

## جایگاه زمین ساختی سنگ‌های آتشفشانی وشنوه؛ کوهستان قم، غرب ایران مرکزی

سارا ملکوتیان<sup>۱\*</sup>، شهروز حق نظر<sup>۲</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(\*عهده دار مکاتبات - Sara\_Malakotian@yahoo.com)

### چکیده

منطقه وشنوه در جنوب قم و در زون آتشفشانی ارومیه، دختر واقع شده است. سنگ‌های آتشفشانی وشنوه تنوع ترکیبی بین اولیون بازالت، آندزیت بازالتی و آندزیت مگاپورفیر نشان می‌دهند. از نظر سری ماگمایی این سنگ‌ها در سری تولائییتی قرار می‌گیرند. مطالعه بر روی روند الگوی عناصر ناسازگار و مقایسه آن‌ها با مقادیر پوسته‌ای و نسبت‌های عناصر کمیاب ناسازگار حاکی از آنست که بازالت‌های منطقه وشنوه در ارتباط با ماگماتیسم مناطق ریفتی درون قاره‌ای بوده که با سنگ‌های پوسته قاره‌ای آرایش یافته‌اند.

**واژگان کلیدی:** وشنوه، آندزیت بازالتی، ریفت درون قاره‌ای، آرایش پوسته‌ای.

### ۱- مقدمه

منطقه مورد مطالعه در ۶۰ کیلومتری جنوب قم بین طول‌های "۵۱'۰۰" و "۵۱'۳۰" و "۵۱'۳۰" و "۵۱'۳۰" طول شرقی و "۳۰'۱۴" و "۳۴'۳۰" و "۱۲'۳۴" عرض شمالی قرار گرفته است. این منطقه در تقسیم‌بندی‌های زون‌های زمین ساختی ایران در غرب ایران مرکزی و در پهنه ماگمایی ارومیه - دختر قرار دارد. این پهنه یک محور شکسته و فعال از نظر ولکانیسم (در کرتاسه فوقانی و ائوسن) و پلوتونیسم (در الیگوسن و میوسن) به شمار می‌رود (معین وزیری، ۱۳۷۷). بر طبق مطالعات قلمقاش (۱۳۷۴) و فنودی (۱۳۷۵) برونزد غالب سنگ‌های جنوب قم، واحدهای رسوبی و آتشفشانی به سن ائوسن میانی می‌باشد. در مورد جایگاه زمین ساختی این منطقه تاکنون نظرات گوناگونی ابراز شده است. به عقیده امامی (۱۹۸۱) ماگماتیسم ایران در ترسیر به خصوص ائوسن به علت وجود تیغه‌های حرارتی در زیر بلوک ایران انجام گرفته و پدیده‌ای بوده که شبیه به آنچه اکنون در شرق افریقا جریان دارد. این ریفت قاره‌ای به علت انجام فازهای فشارشی پیرنئن قبل از تشکیل اقیانوس بسته شده است. به عقیده معین وزیری (۱۳۷۷) ماگماتیسم ترسیر در ایران با مدل‌های فرورانشی نسبت به ریفت‌های قاره‌ای تطابق بیشتری را نشان می‌دهد. در این مطالعه سعی گردیده تا با استفاده از مطالعات صحرائی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی در خصوص جایگاه زمین ساختی سنگ‌های آتشفشانی وشنوه اظهار نظر گردد.

### ۲- سنگ نگاری

بر اساس مطالعات صحرائی (Emami, 1981) چینه‌شناسی واحدهای برونزد یافته در منطقه وشنوه به ترتیب از قدیم به جدید به قرار ذیل است:

(۱) واحد آندزیت مگاپورفیر (۲) واحد توف برشی (۳) واحد کنگلومرایی و ماسه سنگی (۴) واحد آندزیت - بازالت

واحد آندزیت - بازالت وسیعترین و اصلی تری رخنمون سنگی منطقه را تشکیل می دهد. بر اساس مطالعات میکروسکوپی سه مجموعه سنگی در این واحد از یکدیگر قابل تفکیک هستند:

الف) اولیون بازالت (ب) اولیون دلریت (ج) آندزیت بازالتی (د) دایک‌هایی با ترکیب آندزیتی که این مجموعه را قطع کرده‌اند.

بافت غالب اولیون بازالت‌های منطقه پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریان می‌باشد. فنوکریست‌های اولیون کاملاً دگرسان شده و به آیدنگیست تبدیل شده‌اند. همچنین میکروفنوکریست‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن هم در متن سنگ قابل مشاهده هستند. پلاژیوکلازها حداکثر زاویه خاموشی  $33^\circ$  را نشان می‌دهند در نتیجه نوع آن‌ها لابرادوریت می‌باشند. خمیره این سنگ از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و دانه‌های کلینوپیروکسن تشکیل شده است. بافت اولیون دلریتها پورفیریک با خمیره اینترگرانولر می‌باشند. درشت بلورهای اولیون کاملاً به کلریت و بولنزیت و اکسید آهن تبدیل شده‌اند. در خمیره سنگ پلاژیوکلازها یکدیگر را قطع نموده و پیروکسن‌ها فضای بین آن‌ها را پر کرده‌اند. آندزیت‌های بازالتی گسترده‌ترین رخنمون سنگی منطقه را تشکیل می‌دهند. این سنگ‌ها میزبان اصلی کانی سازی مس در منطقه می‌باشند که در آن‌ها کارهای معدن کاری باستانی (شدادی) هم مشاهده می‌گردد. بافت غالب این سنگ‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی - شیشه‌ای و همچنین آمیگدالوئیدال می‌باشد. فنوکریست‌های غالب این سنگ‌ها پلاژیوکلاز می‌باشد که به صورت تدریجی (Seriate) به خمیره تبدیل شده‌اند. در مقادیر کمتر فنوکریست‌های کلینوپیروکسن هم در متن سنگ حضور دارد. خمیره این سنگ‌ها عمدتاً از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و دانه‌های کلینوپیروکسن تشکیل شده که فضای بین آن‌ها با شیشه کاملاً اکسیده شده پر شده است. حفرات این سنگ‌ها توسط پیستاسیت، کلریت، کوارتز و بعضاً با کلیست، پرنیت، اکتینولیت و مالاکیت پر شده است. دایک‌های منطقه عمدتاً ترکیب آندزیتی دارند. بافت غالب آن‌ها پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریان می‌باشد. درشت بلورها پلاژیوکلاز فنوکریست غالب سنگ را تشکیل می‌دهد که تا حدی به سرسیت و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند. فنوکریستها و مگاکریست‌های هورنبلاند قهوه‌ای هم در سنگ دیده می‌شود که ابعاد آن‌ها گاه به ۵ سانتی‌متر هم می‌رسد.

### ۳- ژئوشیمی

در جدول (۱) نتایج تجزیه شیمیایی بازالت‌های منطقه و شنوه که به روش XRF تجزیه عنصری شده‌اند، نشان داده شده است.

در شکل (۱) در نمودار مجموع آلکالن در برابر سیلیس (Winchester and Floyd, 1977) نمونه‌ها در محدوده بازالت و آندزیت بازالتی قرار داشته و ترکیب دایک‌ها نیز بین آندزیت بازالتی تا آندزیت قرار می‌گیرند. در شکل (۲) در نمودار مجموع آلکالن در برابر سیلیس (Rickwood, 1989) همه نمونه‌ها در محدوده ساب آلکالن قرار گرفته‌اند. در شکل (۳) در نمودار  $FeO/MgO$  در برابر  $SiO_2$  (Miyashiro, 1978) تمامی نمونه‌ها در محدوده تولائیتی جای گرفته‌اند. در نمودار AFM (شکل ۴) نیز تقریباً تمامی نمونه‌ها در محدوده تولائیتی قرار گرفته‌اند. میانگین مقدار  $Mg \#$  در بازالت‌های شنوه در حدود ۴۰ می‌باشد. این مقادیر پایین عدد منیزیم مشابه بازالت‌های مناطق ریفتی و طغیانی قاره‌ای بوده که دارای اعداد منیزیم پایین و متوسط بوده و مشخصات مذاب‌های گوشته‌ای اولیه را ندارند. نسبت  $K_2O/P_2O_5$  در بازالت‌های شنوه به طور میانگین ۴ می‌باشد. اغلب بازالت‌های نشأت گرفته از گوشته دارای نسبت  $K_2O/P_2O_5 \leq 2$  هستند. هضم پوسته و یا تفریق آپاتیت باعث بالا رفتن نسبت مزبور می‌گردد (Carlson and Hart, 1988). نسبت  $Ce/Pb$  در بازالت‌های شنوه پایین و در حدود ۲/۷ می‌باشد. این مقادیر پایین  $Ce/Pb$  نشانه درگیر بودن ماگما با مواد پوسته‌ای است (Jung, 1999).

جدول ۱: نتایج تجزیه شیمیایی سنگ‌ها آتشفشانی وشنوه به روش XRF

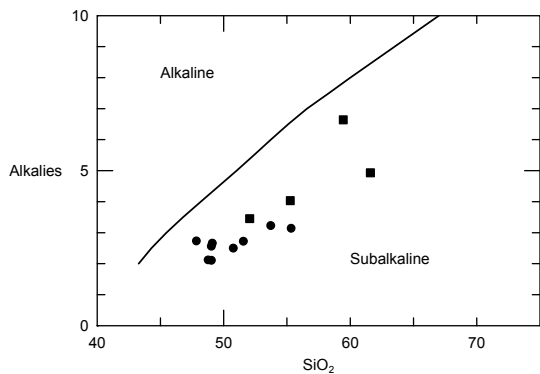
Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
11	51.56	12.98	11.05	11.12	2.72	3.81	2.29	1.044	0.390	0.301
17	55.34	12.70	12.87	7.26	3.14	2.27	2.16	1.043	0.087	0.447
19	55.26	19.25	10.99	5.51	4.03	3.66	0.48	0.682	0.205	0.208
21	59.45	15.12	7.35	5.20	6.64	2.39	0.49	0.547	0.313	0.251
24	52.06	15.17	11.99	7.21	3.45	3.72	0.88	1.033	0.212	0.088
26B	53.73	12.45	10.65	12.27	3.23	3.09	0.06	1.086	0.126	0.339
27B	49.04	15.18	12.11	10.41	2.11	5.05	1.08	1.215	0.194	0.386
28	48.78	15.46	12.17	10.76	2.12	4.75	1.14	1.152	0.172	0.386
32	50.76	14.96	11.63	9.31	2.50	4.54	1.79	1.018	0.180	0.627
32A	49.03	15.48	12.24	9.58	2.56	4.62	1.87	1.071	0.189	0.644
38	44.11	12.98	12.02	11.86	2.66	3.95	2.63	1.078	0.189	0.271
48	61.59	14.16	9.78	3.61	4.93	1.95	0.09	0.396	0.191	0.218
57	47.85	17.07	12.53	11.41	2.73	4.21	0.88	1.159	0.162	0.389

Sample	L.O.I	Cl	S	Rb	Sr	V	W	Y	Zr	Zn
11	2.18	220	128	56	229	136	30	18	108	277
17	2.04	177	154	51	372	142	127	18	122	68
19	3.16	214	73	16	387	71	74	14	78	100
21	1.74	132	47	19	159	48	<1	16	102	186
24	3.48	208	133	23	423	123	<1	13	51	177
26B	2.67	142	660	8	188	114	<1	13	94	125
27B	2.76	111	24	20	315	152	42	15	111	232
28	2.52	209	43	13	368	129	1	16	124	37
32	2.27	209	125	39	325	128	<1	19	127	103
32A	2.34	229	58	39	331	128	<1	18	128	102
38	2.61	267	561	56	294	141	<1	18	94	104
48	2.35	190	8	7	132	35	1	15	107	103
57	1.21	120	6	17	336	142	<1	14	87	75

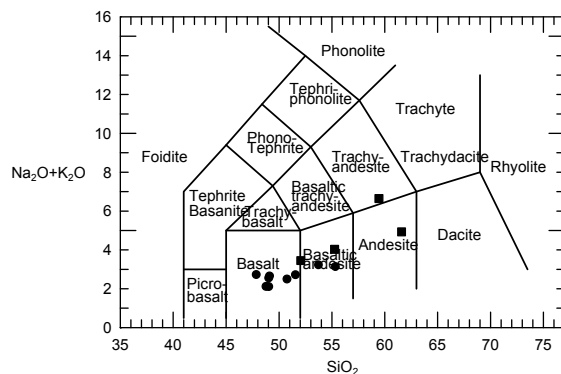
Sample	Mo	Bi	Ce	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	Pb	U	Th
11	<1	555	10	16	80	9	7	29	10	1	2
17	<1	1353	25	22	74	8	16	33	8	1	1
19	<1	253	10	41	2	2	1	1	8	1	1
21	<1	108	8	9	1	1	1	1	11	1	1
24	<1	1525	7	8	1	158	3	1	7	1	1
26B	<1	3126	32	13	55	3175	6	1	13	2	1
27B	<1	618	16	21	122	28	8	40	14	1	1
28	<1	355	54	19	95	17	10	52	4	1	1
32	<1	942	31	23	97	9	11	9	14	1	2
32A	<1	1004	16	17	99	10	14	1	14	1	1
38	<1	513	35	12	161	5196	5	28	209	1	1
48	<1	29	18	7	8	14	6	1	6	1	1
57	<1	263	14	15	73	5	5	28	11	2	3

متوسط نسبت Ti/V در بازالت‌های وشنوه ۵۰ می‌باشد که این نسبت از شاخصه‌های محیط‌های داخلی صفحه‌ای قاره‌ای است. این موضوع در شکل (۵) در نمودار V در برابر Ti/1000 (Shervais, 1982) بخوبی مشخص است. همانطور که ملاحظه می‌شود نمونه‌ها در خارج از قلمرو بازالت‌ها مناطق قوسی واقع شده‌اند. در شکل (۶) الگوی میانگین عناصر کمیاب بازالت‌های منطقه وشنوه در مقایسه با مقادیر میانگین پوسته زیرین (Rudnick and Fountain, 1995) که با مقادیر گوشته اولیه (Sun and McDonough, 1989) بهنجار شده‌اند نشان داده شده‌است. یک انطباق قابل توجه روند الگوی تمامی عناصر با مقادیر پوسته زیرین مشاهده می‌شود. روندهای مشابه

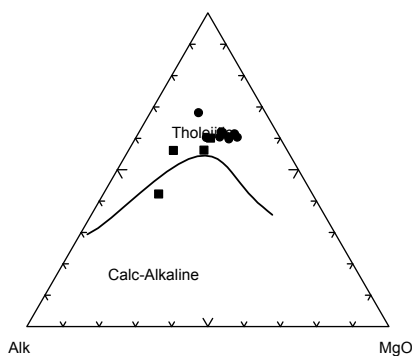
نشانه بر هم کنشی ماگمای تشکیل دهنده بازالت‌های وشنوه با پوسته قاره‌ای می‌باشد. آنومالی منفی Nb و Ce و مقادیر پایین Ti و آنومالی مثبت Pb به دلیل بر هم کنشی و شرکت پوسته در فرآیندهای ماگمایی بازالت‌های منطقه وشنوه می‌باشد (Wilson, 1989).



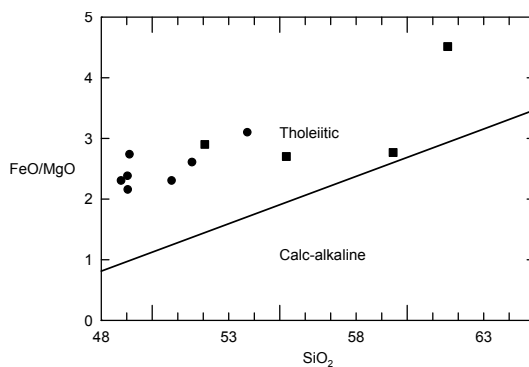
شکل ۲: موقعیت نمونه‌ها در نمودار مجموع آلکالن در برابر سیلیس (Rickwood, 1989)



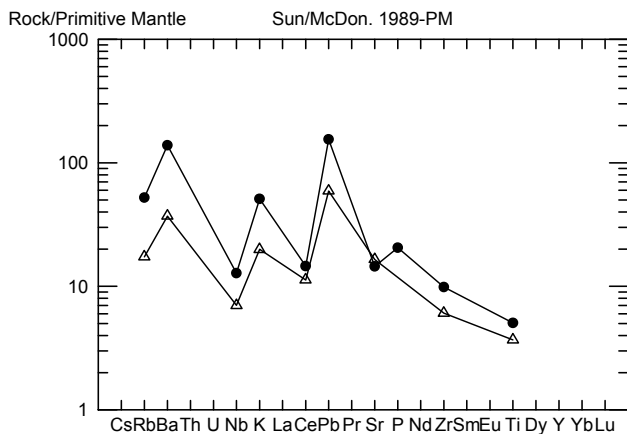
شکل ۱: موقعیت نمونه‌ها در نمودار مجموع آلکالن در برابر سیلیس (Winchester and Floyd, 1977)



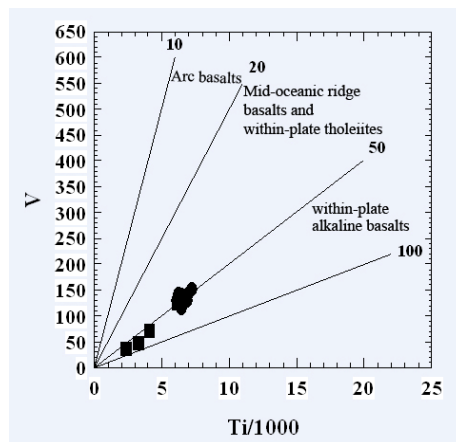
شکل ۴: موقعیت بازالت‌های وشنوه در نمودار AFM



شکل ۳: موقعیت نمونه‌ها در نمودار FeO/MgO در برابر SiO2 (Miyashiro, 1978)

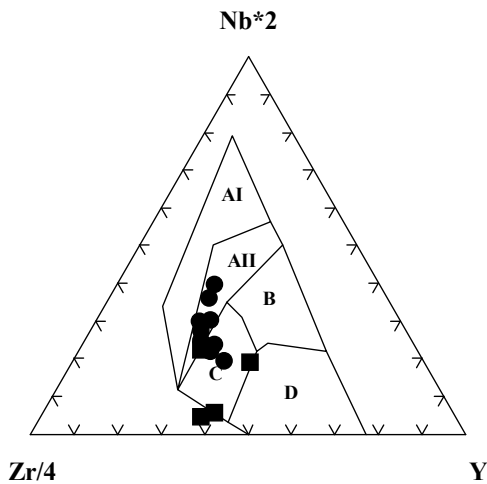


شکل ۶: الگوی میانگین عناصر کمیاب بازالت‌های منطقه وشنوه در مقایسه با مقادیر میانگین پوسته زیرین (Rudnick and Fountain, 1995)

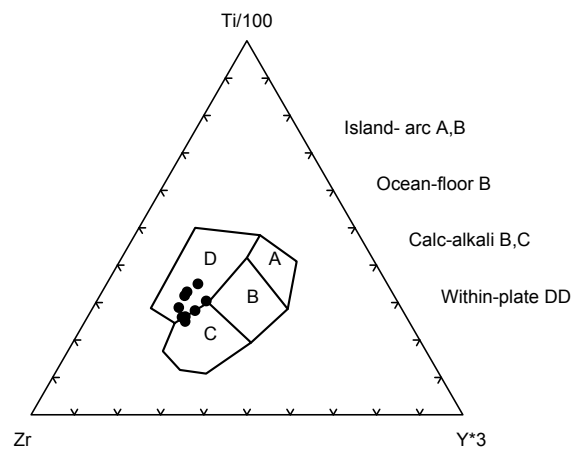


شکل ۵: موقعیت نمونه‌ها در نمودار V در برابر Ti/1000 (Shervais, 1982)

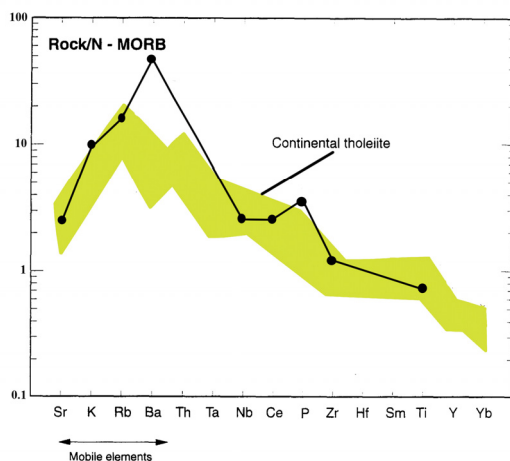
در شکل (۷) در نمودار مثلثی  $Ti/100-Zr-Y^*3$  (Pearce and Norry, 1979) تمامی نمونه‌ها در محدوده D یعنی بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار گرفته‌اند. در نمودار مثلثی  $Nb^*2-Zr/4-Y$  (Meschede, 1989) (شکل ۸) نمونه‌ها در محدوده C-AII یعنی تولایت‌های داخل صفحه پلات شده‌اند. در شکل (۹) در نمودار  $FeO-MgO-Al_2O_3$  (Pearce and Gale, 1977) نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های قاره‌ای قرار گرفته‌اند. در شکل (۱۰) محدوده تغییرات عناصر کمیاب عناصر ناسازگار تولایت‌های قاره‌ای (Wedepohl, 1975) که با مقادیر مورب نوع N بهنجار شده‌اند نشان داده شده است. بازالت‌های وشنوه تقریباً روند تغییرات عنصری تولایت‌های درون قاره‌ای را نشان می‌دهند. در شکل (۱۱) در نمودار  $Zr/Nb$  در برابر  $Zr/Y$  در برابر  $Zr/Nb$  (Kampunzu and et al., 1991) نمونه‌ها در محدوده AL یعنی گدازه‌های مربوط به ریفت در آفریقا قرار می‌گیرند.



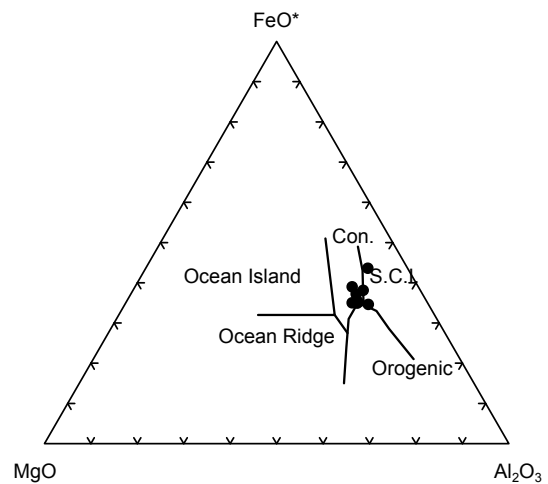
شکل ۸: موقعیت نمونه‌ها در نمودار مثلثی  $Nb^*2-Zr/4-Y$  (Meschede, 1989)



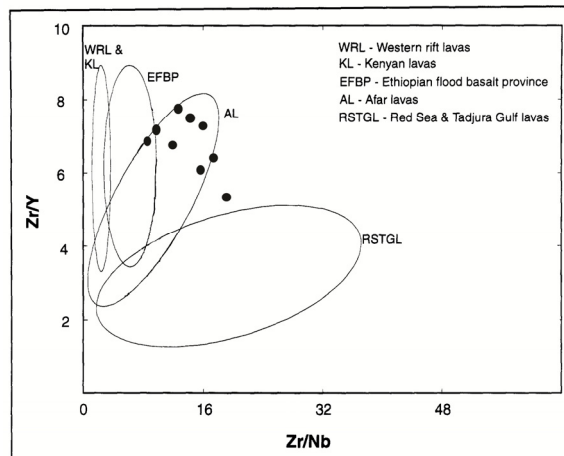
شکل ۷: موقعیت نمونه‌ها در نمودار مثلثی  $Ti/100-Zr-Y^*3$  (Pearce and Norry, 1979)



شکل ۱۰: مقایسه الگوی میانگین بازالت‌های وشنوه با محدوده تغییرات عناصر کمیاب عناصر ناسازگار تولایت‌های قاره‌ای (Wedepohl, 1975)



شکل ۹: موقعیت نمونه‌ها در نمودار  $FeO-MgO-Al_2O_3$  (Pearce and Gale, 1977)



شکل ۱۱: موقعیت بازالت‌های وشنوه در نمودار  $Zr/Y$  در برابر  $Zr/Nb$  (Kampunzu and et al., 1991)

#### ۴- نتیجه‌گیری

سنگ‌های آتشفشانی منطقه وشنوه یک تنوع ترکیبی یعنی اولیوین بازالت تا آندزیت‌های بازالتی دارند. در نمودارهای سری‌های ماگمایی، این سنگ‌ها اکثراً در محدودهٔ تولائیتی قرار می‌گیرند. مطالعه بر روی نسبت‌های عناصر ناسازگار و روند الگوی عناصر کمیاب ناسازگار و مقایسهٔ آن‌ها با مقادیر پوسته‌ای دلالت بر آرایش این بازالت‌ها با سنگ‌های پوستهٔ قاره‌ای دارد. در نمودارهای تعیین جایگاه‌های تکتونیک، این بازالت‌ها اکثراً در محیط‌های داخل صفحه‌ای قاره‌ای قرار می‌گیرند به نحوی که با بازالت‌های مناطق ریفتی درون قاره‌ای قابل مقایسه هستند. به عقیده Vivier و همکاران (۱۹۷۸) در زونی بین آوج، ساوه و قم تحت تأثیر یک گنبد حرارتی مهم، یک ریفت درون قاره‌ای در ابتدای ائوسن تحتانی باز شده است. شروع این ریفت با ظهور ماگمایی کالکو آلکالن ناشی از آرایش پوسته‌ای یک ماگمای تولائیتی کم تفریق یافته با استوک‌های ریولیتی دارای منشاء پوسته‌ای همراه بوده است این زون گشایش اولیه بعداً به تدریج به طرف شمال غرب (آذربایجان) و جنوب شرق (ایران مرکزی) و به خارج از گنبد حرارتی نیز سرایت نموده است. در پایان ائوسن فاز کوهزایی پیرنه این ریفت درون قاره‌ای را عقیم نموده است.

#### ۵- منابع

۱. معین وزیری، ح.، ۱۳۷۷، "دیبچه ای برماگماتیسم در ایران"، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۴۴۰ ص.
۲. قلمقاش، ج.، ۱۳۷۴، "مطالعهٔ پلوتونیسیم ترشیری در منطقهٔ جنوب قم محدود به ورقهٔ ۱/۱۰۰۰۰۰ کهک"، رسالهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۳. فنودی، م.، ۱۳۷۵، "مطالعهٔ ولکانیسم ترشیری در منطقهٔ جنوب قم محدود به ورقهٔ ۱/۱۰۰۰۰۰ نوفل لوشاتو"، رسالهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۴. حق نظر، ش.، ۱۳۸۲، "پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی محدودهٔ وشنوه (جنوب قم) و ارتباط کانی سازی مس با آنها"، رسالهٔ کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشکدهٔ علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
5. Emami, M.H., 1981, "Geologie de la region de Qom-Aran (Iran); Contribution a l'etude dynamique et geochemique du volcanisme tertiaire de l'Iran central". These d'Etat. Univer. Grenoble. France.
6. Winchester, J.A., and Floyd, P.A., 1977, "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation product using immobile elements". *Chemical Geology*, 20, 325-343.
7. Rickwood, P.C., 1989, "Boundary lines within petrologic diagrams which use oxide of major and minor elements". *Lithos*, 22, 225-240.
8. Miyashiro, A., 1978, "Nature of alkalic volcanic rock series". *Contrib. Mineral. Petrol.* 66, 91-104.
9. Carlson, R.W. and Hart, W.K., 1988, "Flood basalt volcanism in the northwestern United States. in: continental basalts, McDougall, J.D. (ed)". *kluwer Academic Pub.* 273-310.
10. Jung, S., 1999, "The role of crustal contamination during the evolution of continental rift-related Basalts. A case study from the Vogelsberg area (central Germany)", *GEOLiNES (praha)* 9, 48-58.

11. Shervais, J.W., 1982, "Ti-V plots and petrogenesis of modern and ophiolitic lavas". *Earth and Planetary Science Letters*. 59, 101-118.
12. Rudnick, R.L., and Fountain, D.M., 1995, "Nature and composition of the continental crust: A lower crustal perspective". *Rev. Geophys.* 33, 267-309.
13. Sun, S.S., and McDonough, W.F., 1989, "Magmatism in the oceanic basalts" [A.D. Saunders & M.J. Norry, Her ausgeber], *Geol. Soc. Special Publ.* 42, 313-345.
14. Wilson, M., 1989, "Igneous petrogenesis-A global tectonic approach", Unwin Hyman London, 466p.
15. Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979, "Petrogenic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks". *Contribution of Mineralogy and Petrology*. 69, 33-47.
16. Meschede, M., 1989, "A method of discrimination between different types of mid-ocean-ridge basalt and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram". *Chemical Geology*. 56, 207-218.
17. Pearce, J.A. and Gale, G.H., 1977, "Identification of ore deposition environment from trace elements geochemistry". *Spec. Publ. Geol. Soc. Lond.* 7, 14-24.
18. Wedepohl, K.H., 1975, "The contribution of chemical data to assumptions about the origins of magma from the mantle". *Fortschritt Mineralogie*. 52, 141-172.
19. Kampunzu, A.B.; Kapenda, D. and Manteka, B., 1991, "Basic magmatism and geotectonic evolution of Pan-African belts in Africa: evidence from the Katangan and West Congolian segments", *Tectonophysics*, 190, 363-371.
20. Vivier, G.; Caillat, C.; Dehlavi, P. and Martel-Jantin, B., 1978, "Consequences de l'évolution d'un rift intracontinental. Le cycle volcanique Eocène de la zone de l'Iran central". 7e Réunion annuelle des sciences de la terre, Lyon. Soc. Geol. Fr. edit. Paris.