

Geology, petrography and geochemistry of Eocene lavas from the north of Yusuf-Khan-Kandi, north of Lahrud, Ardabil Province

Morteza Khalatbari Jafari^{1*}, Amir Shariari¹, Mohammad Faridi²

1. Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

2. Geological Survey of Iran, Tabriz, Iran

Article info Article history Received: 17 June 2023 Accepted: 01 September 2023 Keywords: Basalt, picrobasalt, alkaline serie, shoshonite, Eocene, Lahrud, Ardabil.



Abstract The study area is located in the north of the Yusef -Kandi village, north of Lahrud, Ardabil Province (northwestern Iran). This area comprises portions of the Alborz-Azarbaijan structural zone, which together with the Little Caucasus and the highlands of southeastern Turkey have evolved due to the convergence of the Arabian and Eurasian plates during the Alpine-Himalayan orogeny. The study area includes outcrops of Eocene volcanic and volcano-sedimentary sequences which were deposited in marine to continental environments. The volcanic portion of these sequences consists of volcanoclastic rocks as well as lava flows. A few acidic volcanic rocks and ignimbrite are locally exposed in this area. The petrographic studies show that the Yusef-Khan-Kandi volcanic rocks include picrobasalt, basalt, tephrite. basanite. trachybasalt, basaltic trachyandesite, phenotephrite. tephrophenolite, trachyandesite and trachyte compositions. Phyric texture is common within the volcanic lavas. The majority of the samples show transitional to potassic trends, with only a few samples exhibiting sodic trends. The transitional trend observed in a significant number of the studied samples probably has resulted from the mingling of the sodic and potassic magmas. The Harker binary variation diagrams indicate trends that are consistent with fractional crystallization. The chondritenormalized REE patterns and primitive mantle-normalized spider diagrams show high LREE/HREE ratios which could be explained by partial melting of an enriched mantle (including asthenospheric) or a metasomatized mantle in collisional to continental arc environments. Most of the studied volcanic rocks plot in the active continental arc or within plate domains. It seems that following the convergence between the Arabian and Eurasian plates in the Late Cretaceous, the northward subducting Neotethyan slab in the Eocene, triggered partial melting of the metasomatized subcontinental lithospheric mantle. Therefore, we suggest that the Yusef-Khan-Kandi Eocene volcanic rocks were erupted in a post-collision extensional environment.

Introduction

The study area is located in the north of the Yusef -Kandi village, north of Lahrud, Ardabil Province (northwestern Iran). This area comprises portions of the Alborz-Azarbaijan structural zone (Alavi, 1991; Babakhani and Khan Nazer, 1991), which together with the Little Caucasus and the highlands of southeastern Turkey, have evolved due to the

DOI http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.10393

*Corresponding author: Morteza Khalatbari Jafari; E-mail: <u>khalat1965@live.com</u> How to cite this article: Khalatbari Jafari, M., Shariari, A., Faridi, M., 2023. Geology, petrography and geochemistry of Eocene lavas from the north of Yusuf-Khan-Kandi, north of Lahrud, Ardabil Province. Kharazmi Journal of Earth Sciences 9(1), 1-31. <u>http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.10393</u> convergence of the Arabian and Eurasian plates during the Alpine-Himalayan orogeny. **Material and methods**

We used the data of field observations, petrography and geochemical analyses. The major and trace elements of the samples were analyzed by X-ray fluorescence (XRF) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) at the GSI laboratories in Tehran and Karaj.

Results and discussion

The study area includes outcrops of Eocene volcanic and volcano-sedimentary sequences which were deposited in marine to continental environments. The older rocks of the area, consist of Alahyarlo ophiolitic mélange that was metamorphosed in green schist facies. The Late Cretaceous recrystallized limestone and dolomite tectonically overlie the mélange Eocene assemblages. The volcanosedimentary sequence contains a basal conglomerate overlying the older units with an angular unconformity. Paleontological study of the intercalated limestone lenses within the volcano-sedimentary sequence reveals a Middle-Late Eocene age. The volcanic portion of this sequence consists of volcanoclastic rocks as well as lava flows. A few acidic volcanic rocks and ignimbrite are locally exposed in this area.

Epiclastic breccias with interlayers of pillow lava are exposed on the basal conglomerate of the studied sequence. Weakly rounded pebbles in the poorly sorted epiclastic breccias are cemented by carbonate and hyaloclastite materials. The pebbles include older ophiolitic and sedimentary rocks as well as Eocene volcanic pebbles. The clasts vary from meter-sized boulders to centimeter- to decimeter-sized pebbles. Sandstone and marl layers are exposed above the epiclastic breccia

and pillow lava. The volume of epiclastic breccia, pillow lava and sedimentary rocks decreases at the expense of increasing volume of volcanic lava toward the top of the sequence. A thick massif lava flow, with concentric columnar jointing at the bottom, possibly indicates a fossil lava lake. Ropy, megaphyric-phyric lavas and ignimbrite are exposed towards the top of the sequence. Olivine basalt and picritic lava crop out at the top of the volcano-sedimentary sequence. The decreasing volume of epiclastic breccia, pillow lava and hyaloclastite, and increasing phyric-megaphyric lavas towards the top of the sequence confirms that the Eocene volcanic eruptions gradually changed from a subaqueous to a subaerial environment.

The microscopic studies show that the Yusef-Khan-Kandi volcanic rocks include picrobasalt, basalt. tephrite, basanite. trachybasalt, basaltic trachyandesite, phenotephrite, tephrophenolite, trachyandesite and trachyte compositions. Phyric texture is common within the volcanic lavas. Fresh olivine is a major constituent mineral in the basic lavas. Two generations of clinopyroxenes (augite) are abundant in picrobasalts, olivine basalts and basalts. The first generation of clinopyroxene show anhedral shapes with zoning, spongy texture, and reaction rims. The second generation of clinopyroxene exhibits euhedral shape and glomeroporphyritic texture. The second generation of clinopyroxenes is sometimes formed as a thin rim around the first generation of clinopyroxenes. It is possible that the first generation of clinopyroxenes is the result of crystallization from a parental sodic magma which has been corroded due to the reaction with alkaline potassic magma (Soltan Mohammadi, 2018). The presence of analcime as the main mineral, together with sodalite in phenotephrite, tephrophenolite and basaltic trachy-andesitic lavas confirms the alkaline and undersaturated nature of these lavas. Finegrained lherzolitic xenolithes are occasionally found in the picrobasaltic lavas. The presence of the fine-grained olivine basaltic to basaltic autolith confirms mingling of the basaltic and trachytic magmas.

Except for few trachybasalt, а trachyandesite and tephrite basanite samples that plot in the subalkaline field, all other samples follow alkaline and shoshonitic trends. In the sodic-potassic discrimination diagram, the majority of the samples show transitional to potassic trends, with only a few samples exhibiting sodic trends. The transitional trend observed in a significant number of the studied samples probably has resulted from the mingling of the sodic and potassic magmas. The Harker binary diagram variations indicate trends that are consistent with fractional crystallization.

The chondrite-normalized patterns of the samples, show slight light rare earth elements (LREE) enrichment in comparison to heavy rare earth elements (HREE). A gentle slope from La to Yb of these patterns, coupled with a significant decrease in middle rare earth elements (MREE) (for example La/Gd>10) probably indicate the presence of garnet in the

References

- Alavi, M., 1991. Tectonic Map of Middle East, scale 1:5000000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Babakhani, A.R., Khan Nazer, N., 1991. Geological Map of Lahrud, Scale 1: 100000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Khalatbari Jafari, M., Babaie, H.A., Moslempour., 2016. Mid-ocean-ridge to suprasubduction

mantle Although, high source. the LREE/HREE ratios could also be resulted melting of an enriched from partial asthenospheric mantle or a metasomatized mantle in collisional to continental arc environments.

Some primitive mantle-normalized spider diagrams show depletion in Rb, Nb, Ta and P. Additionally, some spider diagrams display enrichment in Cs, Th, U, La, K and Zr. These geochemical characters with depletion in Ti, Nb and Ta could be attributed to partial melting of either a metasomatized mantle or a low grade partial melting of a depleted mantle source. Most of the studied volcanic lavas plot in the active continental arc or within plate domains.

Conclusion

It seems that following the convergence between the Arabian and Eurasian plates in the Late Cretaceous (e.g. Khalatbari jafari et al., 2016 and references therein), the northward subducting Neotethys slab in the Eocene, triggered partial melting of the metasomatized subcontinental lithospheric mantle of the Central Iranian microplate. Therefore, we suggest that the Yusef-Khan-Kandi Eocene volcanic rocks were erupted in a post-collision extensional environment.

geochemical transition in the hypabyssal and extrusive sequences of major Upper Cretaceous ophiolites of Iran. Geological Society of America, doi:10.1130/2016.2525(07).

Soltanmohammadi, A., Rahgoshay, M., 2015. Mineralogy and geochemistry of analcime bearing alkaline rocks in Salavat range, Azerbaijan Magmatic Plateau, NW Iran. Petrology 22, 91-118. In Persian.

CRediT authorship contribution statement





مقاله پژوهشی ^{دسترسی} _{آزاد} مجله علوم زمین خوارزمی Journal homepage https://gnf.khu.ac.ir



زمینشناسی، پتروگرافی و ژئوشیمی گدازههای آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان *ک*ندی، شمال لاهرود، استان اردبیل

> مر تضی خلعتبری جعفری^{(*}، امیر شهریاری^۱، محمد فریدی^۲ ۱. پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمینشناسی کشور، تهران، ایران ۲. سازمان زمینشناسی کشور، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله	چکیدہ
تاريخچه مقاله	محدوده مورد مطالعه، در شمال روستای یوسفخان کندی و شمال شهرستان لاهرود (استان اردبیل) واقع است. این
دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷	منطقه در شمال باخترى ايران واقع بوده و جزيي از پهنه ساختاري البرز-آذربايجان است كه همراه با پهنه قفقاز كوچك
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۰	و ارتفاعات جنوب خاوری ترکیه، ضمن برخورد پلیت عربی با اورازیا طی کوهزایی آلپ-هیمالیا شکل گرفتهاند. محدوده
واژه های کلیدی	مورد مطالعه، دربردارنده تناوبی از سنگهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی ائوسن است که در محیط زیرآبی تا خشکی
بازالت،	تشکیل شدهاند. بخش آتشفشانی این توالی، از سنگهای ولکانوکلاستیک و جریانهای گدازه تشکیل شده است. سنگ-
پيكروبازالت،	های آتشفشانی اسیدی و ایگنمبریت بصورت محلی برونزد دارند. طبق مطالعات پتروگرافی، گدازههای آتشفشانی یوسف-
سری آلکالن،	خان كندى شامل انواع پيكروبازالت، بازالت، تفريت بازانيت، تراكى بازالت، بازالتيك تراكى آندزيت، فنوتفريت، تفروفنوليت،
شوشونیت،	تراکی آندزیت و تراکیت هستند. بافت میکروسکوپی غالب در این گدازهها فیریک است. اکثر نمونهها تمایل انتقالی تا
ائوسن، لاه بدر	پتاسیک و تعداد کمی نیز روند سدیک نشان میدهند. روند انتقالی در تعداد قابل توجهی از نمونههای مورد مطالعه
د مرود، ار دییل.	ممکن است ناشی از آمیختگی ماگماهای پتاسیک و سدیک باشد. تغییرات در نمودارهای دوتایی هارکر دلالت بر اهمیت
	تفریق ماگمایی در ژنز این سنگها را دارد. الگوهای بهنجارشده عناصر نادر خاکی و نمودارهای عنکبوتی، دارای نسبت-
	های بالای LREE/HREE هستند که ممکن است ناشی از ذوب بخشی گوشته غنی شده (از جمله آستنوسفر) و یا
	گوشته دگرسان بوده باشد که در مناطق برخوردی و کمان قارهای گزارش شدهاند. در نمودارهای تکتونوماگمایی، بیشتر
	گدازههای آتشفشانی مورد مطالعه، در قلمروی حاشیه فعال قارهای و تعدای نیز در محدوده درون صفحهای قرار
E1:609-04**	می گیرند. به نظر میرسد که به دنبال همگرایی و برخورد صفحه عربستان با اوراسیا از کرتاسه بالایی و فرورانش رو به
	شمال پوسته اقیانوسی نئوتتیس طی ائوسن، موجب شده است تا گوشته لیتوسفری زیرقاره که پیشتر توسط مولفههای
	فرورانشی غنی شده بود، دچار ذوب بخشی گردد. این احتمال وجود دارد که گدازههای آتشفشانی ائوسن منطقه
	یوسفخان کندی در یک پهنه کششی پسابرخوردی فوران کرده باشند.

مقدمه

محدوده مورد مطالعه، در شمال روستای یوسفخان-کندی در شمال لاهرود (استان اردبیل) واقع شده است. این منطقه مابین طولهای جغرافیایی ″۲۹٬۰۷ تا

۳۳ /۲۵ ۴۵ ۴۷۰ خاوری و عرض های جغرافیایی ۳۳ /۳۳ ۶۹ ۳۸۰ تا ۳۷ /۳۲ ۳۸ شمالی، در شمال خاوری ورقه Didon and Gemain, اهر (۱:۲۵۰۰۰۰ لاهی رود (1978)، و باختیر ورقه۱:۱۰۰۰۰۰ لاهی

DOI http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.10393

*نویسنده مسئول: مرتضی خلعتبری جعفری live.com@live.com استناد به این مقاله: خلعتبری جعفری، م.، شهریاری، ا.، فریدی، م. (۱۴۰۲) زمینشناسی، پتروگرافی و ژئوشیمی گدازههای آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی، شمال لاهرود، استان اردبیل، ایران. مجله علوم زمین خوارزمی. جلد ۹، شماره ۱، صفحه ۱ تا ۳۱. http://doi.org/10.22034/KJES.2023.9.1.10393 بازالتهای منشوری ائوسن در جنوب خاوری

شهرستان گرمی، سرشت ماگمایی آلکالن داشته و در

یک محیط کششی یسافرورانش فوران کردهاند. طبق

مطالعات سودی آجیرلو و جهانگیری (Sudi Ajirlu

and Jahangiri, 2010) شمال باخترى ايران همراه با

ترکیه و قفقاز کوچک، تحت تأثیر حرکات صفحهی

عربي طي سنوزوئيک قرار گرفته است. اميني و

شیدایی (Amini and Shydaei, 1995) گدازههای

آتشفشانی شمال باختری مشکین شهر را دارای

سرشت آلکالن دانستهاند. بر اساس مطالعات

سلطان محمدی و رهگشای (Soltan Mohammadi

and Rahgoshay, 2015)، رشته کوه صلوات در خاور

محدوده مورد مطالعه، دربردارنده گدازههای آلکالن و

شبكه وسيعى از دايكها است. اين محققان،

سنگهای آلکالن رشته کوه صلوات را به دو گروه

تقسیم کردهاند: ۱- گدازههای با ترکیب آنالسیمیت،

برشهای آنالسیمدار و گدازههای بالشی تفریتی

آنالسیمدار. ۲- دایکهای تفریتی، فنو-تفریتی و

لامپروفيري. بنابراين، بررسيهاي بيشتر

زمین شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی سنگهای

آتشفشانی ائوسن در مناطق کمتر مطالعه شده یا

ناشناخته شمال باختری ایران، می تواند به درک بهتر

ولكانيسم طي اين بازه زماني كمك كند.

(Babakhani and Khan Nazer, 1991) قرار گرفته است (شکل ۱). این محدوده، در کمان ماگمایی البرز-آذربایجان (Alavi, 1991) جای دارد (شکل ۱–a). این کمان، در محل برخورد صفحههای عربی-اوراسیا واقع شده که همراه با قفقاز کوچک، ارتفاعات جنوب خاوری ترکیه و ارتفاعات شمال باختری ایران (شکل a-۱)، طی کوهزایی آلیی-هیمالیا شکل گرفتهاند .(e.g. Allen et al., 2004; Dilek and Sandvol, 2009) بر یایه مطالعات پیشین، سنگهای آتشفشانی و توده-های نفوذی سنوزوئیک در جای جای این پهنه e.g., Allen et al., 2004;) برخوردی برونزد دارند برفارد ا Dilek and Sandvol, 2009). نقطه نظرهای متفاوتی در مورد ولکانیسم سنوزوئیک (بخصوص ائوسن) در مناطق مختلف آذربایجان وجود دارد. بر پایه مطالعات ریو (Riou, 1979)، گدازههای تحت اشباع از سیلیس در آذربایجان به صورت محدود برونزد دارند و با توجه به رخنمون گدازههای کالکآلکالن، آلکالن و شوشونیتی، پیشنهاد شده است که سریهای ماگمایی ائوسن منطقه آذربایجان، در یک ریفت قارمای تشکیل شدهاند.

بر اساس مطالعات احمدزاده و همکاران (Ahmadzadeh et al., 2010)، گدازههای آتشفشانی شمال باختری مرند، روند ماگمایی پتاسیک و سدیک را نشان میدهند. بر اساس مطالعات مبشرگرمی و جهانگیری (Mobashergermi and Jahangiri, 2017)،



لمتال ۲ ۵۵ مین شناسی ساده شده شمال یوسف خان کندی. رسم مجدد با برخی تغییرات از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ لاهرود (Babakhani and) نقشه زمین شناسی ساده شده شمال یوسف خان کندی. رسم مجدد با برخی تغییرات از نقشه ۱:۱۰۰۰۰ لاهرود (Khan Nazer, 1991).

.(IXIIaii Ivazei, 1991

Fig.1. a) The structural map of NW Iran (modified from Alavi, 1991). The rectangle shows the location of the study area (Fig. b). b) Simplified geological map of the Yusef-Khan-Kandi region modified from the Lahrud map, scale 1:100000 (Babakhani and Khan Nazer, 1991).

مواد و روشها

اگرچه در پیشینه مطالعاتی ناحیه آذربایجان، می-توان به اطلاعات ارزشمندی در مورد ولکانیسم ائوسن دست یافت، اما دادههای زمین شناسی، یتروگرافی و ژئوشیمی جامعی از سنگهای آتشفشانی شمال یوسفخان کندی در دسترس نیست. لذا توالی آتشفشانی-رسوبی در این منطقه انتخاب و برداشتهای صحرایی صورت گرفت. در این راستا، ضمن بهرهگیری از نقشههای توپوگرافی (نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مشیران) و زمین شناسی منتشر شده و تصاویر ماهوارهای، نقاط برداشت نمونهها نیز با جی پی اس اندازه گیری شدند. ارتباط بین واحدهای مختلف به دقت بررسی شده و حاصل آن به صورت ستون چینهنگاری (شکل ۲) نشان داده شده است. پس از تهیه مقاطع نازک، مطالعات پتروگرافی انجام و طی آن، نمونههای سالمتر جهت انجام تجزیههای شیمیایی انتخاب و به آزمایشگاه ارسال شدند. در آزمایشگاه سازمان زمین-شناسی (تهران)، اکسیدهای اصلی به روش XRF و در آزمایشگاه مرکز کرج، عناصر نادر و کمیاب به روش ICP-MS اندازه گیری شدند. نتایج آنالیزها در جدول ۱ آورده شده است. نتایج تجزیههای شیمیایی با کمک نرمافزارهای Excel و Igpet 2007 در نمودارهای ژئوشیمیایی ترسیم و سپس در نرمافزار Corel DRAW X6 مرتب شدند.

بر اساس بررسیهای صحرایی، قدیمی ترین واحد زمین شناسی در محدوده مورد مطالعه، آمیزه افیولیتی الهیارلو است که دربردارنده سرپانتینیت، متاگابرو، متاولکانیک و متاپلیت میباشد. این سنگها در

محدوده رخساره شیست سبز دگرگون شدهاند Babakhani and Khan Nazer, 1991; Barzegar and) بر (Pourkermani, 2010; Sudi Ajirlu et al., 2010). بر روی این مجموعه، سنگ آهک کم و بیش متبلور (شکل ۲) با سن کرتاسه بالایی به صورتی تکتونیزه Babakhani and Khan Nazer,) (1991).

سنگهای آتشفشانی-رسوبی ائوسن، تناوب قابل ملاحظهای را در منطقه مورد مطالعه تشکیل دادهاند. در باختر منطقه، در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰ خوجا، سه واحد سنگ آهک نومولیتدار با میکروفسیلهای ائوسن میانی شناسایی شده است (Faridi and Khalatbari Jafari, 2006). در شمال منطقه مورد مطالعه نیز در میان رسوبات توربیدایتی مغان، میکروفسیل های ائوسن میانی تا بالایی یافت شدهاند (Babakhani and Khan Nazer, 1991). بنابراین، می-توان سن توالی آتشفشانی-رسوبی در شمال یوسفخانکندی را به ائوسن نسبت داد. بر اساس ، E^{br} بررسیهای صحرایی، واحدهای زمین شناسی E^{ba} , E^{ig} , E^{mp} , E^t , E^{bt2} , E^{ba2} , E^{bt1} , E^{pt} , E^{ba1} , E^{ms} در شمال یوسفخان کندی شناسایی شدند که ارتباط آنها به صورت ستون چینهنگاری نشان داده شده است (شکل ۲).

Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2025-06-08]

جدول ۱-آنالیز سنگ کل عناصر اصلی (wt.%) و کمیاب (ppm) نمونههای آتشفشانی محدوده یوسفخانکندی، شمال لاهرود. Table 1. Whole rock major (wt.%) and trace element (ppm) analyses of volcanic samples of the Yusef-Khan-Kandi area, north of Lahrud.

Sample	LR-2	LR-36	LR-23	LR-24	LR-10	LR-16	LR-17	LR-47	LR-30	LR-33	LR-1	LR-5	LR-7
Rock type	Picrobasa	alt Basalt	Trachy	vbasalt	Tephr	ite-basa	nite	Phonoteph rite	Basaltic- Trachy- andesite	Tephroph onolite	Trachy- andesite	Trach	yte
SiO ₂	43.4	46.0	49.2	48.2	51.0	46.0	44.5	49.1	50.1	55.1	58.6	61.2	60.6
TiO ₂	0.9	1.1	1.0	1.5	0.7	1.1	1.1	0.9	0.6	1.1	0.9	0.4	0.5
Al ₂ O ₃	13.5	16.7	17.4	18.7	19.9	18.3	18.4	18.9	18.9	17.9	16.7	19.2	18.6
Fe ₂ O _{3*}	12.8	13.6	10.9	10.7	6.9	10.7	11.6	8.0	9.0	6.3	6.2	3.2	3.7
MnO	0.2	0.3	<.1	<.1	0.7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	<.1	0.2	<.1
MgO	10.1	5.7	2.3	2.7	1.9	2.6	3.5	1.5	1.8	1.1	1.0	1.0	0.7
CaO	13.6	9.0	9.9	8.3	7.0	9.9	10.2	8.0	9.7	3.2	6.1	2.5	2.6
Na ₂ O	2.7	2.3	3.0	3.3	3.6	3.2	3.3	3.8	3.0	3.9	3.5	4.2	4.2
K ₂ O	0.5	2.2	3.7	3.4	4.4	3.4	3.1	5.0	4.2	7.5	3.9	6.6	7.5
P_2O_5	0.4	0.4	0.7	0.9	0.6	0.9	1.1	0.8	0.6	0.4	0.5	0.2	0.1
L.O.I.*	1.3	2.3	1.4	1.8	2.7	3.0	2.6	3.0	1.3	2.9	2.2	1.2	1.2
Total	99.5	99.6	99.6	99.6	99.5	99.5	99.5	99.3	99.6	99.7	99.6	99.8	99.7
Sc	40.8	25.5	27.0	16.6	7.40	13.5	19.0	12.5	15.0	5.91	7.18	1.39	3.25
Co	49.4	32.1	23.5	21.3	14.0	20.3	25.2	17.1	21.6	6.72	16.5	2.68	2.28
Rb	35.2	51.7	52.6	82.6	101	47.0	54.4	66.0	74.6	233	111	174	206
Zr	206	194	253	528	608	431	379	336	174	1031	455	781	881
Nb	9.69	11.2	10.1	45.4	54.9	32.3	28.1	23.6	8.63	88.2	31.1	60.7	63.0
Cs	1.07	0.57	1.24	2.83	3.90	2.29	2.89	1.43	1.68	7.13	2.10	8.01	6.08
La	38.9	37.1	35.0	70.2	83.3	70.5	66.4	47.0	39.9	124	72.1	115	107
Ce	65.1	62.0	60.0	117	137	118	113	78.9	66.8	197	112	173	164
Pr	8.19	7.75	8.20	14.2	15.5	14.3	13.9	9.86	8.23	21.7	12.6	18.1	17.7
Nd	34.0	30.6	32.9	51.0	54.5	54.6	52.4	40.3	32.5	75.6	47.5	65.0	59.2
Sm	6.67	6.62	6.91	8.98	9.53	10.3	10.3	8.63	6.89	13.0	8.24	9.58	9.24
Eu	1.85	2.16	1.92	2.37	2.66	2.78	2.83	2.77	2.20	2.94	2.41	2.44	2.35
Gd	5.71	5.27	5.99	8.27	8.32	8.78	8.68	6.49	5.08	11.1	7.23	9.15	9.14
Tb	0.81	0.83	0.98	1.13	1.03	1.05	1.11	1.00	0.76	1.46	0.85	1.13	1.05
Dy	4.24	4.72	5.34	6.05	5.21	5.52	5.60	4.96	4.34	7.87	4.25	6.06	5.59
Ho	0.83	0.97	1.12	1.17	0.98	1.04	1.08	1.13	0.89	1.52	0.77	1.13	1.11
Er	2.16	2.76	3.21	3.38	2.79	2.78	3.05	2.80	2.45	4.50	2.22	3.38	3.34
Tm	0.32	0.43	0.50	0.52	0.42	0.42	0.42	0.47	0.40	0.71	0.33	0.55	0.53
Yb	1.90	2.68	3.13	3.23	2.85	2.77	2.67	2.86	2.42	4.50	2.05	3.74	3.78
Lu	0.34	0.45	0.54	0.53	0.50	0.49	0.47	0.52	0.41	0.76	0.40	0.72	0.63
Hf	3.54	4.40	4.48	7.70	8.52	6.59	6.03	7.20	3.17	15.2	7.80	12.5	13.2
Та	0.27	0.76	0.55	2.48	2.69	1.88	1.21	3.79	0.45	5.56	2.00	4.40	4.05
Th	7.54	4.20	10.0	17.6	23.7	18.9	15.3	11.5	8.22	42.0	16.2	35.0	34.7
U	1.58	1.09	2.77	3.98	6.04	5.71	3.73	2.54	2.14	10.4	3.21	7.44	7.94
W	0.99	0.66	0.39	1.26	1.29	1.14	0.56	0.80	0.55	4.21	1.67	2.61	2.64



شکل ۲- ستون لیتواستراتیگرافی عمومی از سنگهای آتشفشانی ائوسن در محدوده یوسف خان کندی، بر اساس برداشتهای صحرایی. Fig.2. Generalized lithostratigraphic column of the Eocene volcanic rocks in the Yusef-Khan- Kandi area, based on field observations.

الهیارلو و سنگهای رسوبی پالئوزوئیک و مزوزوئیک است. به سمت بالای واحد، گدازههای بالشی با ترکیب تراکیبازالت و تفریت رخنمون دارند. بر روی آنها، برش اپیکلاستیک نهشته شده که دربردارنده قطعه-های کم و بیش گرد شده هستند و نشان از حمل و واحد^bF^b، بطور عمده از برش اپی کلاستیک تشکیل شده است (شکل ۲). این واحد در قاعده شامل کنگلومرا است که بر روی آمیزه افیولیتی الهیارلو به صورتی دگرشیب نهشته شدهاند. واحد کنگلومرایی دربردارنده قطعههای گردشده از افیولیت

نقل در محیط آبدار دارد. گاهی این قطعهها توسط زمینهای از خردههای بلورین سبز رنگ به خصوص اپیدوت و کلریت، هیالوکلاستیت و سیمان کربناته در برگرفته شدهاند. اندازه قطعهها متفاوت است به طوری که از اندازههای نزدیک به یک متر (بولدر) تا قطعه-های در ابعاد سانتیمتری و دسیمتری متغیرند. این واحد به صورتی تدریجی به واحد E^{ms} تبدیل شده است.

واحد E^{ms}، شامل شیل، ماسه سنگ و مارن است (شکل ۲) که به صورتی تدریجی به واحد E^{bal} تبدیل شده است. واحد E^{ba1} دربردارنده گدازه و هیالوکلاستیت (شکل ۳- a و b) با ترکیب بازالت، بازانیت و تفریت است و به سمت بالای واحد، بر فراوانی گدازه اضافه شده است (شکل ۲ و ۳- a). گاهی در قاعده این واحد، توف و برش فروژن (ferrogenous tuff) همراه با برش هیالوکلاستیک برونزد دارند. در شمال خاوری محدوده مورد مطالعه، رخنمونهای دریاچه گدازهای فسیل (fossil lava lake) (شکل c-۳) دیده می شوند که دارای شکستگی-های شعاعی هم مرکز در قاعده جریان گدازه هستند. این سنگها دربردارنده فنوکریستهای درشت الیوین و کلینوپیروکسن و به صورت جانبی دارای فنوکریستهای پلاژیوکلاز و آنالسیم بوده که نشانگر تغییرات جانبی این واحد با واحد E^{pt} است. واحد E^{pt}، شامل تناوبی از برش و گدازه با ترکیب تراکیبازالت، بازالتیک تراکی آندزیت و فنوتفریت است و به سمت بالای واحد بر مقدار برش اضافه شده است. در بالای واحد، بقایای دریاچه گدازهای فسیل و گدازههای بالشی تا طول ۵ متر را نیز میتوان یافت

(شکل ۳- d). این واحد به صورتی تدریجی به واحد E^{bt1} تبدیل شده است (شکل ۲).

واحد E^{bt1}، حاوی گدازههای با ترکیب بازالتیک تراکی آندزیت و تراکی بازالت است (شکل e-۳) که گاهی به صورت بالشی دیده می شوند. گدازههای واحد ابر روی آنها ریخته شدهاند (شکل ۲). واحد ${\rm E}^{{
m ba}2}$ E^{ba2}، شامل گدازههای با ترکیب بازالت، تراکی بازالت، تفریت و بازانیت است که در محیط خشکی بیرون ریختهاند. این سنگها دارای فنوکریستهای درشت E^{bt1} پيروكسن بوده و به صورتى تدريجى بر روى واحد و در زیر واحد E^{bt2} قرار گرفتهاند. واحد E^{bt2} ، شامل گدازههای با ترکیب بازالت، بازانیت، تفریت و تراکیت است که به صورت متناوب با برش هیالوکلاستیک دیده میشوند. گاهی در لابلای قطعههای برش، کربنات (شکل ۲– f) و خردههای کانی های سبز مانند کلریت و اپیدوت یافت شدند که نشان میدهد که بخشهایی از این واحد در محیط آبدار سرد شدهاند. واحد Et، دربردارنده تناوبی از گدازه بازالتیک آندزیتی، برش و توف و گدازه اسیدی در بالای واحد است (شکل g-۳). با توجه به وجود گدازههای اسیدی در بالا و گدازههای بازیک در زیر واحد، شاید بتوان فوران آنها را با ولكانيسم دوگانه توجيه كرد. گاهي در لابلای گدازهها، برش نیز یافت شده است. گدازه-های واحد E^{mp} بر روی این واحد نهشته شدهاند.

واحد ^{mp}، دربردارنده گدازههای طنابی، پورفیریک تا مگاپورفیریک (شکل ۴– ۵) با ترکیب تفریت، بازانیت و تفروفنولیت و هیالوکلاستیت است. بخش زیرین این واحد ساختاری طنابی دارد، اما به سمت بالا و به صورت تدریجی شکل بالشی یافتهاند.

بنابراین، شاید بتوان نتیجه گرفت که فوران گدازههای مگاپورفیریک در شرایطی بین محیط خشکی تا آبدار

رخ داده است. ایگنمبریتهای واحد E^{ig} برروی آن نهشته شدهاند (شکل ۴– b).

شکل ۳-تصاویر صحرایی واحدهای سنگی منطقه موردمطالعه. a) رخنمون برش هيالوكلاستيك، هیالوکلاستیت و گدازه (واحد E^{ba1}) در شمال باختری روستای نوری کندی. b) حضور قطعههای آتشفشانی با فرسایش کروی در هیالوکلاستیت. c) جریان گدازهای ضخیم در میان هيالوكلاستيت و گدازه بالشي (واحد E^{bal})، که دارای شکستگیهای منشوری در پایین بوده و ممکن است که یک دریاچه گدازهای فسیل (fossil lava lakes) باشد. d) گدازه بالشي (واحد E^{pt}). e) تصوير پانوراما از گدازههای آتشفشانی (واحد E^{bt1}) در خاور روستای ویجینی. f) قطعههای برش (واحد^{Ebt2}) با سیمان کربناته، روستای قلدر کهلی. g) تصویر پانوراما از گدازههای آتشفشانی (واحد E^t)، خاور خرده قشلاق.

Fig.3. Field photographs of the rock units in the study area. a) the exposure of the hyaloclastic breccia, hyaloclastite and lava (E^{ba1}) in the northwest of Nouri Kandi village. b) the presence of volcanic fragments showing spherical weathering in the hyaloclastite. c) thick massif lava flow interbedded with hyaloclastite and pillow lava (E^{ba1}), with columnar jointing at the bottom, possibly showing a fossil lava lake. d) pillow lava (E^{bt1}), e) panoramic images of the volcanic rocks of the E^{bt1}, east of Vijini village. f) fragments of the breccia (E^{bt2}) cemented by carbonate, Qoldor Kohli village. g) Panoramic images of the volcanic lavas (E^t), east of Khurdeh Qeshlaq.



زمین شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمی گدازههای آتشفشانی ائوسن ...



Fig.4. Field photographs of the rock units in the study area. a) the porphyric-megaporphyric texture in the pillow lava (E^{mp}) . b) the ignimbrites (E^{ig}) overlying the megaporphyric lava (E^{mp}) , north of Yusuf Khan Kandi village. c) Dark fragments in the ignimbrite-breccia of the unit E^{ig} , north of Yusef-Khan-Kandi village. d) dark enclave (olivine basalt) with lobate contact, embedded in the ignimbrite (E^{ig}) . e) the pseudofiamme in the ignimbrite (E^{ig}) . f) pyroxenite enclave in the picrobasaltic lava (E^{ba}) .

همبری بینابینی با خمیره هستند. ایگنمبریت-گدازه دارای فیامهای دروغین فراوان است (شکل ۴– e) که اغلب توسط فلدسپار پر شدهاند. در شمال روستای یوسف خانکندی، این واحد توسط الیوین بازالت واحد ^{Eba} پوشیده شده است.

واحد E^{ba}، شامل گدازههای با ترکیب الیوین بازالت و پیکروبازالت است که به صورت متناوب بر روی هم ریخته شدهاند. زنولیتهای پیروکسنیت واحد E^{ig}، شامل ایگنمبریت-برش، ایگنمبریت-توف و ایگنمبریت-گدازه با ترکیب تراکی آندزیت و تراکیت است که توسط دایکهای بازیک قطع شدهاند. ایگنمبریت-برش در قاعده و ایگنمبریت-گدازه در بالای واحد جای دارد. این واحد دربردارنده قطعههای بالای واحد جای دارد. این واحد دربردارنده قطعههای با ابعاد دسیمتری و سانتیمتری (شکل ۴-c و b)، به رنگهای تیره (با ترکیب بازیک-حدواسط) و روشن (با ترکیب اسیدی) در خمیرهای از خردههای آتشفشانی و فیام است. این قطعهها اغلب دارای

(شکل ۴- f) در آنها یافت شده و دارای فنوکریست-های فراوان الیوین و پیروکسن هستند. میتوان گفت که این واحد، جوانترین واحد آتشفشانی ائوسن در منطقه مورد مطالعه است.

پتروگرافی

همانطور که در بخش زمینشناسی اشاره شد، سنگهای آتشفشانی ائوسن دارای ترکیب متنوع بازیک-حدواسط بوده و سنگهای ایگنمبریتی نیز در بالای توالی آتشفشانی-رسوبی دیده میشوند. بر پایه مطالعات پتروگرافی (شکل ۵) و بهره گیری از نمودارهای نامگذاری ژئوشیمیایی (شکل ۶-۵ و ۵)، سنگهای آتشفشانی منطقه یوسفخان کندی را می-توان تحت عناوین پیکروبازالت، بازالت، تفریت بازانیت، تراکی بازالت، بازالتیک تراکی آندزیت، فنوتفریت، تفروفنولیت، تراکی آندزیت و تراکیت دستهبندی نمود.

گدازههای پیکروبازالتی بافت پورفیریک دارند. در این گدازهها، فنوکریستهای الیوین (شکل ۵–۵) و اوژیت سالم هستند، اما فنوکریستهای الیوین به مقدار اندک، در حاشیه و امتداد شکستگیها به سرپانتین دگرسان شدهاند (شکل ۵– ۵). خمیره از بلورهای ریز الیوین، اوژیت، میکرولیتهای پلاژیوکلاز و گاه آنالسیم (شکل ۵– ۵) تشکیل شده است. فنوکریستهای اوژیت در پیکروبازالت، بازالت و منوکریستهای اوژیت در پیکروبازالت، بازالت و تراکیبازالت گاهی دارای ماکل ساعت شنی بوده و در منطقهبندی، بافت اسفنجی و حاشیه واکنشی است. نسل دوم سالم، شکلدار، دارای منطقهبندی و ماکل-دار یافت شده است. گاهی اوژیت نسل دوم به صورت

پهنهای نازک در اطراف اوژیت نسل اول شکل گرفته است. ممکن است که اوژیت نسل اول حاصل تبلور یک ماگمای سدیک و اولیه بوده که در اثر واکنش با ماگمای آلکالن پتاسیک دچار خوردگی و ایجاد هاله واکنشی در اطراف شده است (soltanmohammadi). (et al., 2018).

بر اساس مطالعات اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al., 2013)، وجود خوردگی در حاشیه پیروکسنها، بافت غربالی و منطقهبندی نوسانی در سنگهای آلکالن پتاسیک در نیمه جنوبی جزیره اسلامی، نتیجه اختلاط ماگمایی و آلودگی یوستهای بوده است. گاهی فنوکریستهای اوژیت نسل دوم دارای ماکل هستند (شکل ۵– c). در مواردی در گدازه پیکروبازالتی، زنولیتهای ریز الترامافیک با ترکیب لرزولیت یافت شده است. این زنولیتها، دارای حاشیه واکنشی، خوردهشده و بی شکل بوده و از بلورهای اليوين، كلينوپيروكسن (ديوپسيد) و ارتوپيروكسن (انستاتیت) تشکیل شدهاند. در مواردی، الیوین دارای ساختار کینک است و این حدس را تقویت مینماید که این کانی در یک محیط تکتونیکی همگرا تشکیل شده است (Li et al., 2012). درایگنمبریتهای با ترکیب تراکیتی در شمال روستای یوسفخان کندی و کوه قیز گاچان، زنولیتهای ریز بازیک یافت شدند. این زنوليتها تركيب بازالت تا اليوين بازالت و همبري بینابینی دارند (شکل d-۵). گدازههای بازالتی دارای بافت پورفیریک با خمیره میکروکریستالین و میکرولیتی جریانی بوده و دربردارنده فنوکریستهای اليوين و کلينوپيروکسن هستند. در مواردی، فنوكريستهاى اليوين در امتداد شكستكيها توسط

سرپانتین و تالک جانشین شدهاند (شکل ۵ – e).گدازههای تراکیبازالتی، دارای فنوکریستهای درشت الیوین و اوژیت و فنوکریستهای اوژیت دارای منطقهبندی، بافت اسفنجی و گاهی هم بافت غربالی دارند. فنوکریستهای اوژیت نسل دوم به صورت شکلدار و نیمهشکل و گاهی نیز به صورت نواری نازک در حاشیه کلینوپیروکسن نسل اول دیده میشوند (شکل ۵– f).

در مواردی، فنوکریستهای الیوین همراه با اوژیت نسل دوم به صورت پراکنده یافت شدند (شکل g-a). منطقهبندی در کلینوییروکسنها ممکن است در سه حالت تشکیل شود: ۱) منطقهبندی نوسانی و ساعت شنی که در جریان تبلور ماگما روی میدهد. این نوع از منطقهبندی در پیروکسن و آمفیبول گدازههای تراکی بازالتی و بازالتیک تراکیآندزیتی منطقه مورد مطالعه دیده شد. ۲) منطقهبندی تلاطمی و معکوس که در نتیجه تاثیر متفاوت سیالات در طی تبلور ماگما تشکیل می شود. ۳) منطقهبندی عادی که در اثر تبلور تفریقی و طی صعود ماگما روی میدهد (Aydin et al., 2009) و در اوژیت گدازههای شمال يوسف خان كندى فراوان است. شايد بتوان حالت نخست را موجب تشکیل اوژیت ساعت شنی در گدازههای مورد مطالعه دانست که البته نیاز به بررسیهای کانیشناسی تکمیلی دارد. در گدازههای فنوتفریتی، آنالسیم به صورت فنوکریست و در گدازه-های تفروبازانیتی و بازالتیک تراکیآندزیتی به صورت فرعی یافت شده است. گدازههای فنوتفریتی دربردارنده فنوكريستهاى پلاژيوكلاز از نوع آندزين تا الیگوکلاز هستند. فنوکریستهای آنالسیم به

صورت بی شکل تا خودشکل و هشتوجهی دیده می-شوند. گاهی هم کانیهای ریز از خانواده سودالیت در سطح آنها یافت میشود.

در گدازههای فنوتفریتی و تفروبازانیتی، آپاتیت به صورت میانبار و یا به صورت پراکنده دیده میشود (شکل ۵– h). تفروبازانیت دارای فنوکریستهای پلاژیوکلاز با بافت غربالی است که ممکن است در اثر برداشته شدن سریع فشار شکل گرفته باشد (Nelson برداشته شدن سریع فشار شکل گرفته باشد (nelson برداشته شدن سریع فشار شکل گرفته باشد (nelson برداشته شدن سریع فشار شکل گرفته باشد (nelson برداشته ممراه با اوژیت به صورت گلومروکریست دیده میشود. شواهدی از لوسیت اولیه نیز در درون آنالسیم یافت شده است. گاهی آپاتیت به صورت بلورهای ریز و سوزنی شکل در خمیره پراکندهاند. کانیهای اپاک به صورت بلورهای ریز و درشت تشکیل شدهاند (شکل ۵– h).

گدازههای بازالتیک تراکی آندزیتی در بردارنده فنوکریستهای الیوین، اوژیت و آنالسیم هستند. در گدازههای تراکی آندزیتی، فنوکریستهای پلاژیوکلاز با منطقهبندی نوسانی (شکل ۵- i) و بافت غربالی دیده میشوند. بر پایه مطالعات ویلشیر و همکاران (Willshire et al.,1996) بر روی بازالتهای آلکالن در ناحیه آتشفشانی Cima در کالیفرنیا، منطقهبندی نوسانی در پلاژیوکلازها، ناشی از تغییرات در فشار نوسانی در پلاژیوکلازها، ناشی از تغییرات در فشار منطقهبندی نوسانی در پلاژیوکلاز سنگهای منطقهبندی نوسانی در پلاژیوکلاز سنگهای پیروکلاستیک و گدازههای آندزیتی آتشفشان مانند تاثیرات جنبشی بوده است. کنترل رشد بلور Allègre et al., 1981; Bottinga et al., (, ا

(Nelson and Montana, 1992)، برداشته شدن فشار از روی بلور (Singer et al., 1992)، ورود ماگمای سیلیسی به ورود ماگمای مافیک جدید به حجره ماگمای (Ginibre et al., 2002)، ورود ماگمای سیلیسی به حجره ماگمایی (Singer et al., 1995)) و همرفتی ماگمایی (Ginibre et al., 2002) و همرفتی ماگمایی (Singer et al., 1995) از دیگر عوامل تشکیل منطقهبندی نوسانی در پلاژیوکلاز ذکر شده است. شاید جریانهای همرفتی و یا ورود ماگمای جدید (پتاسیک) و همبری با ماگمای سدیک سبب تشکیل بافت تلاطمی در نمونههای مورد مطالعه شده است که اثبات آن نیاز به بررسیهای تکمیلی کانی شناسی دارد. در شمال یوسفخان کندی، تراکیتها در سه دسته قابل بررسی هستند: گدازههای تراکیتی جریانی، ایگنمبریت با ترکیب تراکیتی و گدازههای

تراکیت میکرولیتهای پلاژیوکلاز جریانی و آلکالی فلدسپار دیده شدند.

تعدادی از نمونههای با ترکیب بازالت، تفریت بازانیت، فنوتفریت، تفروفنولیت و تراکی آندزیت دربردارنده کانیهای ثانویهای همچون کلریت و یا کلسیت هستند. بعلاوه، در نمونههای دستی آنها، آثار کانیهای سولفیدی ریزدانه نیز دیده شدند که در میکروسکوپ پلاریزان نمیتوان از کانیهای اپاک متمایز نمود. این گمان وجود دارد که وجود کانیهای ثانوی یادشده باعث افزایش مقادیر L.O.I بیشتر از ۲ (جدول ۱) در این نمونهها شده باشد.

گدازههای پسا-ائوسن دارای ترکیب تراکیتی و فنوتفریتی هستند که فراوانی گدازههای تراکیتی بیشتر است.

Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2025-06-08

جهت انجام تجزیههای شیمیایی به آزمایشگاه ارسال

شكل



اوژيت نسل اول که خوردگی داشته و دارای رونینگ با اوژیت فاقد خوردگی از نسل دوم است. میانبارهای ریز الیوین در کلینوپیروکسن پراکندهاند (PPL). g) فنوكريستهاى اليوين همراه با اوژيت نسل دوم در گدازه تراكىبازالتي (XPL). h) تجمع كوموليتي از اوژيت، پلاژيوكلاز، أنالسيم و آياتيت در فنوتفريت (XPL). i) منطقهبندي نوساني در فنوكريست يلاژيوكلاز گدازه تراكي آندزيتي (XPL).

Fig.5. Photomicrographs of the studied volcanic rocks. a) phyric picrobasalt containing olivine phenocrysts (XPL). b) Olivine phenocrysts with a replacement rim of serpentine, and analcime in trachybasalt (XPL). c) augite phenocrysts of the second generation and olivine in picrobasalt (XPL). d) olivine basalt xenolith has lobate contact with trachytic lava (XPL). e) olivine basaltic lava (XPL). f) augite of the first generation displaying resorption and the mantling of non-resorbed augite of the second generation. Fine olivine inclusions distributed within clinopyroxene (PPL). g) olivine phenocrysts with the augite of the second generation in the trachybasaltic lava (XPL). h) a cumulative aggregate of augite, plagioclase, analcime and apatite in phenotephrite (XPL). i) oscillatory zoning in the plagioclase phenocryst of the basaltic trachyandesite (XPL).

نادر خاکی و نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده و محیط تكتونوماگمایی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از دادههای ژئوشیمیایی در ادامه ارائه شدهاند.

نامگذاری و تعیین سری ماگمایی گدازههای مورد مطالعه

تعدادی از نمونهها (جدول ۱)، دارای مقادیر L.O.I کمتر از ۲ درصد وزنی هستند، که نشان می-دهد دگرسانی تاثیر زیادی بر روی ترکیب آنها نداشته است. اما تعدادی از نمونهها دارای مقادیر L.O.I بیشتر از ۲ درصد وزنی هستند که می تواند با حضور کانی های ثانویه کلریت و کلسیت و یا کانی های سولفیدی در ارتباط باشد. لذا جهت اطمینان بیشتر در نامگذاری ژئوشیمیایی و تعیین سری ماگمایی سنگهای آتشفشانی مورد مطالعه، علاوه بر نمودارهای عناصر اصلی از نمودارهای عناصر فرعی نامتحرک نیز استفاده شده است.

Cox et al.,) SiO₂ به Na₂O+K₂O در نمودار 1976)، نمونههای مورد مطالعه در قلمروهای بازالت، بازانیت-تفریت، هاوائیت، موژهآریت، فنولیتیک تفریت، فنولیت، تراکی آندزیت و تراکیت قرار گرفتهاند (شکل ۶- a). در این نمودار که مرز بین ماگماهای آلکالن و ساب آلکالن (Irivine and Baragar, 1971) نیز در آن نشان داده شده است، جز

یک نمونه تراکی آندزیت، بقیه نمونهها، روند ماگمایی آلکالن را نشان دادهاند. در نمودار نامگذاری نسبت Winchester and) Nb/Y به Zr/TiO₂*0.0001 Floyd, 1977)، نمونههای شمال یوسفخان کندی در قلمروى تراكيت، تراكى آندزيت، ريوداسيت/داسيت و آندزیت جای گرفتهاند (شکل ۶- b).

Ce/Yb در نمودار نسبت Ce/Yb به Pearce,) Ta/Yb 1982)، جز تعداد معدودی از نمونههای با ترکیب بازالت و تفریت بازانیت که در قلمروی کالک آلکالن جای گرفتهاند، اکثر نمونهها روند ماگمایی شوشونیتی دارند (شکل ۶– c). جهت تمایز ماهیت سدیک و یا پتاسیک گدازههای پتاسیک منطقه مورد مطالعه، از Irivine and Baragar,) Na₂O نسبت به K₂O نمودار 1971) استفاده شد (شکل ۶- d). طبق این نمودار اکثر گدازههای آتشفشانی شمال یوسفخان کندی، روند ماگمایی انتقالی تا پتاسیک نشان میدهند. نمونههای پیکروبازالت و یک نمونه فنوتفریت روند سدیک دارند. بر اساس مطالعات سلطان محمدی و همكاران (Soltanmohammadi et al., 2018)، گدازههای انتقالی در کوه صلوات واقع در خاور منطقه مورد مطالعه، حاصل آمیختگی ماگماهای پتاسیک و سدیک هستند.



Fig.6. Geochemical classification and magmatic series of the studied volcanic rocks. a) Total alkali vs. silica diagram (Cox et al., 1976) in which the boundary between alkaline and subalkaline fields (Irvine and Barager, 1971) is also shown. b) Zr/TiO₂*0.0001 vs. Nb/Y diagram (Winchester and Floyd, 1976). c) Ta/Yb vs. Ce/Yb diagram (Pearce, 1982). d) K2O vs. Na2O diagram (Irvine and Baragar, 1971).

نتايج و بحث

SiO₂ نمودار تغییرات عناصر نسبت به SiO₂ مشخص شد که با توجه به مطالعات پتروگرافی مشخص شد که کانیهای الیوین، کلینوپیروکسن، آنالسیم، آپاتیت و پلاژیوکلاز از کانیهای اصلی و فرعی مهم در سنگ-های آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی های آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی و فرعی مهم در سنگ-های منیزیم، آهن، تیتان و فسفر نسبت به SiO₂ جهت بررسی نقش تفریق ماگمایی در ژنز این سنگها، مورد بررسی قرار گرفته است.

diagram (Pearce, 1982). d) K2O vs. Na2O diagram در گدازههای آتشفشانی شمال یوسفخان کندی، مقادیر MgO از ۵/۰ الی ۱۰/۱ درصد وزنی در تغییر است. در نمودار تغییرات MgO نسبت به SiO2 نمونههای مورد مطالعه، روندی مشابه با تفریق ماگمایی را نشان میدهند. به این ترتیب که مقدار MgO از گدازه پیکروبازالتی به سمت گدازه تراکیتی، به تدریج کاهش یافته است (شکل ۷- a). کاهش مقدار MgO را میتوان به تبلور تفریقی الیوین، کلینوپیروکسن و اکسیدهای Fe-Ti نسبت داد (Sahakyan et al., 2016; Alici et al., 1998).

در گدازههای آتشفشانی شمال یوسفخان کندی، مقادیر *Fe₂O₃ از ۳/۲ تا ۱۴/۱ درصد وزنی در تغییر است (شکل ۲ – ۲). تغییرات *Fe₂O₃ به SiO₂ از گدازه پیکروبارالتی به سمت گدازه تراکیتی دارای شیب زیاد است که میتوان به تبلور تفریقی Giuseppe et al., 2018; Aydinçakir) کلینوپیروکسن نسبت داد (et al., 2013).

مقادیر TiO₂ در سنگهای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه از ۲۰/۴تا ۱/۵درصد وزنی در تغییر است (شکل ۲– ۲). در نمودار تغییرات TiO₂ نسبت به SiO₂ یک روند کاهشی از سمت نمونههای بازیک به سمت نمونههای تراکیتی دیده میشود که با تفریق کانی-های کلینوپیروکسن و اکسیدهای تیتانیوم و آهن قابل Wang et al., 2017; Renjith et al., 2006; Temel et al., 2010; Kumral et al., 2006)

مقادیر P₂O₅ در گدازههای آتشفشانی مورد مطالعه از ۰/۱ تا ۱/۱ درصد وزنی متغیر است (شکل

۷- م). در این نمودار یک روند کاهشی از سمت نمونههای سنگهای بازیک تحت اشباع به سمت نمونههای تراکیتی دیده میشود که میتوان به تفریق آپاتیت
Kaygusuz and Öztürk, 2015;) نسبت داد (Kaygusuz et al., 2017
P2O5 کسکین و همکاران (Kaygusuz et al., 2008) معتقدند که روند کاهشی 2015
P2O5 معرف آن است که آپاتیت تنها در نمودارهای دوتایی، معرف آن است که آپاتیت تنها یک فاز کانیایی ثانوی نیست. با توجه به روند پتاسیک می بالا و آلکالن گدازههای شمال یوسفخان کندی، می توان انتظار داشت که آپاتیتهای درشت ر شاید به مورت اولیه تبلور یافتهاند. از تفسیر نمودارهای انتخابی مورد بحث میتوان نتیجه گرفت که تفریق ماگمایی در ژنز سنگهای آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی می ماگمایی در ژنز سنگهای آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی نقشی اساسی داشته است.



شکل۲- نمودارهای دوتایی هارکر که نشاندهنده تغییرات برخی اکسیدهای عناصر اصلی نسبت به SiO₂ است. Fig.7. Binary Harker diagrams showing variation of some major element oxides versus SiO₂.

گدازههای فنوتفریتی (شکل ۹–۵ و b)، تراکی آندزیتی-تفروفنولیتی-بازالتیک تراکی آندزیتی (شکل ۹–c و d) و گدازه تراکیتی (شکل ۹–e و f) نشان داده شدند. الگوهای عناصر نادر خاکی و نمودارهای عنکبوتی در شکلهای ۸ و ۹، الگوهای عناصر نادر خاکی و عنکبوتی بهنجار شده با مقادیر کندریت و گوشته اولیه شامل گدازه پیکروبازالتی (شکل ۸–a و d)،گدازه بازالتی (شکل ۸–c و d)، گدازه تراکیبازالـــتی (شکل ۸–a و f)، گدازه تفریت بازانیــتی (شکل ۸–g و h)،



شکل ۸- الگوهای عناصر نادر خاکی و نمودارهای عنکبوتی سنگهای آتشفشانی موردمطالعه. e، c، a و g) الگوهای عناصر نادر خاکی بهنجار شده با کندریت (Sun and McDonough, 1989). f، d، b و h) نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده با مقادیر گوشته اولیه (Sun

.(and McDonough, 1989

Fig.8. REE patterns and spider diagrams of the studied volcanic rocks. a, c, e, g) REE patterns normalized to chondrite (Sun and McDonough, 1989). b, d, f, h) spider diagrams normalized to primitive mantle (Sun and McDonough, 1989).



شکل ۹- الگوهای عناصر نادر خاکی و نمودارهای عنکبوتی سنگهای آتشفشانی موردمطالعه. a، c، a و g) الگوهای عناصر نادر خاکی بهنجار شده با كندريت (Sun and McDonough, 1989). f،d،b و h) نمودارهاي عنكبوتي بهنجار شده با مقادير گوشته اوليه .(Sun and McDonough, 1989)

Fig.9. REE patterns and spider diagrams of the studied volcanic rocks. a, c, e, g) REE patterns normalized to chondrite (Sun and McDonough, 1989). b, d, f, h) spider diagrams normalized to primitive mantle (Sun and McDonough, 1989).

Y

فهای اذرین	ا در سنگ	LREE/H	ى HREE	بالاو	نسبت
LR نسبت به	ی از EE	لى شدگ	است. غا	شدہ	مطرح
MREE در	در مقادیر	ملايم	تغييرات	, Н	IREE

گدازههای آتشفشانی مورد مطالعه، می تواند ناشی از e.g. گارنت در سنیگ منشاء باشد (. Lechmann et al., 2018; Özdemir et al., 2016) (Kaygusuz (همکاران LREE/HREE ممکن است ناشی از ذوب بخشی گوشته غنی شده (از جمله آستنوسفر) باشد. بر اساس مطالعات ایتالیانو و همکاران (Italiano et al., 2017)، غنی شدگی از عناصر با سازگاری بالا و LREE می تواند ناشی از ذوب بخشی یک خاستگاه غنی شده و یا ذوب بخشی درجه پایین و متناوب گوشته تهی شده باشد درجه پایین و متناوب گوشته می شده باشد (Wilson and Downes, 2006)

در شکل ۸ و ۹، نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده sun and McDonough, (گوشته اولیه (Sun and McDonough, او 1989)، دارای تهی شدگی عناصر Rb، Nb، To و To a، Nb، Rb و عنی شدگی عناصر In، Cs، او rb، Cs, عناصر Rb، To cs, از نمونهها و غنی شدگی عناصر Sunce Jo a، La, U a) To a, La, U c) To a, La, U c) To a, La, U c) To a, Lechmann et c) To a, Lechmann et c) To a, Co c) To a, Co a, Co c) To a, Co

بالا (HFSE) میتواند علاوه بر جایگاه فرورانشی، ناشی از ذوب بخـشی گوشتهای باشد که پیشتر تحت تاثیر مولفههای فرورانش (سیالات و مذاب) دگرسان شده است (Sokół et al., 2018). مقادیر بالای عناصر K، Ro ، Ro و U همراه با غنی شدگی HRE ، Rb ، R و U همراه با غنی شدگی HRE به HRE نیز میتواند نشانگر تاثیر سیالات مرتبط با فرورانش بر منشاء گوشتهای باشد مییالات مرتبط با فرورانش بر منشاء گوشتهای باشد Haq Siddiqui ، منشاء گوشتهای باشد که در مناطق کمانی گزارش شدهاند (eal., 2007 که در مناطق کمانی گزارش شدهاند (ce al., 2005) که دارای کوشته کمعمق و یا از گوشته لیتوسفری زیرقاره تهیشدگی Tr ، گرفته باشند، که میتوان به عنوان خاستگاهی جهت گدازههای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت.

جايگاه تکتونوماگمايی

از نمودار نسبت Th/Yb به Ta/Yb جهت تشخیص جایگاه تکتونوماگمایی سنگهای آتشفشانی شمال یوسفخان کندی استفاده شد. در این نمودار، قلمروهای بازالت پشتهمیاناقیانوسی، بازالت درونصفحهای، پهنه آتشفشانی درونصفحهای، حاشیه فعال قارهای و کمان اقیانوسی مشخص شدهاند (شکل ۱۰). اغلب سنگهای آتشفشانی محدوده یوسفخان کندی، نسبت بالایی از Th/Yb به Th/Yb دارند و در قلمرو حاشیه فعال قاره و پهنه آتشفشانی درون صفحهای قرار گرفتهاند.



Fig. 10. Tectono-magmatic setting of the studied samples in the Th/Yb vs. Ta/Yb diagram (Gorton and Schandle, 2002), in which, the fields for within plate basalt (WPB), mid-ocean ridge basalts (MORB), within plate volcanic zone (WPVZ), active continental margin (ACM), and oceanic arcs are recognized.

Lisboa et al., 2019; Pearce, 1983) که توسط

با توجه به قرارگیری اکثر نمونهها در قلمروهای حاشیه فعال قاره و پهنه آتشفشانی درون صفحهای، این گمان تقویت میشود که شاید ولکانیسم ائوسن منطقه مورد مطالعه در یک محیط کششی پس از برخورد صورت گرفته باشد. جهت اطمینان بیشتر، از نمودارهای تکتونوماگمایی دیگر نیز استفاده شد (شکل ۱۱). در نمودار نسبت Th/Ta به Yb (شکل ۱۱). در نمودار نسبت Th/Ta به Jb های میان اقیانوسی، پهنه آتشفشانی درون صفحهای، غنیشدگی Th نسبت به Ta و نسبت بالای غنیشدگی Ta میتواند ناشی از تاثیر مولفههای فرورانش بر خاستگاه گوشتهای نمونههای موردمطالعه Gill, 2010; Karacık et al., 2013; Pearce باشد (2013; Pearce and Peate, 1995; Pearce, et al., 1984; Pearce and Peate, 1995; Pearce, (1983). نسبت بالای Th/Yb همچنین نمایانگر یک با ماگمایی است که در حاشیه فعال قارهای یافت می شود (شکل ۱۰). همچنین نسبت بالای dYh به شود (شکل ۱۰). همچنین نسبت بالای منشأ گوشته-ای ناهمگن است (Ta/Yb Brown et al., 1984; Carvalho

حاشیه فعال قارهای و کمان اقیانوسی از یکدیگر

تفکیک شدہاند (شکل a –۱۱).



شکل ۱۱-جایگاه تکتونوماگمایی نمونههای مورد مطالعه. a) نمودار Yb نسبت به Th/Ta (Gorton and Schandle, 2002). b) نمودار سهتایی Mb-2-Zr/4-Y (Meschede, 1986) که در آن قلمروهای آلکالی بازالت درون صفحهای (WPA)، تولئیت درون صفحهای (WPT)، مورب نوع پلوم (P-MORB)، مورب نوع عادی (N-MORB)، و بازالت کمان آتشفشانی (VAB) متمایز شدهاند. c) نمودار سهتایی OIB)، مورب غنی شده (wood, 1980) که در آن بازالتهای مورب عادی (N-MORB)، مورب غنی شده (E-MORB)، بازالت جزایر اقیانوسی (OIB)، و بازالت کمانی (arc basalt) قابل تشخیص است.

Fig.11. Tectono-magmatic setting of the studied samples. a) Yb vs. Th/Ta diagram (Gorton and Schandle, 2002), in which the fields for the oceanic arc, active continental margin and within plate volcanic zone are distinguished. b) Ternary Nb*2-Zr/4-Y diagram (Meschede, 1986) in which the fields for the within plate alkali basalt (WPA), within plate tholeiite (WPT), plume-mid ocean ridge basalt (P-MORB), normal-mid ocean ridge basalt (N-MORB), and volcanic arc basalt (VAB) are recognized. c) Ternary Th-Zr/117-Nb/16 diagram (Wood, 1980), in which the fields for normal mid ocean ridge basalt (N-MORB), enriched mid ocean ridge basalt (E-MORB), oceanic basalt (OIB), and arc basalt are distinguished.

(Meschede, 1986) بازالتهای آلکالن درون صفحه-ای، تولئیتهای درونصفحهای، بازالتهای کمان آتشفشانی، N-MORB و P-MORB متمایز شدهاند (شکل b-۱۱). در این نمودار، نمونههای مورد مطالعه در قلمروهای مرتبط با فرورانش ترسیم شدند. در نمودار سه تايي Th-Zr/117-Nb/16 (Wood, 1980)، محيطهاى تكتونوماكمايي شامل بازالتهاى مورب عادی (N-MORB)، مورب غنی شده (E-MORB)، بازالتهای جزایر اقیانوسی (OIB)، و بازالت کمانی تفکیک شدهاند (شکل c-۱۱). سنگهای آتشفشانی محدوده مورد مطالعه، در قلمرو بازالتهای کمانی قرار گرفتهاند. قرار گرفتن نمونههای مورد مطالعه، در قلمرو بازالت كماني اين گمان را تقويت ميكند كه خاستگاه گوشتهای سنگهای آتشفشانی شمال یوسفخانکندی با مولفههای فرورانش غنی شده است (Özdemir et al., 2016).

به دنبال باز شدن حوضه اقیانوسی نئوتتیس در تریاس بالایی در شمال باختری ایران، همگرایی صفحه عربی و اورازیا و بسته شدن این حوضه طی کرتاسه بالایی-پالئوسن زیرین (Khalatbari ین حوضه طی کرتاسه بالایی-پالئوسن زیرین (Jafari et al., 2016 تحت تاثیر عملکرد پوسته اقیانوسی فرورونده بوده است. برخورد صفحهها در بازههای زمانی مختلف طی سنوزوئیک (610, Lafari et al., 2016) و است. برخورد مفحهها در بازههای زمانی مختلف طی تاثیر مولفههای فرورانش (از جمله سیالات) بر روی گوشته زیر قاره و غنیشدگی و دگرسانی آن شده است. این احتمال وجود دارد، که در اثر کشش پس از برخورد، ماگمای حاصل از ذوب بخشی گوشته

متاسوماتیزه در محیط آبدار تا خشکی فوران نموده و توالی آتشفشانی-رسوبی شمال یوسفخان کندی را تشکیل داده باشند. فرضی که اثبات آن نیاز به بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی تکمیلی دارد. **نتیجهگیری**

در شمال یوسفخان کندی، شمال لاهرود (استان اردبیل)، توالی آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی ائوسن با دگرشیبی زاویهدار بر روی آمیزه رنگین افیولیتی الهیارلو و سنگهای کربناته کرتاسه بالایی نهشته شدهاند. قاعده این توالی از کنگلومرا تشکیل شده و به سمت بالا، برش اپي كلاستيك و گدازه بالشي، نهشته-های رسوبی، تناوبی از گدازه فیریک-مگافیریک، ایگنمبریت و در راس آن گدازههای الیوین بازالتی و پیکریتی قرار گرفتهاند. مطالعات دیرینهشناسی برروی عدسیهای سنگ آهک در این توالی، سن ائوسن میانی-بالایی را نشان داده است. با توجه به كاهش حجم كنگلومرا، برش اپىكلاستىك، گدازه بالشی و دیگر سنگهای رسوبی از قاعده به سمت بالای توالی و افزایش حجم گدازههای فیریک-مگافیریک و ایگنمبریت، می توان گفت که فوران های آتشفشانی ائوسن، در شمال یوسفخانکندی، از محیط زیرآبی به سمت خشکی تغییر یافته است.

بافت میکروسکوپی غالب در گدازههای منطقه مورد مطالعه پورفیریک است. بر اساس مطالعات پتروگرافی و بهرهگیری از نمودارهای نامگذاری ژئوشیمیایی، گدازههای آتشفشانی مورد مطالعه در این توالی شامل پیکروبازالت، بازالت، تفریت بازانیت، تراکی بازالت، بازالتیک تراکی آندزیت، فنوتفریت، تفروفنولیت، تراکی آندزیت، تراکیت هستند. اغلب

این گدازهها، سری ماگمایی آلکالن و شوشونیتی داشته و بیشتر نمونهها ماهیت انتقالی و پتاسیک و تعدادی نیز ماهیت سدیک دارند. ماهیت انتقالی در ماگماهای اولیه سدیک با پتاسیک باشد. به نظر می-ماگماهای اولیه سدیک با پتاسیک باشد. به نظر می-رسد که تفریق ماگمایی نقش اساسی در ژنز سنگ-های آتشفشانی مورد مطالعه داشته است. در الگوهای عناصر نادر خاکی بهنجار شده با کندریت و نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده با گوشته اولیه، ویژگیهای ژئوشیمیایی مناطق فرورانش دیده می-شود. بررسی نمودارهای تکتونوماگمایی نشان میدهد که بیشتر گدازههای آتشفشانی مورد مطالعه، در قلمروی حاشیه فعال قارهای و تعدای نیز تمایل درون صفحهای دارند. به نظر میرسد که به دنبال همگرایی

long-term deformation rates. Tectonics 23. https://doi.org/10.1029/2003TC001530.

- Amini, S., Shydaie, L., 1995. Petrology of the volcanic rocks in the northwest of MeshkinShar. Geosciences-Tehran university 34 (1), 1-12. (In Persian).
- Aydınçakır, E., Şen, C., 2013. Petrogenesis of the post-collisional volcanic rocks from the Borçka (Artvin) area: Implications for the evolution of the Eocene magmatism in the Eastern Pontides (NE Turkey). Lithos 172–173, 98–117.
- Aydin, F., Karsli, O., Sadiklar, B. M., 2009. Compositional Variations, Zoning Types and Petrogenetic Implications of Low-pressure Clinopyroxenes in the Neogene Alkaline Volcanic Rocks of Northeastern Turkey", Turkish Journal of Earth Sciences 18, 163–186.
- Babakhani, A.R., Khan Nazer, N., 1991. Geological Map of Lahrud, Scale 1: 100,000, Geological Survey of Iran.
- Barzegar, A., M. Pourkermani, A., 2010. Structural evolution of folded zone of Allahyarlu in

گوشته لیتوسفری زیر قاره که پیشتر توسط مولفههای فرورانشی غنی شده بود، دچار ذوب بخشی شده و سنگهای آتشفشانی ائوسن شمال یوسفخان کندی در یک محیط کششی پسابرخوردی تشکیل شدهاند. تشکر و قدردانی

مدیریت محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مرکز تبریز امکانات صحرایی و آزمایشگاهی را جهت انجام این مطالعات فراهم نمودند. آقای مهندس خوش زارع امیرخیز کارشناس آن مرکز و آقای رضا عشقی همکار نقلیه، همکاری لازم را در صحرا داشتهاند. در خاتمه از سه داور محترم و همچنین آقایان دکتر محمدرضا قاسمی و دکتر مرتضی دلاوری که با کامنتهای اصلاحی سبب ارتقاء کیفیت مقاله شدهاند، قدردانی می شود.

References

- Ahmadzadeh, Gh., Jahangiri, A., Lentz, D. and Mojtahedi, M., 2010. Petrogenesis of Plio-Quaternary post-collisional Ultrapotassic volcanism in NW of Marand, NW Iran. Journal of Asian Earth Sciences 39, 37-50.
- Alavi, M., 1991. Tectonic Map of Middle East in scale 1:5000000. Geological Survey of Iran, Tehran.
- Alıcı, P., Temel, A., Gourgaud, A., Kieffer, G., Gündoğdu, M.N., 1998. Petrology and geochemistry of potassic rocks in the Gölcük area (Isparta, SW Turkey): genesis of enriched alkaline magmas. Journal of Volcanology and Geothermal Research 85, 423-446.
- Allègre, C. J., Provost, A. & Jaupart, C., 1981. Oscillatory zoning: a pathological case of crystal growth. Nature 294, 223–228.
- Allen, M., Jackson, J., and Walker, R., 2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia Collision and the Comparison of short-term and

خلعتبری جعفری و همکاران

western Alborz. – 21st Congress of Geological Sciences and 15th Congress of Geological Survey of Iran. Urmia University (In Persian).

- Bottinga, Y., Kudo, A. & Weill, D. 1966. Some observations on oscillatory zoning and crystallization of magmatic plagioclase. American Mineralogist 51, 792–806.
- Brown, G.C., Thorpe, R.S., Webb, P.C. 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. Journal of Geological Society of London 141, 413–426.
- Carvalho Lisboa, V.A., Conceicao, H., Silva Rosa, M.L., Fernandes, D.M., 2019. The onset of post-collisional magmatism in the Macurure Domain, Sergipano Orogenic System: The Gloria Norte Stock. Journal of South American Earth Sciences 89, 173–188.
- Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R., 1979. The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin, London, 450p.
- Didon, J., Gemain, Y.M., and Revised by: Lescuyer, J.L., Riou, R., Babakhani, A., 1978. Geological Map of Ahar, scale 1:250.000. Geological Survey of Iran.
- Dilek, Y., and Sandvol, E., 2009. Seismic Structure, Crustal Architecture and Tectonic Evolution of the Anatolian-African Plate Boundary and the Cenozoic Orogenic Belts in the Eastern Mediterranean Region, in Murphy, B., Keppie, J.D., and Hynes, A., eds., Ancient Orogens and Modern Analogues. Geological Society of London Special Publication 327, 127–160.
- Esmaeili, S., Pourmaafi, M., Asadpour, M., 2013. Petrographic and geochemical investigation of the Alkaline potassic rocks in the southern of the Islamic island, in 17th Symposium of Geological Society of Iran. (In Persian).
- Faridi, M., Khalatbari Jafari, M., 2006. Geological Map of Khoja, Scale 1:100000. Geological Survey of Iran.
- Gill, J.B. 2010. Orogenic Andesites and Plate Tectonics. Springer, Berlin, 472p.
- Ginibre, C., Woerner, G. and Kronz, A., 2002. Minor and trace element zoning in plagioclase: implications for magma chamber process at Parinacota volcano, northern Chile.

Contributions to Mineralogy and Petrology 143, 300–315.

- Giuseppe, P.D., Agostini, S., Manetti, P., Yilmaz Savaşçın, M., Conticelli, S., 2018. Sublithospheric origin of Na-alkaline and calcalkaline magmas in a post-collisional tectonic regime: Sr-Nd-Pb isotopes in recent monogenetic volcanism of Cappadocia, Central Turkey. Lithos 316–317, 304–322.
- Gorton M.P., Schandle E.S., 2002. Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments. Economic Geology 97, 629–642.
- Haq Siddiqui, R., Asifkhan, M., Qasim jan, M., 2007. Geochemistry and petrogenesis of the Miocene alkaline and sub-alkaline volcanic rocks from the Chagai arc, Baluchistan, Pakistan: Implications for porphyry Cu-Mo-Au deposits. Journal of Himalayan Earth Sciences 40,1-23.
- Humphreys M.C.S., Blundy J.D., Sparks S.J., 2006. Magma evolution and opensystem processes at shiveluch volcano: insights from phenocryst zoning. Journal of Petrology 47 (12), 2303-2334.
- Irvine, T.N., and Baragar., W.R.A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. Canadian Journal of Earth Science 8, 523-548.
- Italiano, F., Yuce, G., Di Bella, M., Rojay, B., Sabatino, G., Tripodo, A., Martelli, M., Rizzo, A.L., Misseri, M., 2017. Noble gases and rock geochemistry of alkaline intraplate volcanics from the Amik and Ceyhan-Osmaniye areas, SE Turkey. Chemical Geology 469, 34-46. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2017.04.003
- Karacık, Z., Genc, S.C., Gulmez, F. 2013. Petrochemical features of Miocene volcanism around the Cubukludag graben and Karaburun peninsula, western Turkey: Implications for crustal melting related silicic volcanism". Journal of Asian Earth Sciences 73, 199-217. DOI: 10.1016/j.jseaes.2013.04.001
- Karmalkar, N.R., Rege, S., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y., 2005. Alkaline magmatism from Kutch, NW India: Implications for plume–lithosphere interaction. Lithos 81, 101–119.

- Kaygusuz, A., Öztürk, M., 2015. Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Eocene Bayburt intrusions, Eastern Pontides, NE Turkey: evidence for lithospheric mantle and lower crustal sources in the High-K calcalkaline magmatism. Journal of Asian Earth Sciences 108, 97-116. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.04.017
- Kaygusuz, A., Aslan, Z., Aydınçakır, E., Yücel, C., Gücer, M.A., Şen, C., 2017. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotope characteristics of the Miocene to Pliocene volcanic rocks from the Kandilli (Erzurum) area, Eastern Anatolia (Turkey): Implications for magma evolution in extension-related origin. Lithos 296–299, 332-351.

https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.11.003

- Keskin, M., Can Genç, S., Tüysüz, O., 2008. Petrology and geochemistry of post-collisional Middle Eocene volcanic units in North-Central Turkey: Evidence for magma generation by slab breakoff following the closure of the Northern Neotethys Ocean. Lithos 104, 267– 305.
- Khalatbari Jafari, M., Babaie, H.A., Moslempour., 2016. Mid-ocean-ridge to suprasubduction geochemical transition in the hypabyssal and extrusive sequences of major Upper Cretaceous ophiolites of Iran. Geological Society of America, doi:10.1130/2016.2525(07).
- Kumral, M., Coban, H., Gedikoglu, A., Kilinc, A., 2006. Petrology and geochemistry of augite trachytes and porphyritic trachytes from the Gölcük volcanic region, Isparta, SW Turkey: A case study. Journal of Asian Earth Sciences 27, 707–716.
- Lechmann, A., Burg, J.P., Ulmer, P., Guilong, M., Faridi, M., 2018. Metasomatized mantle as the source of Mid-Miocene-Quaternary volcanism in NW-Iranian Azerbaijan: Geochronological and geochemical evidence. Lithos 304–307, 311-

328.https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.01.03 0.

Li, C., Thakurata, J., Ripley, E.M., 2012. Low-Ca contents and kink-banded textures are not unique to mantle olivine: evidence from the Duke Island Complex, Alaska. Mineralogy Petrology 104, 147-153.

- Meschede, M., 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb– Zr–Y diagram. Chemical Geology 56, 207– 263.
- Mobashergermi, M., Jahangiri, A., 2017. Geochemistry and petrogenesis of basaltic prisms from South of Germi city (Ardabil province). Petrology 31, 165-188. (In Persian).
- Nelson, S. T., Montana, A., 1992. Sieve-textured plagioclase in volcanic Rocks produced by Rapid decompression. American Mineralogist 77, 1242-1249.
- Özdemir, Y., 2016. Geochemistry of tholeiitic to alkaline lavas from the east of Lake Van (Turkey): Implications for a late Cretaceous mature supra subduction zone environment", Journal of African Earth Sciences 120, 77-88. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.04.01 8.
- Pearce, J.A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, in Thorpe, R.S., ed., Andesites. New York, NY. Wiley 525–548.
- Pearce, T. H. and Kolisnik, A. M. 1990. Observations of plagioclase zoning using interference imaging", Earth-Science Reviews 29, 9–26.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology 25, 938–956.
- Pearce, J.A., Peate, D.W. 1995. Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 23, 113–134.
- Renjith, M.L., Santosh, M., Satyanarayana, M., Subba Rao, D.V., Tang, L., 2016. Multiple rifting and alkaline magmatism in southern India during Paleoproterozoic and Neoproterozoic. Tectonophysics 680, 233-253, https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.04.041.
- Riou, R., 1979. Petrography of the Eocene alkaline lavas of the Northern Azerbaijan (Iran). Neues Jahrb, Geol. Abh. 9, 532-559.
- Sahakyan, L., Bosch, D., Sosson, M., Avagyan, A., Galoyan, GH., Rolland, Y., Bruguier, O., Stepanyan, ZH., Galland, B., Vardanyan, S., 2016. Geochemistry of the Eocene magmatic

rocks from the Lesser Caucasus area (Armenia): evidence of a subduction geodynamic environment, Geological Society, London, Special Publications 428,73–98, https://doi.org/10.1144/SP428.12.

- Singer, B. S., Dungan, M. A. & Layne, G. D. 1995. Textures and Sr, Ba, Mg, Fe, K, and Ti compositional profiles in volcanic plagioclase: clues to the dynamics of calc-alkaline magma chambers. American Mineralogist 80, 776– 798.
- Sokół, K., Halama, R., Meliksetian, KH., Savov, I.P., Navasardyan, G., Sudo, M., 2018. Alkaline magmas in zones of continental convergence: The Tezhsar volcano-intrusive ring complex, Armenia. Lithos 320–321, 172-19, https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.08.028.
- Soltanmohammadi, A., Rahgoshay, M., 2015. Mineralogy and geochemistry of analcime bearing alkaline rocks in Salavat range, Azerbaijan Magmatic Plateau, NW Iran. Petrology 22, 91-118. (In Persian).
- Soltanmuhammadi, A., 2018. Sources of the alkaline magmatism in the Turkish-Iranian Plateau: a link with the dynamic of stagnant lithospheres within the Mantle Transition Zone. Toulouse University Corporation with Shahid Beheshti University 285p. (In Persian).
- Sudi Ajirlu, M., Jahangiri, A., 2010. Petrography and tectonic setting of Allahyarlu ophiolite.21st Congress of Geological Sciences, Geological Survey of Iran (In Persian).
- Sudi Ajirlu, M., Jahangiri, A., Moayyed, M., 2010.
 Relative dating of Allahyarlu ophiolite emplacement based on dating of limestones in core of Allahyarlu anticline, NW Iran. 2016.
 5th Iranian Congress of Paleontology, Environmental Science Research Center, Kerman (In Persian).
- Sun, S. S., McDonough, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society of London, Special Publication 42, 313-345.
- Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgaud, A., Bellon, H., Demirbağ, H., 2010.
 Alkaline series related to Early-Middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: An example from Polatlı, Central

Anatolia, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 38, 289–306.

- Wang, F., Xu, Y.G., Xu, W.L., Yang, L., Wu, W., Sun, C.Y., 2017. Early Jurassic calc alkaline magmatism in northeast China: Magmatic response to subduction of the Paleo-Pacific Plate beneath the Eurasian continent. Journal of Asian Earth Sciences 143, 249-268, https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.04.018.
- Willshire, H. G., Mc Guitre, A. V., 1996. Magmatic in filteration and melting in the lower crust and upper Mantle beneath the cime volcanic field, Colifornia. contribution Mineralogy and Petrology 123, 358-378. https://doi.org/10.1007/s004100050162.
- Wilson, M. and Downes, H. 2003. Tertiary-Quaternary intraplate magmatism in Europe and its relationship to mantle dynamics. In: Gee, D.G. and Stephenson, R. (eds.) European lithosphere dynamics. Geological Society of London Memoir 32. London: Geological Society of London 32, 147-166. https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.0 1.09.
- Winchester, J., Floyd, P.A., 1976. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology 20, 325–343.
- Wood, D.A., 1980. The application of a Th–Hf–Ta diagramto problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. Earth and Planetary Science Letters 50, 11–30.

[Downloaded from gnf.khu.ac.ir on 2025-06-08