

پترولوزی و ژئوشیمی توده‌های مافیک و اولترامافیک شرق امامزاده هاشم (جنوب گیلان)

مزگان صلواتی^{*}، رضا فهیم‌گیلانی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران

دریافت مقاله: 1391/9/12، پذیرش: 1392/5/27

چکیده

در شرق امامزاده هاشم در جنوب استان گیلان و در بین پوشش جنگلی انبوه، توده‌های مافیک و اولترامافیکی در بین سنگهای واحد شمشک (ژوراسیک) قابل مشاهده است. کومولاهای اولترامافیک شامل کلینوپیروکسنتیت، کلینوپیروکسنتیت‌های پلاژیوفر و الیوین-کلینوپیروکسنتیت هستند و سنگهای مافیک با توجه به کانیهای تشکیل‌دهنده به انواع گابروها، الیوین‌گابرو، بیوتیت‌گابرو، گابروهای آمفیبیول دار تفکیک می‌شوند. بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی، سنگهای مورد مطالعه دارای ماهیت تولیتی بوده و در نمودارهای تشخیص جایگاههای تکتونیکی در محیط قوس قرار می‌گیرند. الگوی REE نرمال شده به کندریت غنی‌شدگی LREE را نسبت به HREE نشان می‌دهد. تهی شدگی از عناصر Ti, Zr, Nb در نمودارهای عنکبوتی نرمالایز شده این سنگها به گوشه‌های اولیه و مورب مشاهده می‌شود که از مشخصه‌های ماقماهای جزایر قوسی می‌باشد. همچنین غنی‌شدگی از عناصر LILE و تهی شدگی از عناصر HFSE نیز نشان‌دهنده ماقماهی مناطق قوس فرورانش می‌باشند. با توجه به نشانه‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی می‌توان توده‌های مافیک و الترامافیک شرق امامزاده هاشم را به عنوان بخشی از سکانس افیولیتی جنوب دریای خزر دانست که در یک سیستم تکتونیکی سوپراسابداکشن تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پترولوزی، ژئوشیمی، گابرو، اولترامافیک، امامزاده هاشم

روش مطالعه

به منظور مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری با استفاده از نقشه‌های 1:1000000 رشت-قزوین [2]، نقشه 1:300000 راههای گیلان (البرز غربی) [3] و عکسهای هوایی، نمونه‌برداری از نمونه‌های سنگی به مدت 13 روز در تابستان 1389 و 1390 در سه مرحله انجام شد، پس از تهیه مقاطع نازک و مطالعات میکروسکوپی، تعداد 9 نمونه پودر سنگ جهت آنالیز شیمی به مؤسسه SGS تورنتو کانادا ارسال شد. آنالیز عناصر اصلی به روش ICP انجام شد و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای GCDKIT و IGPET به تفسیر داده‌ها پرداخته شد.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه به وسعت 59/5 کیلومتر مربع با مختصات ۳۷°۳' تا ۴۹°۴۵' طول جغرافیایی شرقی، ۰۰°۳۷' تا ۴۹°۳۹'

مقدمه

توده‌های مافیک و اولترامافیک مختلفی در مناطق گوناگون استان گیلان رخنمون دارند که غالباً، بدلیل شرایط سخت مطالعاتی و نبود رخنمون مناسب تاکنون به دور از مطالعات زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند. در شرق امامزاده هاشم در جنوب گیلان سنگهای آذرینی از جنس توده‌های گابرویی در بین رسوبات تریاس رخنمون دارند. این توده‌ها اولین بار با نام کلی گابرو و گاهی موزنونیت در نقشه 1/100000 رشت معرفی شده‌اند [1] ولی تاکنون از لحاظ پترولوزیکی مطالعات دقیقی بر روی آنها انجام نشده است. لذا در این نوشتار تلاش شده است تا با استفاده از آنالیزهای ICP-MS به بررسی ویژگیهای ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی مورد مطالعه پرداخته و محیط تکتونیکی مناسبی همخوان با داده‌های ژئوشیمیایی ارائه شود.

این سنگها دارای بافت آدکومولا هستند و در تمامی آنها بلورهای نیمه خودشکل کلینوپیروکسن از نوع دیوپسید با ابعاد 4 تا 8 میلی‌متر فاز کومولوس و الیوین و پلازیوکلاز فاز اینترکومولوس سنگ را تشکیل می‌دهند (شکل 3 الف). در این سنگها دو نسل الیوین قابل تشخیص است: 1- به صورت بلورهای ادخال محبوس در کلینوپیروکسن 2- به صورت بلورهای اینترکومولوس در فضای بین پیروکسن‌ها. بلورهای ادخال الیوین عموماً گردشده هستند و این مسئله نشانه تقدم تبلور این الیوین‌ها نسبت به پیروکسن‌های میزبان آنهاست (شکل 3 ب). به دنبال تبلور الیوین اولیه و کاهش Mg محیط اتفاق مانگمازی، شرایط جهت تبلور پیروکسن مهیا تر می‌گردد و در نتیجه پیروکسن‌ها به صورت کانیهای نیمه شکل دار متبلور می‌شوند. در نهایت از مذاب باقی‌مانده به دلیل کاهش نسبی Ca و افزایش Fe و Mg مجدداً بلورهای الیوین اینترکومولوس متبلور می‌شوند. ترتیب تبلور کانیها در این سنگها عبارت است از: الیوین نسل اول (محبوس در کلینوپیروکسن) + کلینوپیروکسن (کومولوس) + الیوین نسل دوم و پلازیوکلاز (اینترکومولوس). تقریباً در تمامی نمونه‌ها الیوین‌ها به شدت سرپانتینی شده‌اند. در گابروهای لایه‌ای تنوع سنگ‌شناسی اساساً نتیجه تغییر در نسبت فراوانی سه کانی الیوین، پلازیوکلاز و کلینوپیروکسن و حضور و یا عدم حضور کانیهای اپک می‌باشد و همین امر سبب شده تا ملاگابروهای تیره به صورت بین لایه‌ای در جوار آنورتوزیت‌ها دیده شوند. این سنگها حاوی بیش از 65 درصد پلازیوکلاز کومولوس، 15 تا 25 درصد الیوین کومولوس و اینترکومولوس، 5 تا 15 درصد کلینوپیروکسن (دیوپسید)، حدود 10 درصد آمفیبول قهقهه‌ای رنگ و کمتر از 3 درصد کانیهای اپک هستند. آنورتوزیت‌ها به صورت لایه‌های نازک به ضخامت چند سانتی‌متری در منطقه حضور دارند. بافت آنورتوزیت کومولاست و مقدار کمی آمفیبول و یا کلینوپیروکسن اینترکومولوس در بین پلازیوکلازهای کومولوس متبلور شده‌اند. از لحاظ کانی‌شناسی بیش از 90 درصد این سنگها از پلازیوکلاز و کمتر از 5 درصد کلینوپیروکسن با ترکیب دیوپسید و کانیهای اپک عموماً از نوع اکسیدهای آهن و به مقدار کمتر سولفیدهای ثانویه تشکیل شده‌اند. کانی اسفن در بیشتر بخش‌های گابروهای لایه‌ای دیده می‌شود. گابروهای توده‌ای مزولوکرات هستند و از لحاظ بافتی تنوع بسیار زیادی دارند. تغییرات بافتی این

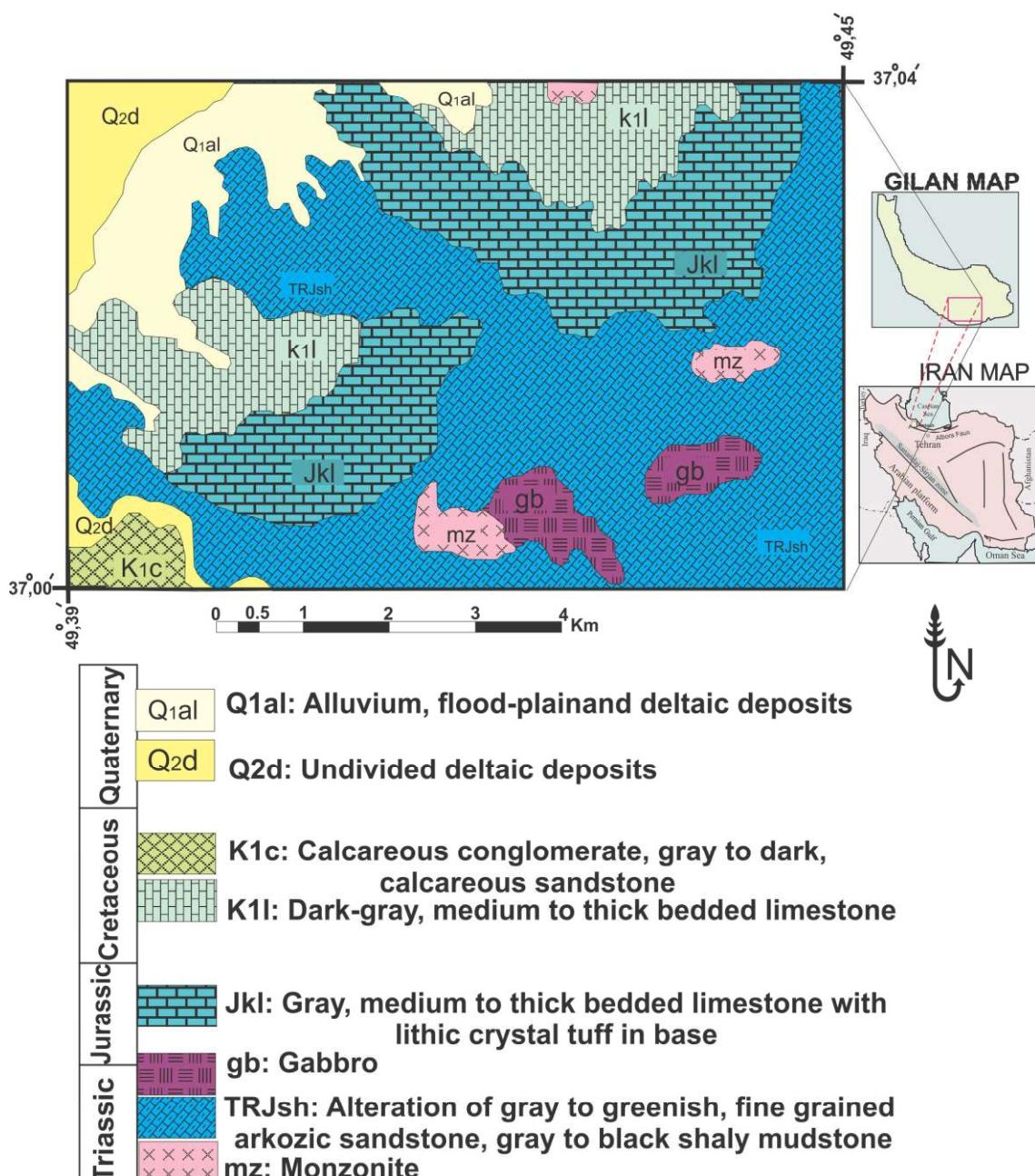
عرض جغرافیایی شمالی در زون ساختاری گرگان- رشت قرار دارد و بخشی از فرونشست دریایی خزر را شامل می‌شود [4]. از شمال به شهر رشت و از جنوب به بخش شمالی ارتفاعات رشته کوه البرز محدود می‌شود. در تقسیم‌بندی افتخارنژاد [5] قسمت اعظم منطقه به نام فروننشست دریایی خزر معرفی شده است. از ویژگیهای بارز منطقه مورد مطالعه می‌توان به پوشش گیاهی انبوه و جنگلی اشاره کرد که دسترسی به رخمنوهای سنگی را با مشکل مواجه می‌کند. گابروهای منطقه مورد مطالعه، توده‌های سنگی هستند که در ابعاد گوناگون در زیر پوشش گیاهی و در بین رسوبات تریاکس منطقه به سختی قابل دیدن می‌باشند (شکل 1 و 2). گابروها به دو صورت توده‌ای و لایه‌ای حضور دارند که البته حجم گابروهای لایه‌ای نسبت به گابروهای توده‌ای به مراتب کمتر است و با لایه‌بندی رخمنوهای ماگمازی خود در حد چند سانتی‌متر، به صورت رخمنوهایی، در امتداد برشهای رودخانه‌ای منطقه قابل مشاهده می‌باشند (شکل 2). عامل ظهور لایه‌بندی در این توده‌ها ناشی از اختلاف فراوانی مдал کانیها، تفاوت در اندازه کانیها و تغییر ترکیب آنهاست. گابروهای توده‌ای بر روی گابروهای لایه‌ای رخمنون دارند. این سنگها عموماً درشت‌دانه بوده و بافت همگن نشان می‌دهند و تقریباً در تمامی بخشها به طور گسترده در حد رخساره شیست سیز دگرگون شده و تاحدود زیادی اورالیتی و اپیدوتی شده‌اند.

پتروگرافی

در مطالعات میکروسکوپی، بخش‌های تیره گابروهای لایه‌ای از کانیهای کلینوپیروکسن و الیوین به عنوان کانی اصلی و به مقدار کمتر کانیهای اپک و در برخی از نمونه‌ها همراه با پلازیوکلاز تشکیل شده است و اساساً شامل کلینوپیروکسنتیت (الیوین کلینوپیروکسنتیت و کلینوپیروکسنتیت پلازیوکلازدار) می‌باشند که در روی زمین از یکدیگر قابل تفکیک و نقشه‌برداری نیستند. بر اساس مдал سنگ در کلینوپیروکسنتیت‌ها، کلینوپیروکسن‌ها، از نوع دیوپسید عموماً بیش از 85 درصد سنگ را تشکیل می‌دهند و در برخی نمونه‌ها علاوه بر کلینوپیروکسن حضور 5 تا 15 درصد الیوین و یا پلازیوکلاز سبب ایجاد کلینوپیروکسنتیت‌های پلازیوکلازدار و الیوین کلینوپیروکسنتیت شده است.

عمده‌ترین کانیهای سازنده گابروهای توده‌ای عبارتند از پیروکسن از نوع دیوپسید، پلازیوکلاز و آمفیبول از نوع هورنبلندهای قهقهه‌ای و یا اکتینولیت‌های سبز رنگ ناشی از دگرسانی هیدرورترمال پیروکسن‌ها. الیوین نیز در این سنگها دیده می‌شود. گابروهای توده‌ای معمولاً نظیر انواع لایه‌ای به طور پراکنده حاوی بلورهای سولفید آهن هستند.

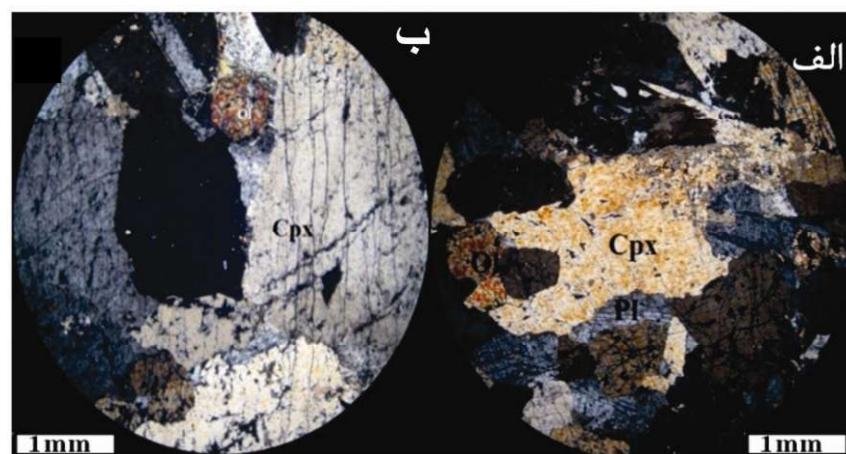
سنگها از انواع پگماتوئیدی تا دانه‌ریز در مقیاسهای مختلف میکروسکوپی، نمونه دستی تا رخمنوهای صحرایی قابل مشاهده هستند. گابروهای توده‌ای ریزدانه اغلب بافت اینترسرتال را همراه با بافت گلومرپورفیری ناشی از تجمعات منطقه‌ای کلینوپیروکسن‌ها نشان می‌دهند. این واحد تنوع سنگ‌شناسی چندانی نشان نمی‌دهد و با تغییر فراوانی چهار کانی الیوین، پلازیوکلاز، کلینوپیروکسن و آمفیبول، انواع الیوین گابرو، گابرو و هورنبلندهای گابرو در آنها دیده می‌شود.



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه شرق امامزاده هاشم



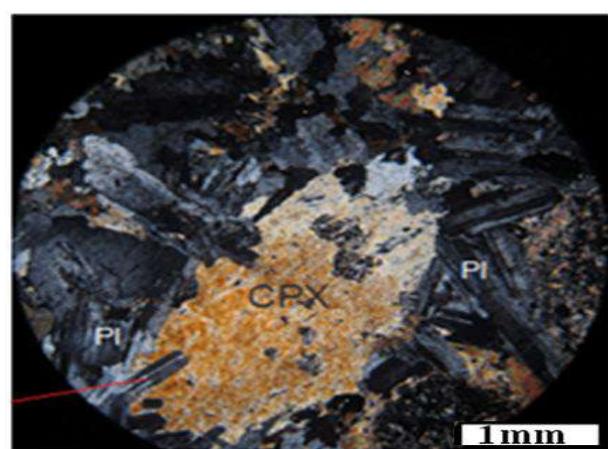
شکل ۲. رخنمونهای گابروهای (الف) لایه‌ای و (ب) توده‌ای منطقه شرق امام‌زاده هاشم



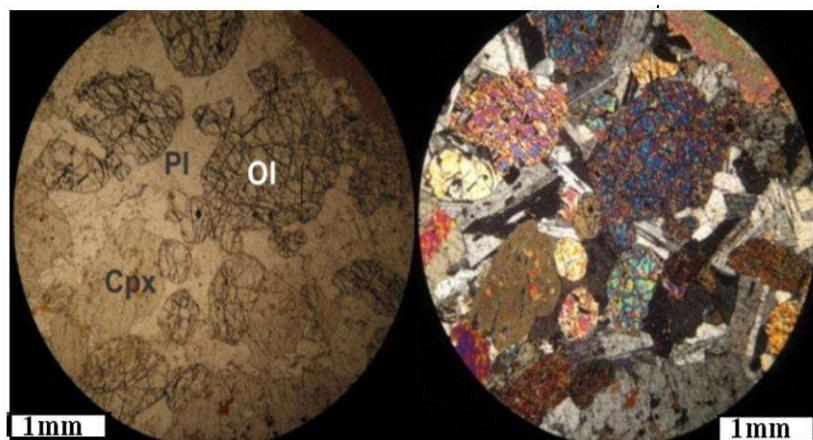
شکل ۳. (الف) بافت آدکومولا و کلینوپیروکسن‌های کومولوس به همراه پلاژیوکلاز و الیوین‌های اینترکومولوس، (ب) الیوین‌های نسل اول به صورت گردشده، در XPL، در

الیوین‌دار به دو صورت گردشده در داخل پیروکسن (شکل ۵) و یا به صورت اینترکومولوس که فضای بین سایر بلورهای کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز را پر کرده است، دیده می‌شوند.

بافت غالب این سنگها اینترگرانولار است با این حال در بعضی از نمونه‌ها در داخل پیروکسن بلورهای پلاژیوکلاز به صورت پوئی کلیتیک دیده می‌شوند (شکل ۴). الیوین‌ها اساساً سرپانتینیتی شده و مانند سنگهای الترامافیک در گابروهای



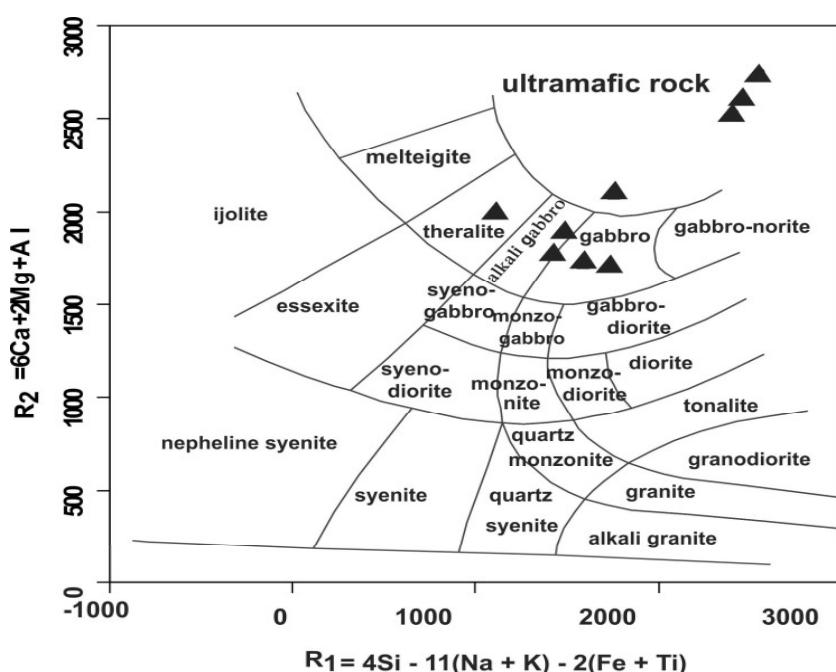
شکل ۴. بافت ساب افیتیک در گابروها در نور XPL



شکل 5. الیوین‌های نسل اول به صورت گردشده و اینترکومولوس در بین کومولوس‌های پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن، تصویر سمت راست در نور .PPL و تصویر سمت چپ در نور XPL

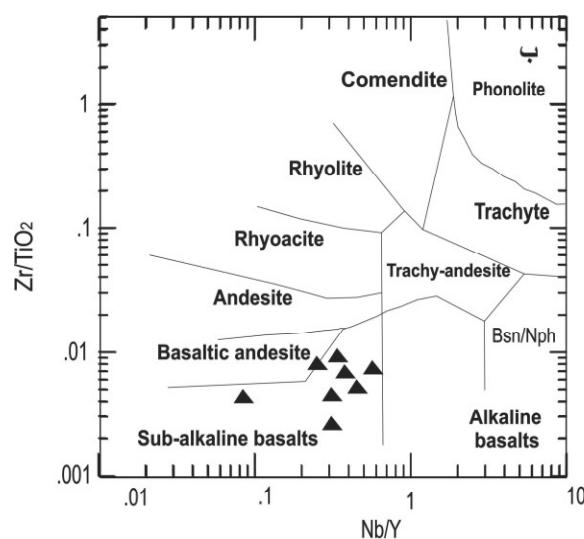
از 6 تا 19 CaO از 9 تا 16 Na₂O از 0/5 تا 3 درصد، #Mg از 51 تا 77 می‌باشند. همچنین عناصر کمیاب نیز تغییراتی را نشان می‌دهند که عبارتند از: Ba: 50-560، Rb: 13-1، Nb: 28-148، Zr: 710-110، Sr: 73-5، Y: 31-293، Ni: 34-8 پی‌پی‌ام. بر اساس طبقه‌بندی دولاروش و همکاران [6]، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گابریو و اولترامافیک‌ها قرار می‌گیرند (شکل 6).

ژئوشیمی
تعداد 9 عدد از سالمترین نمونه‌های سنگی منطقه پس از مطالعات میکروسکوپی انتخاب و پس از خرد و آسیاب کردن در کارگاه آماده‌سازی جهت انجام آنالیز شیمیایی به مؤسسه SGS، تورنتو، کانادا، به روش ارسال گردیدند، نتایج حاصل در جدول 1 آرائه شده است. سنگهای مورد مطالعه دارای تغییرات ترکیبی شامل: SiO₂ از 46 تا 49 درصد وزنی، MgO از 6 تا 16، Fe₂O₃* (آهن کل) از 9 تا 16، Al₂O₃



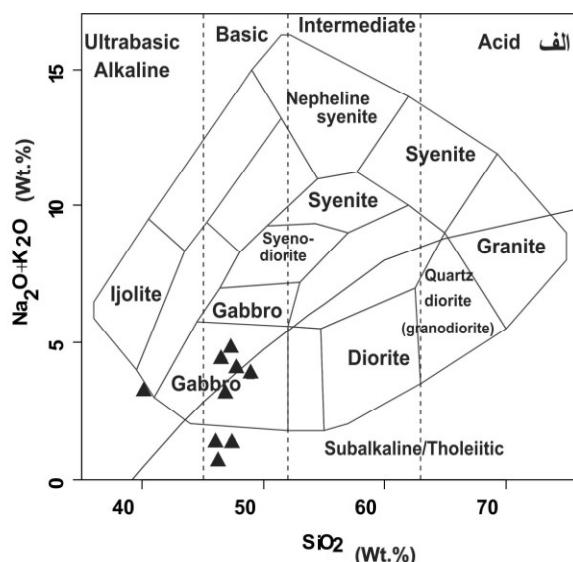
شکل 6. تعیین موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم بر روی نمودار ژئوشیمیایی دولاروش و همکاران [6]

شده است، سنگهای مورد مطالعه در قلمرو بازالت تا آندزی-بازالتها و در محدوده سنگهای سابآلکالن قرار می‌گیرند (شکل 7).



.[8] Zr/TiO₂-Nb (شکل 7)، [7] نمودار پیشنهادی ویلسون

در نمودار مجموع آلکالی‌ها در برابر سیلیس [7]، بیشتر نمونه‌ها در محدوده گلبروها قرار می‌گیرند. همچنین در روی نمودار Nb/Y در برابر Zr/Ti [7] که بر اساس عناصر کم تحرک به جهت اجتناب از تأثیر دگرسانی هیدرотرمال رسم



.[7] رده‌بندی شیمیایی سنگهای منطقه شرق امامزاده هاشم با استفاده از الف) نمودار پیشنهادی ویلسون [7]

که در این سنگها دیده می‌شود که این ویژگی از مشخصه‌های مagmaهای جزایر قوسی است (شکل 11) [14]. همچنین غنی‌شدگی از عناصر LILE (Cs, Rb, Pb, Ba) و تهی‌شدگی از عناصر HFSE (Nb, Zr, Hf) نشان‌دهنده مagmaهای مناطق قوس فروراش می‌باشدند [14].

بر اساس نمودارهای عنکبوتی پیشنهادی پیرس [13] که نسبت به MORB و سان و مک دونوف [12] که نسبت به کندریت و گوشه اولیه نرمالیز شده‌اند، تهی‌شدگی نسبی از عناصر Ti و Zr و تهی‌شدگی شدید در عنصر Nb مشاهده می‌شود. گیل [15] و ویلسون [14] معتقدند آنومالی‌های منفی Nb و Zr از خصوصیات سنگهای magmaهای قوس مناطق فروراش می‌باشند. از نظر این محققان غنی‌شدگی از عناصر قوس معمول می‌باشد. این خصوصیات ژئوشیمیایی مشابه با سنگهای تشکیل شده در حاشیه صفحات همگرا [16، 17 و 18] و تولیتیت‌های زون‌های فروراشی می‌باشند [19 و 20].

بر اساس نمودارهای سیلیس در برابر FeO/MgO و Y در برابر Zr [9] سنگهای مورد بررسی غالباً در سری تولیتی با آهن بالا با تمایل به سری تدریجی قرار می‌گیرند (شکل 8). این مسئله ناشی از تبلور زیاد آمفیبول است که سبب تغییر ماهیت magmaهای تولیتی به سمت کالکوآلکالن می‌شود [9]. بر روی نمودارهای Ti/Y در مقابل Nb/Y [10] و Al₂O₃ در برابر AN [11] نیز تمامی نمونه‌ها در محدوده تولیتی قرار می‌گیرند (شکل 9).

در روی نمودارهای عنکبوتی که نسبت به کندریت، گوشه اولیه [12] و مورب [13] نرمالیز شده‌اند (شکل‌های 10 و 11)، الگوی پراکندگی فراوانی عناصر نادر خاکی این سنگها کاملاً با هم موازی بوده، از عناصر نادر خاکی سبک (LREE) غنی‌شدگی و در عوض از عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) تهی‌شدگی نشان می‌دهند. آنومالی مثبت Eu در بعضی از نمونه‌ها با تبلور پلازیوکلاز در آنها هماهنگ است این در حالی است که نمونه‌های دارای آمفیبول آنومالی منفی از Eu نشان می‌دهند.

تهی‌شدگی از عناصر Nb و Ti در نمودارهای عنکبوتی نرمالیز شده به گوشه اولیه و مورب دیگر ویژگی ژئوشیمیایی است

جدول 1. نتایج آنالیزهای ICP-ES و MS-ICP سنگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی بر حسب ppm

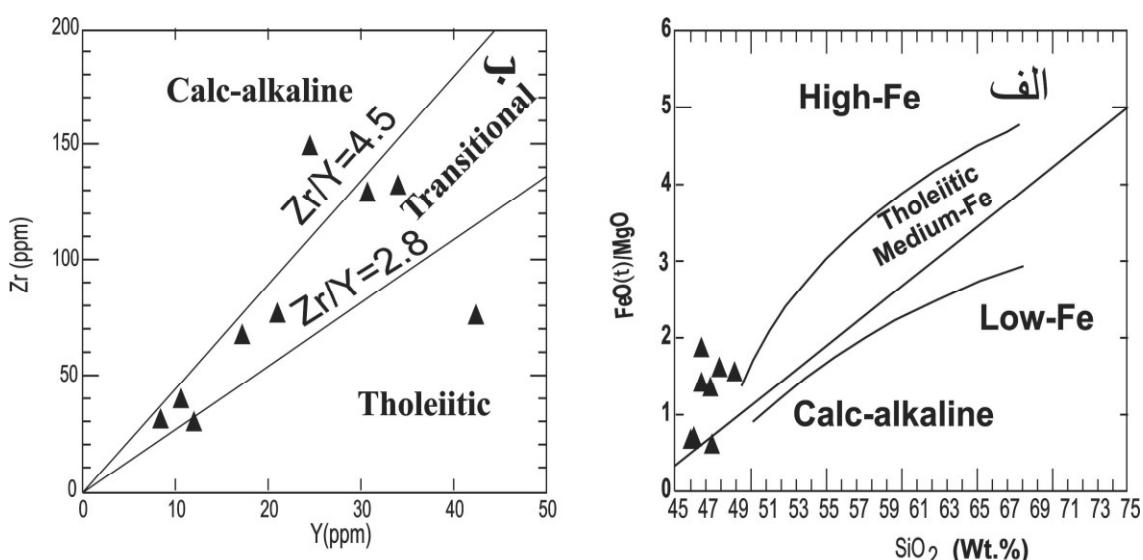
Sample \	SRF 102	SRF 106	SRF 107	SRF 113	DF 102	2SRF 103	SRF 105	2SRF 105	2SRF 106
SiO₂ (%)	47/9	47/3	48/9	40/4	46/7	46/7	47/4	46	46/2
Wt									
TiO₂	1/82	2/21	1/46	2/85	1/47	1/45	0/79	0/4	0/67
Al₂O₃	12	14/9	11/7	15/1	16/6	16/5	6/15	14/7	7/22
Cr₂O₃	0/02	0/04	0/02	0/01	0/01	0/03	0/23	0/08	0/15
Fe₂O₃*	14/2	9/89	14/3	15/9	12/4	10/2	10/9	9/03	11/5
MnO	0/24	0/17	0/25	0/17	0/17	0/18	0/2	0/16	0/21
MgO	8/99	7/47	9/38	8/29	6/75	7/37	18/9	14/1	17/1
CaO	9/62	10/4	9/45	12/3	13/3	11/3	14/4	14/5	16/4
Na₂O	2	2/7	2	2/4	2/2	2/6	0/8	0/9	0/5
K₂O	2/09	2/02	1/75	0/97	0/97	1/83	0/57	0/4	0/18
P₂O₅	0/48	0/47	0/41	1/5	0/21	0/51	0/11	0/05	0/03
LOI	1/09	2	1/06	0/92	0/65	1/66	1/47	0/87	1/33
Total	100/45	99/57	100/68	100/81	101/43	100/33	101/92	101/19	101/49
Ni(ppm)	79	87	79	31	45	76	293	214	229
Co	46/8	34	46/1	49/2	42/4	29/8	63/8	56/7	64/3
Rb	61/1	73	51	16/3	25/3	57/7	14/2	12/1	5/6
Cs	1/6	1/9	1/6	0/4	0/8	1/5	0/7	0/6	0/3
Ba	560	450	400	270	260	360	80	100	50
Sr	270	540	270	660	650	710	110	420	190
Ta	0/9	1	0/8	0/9	0/5	0/7	0/5	0/5	0/5
Nb	12	13	10	13	6	9	4	2	1

L.O.I. = Loss-on-ignition; Fe₂O₃* = as FeO total

ادامه جدول 1. نتایج آتالیزهای MS-ICP و ICP-ES سنتگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی، بر حسب ppm

ادامه جدول 1. نتایج آنالیزهای ICP-ES و MS-ICP سنگهای مافیک منطقه شرق امامزاده هاشم، مقادیر عناصر اصلی بر حسب % و عناصر کمیاب و نادر خاکی بر حسب ppm

Sample \	SRF 102	SRF 106	SRF 107	SRF 113	DF 102	2SRF 103	SRF 105	2SRF 105	2SRF 106
V	309	325	249	541	492	242	208	141	254
W	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zn	103	64	106	95	98	78	86	52	58



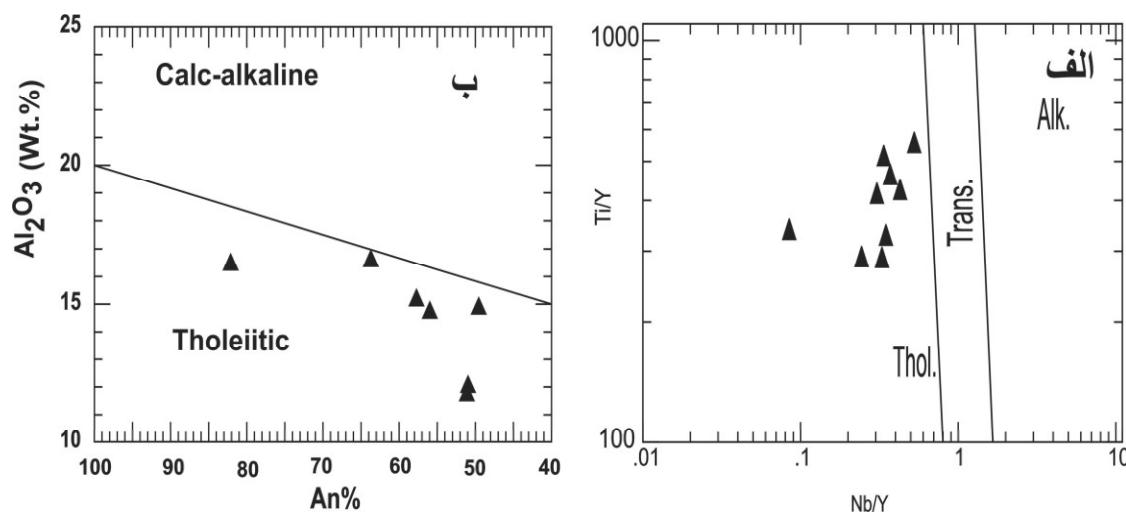
شکل 8. تعیین ماهیت ماقمای سنگهای منطقه شرق امامزاده هاشم بر روی نمودارهای (الف) سیلیس در برابر FeO_t/MgO (ب) Y در برابر Zr

زون فروزانشی قرار می‌گیرند (شکل 14 پ). سنگهای مورد مطالعه بر روی نمودارهای TiO_2/Zr در مقابل Zr/Y [25]، Zr/Y در مقابل Zr [26] و Ti در برابر Zr [27] طیفی از محدوده $(\text{N}-\text{MORB})$ تا سنگهای مرتبط با جزایر قوسی را نشان می‌دهند [16]. بر روی نمودار تغییرات عنصر سازگار Ni در برابر MgO [23] سنگهای مورد مطالعه در محدوده مشترک حوضه‌های پشت قوس و مورب قرار می‌گیرند. (شکل 15).

در محیط‌های حوضه‌های پشت قوس در مراحل اولیه بازشدگی به علت تأثیر سیالات متضاده و نقش رسوبات در ژنز آنها ویژگیهای ژئوشیمیایی سنگهای قوس نمایان‌تر است در حالی که با عریض‌تر شدن حوضه پشت قوس نقش این تأثیرات کمتر شده و ترکیب مagma شبیه به موربهای پشتهای میان‌اقیانوسی می‌گردد [14, 28 و 29].

محیط تکتونیکی

به منظور تعیین محیط تکتونوماگمایی تشکیل این سنگها از نمودارهای تکتونیکی استفاده شده است بر اساس نمودار Nb/Th در مقابل Y [21] این سنگها در محیط قوس (سوپراسیداکشن) تشکیل شده‌اند (شکل 12). در روی نمودار $\text{Na}_2\text{O}-\text{FeO}^*-\text{MgO}$ [11] AFM شده است کومولاھای لایه‌ای غنی از Mg در محدوده کومولاھای الترامافیک و مافیک وابسته به قوس و سنگهای گابریوی در محدوده سنگهای غیر کومولاھی وابسته به قوس قرار می‌گیرند (شکل 13). در نمودارهای مثلثی $\text{Th}-\text{Hf}/3$ - $\text{La}-\text{Th}^*10-\text{Nb}/16$ [22] و $\text{La}-\text{Th}^*10-\text{Nb}/16$ [23] تقریباً کلیه نمونه‌ها در محدوده بازالت‌های قوس از نوع قوسهای حدواتسط قرار می‌گیرند (شکل 14 الف و ب). همچنین بر روی نمودار Th/Ta در مقابل La/Yb [24] نمونه‌ها در قسمت بازالت‌های



شکل ۹. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در مقابله Ti/Y [10] در مقابل Nb/Y [11] AN برابر Al_2O_3 در نمودار [10]

همکاران [34] ناشی از نقش عوامل فرورانشی (سیالات منتج از گوه فرورونده) می‌باشد.

نمونه‌های مورد مطالعه دارای HFSE پایین و LILE بالا (بالا بودن نسبتهای LILE/HFSE) هستند که به ترتیب بیانگر ذوب شدگی پریدوتیت گوه تهی شده و مشارکت سیالات منتج از ورقه [13] یا ذوب آبدار [34] است که از مشخصه‌های زون سوبراسابداسکشن می‌باشد.

نقش عوامل فرورانش و سهم نسبی گوه مانتویی را می‌توان به کمک نسبت عناصر کمیاب به عنصر ناسازگار Yb مشخص نمود [10, 34 و 35].

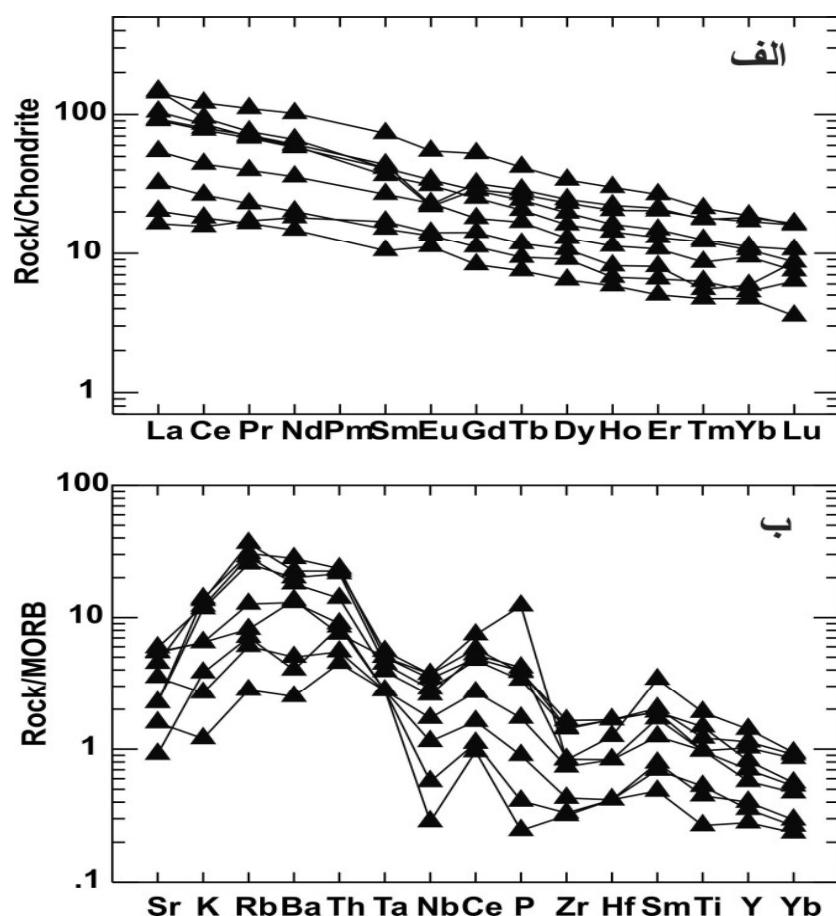
در مورد نمونه‌های مورد مطالعه این مورد در شکل 15 به کمک نمودارهای Nd/Yb , Th/Yb , La/Yb مقابله Nb/Yb نشان داده شده است. نقش عوامل فرورانش برای عناصر Th, La و Nd به کمک نمودارهای پیرس و همکاران [34] قابل توصیف است (شکلهای 15 ب، پ و ت).

در این نمودارها میزان نقش عوامل فرورانش توسط خطوط موازی با روند گوشه مشخص می‌گردد.

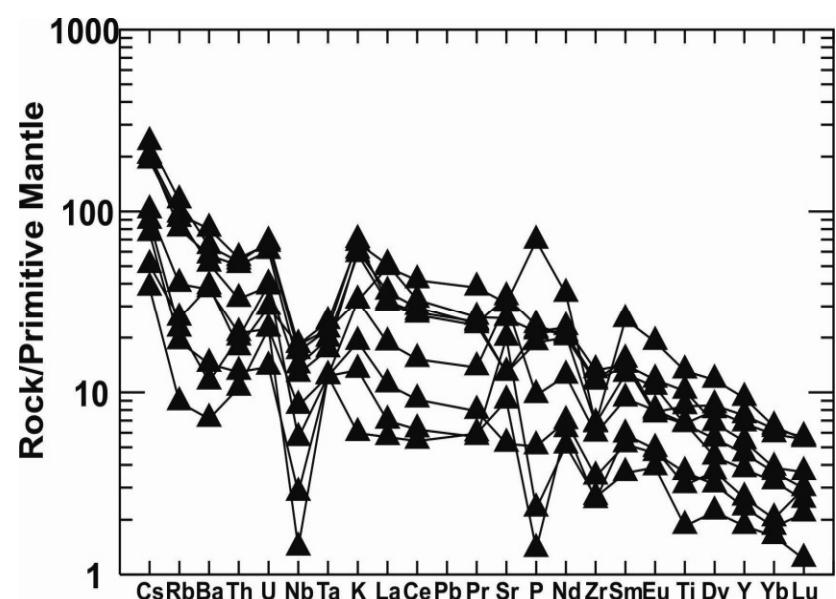
نمودارها نشان می‌دهند که نقش عوامل فرورانش برای این عناصر به ترتیب عبارت است از حدود 60 تا 90 درصد برای La, 75 تا 50 درصد برای Th و حدود 25 تا 50 درصد برای Nd.

ماهیت منشأ
از مهمترین عواملی که بر روی ترکیب و ماهیت سنگها تأثیرگذار است دگرسانی، آلودگی پوسته‌ای و نقش عوامل فرورانشی است؛ به همین جهت این عوامل از جمله مواردی هستند که همواره در مباحث ژئوشیمی جهت تعیین ماهیت منشأ مورد بررسی قرار می‌گیرند.

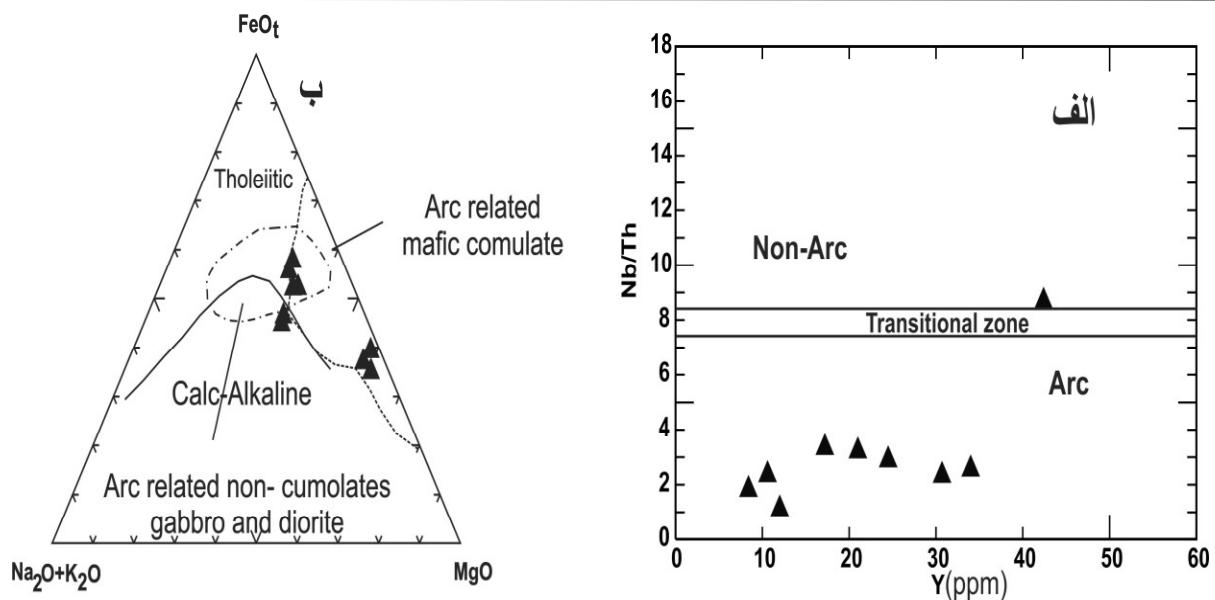
وجود آنومالی مثبت عناصر بزرگ یون مانند K, Ba و Sr وجود سیال آبدار در منشأ سنگهایی است که از یک پوسته اقیانوسی فروارانده شده خارج می‌شوند [30]. همچنین ترکیب سنگ کل همانند ماقم‌های مافیک مرتبط با فرورانش غالباً فقیر از P و Ti است [31]. وجود این آنومالی‌ها در سنگهای آذرین درونی شرق امامزاده هاشم، دلیل بر تأثیر مواد خارج شده از سیال خروجی از تخته فرورانده شده است. غنی‌شدنی یا تهی‌شدنی از عناصر HFSE می‌تواند مشخص کننده ماهیت منشأهای مانتویی باشد که ممکن است توسط خروج مذاب اولیه در محیط حوضه‌های پشت کمان [32] یا در موقعیت کمان فقیر شده باشند [33]. مقادیر پایین عناصر HFSE (نظیر Y, Zr, Nb, Ti) می‌تواند شاهدی از خروج مذاب اولیه از گوه مانتویی، یا نقش سیالات فرورانشی و یا آلایش با گوشه لیتوسفری باشد [32]. در نمونه‌های مورد مطالعه پایین بودن HFSE با توجه به نمودارهای پیرس و



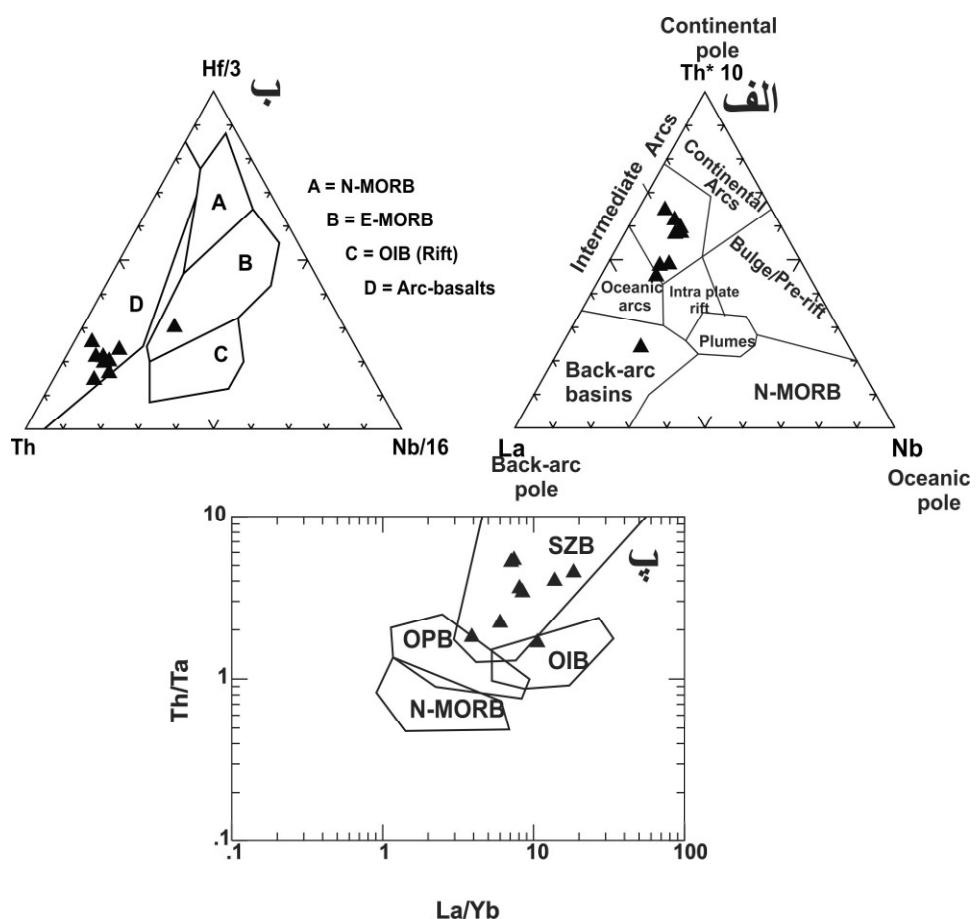
شکل ۱۰. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امام‌زاده هاشم در نمودارهای عنکبوتی نرم‌الایز شده نسبت به (الف) کندریت [12] و (ب) مورب [13].



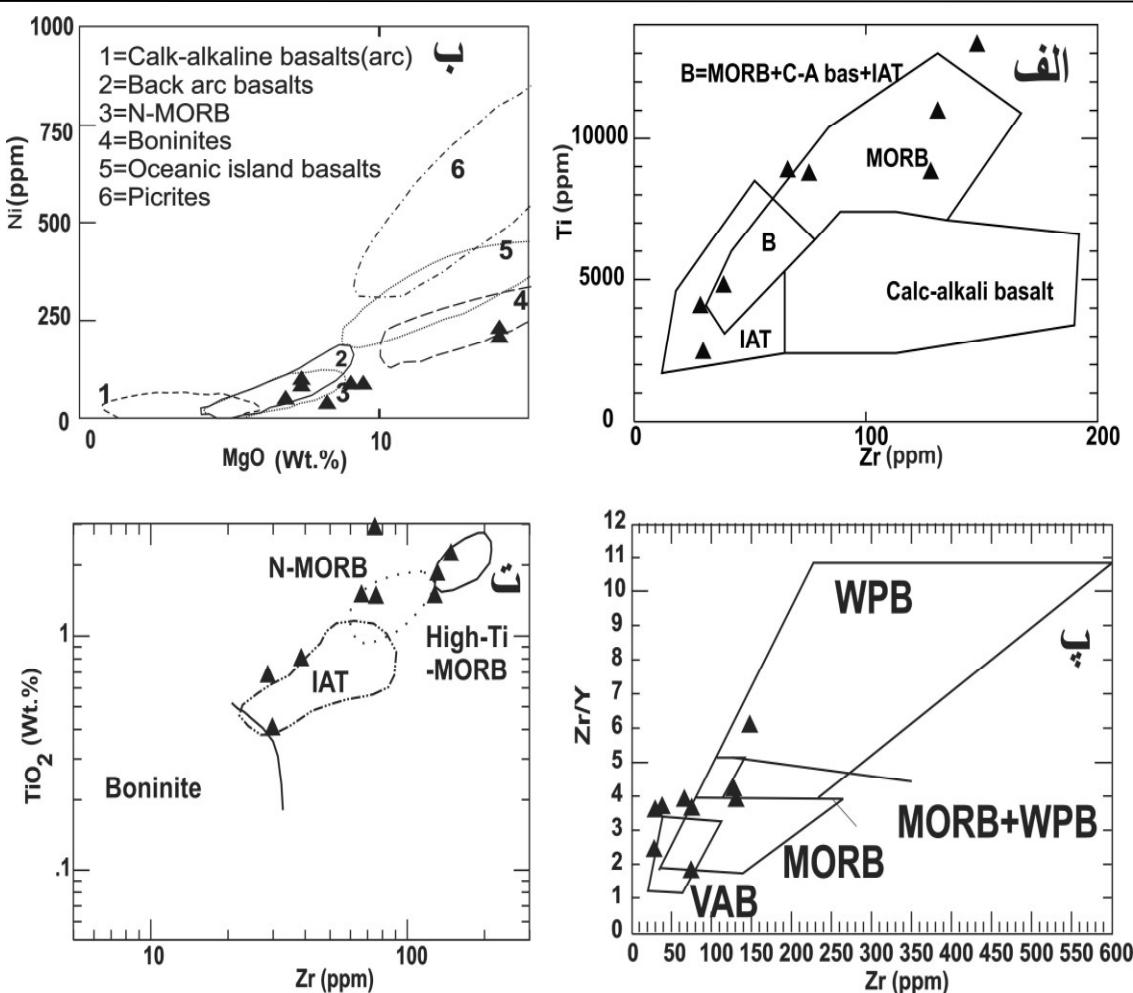
شکل ۱۱. تهی‌شدگی از عناصر Nb و Ti در نمودار [12]



شکل 12. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Nb/Th و ب) موقعیت نمونه‌ها بر روی نمودار AFM



شکل 13. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار مثلثی La-Th-Nb [20] ، ب) نمودار مثلثی Th-Hf/3-Ta [21] Th/Ta در مقابل La/Yb [19] پ) نمودار La/Yb در مقابل Th/Ta [21]



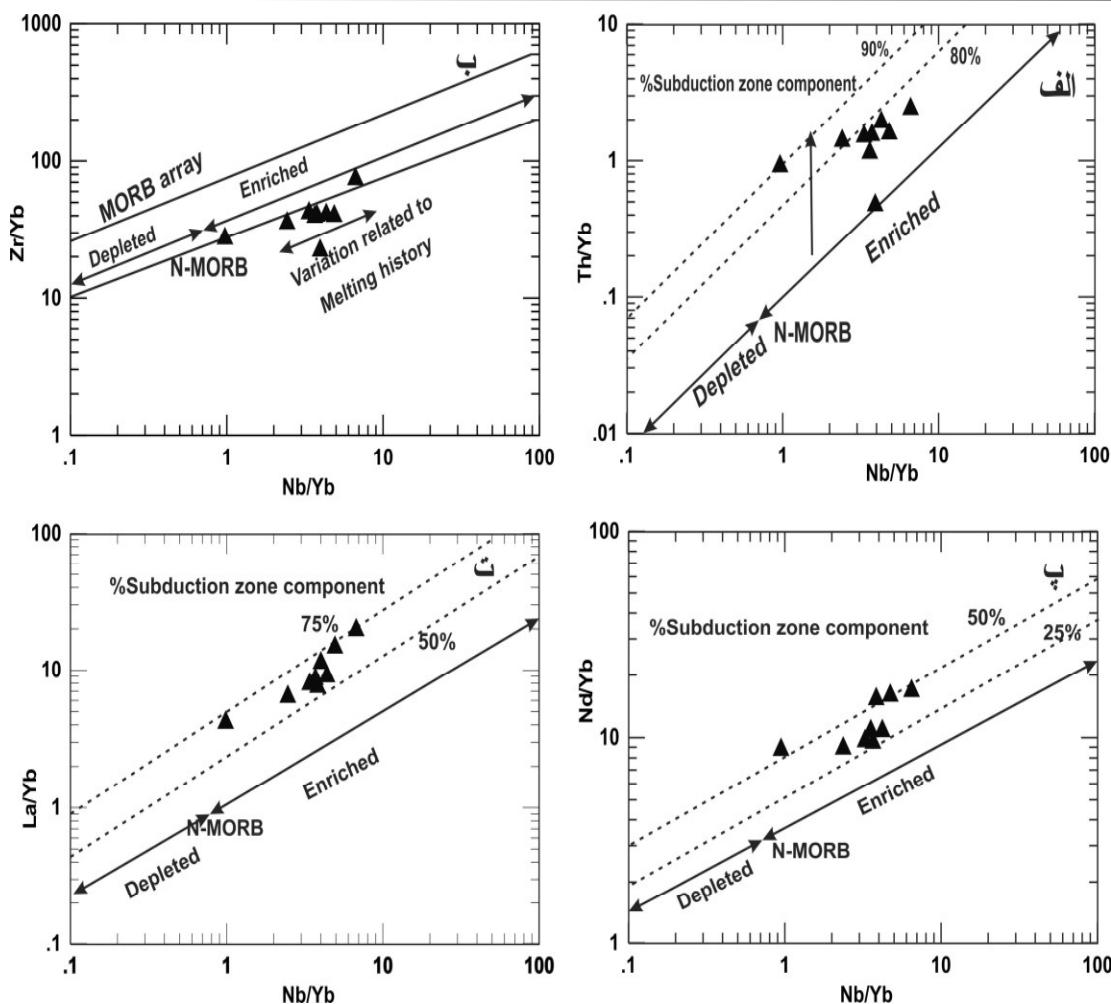
شکل 14. الف) موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Ti در مقابل Zr [27] ب) نمودار تغییرات عنصر سازگار Ni در MgO (Wt.%) در مقابله با Zr [25] ت) نمودار TiO_2 در مقابل Zr [26] پ) نمودار Zr/Y در مقابل Zr [28]

تبلوربخشی و یا ذوببخشی (همراه با پیروکسن و پلاژیوکلаз به عنوان فازهای بلوری غالب یا باقیمانده) عمل می‌کند، بنابراین تغییرات منشأ و آسودگی آن را به خوبی نشان می‌دهند [37]. فرآیندهای مربوط به غنی‌شدگی داخل صفحه‌ای همراه با غنی‌شدگی مساوی از Ta و Th هستند، در حالی که فرآیندهای فرورانشی دارای Th می‌باشند و کمی Ta دارند [38]. کلیه سنگهای مورد مطالعه در مسیر تقریباً موازی با روند گوشه قرار دارند، اما غنی‌شدگی اندکی از Th/Yb را نشان می‌دهند و در قلمرو سنگهای مربوط به قوس ولکانیکی قرار می‌گیرند. سنگهای مورد مطالعه روندی بین روندهای ناشی از نقش عوامل فرورانش و روند ناشی از نقش آسودگی پوسته‌ای نشان می‌دهند (شکل 16).

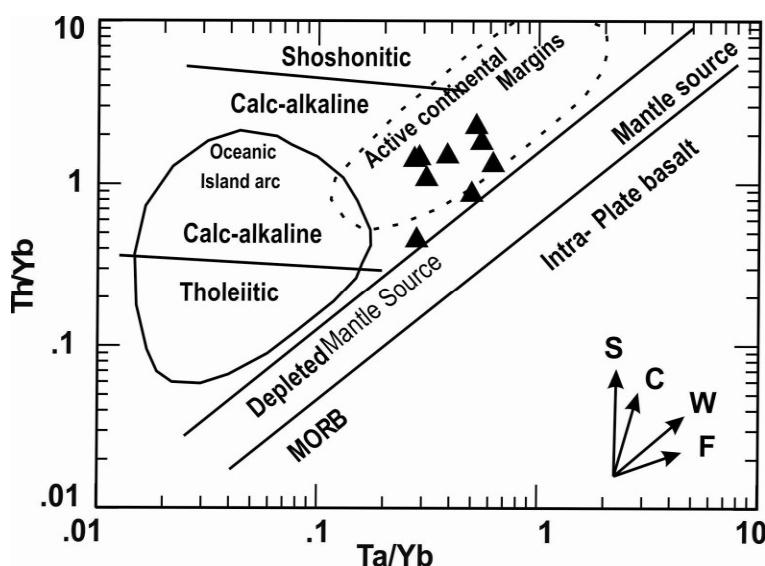
شکل 15 نشان می‌دهد که علاوه بر نقش بارز عوامل فرورانش عوامل مربوط با آسودگی پوسته‌ای نیز در تکوین این سنگها مؤثر بوده است. نمودار شکل 15 نشان می‌دهد که نقش عوامل آسودگی پوسته‌ای در سنگهای پایین توالی ناچیز بوده در حالی که این عوامل به همراه عوامل فرورانش در سنگهای بالایی توالی نقش بهسزایی داردند.

ترکیب سنگهای ماغمایی در این موقعیت تکتونیکی هم توسط متشکله‌های سیال منتج شده از ورقه فرورونده (پوسته بازالتی و رسوبات پلاژیک) و هم آلایش پوسته‌ای کنترل می‌شود [36].

نمودار نسبت Th/Yb در مقابل Ta/Yb [13] مدلی برای تعیین غنی‌شدگی منشأ، آلایش با مواد پوسته‌ای یا فرورانشی است. نسبت های Th/Yb و Ta/Yb عموماً مستقل از



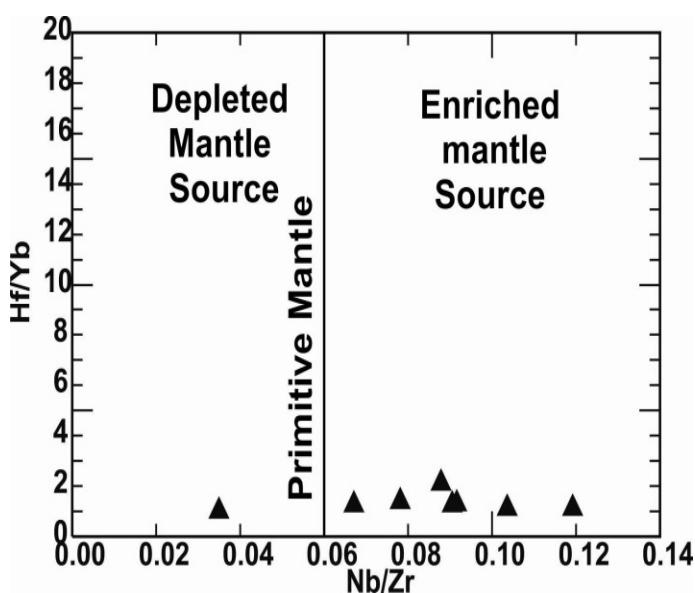
شکل 15. نقش عوامل فرورانش توسط خطوط موازی با روند گوشته در نمودارهای Nd/Yb , Zr/Yb , Th/Yb , La/Yb در مقابل Nb/Yb



شکل 16. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار پیشنهادی پیرس [10]; بردارها و روندهای ایجادشده توسط غنی‌شدگی ناشی از فرورانش (S)، آلودگی پوسته‌ای (C)، غنی‌شدگی درون صفحه‌ای (W) و تبلور تفریقی (F) را نشان می‌دهند.

در نمونه‌های مورد مطالعه 7/8 تا 37/7 در تغییر است که نشان از آلودگی پوسته‌ای در این سنگهاست که در توافق با بررسیهای صحرایی نیز می‌باشد. بررسی نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار Hf/Yb در مقابل Nb/Zr (شکل 17) نشان از یک منبع گوشتیهای غنی‌شده برای آنهاست [41].

برای تعیین نقش آلودگی پوسته‌ای در ترکیب سنگها از نسبت‌های عنصری و نمودارهای مختلفی استفاده می‌شود. برای مثال سنگهای بازالتی که تحت تأثیر آلودگی پوسته‌ای قرار گرفته باشند، دارای نسبت‌های $\text{La/Nb} > 1.5$ و $\text{La/Ta} > 22$ می‌باشند [39] و [40]. مقادیر این نسبت‌های عنصری به ترتیب



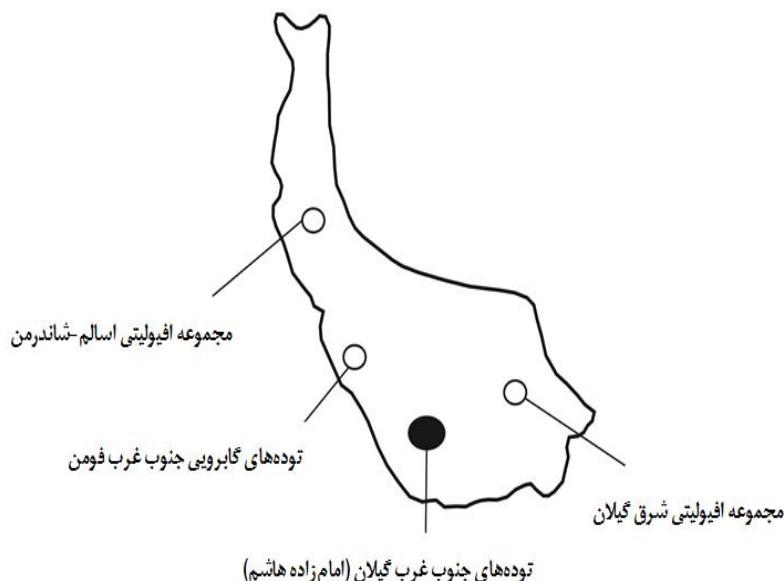
شکل 17. موقعیت نمونه‌های منطقه شرق امامزاده هاشم در نمودار Hf/Yb در مقابل Nb/Zr [36]

تولیت به محیط‌های بازشدنی قاره‌ای نسبت داده شده‌اند [43]. توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان دو ماهیت جداگانه آلکالن مرتبط با ماگماتیسم OIB و تولیت مرتبط با محیط سوپراسیداکشن در یک منطقه پشت قوس را نشان می‌دهند [44]. توده‌های گابرویی مورد مطالعه در این پژوهش از لحاظ موقعیت صحرایی بسیار نزدیک به توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان است، این در حالی است که به لحاظ ترکیب و ماهیت ژئوشیمیایی و سنگ‌شناختی نیز مشابهت بسیار زیادی بین این دو گروه دیده می‌شود و هر دو مشخصات بارز محیط‌های سوپراسیداکشن را نشان می‌دهند. بنابراین با توجه به موقعیت صحرایی و تشابهات سنگ‌شناختی و ژئوشیمیایی توده‌های مورد بررسی با توده‌های شرق گیلان می‌توان مجموعه توده‌های مافیک شرق امامزاده هاشم در جنوب گیلان را با

بحث در استان گیلان و در ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز تاکنون مجموعه‌های گابرویی و الترامافیک متعددی با سنی‌های مختلف گزارش شده است (شکل 18):
 1- توده‌های الترامافیک و مافیک مجموعه افیولیتی شاندرمن [42] با سن پالئوزوئیک در غرب گیلان
 2- توده‌های مافیک و الترامافیک جنوب غرب فومن [43] با سن بعد از ژوراسیک در غرب گیلان
 3- توده‌های مافیک و الترامافیک مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر [44] با سن کرتاسه فوقانی در شرق گیلان.
 حاصل این تحقیق هم ارائه، شناسایی و بررسی ماهیت مجموعه‌های مافیک جنوب استان گیلان بوده است.
 از بین توده‌های یادشده توده‌های الترامافیک مجموعه افیولیتی اسالم- شاندرمن دارای ماهیت MORB هستند [42].
 توده‌های مافیک جنوب غرب فومن با دو ماهیت آلکالن و

مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در نظر گرفت.

مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر در شرق گیلان مرتبط دانست و آنها را بخشی از توده‌های الترامافیک و مافیک



شکل ۱۸. پراکندگی توده‌های مافیک و الترامافیک در استان گیلان

می‌باشد که از خصوصیات سنگهای ماقماهای قوس مناطق فرورانش می‌باشد. با توجه به نمودارهای متمایزکننده محیط تکتونیکی، سنگهای مورد مطالعه به محیط پشت قوس بر روی یک زون فرورانش تشکیل شده تعلق دارند.

با توجه به این که خصوصیات ژئوشیمیابی و محیط‌های تکتونیکی سنگهای گابرویی شرق امام‌زاده هاشم شباهت بسیار زیادی به مجموعه افیولیتی جنوب دریای خزر دارد و از آنجایی که فاصله چندانی با هم ندارد این سنگها با مجموعه افیولیتی مذبور مرتبط بوده و به عنوان بخشی از این مجموعه افیولیتی در نظر گرفته شده است.

قدردانی

این تحقیق با حمایت و پشتیبانی مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان انجام و به اتمام رسیده است. بدین‌وسیله از همکاری ارزنده آن معاونت قدردانی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

توده‌های مافیک شرق امام‌زاده هاشم در جنوب گیلان بخشی از توده‌های نفوذی مافیک دامنه‌های البرز را تشکیل می‌دهند. این توده‌ها بر اساس مطالعات سنگنگاری و صحرایی به دو صورت گابروهای لایه‌ای و گابروهای توده‌ای رخنمون دارند. توده‌های لایه‌ای دارای دو بخش تیره و روشن می‌باشند. بخش‌های تیره بر اساس مطالعات سنگنگاری با کانیهای اصلی کلینوپیروسن و الیوین گاهی همراه با پلازیوکلاز و کانیهای تیره دارای بافت کومولاپی بوده و بر اساس تغییر مдал کانیها به انواع کلینوپیروكسنیت، الیوین کلینوپیروكسنیت و کلینوپیروكسنیت‌های پلازیوکلازدار تفسیم می‌شوند. گابروهای توده‌ای با بافت غالب اینترگرانولار و گاهی پوئی‌کلیتیک (ساب‌افتیک) دارای کانیهای اصلی پلازیوکلاز و کلینوپیروسن می‌باشند. بر اساس داده‌های ژئوشیمیابی ماهیت سنگهای مورد مطالعه ساب آلکالن تولیتی است.

روندهای تغییرات عناصر نادرخاکی در سنگهای منطقه بر روی نمودارهای عنکبوتی نرم‌الایز شده به گوشته اولیه و مورب حاکی از غنی‌شدن آنها از LREE‌ها و تهی‌شدن آنها از عناصر

- Magmatism in Ocean Basins, Geological Society of London Special Publication 24 (1989) 313-345.
- [13] Pearce J. A., "Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In Continental basalts and mantle xenoliths" Edited by C. J. Hawkesworth and M. J. Norry. Shiva Publishing, Nantwich U.K. (1983) 272 p.
- [14] Wilson M., "Igneous petrogenesis", Unwin Hyman London. (1989) 466 P.
- [15] Gill J. B., "Orogenic andesites and plate tectonics" Springer, Berlin (1981) 390 p.
- [16] Hawkesworth C. J., Gallagher K., Hergt J. M., McDermott F., "Mantle and slab contributions in arc magmas", Annual Review of Earth and Planetary Sciences 21 (1993) 175-204.
- [17] Saunders A. D., Norry M. J., Tarney J., "Fluid influence on the trace element compositions of subduction zone magmas. In: Tarney J., Pickering K. T., Knipe R. J., Dewey J. F. (Eds.), The Behavior and Influence of Fluids in Subduction Zones", The Royal Society, London (1991) 335 p.
- [18] Arth J. G., "Behavior of trace elements during magmatic processes—a summary of theoretical models and their applications", Journal of research of the U.S. Geological Survey 4 (1976) 41-47.
- [19] Melzer S., Wunder B., "Island-arc basalt alkali ratios: Constraints from phengite-fluid partitioning experiments", Geology 28 (2001) 583-586.
- [20] Cruciani G., Franceschelli M., Marchi M., Zucca M., "Geochemistry of metabasites from NE Sardinia, Italy: nature of the protoliths, magmatic trend, and geotectonic setting", Mineralogy and Petrology 74 (2002) 25-47
- [21] Jenner G. A., Dunning G. R., Malpas J., Brown, M., Brace, T., "Bay of Islands and Little Port complexes, revisited age, geochemical and isotopic evidence confirm suprasubduction - zone origin", Canadian Journal of Earth Sciences 28 (1991) 1635-1652.
- [22] Wood D. A., "The application of a Th-Hf-Ta diagram to 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 (1980) 11-30.

منابع

- [1] خازنیاع، صادقی، ع. ر، " نقشه زمین‌شناسی 1:100000 رشت" ، سازمان زمین‌شناسی کشور (1382).
- [2] Annells R. N., Arthuroun R. S., Bazley R. A. and Davies R. G., "Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangles map 1:250,000". Geological Survey of Iran (1975).
- [3] مؤسسه گیتاشناسی، " نقشه راهنمای البرز غربی (گیلان)" ، مقیاس 1:300000 ، شماره 144
- [4] نبوی م. ح، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران" ، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور (1355) 109 ص.
- [5] افتخارنژاد ج، "تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوی" ، نشریه انجمن نفت، شماره 82 (1359) 28-19 ص.
- [6] De La Roche H., Leterrier J., Grande Claude P., Marchal M., "A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses- its relationships and current nomenclature" Chemical Geology 29 (1989) 183-210.
- [7] Cox K. G., Bell J. D., Pankhurst R. J., "The interpretation of igneous rocks" George Allen and Uniwin Ltd., London (1979) 450 p.
- [8] Winchester J. A., Floyd P. A., "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements" Chemical Geology 20 (1977) 325-342.
- [9] Ross P., Bédard J. H., "Magmatic affinity of modern and ancient sub-alkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams", Canadian Journal of Earth Sciences 46 (2009) 823-839.
- [10] Pearce J. A., "Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Orogenic andesites and related rocks", Edited by R.S. Thorpe. John Wiley and Sons, Chichester, U.K. (1982) 274 p.
- [11] Irvine T. N., Baragar W. R. A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", Canadian Journal of Earth Sciences 8 (1971) 523-548.
- [12] Sun S. S., McDonogh W. F., "Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implication for mantle composition and processes" In: Saunders A. D. and Norry M. J. (Eds.)

- and Petrology Journal of Geology 84 (1983) 293–309.
- [34] Pearce J. A., Baker P. E., Harvey P. K., Luff I. W., "Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc", Journal of Petrology 36 (1995) 1073–1109.
- [35] Peate D. W., Pearce J. A., Hawkesworth C. J., Colley H., Edwards C. M. H., Hirose K., "Geochemical variations in Vanuatu arc lavas: the role of subducted material and a variable mantle wedge composition", Journal of Petrology 38 (1997) 1331–1358.
- [36] Tatsumi Y., Kogiso T., "The subduction factory: its role in the evolution of the Earth's crust and mantle. In: Larter, R.D., Leat, E.T. (Eds.), *Intra-oceanic Subduction Systems: Tectonic and Magmatic Processes*", Geological Society of London, Special Publication 219 (2003) 55–80.
- [37] Aldanmaza E., pearcea J. A., thirlwallb M. F., Mitchell j. g., "Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia Turkey", Journal of Volcanology and Geothermal Research 102 (2000) 67–95.
- [38] Saccani E., Photiades A., Beccaluva L., "Petrogenesis and tectonic significance of Jurasic IAT magma types in the Lellinde ophiolites as deduced from the Rhodiani ophiolites (Pelegonian zone, Greece)", Lithos 104 (2008) 71–78.
- [39] Hart W. K., WoldeGabrie G., Walter R. C., Mertzman S. A., "Basaltic volcanism in Ethiopia: constraints on continental rifting and mantle interactions", Journal of Geophysical Research 94 (1989) 7731–48.
- [40] Abdel-Fattah M., Abdel-Rahman A. M., Nassar P. E., "Cenozoic Volcanism in the Middle East: Petrogenesis of alkali basalts from northern Lebanon", Geological Magazine 141 (2004) 545–563.
- [41] John T., Scherer E. E., Haase K., Schenk V., "Trace element fractionation during fluid-induced eclogitization in a subducting slab: trace element and Lu-Hf-Sm-Nd isotope systematics", Earth and Planetary Science Letters 227 (2004) 441–456.
- [42] Berberian M., "The southern Caspian: A compression floored by a trapped modified [23] Monnier C., "Mécanismes d'accrétion des domaines océaniques arrière-arc et geodynamique de l'Asie du Sud-Est, Petrologie et géochimie des ophiolites d'Indonésie", These de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale (1996) 605 p.
- [24] Cabanis B., Lecolle M., "Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: Un outil pour la discrimination des séries volcaniques et la mise en évidence des processus de mélange et / ou de contamination crustale", C.R. Acad. Sci. Ser. II 309 (1989) 2023–2029.
- [25] Capedri S., Venturelli G., Bocchi G., Dostal J., Garuti G., Ross, A., "The geochemistry and petrogenesis of an ophiolite sequence from Pindos, Greece", Contributions to Mineralogy and Petrology 74 (1980) 189–200.
- [26] Pearce J. A., Norry M. J., "Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks", Contributions to Mineralogy and Petrology 69 (1979) 33–47.
- [27] Pearce I. A., Cann J. R., "Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses", Earth and Planetary Science Letters 19 (1973) 290–300.
- [28] Juteau T., Maury R., "The Oceanic Crust, from accretion to mantle recycling", Springer (1999) 390 p.
- [29] درویشزاده ع. "آتشفهانها و رخسارهای آتشفهانی". انتشارات دانشگاه تهران، (1383) 596 ص.
- [30] Juteau T., Maury R., "Geologie de la Croute océanique: Petrologie et dynamique endogènes", Springer (1997) 569 p.
- [31] Kocak K., Isik F., Arslan M., Zedef V., "Petrological and source region characteristics of ophiolitic hornblende gabbros from the Aksaray and Kayseri regions, central Anatolian crystalline complex, Turkey", Journal of Asian Earth Science 25 (2005) 883–891.
- [32] Woodhead J. D., Egging S., Gamble J., "High field strength and transition element systematic in island arc and back-arc basin basalts: evidence for a multiphase melts extraction and a depleted mantle wedge", Earth and Planetary Science Letters 114 (1993) 491–504.
- [33] Grove T. L., Bryan W. B., "Fractionation of pyroxene–phyric MORB at low pressure: an experimental study", Contributions to Mineralogy

زمین‌شناسی ایران (1385).
[44] صلواتی، م، "پترولوزی و ژئوشیمی مجموعه افیولیتی شرق گیلان"، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه اصفهان، (1387) 241 ص.

oceanic crust", Canadian Journal of Earth Sciences 20 (1983) 163-183.
[43] کوثری، ع، امامی، م، حق‌نظر، م، "تعیین جایگاه زمین‌شناسی توده‌های مافیک و اولترامافیک ماسوله با استفاده از شواهد سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی"، دهمین همایش انجمن

