباد و قهرمانلو در تداخل مارن‌ها در حد قابل توجهی گچ و آراگونیت وجود دارد که استخراج می‌شود. در محل همبری توف با سنگ‌های ولکانیک پدیده سیلیسی شدن رخ داده که بویژه در جنوب قهرمانلو قابل مشاهده است.

۲-۴ کنگلومراهای توفی میوسن - پلیوسن (M^{pl})

این تشکیلات بر روی پیروکلاستیک‌های میوسن قرار گرفته و لایه‌بندی آن از قدیم به جدید شامل کنگلومرا با



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، اقتباس از [۱] به همراه موقعیت نمونه‌برداری و روستاهای مجاور.

جدول ۱. نتایج آنالیز اکسید عناصر اصلی بر روی سنگ‌های منطقه بزوداگی. نمونه‌هایی که با علامت * مشخص شده‌اند به روش XRF و بقیه نمونه‌ها به روش ICP مورد تجزیه قرار گرفته‌اند.

	B1	B4	B6	B7	B10	B11	B12	B14	B16	B17
SiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	0.325	0.334	0.293	0.31	0.31	0.33	0.30	0.33	0.32	0.41
Al ₂ O ₃	12.47	12.27	13.42	11.74	11.85	11.83	11.96	11.42	10.19	12.27
FeO ^۱	3.17	3.25	3.02	2.93	3.02	3.10	2.94	3.23	3.04	3.74
MnO	0.061	0.064	0.052	0.06	0.06	0.06	0.06	0.064	0.061	0.062
MgO	1.195	1.28	1.25	1.13	1.18	1.21	1.16	1.195	1.05	1.59
CaO	3.40	3.29	3.56	3.12	3.28	3.19	3.16	3.23	3.36	4.02
Na ₂ O	4.58	4.46	4.83	4.52	4.46	4.41	4.27	4.40	4.51	4.67
K ₂ O	2.76	2.92	2.7	2.7	2.81	2.79	2.77	2.94	2.76	2.55
P ₂ O ₅	0.17	0.17	0.20	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.15	0.21
LOI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	B24	B25	B30	B31	B33	B3*	B5*	B40*	B41*	B18*
SiO ₂	-	-	-	-	-	69.7	70.1	70.5	69.4	69.6
TiO ₂	0.30	0.32	0.31	0.35	0.32	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Al ₂ O ₃	13.76	11.93	9.54	12.85	12.13	14.6	15.0	15.0	14.8	16.5
FeO ^۱	3.02	2.98	2.86	3.26	3.06	2.9	2.8	2.6	2.7	2.5
MnO	0.054	0.062	0.046	0.064	0.061	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
MgO	1.15	1.195	0.65	1.24	1.23	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8
CaO	3.43	3.15	2.46	3.39	3.29	3.6	3.3	3.2	3.9	3.6
Na ₂ O	4.87	4.49	4.35	4.48	4.50	2.9	3.2	3.1	3.0	3.8
K ₂ O	2.59	2.76	2.94	2.87	2.83	2.5	2.4	2.5	2.3	2.0
P ₂ O ₅	0.20	0.15	0.13	0.20	0.17	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
LOI	-	-	-	-	-	2.00	1.66	1.58	2.15	0.43
Total	-	-	-	-	-	99.7	99.86	99.98	99.55	99.83

۴- بحث و بررسی

۴-۱ پتروگرافی

در نمونه دستی رنگ نمونه‌ها از سفید تا صورتی روشن در تغییر است. در اغلب نمونه‌ها بافت پورفیریتیک دیده می‌شود که فنوکریست‌ها از نوع آمفیبول‌های منشوری، پلاژیوکلازهای زونه و به ندرت بیوتیت هستند. وجود قطرک‌های شیشه و حالت خوردگی پلاژیوکلازها جلب توجه می‌کند (شکل ۲a-d).

حالت زونه و تحلیلی رفتگی بلورها (۲a,b) نشانگر شرایط ناپایدار تبلور بوده و یا در اثر صعود سریع ماگما [۵] و یا فرایندهای آلیش و هضم به وجود آمده است [۶].

پتروگرافی سنگ‌های مورد مطالعه آن‌ها را از نوع آندزیت تا هورنبلند داسیت معرفی می‌کند.

۴-۲ ژئوشیمی سنگ کل

۴-۲-۱ عناصر اصلی

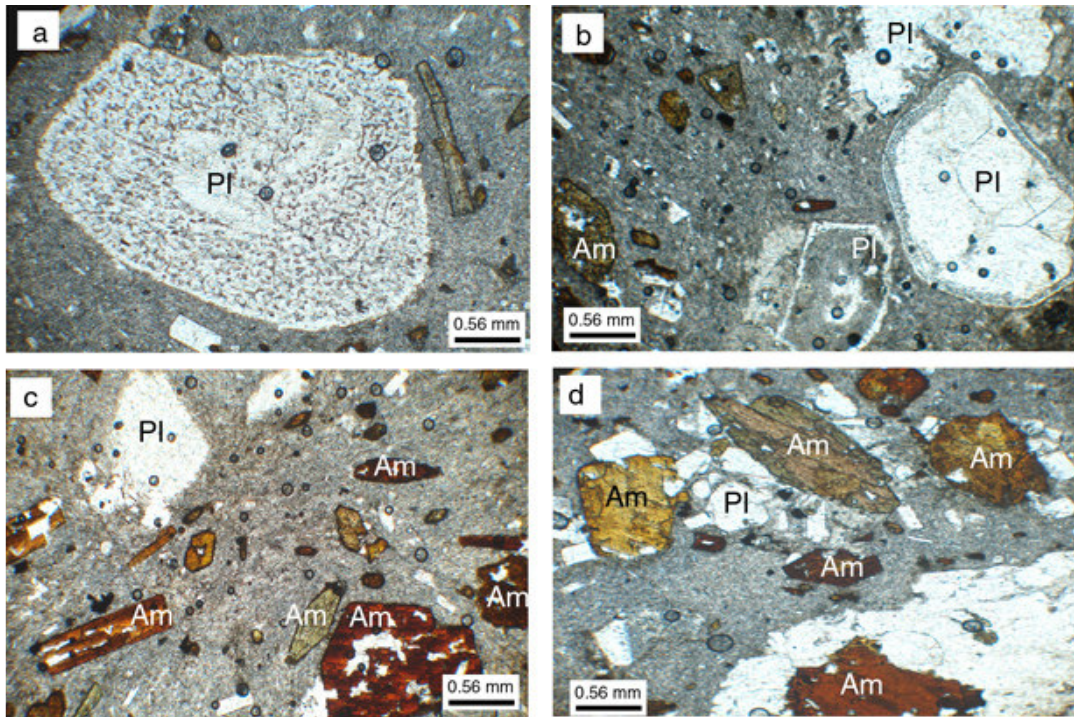
سنگ‌های خروجی منطقه بزوداگی ارومیه دارای حدود ۷۰٪ سیلیس، ۱٪ اکسید منیزیم و ۳٪ اکسید آهن کل هستند. سنگ‌های مورد مطالعه در طبقه‌بندی مجموع آلکالی در برابر سیلیس همگی در محدوده داسیت (شکل ۳) قرار گرفته‌اند [۷]. بر اساس نمودار سه تایی موسوم به AFM از [۸] نیز نمونه‌ها در محدوده داسیت معرفی شده‌اند. هم‌چنین بر پایه نمودارهای دوتایی [۸] و سه تایی [۹] سرشت سنگ‌های آتشفشانی مذکور از نوع کالک- آلکالن (با پتاسیم متوسط) ارزیابی شده است (شکل ۴).

۴-۲-۲ عناصر جزئی

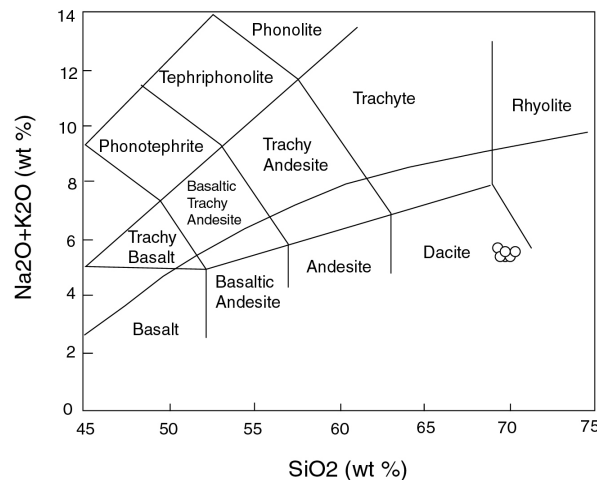
تعداد ۱۵ نمونه از سنگ‌های خروجی منطقه بزوداگی از نظر فراوانی عناصر جزئی مورد تجزیه توسط دستگاه ICP

(شکل ۶). نتیجه یک الگوی بسیار تفریق یافته و دارای نسبت LREE/HREE بالا بود. در این نمودار مشخص شد سنگ‌های مورد بحث تقریباً از HREE تهی هستند. این مطلب می‌تواند در تعیین عمق منشاء مفید باشد (باقی ماندن گارنت به عنوان جمع‌کننده این عناصر در تفاله). همچنین این شاید معرف یک نوع ماگمای ویژه (احتمالاً آداکیتی) برای این سنگ‌ها باشد. اثبات این مطلب نیازمند مطالعه بیش‌تری است.

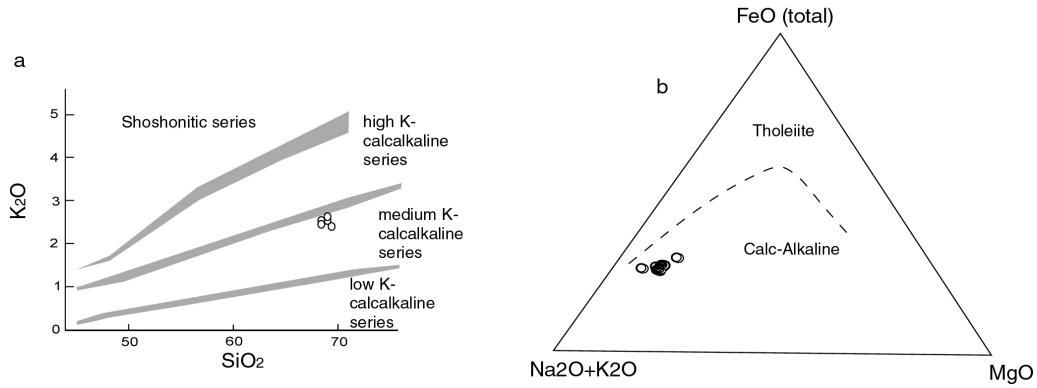
قرار گرفتند. نتایج آن در جدول ۱ آمده است. برای مشخص کردن اصلی‌ترین کانی‌های تفکیک شده از ماگما از نمودارهای دوتایی استفاده شد (شکل ۵). با استفاده از نسبت بین دو عنصر Zr, Y تفکیک آمفیبول و از نسبت Ba, Sr تفکیک پلاژیوکلاز نتیجه می‌شود که مطالعات پتروگرافی آنرا تایید می‌کند.
۲-۳-۴ عناصر نادر خاکی
به منظور مطالعه رفتار عناصر نادر خاکی اقدام به ترسیم نمودار این عناصر هنجار شده نسبت به گوشته اولیه شد



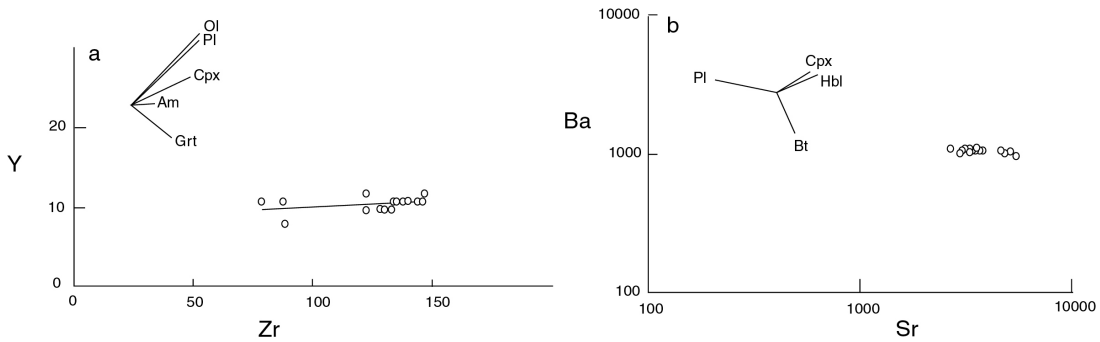
شکل ۲. تصاویر مقاطع میکروسکوپی از سنگ‌های خروجی منطقه. در تصاویر a, b پلاژیوکلازهای زونه و خورده شده در متن شیشه‌ای یا ریزدانه و در تصاویر c, d آمفیبول‌های منشوری در کنار پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود. همه تصاویر در حالت نور ساده تهیه شده‌اند.



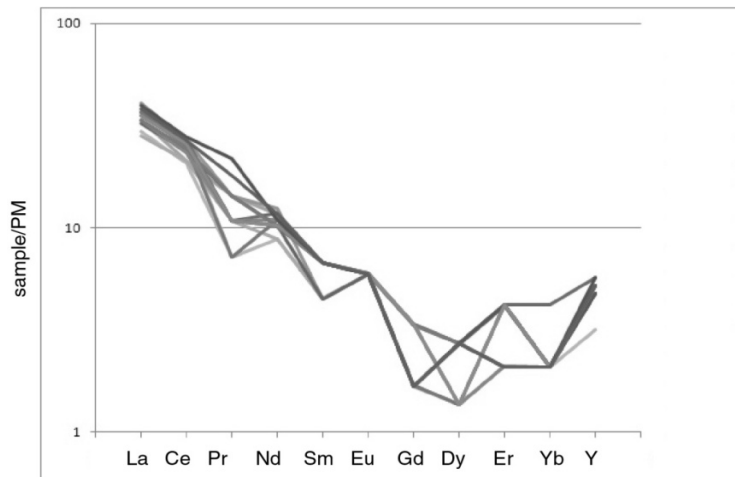
شکل ۳. طبقه‌بندی سنگ‌های خروجی منطقه با استفاده از نمودار ارائه شده توسط [۷]. همه نمونه‌ها در محدوده داسیت قرار گرفته‌اند.



شکل ۴. تعیین سری سنگ‌های آتشفشانی منطقه با استفاده از عناصر اصلی. a نمودار دوتایی [۸] و b نمودار مثلثی [۹]. در هر دو مورد نمونه‌ها در محدوده کالک‌آلکالن (با پتاسیم متوسط) قرار گرفته‌اند.



شکل ۵. نمودار تعیین اصلی‌ترین کانی تفریق شده از ماگمای مولد سنگ‌ها، مسیر تفریق کانی‌ها در a از [۱۰] و در b از [۱۱] و [۱۲] اقتباس شده است. از نمودار اول تفریق آمفیبول و از نمودار دوم تفریق پلاژیوکلاز نتیجه می‌شود.



شکل ۶. الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی نمونه‌ها مورد مطالعه. مقادیر هنجار سازی از [۱۳] گرفته شده است. به تشابه رفتار نمونه‌های مختلف در الگوها توجه شود.

Sr, K, Ba, Th, Sm و غنی‌شدگی از Pr, Hf, Zr, HREE واضح است. این نشان‌دهنده تهی‌شدگی از TNT, HFSE, HREE در مقابل غنی‌شدگی از LILE می‌باشد. این رفتار داسیت‌های مرتبط با قوس است که با پوسته آرایش شدید داشته‌اند.

۴-۲-۴ نمودارهای عنکبوتی

هم‌چنین برای بررسی نسبت بین عناصر جزئی و چند عنصر نادر خاکی نمودار عنکبوتی هنجار شده به گوشته اولیه برای نمونه‌ها رسم شد (شکل ۷). در این نمودار تهی‌شدگی سنگ‌های آتشفشانی منطقه از Nb, Ta, Pb

۴-۲-۵ تفسیر

غنی‌شدگی از U, Th در نمودار عنکبوتی نشانه اضافه شدن رسوبات پلاژیک و یا پوسته اقیانوسی دگرسان شده به منبع ذوب‌شدگی است [۱۵]. پایین بودن مقادیر فسفر ناشی از تبلور تفریقی آپاتیت می‌باشد. بالا بودن نسبت LILE/HFSE در ولکانیک‌ها معرف مناطق کمان و در نتیجه ورود LILE موجود در صفحه فرورونده به درون گوه گوشته‌ای است. فرورانش نقش مؤثری در این افزایش دارد [۱۶ و ۱۷]. بالا بودن نسبت LREE/HREE و نسبت LILE/HFSE نشانگر علائم فرورانش است [۱۸ و ۱۹]. نبود آنومالی منفی از Eu به دلیل عدم حضور پلاژیوکلاز در فاز باقی‌مانده و یا فوگاسیته بالای اکسیژن است که ورود ترجیحی Eu با ظرفیت‌های مختلف به ساختمان کانی را کنترل می‌کند. تهی‌شدگی از HFSE نسبت به LILE ناشی از تاثیر سیال‌ها یا مواد مذاب حاصل از اسلب فرورونده اقیانوسی به گوشته زیر قاره‌ای در ناحیه کمان است [۲۰]. چرا که عناصر LILE در دما و فشار بالا به آسانی در سیال‌های آبدار حل شده و انتقال می‌یابند [۲۱]. در حالی که انحلال‌پذیری HFSE در سیال‌های آبدار پایین است [۲۲]. این امر باعث غنی‌شدگی گوه گوشته از LILE/HFSE در حین ذوب بر اثر متاسوماتیسم سیال می‌شود [۲۳].

۳-۴ محیط تکتونیکی

جهت ارزیابی جایگاه تکتونیکی تولید ماگما از نمودارهای اکسید عناصر اصلی و عناصر جزئی استفاده شد (شکل ۸). بر این اساس نمونه‌ها همگی در محدوده‌های مربوط به قوس و در موقعیت برخوردی قرار گرفته‌اند. تعداد اندکی از نمودارهای متمایز کننده تکتونیکی بر اساس عناصر اصلی طراحی شده‌اند. نمودار مولر و گروز

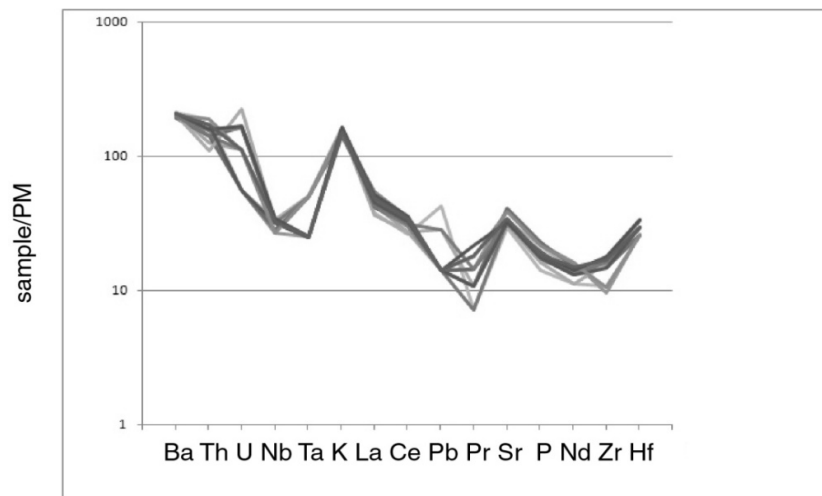
[۲۴] از این دسته است که سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی را متعلق به محیط قوس ولکانیکی و نه درون صفحه‌ای تعیین کرده است. سایر نمودارها هم داسیت‌های بزوداگی را مربوط به زون فرورانشی ارزیابی کرده است (شکل ۸).

۴-۴ منشأ ماگما

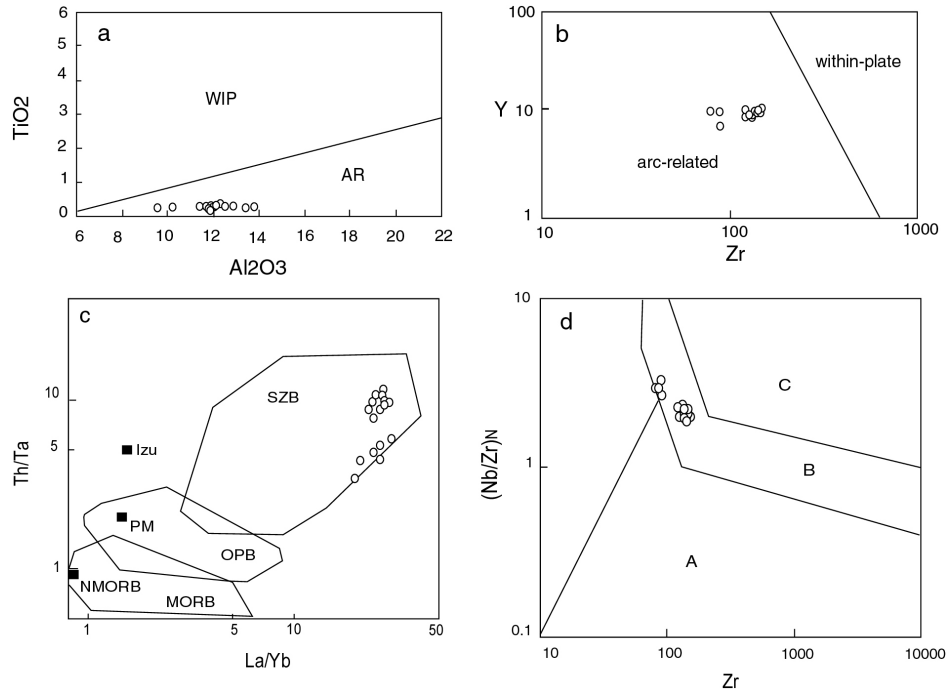
با استفاده از نمودارهای Th/La vs. Th و نیز Nb/Ta vs. Nb مشخص شد که ترکیب پوسته فوقانی نقش کلیدی در ماگمای مولد سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی ارومیه داشته است (شکل ۹).

ماگماتیسیم شمال‌غرب ایران و آذربایجان و شرق آناتولی سرگذشت زمین‌شناسی و محیط زمین‌ساختی مشابهی را در پلیو-کواترنری داشته‌اند.

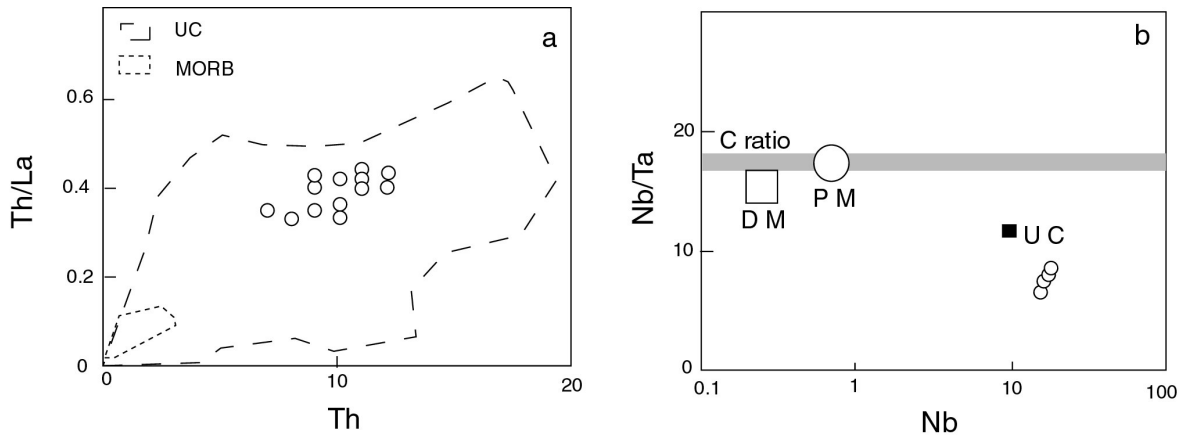
در این دوره شمال‌غرب ایران و شرق ترکیه، فلات مرتفعی را تشکیل می‌داده‌اند و در اثر برخورد و ادامه همگرایی تخته‌گاه عربی -اوراسیایی، کوتاه‌شدگی، ضخیم‌شدگی و بالا آمدگی پوسته‌ای شاخصی در اثر کاهش ناگهانی فشار پدید آمده و با شکستگی‌ها و گسل‌های راستای لغزش عمیق، ذوب بخشی در گوشته استنوسفری شروع شده و ماگماتیسیم قلیایی بازی پلیو-کواترنری آذربایجان و شمال‌غرب ایران شکل گرفته است [۲۸]. به احتمال زیاد ولکانیسم بزوداگی نیز در همین راستا و در محدوده قوس لیکن پس از برخورد اصلی و در مرحله استراحت و بالا آمدگی پوسته پدید آمده است. با عنایت به نقش پر رنگ پوسته فوقانی در ترکیب ماگمای بزوداگی این مسئله بیش‌تر قوت می‌گیرد. با توجه به پراکالان و کومندیتی بودن سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه که خاص نواحی ریفتی بالا آمده می‌باشد (به مقدمه رجوع شود) نیز این توجیه منطقی به نظر می‌رسد.



شکل ۷. نمودار عنکبوتی سنگ‌های آتشفشانی منطقه. مقادیر هنجارسازی از [۱۴] گرفته شده است.



شکل ۸. نمودارهای a, b, c از [۲۴] برای تعیین محیط تکتونیکی سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی که در آن‌ها همه نمونه‌ها در محدوده مرتبط با قوس ولکانیکی قرار گرفته‌اند. نمودار نسبت Th/Ta در برابر La/Yb که در آن نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده فرورانش قرار گرفته‌اند. نمودار ارائه شده توسط [۲۵] که در آن محدوده A معرف زون فرورانشی، B زون برخوردی و C سنگ‌های آکالن درون صفحه‌ای است.



شکل ۹. نمودار تعیین منشأ و بررسی احتمال آرایش با سنگ‌های پوسته برای نمونه‌های مورد مطالعه. نمودار a از [۲۶] و نمودار b از [۲۷] گرفته شده است. نقش مهم پوسته فوقانی قابل درک است.

نتیجه‌گیری

شوشونیتی می‌باشد. الگوی REE داسیت‌های بزوداگی بسیار تفریق‌یافته و دارای نسبت بالای LREE/HREE می‌باشد. در نمودار عنکبوتی سنگ‌های آتشفشانی بزوداگی تهی‌شدگی از HFSE, TNT و غنی‌شدگی از LILE مشاهده شد. این نشانه آرایش با پوسته است. جایگاه تکتونیکی مرتبط با قوس ولکانیکی (پس از برخورد) برای نمونه‌های مورد مطالعه تعیین شد.

سنگ‌های آتشفشانی منطقه بزوداگی ارومیه از نوع داسیت تا آندزیت ارزیابی شدند. کانی‌های اصلی این سنگ‌ها شامل پلاژیوکلاز و آمفیبول در متن شیشه‌ای تا ریز دانه است. پلاژیوکلازها منطقه‌بندی و خوردگی نشان داده و در آن‌ها ادخال‌های شیشه مشاهده شد. تجزیه شیمیایی ۱۵ نمونه معرف نشان داد، سرشت داسیت‌های بزوداگی کالک‌آکالن با پتاسیم متوسط تا بالا و

جدول ۲. نتایج آنالیز عناصر جزئی و نادر خاکی از سنگ‌های منطقه بزوداگی. همه نمونه‌ها به روش ICP مورد تجزیه قرار گرفته‌اند.

	B1	B4	B6	B7	B10	B11	B12	B14	B16	B17	B24	B25	B30	B31	B33
Ba	1062	1053	1034	1062	1023	1059	1021	1043	1030	982	1022	1059	1069	1059	1072
Sr	612	572	690	574	583	565	578	556	550	736	711	574	518	594	588
Y	11	12	11	10	11	11	10	11	10	12	11	10	8	11	11
Zr	139	148	88	123	136	135	134	145	131	123	79	129	89	147	141
Nb	18	19	15	18	18	18	18	19	18	16	15	19	19	19	19
Th	11	10	12	11	10	10	9	9	7	9	10	8	9	11	12
Pb	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1
Ga	14	14	15	14	16	15	14	14	14	14	15	14	14	15	15
Zn	81	24	23	25	26	22	16	22	32	26	20	23	38	36	28
Cu	1	1	1	3	1	1	1	1	4	2	1	1	2	30	2
Ni	10	9	11	10	9	6	9	8	11	9	13	10	13	11	9
V	53	52	45	44	49	49	47	52	50	66	46	45	49	53	50
Hf	8	9	7	8	8	8	7	9	8	7	7	8	7	8	8
Ta	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1
Co	5	5	6	5	5	5	5	6	5	7	5	5	6	6	5
U	2	3	2	1	3	3	2	3	4	1	1	2	3	2	1
W	3	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1
Sn	2	6	7	12	3	1	1	7	6	7	1	1	1	7	1
Mo	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2
Cr	39	34	34	36	39	21	19	24	34	41	35	22	41	44	36
Ag	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1
La	27	28	30	25	24	24	26	23	20	26	29	24	21	26	27
Ce	49	51	51	47	45	43	46	44	39	49	49	39	38	46	49
Pr	5	6	5	3	4	3	2	4	3	3	4	4	2	3	2
Nd	16	15	17	14	14	15	15	14	12	16	17	16	12	15	15
Sm	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	3	3
Eu	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gd	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2
Dy	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2
Er	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2
Yb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1

قدردانی

این مقاله حاصل از اجرای طرح پژوهشی با استفاده از گرنت پژوهشی نویسنده و با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه می‌باشد. از هیات تحریریه و داوران محترم نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی سپاسگزارم. هم‌چنین بر خود فرض می‌دانم از استاد فقیدم جناب آقای دکتر عامری (دانشگاه تبریز) که بخش وسیعی از آموخته‌هایم از علم پترولوژی ولکانیک‌ها از ایشان است، قدردانی نموده و از خدای بزرگ برای ایشان خواستار رحمت و مغفرت باشم.

منابع

[۱] سلطانی سیسی غ. ع (۱۳۸۵) ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ارومیه. سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۵۰۶۵.

[۲] آقائباتی ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین

شناسی کشور، ۵۸۶ صفحه.

[۳] افتخار نژاد، ج (۱۳۵۹) تفکیک بخش‌های مختلف ایران از

نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه رسوبی. نشریه

انجمن نفت، شماره ۸۲، ص ۲۸.

[۴] اعلی‌نیا ز.، کریم‌پور م.، ح.، همام م.، فینگر ف (۱۳۹۲)

پترولوژی، ژئوشیمی و کانی‌سازی سنگ‌های آتشفشانی

ترشیری و توده‌های نفوذی و نیمه نفوذی همراه آن‌ها در

منطقه ارغش- قاسم آباد (شمال‌شرق ایران) با گرایش

ویژه به سن و منشأ گرانیت‌ها. نشریه زمین‌شناسی

اقتصادی، ۱ (۵): ۲۲-۱.

[۵] عامل ن.، مؤید م.، عامری ع.، وثوقی عابدینی م.، مؤذن م

(۱۳۸۷) سنگ‌زایی بازالت‌های پلیوکواترنری آذربایجان

(شمال‌غرب ایران) و مقایسه آن‌ها با بازالت‌های مشابه در

- Journal of Geological Society of London, 141: 453-472.
- [18] Saunders A. D., Tarnery J. and Weaver D (1980) Transverse geochemical variations across the Antractic Peninsula: Implications for the genesis of calcalkaline magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 46: 334-360.
- [19] Zanetti A., Mazzucchelli M., Rivalenti G. and Vannuci R (1999) The Finero phlogopite-peridotite massif: An example of subduction-related metasomatism. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134: 107-122.
- [20] Winter J. D (2001) *An introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- [21] Hermann J., Spandler C., Hack A. and Korsakov A. V (2006) Aqueous fluids and hydrous melts in high-pressure and ultra-high pressure rocks: Implications for element transfer in subduction zones. *Lithos*, 92: 399-417.
- [22] Tatsumi Y. and Eggins S (1995) *Subduction Zone Magmatism*. Blackwell Publishing, Oxford.
- [23] Tatsumi Y., Hamilton D. L. and Nesbitt R. W (1986) Chemical characteristics of fluid phase released from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: Evidence from high pressure experimental natural rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 29: 239-309.
- [24] Green N. L (2006) Influence of slab thermal structure on basalt source regions and melting conditions: REE and HFSE constraints from Garibaldi volcanic belt, northern Cascadia subduction system. *Lithos*, 87: 23-49.
- [25] Muller D., Groves D.I (1991) Direct and indirect associations between potassic igneous rocks, shoshonites and gold-copper deposits. *Ore Geology Review*, 8: 383-406.
- [26] Thieblemont D., Tegye M (1994) Une discrimination geochimique des roches differenciees temoni de la diversite d origines et de situation tectonique des magmas calcoalcalins. *Comptes Rendus Academic Sciences*, 319: 87-94.
- [27] Plank T (2005) Constraints from Thorium/Lanthanum on sediment recycling at subduction zones and the evolution of the continents. *Journal of Petrology* 46 (5): 921-944.
- [28] Rudnick R.L., Barth M.G., Horn I., McDonough W.F (2000) Rutile-bearing refractory eclogites: missing link between continents and depleted mantle. *Science*, 287:278-281.
- شرق ترکیه. مجله کانی‌شناسی و بلورشناسی ایران، سال شانزدهم، شماره ۲، ص ۳۲۷-۳۴۰.
- [6] Blatt, H. and Tracy, R (1995) *Petrology: Igneous, Sedimentary and metamorphic*. W. H., Freeman book Company, New York.
- [7] Mc Birney A. R (2007) *Igneous petrology*. 3rd edition, Jones and Bartlett Learning, Burlington, Canada.
- [8] Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zannetin, B (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27: 745-750.
- [9] Rickwood P.C (1989) Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, 22: 247-263.
- [10] Irvine T. N. and Baragar W. R. A (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- [11] Pearce J. A., Norry M. J (1979) Coetrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69: 33-47.
- [12] Kim J., Cho M (2003) Low-pressure metamorphism and leucogranite magmatism, NE Yeongnam Massif, Korea. *Precambrian Research*, 122: 235-251.
- [13] Arslan M., Aslan Z (2006) Mineralogy, petrology and whole-rock geochemistry of the tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 177-193.
- [14] Sun S. S., McDonough W. F (1989) Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A.D. Norry M.J. (eds), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society, London, Special Publications, 142: 313-345.
- [15] Taylor S. R., McLennan S. M (1981) The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Phil Trans R Soc*, 301: 381-399.
- [16] Fan W. M., Gue F., Wang Y. J and Lin G (2003) Late Mesozoic calc-alkaline volcanism of postorogenic extension in the northern Da Hinggan Mountains, northeastern China. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 121: 115-135.
- [17] Hole M. J., Saunders A. D., Marriner, G. F. and Tarney J (1984) Subduction of pelagic sediments: Implication for the origin of Ceanomalous basalts from Alexander Islands.