کانیشناسی، کانهزایی و زمینشیمی سنگهای آتشفشانی و نفوذی در منطقه مجیدآباد، اهر (استان آذربایجان شرقی- شمالغرب ایران)

حانیه بابائی^۱×، سید غفور علوی^۱، وارطان سیمونز^۱

ا گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

h.babai7394@gmail.com

تلفن: ۰۹۰۲۴۸۲۸۴۱۰

تاريخ تنظيم: (۱۸/۱۴۰۳/۰۶)

چکیدہ

منطقه مجیدآباد در فاصله ۳۲ کیلومتری شمال شرق شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی و شمال غرب ایران واقع می باشد. این منطقه از لحاظ تقسیم بندی ساختاری- تکتونیکی در بهنه البرز قرار دارد و بخشی از حاشیه انتهایی نوار آتشفشانی ارومیه- دختر است. واحدهای تشکیل دهنده منطقه شامل سنگهای آذرین و آذرآواری ائوسن با ترکیب آندزیتی، تراکی آندزیت تا تراکی بازالتی و تودههای نفوذی الیگوسن با ترکیب مونزودیوریتی و گابرویی می باشند. در اثر فرآیندهای گرمابی شکل گرفته از این تودههای نفوذی و با نفوذ آنها در واحدهای رسوبی- آتشفشانی ائوسن، دگرسانی های گسترده ا (فیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی) در منطقه رخ داده است. کانهزایی بشکل پراکنده و رگه- رگچهای می باشد که در کانی های برون زاد کالکوسیت، کوولیت، دیژنیت، هماتیت، لیمونیت و مالاکیت همراهی می شوند. سری های آتشفشانی و نفوذی منطقه خاستگاه مشترکی داشته و در گستره کالک آلکالن پتاسیم بالا و شوشونیتی قرار می گیرند و از نظر شاخص اشباع از آلومین در محدوده پر آلومینوس و متاآلومینوس واقع می شوند. نمودارهای چند عنصری بهنجار شده با کندریت نشان دهنده غنی شدگی LREE و تهی شدگی استره کال قاره و نوه می شوند. سری های آتشفشانی و نفوذی گرمین در محدوده پر آلومینوس و متاآلومینوس واقع می شوند. نمودارهای چند عنصری بهنجار شده با کندریت نشان دهنده گرفتهاند.

كلمات كلیدی: کانیشناسی، کانهزایی، سنگهای آتشفشانی، تودههای نفوذی، مجیدآباد، اهر

محدوده مورد نظر در شمالغرب ایران، استان آذربایجان شرقی و در ۳۲ کیلومتری شمال شرق اهر واقع گردیده است. منطقه مجیدآباد در پهنه ارسباران قرار دارد. کمربند فلززایی ارسباران در شمالغربی ایران واقع بوده و شامل مناطقی از جمله اهر، کلیبر، ورزقان، سیهرود و بخشهایی از شمال و غرب مشکین شهر است. برخی زمین شناسان این کمربند را ادامه قفقاز کوچک در نظر می گیرند که با روند شمالغرب-جنوب شرق وارد ایران می شود [۱]. عده ای آن را بخشی از پهنه ارومیه-دختر در نظر می گیرند [۲] و عده ای دیگر آن را کمربند ماگمایی مجزا در نظر می گیرند که از البرز تا شمال شرق ترکیه کشیده شده است [۵–۳]. این کمربند دارای برون زدهای گسترده ای از رسوبات فیلیشی پالئوسن و سنگهای آذرین آتشفشانی و درونی ائوسن تا میوسن است. ماگماتیسم سنوزوییک که از اثوسن آغاز می شود عمدتا آتشفشانی بوده و اغلب ماهیت اسیدی و حد واسط دارند. از لئوسن بالایی تا میوسن، فعالیت آذرین بیشتر به شکل توده های نفوذی بروز می کند که با کانیسازی و درگرسانی گسترده ای همراه است [۶]. بخشهای وسیعی از سنگهای ماکمایی به ویژه سنگهای آتشفشانی و آذراواری آن دگرسان شده ای کانهزایی هایی از جمله مس، مولیدن، طلا، آهن، سرب، روی، آرسنیک، آنتیموان و جیوه به صورت ذخایر بورفیری، اسکارنی و رگاه یقابل پی جویی است [۹]. این مالمات اخیر روی ذکیر این پهنه می توان به ذخایر پورفیری، اسکارنی و رگاه یقابل پی جویی است [۹–۱۰]. از مطالعات اخیر روی ذکیر این پهنه می توان به ذخایر پورفیری، اسکارنی و رگاه یقابل پی جویی است [۹–۱۰]. از مطالعات اخیر روی ذخایر این پهنه می توان به ذخایر پورفیری می سونگون رگاه یقابل پی جویی است [۹]. شرف (۱۳–۱۲] و برخی از ذخایر این ترمال مانند زایلیک- صفیخانلو [۱۲]، شرف آباد و مسجد رایا، مست مولیدن هفت چشمه [۱۳–۱۲] و برخی از ذخایر این تهام مانند زایلیک صفیخانلو [۱۲]، شرف آباد و مسجد داخی [۱۵] اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش شناسایی ویژگیهای سنگ شناسی، تفکیک واحدهای آذرین. کانهزایی، دانه [۱۵] اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش شناسایی ویژگیهای سنگ شناسی، تفکیک واحدهای آذرین. کانهزایی،

روش مطالعه

بررسیها در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی صورت گرفت. در بخش صحرایی، بمنظور ارزیابی کلی و بررسی واحدهای سنگی منطقه و بررسی روابط واحدها و نمونهبرداری از آنها از منطقه بازدید بعمل آمد. ۱۵ مقطع نازک از نمونههای برداشت شده از سنگهای آذرآواری و آتشفشانی برای بررسی سنگشناسی و کانیشناسی و ۲۰ مقطع صیقلی از نمونههای برداشت شده از گمانههای اکتشافی که در آنها کانهزایی سولفیدی وجود داشت، بمنظور بررسی کانهزایی و تعیین توالی پاراژنتیکی تهیه شد و در دانشگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی زمینشیمی واحدهای سنگی منطقه، ۲۰ نمونه از تودههای نفوذی پورفیری، ۵ نمونه از تودههای مافیک گابرویی و ۲۲ نمونه از سنگهای آتشفشانی با کمترین میزان دگرسانی برداشت شدند و بمنظور تجزیه شیمیایی به روشهای طیفسنجی فلوئورسانس پرتو ایکس (XRF) برای عناصر اصلی و طیفسنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) برای عناصر فرعی و کمیاب به آزمایشگاه زرآزما ارسال شدند. محدوده مورد مطالعه بمساحت ۵/۶ کیلومتر مربع، به مختصات جغرافیایی "۳۹ '۲۲ °۲۲ تا "۲۵ '۲۹ طول شرقی و "۱۹ ٬ ۵۳ الی "۲۹ ٬ ۳۹ ٬ ۳۸ عرض شمالی، در ۳۲ کیلومتری شمال شرق شهرستان اهر در استان آذربایجان شرقی، شمال غرب ایران واقع شده است. این منطقه بر اساس تقسیم بندی پهنه های ساختاری ایران [۱۶] در پهنه البرز آذربایجان قرار دارد (شکل ۱). واحدهای سنگی آتشفشانی- آذرآواری تفکیک شده در محدوده مجیدآباد به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارتند از: تناوب ویتریک- لیتیک توف با گدازه های آندزیتی و آندزیت بازالتی (^{۲۹ه})، گدازه داسیت تا آندزیت- داسیت (^{۲۹ه})، گدازه های آندزیتی تا آندزیت- بازالتی^{(Eda})، گدازه های آندزیتی تا تراکیآندزیتی و آندزیت بازالتی (^{۲۹ه})، گدازه های آندزیتی تا آندزیت- بازالتی(²⁰ه)، گدازه های آندزیتی تا تراکیآندزیتی و آندزیت بازالتی مگاپورفیری تیره رنگ(^{۲۹ه})، گدازه های آندزیتی تا آندزیت- بازالتی(²⁰های نیز عبارتند از: گابرو(gb)، مونزودیوریت (mzd) و دایکهای میکروگابرو (dgb) (شکل ۲).





شکل۲ نقشه زمینشناسی مجیدآباد برگرفته از مراجع [۱۷–۱۸] با تغییرات

سنگنگاری

در این منطقه گسلها و شکستگیهایی وجود دارند که واحدهای آشفشانی ائوسن آندزیتی- بازالتی (شکل ۳-الف) و تودههای نفوذی را قطع کردهاند و محل مناسبی برای تزریق محلولهای گرمابی بوجود آوردهاند. عبور سیالهای گرمابی در راستای شکستگیها و گسلها افزون بر گسترش دگرسانی، موجب نهشته شدن کانههای فلزی در این منطقه شده است. از برجستهترین سیماهای زمینشناسی اقتصادی منطقه مجیدآباد میتوان به نفوذ تودههای آذرین درونی گابرویی (شکل ۳-پ) و مونزودیوریتی (شکل ۳-ث) به درون تشکیلات آندزیتی- بازالتی و گسترش یک سامانه دگرسانی گسترده اشاره کرد. سامانه دگرسانی یاد شده از پهنههای دگرسانی آرژیلیکی، فیلیک، پروپیلیتیک و سیلیسی تشکیل شده است. از نظر ریختشناسی، خاکستری متوسط تا خاکستری روشن است. مهمترین سنگهای میزبان منطقه، سنگهای آندزیتی- بازالتی هستند که براساس بررسیهای میکروسکوپی کانیهای اصلی آنها شامل پلاژیوکلاز و کوارتز میباشند (شکل ۳-ب). توده نفوذی گابرویی در غرب محدوده واقع شده و دارای کانیهای پلاژیوکلاز و پیروکسن میباشد (شکل ۳-ث). توده نفوذی مونزودیوریتی در شرق محدوده واقع شده و دارای کانیهای کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکالن همراه با کانیهای ثانویه کلریت (شکل ۳-ج) و سرسیت (شکل ۳-ج) میباشد.



شکل۳ تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از واحدهای سنگی منطقه. الف) نمایی از رخنمون واحد آندزیتی- بازالتی، ب) کوارتزهای ریزبلور و پلاژیوکلازهای درشتبلور به همراه کانیهای ایک در واحدهای آندزیتی- بازالتی، پ) نمایی از رخنمون واحد گابرویی، ت) درشتبلورهای پلاژیوکلاز، بیوتیت و پیروکسن در واحد گابرویی، ث) نمایی از رخنمون واحد مونزودیوریتی، چ) بلورهای دگرسان پلاژیوکلاز و تشکیل کانی ثانویه کلریت در متن توده مونزودیوریت، چ) نمونه دستی از گمانههای حفاری مربوط به واحد مونزودیوریتی (عمق ۲۲۹ متری)، ح) تشکیل کانی ثانویه سرسیت در توده مونزودیوریت. چا نمامی مقاطع مربوط به نور اید. علایم اختصاری کانیها برگرفته از مرجع [۱۹] میباشند.

شواهد صحرایی و بررسیهای انجام شده نشان می دهد که نفوذ تودههای مونزودیوریتی و گابرویی الیگوسن در سنگهای آتشفشانی ائوسن همراه با عملکرد گسلها در شکل گیری کانی سازی موثر بوده است. با توجه به نتایج سنگ نگاری انجام شده بر مقاطع صیقلی تهیه شده از نمونههایی از کانسنگ، توالی تشکیل کانهها در رگههای سیلیسی دربردارنده کانههای سولفیدی در منطقه مجیدآباد را می توان بصورت (شکل ۴) در نظر گرفت. کانهزایی در منطقه مجیدآباد بصورت رگه- رگچهای (شکل ۵-الف) و پراکنده (شکل ۵-ب) بهمراه رگههای سیلیسی در واحدهای نفوذی و میزبان صورت گرفته است. کانهزایی رگه-رگچهای در گسلها، شکستگیها ودرزهها رخ داده است و در آن کانیهای سولفیدی و سیلیس در اثر نهشت مستقیم از سیالهای گرمابی کانهزا تشکیل شدهاند و کانیهای سولفیدی حدود ۸ تا ۱۰ درصد سنگ را تشکیل می دهند. رگه- رگچهای کوارتزی در منطقه توسط واحد مونزودیوریتی میزبانی می گردند. کانهزایی در منطقه در دو مرحله درونزاد و برونزاد رخ داده است. در مرحله درونزاد، فعالیت محلولهای گرمابی سبب تشکیل رگه- رگچههای کوارتزی، گسترش پهنههای دگرسانی و کانی سازی سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) شده است (شکل ۵-پ،ت،ت)، در مرحله برونزاد، و اکنش سیالهای در ورو با کانی سازی سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) شده است (شکل ۵-پ،ت،ت)، در مرحله برونزاد، واکنش سیالهای جوی فرورو است. مولفیدی اولیه سبب تشکیل کانیهای ثانویه مانند سولفیدهای ثانویه مس (کالکوسیت، کوولیت و دیجنیت)

Mineral	Hypogene mineralization stag	Supergene mineralization stag
Quartz		
Pyrite		
Chalcopyrite		
Calcite		
Chalcocite		
Covellite		
Digenite		-
Hematite		
Limonite		_
Goethite		-
Jarosite		_
Malachite		

شکل۴ توالی پاراژنتیکی تشکیل کانیها در منطقه مجیدآباد



شکل۵ تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی از کانیسازی در منطقه مجیدآباد. الف) نمونه دستی از کانیزایی سولفیدی پیریت و کالکوپیریت در ارتباط با رگچههای استوکورکی کوارتز (عمق ۲۵۹ متری)، ب) نمونه دستی از کانیزایی سولفیدی پیریت و کالکوپیریت بصورت افشان و پراکنده در توده مونزودیوریتی (عمق ۶۳ متری)، پ) تشکیل پیریت بصورت رگهای در امتداد رگههای استوکورکی کوارتز، ت) تشکیل پیریت بصورت منفرد و پراکنده، ث) بلورهای بی شکل پیریت به همراه کالکوپیریت، ج) تشکیل کانیهای ثانویه مس (کالکوسیت و کوولیت حاصل از دگرسانی کالکوپیریت)، چ) تبدیل کالکوپیریت از حاشیه به کانی ثانویه دیجنیت، ح) تشکیل کانی هماتیت حاصل از دگرسانی پیریت. تمامی مقاطع مربوط به نور Ipl. علایم اختصاری کانیها بر گرفته از مرجع [۱۹] می باشند.

زمینشیمی

زمینشیمی سنگهای آتشفشانی و تودههای نفوذی

امروزه از شیمی عناصر برای ردهبندی سنگها، رسم نمودارهای تغییرات زمین شیمیایی و بعنوان وسیلهای برای مقایسه ترکیبهای سنگی، که بطور تجربی تعیین شدهاند و در نتیجه تعیین شرایط تشکیل استفاده می شود. نتایج تجزیه شیمیایی تودههای نفوذی و آتشفشانی در جدول ۱ و ۲ آورده شدهاند. **جدول۱** نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب برخی نمونههای برداشت شده از تودههای نفوذی (اکسیدها برحسب %wt و

عناصر برحسب ppm)

Sample.	MA7	MAJ	MAJ7	MAJ7	MAJ7	MAJ7	MAJ8	MAJ8	MAJ8	MAJ11	MAJ11
No SiOa	133.7	162	168.1	195.3	217	218	132.5	149.7	215	224	229.3
	ων/ν	91/11	97/WV	۶۸/۰۱	۵٦/٦۵ د مار ۲ ۵	9.11	۵۷/۵۲	۵۶/۸۹	ωη/λλ	۶۱/۰۱	97/1X
AI_2O_3	10/98	14/84	14/01	18/20	18/49	10/88	۱۷/۳۳	19/94	10/49	10/18	14/71
CaO	4/78	۲/۶۱	۲/۸۱	١/۵٧	۲/9۶	37/47	۲/۶۵	۵/۰۴	۳/۲۸	4/17	۳/۰۵
Fe ₂ O ₃	۲/۱۳	١/٨١	١/٧٨	١/٨٨	۲/۱۰	١/٩٧	۲/۵۰	1/49	۲/۰۳	1/91	۱/۶۸
FeO	٣/٧٣	۳/۱۵	۳/۲۶	۳/۵۰	۲/۸۶	7/94	4/52	7/87	٣/١٧	۲/۸۹	۲/۴۷
Na ₂ O	1/47	1/01	١/٢٩	۰/۷۳	۳/۸۴	۳/۵۶	•/۵	1/01	۳/۷۶	٣	۳/۱۶
K ₂ O	4/11	٣/٧۴	٣/۵	٣/٧١	۳/۸۴	4/79	۴/۸۱	۴/۰۸	۲/۷۱	3/20	3/08
MgO	١/٨٢	١/٣٩	1/78	١/•٧	١/١٩	1/88	1/54	۱/۹۵	1/8	۱/۰۳	١/• ٩
MnO	•/14	٠/٠٩	•/ \ \	•/•۵	۰/۱۳	•/1۴	•/1	•/1	•/11	•/1	•/17
P_2O_5	۰/۲۳	٠/١٧	۰/۱۶	• / • ٧	۰/۳	•/77	•/74	۰/۲	۰/۲۳	•/٣٣	•/74
SO ₃	۴/۷۹	۴/۳۹	٣/٩۵	۵/۴۳	•/64	1/11	٧/٧۴	۰/٩٣	۶/٨	٣/١۴	۲/۶۲
TiO ₂	۰/۵۸	۰/۵۱	•/۴٧	•/4٣	•/81	·/6Y	• /۶ ١	٠/۵V	۰/۵۲	۰/۵۸	۰/۵۳
L.O.I	۷/۱۳	۵/۲۱	۵/۵۴	۴/۷۲	۵/۲	۵/۳۲	Y1+9	۸/۶۳	۵/۶۵	۵/۳۴	۴/۸
sum	1.7%/1	۲ • ۳/۳	1.7/8	۱۰۱/۵	۵/۰۰	1 • • /8	1.7/9	1 • 1/٧	۱۰۵	۲ ۴/۳	۱۰۳/۵
Ag	۱/۱	٣/٢	٢	۲/۲	•/1	•/1	۰/۵	• / ١	•/۶	۱/۴	١/١
As	۴۸/۹	\	۴۵/۹	۶ ۵	۳۱/V	74/9	18/3	17/1	346/4	۴۲/ ۸	18/4
110	(Λ)	1	1 60/ 1	/ 🛥	, .			, .		,	
Ba	۸۳۰	٧۴٨	727 7759	۴۷۱	7.77	VAV	717	147	۴۳۵	1184	٨٩٩
Ba Be	۸۳۰ ۱/۸	VFA 1/Y	1/8 1/8	۴۷۱ ۱/۹	7 • 7V 1/V	νδγ 1/γ	۳۱۷ ۲/۱	147	۴۳۵ ۱/۵	118V 1/V	۸۹۹ ۱/۷
Ba Be Bi	۸۳۰ ۱/۸ ۰/۳	۷۴۸ ۱/۷ ۰/۳	1/8 + 20/1 + 20/1 +/7	۴۷۱ ۱/۹ ۰/۴	7 • 7Y 1/V •/1	γΔγ 1/γ •/1	Ψ 1 V <i>Υ</i> 1 V <i>Υ</i> / 1 • / λ	14m 1/9 •/1	۴۳۵ ۱/۵ ۰/۷	۱۱۶۷ ۱/۷ ۰/۱	۸۹۹ ۱/۷ ۰/۱
Ba Be Bi Cd	۸۳۰ ۱/۸ ۰/۳ ۰/۲	VFA 1/V •/٣ •/۵	1/8 1/8 1/8 1/8	۲۷۱ ۲۷۱ ۱/۹ ۰/۴ ۰/۴	Y · YY 1/Y ·/1 ·/1	ΥΔΥ 1/Υ •/1 •/1	Υ Ι Υ Υ Ι Υ Υ / Ι ·/λ ·/Ι	۱۴۳ ۱/۹ ۰/۱ ۰/۵	۴۳۵ ۱/۵ ۰/۷ ۰/۲	118Y 1/V ·/1 ·/۴	A99 1/V •/1 •/۲
Ba Be Bi Cd Ce	۸۳۰ ۱/۸ ۰/۳ ۰/۲	ν ۴λ 1/V ·/٣ ·/Δ ۲9	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8	FV1 1/9 ·/۴ ·/۴ ·/٨	Y · YY 1/Y ·/1 ·/1 ·/1 ·/1	νων νων ν/ν ·/١ ·/١ ۶٨	Υ Ι Υ Υ Ι Υ Υ / Ι ·/Λ ·/Ι	147 1/9 ·/1 ·/۵ ۴۱	۲۸ ۲۸ ۲۸	118V 1/V ·/1 ·/F VA	λ99 \/V ./V ./Y ./Y ./Y
Ba Be Bi Cd Ce Co	1// 1// 1// 1// 1// 1//F	Υ ۴ Λ 1/Υ ·/٣ ·/Δ Υ 9 9/9	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0	FV1 1/9 ·/۴ ·/٨ ٣٣ ١٣	Y·YY 1/Y ·/1 ·/1 ·/1 ·/1 ·/1 ·/1 ·/1	νων νων 1/ν ·/1 ·/1 ۶λ ۱·/۴	ΥΥΥ ΥΥ Υ/Υ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ ·/Λ	144 1/9 ·/1 ·/2 41 A/7	• •	118V 1/V ·/1 ·/۴ VA 17/7	λ99 \/V \/V ./1 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr	××××××××××××××××××××××××××××××××××××××	VFλ 1/V ·/٣ ·/Δ Y9 9/9 Y1	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0 10	FV1 1/9 ·/۴ ·/٨ ٣٣ ١٣ ۵۵	Y·YY 1/Y ·/1 <	νων 1/ν ·/1	Ψ Ι Ψ Ψ Ι Ψ Υ / Ι ·/λ ·/λ ·/Ι ΨΔ Ι Ψ/Ι Ι Ψ	144 1/9 ./1 ./۵ 41 ./۲ 14	۴۳۵ ١/۵ ٠/٧ ٠/٢ ٢٨ ٩/٨ ١٩	118V 1/V ·/1 ·/F VA 17/T TT	λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ λ
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs	λ λ </td <td>VFA 1/V ·/T ·/Q Y9 9/9 Y1 F/F</td> <td>1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0 10 0/8</td> <td>γ.2 FV1 1/9 ·/F ·/F ·/A ۳٣ ١٣ ۵۵ F/۵</td> <td>Y·YY 1/Y ·/1</td> <td>νων 1/ν ·/1 ·/1</td> <td>Ψ Ι Υ Υ Ι Υ Υ / Ι ·/λ ·/λ ·/Ι ۳۵ ۱۴/Ι ۱۲ ۶/٣</td> <td>1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 λ/۲ 1 F 9</td> <td>FTΔ 1/Δ ./V ./V ./Y ./Y </td> <td>118V 1/V ·/1 ·/۴ VA 17/7 YK V/Y</td> <td>γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ</td>	VFA 1/V ·/T ·/Q Y9 9/9 Y1 F/F	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0 10 0/8	γ.2 FV1 1/9 ·/F ·/F ·/A ۳٣ ١٣ ۵۵ F/۵	Y·YY 1/Y ·/1	νων 1/ν ·/1 ·/1	Ψ Ι Υ Υ Ι Υ Υ / Ι ·/λ ·/λ ·/Ι ۳۵ ۱۴/Ι ۱۲ ۶/٣	1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 λ/۲ 1 F 9	FTΔ 1/Δ ./V ./V ./Y	118V 1/V ·/1 ·/۴ VA 17/7 YK V/Y	γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu	λΥ· λ/Λ 1/λ ./٣ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ <	ν κλ ١/٧ ·/٣ ·/٣ ·/٥ ٢٩ ٩/٩ ٢١ ۴/۴ ٣٣٨۶	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17/0 10 0/8 TTRV	FV1 1/9 ·/۴ ·/٨ ٣٣ 1٣ ۵۵ ۴/۵ ۵۳۳۰	Υ·ΥΥ ١/٧ ·/١	νων 1/ν ·/1 ·/1	Ψ Ι Υ Υ Ι Υ Υ Ι Υ Υ / Ι ·/λ ·/Ι ΨΔ Ι ۴/Ι Ι Υ ۶/٣ ΔΨλ	1 FT 1/9 ./1 ./Δ	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y	118V 1/V ./1 ./F V/A 17/7 TT V/T FT	۸۹۹ ۱/۷ ۰/۱ ۰/۲ ۸۲ ۲/۲ ۲۲ ۲۲ ۲۲
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy	λΥ· λ/Λ 1/λ ./٣ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢	ν κλ ١/٧ ٠/٣ ·/٣ ·/۵ ۲٩ ٩/٩ ٢١ ۴/۴ ٣٣٨۶ ٢/۴	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17/0 10 0/8 TTSV T	FV1 1/9 ·/F ·/A TT ۵۵ F/۵ ۵۳۳۰ T	Y Y	ΥΔΥ 1/V ·/1	۳ ۱۷ ۲/١ ٠/٨ •/١ ۳۵ ١٢/١ ١٢ ۶/٣ ۵٣٨ ٢/۶	1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 Λ/٢ 1 F 9 FTΔ T/Δ	FTΔ 1/Δ ./V ./V ./T TA 9/A 19 TS ΔSFF T/1	118V 1/V ·/1 ·/F VA 17/7 TT V/7 FT·· T/1	ν γ ν/ν ν/ν ν/ν ν/ν ν/γ ν ν ν ν γ ν ν ν ν ν ν ν ν ν ν λ/γ ν ν ν ν ν λ/γ λ/γ
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er	ΛΥ· Λ/Λ 1/λ ./Υ	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 7/1 F/F TTAS T/F 1/T	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 10 10 10 10 10 10 10 10	FV1 1/9 ·/F ·/Λ ٣٣ 1٣ ۵۵ F/Δ Δ٣٣٠ ۲ 1	Y·YY I/Y ·/1	YΔY 1/Y ·/1 <	۳۱۷ ۲/١ ۰/٨ ۰/١ ۳۵ ۱۴/١ ۱۲ ۶/٣ ۵۳۸ ۲/۶ ۱/۴	1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 Λ/٢ 1 F 9 FTΔ T/Δ 1/F	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y	118V 1/V ./1 ./4 V/K V/K V/Y Y/Y	λ99 \/V \/V ./1 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7 ./7
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu	ΛΥ· Λ/Υ 1/Λ ·/Υ	VFA 1/V ·/T ·/Q T9 9/9 71 F/F T7/F 1/T 1	۳۶۹ 1/۶ 1/۶ 1/۶ 1/۶ 1/۶ 10 ۵/۶ ۳۳۶۷ ۲ 1 ./۷۴	FV1 1/9 ·/٢ ·/٨ ٣٣ ١٣ ۵۵ ۴/۵ ۵٣٣٠ ٢ ١ ·/٨٣	Υ·ΥΥ ١/٧ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/١ ·/٢ ·/٢ ·/٢	νων 1/ν ·/1	۳۱۷ ۲/١ ۰/٨ ۰/١ ۳۵ ۱۴/١ ۱۲ ۶/٣ ۵۳۸ ۲/۶ ۱/۴ ۱/۰ ۷	1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 Λ/Γ 1 F 9 FTΔ T/Δ 1/F 1/F 1/F 1/F 1/F	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y	118V 1/V 1/V ·/1 ·/F V/A 17/T TTT V/T FT·· T//1 1/S 1/SF	λ99 \/V \/V ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu Gd	λ λ <	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 7/9 9/9 T1 F/F T7/F 1/T 1 T/VT	1/8 1/9 1/1 <	FV1 1/9 ·/F ·/A ٣٣ 1٣ ۵۵ F/۵ ۵٣٣٠ ۲ 1 ·/A٣ T/F1	Y·YY 1/Y ·/1	νων 1/ν ·/1	۳۱۷ ۲/١ ۰/٨ ۰/١ ۳۵ ۱۴/١ ۱۴/١ ۱۲ ۶/٣ ۵۳۸ ۲/۶ ۱/۴ ۱/۰۷ ۳/۲۸	1 FT 1/9 1/1 ./1 ./Δ F1 ./Δ ./Δ	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y	118V 1/V 1/V ·/1 ·/F V/A 17/T TT V/T FT·· T//N 1/SF F/T۵	λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu Gd Hf	1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/2 </td <td>VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 7/9 9/9 T/F T/F 1/T 1 T/VT ·/S</td> <td>1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17/0 10 10 0/8 7 7 1 1 ./VF 7/F7 ./8</td> <td>FV1 1/9 ·/F ·/Λ WW 1W ΔΔ F/Δ ΔWW. Y 1 ·/ΔWW Y/F1 ·/Δ</td> <td>Y·YV 1/Y ·/1</td> <td>YAY 1/Y ·/1 ·/2 ·</td> <td>۳ ۱۷ ۲/١ ٠/٨ ٠/١ ٣Δ ١٢/١ ٣Δ ١٢/١ ٢/٢ Δ٣٨ ٢/۶ ١/٢ ١/٢ ٠/٩</td> <td>1 FT 1/9 ./1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ ./Υ </td> <td>FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y ·/Y</td> <td>118V 1/V ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 </td> <td>λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\ </td>	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 7/9 9/9 T/F T/F 1/T 1 T/VT ·/S	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17/0 10 10 0/8 7 7 1 1 ./VF 7/F7 ./8	FV1 1/9 ·/F ·/Λ WW 1W ΔΔ F/Δ ΔWW. Y 1 ·/ΔWW Y/F1 ·/Δ	Y·YV 1/Y ·/1	YAY 1/Y ·/1 ·/2 ·	۳ ۱۷ ۲/١ ٠/٨ ٠/١ ٣Δ ١٢/١ ٣Δ ١٢/١ ٢/٢ Δ٣٨ ٢/۶ ١/٢ ١/٢ ٠/٩	1 FT 1/9 ./1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ F1 ./Δ ./Υ	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y	118V 1/V ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1 ./1	λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu Gd Hf La	1/λ 1/λ 1/λ ./٣ ./٢	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 7/9 7/4 T1 F/F T/F 1/T 1 T/VT ·/S T.	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0 10 10 10 0/8 7787 7 1 1 ./VF 7/F7 ./8 19	FV1 1/9 ·/F ·/A ٣٣ 1٣ ۵۵ F/Δ Δ٣٣٠ T 1 ·/A٣ T/F1 ·/Δ TT	Y·YV 1/Y ·/1	YQY 1/Y ·/1 ·	۳۱۷ ۲/١ ۰/٨ ۰/١ ۳۵ ۱۴/١ ۱۲ ۶/٣ ۵۳٨ ۲/۶ ۱/۴ ۱/۰۷ ۳/۲۸ ۰/٩ ۲۴	1 FT 1/9 1/1 1/0 1/1 1/0 1/1 1/1 9 7/0 1/4 1/4 1/7 1/1 1/1 1/1 1/1 1/2 1/1 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1 1 1 1 1 1	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V ·/Y	118V 118V 1/V ./1 ./4 V/ V/ Y/ Y/	λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu Gd Hf La Li	1/λ 1/λ 1/λ 1/λ ./٣ ./٢ ٣ 1/٢	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 T1 F/F T/F 1/T 1/T ·/S T. TY	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 17 17/0 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 17 11 17/5 19 19 17	FV1 1/9 ·/F ·/A ٣٣ 1٣ ۵۵ ۴/۵ ۵۳۳۰ ۲ 1 ·/A۳ ۲/۴۱ ·/Δ ۲۲ ۲ ۲/۲ ۲/۲ ۲ ۰/Δ ۲۲ ۲۲	Y·TV 1/Y ·/1	VAV 1/V ·/1 ·	۳۱۷ ۲/١ ۰/٨ ۰/١ ۳۵ ۱۴/١ ۱۲ ۶/٣ ۵۳٨ ۲/۶ ۱/۴ ۱/۰ Υ ۳/٢٨ ۰/٩ ۲۴ ۲۱	1 FT 1/9 ·/1 ·/Δ F1 λ/٢ 1F 9 FTΔ 7/Δ 1/F 1 1 TA 19	FTΔ 1/Δ ·/V ·/V ·/Y TA 9/A 19 TS ΔSFF T/1 1/1 ·/9Y T/ΔΔ ·/Y T1 19	118V 1/V ./I ./F VA 17/T YK V/T FT T//F 1/SF F/TA ./V FA 11	λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./٢ ./٢ ./٢ ./٢
Ba Be Bi Cd Ce Co Cr Cs Cu Dy Er Eu Gd Hf La Li Lu	1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/1 1/2 </td <td>VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 9/9 T1 F/F TVAS T/F 1/T 1/T ·/S T. TY ·/Z</td> <td>1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/9 1/9 1/9 1/1</td> <td>FV1 1/9 ·/F ·/A WY 1W && F/A AWY Y 1 ·/AY Y/F1 ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A</td> <td>Y Y</td> <td>VAV 1/V ·/1 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 <!--</td--><td>۳۱۷ ۲/١ ٠/٨ ٠/١ ٣Δ ١٢/١ ٣Δ ١٢/١ ٢/٢ Δ٣٨ ٢/۶ ١/٢ ١/٢ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/٢ ١/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢</td><td>1 FT 1/9 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2</td><td>FTD 1/D ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V YP DSF T/1 1/1 ·/QV T/D ·/V T1 19 ·/V</td><td>118V 1/V ./I ./Y ./Y YA 17/Y YK Y/Y Y/Y Y/Y Y/SF F/YA ./V FA 11 ./Y</td><td>λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\ </td></td>	VFA 1/V ·/T ·/D T9 9/9 9/9 T1 F/F TVAS T/F 1/T 1/T ·/S T. TY ·/Z	1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/8 1/9 1/9 1/9 1/1	FV1 1/9 ·/F ·/A WY 1W && F/A AWY Y 1 ·/AY Y/F1 ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A YY ·/A	Y Y	VAV 1/V ·/1 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 </td <td>۳۱۷ ۲/١ ٠/٨ ٠/١ ٣Δ ١٢/١ ٣Δ ١٢/١ ٢/٢ Δ٣٨ ٢/۶ ١/٢ ١/٢ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/٢ ١/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢</td> <td>1 FT 1/9 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2</td> <td>FTD 1/D ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V YP DSF T/1 1/1 ·/QV T/D ·/V T1 19 ·/V</td> <td>118V 1/V ./I ./Y ./Y YA 17/Y YK Y/Y Y/Y Y/Y Y/SF F/YA ./V FA 11 ./Y</td> <td>λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\ </td>	۳۱۷ ۲/١ ٠/٨ ٠/١ ٣Δ ١٢/١ ٣Δ ١٢/١ ٢/٢ Δ٣٨ ٢/۶ ١/٢ ١/٢ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/۶ ١/٢ ٢/٢ ١/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢ ٢/٢	1 FT 1/9 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/1 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2 ·/2	FTD 1/D ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V ·/V YP DSF T/1 1/1 ·/QV T/D ·/V T1 19 ·/V	118V 1/V ./I ./Y ./Y YA 17/Y YK Y/Y Y/Y Y/Y Y/SF F/YA ./V FA 11 ./Y	λ99 \/\ \/\ ./\ ./\ ./\ ./\

Mo	۱۹/۲	77/4	۱۹/۹	۹۴/۵	۱۲/۲	17/4	۳۷/۵	۴۰/۳	84/3	۱۷/۶	۱۶/۹
Nb	21	۱۸/۳	18/4	۱۴/۵	۳۱/۷	78/7	۲۵/۴	۲۸/۸	۲۰/۸	۲۷/۵	24/8
Nd	۱۷/۵	۱۵/۷	۱۵/۵	۱۸/۳	۳۷/۷	۲۹	۱۷/۴	77	۱۵/۵	۳۱/۵	3/47
Ni	۴	٩	۶	١٩	۵	۵	٧	٣	۶	۶	٧
Р	٨٨٠	744	۵۸۲	۵۵۵	1140	٩٨٠	٩٠٣	۸۳۱	٨٧٧	١٠٨٨	۱۰۰۵
Pb	۳۶	99	۴۵	٨٣	۲۱	221	۷۳	21	۷۵	۵۹	۶۷
Pr	۴/۳۹	۳/۶۱	٣/٧٢	٣/٨٨	۱۱/۷۳	٨/١٧	4/97	$\Delta/\Lambda\Lambda$	۳/٨۶	۱۰/۵۳	۱۰/۹۱
Rb	111	١٠٧	٩٠	177	٩٧	1.7	101	١٣٩	٨٨	1.7	٩٣
Sb	۱۹/۱	۶۰/۵	۳۵/۸	۵۰	۵/۹	٣٣	٨/۶	4/8	۵۶/۵	10	۵/۳
Sc	۵/۵	۴/۸	۴	٣/٩	۶/۷	۵/۸	۶	۴/۹	4/8	۶/۲	۵/۲
Se	١/٧	٩/۶	٠/٩	٣/٧	٣/٢	۲/۷	۲/۷	٩	۵/۳	919	11/4
Sm	۴	٣/٢	۲/۹	۲/۹	۶/۴	۵/۲	۳/۸	۳/۵	۲/۸	۵/۴	۵/۶
Sn	• /8	۱/۴	١/٢	۳/۶	١	۵/۹	٢	1/8	۲/۷	1/1	1/1
Sr	347	۱۹۰	1.4	179	841	221	۲۳۲	119	۲۱۲۸	449	747
Та	٠/٩	٠/٩	٠/٧	•/۵	۱/۳	١/٢	۱/۳	1/14	١	۱/۳	١/٢
Tb	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۳	•/8	•/۵	•/۵	۰/۵	٠/۴	۰۱۶	•/۵
Te	١/٧	۱/۳	•/٨	١/٢	۲/۱	•18	VV	•/۵	• /Y	١/٧	١/٣
Th	۶/۳	۶/۴	۶/۲	۵/۲	٩/٧	٨/٧	۶/۲	۶/٨	۶/۳	۷/۶	٨/٢
Ti	7441	۳۱۸۹	7898	2607	471.	3000	8026	3072	7989	8798	3019
Tl	• / λ	1/1	•/٨	١/٩	• /Y	• /Y	١/٧	۱/۳	١/٢	۰/۴	٠/۴
Tm	۰/۲	٠/٢	۰/۲	۰ /۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	٠/٢	۰ / ۲	۰/۲	٠/٢
U	1/λ	۱/۲	۱/۳	١	٢	1/1	١/٨	۱/٨	۱/۴	۱/۵	۱/۵
V	111	١٠٨	٨۵	٩٧	118	١٠۵	1.8	1.4	۷۸	118	٩٨
W	١	۲/۴	4/9	٣/٢	١/١	١	٣/١	۱/۶	۴/۵	۳/۴	٣/١
Y	10	14/1	11/9	11/8	۱۶/۳	18	۱۶/۸	14/1	۱۲/۳	۱۷/۵	14/9
Yb	1/19	1/14	•/9٣	•/\\	1/36	١ ٢ ١	1/44	١/١٧	١/•٧	۱/۳۶	١/١٣
Zn	1.7	799	381	۱۹۰	٨۵	٨٨	٩٢	۲۳۵	177	١١٨	٨٧
Zr	79	۲۳	۲۳	١٩	۳۱	۲.	۲۹	۳۰	78	14	14
*Eu	1/• 47	1/• 84	•/٨۵۴	۰/٩۶	١/١٧٩	•/٩٨٩	•/977	•/977	١/١١	1/•47	•/9۶9

جدول۲ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب برخی نمونههای برداشت شده از تودههای مافیک و آتشفشانی (اکسیدها برحسب %wt و عناصر برحسب ppm)

Sample.	GAB-	GAB	GAB-	GAB-	GAB-	MAF-	MAF-	MAF-	MAF-	MAF-	MAF-
No	02	08	14	16	21	32	03	04	08	12	18
SiO ₂	49/08	49/17	۵۰/۱۲	47/71	۵۰/۸۲	57/82	۵۳/۱۲	۵۲/۸۸	53/21	54/12	82/80
Al ₂ O ₃	۱۸/۲۶	۱۸/۱۲	۱۸/۰۸	۱۸/۳۴	۱۸/۰۲	۱۷/۸۳	۱۷/۸۲	۱۸/۰۱	۱۷/۶۸	17/02	۱۸/۸۱

CaO	٨/٢	٨/٠٢	٧/٩٨	۸/۳۳	٧/٩١	۶/۲۲	۶/۱۳	۶/۱۲	۶/۲۱	۶/۱۲	۱/۰۸
Fe ₂ O ₃	۳/۲۱	۳/۲۸	۳/۳۵	٣/٢٢	٣/۵٩	۲/۷۶	٣/١٣	۲/۸۹	۲/9۲	٣/•٧	١/٨١
FeO	۴/۵۱	۴/۵۵	۴/۴۸	۴/۷۹	4/94	۳/۱۴	۳/۲۰	۳/۰۹	٣/١٧	٣/١٨	١/٢٩
MgO	٣/۶٨	٣/۵٨	٣/۴۲	٣/٨۵	٣/۴٨	۱/۱۳	1/14	١/١٢	١/١٢	۱/۰۸	۰/۲۸
Na ₂ O	۴/۳۹	4/47	4/97	4/17	4/81	۲/۹	٣/٠٢	۳/۲۴	٣/•٢	۳/۲۴	۵/۷۴
K ₂ O	37/80	٣/٧٢	۳/۸ ۱	۳/۴۲	۴/۰۱	۵/۱۶	۶/۱۲	۵/۴۵	0/44	۵/۵۶	۵/۶۲
TiO ₂	۱/۰۸	۱/۰۶	۱/۰۲	1/74	۲/۰۴	۰/۸۱	•/\\	٠/٨۴	٠/٨۵	•/٧٢	۰/۳۸
MnO	٠/١٩	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۲۱	• /۳ ۱	•/14	•/74	•/\٨	•/74	•/٣٢	•/74
P_2O_5	• 9	•/87	۰/۶۱	•/88	۰/۶۳	•/۵٨	•/87	•/81	• 199	•/81	٠/٣٢
L.O.I	۲/۴۳	۲/۳۲	1/24	۱/۶۸	۱/۰۲	8/18	37/47	۵/۰۲	۴/۸۲	4/17	۱/۳۲
Sum	१९/४۶	99/41	٩٩/۴٨	99/78	१९/११	१९/४•	१९/۱९	१९/४•	१९/۶९	१९/११	१९/۶٨
Ba	749	744	747	۲۳۹	741	1847	1874	1771	1595	1840	۶۱۳
Ce	۴۰/۳	۴۰/۴	41/2	۳۹/۸	47/1	44/7	44/8	40/4	41/4	۴۸/۲	54
Co	۱۵/۳	۱۵/۱	10/4	18/2	18/4	۱۵/۸	18/1	10/8	۱۵/۹	19/8	1 Y/ 1
Cr	1377/1	137/1	۱۳۰/۲	۱۲۸/۶	179/4	140/1	17/4	10/3	۱۸/۲	10/4	۱۸/۲
Cs	λ/λ	٨/۴	٨/٢	Y/۸	λ/1	۵/۵	۵/۴	۵/۸	۵/۷	۶/۱	۵/٨
Cu	٣٣	۳۸	47	47	39	۲۳۱	444	۲۳۲	۲۰۸	744	747
Dy	۸/٣	٨/٢	٨/ ١	٧/٨	۸/۴	۳/۲۵	۳/۲۲	۳/1۶	34/44	٣/١٢	۳/۲۶
Er	۱/۴	۱/۳	١/۴	١/٢	۱/٣	١/٧٣	۱/۶۸	١/٨٢	1/84	۱/۷۶	۱/۷۸
Eu	۱/۶	1/88	١/٧٢	۱/۵۸	1/88	1/87	1/88	۱/۵۸	1/88	1/54	1/87
Ga	74/1	۲۳/۸	54/8	۲۳/۲	74/4	۱۹/۲	۱۸/۸	۱۹/۴	۱۸/۹۸	18/84	11/94
Gd	٣/٢	٣/٢۴	٣/٣۴	۳/۳۶	11/17	٣/٩٩	٣/٩٢	4/•7	٣/٨٩	٣/٩٢	4/•4
Ge	۲/۸	۲/۷	۲/۶	۲/۸	۲/۴	٣/٢	٣/١	٣/٣	٣/١	٣/٣	۳/۱
Hf	1.18	1./07	1.199	1./14	۱۰/۴۸	۱/۷۳	١/٧٢	۱/۶۸	۱/۷۴	۱/۷۶	١/٧۵
Но	•/٧	•/٧٢	•/٧۴	•/91	•/٧۴	•/\\	۰/٨۶	۰/۸۴	٠/٩٢	۰/۹۱	٠/٨۴
La	14/5	17/4	۱۷/۵	۱۶/۸	١٧	۲.	۱۹/۸	۱٩/۶	۲۰/۴	۲٠/۲	۱۸/۸
Li	٣۴/١	۳۳/۸	3/47	۳۳/۶	3/47	٩	٩/۴	۱ • / ۱	٩/٨	۹/۶	٩/٢
Lu	۰/۳	۰/۳۲	•/٣۴	٠/٣١	۰/۳۲	۰/۲۸	•/79	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۱
Mo	۳۳/۳	۳۲/۴	٣٣	۳۵	۲۸	۱/۰۲	۱/۰۴	۱/۰۲	٠/٩٨	۱/۰۲	۲/۰۳
Nb	۳۰/۳	۳۰/۴	۲۹/۸	۳۱/۲	۲٩/۶	۱۴/۷	14/4	14/8	۱۴/۸	۱۵/۲	14/7
Nd	۳٩/٢	۳٩/۶	۴۰/۱	۳۸/۹	۴۰/۲	۲۴/۳	۱۳/۸	74/4	۲۴/۸	۲۵/۱	74/7
Ni	۵۸/۵	۵۷/۸	۵۸/۲	۵۸/۶	۵۶/۴	14	۱۵/۲	18/1	14/7	10/19	۱۴/۸
Pb	۲۹۹/۵	276/6	T9. /T	۲۸۸/۶	۲۹۲/۶	48/7	۳۸/۳	41/4	41/4	۳۲/۲	461
Pr	۴/۵	۴/۴۸	4/02	4/44	4/81	۵/۶۵	۵/۴۸	۵/۶۲	۵/۷۸	۵/۶۸	۵/۶۲
Rb	1 1 V/V	۱۱۸/۴	17.14	118/5	111/4	١٢١	174/7	178/4	۱۲۵/۳	126/8	۱۲۰/۸
Sb	• /8	• 8	•/۵	•/۵	۰/۴	٣/٩	٣/٨	٣/٧	۴/۱	۳/۶	۴/۱
Sc	۳۴/۳	۳۳/۸	۳۵/۳	۳۶/۲	۳۴/۱	۹/۶	٨/٩	٩/٢	λ/λ	۹/۷	۹/۸

Se	٠/٢	٠/٢	۰/۳	• / ١	٠/٢	٠/۴	۰/۳	٠/٢	٠/٢	• / ١	٠/۴
Sm	۶/۷	9/99	۶/۵۴	۶/۸۲	۶/۷۴	۴/۷۱	4/91	4/14	۴/۵۸	4/88	4/89
Sn	۳/۵	٣/٢	۳/۴	٣/٣	۳/۶	۱/۴	۱/۲	١/٣	١/١	١/٣	۱/۲
Sr	T9 N/N	790/7	۳۰۰/۲	794/8	797/4	WVV/4	347/8	370/3	۳۷۷/۲	374/0	۳۷۰/۲
Та	• /Y	•/88	٠/٧٢	٠/۶٩	• / Y \	•/91	•/8۵	•/88	• 99	۰/۶۹	•/99
Tb	•/۵	•/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۲	•/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۸	•/۵۵	•/۵V	٠/۵٩	۰/۵۶
Te	•/\\	•/17	•/14	۰/۱۵	•/\\	• /٣١	•/٣٢	• /٣٣	٠/٢٩	•/٣۴	•/۲٨
Th	۱۵/۳	۱۴/۸	14/8	۱۳/۲	14/1	۶/۱۷	8/14	۵/۸۲	9/14	۶/۰۲	۵/۹۸
T1	١	٠/٩٨	•/9۴	۱/•۲	۴/۱	•/8۵	•/94	• 99	•/88	• 191	•/99
Tm	۰/٣	•/٣٢	٠/٢٩	۰/۳۳	۰/۳۲	•/٣٢	۰/۲۳	•/77	•/۲۴	•/٣٣	•/٣٢
U	٣	۲/۸	٣/٢	۳/۱	۳/۴	۲/۴	۲/۶	۲/۲	۲/۴	۲/۵	۲/۴
V	747/3	240/4	749/8	267/6	۲۵۰/۲	۱۰۷/۸	۱۰۸/۲	۱.۶/۸	11./٢	۱۱۲/۸	117/4
Y	۳۲/۸	۳۲/۴	۳۱/۸	۳۳/۱	۳١/٩	14/7	14/3	۱۳/۹	14/1	14/2	۱۳/۸
Yb	٣/٧	۳/۶	۳/۸	۳/۵	٣/٧	1/4	1/4	۱/۳	۱/۵	1/8	1/1
Zn	1.7	1.4	١٠٣	1.1	٩٨	۶۸	۶۵	۶۸	۶۵	87	۶٩
Zr	189/4	١٨١/٢	۱۷۸/۹	۱۸۳/۲	186/8	۵۸/۶	۶۸/۴	$\Delta \Lambda / \Upsilon$	۵۹/۶	۷۱/۴	۵٩/۴
*Eu	۱/۰۵۷	۶/۱/۱	1/170	۱/۰۰۹	1/1.7	1/147	1199	1/1.7	1/5.5	1/•99	۸۳۱/۱

برای نامگذاری سنگهای آذرین نفوذی و آتشفشانی (براساس اکسیدها)، از نمودار Na₂O + K₂O در مقابل SiO₂ [۲۰] و Zr/TiO₂ در مقابل SiO₂ [۲۱] استفاده گردید. براساس نمودار پیشنهادی [۲۰]، تودههای نفوذی فلسیک در منطقه در محدوده گرانودیوریت، دیوریت، کوارتزمونزونیت و مونزونیت قرار می گیرند (شکل ۶-الف). همچنین سنگهای مافیک ترکیب مونزوگابرویی (شکل ۶-ب) و سنگهای آتشفشانی ترکیب تراکیتی تا تراکیآندزیتی دارند (شکل ۶-پ).



شکل۶ طبقهبندی سنگهای آذرین با استفاده از نمودار Na₂O+K₂O در مقابل SiO₂ [۲۰]. الف) توده نفوذی فلسیک، ب) توده نفوذی مافیک و پ) سنگهای آتشفشانی (مربع آبی: سنگهای آتشفشانی، مثلث قرمز: توده مافیک (گابرو))

براساس نمودار پیشنهادی [۲۱]، ترکیب شیمیایی توده نفوذی فلسیک بیشتر در محدوده آندزیت و به مقدار کمتر در محدوده داسیت و ریوداسیت قرار میگیرد که معادل درونی آنها بترتیب شامل دیوریت، کوارتزدیوریت و گرانودیوریت میباشد (شکل ۲-الف). ترکیب شیمیایی توده نفوذی مافیک در محدوده آلکالیبازالت که معادل بیرونی گابرو است، قرار میگیرد. همچنین ترکیب سنگهای آتشفشانی اکثریت در محدوده آندزیت قرار میگیرد (شکل ۲-ب).



شکل۷ طبقهبندی سنگهای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نمودار SiO₂ در مقابل Zr/TiO₂ [۲۱]. الف) توده نفوذی فلسیک، ب) توده نفوذی مافیک و سنگهای آتشفشانی (مربع آبی: سنگهای آتشفشانی، مثلث قرمز: توده مافیک (گابرو))

تعیین سری ماگمایی

به دلیل این که عناصر آلکالن در طول فرآیندهای دگرسانی ممکن است از سنگ خارج شوند، از نمودارهای عناصر کمیاب غیرمتحرک استفاده شده است. برای تعیین سری ماگمایی سنگهای نفوذی و آتشفشانی از نمودار Co-Th از [۲۲] استفاده شده است. تودههای نفوذی مونزودیوریتی (شکل ۸-الف)، تودههای مافیک و سنگهای آتشفشانی (شکل ۸-ب) در محدوده کالکآلکالن پتاسیم بالا و شوشونیت قرار می گیرند.



شکل۸ نمودار طبقهبندی براساس Th در مقابل Co [۲۲]. الف) توده نفوذی فلسیک، ب) توده نفوذی مافیک و سنگهای آتشفشانی (مربع آبی: سنگهای آتشفشانی، مثلث قرمز: توده مافیک (گابرو))

تعیین ضریب اشباع از آلومین

ردهبندیهای مختلفی تاکنون به منظور تعیین مقدار آلومینیوم در سنگهای آذرین ارائه شده است. یکی از نمودارهای مفید برای تعیین مقدار آلومین سنگها، نمودار [۳۳] است. سنگهای آذرین بر اساس شاخص اشباع از آلومینیوم به سه گروه پرآلومینوس، متاآلومینوس و پرآلکالن تقسیم میشوند. مبنای این تقسیم بندی بر اساس مقدار مولی CaO، CaO، Na2O، CaO و Al2O3 استوار است. در این نمودار محور X بر اساس (CaO+Na2O+K2O)/CaO+ و محور Y بر اساس (Al2O3 استوار است. در این نمودار محوار توده نفوذی فلسیک (شکل ۹-الف)، توده مافیک و سنگهای ولکانیک (شکل ۹-ب) در محدوده متاآلومینوس و پرآلومینوس واقع میشوند.



شکل۹ نمودار طبقهبندی براساس A/NK در مقابل A/CNK [۳۳]. الف) توده نفوذی فلسیک، ب)توده نفوذی مافیک و سنگهای آتشفشانی. اکثر نمونهها در محدوده متاآلومینوس و پرآلومینوس قرار می گیرند (مربع آبی: سنگهای آتشفشانی، مثلث قرمز: توده مافیک (گابرو))

نمودار عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت توده نفوذی مونزودیوریتی، توده مافیک و سنگهای آتشفشانی

در این نمودار، الگوی تغییرات عناصر کمیاب توده نفوذی مونزودیوریتی بصورت موازی میباشد (شکل ۱۰). مطابق این الگو، اگر یک مجموعه از سنگهای آذرین در اثر تحمل فرآیندهای تبلور تفریقی با یکدیگر مرتبط باشند، باید مقادیر عناصر کمیاب و نسبتهای آنها بصورت ثابت و پیوسته در یک سری تغییر کند [۲۴]. همچنین این نمودار نشان میدهد که عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین (HREE) غنیشدگی دارند. دو احتمال برای غنیشدگی LREE در سنگهای منطقه وجود دارد: ۱) LREE تا حدی ناسازگارتر از HREE هستند [۲۵] که ممکن است در اثر تحولات ماگمایی در سنگهای دگرسان شده منطقه متمرکز شده باشند، ۲) این سنگها در مناطق فرورانش تشکیل شده باشند [۲۶]. برای بی هنجاری Eu از رابطه (Gd)N)×(Gd)N×(Gd)N) بستفاده شده که در (جدول ۱) این مقادیر محاسبه و ذکر گردیده است. بنابراین نسبت Eu/Eu* سنجشی از بی هنجاری Eu بوده که اگر بزرگتر از ۱ باشد بی هنجاری محاسبه و ذکر گردیده است. بنابراین نسبت Eu/Eu* سنجشی از بی هنجاری Eu/Eu* محاسبه شده برای نمونه های منطقه مورد مشبت و اگر کوچکتر از ۱ باشد بی هنجاری منفی خواهد بود. نسبت Eu/Eu* محاسبه شده برای نمونه های منطقه مورد مطالعه، بطور مساوی کوچکتر و بزرگتر از ۱ است، بنابراین هم دارای بی هنجاری منفی و هم دارای بی هنجاری مثبت محاسبه شده برای نمونه های منطقه مورد مطالعه، بطور مساوی کوچکتر و بزرگتر از ۱ است، بنابراین هم دارای بی هنجاری منفی و هم دارای بی هنجاری مثبت می می می می می می از بی هم دارای بی هنجاری منفی و هم دارای بی هنجاری مثبت می می العد. بی هنجاری منفی و هم دارای بی هنجاری مثبت می می می می می می العد. بی هنجاری منفی و می دارای بی هنجاری مثبت نشان می العد. بی هنجاری منفی و هم دارای بی هم دارای بی هنجاری مثبت می می می در تعریق می باشد. بی هنجاری منفی و هم دارای بی هنجاری مثبت می می العد. بی هم دارای بی هنجاری منفی و هم دارای بی هم دارای بی هم دارای بی هم دارای بی هم دارای می می می در تعریق می می العد. بی هنجاری منفی و مثبت نشان می باوری و چه به علت ذوب بخشی (که در آن فلدسپار در تفاله باقی می ماند) می باشد. نبود بی هنجاریهای منفی و مثبت نشان دهنده این است که تبلور پلاژیوکلاز نقش مهمی در تحول ماگما ندارد و ممکن است فقط متحمل تبلور فشار بالا، قبل از جایگیری در سطوح بالاتر شده باشد [۲۷].



شکل ۱۰ نمودار بهنجار شده توده نفوذی مونزودیوریتی نسبت به کندریت [۲۸]

در نمودار عنکبوتی توده مافیک (گابرو) و سنگهای آتشفشانی بهنجار شده نسبت به کندریت [۲۸]، شیب از سمت عناصر خاکی کمیاب سبک به سمت عناصر خاکی کمیاب سنگین کم میشود (شکل ۱۱). به عبارتی در این نمودار، نمونههای توده مافیک (گابرو) و سنگهای آتشفشانی، غنیشدگی از LREE و تهیشدگی از HREE را نشان میدهند که میتواند بیانگر این باشد که سنگ مادر ماگما دارای گارنت بوده که در ذوب شرکت نکرده و عناصر خاکی کمیاب سنگین را در گوشته دیرگداز نگه داشته است [۲۹]. نسبت Eu/Eu محاسبه شده برای نمونههای منطقه مورد مطالعه در (جدول ۲) ارائه شده است و نمونههای مورد مطالعه بیهنجاری مثبت دارند. بیهنجاری مثبت Eu در نتیجه انباشت فلدسپار میباشد [۳۰]. بالا بودن نسبت LREE/HREE نشان دهنده عمق زیاد تولید ماگما، یعنی همان خاستگاه گارنت لرزولیت است. زیرا عناصر خاکی کمیاب سنگین معمولا در شبکه روتیل، زیرکن و گارنت جای میگیرند. بنابراین وقتی ذوب در اعماق زیاد صورت میگیرد، HREE در گارنت، روتیل و زیرکن متمرکز میشوند و از ورود آنها به مذاب حاصل از ذوب بخشی جلوگیری شده، در نهایت نسبت HREE/LREE در فاز مایع کاهش مییابد. همچنین درجات کم ذوب بخشی (کمتر از ۱۰ درصد) میتواند به تشکیل ماگمای بازالتی آلکالن منجر شود، که یک غنی شدگی در الگوی عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) را نشان میدهد [۳۱]. بنابراین میتوان گفت درجات پایین ذوب بخشی به همراه وجود گارنت، روتیل و زیرکن در منشا، از مهم ترین عوامل برای غنی شدگی عنی شدگی.





تعيين جايگاه زمينساختى

امروزه این امر پذیرفته شده است که در اکثر رژیمهای زمینساختی، ذوب بخشی مواد گوشتهای باعث ایجاد ماگمای اولیه با ترکیب بازیک تا فوق بازیک و فرآیندهای بعدی که شامل تبلور تفریقی، اختلاط ماگمایی و آلایش پوستهای هستند، سبب ایجاد طیف وسیعی از سنگهای آذرین در زمین می گردند. خصوصیات زمینشیمیایی ماگماهای اولیه به عواملی از جمله ترکیب شیمیایی و کانیشناسی سنگ منشا عمیق و میزان ذوب بخشی بستگی دارد. ماگماهای اولیه در اعماق بالای ۱۰۰ تا

سنگهای پتاسیک محیطهای زمینساختی قارهای و پس از برخورد، با تمرکز متوسط LILE ، LREE و HFSE در بین سایر زیرگروهها مشخص میشوند [۳۲]. کمانهای اقیانوسی که بوسیله فرورانش یک صفحه اقیانوسی به زیر صفحه دیگر مشخص میشوند، معمولا دارای تمرکز پایین LILE ، LREE و HFSE میباشند. سنگهای آذرین کمانهای اقیانوسی را میتوان با استفاده از نمودارهای سهتایی 10 × Hf - La - Hf - 10 از سنگهای کمانهای قارهای و کمانهای پس از برخورد جدا کرد. در این نمودار سنگهای منطقه در محدوده کمانهای قارهای و کمانهای پس از برخورد قرار می گیرند (شکل ۱۲-الف). برای جدا کردن سنگهای کمانهای قارهای از کمانهای پس از برخورد از نمودار سهتایی Ce/P₂O₅ – 06×3 – Nb $\times 3$ – Nb $\times 50$ – Ce/P₂O₅ یراد از نمودار ساز برخورد از نمودار سهتایی توان استفاده کرد. با توجه به این نمودار اغلب نمونههای مورد تجزیه شیمیایی، در محدوده کمانهای قارهای قرار می گیرند (شکل ۱۲-ب).



شکل۱۲ الف) نمودار سهتایی IO2/100 – La – Hf × 100 برای جدایش کمانهای اقیانوسی از کمانهای قارهای، ب) نمودار سهتایی Zr × 3 – Nb × 50 – Ce/P₂O₅ برای جدا کردن کمانهای قارهای از کمانهای قارهای پس از برخورد [۳۲]

برای تعیین محیط زمین ساختی توده مافیک (گابرو) و سنگهای آتشفشانی، از نمودارهای مثلثی Hf/3-Th- ،Hf/3-Th-Ta و Nb/16 و Nb/16 استفاده شده است[۳۳]. با توجه به این نمودارها، نمونههای مورد مطالعه در محدوده بازالتهای کمانهای آتشفشانی قرار می گیرند (شکل ۱۳).



شکل۱۳ نمودارهای مثلثی Hf/3-Th-Nb/16 ،Hf/3-Th-Ta و Zr/117-Th-Nb/16، توده مافیک (گابرو) و سنگهای آتشفشانی در محدودههای بازالتهای کمانهای آتشفشانی قرار گرفتهاند. IAT= بازالتهای تولئیتی جزایر قوسی، CAB= بازالتهای کالکآلکالن قوسی

قارهای، WPA= بازالتهای آلکالن داخل صفحهای، WPT= تولئیتهای داخل صفحهای، N-MORB= بازالتهای عادی پشته میاناقیانوسی، E-MORB= بازالتهای غنی شده پشته میان اقیانوسی [۳۳]

برداشت

براساس بررسیهای صحرایی و مطالعات میکروسکوپی واحدهای اصلی سنگی منطقه و کانیهای تشکیل دهنده أنها عبارتند از: ۱) واحد مونزودیوریتی شامل کانی های کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکالن همراه با کانی های ثانویه کلریت و سرسیت، ۲) واحد گابرویی شامل پلاژیوکلاز و پیروکسن، ۳) واحد آندزیتی- بازالتی شامل کوارتز و پلاژیوکلاز. نفوذ تودههای مونزودیوریتی و گابرویی در سنگهای آتشفشانی همراه با عملکرد گسلها در شکل گیری کانیسازی و دگرسانی در منطقه مجیدآباد موثر بوده است. کانهزایی در منطقه مجیدآباد بصورت پراکنده و رگه- رگچهای در گسلها، شکستگیها و درزهها رخ داده است و در آن کانیهای سولفیدی و سیلیس در اثر نهشت مستقیم از سیالهای گرمابی کانهزا تشکیل شدهاند. با بررسی کانهها در مقاطع صیقلی و نازک صیقلی، کانهزایی به انواع درونزاد و برونزاد قابل تقسیم است. کانههای درونزاد شامل پیریت و کالکوپیریت هستند که در اثر غنی شدگی های ثانویه کانی های برون زاد کالکوسیت، کوولیت، هماتیت، لیمونیت، گوتیت و مالاکیت تشکیل شدهاند. براساس زمین شیمی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب تودههای نفوذی و سنگهای آتشفشانی موجود در منطقه، ماگمای مولد آنها دارای سرشت کالکآلکالن با پتاسیم بالا و شوشونیتی بوده و ویژگی پرآلومینوس و متاآلومینوس نشان میدهد که بدلیل آلایش با پوسته و شکل گیری کانی های ثانویه مانند سرسیت و کانی های رسی در طی دگرسانی گرمابی است. الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده به ترکیب کندریت برای نمونههای سنگی منطقه مجیدآباد نشان دهنده غنی شدگی این سنگها از LREE و تهیشدگی از HREE است، که این پدیده بیانگر پیدایش آنها در پهنههای فرورانش میباشد. توده مونزودیوریت دارای بیهنجاری مثبت و منفی Eu و توده گابرویی و سنگهای آتشفشانی دارای بیهنجاری مثبت Eu هستند. رخداد بی هنجاری منفی Eu نشانگر تخریب پلاژیوکلاز توسط سیال های گرمابی دما بالا است و بی هنجاری های مثبت Eu نتيجه انباشت پلاژيوكلاز ميباشند. برپايه نمودارهاي شناسايي محيط زمينساختي پيدايش ماگما، اين سنگها به كمان قارمای تعلق دارند.

قدرداني

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم پژوهش و فنآوری دانشگاه تبریز بخاطر در اختیار گذاشتن امکانات مالی پژوهش و نیز از داوران محترم و مسئولین گرامی مجله بلورشناسی و کانیشناسی ایران جهت هرچه پربارتر شدن مقاله، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-24]

[1] Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati di Brozolo, F. and Villari, L., 1982- Tertiary and quaternary volcanism of the Erzurumkars area (Eastern Turkey): geochronological data and geodynamic evolution, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 13, 223-240.

[2] Hezarkhani, A., 2006- Petrology of the intrusive rocks within the Sungun porphyry copper deposit, Azerbaijan, Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 27(3), 326-340.

[3] Dilek Y., Imamverdiyev N., Altunkaynak, S., "Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: Collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint", International Geology Review 52(2010) 536-578.

[4] Dercourt, J.E, Zonenshain, LP, Ricou, LE, Kazmin, V. G., Le Pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbortshikov, I.M., Geyssant, J.,Lepvrier, C., Pechersky, D.H., 1986- Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias, Tectonophysics, 123(1-4): 241-315.

[5] Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. American Journal of science, 307(9), 1064-1095.

[6] Jamali, H., Dilek, Y., Daliran, F., Yaghubpur, A. and Mehrabi, B., 2010- Metallogeny and tectonic evolution of the Cenozoic Ahar–Arasbaran volcanic belt, northern Iran, International Geology Review, 52(4-6), 608-630.

[7] Ghorbani, M., 2013- A summary of geology of Iran, In The Economic Geology of Iran, Springer, Dordrecht, 45-64.

[8] Jamali, H. & Mehrabi, B., 2015- Relationships between arc maturity and Cu–MO–Au porphyry and related epithermal mineralization at the Cenozoic Arasbaran magmatic belt. Ore Geology Review 31, 123–138.

[9] Simmonds V., Calagari A. A., Kyser K., "Fluid inclusion and stable isotope studies of the Kighal porphyry Cu–Mo prospect, East- Azarbaidjan, NW Iran", Arabian Journal of Geosciences 8 (2015) 473-453.

[10] Simmonds V., Moazzen M., "Re-Os dating of molybdenites from Oligocene Cu-Mo-Au mineralized veins in the Qarachilar area, Qaradagh batholith (northwest Iran): Implications for understanding Cenozoic mineralization in South Armenia, Nakhchivan, and Iran", International Geology Review 57 (2015) 290-304.

[11] Calagari, A. A., 2004- Fluid inclusion studies in quartz veinlets in the porphyry copper deposit at Sungun, East-Azarbaidjan, Iran. Journal of Asian Earth Science 23, 179–189.

[12] Mohamadi, M. & Borna, B., 2006- Report of Geology and Drilling in the Masjed Daghi Area (National Iranian Copper Industries Company (NICICO)).

[13] Zarnab Company, 2007- Geology and Alteration Studies of the Haftcheshmeh Area (National Iranian Copper Industries Company (NICICO)).

[14] Ebrahimi, S., Alirezaei, S. & Pan, Y., 2011- Geological setting, alteration, and fluid inclusion characteristics of Zaglic and Safikhanloo epithermal gold prospects, NW Iran. Geological Society, London, Special Publications 350(1), 133-147.

[15] Alirezaei, S., Ebrahimi, S. & Pan, Y., 2008- Fluid Inclusion Characteristics of Epithermal Precious Metal Deposits in the Arasbaran Metallogenic Zone, Northwestern Iran [extended abs.], ACROFI-II, India, 1–4.

[16] Nabavi M.H., *An introduction to the Iranian geology (in Persian)*, "Geological Survey of Iran, (1976) 110p.

[17] Babakhani, A.R., Lesquyer, J.L. and Rico, R., 1990. Geological map of Ahar quadrangle (scale 1:250,000): Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

[18] Mehrpartou M., Kh. Nazer N., "Geological map of Kaleybar (scale 1:100.000)", Geology survey of Iran, Tehran, Iran (in Persian) (1999).

[19] Whitney D. W., Evans B. W., "*Abbreviations for names of rock forming minerals*", American Mineralogist 95 (2010) 185-187.

[20] Middlemost.E.A.K., 1994, Naming materials in the magma igneous system, Earth-Science Reviews 37, 215–224.

[21] Winchester, J.A., and Floyd, P.A. (1977) Geochemical classification of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325-343.

[22] Hastie A.R., Kerr A.C., Pearce J.A., Mitchell S.F., "*Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements*", development of the Th-Co discrimination diagram. Journal of Petrology 48(2007) 2341-2357.

[23] Maniar, P.D. and Piccoli, P.M., 1989. Tectonic discrimination of granitoids, Geological Society if America Bulletin. 101(5): 635-643.

[24] Wilson, M., 1989. Igneous petrogenesis, a global tectonic approach. Chapman and Hall, 466 p.

[25] Krauskopf, K. P. and Bird D (1976) Introduction to geochemistry. Mc Graw Hill, 788 pp.

[26] Winter, J.D. (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, NJ, 697p.

[27] Ying, J., Zhang, H., Sun, M., Tang, Y. and Zhou, X., 2007. Petrology and geochemistry of zijinshan alkalin intrusive complex in shanxi Province, Western north China Craton: Implication for magma mixing of different sources in an extensional regime. Lithos, v. 01566, p. 1- 22.

[28] Boynton W. V., "Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (ed), Rare Earth Element Geochemistry", Elsevier (1984) 63-114.

[29] Rollinson, H.R. (2014) Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation.Routledge, London, 384 p.

[30] Jung, S., Hffer, E. and Hoernes, S., 2007. Neo-Proterozoic rift-related syenites (North Damara Belt, Namibia): Geochemical and Nd-Sr-PB-O istope constraints for mantle sources and petrogenesis. Lithos, v. 96, p. 415-435.

[31] Wass, S.Y. and Roger, N.W., 1980. Mantle Metasomatism-Precursor to alkaline continental volcanism. Geochim, Cosmochim. Acta, v. 44, p. 1811-1823.

[32] Müller, D., Rock, N. M. S. and Groves, D. I. 1992- Geochemical discrimination between shoshonitic and potassic volcanic rocks in different tectonic settings: a pilot study. Mineralogy and Petrology 46, 259–289.

[33] Wood, D. A., 1980- The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectenomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British tertiary volcanic province. Earth Planet Sci Lett (50), Pp. 11-30.