



IRANIAN SOCIETY of
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

Vol. 16, No. 2, summer 1387/2008

IRANIAN JOURNAL of
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

Petrogenesis of Plio-Quaternary basalts in Azerbaijan, NW Iran and comparisons them with similar basalts in the east of Turkey

N. Amel¹, M. Moayyed¹, A. Ameri¹, M. Vosoghi Abedini², M. Moazzen¹

1-Department of Geology, University of Tabriz, , Iran.

2-Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University , Tehran, Iran.

Email: amel@tabrizu.ac.ir

(Received: 23/4/2007, in revised form: 19/4/2008)

Abstract: The Plio-Quaternary volcanic eruptions have made basaltic lavas in NW Iran and Azerbaijan. Basaltic lavas with prismatic structure cover the Plio-Pliocene volcano-sedimentary or Quaternary alluviums. The studied regions are situated in Azerbaijan provinces in areas of Monnavar, Herris, Ahar, Kaleibar, Mahabad, Salmas, Maku, Marand, Sarab and Zunuz. The studied sample rocks are olivine basalt, trachy basalt and basaltic andesite. These rocks have microlithic porphyritic vesicular, hyallic microlithic vesicular porphyry and doleritic textures in thin sections. On the basis of chemical analysis, magma that has formed the rocks had alkaline nature with a $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$ ratio. The tectonic environment for the samples in discriminant diagrams is post collisional volcanic arc setting. The study of Rare earth elements patterns in diagrams show that, common dip of variations have descending trend and indicate basaltic rocks enriched in LREE and depleted in HREE. Other features of the diagrams are small negative anomaly for Eu, Ta, Nb and distinct positive anomaly for U, Th, La, Rb, Ba, and Cs. The study of rare earth elements patterns display that magma originated from an enriched asthenospheric mantle with garnet in source.

Keywords: Basaltic eruptions, Azerbaijan, Plio-Quaternary basalts, Alkali olivine basalts



سنگ‌زایی بازالت‌های پلیو - کواترنری آذربایجان (شمال غرب ایران) و مقایسه آنها با بازالت‌های مشابه در شرق ترکیه

نصیر عامل^۱، محسن مؤید^۱، علی عامری^۱، منصور وثوقی عابدینی^۲، محسن مؤذن^۱

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز- کد پستی ۵۱۶۶۴

۲- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

E-mail: amel@tabrizu.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۲/۳ ، نسخه نهایی: ۱۳۸۷/۱/۳۱)

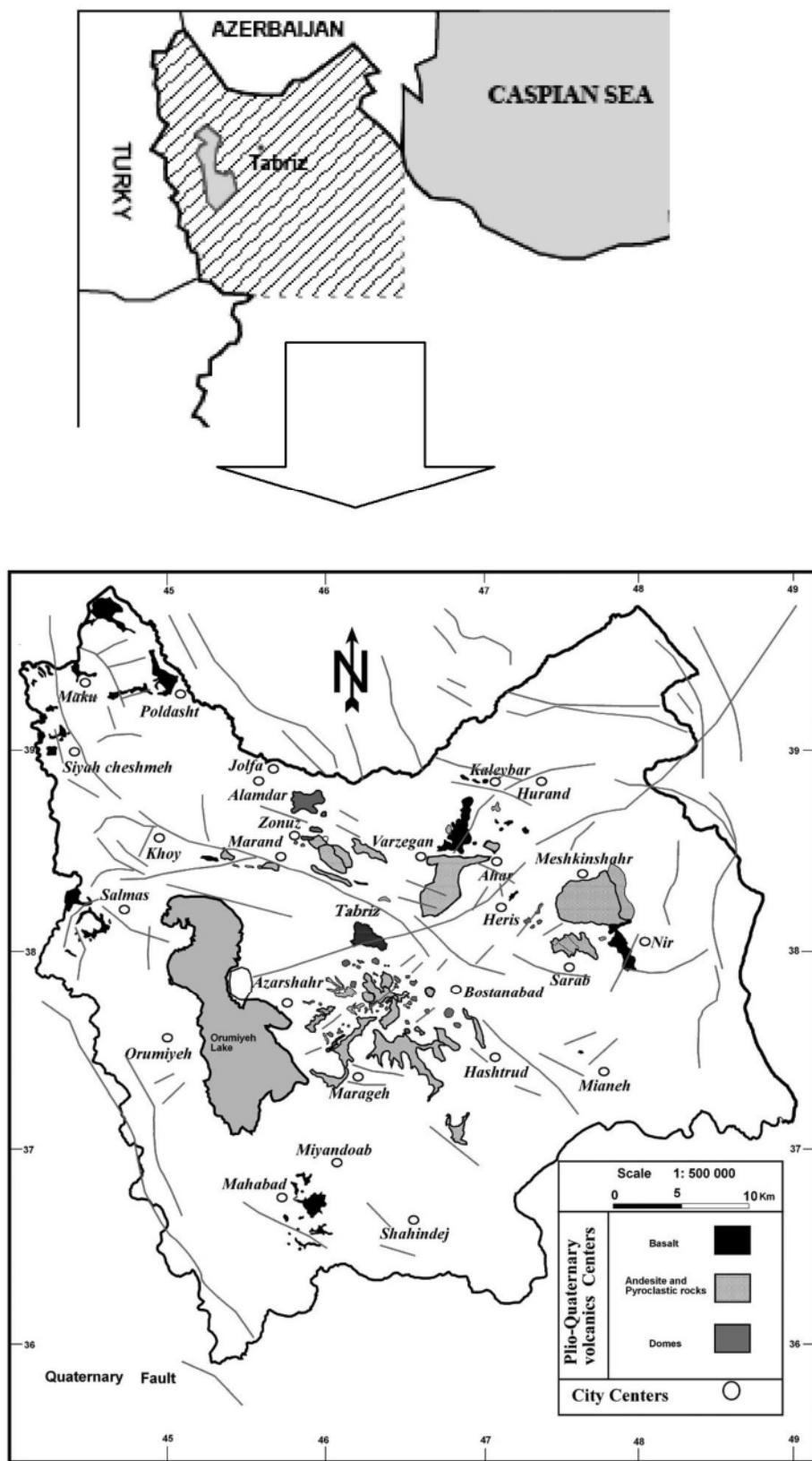
چکیده: فورانهای آتشفسانی با سن پلیو-کواترنری در آذربایجان و شمال غرب ایران با خروج گدازه‌های بازالتی همراه بوده‌اند. گدازه‌های بازالتی با ساخت منشوری واحدهای آذراواری پلیو-پلیوستوسن و ته نشستهای آبرفتی را پوشانده‌اند. مناطق مورد مطالعه واقع در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی عبارتند از: منطقه منور در شمال تبریز، هریس، اهر، کلیبر، مهاباد، سلماس، ماکو، مرند (کشکسرای)، سراب، و زنجوز. واحدهای سنگی مورد مطالعه عبارتند از الیوین‌بازالت، تراکی‌بازالت و بازالت‌های آندزیتی. در مقاطع میکروسکوپی، بافت میکرولیتیک پورفیری، هیالومیکرولیتیک پورفیری حفره‌دار و دولریتی دارند. بر پایه نتایج آنالیزهای شیمیائی، مآگمای تشکیل دهنده سنگها دارای ماهیت قلیایی به نسبت $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 1$ است. محیط زمین‌ساختی نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای مورد استفاده در گستره قوس‌های آتشفسانی که پس از برخورد بوجود آمداند قرار می‌گیرند. بررسی الگوهای عناصر کمیاب خاکی برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که شیب عمومی تغییرات دارای روند نزولی است و نشانگر غنی شدگی سنگهای بازالتی از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) و نهی شدگی از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) است. از بی‌نهجری‌های دیگر در نمودارها، ناهجری منفی ضعیف عبارتند از Nb، Ta، Eu، La، Th، U، Cs، Ba، Rb، است. بررسی الگوهای پراکنده‌ی عناصر نادر خاکی، نشان دهنده تشکیل مآگما از یک خاستگاه گوشه‌ای استنوسفری (گارنت لرزولیت) است.

واژه‌های کلیدی: فورانهای بازالتی، آذربایجان، بازالت‌های پلیو - کواترنر، قلیایی الیوین بازالت.

ساز و کار مهم شامل نرخ کم ذوب سنگ خاستگاه (لرزولیت گارنت‌دار)، و یا ذوب بخشی گوشه‌ی دگرنهادی ایجاد شود [۱]. واحدهای آتشفسانی بازالتی در مناطق مورد مطالعه در شمال غرب ایران و استانهای آذربایجان شرقی و غربی واقع شده و با توجه به شواهد چینه‌ای، سن پلیو - کواترنر دارند (شکل ۱). مناطق مورد مطالعه عبارتند از: ۱) ماکو و مناطق اطراف آن، ۲) منطقه جنوب شرق مرند (کشکسرای)، ۳) شمال تبریز (منور و سهرل)، ۴) منطقه هریس (خشکناب)، ۵) اهر -

مقدمه

سیر تکوین و دگرگونی مآگماهای آلکالن بازی می‌تواند از دیدگاه‌های مختلف بررسی شود. گدازه‌های بازالتی در محیط‌های مختلف زمین‌ساختی و از ذوب بخشی سنگ با خاستگاه‌های گوشه‌ای، و با ترکیبات مختلف در شرایط متفاوت ترمودینامیکی ایجاد می‌شوند. گوشه‌ی فوقانی خاستگاه انواع مآگماهای بازیک است. ایجاد مآگماهای قلیایی از ذوب گوشه در اعمق زیاد امکان پذیر است. در برخی موارد محل خاستگاه مآگماهای قلیایی (مانند بخش‌های دگرنهادی گوشه) غنی شده است. ماهیت قلیایی مآگماهای بازی می‌تواند با دو



شکل ۱ موقعیت واحدهای آتشفشاری بازلتی پلیو-کواترنر در آذربایجان شرقی و غربی (شمال‌غرب ایران) همراه با موقعیت گسل‌های جوان. گسل‌ها از نقشه ۱:۵۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور به نقشه تهیه شده اضافه شده است.

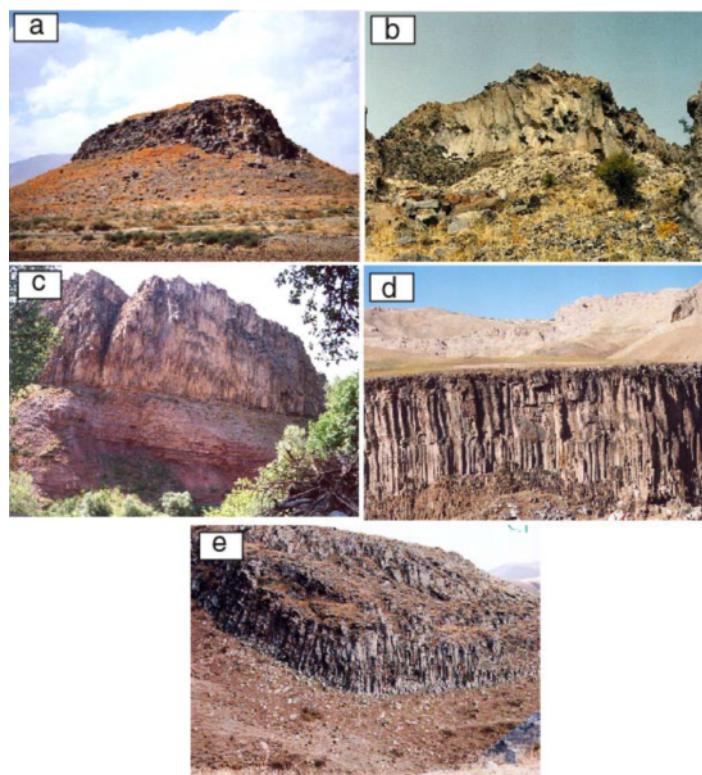
نمونه سنگی جمع آوری شد و مقاطع نازک آنها مورد مطالعه قرار گرفتند، و پس از بررسیهای سنگ‌شناختی تعداد ۲۸ نمونه سنگی نادگرسان انتخاب و به منظور تهیه تجزیه‌های شیمیائی ALS Chemex و ICP-MS و XRF به شرکت ALS Canada ارسال شدند (جدول ۱).

سنگ شناسی

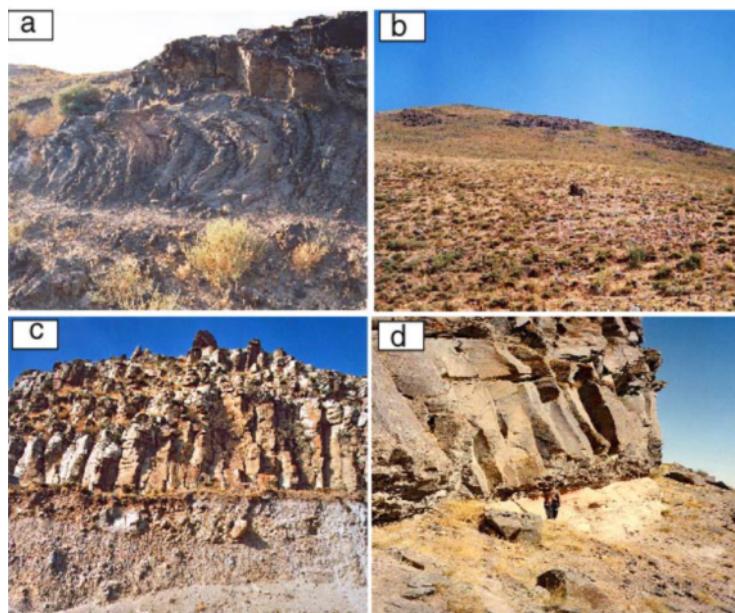
نمونه‌های بازالتی مورد مطالعه در مقاطع میکروسکوپی به دو دسته تقسیم می‌شوند، ۱) اولیوین بازالت‌ها ۲) پیروکسن بازالت‌ها. در دسته اول درشت بلورهای از الیوینهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار به اندازه ۰/۲ تا ۱/۷ میلیمتر در یک متن میکرولیتی پورفیری متشکل از پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، کانیهای تیره و یا شیشه قرار دارند. در برخی از نمونه‌های الیوین به ایدینگسیت و بولنژیت تجزیه شده‌اند. بلورهای درشت پلاژیوکلاز در برخی از نمونه‌ها دارای بافت غربالی هستند. بافت اغلب سنگها میکرولیتیک پورفیری و هیالومیکرولیتیک پورفیری حفره‌دار است. پیروکسنها و پلاژیوکلازها نیز از دیگر درشت بلورها هستند. برخی از بلورها دارای ساختار منطقه‌ای هستند و در اغلب مقاطع نازک مورد مطالعه پیروکسنها ۵ اوژیتی فراوان‌تر از پلاژیوکلازها و الیوین‌ها هستند (شکل‌های ۴). با توجه به پاراژنز کانیها می‌توان دو نوع ترتیب تبلور را برای ماقمای مولد بازالتها متصور شد. ۱) اولیوین ← کلینوپیروکسن ← پلاژیوکلاز ← (مگنتیت -- الیوین -- کلینوپیروکسن -- پلاژیوکلاز)، و ۲) کلینوپیروکسن ← اولیوین ← (پلاژیوکلاز - کلینوپیروکسن). کانی‌های درون پاراژنز در خمیره قرار دارند.

در برخی مناطق مثل اهر، الیوین‌ها بسیار ریز بلور بوده و به مقدار کم در سنگها مشاهده می‌شوند. الیوین‌ها بازالت‌ها بیشتر در شمال تبریز، ماکو، سراب، اهر، هریس، مهاباد، و میانه قرار دارند. نمونه‌های بازالتی معمولی شامل هورنبلند و پیروکسن بازالت‌ها هستند و در مناطق منور، ورزقان، و کلیبر قرار دارند. از نظر سنگ‌شناسی، نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار [۵] در گستره قلیایی بازالت تا بازالت قرار می‌گیرند، (شکل، الف). در نمودار [۶] گونه گونی سنگی شامل بازالت، تراکی بازالت، تراکی آندزیت بازالتی، بازانیت و تفریت است، (شکل، ج).

ورزقان، ۶) سراب، و سرعین، ۷) کلیبر، ۸) مهاباد، ۹) میانه و ۱۰) سلامس و زنوز. گدازه‌های بازالتی اغلب دارای ساخت منشوری بوده و در محیط خشکی فوران کرده‌اند. بنابر بررسیهای انجام شده [۴-۲] معلوم شد که ماقمای ماتهای بازالتی جوان در آذربایجان از نظر ترکیب دو نوع‌اند. بخشی از بازالت‌ها دارای ترکیب قلیایی و خاستگاه عمیق بوده و دسته دیگر بازالت‌های غنی از آلومین با خاستگاه کم عمق معرفی شده‌اند. ماقمای ماتهای بازی باد شده ویژگی ماقمای اولیه را ندارند و جزء ماقمای تغییر یافته شده که درجهات مختلفی از روند جدایش و آلایش را پشت سر گذاشته‌اند، محسوب می‌شوند. واحدهای بازالتی مشابهی در شرق کشور ترکیه گزارش شده‌اند. در این کار پژوهشی سعی شده است تا با بررسی‌های صحرائی، واحدهای آتش‌نشانی بازالتی پلیو-کواترنر در آذربایجان و شمال‌غرب ایران شناسائی و معرفی شوند. مطالعه ویژگی‌های سنگ شناختی و ژئوشیمیائی سنگها به منظور تعیین سیر دگرگونی ماقمای قلیایی بازی بخشی از اهداف این بررسی بوده است. برای تعیین محیط زمین‌ساختی سنگها مورد مطالعه و ارائه الگوی تکتونوماقمای مناسب و بنا بر با شواهد صحرائی و زمین‌شناسی منطقه، ویژگی‌های سنگ‌زایی سنگها با واحدهای مشابه در شرق ترکیه مقایسه شده‌اند. واحدهای بازالتی در اغلب مناطق مورد مطالعه همراه با سنگ‌های آتش‌نشانی آندزیتی، داسیتی و ریوداسیتی به صورت مجموعه‌های پیروکلاستیکی دیده می‌شوند. در اغلب مناطق مورد مطالعه بازالتی به صورت روانه‌های گدازه‌ای با ساخت منشوری روی سنگ‌های حدواسط و اسیدی آتش‌نشانی قابل مشاهده‌اند. در مناطق یادشده واحدهای بازالتی روی ته نشسته‌های آبرفتی دوران چهارم و یا ته نشسته‌ای آذرآواری پلیو-پلیوستوسن واقع شده‌اند. منطقه منور واقع در شمال تبریز یکی از کاملترین سکانس‌های آتش‌نشانی را در خود جای داده است. در این منطقه گدازه‌های بازالتی ضخیم با ساختار منشوری روی واحدهای تخریبی و آذرآواری پلیو-پلیوستوسن قرار گرفته‌اند، (شکل‌های ۳ و ۲). گرمای زیاد گدازه‌های بازالتی، ته نشسته‌ای زیرین را پخته و به رنگ سرخ در آورده است. پس از بررسی‌های صحرائی، برای بررسیهای سنگ شناختی سنگها، تعداد ۵۰



شکل ۲ الیوبن بازالت‌ها در مناطق مورد مطالعه: a - منطقه سلماس: گدازه‌های بازالتی با ساخت منشوری روی تهنشستهای کواترنری قرار دارند. b - منطقه منور در شمال تبریز: بازالت‌های منشوری روی تهنشستهای آذرآواری پلیستوسن قرار دارند. در بخش بازالت‌ها لایه‌ای از اسکوری دیده می‌شود. c - منطقه زنج: گدازه‌های بازالتی روی تشکیلات سرخ فوکانی با سن میوسن قرار دارند. e - منطقه ماکو: کلیسا کندی، جریان گدازه مناطق پست را پر کرده است. f - منطقه کلیبر: منشورهای بازالتی روی تهنشستهای کواترنری قرار دارند. در کلیه تصاویر دید به سمت شمال است.



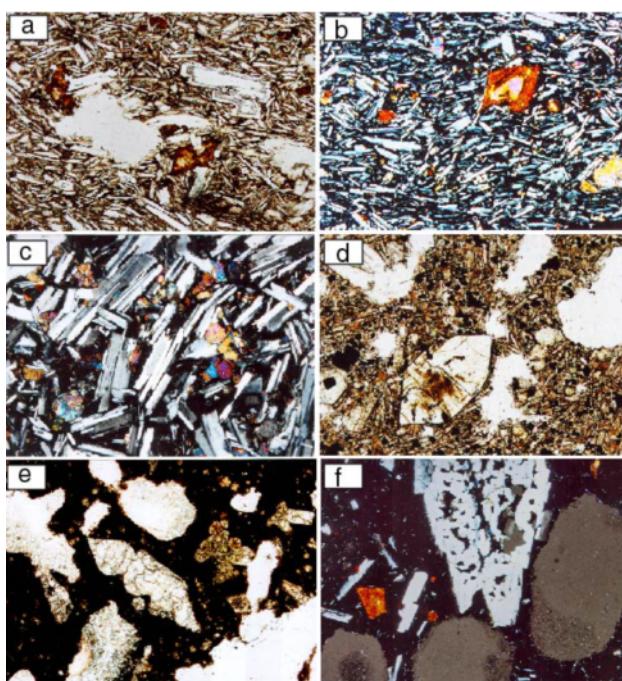
شکل ۳ گدازه‌های الیوبن بازالتی در مناطق مورد مطالعه. a- منطقه ماکو- گدازه‌های رسمنانی شکل بازالتی. b- منطقه هریس- الیوبن بازالت‌ها در ارتفاعات منطقه. c- منطقه کلیبر- گدازه‌های بازالتی با ساخت منشوری روی تهنشستهای آبرفتی قرار دارند. d- منطقه منور در شمال تبریز. قرار گیری گدازه‌ها روی تهنشستهای آبرفتی باعث پخته شدن تهنشستهای زیرین شده است. دید در عکسها به سمت شمال است.

جدول ۱ نتایج آنالیزهای شیمیائی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب سنگ‌های بازالتی آذربایجان.

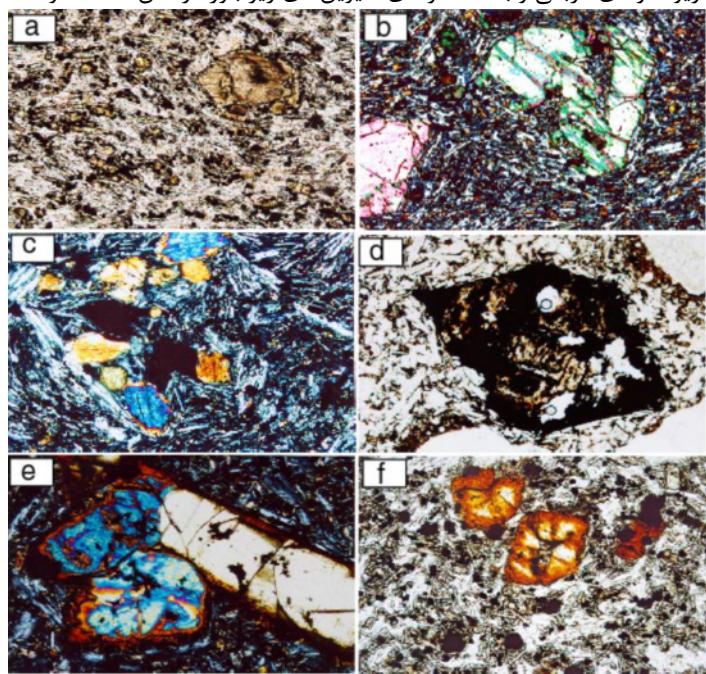
Sample No.	MOB2	MOB3	MO3	MO6	SOB	SOP	LM	SOP3	AH4	AH1	MAK1	AHVA8	ZA1	MAK17	MAK16	MAK5	MAK2	MAKA1	MBAB8	HKB2A	HKB9	
SiO ₂	۴۷,۲۲	۴۲,۲۷	۵۲,۷۸	۵۲,۷۱	۴۷,۱۷	۴۹,۰۳	۵۰,۰	۵۱,۹۹	۴۷,۳۸	۴۸,۰۳	۵۰,۷۲	۴۷,۱۹	۵۲,۲۸	۵۰,۵۲	۵۲,۰۱	۵۱,۸۲	۵۲,۶	۴۹,۸۷	۴۳,۸۳	۴۲,۵	۴۴,۲۹	
TiO ₂	۲,۱۱	۲,۱۶	۱,۵۶	۱,۷۶	۲,۱۲	۱,۲۲	۱,۸۴	۰,۹۷	۲,۲۶	۱,۳۷	۱,۱۲	۱,۲۵	۱,۳۵	۱,۱۹	۱,۴	۱,۱۸	۱,۲۴	۱,۵۴	۲,۷۱	۲,۷۱		
Al ₂ O ₃	۱۴,۸۱	۱۴,۷۸	۱۴,۹۵	۱۴,۹۶	۱۴,۴۹	۱۶,۰۵	۱۰,۷۷	۱۶,۰۷	۱۵,۲۷	۱۴,۶۵	۱۳,۸۲	۱۳,۹۶	۱۳,۴۲	۱۲,۷۲	۱۴,۴۱	۱۶,۲۵	۱۴,۱۷	۱۳,۷۹	۱۲,۶۳	۱۴,۰۹	۱۴,۴۱	
Fe ₂ O ₃	۳۲,۱۱	۱۱,۳۱	۸,۱۲	۸,۵۱	۱۱,۱۷	۹,۳۸	۹,۷	۹,۰۱	۱۰,۱۵	۹,۷۵	۷,۸۷	۷,۴۷	۷,۰۴	۷,۵۷	۷,۰۶	۷,۳	۷,۰۷	۷,۸۲	۹,۴۸	۱۲,۲۷	۱۱,۴۷	
MnO	۰,۱۸	۰,۱۳	۰,۰۹	۰,۱	۰,۱۵	۰,۱۵	۰,۱۴	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۲	۰,۱۴	۰,۱	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۰۹	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۵	۰,۱۷	۰,۱۴		
Mgo	۶,۹۲	۵,۵۱	۴,۱۲	۴,۱	۷,۲۸	۸,۰۶	۱۰,۷	۵,۲۱	۵,۳۱	۵,۶۵	۶,۰۲	۶,۸۴	۶,۰۸	۶	۵,۸	۴,۴۳	۵,۶	۵,۷۸	۱۱,۳۱	۷	۶,۴	
CaO	۱۰,۴۳	۱۰,۱۱	۹,۱۸	۸,۵	۸,۹۲	۹,۳۶	۱۱,۱	۹,۲۹	۹,۷۶	۹,۲۳	۸,۳۱	۸,۱۳	۸,۷۹	۸,۰۱	۷,۷۶	۹,۵۱	۷,۹	۸,۱۸	۱۱,۶	۱۰,۷	۱۰,۳۲	
Na ₂ O	۳,۹۷	۴,۲۲	۴,۷۱	۴,۵۹	۳,۹۷	۳,۲۱	۲,۲۲	۳,۲۳	۴,۲۱	۲,۸۱	۲,۸	۳,۹۵	۳,۲۲	۲,۵	۲,۸۶	۳,۶	۳,۹۸	۳,۴۱	۳,۳۴	۲,۹۲	۴,۴۸	
K ₂ O	۱,۳۷	۱,۹۱	۱,۹۹	۱۱,۲	۱,۴۱	۱,۳۹	۱,۲۷	۰,۷۵	۱,۸۵	۱,۹۸	۰,۷۸	۱,۴۴	۰,۵۹	۰,۴۸	۴,۴۸	۲,۶	۳,۰۲	۳,۶	۱,۸۱	۲,۲۳	۱,۰۱	
P ₂ O ₅	۰,۹۶	۱,۰۱	۰,۷۶	۰,۷۸	۱,۰۴	۱,۳۶	۱,۲۳	۰,۲۶	۱,۳۳	۱,۳۷	۱,۱	۰,۷۴	۱,۰۹	۱,۱۵	۰,۹۴	۰,۷۵	۰,۹۳	۱,۱۶	۱,۳۳	۰,۹۶	۱,۶۲	
L.O.I	۰,۹۵	۱,۱۳	۱,۷۵	۱,۵	۱,۷۹	۱,۱۸	۰,۵۲	۱,۰	۱,۷	۳,۸۸	۱,۶۷	۸,۶۲	۲,۱۲	۲,۸۳	۲,۵	۱,۷۴	۲,۶۶	۴,۱۴	۲,۵۵	۰,۹۵	۲,۳۳	
Total	۱۰۰,۲۴	۱۰۰,۵۴	۱۰۰,۰	۹۹,۶۲	۹۹,۷۷	۱۰۰,۰۵	۱۰۰,۰	۹۸,۵۷	۹۹,۶۴	۹۹,۸۶	۱۰۰	۹۹,۵۸	۱۰۰,۰	۹۹,۶۲	۹۹,۴۶	۹۹,۸	۹۹,۵۶	۹۹,۵۱	۹۹,۹۲	۹۹,۴۳	۹۹,۵۳	
عناصر کمیاب	MOB2	MOB3	MO3	MO6	SOB	SOP	LM	SOP3	AH4	AH1	MAK1	AHVA8	ZA1	MAK17	MAK16	MAK5	MAK2	MAKA1	MBAB8	HKB2A	HKB9	
V	۱۹,۰	۲۰,۰	۲۰,۰	۱۹,۰	۲۲,۸	۲۱,۷	۲۲,۰	۲۵,۷	۱۸,۴	۲۲,۶	۱۹,۹			۱۸,۷	۱۷,۴	۲,۰,۸	۱۶,۵	۱۸,۸	۲۷,۷	۲,۸,۸		
Cr	۲۷,۰	۳۲,۰	۲۸,۰	۲۷,۰	۲۲,۰	۴۴	۱۴,۰	۷,۰	۷,۰	۱۲,۰				۱۲,۰	۱۶,۰	۲۳,۰	۱۵,۰	۱۲,۰	۳۶,۰	۱۱,۰	۱,۰,۰	
Co	۳,۷	۴,۰		۴,۲,۱	۲,۴,۱	۴,۰	۰,۷۳	۹,۳۲	۳,۴	۳,۰,۳				۲,۹	۷,۰,۹	۳,۲,۱	۲,۶,۸	۳,۰,۷	۴,۷,۶	۴,۳	۴,۰,۱	
Ni	۱۲,۰	۱۳,۰	۱۲,۰	۹,۶	۱۸,۵	۳,۸	۱۲,۰		۲,۸	۶,۶	۵			۵	۲,۶	۱,۵	۱,۵	۵	۲۹,۲	۴,۴	۹,۷	
Cu	۳,۵	۴,۱	۳,۹	۳,۸	۵,۹	۵,۳	۳,۶	۵,۲	۱۱,۱	۸,۰	۱۰,۰	۱۱,۸	۳,۹	۷,۸	۶,۲	۶,۰	۶,۱	۱,۰,۰	۴,۹	۸,۳	۱۲,۶	
Zn	۶	۷	۶	۶	۱۲,۸	۳,۹	۷	۹,۱	۱۰,۷	۱۵,۹	۱۰,۰		۶	۱,۰,۱	۱,۰,۶	۹,۲	۹,۹	۹,۹	۱,۰,۹	۱۷,۰	۱,۵,۲	
Ga	۲۷,۰	۳۲,۰	۲۸,۰	۲۷,۰	۱,۸,۴	۱,۱,۸	۵,۰	۱,۸,۴	۲,۸,۷	۲,۹	۱,۸,۹	۲,۰,۷	۲,۷,۰	۱,۸	۱,۹,۳	۱,۸,۹	۱,۸,۵	۱,۸	۱,۶,۱	۲,۰,۲	۲,۵,۱	
Rb	۹,۹	۱۰,۰	۹,۲	۷,۴	۲۲,۵	۸,۲,۴	۹,۱	۹,۸	۱۱,۶	۲,۲,۳	۲,۴,۰	۱,۷	۸,۹	۱,۴,۰	۱۱,۸	۸,۴	۸,۳,۸	۲,۰,۱	۳,۸,۸	۲,۳,۸	۱,۱,۴	
Sr	۸,۹	۸,۰	۱۲,۰	۱۳,۰	۱۱,۷۰	۵,۶۸	۳,۹	۵,۰	۲۱,۰	۲۱,۰	۱,۰,۴۵				۱,۱,۱۵	۱۱,۸	۱,۲۲,۰	۱۱,۳۵	۱۱,۷۰	۱,۸,۰	۱۹,۱۵	۲,۴۴,۰
Y					۱,۸,۷	۷,۱,۹		۲,۰	۱,۷,۱	۱,۶,۶	۲,۴,۱			۲,۴,۲	۲,۴,۹	۲,۴	۲,۳,۹	۲,۴,۲	۲,۱,۸	۲,۱,۹	۲,۰,۶	
Zr	۲۲,۰	۱۶,۰	۲,۰,۰	۲,۸,۰	۱,۷,۱	۱,۲,۸	۲,۰,۰	۹,۸	۱,۷,۷	۱,۹,۳	۲,۴,۱			۳,۶,۳	۳,۰,۶	۲,۲,۵	۳,۰,۹	۳,۱,۵	۱,۹,۲	۲,۰,۴	۱,۹,۱	
Nb					۳,۵,۳	۱,۷		۶,۵	۳,۶,۱	۳,۸,۳	۴,۷,۲			۵,۴,۶	۴,۵,۵	۲,۴,۷	۴,۴,۱	۴,۸,۵	۴,۳,۶	۴,۰,۲	۳,۸,۸	
Ba	۱۵,۰	۱۲,۰	۱۰,۰	۱۴,۰	۳,۷۳	۴,۸۷	۹,۸	۷,۸۶	۷,۷	۷,۶۱	۲,۳,۴	۰,۴۱	۱۲,۰	۲,۲,۳	۱,۸,۵	۱,۴,۷	۱,۷,۸	۲,۴,۰	۱,۱,۱۵	۷,۷۹	۸,۶۶	
La					۴,۹,۲	۲,۴,۷		۱,۹,۷	۲,۷,۳	۱,۷,۰	۷,۵,۹	۰,۵,۹	۴,۰		۶,۱,۶	۶,۶,۴	۶,۷,۶	۶,۳,۱	۵,۷,۹	۱,۱,۱۵	۷,۴,۶	۷,۹,۶
Ce	۲,۸	۱,۵	۱۲,۰	۹,۶	۱,۰,۳,۵	۴,۸,۴	۱,۰	۳,۹,۵	۱,۶	۱,۶۴,۰	۱,۱۹,۰	۱,۴۳	۱,۱۰	۱,۲۹,۵	۱,۲,۳	۱,۲۱,۰	۱,۲۷,۵	۱,۲۱,۰	۲,۱۰	۱,۶۵	۱,۷۸,۰	
Pr	۴,۲	۴,۱	۴,۹	۴,۴	۱۲,۸,۵	۰,۵,۲	۴,۱	۴,۷,۶	۱۹,۹,۵	۲,۰,۷	۱۴,۸,۵	۹	۱,۲,۰	۱,۶,۴,۵	۱,۶,۰	۱,۵,۰	۱,۵,۱۵	۱,۴,۹۵	۲,۳,۱	۲,۱,۱	۲,۲,۳	
Sm					۸,۴,۷	۴,۶,۸		۲,۰,۱	۷,۵,۷	۷,۹,۲	۵,۹,۸			۶,۶,۶	۶,۳,۷	۵,۷,۱	۶,۰,۳	۶,۰,۶	۷,۸,۳	۱,۲,۹	۱,۷,۵	
Eu					۲,۰,۱	۱,۳,۶		۴,۳,۷	۱۲,۱,۵	۱۲,۲	۱,۱,۷			۱,۲,۹	۱,۲	۱,۰,۲,۵	۱,۱,۳	۱,۲,۰,۵	۱,۱,۲,۰	۱,۳,۶	۱,۴,۰,۵	
Gd	۸,۹	۸,۰	۱۲,۰	۱۳,۰	۱,۰,۵	۴,۱,۱		۱,۲,۲	۲,۹,۱	۳,۰,۴	۲,۵,۸			۲,۷,۱	۲,۵,۷	۲,۴	۲,۴,۸	۲,۰,۶	۲,۹,۵	۳,۲,۲	۳,۳,۹	
Tb					۰,۸,۷	۰,۵,۴	۳,۹	۴,۰,۹	۹,۰,۵	۹,۳,۹	۸,۹,۲	۱,۴,۰	۱,۲,۰	۹,۵,۹	۹,۱,۶	۷,۹,۴	۸,۶,۵	۸,۷,۲	۸,۹	۹,۷,۲	۱,۰,۲,۵	۱,۰,۸,۵
Dy					۴,۱,۲,۸	۲,۹,۹		۰,۶,۶	۱,۰,۶	۱,۰,۲	۱,۱,۴			۱,۲,۳	۱,۱,۵	۱,۰,۵	۱,۱,۵	۱,۱,۵	۱,۰,۷	۱,۱,۵	۱,۱,۶	
Ho					۰,۷,۵	۰,۷,۷		۳,۹,۵	۴,۲,۷	۴,۱,۴	۰,۴,۱			۰,۴,۷	۰,۵,۱	۰,۰,۹	۰,۵,۱	۰,۵,۳,۸	۴,۹,۶	۰,۵,۲,۷	۴,۵,۱	
Er					۱,۹,۷	۲,۱,۶		۰,۷,۸	۰,۷	۰,۶,۷	۰,۹	۱,۳		۰,۹,۴	۰,۹,۴	۰,۹,۱	۰,۹,۷	۰,۹,۲	۰,۸,۵	۰,۸,۳	۰,۷,۲	
Tm					۰,۲,۸	۰,۱,۲		۲,۲,۷	۱,۸,۷	۱,۸,۱	۲,۳,۴			۲,۰,۴	۲,۴,۷	۲,۳,۱	۲,۲,۳	۲,۴	۲,۳,۴	۲,۳,۳	۲,۱,۴	
Yb					۱,۰,۵	۱,۹,۶		۰,۳,۴	۰,۲,۱	۰,۲,۲	۰,۳,۴			۰,۰,۲۹	۰,۰,۳۴	۰,۰,۳۱	۰,۰,۳	۰,۰,۳	۰,۰,۳۲	۰,۰,۲۷	۰,۰,۲۴	
Lu					۰,۲,۱	۰,۳,۱	۲,۷	۱,۸,۹	۱,۲,۸	۱,۲,۹									۱,۷,۵	۱,۶	۱,۶۱	
Hf					۴,۳	۳,۳	۰,۲,۳	۰,۱,۳	۰,۱,۷	۰,۱,۷									۰,۲,۶	۰,۲,۳	۰,۱,۹	
Ta					۱,۹	۰,۹	۲,۸	۲,۸	۴,۸	۴,۹									۴,۴	۵,۳	۵,۱	
Pb	۳,۷	۴,۰	۳,۸	۲,۶	۷	۹		۰,۳	۱,۷	۱,۹									۲,۲	۱,۹	۱,۸	
Th					۰,۳,۳	۰,۰,۴	۴,۰	۷	۹	۹									۱,۳	۸	۹	
U					۱,۱,۸	۱,۶,۲		۳,۲,۶	۶,۸,۲	۶,۹,۳									۱,۰,۹	۰,۵,۲,۳	۵	

ادامه جدول ۱

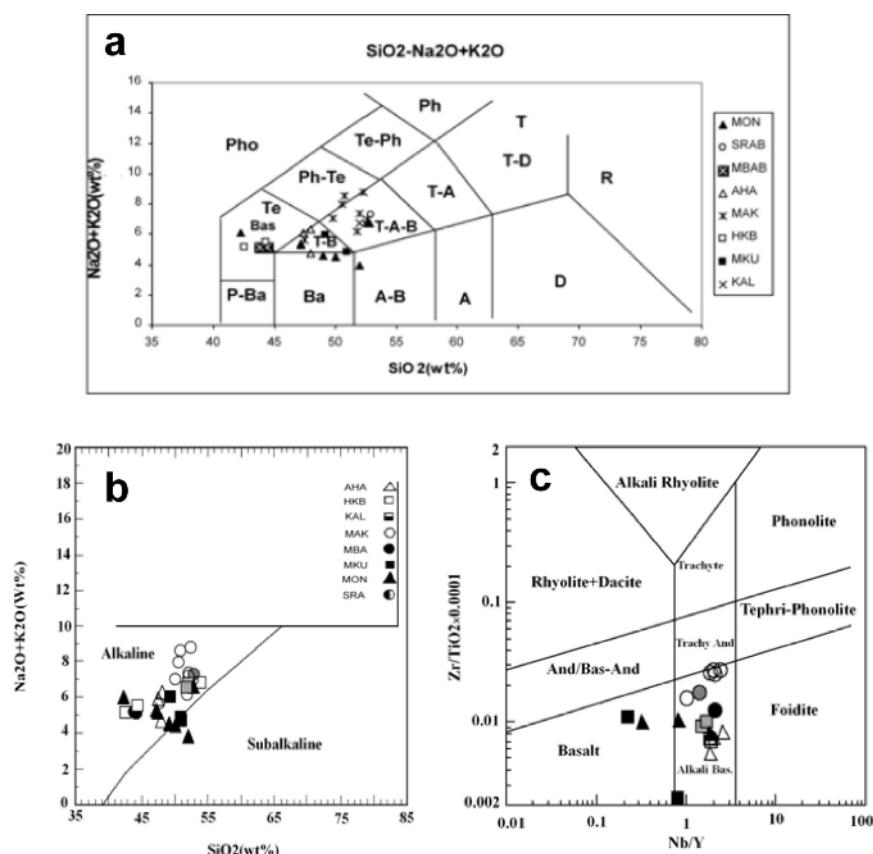
Sample No.	KAPZ	SRABM	MKU	MKUK	VA3	MBAB3	KALMB
SiO ₂	۵۲,۴۸	۵۲,۹	۴۹,۲۴	۵۰,۹۳	۴۷,۵	۴۴,۳۸	۵۲
TiO ₂	۱,۶۶	۱,۶۶	۲,۰۹	۱,۷۵	۱,۳۴	۱,۴۹	۱,۶۲
Al ₂ O ₃	۱۶,۶۹	۱۷,۶۷	۱۷,۱۳	۱۸,۲۱	۱۴,۳	۱۲,۱۵	۱۶,۴۷
Fe ₂ O ₃	۸,۱۶	۸,۴۲	۱۱,۶۵	۹,۸۸	۸,۱۹	۹,۷۷	۸,۲۵
MnO	۰,۱	۰,۱۵	۰,۱۷	۰,۱۴	۰,۲۷	۰,۱۵	۰,۱۱
MgO	۲,۹	۲,۹۹	۴,۲۶	۵,۵۵	۶,۳۲	۱۲,۲	۴,۳۲
CaO	۸,۰۲	۶,۳۵	۶,۹۳	۸,۰۵	۱۲	۱۰,۹۷	۸,۳
Na ₂ O	۴,۷۱	۴,۵۱	۴,۵	۴,۲۳	۴,۰۱	۳,۳۹	۴,۷
K ₂ O	۲	۲,۷۶	۱,۴۷	۰,۶۱	۱,۰۵	۱,۷۹	۲,۰۷
P ₂ O ₅	۰,۷۷	۰,۸۷	۰,۷۴	۰,۳	۰,۶	۱,۲۵	۰,۹۶
L.O.I	۱,۱	۱,۰۶	۱,۶۳	۰,۱۱	۴,۴۶	۱,۷۴	۰,۹۵
Total	۹۹,۸۳	۹۹,۵۱	۹۹,۹۲	۹۹,۶۲	۱۰,۱	۹۹,۶۲	۱۰۰,۰۵
عناصر کمیاب	KAPZ	SRABM	MKU	MKUK	VA3	MBAB3	KALMB
V	۲۱۳	۱۶۹	۲۱۳	۱۶۹		۱۷۸	۲۰۷
Cr	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰		۴۱۰	۶۰
Co	۱,۰۶	۲۱,۵	۳۰,۶	۳۵,۹		۵۱,۱	۱,۲۲
Ni	۵	۱۲	۵۰	۵۳		۳۷۰	۵
Cu	۵۱	۳۳	۲۴	۳۰	۳۶	۵۳	۹۱
Zn	۱۱۱	۱۱۵	۱۴۵	۹۷	۶	۱۰۶	۱۲۶
Ga	۲۰,۵	۲۱,۵	۲۰,۴	۱۹,۴	۳۰۰	۱۶	۲۰,۳
Rb	۲۲,۲	۵۱,۱	۲۰,۸	۸	۱۲۰	۳۷,۶	۲۱,۹
Sr	۱۵۴	۸۲۵	۵۶۱	۴۳۶		۱۶۶	۱۷۹۵
Y	۱۲,۷	۲۷,۴	۳۲	۲۴,۸		۲۰,۳	۱۳,۱
Zr	۱۴۹	۲۸۴	۲۵۴	۱۷۱		۱۸۵	۱۵۷
Nb	۱۹,۶	۳۹	۶,۹	۵,۶		۴۲	۲۳,۶
Ba	۷۵۴	۷۸۷	۳۹۸	۱۳۰	۱۲۰	۹۳۷	۷۹۲
La	۴۵,۳	۶۱,۹	۱۴,۲	۱۲,۴		۱۰,۲۵	۵۴,۴
Ce	۹۲,۳	۱۱۵	۲۷,۱	۲۸,۹	۱۱۰	۱۹۴,۵	۱۰,۸۵
Pr	۱۰,۶۵	۱۲,۳۵	۳,۱	۴,۱۶	۷۷	۲۱,۸	۱۲,۵
Nd	۴۰,۶	۴۷,۷	۱۰,۳	۱۷,۴		۷۵,۶	۴۶,۰
Sm	۶,۳۷	۸,۶۳	۷,۰۶	۴,۵۵		۱۱,۲	۱۰,۰
Eu	۱,۸۳	۲,۲۸	۱,۹۶	۱,۵۸		۲,۸۵	۱,۸۳
Gd	۵,۴۵	۷,۰۵	۶,۵۲	۴,۳۱	۱۱۰	۹,۱۵	۵,۹
Tb	۰,۶۳	۰,۹۷	۰,۹۸	۰,۷۴		۱	۰,۶۶
Dy	۲,۹۱	۵,۶	۶,۲۱	۴,۶۱		۴,۴۸	۲,۹۴
Ho	۰,۵۱	۱,۰۷	۱,۲	۰,۹۹		۰,۷۸	۰,۵۱
Er	۱,۴	۲,۸۳	۳,۳۲	۲,۸		۲,۱۸	۱,۳۷
Tm	۰,۱۸	۰,۴۳	۰,۴۹	۰,۴۳		۰,۳	۰,۱۸
Yb	۱,۱۳	۲,۵۳	۳,۱۷	۲,۳۳		۱,۵۷	۱,۰۳
Lu	۰,۱۷	۰,۴	۰,۴۹	۰,۳۷	۰,۲	۰,۲۶	۰,۱۴
Hf	۴	۶,۴	۶	۴,۲	۲,۷	۴,۴	۴,۱
Ta	۰,۹	۲,۱	۱,۲				
Pb	۱۲	۱۲	۳۳		۳۷		
Th	۵,۲۶	۷,۴۴	۴,۵۶				
U	۱,۰۶	۱,۸۳	۱,۰۴				



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی نمونه‌های مطالعه شده: a-الیوین‌های ریز بلور ایدینگیتی شده و پلاژیوکلازها با بافت غربالی- درشت نمائی($\times 40$) - سراب. b-الیوین‌های شکل دار و میکرولیت‌های پلاژیوکلاز در خمیره- درشت نمائی (XPL, $\times 40$) - سراب، c- بافت دلبریتی با الیوین‌ها و بلورهای پیروکسن اوزیتی در حد فاصل پلاژیوکلازها ($\times 40$ و XPL) - ماکو، d-الیوین‌های داشت شکل دار در یک متن میکرولیتی اکسیده شده با بافت حفره ای ($\times 100$ و PPL) - هریس، e-الیوین‌های داشت شکل دار در یک متن شیشه‌ای شدیداً اکسیده و حفره‌دار ($\times 40$ و PPL) - مهاباد. f- بافت هیالوبورفیری با پلاژیوکلازهای غربالی و بافت حفره ای، الیوین‌های ریز بلور در متن ($\times 40$ و XPL)- سراب.



شکل ۵ تصاویر مقاطع میکروسکوپی نمونه‌های مورد مطالعه: a- بافت میکرولیتیک پورفیری، درشت بلور الیوین، درشت نمائی ($100 \times$ و PPL) - کلیبر. b- الیوین‌های فنوکربست و شکلدار- درشت نمائی ($40 \times$ و XPL) - میانه، c- بافت گلومروپورفیری، کلینوبیروکسن‌های اوزیت با بافت کومولائی- درشت نمائی ($100 \times$ و XPL) - اهر، d- درشت بلور الیوین شکل دار و ایدینگیتی شده. درشت نمائی ($40 \times$ و PPL) - سراب، e- بلورهای درشت الیوین در بازالت با حاشیه ایدینگیتی شده - درشت نمائی ($100 \times$ و XPL) - منور، f- الیوین‌های درشت و ایدینگیتی شده و میکرولیت‌های پیروکسن و فلدسپار درشت نمائی ($100 \times$ و PPL) - منور.

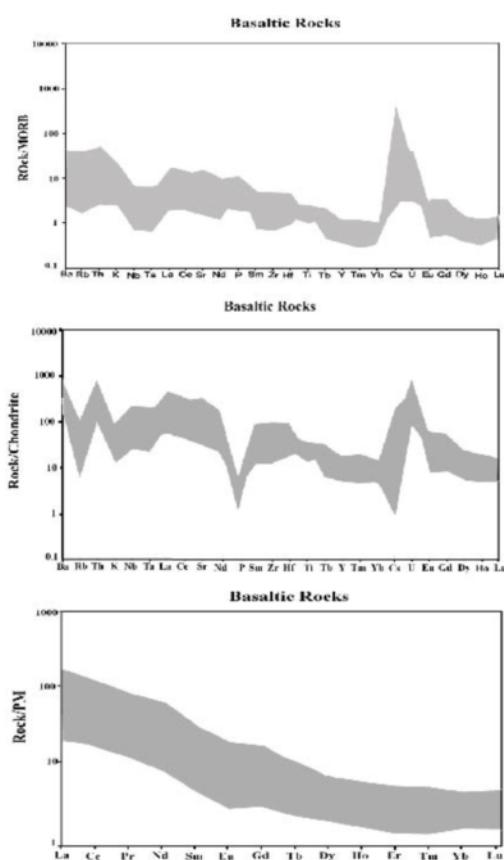


شکل ۶ نمودارهای ردهبندی و تعیین سری مگماتی بازالت‌های مورد مطالعه. a- نمودار [۶]، برای نامگذاری سنگ‌های مورد مطالعه، علاوه بر کار رفته در شکل عبارتند از: d- داسیت، R- ریولیت T- تراکیت T-D- تراکی داسیت A- آندزیت A-B- آندزیت بازالتی A-T-A- تراکی آندزیت بازالتی T-B- تراکی بازالت Ba- بازالت P-Ba- پیکرو بازالت Te- تفریت Bas- بازانیت Ph-Te- فونوفریت T-A-B- تراکی آندزیت بازالتی T-B- تراکی بازالت Ba- بازالت SRA- منور MON- اهر AHA- فونولیت. b- نمودار [۷]، تعیین سری مگماتی نمونه‌های مورد مطالعه، c- نمودار [۵] برای طبقه بندی سنگ‌های خشکناب MKU- ماکو KAL- کلیپر، b- نمودار [۷]، تعیین سری مگماتی نمونه‌های مورد مطالعه، c- نمودار [۵] برای طبقه بندی سنگ‌های مو، d- مطالعه.

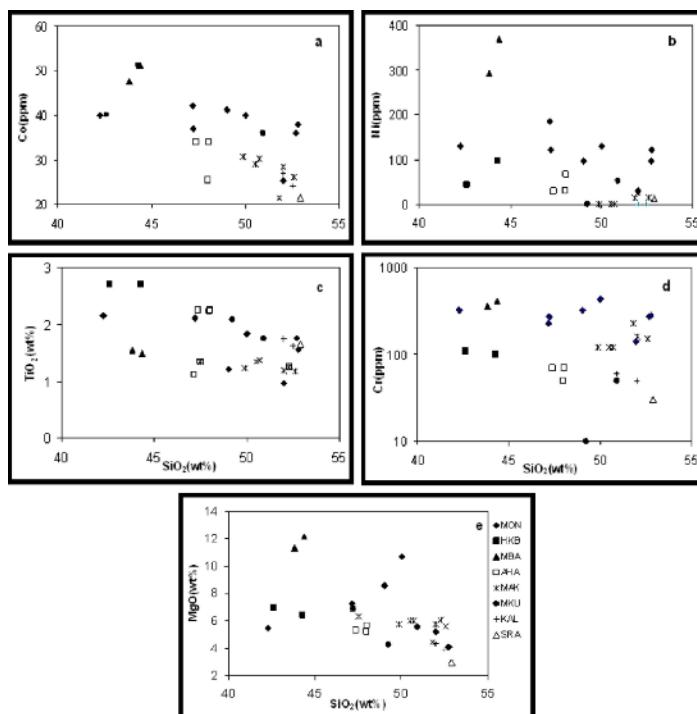
در مقابله با SiO_2 و MgO ، TiO_2 رسم شده، طیف پراکنده و گسترهای را نشان می‌دهند، (شکل ۸). تعدادی از نمونه‌ها قلیایی‌تر از بقیه هستند و در برخی از مناطق مانند اهر، مهاباد، منور، و هریس، سنگها دارای درصد MgO ، Cr ، Ni ، TiO_2 بالا هستند. ناهنجاری منفی ضعیفی از عناصر Nb ، Ta ، Eu و بهنجاری مثبت و شاخص از عناصر Cs ، La ، Th ، Ba ، Rb و U در الگوی عناصر کمیاب نادر خاکی نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شوند. مقادیر محاسبه شده برای نسبت Eu^*/Eu سنگهای مورد مطالعه از 0.74 ± 0.09 در نوسان است. همچنین HREE تهی شده (Ce/Yb)، LREE و نسبت بالای عناصر Sc/Y در نمودارها مقادار پائین قرار می‌گیرند. قابل توجه است.

ژئوشیمی

میزان تغییرات SiO_2 نمونه‌ها از ۴۲ تا ۵۲ درصد در نوسان است. نمونه‌های مورد مطالعه به طور کلی در نمودار [۷] در گستره قلایی قرار می‌گیرند، (شکل، ب ۶). به غیراز چند نمونه در منطقه کشکسرای مرند که ماهیت پتانسی دارند، بقیه نمونه‌ها با توجه به نسبت $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O} > 1$ ، سرشت سدیک دارند. بررسی الگوهای عناصر نادر خاکی نمونه‌های مورد مطالعه که بر پایه مقادیر کندریت و بازالت‌های میان اقیانوسی بر گرفته از [۸] بهنجار شده‌اند، در نمودارهای مربوطه شیب منفی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند که نشانگر غنی‌شدگی از عناصر LREE و تهی‌شدگی از عناصر HREE برای سنگهای مناطق مورد مطالعه است، (شکل، ۷). تغییرات عناصر Cr, Co, Ni, Mo در



شکل ۷ نمودارهای چندین عنصری و عناصر نادر خاکی سنگهای بازالتی مناطق مورد مطالعه که بر پایه مقادیر بازالت‌های میان اقیانوسی، کندریت و گوشتۀ اولیه بر گرفته از [۸] بهنجار شده اند. توضیح در متن مقاله.



شکل ۸ نمودارهای تغییرات عناصر، Cr, TiO₂, Ni, Co, و MgO نسبت به SiO₂ در سنگهای بازالتی مورد مطالعه، MON – منور در شمال تبریز – HKB – هریس – خشکناب – MBA – مهاباد – اهر – AHA – اهر، MAK – کشکسرای مرند – MKU – کلیبر – KAL – سراب – SRA.

خاستگاه با ترکیب مشابه برای نمونه‌هاست. احتمالاً نرخ ذوب‌های مختلف سنگ خاستگاه جدایش، مانند حین صعود به سطوح بالاتر و توقف آن در اعماق مختلف و آلایش با مواد پوسته‌ای با نسبت‌های مختلف، دگرگونیها و تغییرات بعدی در بازالتها را سبب شده است.

در نمودارهای تعیین محیط زمین ساختی [۱۱] تمامی نمونه‌ها در موقعیت قوسهای آتشفشاری قرار می‌گیرند، (شکل ۹). برای جدایی موقعیت سنگهای آتشفشاری درون صفحات، قوس‌های قاره‌ای، قوس‌های پس از برخورد و محیط‌های قوسی آغازین و تأخیری از نمودار [۱۱] استفاده شد و تقریباً تمامی نمونه‌ها در موقعیت قوسهای حواشی قاره‌ای و محیط قوس‌های آتشفشاری پس از برخورد قرار گرفتند، (شکل ۹). برحسب فعال قاره‌ای نیز محیط‌های مختلفی مثل حوضه‌های پشت قوس سیالیک و محیط‌های برخوردی، و پس از برخورد وجود دارند، و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در محیط قوس‌های پس از برخورد قرار می‌گیرند (شکل ۹).

ساز و کارهای مختلفی برای ذوب گوشه و ایجاد مانع‌های قلیایی برای فلات مرتفع ایران- آناتولی پیشنهاد شده است [۱۲]، از جمله شروع ذوب بخشی به علت کاهش فشار در اثر نیروهای کششی در منطقه و گسیختگی لیتوسفر زیر قاره‌ای، ایجاد آشفتگی در ترازهای گرمایی لیتوسفر زیر قاره‌ای این مناطق که در اثر وجود نیروهای فشارشی و متعاقباً به علت کوتاه شدگی، ضخیم شدگی و بالاًمدگی پوسته‌ای رخ می‌دهند، کشش منطقه‌ای و نازک شدن پوسته در محل حوضه‌های گسیخته در سیستم‌های گسلی در امتداد لغزش، و فعالیت نقاط داغ از جمله ساز و کارهای پیشنهادی است [۱۲، ۱۳]. با در نظر گرفتن ادامه همگرائی پلیت عربی و اوراسیا پس از برخورد، از بین پیشنهادهای بالا، ذوب بخشی گوشه از استنسوفری زیر قاره‌ای به علت کم شدن فشار در اثر گسیختگی و یا قطعه قطعه شدن پوسته فلات ایران و شرق آناتولی و کشش منطقه‌ای و نازک شدن پوسته در محل حوضه‌های گسیخته محتمل‌ترند. در اثر حاکمیت نیروهای کششی ناشی از جابه‌جایی خردۀ صفحه‌های حاشیه جنوبی ابرقاره اوراسیا در جهات مختلف که در اثر برخورد صفحه آفرود- عربی با اوراسیا حاصل شده بود، مانند تیسم جوان بازالت فلات شمال غرب ایران و شرق آناتولی به وجود آمده است [۱۳]. ادامه همگرائی پس از برخورد پلیت عربی و اوراسیا و پیدایش

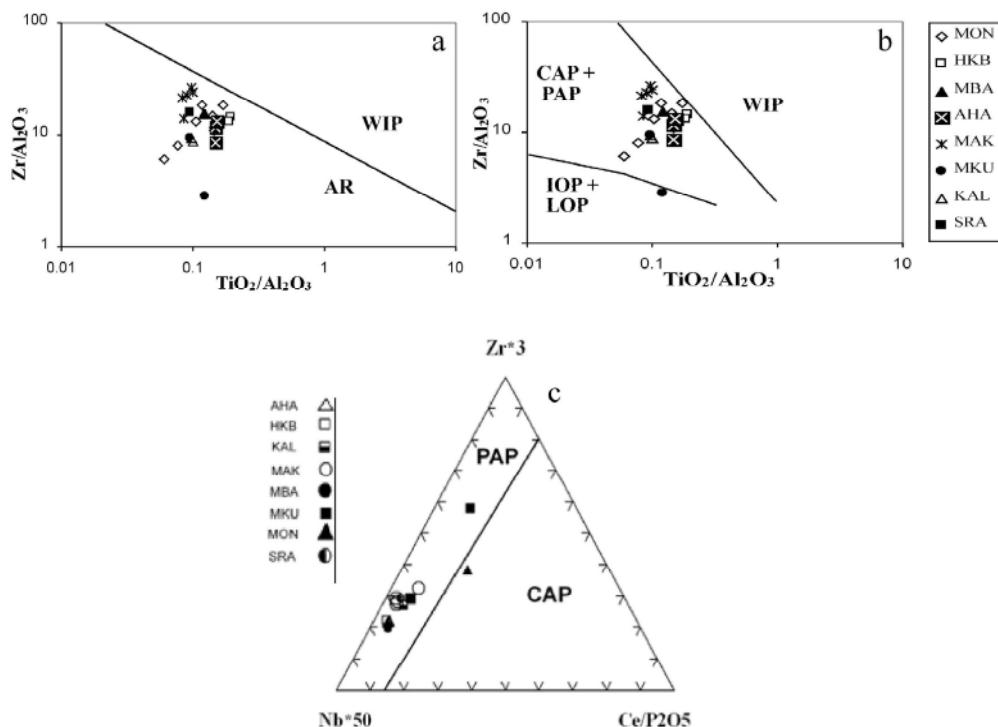
بحث و بررسی

نتایج حاصل از تعبیر و تفسیر نمودارهای ژئوشیمیائی عناصر اصلی و همه کمیاب و الگوهای تغییرات عناصر نادر خاکی نشان می‌دهند که مانند مادر سنگهای بازالتی از یک خاستگاه گوشه‌ای غنی‌شده و احتمالاً دارای گارنت ریشه گرفته است. وجود غنی‌شدگی در عناصر LREE و تهی‌شدگی در عناصر کمیاب HREE و شبیه منفی منحنی‌های عناصر نادر خاکی، نشان دهنده نسبت بالای $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ در محیط، و ریشه در الیوین بازالت‌ها دارد. ناهنجاری منفی ضعیف Eu نشان دهنده و جدایش کانی‌های در بردارنده این عنصر یعنی پلائزیوکلازهای کلسیک از مانع‌های صعود و نیز توقف مانع‌های در سطوح بالاتر رخ داده است. (شکل‌های ۷ و ۱۰).

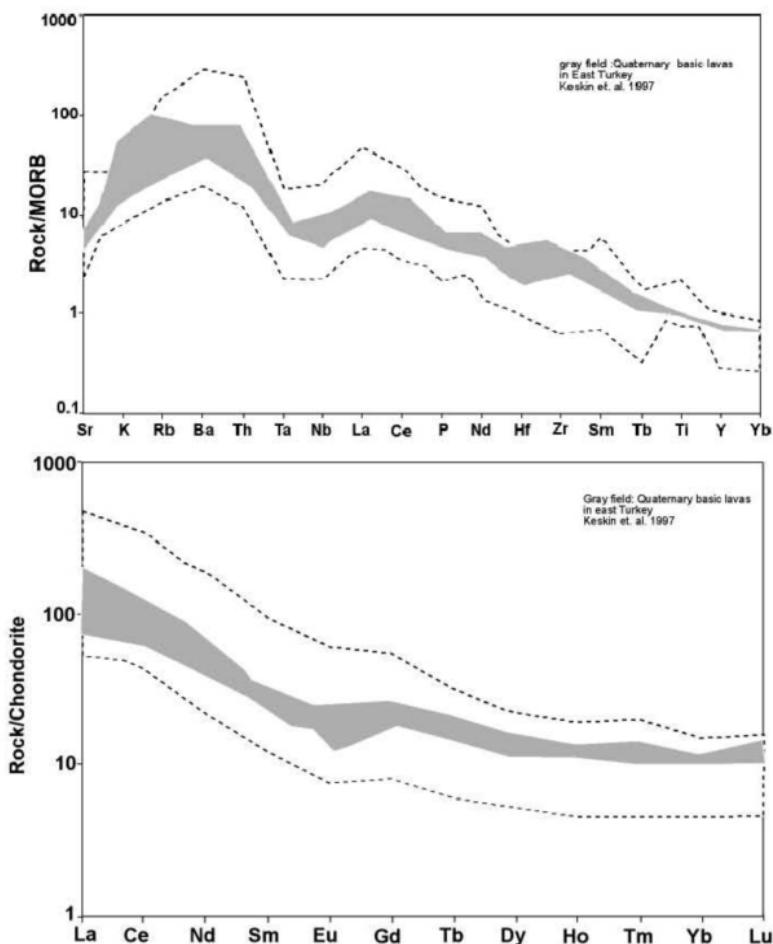
فقر عناصر نادر خاکی سنگین و تهی‌شدگی آنها علاوه بر وجود گارنت و نسبت بالای $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ در خاستگاه می‌تواند به وسیلهٔ فرایند جدایش اولیوین، اورتوبیروکسن و کلینوپیروکسن Ni، Co، Cr و TiO_2 در جذب Zr و نسبت بالای La / Yb می‌تواند نشان دهنده وجود مقادیر با افزایش سیلیس در نمودارها تا حدی می‌تواند به نقش الیوین در جذب Ni و یا کلینوپیروکسن و اسپینل در جذب کروم مربوط باشد، (شکل ۸). درصد TiO_2 در برخی از نمونه‌ها بالا است (بیشتر از ۲ درصد) و این ویژگی در مناطق کافتی و مناطق در ارتباط با فعالیت نقاط داغ قبل مشاهده است. مقادیر بالای Zr و نسبت بالای La / Yb می‌تواند نشان دهنده وجود یک خاستگاه گوشه‌ای غنی شده استنسوفری باشد. همچنین HREE تهی شده با مقادیر بالایی از Ce / Yb، مقدار پائین Y و Sc و نسبت بالای عناصر LREE در نمودارها نیز می‌تواند نشان دهنده حضور گارنت در خاستگاه گوشه‌ای سنگهای مورد مطالعه باشد. عناصر ناسازگار احتمالاً با آبگونهای مواد دیگر فرار از گوشه به سطوح بالاتر حمل شده‌اند و خاصیت غنی شدگی گوشه‌ای اولیه را حفظ کرده‌اند [۹]. طیف ترکیبی وسیع MgO، Ni، Cr نشان دهنده جدایش اولیه پیروکسن و الیوین و نقش مؤثر آنها در دگرگونی مانع‌های بوده است. ناهنجاری مثبت و شاخص عناصر Cs، La، Th، Ba و U در الگوهای عناصر کمیاب نادر خاکی، تغییرات نسبت U / Nb در مناطق مورد مطالعه از ۳۷ تا ۶۵ و نیز ناهنجاری منفی Ta و Nb می‌تواند در ارتباط با نسبتهای متفاوت آلایش مانع‌های بازیک با مواد پوسته‌ای در نظر گرفته شود، [۱۰]. تغییرات هم شبیه اغلب نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای عناصر کمیاب و عنکبوتی، نشان دهنده

خاستگاه ماقمای سنگها احتمالاً از نواحی عمیق گوشه و بخش گارنت لرزولیتی بوده است. ماقما در سیر دگرگونی بعدی، در اثر صعود و توقف در سطوح مختلف پوسته مراحلی از جدایش و آلایش را پشت سر گذاشته است. در برخی از نمونه‌های سنگی مورد مطالعه، وجود الیوین‌های درشت و شکل‌دار در کنار درشت بلورهای پیروکسن، درصد پائین سیلیس و آثار آلایشی و جدایشی کمتر، همگی می‌توانند نشانگر حرکت صعودی و سریع ماقما از طریق سیستمهای شکستگی و عنکبوتوی نمونه‌های آتشفشاری شمال غرب ایران با فلات کارس-ارضروم در شرق ترکیه مقایسه شده است، (شکل ۱۰). فلات مرتفع کارس-ارضروم در شرق ترکیه به عنوان منطقه نوعی مناطق برخور迪 قاره-قاره مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۴]. چنانکه مشاهده می‌شود همانندی‌های زیادی بین آنها وجود دارند و این می‌تواند نشان‌دهنده وجود منابع ماقمایی و سیر دگرگسانی سنگزایی مشابه برای مناطق مورد بحث باشد.

کوتاه‌شدگی، ضخیم شدگی و بالا‌آمدگی پوسته‌ای، از حدود ۱۲ میلیون سال قبل تا عهد حاضر در شمال غرب ایران، گسل‌ها و شکستگی‌های زیادی را به وجود آورده است که اغلب آنها از نوع امتدادلغزش‌اند. در منطقه آذربایجان حرکت در راستای گسل‌ها، بخصوص در محل انحنای گسل‌های امتداد لغزش و یا در محل همپوشی پایانه‌های گسلی، امتدادلغزش محور چینهای جوان و محل برخورد گاه شکستگیها و گسل‌ها، در اثر کشش حوضه‌های گسیخته تشکیل شده‌اند، و این مناطق مسیرهای مناسبی برای خروج ماقمای‌های بازیک کواترنری بوده‌اند (شکل ۱). همچنین برخوردگاه گسل‌هایی که دارای راستاهای NW-SE و W هستند و برخوردگاه این گسل‌ها با گسل‌های با راستای شمالی - جنوبی، مسیرهای مناسبی برای خروج و فوران آبگونهای بازی بوده‌اند. گسل‌های با روند NW-SE تحت حاکمیت رژیم‌های زمین ساختی فشارشی بوده‌اند، لذا نمی‌توانسته‌اند مسیر فعالی برای صعود ماقمای بازی باشند. با توجه به نمودارهای مربوط به تغییرات ژئوشیمیائی عناصر اصلی و کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۹ نمودارهای نشان‌دهنده محیط زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشاری درون صفحه‌ای (WIP) از واحدهای مرتبط با قوس‌های آتشفشاری (AR)، b - جدایش قوس‌های حواشی قاره‌ای (CAP)، قوس‌های پس از برخورد (PAP) و محیط‌های قوسی آغازین (IOP) و تأخیری (LOP). c. جدایش محیط‌های پس از برخورد از محیط‌های قوسی آغازین و تأخیری علائم در الف و ب مانند شکل ۶ است.



شکل ۱۰ مقایسه الگوی عناصر نادر خاکی بازلت‌های کواترنری آذربایجان با سنگ‌های مشابه در شرق ترکیه. کلیه داده‌ها بر اساس مقداری کندریت و بازالت میان اقیانوسی بر گرفته از [۸] بهنجار شده‌اند. گستره خط چین مربوط به الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی آذربایجان و محدوده خاکستری مربوط به الگوی تغییرات عناصر کمیاب شرق ترکیه در فلات کارس- ارضروم است.

این ویژگی می‌تواند نشان دهنده خاستگاه گوشته‌ای غنی شده برای ماقما باشد. طیف ترکیبی گسترده (MgO) , Cr, Ni, Ce, La, Th, Rb, Ba, Eu, Cs, U و $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ در محیط تشکیل ماقما باشد. ناهنجاری منفی ضعیف آن را در دگرسانی ماقما نشان می‌دهد. ناهنجاری منفی ضعیف در الگوی عناصر کمیاب سنگ‌های مورد مطالعه، نشان دهنده دگرسانی ماقما و جدایش پلازیوکلازهای کلسیک هنگام بالا آمدن و استقرار ماقمای بازی در سطح بالاتر است. وجود ناهنجاری مثبت و شاخص برای Ba, La, Th, Rb, Ce, U و $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ تأثیر آلایش پوسته‌ای را نشان می‌دهد. الگوی HREE شده و نسبتهای بالای عناصر نادر خاکی LREE می‌تواند نشان دهنده گارنت در خاستگاه گوشته‌ای غنی شده و نسبت بالای

برداشت

(۱) آتشفشارهای پلیو - کواترنری آذربایجان، شامل مجموعه‌ای از واحدهای آتشفشاری متنوع است که جوانترین بخش آن در کواترنری دگرسان شده و شامل گدازه‌های اولیوین بازالت، تراکی بازالت، تراکی آندزیت بازالتی با خصلت قلیایی هستند.

(۲) سنگ‌های مطالعه شده دارای بافت میکروولیتیک پورفیری و هیالومیکروولیتیک پورفیری حفره‌دار هستند و برخی از آنها بافت دولریتی دارند. درشت بلورهای اصلی سنگ‌ها شامل ایوین، پلازیوکلاز و کلینوپیروکسن‌اند. برخی از ایوین‌ها دارای کرانه‌های ایدینگسیتی، و سنگ‌های بازی مورد مطالعه متعلق به سری قلیایی هستند.

(۳) اغلب نمونه‌ها متاآلومینوس‌اند و دارای درصد بالائی از TiO_2 (بیشتر از ۲ درصدوزنی)، Zr و La / Yb بالا هستند و

- [5] Winchester J.A., Floyd P.A., "Geochemical discrimination of immobile elements", *Chemical Geology* 20, (1997). 325-343 p.
- [6] Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A., Keller J., Lameyre Le Bas M.J., Sabine P.A., Schmid R., Sorensen H., Streckeisen A., Wooley A.R., Zanettin B., "A classification of igneous rocks and glossary of terms.", Blackwell, Oxford.(1989).
- [7] Irvine T.N., Baragar W.R.A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocksL", *Canadian Journal of Earth Science* 8 (1971) 523 – 48.
- [8] Sun S.S., McDonough W. F., "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle Composition and Processes ", in: Saunders A. D., Norry M. J.(Eds.) "Magmatism in the ocean basins ", , Geological Society Special Publication London 42 (1989) 313-347.
- [9] Fitton G.J., James D., Leeman W.P., "Basic magmatism associated with late Cenozoic extension in the western United States: compositional variations in space and time", *J. Geophys. Res.* 96 (1991) 53-61.
- [10] Hofman A.W., "Mantle geochemistry: the message from Oceanic Volcanism", *Nature* 385(1997) 219-229.
- [11] Muller D., Groves D. I., "Pottasic igneous rocks and associated gold-copper mineralization", Sec. Updated. Springer – Verlag.(1997)242p.
- [12] Pearce j.A., Bender J.F., De Long S.e., Kidd W.S.F., Low P.J., Guner Y., Saroglu F., Yilmaz Y., Moorbath S., Mitchell J.J., "Genesis of collision magmatism in eastern Anatolia, Turkey", *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 44 (1990) 189-229.
- [13] Innocenti F., Manetti P., Mazzuli R., Pasquare G., Villari L., "Anatolia and north-western Iran", In: Thorpe, R.S.(ed.), Andesites. John Wiley and sons,(1982)327-349 p.
- [14] Keskin M., Pearce J.A., Mitchell J.G., "Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum- Kars Plateau", Northeastern Turkey. *J. Volanol. and geothermal Rs.* (1983)55-404p.

ضعیف (Nb و Ta) برای برخی از نمونه‌ها احتمالاً نشان دهنده آلیش مagma با مواد پوسته‌ای است.

۴ نمودارهای محیط زمین ساختی نشان می‌دهند که بازالتها در پیرامون محیط‌های فعال قله‌ای و قوس‌های آتش‌شانی پس از برخورد تشکیل شده‌اند.

۵ ماگماتیسم شمال غرب ایران و آذربایجان و شرق آناتولی سرگذشت زمین‌شناسی و محیط زمین ساختی مشابهی را در پلیو - کواترنری داشته‌اند. این همانندی در نمودارهای تغییرات عنصر کمیاب قابل مشاهده است. در این دوره شمال غرب ایران و شرق ترکیه، فلات مرتفعی را تشکیل می‌داده و در اثر برخورد و ادامه همگرائی تختگاه عربی - اوراسیایی، کوتاه‌شدنی، ضخیم‌شدنی، و بالا‌آمدگی پوسته‌ای شاخصی در این مناطق به وجود آمده است. در اثر کاهش ناگهانی فشار در گوشته بالا آمده و به علت ایجاد شکستگیها و گسل‌های راستای لغزش عمیق، ذوب بخشی در گوشته استنوسفری شروع شده و ماگماتیسم قلیایی بازی پلیو- کواترنری آذربایجان و شمال غرب ایران شکل گرفته است.

تشکر و قدردانی

مطلوب این مقاله بخشی از رساله دکترای مؤلف اول است که از سوی دانشگاه تبریز مورد حمایت مالی قرار گرفته است. لذا نویسنده‌گان از مسئولین محترم دانشگاه تبریز و نیز از هیئت تحریریه و داوران مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی که با نظرات سازنده خود موجب ارتقای سطح مقاله شدند تشکر می‌شود.

مراجع

- [1] McBirney A.R., "Igneous petrology", Sec., ed., John and Bartlett. Pub,(1993)507 p.
- [۲] وثوقی عابدینی م، "مقدمه‌ای بر تحقیقات پتروگرافی و پترولوزی و لکانیک‌های بازیک دوران چهارم منطقه آذربایجان"، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۵۶) ۶۹.
- [۳] سیار میانده‌ی ا، "بررسی پتروزنتیکی بازالت‌های کواترنر آذربایجان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران (۱۳۷۲) ۱۹۹ صفحه.
- [۴] عامل ن، "مطالعه پترولوزی نوار و لکانیکی شمال گسل تبریز"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز (۱۳۷۳) ۱۶۷ صفحه.