خصوصيات منشأ گوشتهاي آلكالي اليوين بازالتهاي كواترنري منطقه قروه – تكاب

شهروز حقنظر ^{۱*} و سارا ملکوتیان ^۲ ^۲ گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران ۲ گروه زمینشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

چکیدہ

آلکالی الیوین بازالتهای کواترنری در شرق و شمال شرق سنندج در محور قروه، تکاب و بیجار، برونزد دارند. این سنگها دارای ترکیب عمده الیوین بازالت بوده، در نورم حاوی الیوین و نفلین هستند. وجود بیگانه سنگهای گنایسی و بیگانه بلورهای کوارتز و حضور فنوکریستهای بیوتیت از شواهد آلایش این سنگها با پوستهٔ قارهای است. از نظر ژئوشیمیایی آنومالیهای منفی Pr ، Nb ،Zr و آنومالی مثبت Pb و غنیشدگی از عناصر LLL از شاخصههای آلودگی پوستهای بازالتهای جوان منطقه است. در نمودارهای تمیز جایگاههای تکتونیکی، نمونهها در محدوده آلکالی بازالتهای داخل صفحه قرار می گیرند. نسبتهای پایین V/Nb و Y/Nb نسبت بالای 24~Nb (La/Yb) و مشابهت الگوی عناصر REE با بازالتهای BOD نشانهٔ منشأگیری ماگماها از گوشته غنی شده است. مطالعات ژئوشیمیایی نشان میدهد که این بازالتها از یک گوشته غنی شده شبیه منبع OIB با رخساره اسپینل در محدوده فشار ۱۵–۱۰ کیلوبار و اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتری با نرخ ذوب بخشی کمتر از ۱۵ درصد منشأ

واژههای کلیدی: آلایش پوستهای، آلکالیالیوینبازالت، رخساره اسپینل، کواترنری، منبع شبیه OIB

مقدمه

در شرق و شمال شرق سنندج در محور قروه -بیجار - تکاب یک سری آتشفشانی در امتداد شمال غرب - جنوب شرق با ترکیب بازالتی به سن کواترنری قرار گرفته (شکل ۱)که به صورت مراکز آتشفشانی چون آتشفشان های قره طوره، ندری، طهمورث، قزلچه کند، مهدی خان و ایلانلو برونزد دارند (معین وزیری و سبحانی، ۱۳۶۴). مراکز آتشفشانی مذکور بین استان های

آذربایجان غربی و کردستان واقع شده و در تقسیم بندی زونهای ساختاری ایران در زون سنندج – سیرجان و با فاصله یک صد کیلومتری از تراست اصلی زاگرس قرار گرفتهاند (معینوزیری، ۱۳۷۷). آتشفشانهای قزلچهکند، مهدیخان و ایلانلو در ورقهٔ ۱/۱۰۰۰۰ قروه و طهمورث در ورقهٔ ۱/۱۰۰۰۰ بیجار و قرهطوره در ورقه ۱/۱۰۰۰۰ تکاب رخنمون دارند. سنگهای آتشفشانی کواترنری نشانگر آخرین تکاپوهای ماگمایی

 $[*] sh_haghnazar@yahoo.com$

ایران است که شکل گیری آتشفشان های عظیم چون دماوند، سهند، سبلان، بزمان، تفتان حاصل آن است (آقانباتی، ۱۳۸۳). همچنین جدا از مناطق آتشفشانی کواترنری البرز- آذربایجان و کردستان، در خاور ایران (در جنوب طبس، بیرجند، فردوس، نهبندان و ...) نیز در روثوقیعابدینی، ۱۳۷۶). تاکنون درباره خصوصیات گوشته منشأ این ماگماها تحقیق جامعی نشده است. در این تحقیق سعی شده با توجه به شواهد ژئوشیمیایی و بازالتها اظهار نظر شود.



زمینشناسی منطقه

همه آتشفشان های منطقه دارای مخروط کمارتفاع از جنس اسکوری بودہ که گدازہ ها بےعلت روانروی زیاد توانستهاند کیلومترها بر روی دشتها جریان یابند (معین وزیری، ۱۳۷۷). در آتشفشان قزلچه کند گدازهها بر روی رسوبات تخریبی _ شیمیایی کواترنری ریخته شدهاند. از نکات درخور توجه، وجود بمبهای دوکی بازالتی با قطر بیش از ۲ متر بوده که در هستهٔ آنها انکلاوهای گنایسی به رنگ سفید مشاهده می شوند. در آتشفشان مهدى خان روانه هاى بازالتي نيز بر روى رسوبات تخریبی _ شیمیایی کواترنری ریختـه شـده، دارای فرسایش پوست پیازی نیز هستند. در این منطقه تفراهای ریزشی با لایهبندی منظم بهصورت لایهبندی ریز دانه در پایین و درشت دانه در بالا دیده شده که حاوی بمبهای آتشفشانی بزرگ هستند. در قرهطوره حدود ۵۰ متر گدازهٔ بازالتی تیره به صورت دگر شیب بر روی کنگلومرای پلیوسن قرار گرفتهاند. آتشفشان طهمورث حالت استراتوولکان داشته، از مواد آذر آواری، مخروط اسکوری و گدازه تشکیل شده است که بر روی مارنهای پلیوسن و آبرفتهای جوان رخنمون دارند. اتشفشان ایلانلو واقع در شمال شرق ورقهٔ ۱/۱۰۰۰۰ قروه، دارای ساخت منشوری بوده، پهنههای بازالتی با ضخامت حدود ۵۰ متر را بهوجود آورده است. این گدازهها نیز بر روی ترآورتنهای پلیوکواترنری ریخته شدهاند.

روش انجام پژوهش

پس از انجام مطالعات صحرایی از آتشفشانهای یاد شده، ۶۰ نمونه برداشت و از آنها مقطع نازک تهیه شده و سپس با میکروسکوپ پلاریزان کانیشناسی و سنگشناسی آنها بررسی شد. بهمنظور مطالعات ژئوشیمیایی ۱۷ نمونه از نظر عناصر اصلی و فرعی به روش XRF تجزیه شدند (جدول ۱). عناصر XEE در ۵

نمونه بـه روش ICP-MS در آزمایشـگاه OGS اونتـاریو کانـادا تجزیـه عنصـری شـد (جـدول ۲). نسـبتهـای ایزوتوپی Nd و Sr پنج نمونه از بازالـتهـای منطقـه در

آزمایشگاه ایزوتوپی دانشگاه کارلتون اوتاوا در کانادا محاسبه شدند (جدول ۳). نتایج حاصل با استفاده از نرمافزار 1Gpet 2007 ارزیابی و پردازش شدهاند.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی XRF عناصر اصلی (بر حسب wt%) و جزیی (بر حسب ppm) بازالتهای کواترنری قروه ـ تکاب

Region Name	Ghezelc	hekand				Ghareh	Tooreh			Ilanloo		Mehdik	han	Tahmor	res		
Sample No.	GH10	GH11	GH12	GH14	GH5	GT1	GT2	GT3	GT5	IL1	IL6	M4	M6	T1	T3	T4	T5
SiO ₂	53.50	50.04	52.87	53.90	53.84	53.97	53.21	52.98	52.71	49.84	51.52	49.08	50.96	53.02	52.57	51.25	52.51
Al ₂ O ₃	13.39	13.54	14.13	12.81	11.45	13.15	13.62	13.82	13.38	13.07	11.94	13.13	14.11	14.17	14.36	15.04	15.20
Fe ₂ O ₃	6.63	7.46	6.99	7.47	7.36	8.23	8.63	8.58	8.60	8.26	8.80	9.08	9.12	8.64	9.06	8.69	8.16
CaO	8.87	10.30	9.06	8.23	9.96	7.03	7.49	7.33	7.11	10.01	10.03	11.03	9.01	8.62	8.01	9.03	8.64
Na ₂ O	5.08	5.32	5.44	4.59	4.67	2.67	3.32	3.12	3.12	3.72	4.31	4.10	5.38	3.63	3.06	4.08	4.55
MgO	4.24	5.28	4.34	5.35	4.83	6.29	6.44	6.54	7.15	6.15	7.38	5.36	5.25	4.18	6.47	4.12	3.79
K ₂ O	3.36	3.21	3.41	2.54	2.91	3.49	3.20	3.23	3.20	3.49	2.79	2.16	2.41	2.68	1.39	2.57	1.93
TiO ₂	1.391	1.413	1.446	1.390	1.520	1.456	1.500	1.502	1.497	1.572	1.607	1.710	1.786	1.634	1.110	1.714	1.637
MnO	0.092	0.104	0.098	0.109	0.103	0.125	0.129	0.130	0.130	0.114	0.121	0.126	0.123	0.123	0.135	0.128	0.117
P ₂ O ₅	1.348	1.178	1.359	0.885	1.451	0.808	0.809	0.838	0.791	1.086	0.941	0.903	1.127	0.755	0.330	0.776	0.805
L.O.I	0.60	1.74	0.60	0.33	0.44	2.38	1.17	1.59	1.67	2.25	0.18	3.00	0.28	2.06	3.00	2.17	2.09
Total	98.52	99.58	99.74	97.6	98.53	99.5	99.5	98.82	99.35	99.56	99.61	99.67	99.56	99.24	99.49	99.56	99.44
CI	570	528	568	402	630	108	109	79	55	588	574	570	612	813	9	549	540
S	1820	1493	1751	63	1844	14	16	12	20	805	675	14	12	10	14	18	15
Ba	1288	1164	1422	1014	1324	732	622	107	647	1169	1125	751	801	970	364	900	873
Ce	304	349	221	175	314	146	139	165	122	247	344	176	321	158	122	226	230
Ga	15	16	13	18	20	15	14	19	21	16	15	14	13	15	18	14	15
Hf	24	16	25	24	21	20	15	14	25	27	29	28	26	23	16	25	20
Со	21	18	12	26	16	27	27	21	24	27	31	26	24	22	24	21	21
Cr	106	95	94	215	109	228	259	251	246	224	271	152	179	105	188	94	108
Cu	82	77	81	63	80	50	45	76	57	- 98	100	58	55	49	54	60	70
Nb	29	29	32	26	35	24	26	22	24	23	27	32	33	29	11	34	30
Ni	137	145	137	161	169	153	164	157	152	253	253	137	168	122	129	113	118
Pb	18	24	23	22	18	7	7	15	20	18	18	7	9	17	12	8	15
Rb	48	47	51	44	43	135	65	107	90	40	38	37	41	37	25	41	26
Sr	1655	1590	1649	1071	1740	542	429	467	446	1849	1911	1171	1273	1329	562	1245	1316
V	110	108	107	136	125	145	156	150	147	143	151	144	155	147	126	145	144
Y	16	15	16	14	16	22	17	21	20	15	15	15	15	15	12	15	15
Zr	274	258	265	192	282	233	235	234	230	232	240	190	211	212	117	211	223
Zn	84	89	82	85	100	68	69	75	75	85	92	108	91	83	73	77	81
U	1	1	1	1	1	6	7	14	7	1	1	1	1	1	1	1	1
Th	14	14	16	6	14	26	27	25	30	4	4	7	7	11	7	3	3

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی ICP-MS (بر حسب ppm) برای

ی منطقه	ه از سنگهاه	در ۵ نمون	I موجود	یی و REE	عناصر جز
Sample No.	GH14	GT1	IL1	M6	T4
La	39.41	46.41	100	100	92.55
Pr	12.531	15.022	25	23.195	20.524
Nb	59.75	65.01	100	83.53	76.54
Sm	3.54	12.86	15.62	12.59	12.05
Eu	1.207	2.66	3.921	3.237	3.212
Gd	4.476	8.159	9.018	8.384	8.275
Tb	0.773	1.026	1.02	1.011	1.062
Dy	5.156	5.508	5.07	5.27	5.631
Но	1.094	0.993	0.817	0.891	0.974
Er	3.34	2.624	1.970	2.192	2.466
Tm	0.475	0.343	0.249	0.272	0.313
Yb	3.19	2.22	1.56	1.73	1.94
Lu	0.484	0.311	0.203	0.229	0.264
Та	1.65	1.78	1.99	2.46	2.43
Be	2.56	5.82	2.69	2.53	2.54
Cd	0.11	0.129	0.127	0.124	0.119
Sb	0.21	0.32	0.12	0.14	0.13
Sc	16.9	24.71	18.03	17	19.91
Sn	1.72	5.93	1.84	2.04	2.02

جدول ۳- نتایج تجزیه ایزوتوپی بازالتهای کواترنری محور قروه -

Region Name	Ghezelchekand	Ilanloo	Ghareh Tooreh	Mehdikhan	Tahmores
Sample No.	GH.14	IL.1	GT.1	M.6	T.4
143Nd/144Nd	0.512346	0.512665	0.512641	0.512662	0.512660
147Sm/144Nd	0.1546	0.1001	0.1074	0.1143	0.1181
Eps Nd (CHUR)T	-5.70	0.54	0.07	0.47	0.44
Tdm (0.214.0.513115	1967	602	678	693	724
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.70836	0.70509	0.70487	0.70466	0.70475

پتروگرافی

تكاب

در آتشفشان قزلچه کند ترکیب عمدهٔ سنگها الیوین بازالت و بازالت بوده، بافت آنها پورفیریک با خمیرهٔ میکرولیتیی و میکرولیتیی شیشیهای اسیت. با

اندازه گیری های انجام شده برروی فنو کریست های الیوین با میزفدوروف، زاویه ۷۷۷ در این بلورها °۹۰ بوده در نتیجه نوع آن ها کریزولیت است. کلینوپیروکسن ها نیز هم به صورت فنو کریست و هم میکروفنو کریست دیده می شوند. زاویه ۷۷۶ در آن ها °۶۷ و زاویه بین ۹۳ و محور بلورشناسی C در آن ها °۴۵ بوده، در نتیجه نوع آن ها اوژیت است.

همان طور که در بررسی های صحرایی این آتشفشان بیان شد، در این منطقه انکلاوهای گنایسی به رنگ سفید که توسط قشری از بازالت سیاه پوشیده شده، مشاهده شد. در بررسی پتروگرافی وجرد زینوکریستهای کوارتز با حاشیه واکنشی (شکل ۲) و تجمعات سوزني كلينوپيروكسن (شكل ٣) و فنوکریستهای بیوتیتی (شکل ۴) در سنگ اليوينبازالتهاى قزلچەكند، بيانگر حالت عدم تعادل است که احتمالاً بر اثر هضم سنگهای گنایسی یوسته قارهای با ماگمای بازیک حاصل شده است. به عقیدهٔ Watson (۱۹۸۲) هنگام آغشتگی بازالت با پوستهٔ قارمای، حتی اگر بقیه عناصر بدون تغییر باقی بمانند، مقدار درخور توجهی پتاسیم به درون ماگمای بازالتی راه می یابد. طبق نظر Johnston و Johnston (۱۹۸۸) هنگامی که پتاسیم به درون ماگمای مذاب بازیک وارد شود، بيوتيت متبلور مي شود. به عقيدهٔ McBirney و همکاران (۱۹۸۷) اگر مواد خارجی راه یافته به درون ماگما به قدری ذوب شوند که آثار قابل مشاهدهٔ مشارکت آنها (مثلاً وجود زینوکریستها با حاشیه واکنشی) از بین برود، تغییرات ترکیبی قابل ملاحظهای شیمیایی بهوجود خواهد آمد. Doe و همکاران (۱۹۶۹) فراوانی زینوکریستها و زینولیتها را بهعنوان معیاری برای ارزیابی آلودگی پوستهای بازالتها در نظر می گیرند. این پژوهشگران با استفاده از مفاهیم بازالت

اولیه و بازالت آلوده شده زینولیت دار، به این نتیجه رسیدند که تأثیرات شیمیایی آلودگی بازالتها توسط زینولیتها بهجز پتاسیم، بسیار ناچیز است.



شکل ۲- زینوکریست کوارتز در بازالـت قزلچـه کنـد: a) در نـور .b ،X.P.L (b ،X.P.L



شکل ۳- تجمعات سوزنی کلینوپیروکسن در الیوین بازالـت قزلچـه کند (.X.P.L)



شکل ۴- فنوکریست بیوتیت در الیوین بازالت قزلچه کند. a) در نور .b ،X.P.L) در نور .P.P.L.

بهنظر میرسد بلورهای بیوتیت طی فرآیند متاسوماتیکی ماگمای بازالتی با قطعات گنایسی تشکیل شدهاند. به عقیدهٔ معین وزیری و سبحانی (۱۳۶۷) انکلاوهای گنایسی موجود در این بازالتها متخلخل بوده که این موضوع بهعلت ذوببخشی جزیی گنایس و آزادشدن مواد فرار از کانیهای آبدار و پنوماتوژن حاصل شده است. به این ترتیب، بهنظر میرسد محیط از حیث وجود OP و K20 و (بر اثر هضم گنایس) برای تشکیل بیوتیت آماده شده است. یکی دیگر از ویژگیهای بازالتهای قزلچهکند، وجود زینولیتهای پیروکسنیتی به صورت بافت تجمعی (کومولا) است که ماگما از گوشته با خود بالا آورده است. در بازالتهای قزلچه کند، فنوکریستهای پلاژیوکلاز نیز مشاهده میشود که حداکثر زاویه خاموش ماکل آلبیت در آنها

درآتشفشان مهدی خان، سنگها از نوع الیوین بازالت و دارای الیوین از نوع کریزولیت و کلینوپیروکسن از نوع اوژیت به صورت فنوکریست هستند. خمیره آنها نیز از میکرولیت های پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده است.

در آتشفشان ایلانلو، فقط بلور الیوین به صورت فنو کریست مشاهده می شود. وجود فنو کریست الیوین در

ایـن سـنگهـا و نبـود فنوکریسـتهـای پلاژیـوکلاز و پیروکسن، از تفریق جزیی ماگما و نزدیک بـودن ماگمـا به ترکیب اولیه حکایت میکند. در ایلانلو نیز انکلاوهای کلینوپیروکسنیتی با بافت گرانولار مشاهده میشود.

در آتشفشان قرهطوره ترکیب سنگها نیز الیوین بازالت بوده که حاوی فنوکریستهای الیوین از نوع کریزولیت بازاویه°۹۲= ۲۷γ و پیروکسن از نوع اوژیت با زاویه °۵۶=۲۷γ و زاویه بین ۳γ با محور C حدود °۴۵ هستند.

ژئوشيمى

در جدولهای ۱ و ۲ نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی به روش XRF و ICP و در جدول ۳ نتایج محاسبات ایزوتوپی نشان داده شده است. بر اساس محاسبه نورم CIPW سنگهای منطقه، بههمراه الیوین، مقدار نفلین نورماتیو محاسبه شده تقریباً حدود ۳٪ هستند، در نورماتیو محاسبه شده تقریباً حدود ۳٪ هستند، در نتیجه، این سنگها بر اساس تقسیم،ندی Yoder و نتیجه، این سنگها بر اساس تقسیم،ندی ۲۰۵ و میشوند. مقدار *Mg در این بازالتها بین ۵۰ تا ۶۲ متغیر بوده که مقادیر بالاتر از ۶۰ در بازالتهای ایلانلو و مرهطوره دیده میشوند. درشکل ۵ در نمودار Yole (۱۹۷۵) Winchester و Floyd (۱۹۷۵)

ایتریوم (Y) یک عنصر ناسازگار با کانی های بدون آب بوده، طی تبلور این کانی ها به صورت ناساز گار عمل می کند و مقدار آن به تدریج با تبلور این کانی ہا زیاد مے شود. اما طے تبلور کانی ہای آبدار، این عنصر رفتار سازگار نشان داده، با تبلور کانی، های آبدار مقدار آن در مذاب کم میشود (Pearce et al., 1990). همانطور که ملاحظه مے شود، شیب خط دادہ ہای بازالت ہای منطقہ مثبت بوده، این موضوع نشان میدهد که ماگمای اولیے تحت تأثیے تفریے بخشے بےدون آب قےرار گرفته است. روند مثبت دادهها از بردارهای ۱ و ۲ پيروى مىكندك با مجموعة كانى هاى اليوين، كلينوپيروكسين و پلاژيوكلاز منطبق است. وقوع پدیدهٔ تفریق بلورین به خوبی در نمودار Cr در برابر MgO مشـخص اسـت (شـكل ۸). بـا افـزايش رونـد تفریــق؛ یعنــی کـاهش MgO مقـدار Cr نیـز در نگهای منطقه کم شده است.



شـکل ۷- موقعیـت بازالـتهـای کـواترنری قـروه ـ تکـاب در نمـودار لگـاریتمی ۲ در برابـر Rb از Keskin و همکـاران (۱۹۹۸).

نمونهها در محدودهٔ سری ماگمایی آلکالن قرار گرفتهاند. در شــکل ۶ در نمـودار Ti در برابـر V از Shervais (۱۹۸۲) تمامی نمونهها در محدوده آلکالی بازالـت واقـع شدهاند. در نمودار لگاریتمی Y در برابر Rb از Rb و همکاران (۱۹۹۸) ترکیب فازهای حاصل از تبلور ماگما در شـرایط آبدار و بـدون آب نشـان داده شـده اسـت (شکل ۷).



شکل ۵- موقعیت بازالتهای کواترنری قروه 🗕 تکاب در نمودار Nb/Y در برابر (*Inthester)، از Floyd و Winchester)



شکل ۶- موقعیت بازالتهای کواترنری قروه ۔ تکاب در نمـودار Ti در برابر V، از Shervais (۱۹۸۲)

از الگوی عناصر کمیاب می توان به عنوان شاخص آلودگی ماگماها با مواد پوستهٔ قارمای استفاده نمود (شكل ۹). آنومالي هاي منفى P ،Zr ،Ti و Nb و آنومالي مثبت Pb و غنی شدگی از عناصر LIL مثل Ba ،Rb و K و همچنین Th از شاخصههای آلودگیهای یوستهای بازالتهای جوان منطقه هستند (Wilson, 1989; ن المال Hofmann, 1997; Ilnicki, 2010). زينو کريست هاي کوارتز با حاشیه واکنشی و انکلاوهای گنایسی در اليوينبازالتهاى اين منطقه، پديدهٔ آلايش پوستهاى را اثبات می نماید. در نمودار Nb*2-Zr/4-Y از Nb*2-Zr/4-Y (۱۹۸۶) نمونه های منطقه در محدودهٔ آلکالی بازالت های داخل صفحه قرار گرفتهاند (شکل ۱۰). در نمودار لگاریتمی Ti/Y در برابر Nb/Y) همه (Pearce, 1982) نمونهها در محدودهٔ بازالتهای درون صفحه و بیشتر در قسـمت آلکـالن جـای گرفتـهانـد (شـکل ۱۱). آلـودگی پوستهای این بازالتها موجب روند خطی مایل از سمت آلکالن به سری انتقالی (transitional) در نمونهها شده، زیرا با آلایش پوستهای مقدار Ti و Nb افت نموده، در حالي كه به عقيدة Wilson (١٩٨٩)، Y نسبت به آلايش یوستهای حساس نبوده و این موضوع سبب کاهش Ti/Y و Nb/Y در نمونههای آلایش یافته ر (مثل الیوین بازالتهای قزلچهکند) شده است. جایگاه نمونهها در این نمودار در موقعیت درون صفحهای، بازتابی از یک منشأ گوشتهای غنی شده نسبت به منشأ MORB و بازالتهای قـوس.هـای آتشفشـانی اسـت (Rollinson, 1993). از طرفی، نسبت K₂O/Na₂O در بازالتهای جوان قروه – تکاب حدود ۲۵/۷۵، و در ماگماهای مرتبط با مناطق کوهزایی دارای نسبت ۲/۵ K₂O/Na₂O> ۱/۵ و بازالتهای مــرتبط بـا مناطق غیر کـوهزایی دارای نسبت (Wilson and Downes, هستند K₂O/Na₂O<۱ (2006. بنابراین، ماگمای بازالت های جوان منطقه (با

نسبت K2O/Na2O<۱) حتما با ماگماتیسم داخل صفحهای و مناطق غیر کوهزایی مرتبط هستند.



شکل ۸- موقعیت بازالتهای کواترنری قروه _ تکاب در نمودار Cr در برابر MgO



(ואלא) Meschede ;| Nb*2-Zr/4-Y



شکل ۱۲- موقعیت بازالتهای کواترنری قـروه ـ تکـاب در نمـودار Y/Nb در برابر Zr/Nb (Wilson, 1989).

در نمودار Y/Nb در برابر Zr/Nb که برای بررسی تأثیر پلومهای OIB بر ژئوشیمی مورب ترسیم شده (شکل ۱۲)، بازالتهای جوان محور قروه – تکاب در محدودهٔ نزدیک به یک منبع غنیشدهٔ تیپ OIB که مشخصهٔ منبع OIB آلکالی بازالتهای تریستن داکونها مشخصهٔ منبع OIB و ترکیب غنیشدهٔ مشخصهٔ ماگمای ریفت کنیاست، قرار گرفتهاند (Wilson,1989). این موضوع، دخالت یک منبع غنی شده نوع OIB را در این موضوع، دخالت یک منبع غنی شده نوع OIB را در پتروژنز بازالتهای منطقه نشان می دهـد. همچنین، در پتروژنز بازالتهای منطقه نشان می دهـد. همچنین، در پتروژنز بازالتهای منطقه نشان می دهـد. همچنین، در فین موده گوشته غنیشده (P) واقع شدهاند (شکل ۱۳).

در نمودار همبستگی ایزوتوپی ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr در برابر ⁸⁷Nd/¹⁴⁴Nd (شکل ۱۴) چهار نمونه در محدودهٔ گوشته OIB و در مجاورت منبع کل زمین قرار گرفتهاند و یک نمونه از بازالتهای قزلچهکند هم که دچار آلودگی شدید پوستهٔ قارهای فوقانی پیروی نمی کند. این موضوع مشابه خصوصیات ایزوتوپی مناطق ریفتی درون قارهای است (Wilson, 1989).



خصوصيات ناحيه منشأ

برای ژنز آلکالی الیوین بازالت های قارمای، ترکیب گوشته از بیشترین اهمیت برخوردار است. در این میان ژرفای ساخته شدن مذاب در گوشته آستنوسفری (پلوم) و یا گوشته لیتوسفری در ساخته شدن مذاب نقش اساسی دارد (2003, 2003). از طرفی، درجهٔ ذوببخشی نیز تأثیر شگرفی بر روی ترکیب اولین مذاب دارد؛ به گونهای که هر چه مقدار آن کوچکتر باشد، ترکیب ماگما بیشتر آلکالن می شود (2003, 2003). عامل تأثیرگذار مهم در تعیین درجهٔ ذوببخشی، فشار است، به نحوی که با افزایش فشار، درجهٔ ذوببخشی فشار است، (Sun and Hanson, 1975; Frey *et al.*) می شود ,.ایم 1978; بنابراین، در بدو امر باید دو عامل مهم و تأثیرگذاری که ترکیب ماگماها را کنترل می کنند؛ یعنی ترکیب گوشته و درجهٔ ذوببخشی آن، از حیث عناصر اصلی، فرعی، REE و ایزوتوپی بررسی و تفسیر شوند.

به عقیدهٔ Weaver (۱۹۹۱) می توان از نسبت های عناصر ناساز گار در سیستم های بازالتی برای تشخیص منابع پوسته ای و گوشته ای استفاده نمود.



شکل ۱۳- موقعیت بازالتهای کواترنری قروه ـ تکاب دیاگرام مثلثی Zr/Nb ،Y/Nb و Zr/Y. محدوده N، گوشته تهیشده و محدوده P، گوشـته غنی شده است (Fodor and Vetter, 1984).

در شکل ۱۵ الگوی میانگین عناصر REE بازالتهای جوان قروه – تكاب با مقادير ميانگين عناصر REE بازالتهای OIB از Sun و McDonough (۱۹۸۹) نشان داده شده است. نسبت (La/Yb) بهطور میانگین ۲۴ بوده که الگـوی غنـی شـده از عناصـر LREE را نشـان میدهند. روند الگوی عناصر REE از Sm تــا Yb دقیقــاً مشابه روند بازالتهای OIB است. نسبت (La/Yb) بەوسىلە سە عامل تأثير مىپذيرد: اول: بهوسیلهٔ فازهای موجود در ناحیه منشأ. دوم: بهوسیلهٔ درجه ذوببخشی مواد گوشتهای، به گونهای که غنی شدگی مذاب از LREE نسبت به HREE بەوسیلهٔ درجهٔ ذوببخشی کـم منبـع گوشـتەای قویـاً تعيين مي شود (Jung, 2003). سوم: آلایش یوستهای، چـرا کـه عناصـر LREE در بخش بالایی یوستهٔ قارهای غنی شدگی نشان مےدهند (Verma, 2009). بـه عقيدة Verma, 2009) افزايش نسبت LREE/ HREE معمولاً بهوسيلة فرآينـد هضم و تفریق (AFC) و در گیری با مواد پوستهٔ قارهای

غنی شده از LREE توضیح داده می شوند. به عقیدهٔ





www.SID.ir

Taylor و Taylor (۱۹۸۵) مدتاً پوستهٔ قارهای با غنی شدگی در عناصر LREE و الگوی HREE تقریباً صاف، آنومالی مثبت Pb و منفی Nb-Ta مشخص می شود. این موضوع در بازالتهای جوان منطقه نیز به وضوح مشاهده می شود. نسبت La/Sm یک معیار (Lightfoot and یک معیار دساس به آلودگی پوستهای است La/Sm یک معیار (Lightfoot and حدود نسبت در بازالتهای جوان قروه -تکاب ۶/۷ در BORB حدود ۲/۹ در MORB حدود ۲/۴ و در پوسته فوقانی حدود ۶/۶ و در پوسته تحتانی ۲/۸ است.

بنابراین، این موضوع یعنی آلودگی پوستهای و همچنین، احتمالاً درجه کم ذوببخشی باعث غنی شدگی از عناصر LREE در بازالتهای منطقه شده است. لذا با توجه به موارد فوق نسبت N(La/Yb) نمی تواند نشانهای از ناحیه منشأ باشد؛ چرا که بر اثر آلودگی پوسته مقدار La افزایش مجازی یافته است.

اما درجهٔ تفریق و غنی شدگی عناصر نادر سنگین به صورت نسبت _N(Dy/Yb) بیان می شود. غنی شدگی در MREE برای مثال Dy در برابر HREE؛ یعنی Vb، فقط زمانی که گارنت به عنوان فاز باقیمانده در ناحیه منشأ باشد، اتفاق می افتد؛ چرا که Yb نسبت به Dy به صورت باشد، اتفاق می افتد؛ چرا که Yb نسبت به IDy به صورت ترجیحی پذیرفته می شود (Peters *et al.*, 2008). تفریق بالای عناصر نادر خاکی سنگین با نسبت *S*/ا<_N(Dy/Yb) نشانهٔ حضور گارنت در ناحیه منشأ است (Haase *et al.*, 2004).

اما نسبت _N(Dy/Yb) در بازالتهای منطقه کمتر از (Dy/Yb) بوده، این موضوع نشان میدهد که گارنت نقش ۱/۵ بوده، این موضوع نشان میدهد که گارنت نقش مهمی در ناحیه منشأ ندارد (Lucassen *et al.*, 2008) در ریفت به عقیدهٔ Toyy Furman (۲۰۰۷) نسبت _N(Tb/Yb) در ریفت شرق آفریقا بین ۲/۲ تا ۲/۸ بوده که مذابهای منشأ گرفته از یک منبع گارنتلرزولیتی نمی تواند مقادیر فوق

را تولید کند، در حالی که در جنوب ریفت کنیا نسبت (Tb/Yb) بین ۲/۷ تا ۵/۶ بوده که نشان از یک منشأ گوشتهای غنی شده با رخسارهٔ گارنت دارد (Spath et) *al.*, 2001)

در بازالتهای جوان منطقه قروه - تکاب نسبت N(Tb/Yb) در حدود میانگین ۲ بوده، این موضوع حضور گارنت در ناحیه منشأ را منتفی میکند. همچنین، غلظتهای ۱۰ برابر کندریتی REEهای سنگین که در بازالتهای منطقه مشاهده میشود، نشانه نبود حضور گارنت در ناحیه منشأ است (Wilson, 1989).

در شکل ۱۶ تغییرات درصد مولی کاتیونی Mg در برابر تغییرات درصد مولی کاتیونی Fe کل از Furman (۱۹۹۵) نشان داده شده است. مربع آبی توخالی ترکیب مذابهای آزمایشگاهی بهدست آورده شده از یک گوشته تهی شده و دایرههای قرمز توخالی ترکیب مذابهای یک متشکله گوشتهای زایا و غنی شده ما بین فشارهای ۱۰ تا ۳۰ کیلوباری را نشان می دهد (Hirose and Kushiro, 1993)



شکل ۱۶- موقعیت آلکالی الیوین بازالتهای قروه ـ تکاب در نمودار تغییرات درصد مولی کاتیونی Mg در برابر تغییرات درصد مولی کاتیونی Fe کل (Furman, 1995). مربع آبی توخالی ترکیب یک گوشته تهیشده و دایرههای قرمز توخالی ترکیب یک متشکله گوشتهای زایا و غنیشده ما بین فشارهای ۱۰ تا ۳۰ کیلوباری (Hirose and Kushiro, 1993).

www.SID.ir

از آنجایی که بخش عمدهٔ فازهای کنترل کننده Fe و Mg بهوسیلهٔ الیوین و کلینوپیروکسن کنترل می شود، لذا با توجه به ترکیب کانی شناسی سنگ های منطقه، می توان از مطالعه پترولوژی تجربی فوق در مورد سنگ های منطقه نیز استفاده نمود (Jung, 2003). در این نمودار از نمونه هایی استفاده شده، که دارای عدد منیزیم ۶۰ به بالا بوده، ترکیب آن ها به ماگماهای اولیه نزدیک تر است. همان طور که ملاحظه می شود، نمونه ها روند گوشتهٔ زایا و غنی شده را نشان می دهند و تماماً در محدوده فشارهای ۱۰ تا ۱۵ کیلوباری قرار گرفتهاند.

از آنجا که منطقهٔ تغییر و تحول بین دو کانی گارنت و اسپینل بین فشارهای ۲۰ تا ۲۵ کیلوباری بوده که مطابق یک عمق تقریبی ۶۰ تا ۷۵ کیلومتری است (Jung, 2003)، لذا محدوده فشار ۱۰ تا ۱۵ کیلوباری مطابق دیاگرام Takahashi و ۱۹۸۳ (۱۹۸۳) در محدودهٔ رخسارهٔ اسپینل واقع میشود. بنابراین، گوشته ناحیه منشأ بازالتهای قروه – تکاب گوشته غنیشده با رخسارهٔ اسپینل بوده که در محدودهٔ فشارهای ۱۰ تا ۱۵ کیلوباری و اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتری منشأ گرفته است.

این موضوع با توجه به ترکیب سنگهای منطقه بهخوبی با مطالعات تجربی نیز هماهنگ است، چرا که طبق مطالعات Jaques و Green (۱۹۸۰) می توان از ذوب یک پریدوتیت اسپینل دار تحت فشار ۱۵ کیلوبار و نرخ ذوببخشی کمتر از ۱۵٪ یک آلکالی الیوین بازالت بهدست آورد.

بحث و نتيجه گيرى

سنگهای آتشفشانی بازیک کواترنری منطقه قروه ـ تکاب عموماً دارای ترکیب الیوین بازالت بوده، جزو سری آلکالن محسوب میشوند. این سنگها در محاسبهٔ نـورم

حاوی الیوین و نفلین و در نتیجه دارای ترکیب آلکالی اليـوين بازالـت هسـتند. شـواهد ژئوشـيميايي چـون آنومالی های مثبت K ,Pb و غنی شدگی از عناصر LIL و LREE و تهییشدگی از Nb ،Zr ،P و Ti و وجرود انکلاوهای گنایسی و نسبتهای بالای ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr در بعضی از این بازالتها که به ۷۰۸۳۰ نیز میرسد، بیانگر این موضوع است که سنگهای منطقه به درجات مختلفی با سنگهای پوستهٔ قارهای آلوده شدهاند. در دیاگرامهای تشخیص جایگاههای تکتونیکی، این بازالتها در موقعیت بازالتهای آلکالن داخل صفحه قرار گرفتهاند. مطالعه بر روی نسبتهای ایزوتوپی Sr و Nd و همچنین، نسبتهای عناصر کمیاب ناسازگار از آن حکایت دارد که این بازالتها از گوشتهٔ غنی شدهای مشابه بازالتهای جزایر اقیانوسی (OIB-like) منشأ گرفتهاند. مطالعه بر روی روند الگوی عناصر REE و نسبتهای عناصر MREE/HREE و همچنین، محاسبهٔ درصد مولی کاتیونی Fe و Mg و مقایسه آن ها با دادههای تجربی حکایت از آن دارد که این بازالـتهـا از گوشتهٔ غنی شدهای بین فشارهای ۱۰ تا ۱۵ کیلوباری و اعماق کمتر از ۶۰ کیلومتری از ذوب بخشی کمتر از ۱۵٪ یک منبع اسپینل لرزولیتی منشأ گرفتهاند. با توجه به محلی بودن فورانها، توپوگرافی پست و حجم کم محصولات فورانی و وفور شکستگیها و گسلهای امتداد لغز به نظر میرسد ماگماتیسم منطقه پیامد یک ریفتینگ محلی و بازشدگی در امتداد گسلهها عمیق منطقه بوده که به صعود گوشته غنی شده به سطح منجر شده است. این مدل ریفتینگ تا حدودی قابل مقایسه با ریفتهایی با ولکانیسم کم (LVRs) هستند (۲۰۰۷) Fitton ابه عقيدهٔ Barberi et al., 1982). بازالتهای آلکالن و انتقالی داخل صفحات قارمای در تركيب مشابه بازالت هاى OIB بوده، اما منشأ آن ها

به عقیدهٔ Kempton و همکاران (۱۹۹۱) و همچنین

Fitton و همكاران (۱۹۹۱) علت ايـن موضـوع احتمـالاً

منشأگیری ماگماها از یک منبع گوشتهای لیتوسفری

زیر قارهای (نه آستنوسفر) غنی شده به وسیلهٔ سیالات

آزاد شده از یک ورقه فرورانده شده است. نسبت ۳۰

<La/Nb> ۱/۵ و La/Ta> در بازالتهای جوان منطقه نیز

از شواهد منشأگیری ماگماها از گوشته لیتوسفری زیـر

قارهای (Sub-continental) است (Fitton et al., 1988).

که بازالتهای منطقه از یک منبع شبه - OIB زیر

قارهای (Sub-Continental OIB-like) با رخساره

اسپینل منشأ گرفتهاند، اما مکانیسمی که سبب تولید

بازالتهای شبه OIB قارهای از چنین منابعی مے شود،

تا به امروز حل نشده باقي مانده است (Fitton, 2007).

شواهد ژئوشیمیایی و ایزوتوپی به ما نشان میدهد

نسبت به OIBهای واقعی مبهم است. پارامتر ΔNb توسط Fitton و همکاران (۱۹۹۷) به منظور تمییز منابع پلوم از غیر پلوم با فرمول -(۱۹۹۷) به منظور تمییز منابع (ΔNb=[1.74+log(Nb/Y) مطرح شد. مقادیر 0<ΔNb بیانگر منشأ پلوم و 0>ΔNb بیانگر منبع غیر پلوم است. پوسته قارهای، بازالتهای در ارتباط با فرورانش و بازالتهای مورب نوع N دارای مقادیر ΔNb منفی هستند. مقادیر مورب نوع N دارای مقادیر طNb منفی هستند. مقادیر محاسبه شده ΔNb در بازالتهای جوان قروه - تکاب ولکانیسمهای داخل صفحات قارهای دارای منشأ شبیه (Fitton, مناقی ماک در برخی بازالتهای مناطق ریفتی (Fitton, اما از طرفی، در برخی بازالتهای مناطق ریفتی (Basin and و غرب آمریکا مقادیر 0>ΔNb است.

منابع

آقانباتی، ع. (۱۳۸۳) زمینشناسی ایران. انتشارات سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران. معینوزیری، ح. و سبحانی، ا. (۱۳۶۴) مطالعه آتشفشانهای جوان منطقه تکاب و قروه. انتشارات دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران. معینوزیری، ح. (۱۳۷۷) دیباچهای بر ماگماتیسم در ایران. انتشارات دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران. وثوقیعابدینی، م. (۱۳۷۶) بررسی پترولوژیکی و تکتنوماگمایی بازالتهای سنوزوییک خاور ایران (خراسان). فصلنامه علـوم زمـین ۲۴: ۱۶–۳۱.

- Barberi, F., Santacroe, S. and Varet, J. (1982) Chemical aspects of rift magmatism, In: G. Palmason (Ed.): Continental and oceanic rifts. Washington DC, American Geophysical Union 223-258.
- Doe, B. R., Lipman, P. W., Hedge, C. H. and Kurasawa, H. (1969) Primitive and contaminated basalts from the southern Rocky Mountains, USA. Contributions to Mineralogy and Petrology 21: 142-158.
- Fitton, J. G., James, D., Kempton, P. D., Ormerod, D. S. and Leeman, W. P. (1988) The role of lithospheric mantle in the generation of late Cenozoic basic magmas in the western United States, In: K. G. Cox and M. A. Menzies (Eds.): Oceanic continental lithosphere: Similarities and differences. Journal of Petrology Special Lithosphere Issue 223-352.
- Fitton, J. G., James, D. and Leeman, W. P. (1991) Basic magmatism associated with late Cenozoic extension in the western United States. Compositional Research 96: 13693-13711.
- Fitton, J. G., Saunders, A. D., Norry, M. J., Hardarson, B. S. and Taylor, R. N. (1997) Thermal and chemical structure of the Iceland Plume. Earth and planetary Sciences Letters 153: 197-208.
- Fitton, J. G. (2007) The OIB Paradox. Geological Society of America Special paper 430: 387-412.

- Floyd, P. A. and Winchester, J. A. (1975) Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. Earth and planetary Sciences Letters 27: 211-218.
- Fodor, R. V. and Vetter, S. K. (1984) Rift zone magmatism: Petrology of basaltic rocks transitional from CFB to MORB, Southern Brazil margin. Contribution of Mineralogy and Petrology 88: 307-321.
- Frey, F. A., Green, D. H. and Roy, S. D. (1978) Integrated models of basalt petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from South Estern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data. Journal of Petrology 19: 463-513.
- Furman, T. (1995) Melting of metasomatized subcontinental lithosphere: undersaturated mafic lavas from Rungwe, Tanzania. Contributions to Mineralogy and Petrology 122: 97-115.
- Furman, T. (2007) Geochemistry of East African rift basalts: An overview. Journal of African Earth Scienses 48: 147-160.
- Haase K. M., Goldschmidt B. and Garbe Schonberg C. D. (2004) Petrogenesis of tertiary continental intraplate lavas from the Westerwald region, Germany. Journal of Petrology 45(5): 883-905.
- Hirose, K. and Kushiro, I. (1993) Partial melting of dry peridotites at high pressures: determination of composition of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond. Earth and Planetary Sciences Letters 114: 477-489.
- Hofmann, A. M. (1997) Mantle geochemistry: The message from oceanic volcanism. Nature 385: 219-229.
- Ilnicki, S. (2010) Petrogenesis of continental mafic dykes from the Izere complex Krakonosze-Izra Block (West Sudetes, SW Poland). International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch) 99: 745-773.
- Jaques, A. L. and Green, D. H. (1980) Anhydrous melting of peridotite at 0-15 kbar pressure and the genesis of tholeiitic basalts. Contributions to Mineralogy and Petrology 73: 287-310.
- Johnston, A. D. and Wyllie, P. J. (1988) Intraction of granitic and basic magmas: experimental observation on contamination processes at 10 kbar with H₂O. Contributions to Mineralogy and Petrology 98: 352-362.
- Jung, C. (2003) Geochemische und isotopen-geochemische untersuchungen an tertiaeren vulkaniten der Hocheifelein beitrag zur identifizierung der mantelquellen von Rift-bezogenen volkaniten, Dissertation zur erlangung des doktorgrades Naturwissenschaften fachbreich geowissenschaften der Philipps. Universitaet Marburg, Deutschland.
- Kempton, P. D., Fitton, J. G., Hawkesworth, C. J. and Ormerod, D. S. (1991) Isotopic and trace element constraints on the composition and evolution of the lithosphere beneath the southwestern United States, Journal of Geophysical Research 96: 13713-13735.
- Keskin, M. Pearce, J. A. and Mitehell, J. G. (1998) Volcano stratigraphy and geochemistry of collision related volcanism on the Erzurum-Kars plateau, northeastern Tuerkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research 85: 355-404.
- Lightfoot, P. C. and Keays, R. R. (2005) Sidrophile and chalcophile metal variation in flood basalts from the Siberian Trap Noril'sk region: implications for the origrin of the Ni-Cu PGE sulfide ores. Economic Geology 100: 439-462.
- Lucassen, F., Franz, G., Romer, R. L. Pudlo, D. and Dulski, P. (2008) Nd, Pb and Sr isotope composition of late Mesozoic to Quaternary intraplate magmatism in NE- Africa (Sudan, Egypt): high μ signatures from the mantle lithosphere. Contributions to Mineralogy and Petrology 156: 756-784.
- McBirney, A. R., Taylor, H. P. and Armstrong, R. L. (1987) Paricutin re-examined: a classic example of crustal assimilation in calc-alkaline magma. Contribution of Mineralogy and Petrology 95: 4-20.

- Meschede, M. (1986) A method of discrimination between types of Mid-Ocean Ridge basalt and continental tholeiites With the Nb- Zr- Y diagram. Chemical Geology 56: 207-218.
- Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: R. S. Thrope (Ed.): Andesites. Wiley, Chichester.
- Pearce, J. A., Bender, J. F., Delong, S. E., Kidd, W. S. F., Low, P. J., Guner, Y., Saroglee, F. and Yilmaz, Y. (1990) Genesis of collisional volcanism in eastern Anatolia, Tuerkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research 44: 189-229.
- Peters, T. J., Menzies, M., Thitlwall, M. and Kyle, P. K. (2008) Zuni- Bandera volcanism, Rio Grande, USA,Melt formation in garnet-and spinel-facies mantle straddling the asthenosphere -lithosphere boundary. Lithos 102: 295-315.
- Rollnison, H. R. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman scientific and Technical, England.
- Shervais, J. W. (1982) Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas, Earth and Planetary Science Letters 59: 101-118.
- Spath, A., Le Roex, A. P. and Opiyo Akech, N. (2001) Plume -lithosphere intraction and the origin of continental rift-related alkali volcanism-the Chyulu Hills volcanic province, southern Kenya. Journal of Petrology 42: 765-787.
- Sun, S. S. and Hanason, G. N. (1975) Origin of Ross Island basanitoids and limitations upon the heterogeneity of mantle source for alkali basalts and nephelinites. Contributions to Mineralogy and Petrology 52: 77-106.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F. (1989) Chemical and isotope systematics of oceanic basalts:implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, Special Publications 42: 313-345.
- Takahashi, E. and Kushiro, I. (1983) Melting of a dry peridotite at high pressures and basalt magma genesis. American Mineralogist 68: 859-879.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M. (1985) The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford, England.
- Thompson, R. A. (1991) Oligocene Basaltic volcanism of the northern Rio Grande Rift: San Luis Hills, Colorado. Journal of Geophysical Research 96(B8): 13577-13592.
- Verma, S. P. (2009) Continental rift setting for the central part of Mexican volcanic belt: A statistical approach. The open Geology journal 3: 8-29.
- Watson, E. B. (1982) Basalt contamination by continental crust: some experiments and models. Contributions to Mineralogy and Petrology 80: 73-87.
- Weavar, B. L. (1991) Trace element evidence for the origin of ocean- island basalts. Geology 19: 123-126.
- Wilson, M. (1989) Igneous petrogenesis- A global tectonic approach. Unwin Hyman London, England.
- Wilson, M. and Downes H. (2006) Tertiary-Quaternary intraplate magmatism in Europe and its relationship to mantle dynamics. Geological Society of London 32: 147-166.
- Yoder, H. S. and Tilley, C. E. (1962) Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. Journal of Petrology 3: 342-532.

Mantle source characteristics of the Quaternary Alkali olivine basalts in Qorveh-Takab area

Shahrooz Haghnazar¹* and Sara Malakotian²

¹ Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran
² Department of Geology, Islamic Azad University, Damavand Branch, Damavand, Iran

Abstract

The quaternary alkali olivine basalts exposed in the east and northeast of Sanandaj in Qorveh, Takab and Bijar axis. These rocks are mainly olivine basalts with normative nepheline and olivine. The existence of gneissic xenolith, quartz xenocrysts and phenocrysts of biotite are evidences of crustal contamination. From geochemical point of view, negative anomaly of P, Zr, Nb, Ti and Pb positive anomaly as well as enrichment of LIL elements indicate crustal contamination. In tectonic setting diagrams, the samples plot in intra-plate alkali basalts. The low ratios of Y/Nb, Zr/Nb, high ratio $(La/Yb)_N \sim 24$ and the similarity of REE pattern with OIB, show that of magma generated in an enriched mantle. Also, geochemical studies indicate that the studied basalts are derived from enriched mantle OIB-like source with spinel facies in the pressure of 10-15 kbar, depth of less than 60 km and less than 15% partial melting.

Key words: Alkali olivine basalt, Quaternary, Crustal contamination, OIB-like source, Spinel facies