گابروهای آلکالن چشمه قصابان همدان با گرایش جزایر اقیانوسی، ژوراسیک میانی: شواهد فرورانش پشته میان اقیانوسی تتیس جوان، پهنه سنندج-سیرجان

فتح الله مصوری1، رضا زارعی سهامیه۲*، عادل ساکی۲، امیرعلی طباخ شعبانی۴ و احمد احمدی خلجی۲

^۱دانشجوی دکترا، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرمآباد، ایران ^۲دانشیار، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرمآباد، ایران ^۳دانشیار، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران ^۴استادیار، گروه ژئوشیمی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳۹۷

چکیدہ

تاريخ

سنگهای دگرگونی پهنه سنندج- سیرجان (SSZ) در باختر همدان، ناحیه چشمه قصابان تحت نفوذ اولیوین گابروها و گابروهای ژوراسیک میانی قرار گرفته است. این سنگها با گرایش آلکالن شامل اولیوین، کلینوپیرو کسن، پلاژیو کلاز، فلو گوپیت، آمفیبول قهوهای و بیوتیت هستند که از ذوب بخشی یک منشأ پریدوتیتی در میدان پایداری گارنت، المتقاق یافتهاند. غنی شدگی LREE در الگوی عادیسازی شده عناصر REE نسبت به کندریت و مقادیر بالای نسبتهای (5.6-6.6) (Nb/Yb (22-22.38), La (Yb و نشان می دهد که از ذوب بخشی یک منشأ پریدوتیتی در میدان پایداری گارنت، المتقاق یافتهاند. غنی شدگی LRE در الگوی عادیسازی شده عناصر REE نسبت به کندریت و مقادیر بالای نسبتهای (5.6-6.6) (Nb/Yb (22-22.38), La (Yb و نشان می دهد که این گابروها از منشأ پلومهای گوشتهای مولد بازالتهای با گرایش جزایر اقیانوسی (Nb-Ile) (OIB-11.25) (IC (SC) (IC (SC) و نشان می دهد که این گابروها از منشأ پلومهای گوشتهای مولد بازالتهای با گرایش جزایر اقیانوسی (IC - 0.6) مشتق شده و در پوسته قارهای نفوذ کرده است. با توجه به الگوی ژئودینامیک حاکم بر این پهنه در ژوراسیک میانی که به فرورانش پوسته اقیانوس تیس جوان به زیر حاشیه جنوب باختری سندج- سیرجان نسبت داده شده است؛ می مرورانش «پشته - گودی این گابروها از منشأ پلومهای گوشته ای موله به فرورانش بوسته بوان به زیر حاشیه جنوب باختری سنندج- سیرجان نسبت داده شده است؛ موجه به الگوی ژئودینامیک حاکم بر این پهنه در ژوراسیک میانی که به فرورانش پوسته اقیانوس تیس جوان به زیر پوسته قارهای سبب ایجاد پنجره لیتوسفری و مدور ورانش «پشته- گودال» برای این گابروها پیشنهاد می شود. بر اساس این مدل، فرورانش پشته میان اقیانوسی تیس جوان به زیر پوسته قارهای سبب ایجاد پنجره لیتوسفری و نفوذ مدورانش «پشته- گودال» برای این گابروها پیشنهاد می شود. بر اساس این مدل، فرورانش پسته میان اقیانوسی تیس جوان به زیر پوسته قارهای سبب ایجاد پنجره لیتوسفری و نفوذ مدورانش «پشته- گودال» برای این گابروها پیشهاد می شود. بر اساس این مدل، فرورانش پشته میان اقیانوسی تیس جوان به زیر پوستی قارهای سبب ایجاد میقه مدان می تواند منول به می و مینوسازی کار می قدره مدورانی پسب ایجاد می قود مدوران می توله مدورانی و مرورانی په و مرولی قرر و می قرر ایسب ای و می مدول می فرورانی میدج- سیرجان شده مدوران می قدمه و مدان می توی و

کلیدواژهها: گابروی آلکالن جزایر اقیانوسی، فرورانش پشته میان اقیانوسی، پهنه سنندج- سیرجان، الوند، همدان. ***نویسنده مسئول:** رضا زارعی سهامیه

E-mail: Zarei.r@lu.ac.ir

1- پیشنوشتار

پهنه سنندج- سیرجان در ایران (Stöcklin, 1968) با روند شمال باختر – جنوب خاور در بلافصل شمال خاور زمین درز زاگرس قرار دارد که موقعیت اقیانوس تتیس جوان در گذشته را نشان میدهد.

فرورانش اقیانوس تتیس جوان به زیر پهنه سنندج- سیرجان، در اواخر تریاس تا اوایل ژوراسیک، شروع شدو کم و بیش تا قبل از تصادم قارههای اوراسیا-كندوانا در اواخر اليكوسن Agard et al., 2005ادامه يافت (Agard et al., 2005). ویژگیهای این فرورانش دیرپا با فرورانش در مرزهای همگرای عهد حاضر حاشیه اقيانوس آرام (Pacific-type orogene) قابل مقايسه مى باشد (Kazmin et al., 1986) Fergusson et al. (2016) دگرگونی ناحیه ای پهنه سنندج- سیرجان را که در شروع فرورانش اقیانوس تتیس جوان، ورقه فرا رانده شده (overriding plate) لبه زون فرورانش را تشکیل می داده است به رخداد کوهزایی سیمیرید میانی نسبت مىدهند كه مقارن با اواسط ژوراسيك (احتمالاً 175 –168 ~ Ma) به وقوع پيوسته است. این پهنه ساختاری که در منطقه همدان تا الیگودرز– ازنا با عنوان «زیر پهنه پیچیده تغییر شکل یافته» معرفی شده، شامل واحدهای رانده با سوی حرکت به سمت جنوب باختر است. این توالی گسلیده، در قاعده و در مرز با زمین درز زاگرس شامل واحدهای آمفیبولیت و متاگابرو با گرایش ژئوشیمیایی MORB-EMORB-OIB و مرمریت به سن اردوویسین تا پرمین می باشد (کمپلکس جان June Complex). این مجموعه که در مراحل آغازین شکل گیری اقیانوس تتیس جوان در حاشیه غیر فعال شمال اقیانوس تتیس و در یک محیط کششی تشکیل شده (;Alavi, 1994 Fergusson et al., 2016)، به سمت شمال خاور در زیرتوالی های توربیدایتی (فیلیت های همدان) قرار گرفته که سن بخشی از آن پرمین میانی است (Fergusson et al. 2016). از دیدگاه ژئودینامیکی، زیر پهنه پیچیده تغییرشکل یافته در پهنه سنندج- سیرجان، با کمپلکس های به همافزاینده (accretionary prism)،

مرزهای همگرای نوع پاسیفیک در حواشی فعال قارهای اقیانوس آرام که در منطقه پیش کمان شکل می گیرند (2005, Condie) قابل مقایسه می باشد.

در فاصله کوتاهی پس از دگرگونی ناحیهای و قبل از افت گرادیان حرارتی که تحت تأثیر آن سنگهای منطقه متحمل دگرگونی ناحیهای شدهاند، پلوتونیزم گستردهای شامل تودههای درونی مافیک (گابرو- اولیوین گابرو)- حدواسط (مانند دیوریت) و حجم زیادی گرانیتوئید در این سنگهای دگرگونه نفوذ میکنند (سپاهی گرو، ۱۳۷۸).

موضوع این پژوهش بررسی ژنوشیمیایی و تعیین محیط تکتونیکی این گابروها و نفوذیهای مافیک در فیلیتهای همدان واقع در لبه زون فرورانش اقیانوس تتیس جوان میباشد. این تحقیق نشان میدهد که این سنگها گرایش آلکالن دارند و از ذوب بخشی پلومهای استنوسفری داغ زیر پوسته اقیانوسی فرورونده (Subslab asthenosphere) در میدان پایداری گارنت مشتق شدهاند و از دیدگاه ژنوشیمیایی با بازالتهای جزایر اقیانوسی (OIB) که در محیطهای اقیانوسی فوران میکند، قرابت آشکاری نشان میدهند. همچنین بر اساس مطالعه حاضر (فیلیتهای همدان) بر اساس مدل برخورد پشته- گودال (ridge-trench collision) و شواهد موجود، همجواری (juxtaposing) این گابروها با پلیتهای دگرگونه (فیلیتهای همدان) بر اساس مدل برخورد پشته- گودال (ridge-trench collision) میانی، به زیر منطقه منشورهای بهم افزاینده و گودال زون فرورانش نسبت داده میشود.

۲- روش انجام پژوهش

به منظور انجام این پژوهش، پس از عملیات صحرایی و بررسی واحدهای سنگی منطقه در پیمایش های متعدد، ۳۴ نمونه برداشت شد و پس از سنگنگاری مقاطع

نازک آنها، ۱۱ نمونه شامل الیوین گابرو (۴ نمونه)، گابرو (۴ نمونه) و یک نمونه اولترامافیک (پلاژیو کلینوپیروکسینیت (ورلیت)، انتخاب و برای آنالیز به روش ICP-MS و XRF به آزمایشگاه Actlab کانادا ارسال شد که نتایج آنها در جدول ۱ ارائه شده است. در این تحقیق همچنین از نتایج ژئوشیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، فرعی و نادر دادههای سنگهای مافیک این منطقه که قبل از این انجام شده (Ghalamghash et al., 2009; Shahbazi et al., 2010) و همچنین از نسبتهای ایزوتوپی سنگهای گابرویی (Shahbazi et al., 2010) استفاده شده است.

۳- زمینشناسی منطقه مورد مطالعه

نقشه زمین شناسی همدان (عمیدی و مجیدی، ۱۳۵۶) نشان میدهد که کهن ترین واحد سنگی محدوده مورد مطالعه فیلیتهای همدان (Hamedan Phyllites) هستند (شکل ۱- الف). این نهشتههای دگرگونه سپس تحت تأثیر نفوذ تودههای بازیک هولوملانوکرات با ترکیب اولیوین گابرو و گابرو قرار گرفتهاند. این سنگهای مافیک توسط گابرودیوریتها، دیوریتها و کوارتزدیوریتها که حجم اصلی سنگهای منطقه چشمه قصابان را تشکیل میدهد، محصور شدهاند. حجم زیادی از انواع هورنفلسها که به خرج فیلیتها شکل گرفتهاند، این مجموعه سنگهای مافیک و حدواسط را به صورت نوارهایی مشخص در سطح نقشه زمین شناسی همدان محدود کرده است. اینها با نماد کلی h در اطراف توده های درونی مافیک – حدواسط نشان

داده شده است (شکل ۱- الف). در بخش تحتانی بسیاری از رخنمونهای اولیوین گابرویی سنگهای گرانودیوریتی برونزد مییابد که حاوی حجم فراوانی از قطعات بیضوی و یا بی شکل اولیوین گابرویی و گابرویی است (شکلهای ۱- ب و ج). این اشکال در منطقه چشمه قصابان، توسط (2009) .Ghalamghash et al میختگی ناکامل ماگمای (magma mingling) مافیک و اسیدی نسبت داده شده است. رشید (۱۳۸۸) این مناطق مرزی را که بین سنگهای مافیک و گرانیتها و گرانودیوریتهای الوند شکل گرفته با عنوان منطقه تداخلی (interaction zone) به صورت یک واحد سنگی جدا با نماد اth بر روی نقشه زمین شناسی ۱۰۲۵۰۰ منطقه تفکیک کرده است. جدیدترین فاز پلوتونیسم در این منطقه یک فاز اسیدی مافولی گرانودیوریتها و هورنفلسها را در منطقه چشمه قصابان عمدتاً به اشکال رگهای و استوکهای کوچک قطع کرده است.

گابروهای الوند و گرانودیوریتها در ژوراسیک میانی و سنگهای رگهای در ژوراسیک بالایی (Shahbazi et al., 2010) و گرانیتها و گرانودیوریتهای الوند که توده اصلی کمپلکس درونی الوند را شکل دادهاند، از نوع S هستند. در حالی که لوکوگرانیتها گرایش نوع I نشان میدهند. تونالیتها و کوارتزدیوریتهای الوند ویژگیهای تودههای نفوذی H (هیبریدی) نشان میدهند (Aliani et al., 2012).



شکل ۱-الف) موقعیت گابروهای چشمه قصابان در شمال کمپلکس گرانیتوئیدی الوند در پهنه سنندج- سیرجان و سایت های نمونه برداری در نقشه زمین شناسی ۲۵۰۰۰ ۱ همدان (عمیدی و مجیدی، ۱۳۵۶ با تغییرات)؛ ب و ج) رخنمون هایی از آمیختگی ناکامل ماگمایی (mingling) در منطقه تداخلی (واحد int) و آنکلاوهای شبه بالشی اولیوین گابرویی (سیاه) در متن گرانودیوریتها (قهوهای روشن) جنوب چشمه قصابان.

Rock name		olivine g	gabbro				gabl	bro			plagio-clinopyroxenite	
Sample	Chy1-PX9	Gh1-PX1	Wchy1-Px6	Gh2-Px1B	Sol1-Gb6	Gh3-gb3	Chy1-gb11	Gh1-gb7A	Gh1-gb4	Chy1-gb4	Gh1-Px4	
SiO ₂ (wt %)	44.28	45.44	46.34	48.19	47.07	48.88	49.35	49.42	50.21	50.82	47.09	
TiO ₂	1.13	1.34	1.32	1.36	2.30	1.90	2.55	4.34	1.04	2.08	1.30	
Al ₂ O ₃	10.74	10.24	11.41	12.89	16.51	16.51	16.64	15.76	17.10	15.62	10.95	
FeO _T	12.26	11.28	10.62	9.26	10.23	9.71	11.21	9.41	6.60	9.49	8.97 WW	v.SI

جدول ۱- نتایج تجزیه اکسیدهای عناصر اصلی، فرعی، کمیاب و نادر خاکی در انواع سنگ های مافیک منطقه چشمه قصابان.

۲۷۸

1090 Collor	

ادامه جدول ۱-

Sample hyl-PX9 hyl-PX1 chyl-PX6 chyl-Px1B h2-PX1B h2-PX1B h2-PX1B h1-Gb6 oll-Gb6 oll-Gb6 oll-Gb6 oll-Gb6 oll-Gb4 hyl-gb4 hyl-gb4	
MnO 0.20 0.18 0.17 0.18 0.18 0.22 0.16 0.12 0.16 0.17	
MgO 17.42 19.04 16.77 11.87 5.99 6.94 5.16 5.66 7.71 6.34 13.40	
CaO 9.45 7.83 8.56 12.95 10.42 10.13 8.40 10.12 12.85 8.62 13.27	
Na ₂ O 1.43 1.79 2.10 1.97 2.70 2.26 3.44 2.77 2.21 2.68 1.32	
K₂O 0.55 1.02 1.08 0.78 1.77 1.72 1.74 1.19 0.93 2.57 0.68	
P ₂ O ₅ 0.16 0.26 0.29 0.19 0.47 0.45 0.56 0.18 0.10 0.41 0.25	
LOI 0.00 1.01 0.76 0.34 0.86 0.59 0.29 0.33 1.13 1.12 2.00	
Total 97.62 99.43 99.97 98.5 99.27 99.56 99.34 100 99.91 99.4	
Ba (ppm) 179 305 555 274 588 601 588 233 243 643 190	
Rb 13 26 23 17 38 48 44 55 26 96 17	
Sr 296 288 368 351 548 475 500 473 510 430 231	
Cs 0.50 1.30 1.30 0.50 0.80 1.10 1.10 3.50 1.30 2.60 0.50	
Ga 11 12 13 14 19 18 21 18 16 20 12	
Ta 1.10 1.70 1.60 1.30 2.90 2.70 3.00 2.70 1.10 2.20 1.40	
Nb 11 22 21 17 41 40 47 30 14 27 20	
Hf 1.90 2.90 3.10 2.60 4.00 5.20 2.30 3.40 2.90 5.40 2.70	
Zr 63 105 111 87 147 216 87 114 88 213 96	
Y 11 14 15 15 25 25 26 17 15 24 15	
Th 1.50 3.20 2.80 1.90 2.80 3.30 1.50 3.90 2.10 4.10 3.10	
U 0.40 0.90 0.60 0.50 0.70 0.90 0.50 1.30 0.60 1.20 0.80	
Cr 910 1350 1020 890 50 180 70 60 180 280 970	
Ni 410 530 450 210 40 110 50 20 60 110 230	
Co 77 81 70 53 38 38 35 40 35 35 48	
Sc 32 27 27 44 30 27 30 35 35 23 50	
V 175 203 182 248 316 246 303 413 224 203 251	
La 10.20 18.30 18.20 14.20 31.90 32.30 33.00 16.80 14.30 29.60 20.90	
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
Pr 2.02 4.10 4.11 5.05 7.28 7.01 7.81 4.04 5.44 0.84 4.71 Nd 12.00 16.80 17.20 14.00 20.60 20.50 22.10 16.00 15.10 28.10 18.80	
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
Fu 0.91 1.21 1.28 1.24 2.12 1.67 2.35 1.17 1.20 1.86 1.29	
Gd 2.80 3.60 3.70 6.20 6.20 6.20 3.80 3.30 5.90 3.90	
Th 0.40 0.50 0.50 0.40 0.90 0.90 0.90 0.60 0.50 3	
Dy 2 40 2 80 3 00 3 20 5 00 5 30 5 00 3 40 2 90 4 70 3 50	
Ho 0.50 0.60 0.60 1.00 1.00 0.90 0.70 0.60 0.90 0.60	
Er 1.20 1.60 1.60 2.70 2.80 2.50 1.90 1.60 2.40 1.70	
Tm 0.17 0.22 0.23 0.23 0.39 0.40 0.35 0.27 0.23 0.34 0.23	
Yb 1.10 1.40 1.40 2.50 2.50 2.10 1.80 1.40 2.20 1.50	
Lu 0.15 0.19 0.21 0.20 0.39 0.35 0.32 0.27 0.21 0.30 0.21	
Eu/*Eu 101 103 107 107 103 0.82 113 0.93 108 0.96 0.97	
(La/Yb), 6.65 9.38 9.32 7.28 9.15 9.27 11.27 6.69 7.33 9.65 9.09	
Mg# 58.68 62.79 61.23 56.18 36.93 41.68 31.52 37.55 53.89 40.04 59.90	

4- سنگنگاری

مطالعه میکروسکوپی نشان میدهد سنگهای مافیک منطقه چشمه قصابان شامل دو دسته اصلی اولیوین گابروها و گابروها هستند. تفاوت عمده این دو گروه با هم در فقدان بلورهای اولیوین در گابروها و نسبت کانیهای کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز از دیدگاه ترکیب مدال آنهاست. ویژگیهای بافتی نشان میدهد که تبلور کانیها در سنگهای مافیک چشمه قصابان به ترتیب شامل اولیوین، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، فلوگوپیت، آمفیبول قهوهای و بیوتیت است (شکلهای ۲–الف وب).

اولیوین عمدتاً شامل بلورهای درشت و تازه و گاهی دارای حاشیه واکنشی است (شکلهای ۲- ج و د). فلوگوپیت اغلب توسط آمفیبول با بافت پوئی کیلیتیک در برگرفته شده است. کانیهای ثانویه شامل سریسیت، سرپانتین، ایدنگسیت، و ترمولیت هستند. نتایج الکترون میکروپروب توسط نشان داده است که اولیوین ها فاقد منطقهبندی شیمیایی و از نوع فورستریت (Fo75)، کلینوپیروکسن ها از نوع دیوپسید و آمفیبولهای قهوهای از نوع فرو کرسوتیت هستند (Ghalamghash et al., 2009).



شکل ۲- الف و ب) بافت پوئی کیلیتیک شامل بلورهای شکل دار فلوگوپیت (Phl) در متن آمفیبول قهوه ای (Am). قطر میدان دید ۱ میلیمتر است؛ ج و د) بافت کرونای ارتوپیروکسن (OPX) و آمفیبول سبز (Am) در حاشیه بلورهای اولیوین (Ol) در مرز با بلورهای پلاژیوکلاز (Pl). قطر میدان دید ۲/۵ میلیمتر است. علائم اختصاری کانیها از (2007) Siivola and Schmid.

۵- ژئوشیمی

ترکیب نسبتاً یکنواخت، فراوانی و نوسانات کم مقادیر SiO₂ (Mat 44.28-50.82) از ویژگیهای سنگهای مافیک منطقه چشمه قصابان محسوب می شود (جدول ۱). فراوانی MgO در اولیوین گابروها با میانگین ۱۹/۲۸ درصد وزنی بسیار بالاست که در محدوده ۱۲ تا ۱۹ درصد قرار دارد. از دیدگاه (2015) Wang et al روانی MgO با فراوانی MgO بیشتر و یا برابر با ۸ درصد (% 8≤MgO)، تحت تأثیر تبلور اولیوین و یا انباشته شدن این کانی میباشد و می توان تأثیر تفریق پلاژیو کلاز و یا کلینوپیروکسن را در آنها به طور موثری نادیده گرفت. در حالی که در گابروها با فقدان اولیوین، میانگین فراوانی این اکسید حدود ۹/۳۰ درصد وزنی است که با تغییرات کم در محدوده ۹/۹۰ تا ۱۲/۷ درصد وزنی فرار د. عدد منیزیم (⁺⁺ Fe

گابروها ۴۹/۸۶ تا ۵۶/۶۹ (میانگین ۵۳/۵۱) و در گابروها ۳۲ تا ۵۴ (میانگین ۳۷/۳) می باشد. میانگین مقدار مoTI در طی فرآیند تفریق از اولیوین گابروها به گابروها از ۲۰۲۸ ww به ۲/۴۳ % افزایش می یابد. نسبت Na₂O/K₂O در سنگ های مافیک چشمه قصابان بالاست (۱<) است. میانگین این نسبت در اولیوین گابروها و گابروها Batchelor,1985) و ۱/۲۶ میباشد. در تقسیم بندی کاتیونی (1855,Batchelor Baby می الاست (۱<) میباشد. در تقسیم بندی کاتیونی گابروها و گابروها ماه Baby الاست (۱/۲ و ۱۵/۴ میباشد. در تقسیم بندی کاتیونی (گابروها و گابروها میباه میبای در محدوده سینو گابرو، گابروی آلکالن و الترامافیک (پیکروگابرو) قرار دارند (شکل ۳– الف). تحول سنگهای مافیک از پیکروگابرو به سینو گابرو در این نمودار روند تفریقی سنگهای مافیک از پیکروگابرو به مینوا (۲/۱۰ در مقابل 2000) کارترانی سنگهای مافیک منطقه چشمه قصابان در میدان مربوط به سنگهای بازالتی

آلکالن قرار می گیرند (شکل ۳– ب). میانگین فراوانی مجموع عناصر نادر خاکی از نمونه های اولیوین گابرویی به گابروها از ۷۹/۹۷ به ۱۳۴/۷۲ و افزایش می یابد. با این حال الگوی REEs برای اولیوین گابروها و گابروها موازی یکدیگر است میدهد و تقریباً ثابت است. الگوی عادی سازی شده REE نسبت به کندریت میدهد و تقریباً ثابت است. الگوی عادی سازی شده REE نسبت به کندریت (Res یقریباً ثابت است. الگوی عادی سازی شده به هما نسبت به کندریت ثابتی از عناصر نادر خاکی سبک (Res ی چشمه قصابان با غنی شدگی نسبتا (HEEs) نوین گابروها و گابروها به ترتیب برابر با ۹۹/۰ و ۱۰/۵ است. همچنین غنی شدگی مشخص در این الگو مشهود است و شیب مشخصی در بخش مربوط به عناصر نادر خاکی سنگین (Gd/Yb) در الگوی آنها قابل رویت می باشد (شکل ۴). شاخص بررسیهای ژئوشیمیایی، نسبتهای عادی سازی شده (Sun and McDonough) و « بررسیهای ژئوشیمیایی، نسبتهای عادی سازی شده (Sun and (La/Sb) و ماه) از در ا

اولیوین گابروها و گابروها زیاد نیست و در همه آنها LREEs نسبت به PREEs غنی شدگی مشخص نشان می دهند. متوسط این نسبت ها به ترتیب در اولیوین گابروها برابر با ۸/۱۶ و ۲/۸۸ و برای گابروها برابر با ۰/۱۴ و ۲/۳ می باشد. میانگین نسبت PM (La/Yb) عادیسازی شده نسبت به گوشته اولیه برای اولیوین گابروها و گابروها به ترتیب برابر با ۰/۱۴ و ۰/۱۴ است. نسبت اولیوین گابروها و گابروها به ترتیب برابر با ۲/۸۸ و ۰/۱۴ است. نسبت La/Yb در اولیوین گابروها به ترتیب برابر با ۲/۸۸ و ۰/۱۴ است. نسبت نسبت ایم ۱۵/۷۲ و ۱۲/۴۰ (میانگین ۱۲/۴۷) و در گابروها مدر محدوده ۳۳،۳ تا ۱۵/۷۱ (میانگین ۱۲/۶۲) می باشد. الگوی عادی سازی شده عناصر نادر و کمیاب در اولیوین گابروها، گابروها و آنکلاوهای مافیک شبت به گوشته اولیه (PM) و مقادیر بازالتهای پشتههای میان اقیانوسی نرمال (N-MORB) در نمودارهای چند عنصری فاقد تهی شدگی To-۱۱/۳۱ ست و با الگوی پراکندگی این عناصر در بازالت های درون ورقهای (اقیانوسی و یا قارهای) قابل مقایسه می باشد (شکل ۴).



شكل ۳- الف) ردهبندى سنگەلى گابرويى منطقه بر اساس روش كاتيونى (Batchelor and Bowden, 1985)؛ ب) نمودار Nb/Y، در مقابل Zr/Ti (Winchester and Floyd, 1977) Zr/Ti). نمادها عبارتند از: ۱) اوليوين گابرو، ۲) پلاژيو كلينوپيرو كسينيت، ۳) گابرو، دادهمااز: ۴)(Sun and MacDonough, 1989) OIB، ۶) جزاير اقيانوسى Ghalamghashet al. (2009).



شکل ۴- الگوهای بهنجارسازی شده عناصر نادر خاکی و کمیاب گابروهای چشمه قصابان (باختر همدان) نسبت به مقادیر: الف) کندریت؛ ب) گوشته اولیه؛ ج) N-MORB (نماد نمونه ها مانند شکل ۳ می باشد). دادههای میدان بازالتهای آلکالن هاوایی (بر گرفته از منابع Dai et al., 2011) و دادههای گوشته اولیه (PM) و جزایر اقیانوسی (OIB) از (OIB) (I989) Sun and MacDonough و دادههای کندریت از (1974) Nakamura.

عوي ويل

6- روند تحول ماگمایی (انباشت و تفریق بلوری)

بر اساس نمودارهای هار کر (شکل ۵)، با افزایش مقدار MgO، فراوانی Ni افزایش و مقادير Al₂O₃ و TiO كاهش يافته است. اين نشان مي دهد كه تفريق كانيها، فرايند غالب در تحول و تشکیل گابروهای چشمه قصابان بوده است. فراوانی عناصر Ni و Cr به تفریق کانی های Mg-Fe دار نسبت داده می شود (Dai et al., 2011)، بنابراین همبستگی مثبت Ni و Cr با MgO در سنگهای مافیک منطقه چشمه قصابان، که از ویژگیهای بازالتهای جزایر اقیانوسی، مانند جزیره اقیانوسی گوف (Gough) در اقیانوس اطلس نیز محسوب می شود (Wilson, 1989)؛ حاکی از تحول ماگمای مادر این سنگها تحت تأثیر درجات مختلفی از تفریق اولیوین و پیروکسن است. نهشت همزمان بلورهای اولیوین و کلینوپیروکسن در اولیوین گابروها، به کاهش فراونی درصد وزنی MgO و افزایش فراوانی درصد وزنی اکسیدهای Al₂O₃ و CaO در ماگما انجامیده است. از آنجایی که جدایش پلاژیوکلازها در طی تفریق معمولاً به نحو قابل ملاحظهای باعث تهیشدگی از Al₂O₃ میشود، در حالی که تفریق اولیوین و کلینوپیروکسن افزایش فراوانی Al₂O₃ در ماگما را در پی خواهد داشت (Wang et al., 2015)؛ مي توان استنباط نمود كه پلاژيو كلازها بر خلاف اوليوين و كلينوپيروكس، به صورت يك فاز انباشتي در تحول اوليوين گابروهاي این منطقه نقش مهمی نداشتهاند. بنابراین همانطور که شواهد سنگنگاری نشان مىدهد توالى تبلور كانىها در منطقه مورد مطالعه با توالى تحول بازالتهاى

OIB منطبق است. در بازالتهای پشتههای میان اقیانوسی فراوانی درصد حجمی CaO و Al₂O₃ به طور همزمان با افزایش MgO، کاهش می یابد. این رفتار ناشی از تبلور اولیوین و پلاژیوکلاز در این نوع بازالتها در مقایسه با بازالتهای جزایر اقيانوسى مىباشد (Wilson, 2007). نمودار مقادير MgO نسبت به TiO2 نشان مىدهد كه تغييرات درصد وزنى TiO_در اوليوين گابروها، كه عمدتاً تحت تأثير تفريق کانی های اولیوین و پیرو کسن تحول یافته اند، کم و در محدوده ۱/۱۳ تا ۱/۳۶ می باشد. در گابروها با افزایش درصد حجمی هورنبلندهای قهوهای تیتان دار (فرو کرسوتیت) یک جهش بطئی در روند نمودار ایجاد شده است. متوسط درصد وزنی TiO₂ در گابروها برابر با ۲/۳۷ است. ضریب توزیع Nb برای کانی های ایلمنیت، اسفن، روتیل بیش از ۱ است و در نمودار دوتایی یک همبستگی مشخص و خوب با TiO₂ نشان مىدهد. با اين حال انطباق مثبت همزمان Zr و TiO نشان مىدهد كه تحول ژئو شيميايي این عناصر (Ti و Nb) در سنگ های مافیک آلکالن چشمه قصابان همدان عمدتاً متأثر از فازهای سنگساز است که در سنگهای مافیک منطقه مورد مطالعه بیشتر شامل فلوگوپیت و آمفیبول قهوهای هستند و فازهای ایلمنیت و یا تیتانومگنتیت در این مجموعه در طي تفريق نقش مهمي نداشتهاند (Ordóñez-Calderón et al., 2011). تحولات مینرالوژیکی- ژئوشیمیایی مذکور از شاخصههای بازالتهای سیستمهای جزاير اقيانوسي محسوب مي شود (Dai et al., 2011).



شکل ۵- نمودارهای دو متغیره هارکر. نماد دادهها مشابه شکل ۳ است. در این شکل از دادههای اشراقی (۱۳۷۸) نیز استفاده شده است (نماد نمونهها مانند شکل ۳ می باشد).

۷- هوازدگی و آلودگی پوستهای

میانگین مقادیر پرت حرارتی(LOI) در اولیوین گابروها و گابروها به ترتیب برابر با 0.53 % tw و 0.90 % tw میباشد. بنابراین میزان دگرسانی در این نمونهها اهمیت زیادی ندارد و ویژگیهای ژئوشیمیایی و ایزوتوپی این سنگها باید انعکاسی از اختصاصات گوشته ای مولد آنها باشد. از دیدگاه (2014) Xia بازالتهایی که در پوسته قاره ای شکل میگیرند چنانچه فاقد آنومالی منفی Ta مار و Ti باشند به عنوان بازالتهای غیر آلوده در نظر گرفته می شوند. الگوی عادی سازی شده چند عنصری این سنگها نسبت به گوشته اولیه و مورب – به جز یکی دو نمونه گابرویی – فاقد آنومالیهای منفی مهمی از عناصر Ta و Ti می باشد (شکل ۴). از طرفی نسبت Ab/I در بازالتهای قاره ای غیر آلوده که معمولاً بیش از 20 های مانی که مانید (Xia 2014) برای سنگ های مافیک مورد

مطالعه به جز یکی دو نمونه تقریباً ثابت و بیش از ۱ و یا در همین حدود است (شکل ۶-الف). در نمودار عادی سازی شده La/Nb)PA). در مقابل Th/Nb) EM) نسبت به گوشته اولیه، که فقط برای نشان دادن آثار احتمالی آلودگی بازالتهای اقیانوسی (MMORB, EMORB, OIB) با پوسته قارهای استفاده می شود (مانند 2011, 2011) (شکل ۶- ب) نیز تقریباً همه نمونههای منطقه مورد مطالعه در میدان مربوط به بازالتهای اقیانوسی و یا در نزدیک به آن و دور از محدوده آلوده با پوسته قارهای و یا مناطق فرورانش که تحت تأثیر سیالات روی اسلب فرورانده شده مقادیر Th در آنها افزایش می بابد، قرار گرفته اند. بنابراین همان طور که معمولاً بسیاری از ماگماهای آلکالن در مسیر صعود از پوسته قارهای به سمت بالا، فاقد شواهد ژئوشیمیایی قابل توجهی از بر هم کنش با پوسته می باشند و همانند

بازالتهای جزایر اقیانوسی به نظر میرسند (Ho et al., 2013)، تأثیر متشکلههای پوسته قارهای در سنگهای مافیک منطقه چشمه قصابان نیز به ویژه برای الیوین گابروها در مسیر صعود، بر روی عناصر غیر متحرک به ویژه عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) (مانند Th، Nb) و Ta) و یا با تحرک ناچیز (مانند Th) بسیار کم و قابل چشم پوشی است. این در صورتی است که شواهد ژئوشیمیایی سنگ ها به ویژه پراکندگی در نمودارهای اکسیدهای عناصر اصلی (شکل ۵) و به ویژه اکسیدهای

Na₂O ،K₂O و FeO و یا عناصر متحرک مانند Rb ،Sr ،Cs و Pb و حتی Ba و U، نشاندهنده تأثیر پوسته قارمای بر روی سنگ های مافیک منطقه می باشد. به عبارت دیگر همان طور که (2014) Xia مطرح می کند، بر اساس عناصر ناساز گار با پتانسیل یونی پایین (مانند Rb) Sr ،K ،Rb و Ba) که به شدت مستعد تحرک و انتقال به وسیله فاز سیال است (Wilson, 2007)، اکثر سنگهای مافیک محیط های قارمای، به اشتباه به محیطهای کمانی نسبت داده می شوند.



شکل ۶- الف) نسبت Nb در مقابل (Nb/Ta) برای تفکیک پلومهای قارهای آلوده از غیر آلوده (Xia, 2014) ؛ ب) نمودار نسبتهای عادیسازی شده گوشتهای La/Nb)PM در مقابل (Th/Nb) PM) ((Th/Nb) د مقادیر عادیسازی شده گوشته اولیه و موقعیت N-MORB، E-MORB و OIB از (1989) LC .Sun and MacDonough) پوسته قارهای پایینی؛ MC) پوسته قارهای میانی؛ UC) پوسته قارهای بالایی (نماد نمونهها مانند شکل ۳ می.باشد).

۸- سری ماگمایی

شواهد ژئوشیمیایی مانند بالا بودن مقادیر Nb، همچنین TiO₂ نشان میدهد که گابروهای چشمه قصابان ماهیت آلکالن دارند (شکل ۳). نسبت Nb/Y در گابروهای چشمه قصابان عمدتا بیش از ۱ است. از دیدگاه (2014) Saccani این ویژگی شاخص واضحی از طبیعت آلکالن سنگ های OIB محسوب می شود که آنها را از بازالتهای غنی شده PMORB که در آنها مقدار این نسبت کمتر از ۱ است، متمایز می کند. یکی از ویژگیهای اولیوین گابروها ظهور نفلین در نورم آنها مىباشد. شواهد سنگنگارى و شيمى مينرالها (Wilson, 2007; Gill, 2010) شامل فورستريت بدون حاشيه واكنشى (صرف نظر از بافت كليفيتيك ثانويه)، کلینوپیروکسن های کلسیک از نوع دیوپسید و فلوگوپیت و ایلمنیت به عنوان فاز كدر اصلى نيز انطباق كاني شناسي اين سنگ ها را با سرىهاى آلكالن نشان مىدهد. شواهدی مانند وجود آمفیبول نوع کرسوتیت که یک فاز فرعی رایج در بسیاری از بازالتهای آلکالن است، فقدان کلینوپیرو کسن های نوع اوژیت که اغلب ماگماهای كالك آلكالن را همراهي مي كنند (Wilson, 2007) و نبود انستاتيت اوليه (به صورت منفرد و یا تیغهای) که از کانیهای شاخص مدال سنگٔهای گابرویی با طبیعت تولئیتیک است (Gill, 2010)، گابروهای چشمه قصابان را از دیدگاه کانی شناسی از سنگهای مافیک تولئیتی و کالک آلکالن متمایز می کند.

۹- محیط تکتونوماگمایی

نسبتهای بالای LREE/HREE، یعنی مقادیر بالای _N(La/Yb) (جدول ۱ و شکل ۴)، فراوانی کم Y همراه با نسبتهای بالای Ti/Y گابروهای آلکالن چشمه قصابان نشان میدهد که اینها از درجات ذوب بخشی کم یک منشأ پریدوتیتی که در Ti گرای ه علال کا کا از پسماندی باقی می ماند (مانند Wilson, 2007) اشتقاق

یافتهاند. در نمودار نسبت Zr/Y در مقابل نسبت عادی سازی شده کندریتی _N (La/Sm) (شکل ۷- الف) که به طور قابل ملاحظهای در تشخیص ماهیت منشأ گوشته استفاده می شود (Dai et al., 2011) نیز گابروهای چشمه قصابان عمدتاً در محدوده منحنی های garnet+4% amphibole+1% phologopite 5% و garnet+2% Spinel 2% قرار گرفته است و نشان میدهد که نرخ ذوب بخشی در سنگهای مافیک (الیوین گابروها و گابروها) کمتر از ۴ % است و از یک منشأ گوشته ای پریدوتیتی که احتمالاً دارای ۳ تا ۴ % گارنت و حدود ۲ % آمفیبول بوده نشأت گرفته است. نسبت Zr/Nb در بازالتهای جزایر اقیانوسی (۱۰>) مشخصاً در مقایسه با مورب معمولى (٣٠<<) پايين است (Wilson, 1989). فراواني نسبتهاي Zr/Nb و X/Nb برای گابروهای چشمه قصابان به ترتیب برابر با ۵/۲۱ و ۷۵/۰ بوده که با مقادیر این نسبتها در بازالتهای OIB که به ترتیب برابر با ۵/۸۳ و ۰/۶ است، قابل قیاس مىباشد (Wilson, 2007) و از بازالتهاى مورب غنى شده كه فراوانى اين نسبتها در آن به ترتیب برابر با ۸/۸ و ۲/۶۵ است (Sun and McDonough, 1989)؛ متمایز می شود. مقادیر این نسبت ها در سنگ های مافیک منطقه مورد مطالعه به وضوح متمایز از سنگهای مافیک حاصل از ذوب گوه گوشتهای است که در حضور سیالات روی اسلب فرورونده در پهنههای فرورانش شکل میگیرد (Wilson, 1989). جایگاه نمونهها در نمودار (Ellam (1992) (شکل ۷– ب)، که در آن از نسبت Ce در مقابل Ce/Yb استفاده می شود نیز محدوده عمقی بیش از ۹۰ تا حدود ۱۱۰ کیلومتری را نشان میدهد. از دیدگاه (I992) Ellam ارتباط مستقیمی بین نسبت Ce/Yb با افزایش عمق گوشته و ضخامت لیتوسفر وجود دارد. بر این اساس این عمق در محدوده ذوب بخشی سنگ منشأ با ترکیب گارنت- لرزولیت قرار دارد. از آنجایی که ذوب گارنت سبب تفریق شدید Sm از Yb می شود، مقادیر

بالای این نسبت در نمونه های مافیک چشمه قصابان نیز ذوب یک منشأ پریدوتیتی در میدان پایداری گارنت را تأیید می کند (شکل ۷- ج). متشکله های وابسته به پلوم های قاره ای با نسبت بالایی از (1≤) Nb/La نسبت های پایینی از Sr⁸⁶Sr⁸⁶ و مقادیر بالایی از Nb/La مشخص می شوند (No, 2014) نسبت های پایینی از Nb/La در گابروهای منطقه مورد مطالعه نیز گرایش به بازالت های IOB را نشان می دهد (شکل ۶- الف). همچنین الگوهای عادی سازی شده چند عنصری گابروهای چشمه قصابان نسبت به گوشته و فقدان آنومالی های منفی Th Nb و Ti و سیمای محدب شکل این نمودارها، نیز شباهت آشکاری با بازالت های جاه (1991). یک (شکل 8- الف). همچنین الگوهای عادی سازی شده چند عنصری گابروهای چشمه قصابان نسبت به گوشته و فقدان آنومالی های منفی Th Nb و Ti و سیمای محدب شکل این نمودارها، نیز شباهت آشکاری با بازالت های جزایر اقیانوسی نشان می دهد ایزار تشخیصی قویتر از نسبت های ایزوتوپی برای ارزیابی ویژگی های منشأ (شکل های ۴- ب و ج). مقدار پارامتر Abl از دیدگاه (1997). ویژگی های منشأ (بزار تشخیصی قویتر از نسبت های ایزوتوپی برای ارزیابی ویژگی های منشأ رایله ماگماها می باشد. بر اساس فرمول 20 ا 1.92 - (Nb/) وا + 1.74 ای PN/۰ اولیه ماگماها می بارد برای گابروهای چشمه قصابان مثبت و در بازه ۲۰/۰ تا ۹۹/۰ (با میانگین ۲۰/۲) قرار دارد و متمایز از بازالت های محیوهای مورب و یا حواشی (با میانگین ۲۰/۱۰) قرار دارد و متمایز از بازالت های محیوهای مورب و یا حواشی

فعال قارههاست. این پارامتر برای گوشته اولیه (و کندریتها) مثبت و برابر با ۱۰/۱۸ است. این پارامتر در بازالت های OIB نیز مثبت و برابر با ۰/۱۷ میباشد. در حالی که مقدار آن در بازالتهای عادی مورب منفی و برابر با ۰/۱۵ است (Sun and MacDonough, 1989). موقعیت ژئوشیمیایی این گابروها در نمودارهای متداول تفکیک محیطهای تکتونیکی نیز گرایش آشکار این سنگها را به Nb/Yb نشان میدهد (شکلهای ۸- الف تا ۵). در نمودارهای Nb/Yb بازالتهای BB نشان میدهد (شکلهای ۸- الف تا ۵). در نمودارهای Nb/Yb می کند و نمودار عادی سازی شده فراوانی نسبت های Nb/Th و Nb/Th نسبت به مورب، گابروهای منطقه چشمه قصابان در میدانهای بازالتهای واسته به جزایر Su مورب، گابروهای این منطقه در خاور چشمه قصابان، که قبل از این توسط اقیانوسی (OIB) قرار می گیرند. موقعیت نسبتهای ایزوتوپی Nb در مقابل Sr برای ۳ نمونه از گابروهای این منطقه در خاور چشمه قصابان، که قبل از این توسط زئوشیمی سنگ کل، میزرال شیمی و سنگ نگاری منطبق است (شکل ۸-۵).



شکل ۷- الف) نمودار نسبت های Zr/Y در مقابل _N (La/Sm). منحنیها نشاندهنده ترکیبات مذابهای حاصل از ذوب یکنواخت پریدوتیت در ارتباط با گوشته اولیه هستند (Oai et al., 2011). Dai et al., 2011؛ Phlog: phlogopite Spi spinel ، (Dai et al., 2011)، ب) نمودار Ce/Yb در مقابل Gt: garnet ، Amph: amphibole ، Phlog: phlogopite (Spi spinel ، Cait et al., 2011). (Ellam, 1992). موقعیت بازالتهای OIB با ستاره تو پر نشان داده شده است؛ ج) نسبت Ce/Sm در مقابل Sm/Yb (Sm/Yb) و موقعیت نمونههای مافیک منطقه چشمه قصابان (نماد نمونه ها مانند شکل ۳ می باشد).



شکل ۸- موقعیت گابروهای چشمه قصابان در نمودارهای تفکیکی محیط تکتونو- ماگمایی. الف) سیستم نمودارهای سهتایی Th-Hf-Ta-Zr-Nb (Wood, 1980)؛ ب) نسبت Zr در مقابل Vary (Pearce and Norry, 1979)؛ ج) نسبت Nb/Yb در مقابل Vary (Pearce, 2008)؛ د) نسبتهای عادی سازی شده Nb/Th و Nb/Th نسبت به مورب. دادههای OIB و گوف از (Sun and MacDonough (1989)، ه) جایگاه دادههای

ایزوتوبی گابروهای چشمه قصابان (دادههای ایزوتوبی از (OID) Shahbazi et al. (2010) و میدان مربوط به OIB و MORB از (2010) Stabbazi et al. (2010) از بوتوبی از (100) Stabbazi et al. (2010) و SID.ir (نماد نمونهها مانند شکل ۳می باشد).

عاويوند

۱۰- جایگاه ژئودینامیک گابروهای چشمه قصابان

طيف سنی تودههای آذرین در طول پهنه سنندج – سیرجان عمدتاً ژوراسیک میانی – بالایی (۱۴۴ تا ۱۷۶ (Ma) می باشد، که اوج آن Ma ۱۶۵ لپش بوده است (Chu et al., 2013). سن اوج پلوتونیزم ژوراسیک میانی – بالایی در پهنه سنندج – سیرجان، به نحو شگفت انگیزی تقریباً با سن تزریق گابروهای آلکالن منطقه چشمه قصابان همدان با گرایش جزایر اقیانوسی که توسط داده شده است، منطبق می باشد. از آنجا که بخش عمدهای از تودههای پلوتونیک ژوراسیک میانی در کمربند پلوتونیک قروه – الیگودرز ناشی از نقش پررنگ و اساسی دخالت مذاب های استنوسفری داغ گوشته ایش از نقش پررنگ و اساسی دخالت مذاب های استنوسفری داغ گوشته (پهنه سنندج – سیرجان) و شکل گیره های HT-LP و گرانیت زایی نوع ۵. در سطوح کم عمق این پهنه ساختاری در لبه زون فرورانش و نزدیک به زمین درز زاگرس در این منطقه باشد. از آنجای که ایجاد یک رژیم پایدار حرارتی

(بهاری فر، ۱۳۷۶؛ 2012 Saki et al., 2012؛ 2008) در کمربند پلو تونیک قروه الیگو درز در بازه زمانی حداقل ۲۰ میلیون سال (Mohajjel and Fergusson, 2014) (Mohajjel and Fergusson, 2014) در شرایط عادی در منشورهای بهم افزایشی زون های فرورانش وجود ندارد (مانند (مدل برخورد (مدل برخورد)) مدل فرورانش پشته داغ میان اقیانوسی (مدل برخورد پشته-گو دال؛ (Pavlis and Sisson, 1995) (Thorkelson, 1996; Sissonetal., 2003) (ridge-trenchcollision) پشته-گو دال؛ (Thorkelson, 1996; Sissonetal., 2003) (ridge-trenchcollision) برای پلو تونیزم مذکور پیشنهاد می شود. بر اساس این مدل، افزایش گرادیان زمین گرمایی در لبه زون فرورانش ناشی از نفوذ پلوم های داغ استنوسفری (slab windows) و MORB و More و OID) از طریق پنجره های لیتوسفری (فیلیت های همدان) به وجود آمده است (شکل های ۹- الف و ب). فرورانش پشته میان اقیانوسی ویژگی شاخص کمربندهای کوهزادی به هم افزاینده (overriding plate) محسوب شاخص کمربندهای کوهزادی به هم افزاینده (Winedly et al., 2007). این میشود که به بر هم کنش پشته با گودال می انجامد (Inding et al., 2007). این رخداد در بسیاری از نقاط حاشیه فعال اقیانوس آرام شناسایی و مطالعه شده است رخداد در بیاری (Sisson et al., 2003)



شکل ۹- الف) فرورانش پشته اقیانوسی و شکل گیری پنجره اسلب در نفطه سه گانه (Thorkelson, 1996)؛ ب) نمایش شماتیک با استفاده از مدل (2009) Humphreys and Niu. فرورانش پشته اقیانوسی تئیس جوان به زیر پهنه سنندج- سیرجان. ایجاد پنجره اسلب، برهم کنش مشتقات داغ استنوسفری با رسوبات پلیتی گودال زون فرورانش (فیلیتهای همدان) (overriding plate). ذوب بخشی سریع و شکل گیری گرانیتوئیدهای الوند (کمان پلوتونیک نوع بهم افزاینده؛ (Accreted Arc) (Occreted Arc) در روراسیک میانی در میدان تأثیر کوهزاد نوع پاسیفیک؛ ج) همچواری کوهزاد پاسیفیک (ژوراسیک میانی) در پهنه سنندج- سیرجان با واحدهای حاشیه شمال ورقه عربی پس از تصادم در الیگوسن در دو طرف زمین درز زاگرس (مدل از (2010) Santosh (2010).

کاهش یافته است. احتمالاً نوسانات سنی و طویل شدگی کمربند پلوتونیک قروه- الیگودرز به موازات زمین درز یا گودال زون فرورانش در ژوراسیک میانی تحت تأثیر همین پدیده، یعنی مهاجرت محل نقطه سه گانه به وقوع پیوسته است. از دیدگاه (1996) Thorkelson، حاصل بر هم کنش یک پشته فعال در حال گسترش با پهنه فرورانش، معمولاً باز شدن یک پنجره لیتوسفری است که تظاهرات سطحی آن به صورت ماگماتیزم پیش کمان در جایی بوده که پشته فرورونده به پنجره باریک باز شده است و ماگمای استنوسفری در منطقه پیش ممان بالا می آید و آناتکسی پوستهای ناگهانی (lanatexis triggering crustal) به وقوع می پیوندد؛ فرایندی که به درستی توسط (lorge) اگر چراغ جوشکاری (blowtorch effect) نامیده می شود. افزایش ناگهانی و غیر عادی گرادیان زمین گرمایی منطقه همدان، از حدود (2005, 2005) از آنجا که پشته میان اقیانوسی شامل قطعات متعددی است که توسط گسلهای تراگذار (trancurrent faults) قطع میشود (شکل ۹– الف)؛ تصادم پشتهها با فیلیتهای همدان و شکلگیری نقطه سه گانه (triple junction) و پنجره لیتوسفری در یک زمان به وقوع نمی پیوندد. مهاجرت محل نقطه سه گانه (triple junction migration) در طول فرورانش پشته میان اقیانوسی که سبب شکل گیری تودههای ناهمزمان (diachronous) همجوار با هم، با ترکیب سنگشناسی متشابه میشود، از ویژگیهای شاخص این پدیده محسوب میشود سنگشناسی متشابه میشود، از ویژگیهای شاخص این پدیده محسوب میشود (MohajjelandFergusson, 2014). سن تودههای گرانیتوئیدی با ترکیب سنگشناسی تقریباً پر بورب حاوی بر این باختر این کمربند در یک بازه زمانی کوتاه از اوایل (MohajjelandFergusson, 2014) در مجموع

به حدود Saki et al., 2012؛ ۱۳۷۶؛ Saki et al., 2012) يعنى تقريباً به ميزان ۲ برابر و همچنین افزایش درجه حرارت از حداکثر C° ۴۰۰ در دگرگونی ناحیهای (Agard et al., 2005) به بیش از °A، C تا ۷۵۰ در فشار کم نواحی سطحی پوسته بالایی و شکل گیری میگماتیتها که با ظهور ارتوپیروکسن تا رخساره سانیدینیت تحتانی (Saki et al., 2012) (X تا ۴ kb ۴ ییش رفته و معادل دگرگونی در رخساره گرانولیت است (Brown, 2010)؛ از شواهد شاخص وقوع این پدیده در لبه زون فرورانش (فیلیت های همدان) در مجاور زمین درز (Suture Zone) یا گودال فرورانش (near trench) منطقه الوند، محسوب مي شود. نفوذ گرانيت هاي پرفيروئيدي نوع S که توده اصلی الوند را شکل می دهند (مانند Aliani et al., 2012) در یک بازه زمانی کوتاه (ژوراسیک میانی)، نتیجه حرارت یایدار (Stable) ناشی از نفوذ پلومهای داغ استنوسفری در این ناحیه می باشد. این مجموعه های منفرد پلوتونیک که در یک روند شمال باختری- جنوب خاوری در لبه زون فرورانش و در بلافصل زمین درز زاگرس در حاشیه جنوب باختری نوار دگرگونی سنندج- سیرجان شکل گرفتهاند را می توان کمان بهم افزاینده (Dickenson, 2006) (Dickenson) (شکل ۹-ب) نامید. تشکیل کمان هایی از این نوع به ذوب سنگ های پوسته قارهای در محل منشورهای بهم افزاینده زون فرورانش در سطوح بسیار کم عمق قارهای و تحت سيطره پلومهای داغ استنوسفری نسبت داده می شود. این مجموعه پلوتونیک که اغلب با فقدان همارزهای آتشفشانی شاخص میباشد، از نظر زمین شناسی و ویژگیهای پترولوژیکی ارتباطی به ماگماتیزم وابسته به زون فرورانش ناشی از ذوب گوه گوشتهای روی اسلب فرورانده شده (subcrustal source) تحت تأثیر سیالات منتج از رسوبات روی اسلب ندارد (Hudson et al., 1979). این در حالی است که توقف ولکانیزم در این پهنه، تحت تأثیر تصادم پشته- گودال است و به فقدان اسلب فرورونده در محل پنجره ليتوسفري نسبت داده مي شود (Guo et al., 2013). از دیدگاه (Brown (1998) اینکه در بسیاری از موارد ماگماتیزم وابسته به سیستم پیش کمان (forearc) اشتباها" به عنوان کمان ماگمایی (magmatic arc) توصیف میشود واقعیتی مرسوم میباشد. این اشتباه به ویژه وقتی متداول تر است فرایندهای

بعدی مانند تصادم قاره ها (مانند کمربند کوهزادی آلپ- هیمالایا) و از جمله کوهزاد زاگرس (شکل ۹-ج)، حوادث قبلی در زون فرورانش را تحت تأثیر قرار داده باشند. به نظر میرسد این اشتباه و تکرار آن در تعیین موقعیت ژئودینامیکی گرانیتوییدهای پهنه سنندج- سیرجان به همین دلیل بوده است.

11- نتیجهگیری

شواهد سنگنگاری، کانی شناسی و ژئوشیمیایی نشان میدهد که گابروهای منطقه چشمه قصابان همدان به سن ژوراسیک میانی، با گرایش آلکالن دارای ویژگی های قابل مقایسه با بازالت های نوع جزایر اقیانوسی (OIB) است که در قاره ها (OIB-like) تشکیل می شود. رخداد نفوذ این گابروها، افزایش گرادیان زمین گرمایی، پلوتونیزم گسترده گرانیتوئیدها و تشکیل میگماتیتهای هاله دگرگونه الوند، متعاقب دگرگونی ناحیهای در لبه زون فرورانش و نزدیک به زمین درز زاگرس، در محل منشورهای بهم افزاینده زون فرورانش و در جایی که در شرایط عادی فاقد یک رژیم پایدار پر حرارت میباشد، به وقوع پیوسته است. بر همین اساس مدل ارائه شده برای این رخداد پلوتونیزم-دگرگونی در ناحیه الوند و از جمله جایگیری گابروهای چشمه قصابان همدان، مشابه آنچه در بسیاری از نقاط حاشیه فعال اقیانوس آرام شناسایی و مطالعه شده است با مدل فرورانش پشته داغ میان اقیانوسی به زیر حاشیه فعال (مدل پشته-گودال)، قابل مقایسه میباشد. این حادثه زمین شناسی در بازه ژوراسیک میانی در سیستم پیش کمان (پهنه سنندج–سیرجان) به وقوع پیوسته و از نوع کمان بهمافزاینده (accreted arc) محسوب می شود و متفاوت از مجموعههای کمانهای ماگمایی (magmatic arc) مانند ارومیه- دختر است، که ماگماتیزم عمدتاً تحت تأثیر ذوب گوه گوشتهای، در موقعیت کمان روی اسلب فرورانده شده شکل گرفته است. تفاوت آشکار فعالیتهای ماگمایی، دگرگونی و به ویژه کانیسازی پهنه سنندج– سیرجان با ارومیه دختر در همین چهارچوب قابل بررسی و پژوهش بیشتر میباشد.



کتابنگاری

اشراقی، ص.ع.، ۱۳۷۸- بررسی پترولوژی سنگهای آذرین و دگرگونی الوند (همدان- تویسرکان)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه، پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی. بهاری فر، ع.، ۱۳۷۶- نگرشی نو بر پتروژنز سنگهای دگرگونی ناحیهای منطقه همدان، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم، پایاننامه کارشناسی ارشد.

.. دی وی رسی سر ای و . به رودو رشید، ح.، ۱۳۸۸ – نقشه زمین شناسی همدان (۲)، مقیاس ۲۵۰۰۰ ۱ به انضمام گزارش، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنایع و معادن. سپاهی گرو، ع. ۱.، ۱۳۷۸ – پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرشی ویژه بر گرانیتوییدها، پایان نامه دکترا، گرایش پترولوژی، دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم).

عمیدی، م. و مجیدی، ب.، ۱۳۵۶- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ همدان، سازمان زمین شناسی کشور.

References

- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L. and Mouthereau, F., 2005- Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation. International Journal of Earth Science 94: 401-419.
- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. Tectonophysics 229: 211-238.
- Aliani, F., Maanijou, M., Sabouri, Z. and Sepahi, A. A., 2012- Petrology, geochemistry and geotectonic environment of the Alvand Intrusive Complex, Hamedan, Iran. Chemie der Erde- Geochemistry: 72, 363-383.
- Batchelor, R. A. and Bowden, P., 1985- Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters. Chemical Geology, 48, 43-55. http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(85) 90034-8.
- Brown, M., 1998- Ridge- trench interactions and high-T-low-P metamorphism, with particular reference to the Cretaceous evolution of the Japanese Islands. In: Treloar, P. J. and O'Brien, P. J. (eds) What Drives Metamorphism and Metamorphic Reactions? Geological Society, London, Special Publications, 138, 137-169.
- Brown, M., 2010- Paired metamorphic belts revisited, Gondwana Research 18, 46-59.
- Cawood, P. A., Kroner, A., Collins, W. J., Kusky, T. M., Mooney, W. D. and Windley, B. F., 2009- Earth Accretionary Systems in Space and Time. From: CAWOOD, P. A. & KRO" NER, A. (eds), The Geological Society, London, Special Publications, 318, 1-36.
- Chiu, H. Y., Chung, S. L. Zarrinkoub, M. H. Mohammadi, S. S., Khatib, M. M. and Iizuka Y., 2013- Zircon U–Pb age constraints from Iran on the magmatic evolution related to Neotethyan subduction and Zagros orogeny, Lithos, 162-163, 70–87.

Condie, K. C., 2005- Earth as an Evolving Planetary System, Elsevier Academic Press, 447p.

Dai, J., Wang, C., Hébert, R., Li, Y., Zhong, H., Guillaume, R., Bezard, R. and Wei, Y., 2011- Late Devonian OIB alkaline gabbro in the Yarlung Zangbo Suture Zone: Remnants of the Paleo–Tethys? Gondwana Research: 19, 232- 243.

Delong, S. E., Schwarz, W. M. and Anderson, R. N., 1979- Thermal effects of ridge subduction. Earth Planet. Sci. Lett. 44, 239-246.

- Dickinson, W. R., 2006- Geotectonic evolution of the Great Basin, Geosphere; December 2006; v. 2; no. 7; p. 353-368
- Ellam, R. M., 1992- Lithospheric thickness as a control on basalt geochemistry, Geology 1992;20;153-156, doi: 10.1130/0091-7613(1992)020<0153:LTAACO>2.3.CO;2
- Fergusson, C. L., Nutmana A. P., Mohajjel, M. and Bennett, V. C., 2016- The Sanandaj–Sirjan Zone in the Neo-Tethyan suture, western Iran: Zircon U-Pb evidence of late Paleozoic rifting of northern Gondwana and mid-Jurassic orogenesis, Gondwana Research 40, 43- 57.
- 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 Planet Sci Lett 153:197-208.
- Ghalamghash, J., Mirnejad, H. and Rashid, H., 2009- Mixing and mingling of mafic and felsic magmas along the Neo-Tethys continental margin, Sanandaj-Sirjan zone, NW Iran: A case study from the Alvand pluton, N. Jb. Miner. Abh., 186, 79–93.
- Gill, R., 2010- Igneous Rocks and Processes, A Practical Guide, John Wiley & Sons, 428 p.
- Guo, L., Zhang, H. F., Harris, N., Pan, F. B. and Xu, W. Ch., 2013- Late Cretaceous (81Ma) high-temperature metamorphism in the southeastern Lhasa terrane: implication for the Neo-Tethys ocean ridge subduction. Tectonophysics, 608 pp. 112- 126.
- Humphreys, E. R. and Niu, Y., 2009- On the composition of ocean island basalts (OIB): The effects of lithospheric thickness variation and mantle metasomatism, Lithos 112, 118-136.
- Harms, U., Cameron, K. L., Simon, K. and Brarz, H. 1997- Geochemistry and petrogenesis of metabasites from the KTB ultradeep borehole, Germany. Geol Rundsch, 86, Suppl. :S155- S166.
- Ho, K. S., Ge, W. C., Chen, J. C., You, C. F., Yang, H. J. and Zhang, Y. L., 2013- Late Cenozoic magmatic transitions in the central Great Xing'an Range, Northeast China: Geochemical and isotopic constraints on petrogenesis, Chemical Geology 352, 1-18.
- Hudson, T., Plafker, G. and Peterman, Z. E., 1979- Paleogene anatexis along the Gulf of Alaska margin: Geology, v. 7, p. 573–577.

- Kazmin, V. G., Sbortshikov, I. M., Ricou, L. E., Zonenshain, L. P., Boulin, J. and Knipper, A. L., 1986- Volcanic belts as markers of the Mesozoic-Cenozoic active margin of Eurasia, Tectonophysics, 123, 123-152.
- Mohajjel, M. and Fergusson, C. L., 2014- Jurassic to Cenozoic tectonics of the Zagros Orogen in northwestern Iran. International Geology Review 56, 263- 287.
- Nakamura, N., 1974- Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in Carbonaceous and Ordinary Chondrites. Geochimica et Cosmochimica Acta, 38, 757-775.
- Ordóñez-Calderón, J. C., Polat, A., Fryer, B. J. and Gagnon, J. E., 2011- Field and geochemical characteristics of Mesoarchean to neoarcheanvolcanic rocks in the Storø greenstone belt, SW Greenland: Evidence for accretion of intra-oceanic volcanic arcs. Precambrian Res. 184, 24-42.
- Pavlis, T. L. and Sisson, V. B., 1995- Structural history of the Chugach metamorphic complex in the Tana River region, eastern Alaska: a record of Eocene ridge subduction. Geol. Soc. Am. Bull. 107, 1333-1355.
- Pearce, J. A., 2008- Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust, Lithos, 100(1), 14–48, doi:10.1016/j.lithos.2007.06.016.
- Pearce, J. A. and Norry, M. J., 1979- Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks, Contrib. Mineral. Petrol. 69, 33-47.
- Saccani, E., 2014- A new method of discriminating different types of post-Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematic, Geoscience Frontiers xxx 1-21.
- Saki, A., Mohssen, M. and Baharifar, A. A., 2012- Migmatite microstructures and partial melting of Hamadan metapelitic rocks, Alvand contact aureole, western Iran, International Geology Review Vol. 54, No. 11, August 2012, 1229-1240.
- Santosh, M., 2010- A synopsis of recent conceptual models on supercontinent tectonics in relation tomantle dynamics, life evolution and surface environment, Journal of Geodynamics 50, 116-133.
- Shahbazi, H., Siebel, W., Pourmoafee, M., Ghorbani, M., Sepahi, A. A., Shang, C. K. and Vousoughi Abedini, M., 2010- Geochemistry and U-Pb zircon geochronology of the Alvand plutonic complex in Sanandaj-Sirjan Zone (Iran): New evidence for Jurassic magmatism. Journal of Asian Earth Sciences 39: 668-683.
- Siivola, J. and Schmid, R., 2007- List of Mineral Abbreviations, Recommendations by the IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version.
- Sisson, V. B., Pavlis, T. L., Roeske, S. M. and Thorkelson, D. J., 2003- Introduction: An overview of ridge-trench interactions in modern and ancient settings. Geol. Soc. Am. Spec. Pap.371, 1-18.
- Stöcklin J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: a review.AAPG Bull 52: 1229-1258
- Sun, S. S. and McDonough, W. F., 1989- Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D., Saunders and M. J., Norry (Eds.): Magmatism in Ocean Basins. Geological Society Special Publication London 313–345.
- Thorkelson, D. J., 1996- Subduction of diverging plates and the principles of slab window formation Tectonophysics, Volume 255, Issues 1-2, 20 April 1996, Pages 47-63
- Wang, X. C., Wilde, S. A., Xu, B. and Pang, C. J., 2015- Origin of arc-like continental basalts: Implications for deep-Earth fluid cycling and tectonic discrimination, Lithos-03785, 1-41.
- Wilson, M., 1989- Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach. Unwin Hyman, London, p. 466.
- Wilson, M., 2007- Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach. Springer, p. 466.
- Winchester, J. A. and Floyd, P. A., 1977- Geochemical discrimination of different magma serieschemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chemical Geology. 20, 325-343
- Windley, B. F., Alexeiev, D., Xiao, W., Kroner, A. and Badarch, G., 2007- Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt. Journal of the Geological Society 164,31-47.
- Wood, D. A., 1980- 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, 50,11-30.
- Xia, L. Q., 2014- The geochemical criteria to distinguish continental basalts from arc related ones, Earth-Science Reviews 139 (2014) 195-212.
- Zheng, B., Zhu, W., Jahn B. M., Shu, L., Zhang, Z. and Su J., 2010- Subducted Precambrian oceanic crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from metabasalts of the Aksu blueschist, NW China, Journal of the Geological Society 2010, v.167; p1161-1170.

www.SID.ir



OIB-like Alkaline Gabbro of Cheshmeh Ghassaban-Hamedan: Implications for Middle Jurassic Neo-Tethys Ocean Ridge Subduction, Sanandaj-Sirjan Zone

F. Mossavvari¹, R. Zarei Sahamieh^{2*}, A. Saki³, A. A. Tabbakh Shabani⁴ and A. Ahmadi Khalaji²

 ¹Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
²Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Lorestan University, Khoramabad, Iran
³Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
⁴Assistant Professor, Department of Geochemistry, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran Received: 2018 July 07

Abstract

The metamamorphic rocks of Sanandaj-Sirjan Zone (SSZ) in the west part of Hamedan at CheshmehGhassaban village were intruded by olivine gabbro- gabbro at the middle Jurassic. The rocks consist of olivine, clinopyroxene, plagioclase, phologopite, brown amphibole and biotite and belong to alkaline series, derived from partial melting in the stability field of a garnet peridotite. Moreover, LREE enrichment of in chondrite normalized REE pattern, and relatively high ratios of La_N/Yb_N (6.65-11.25), Nb/Yb (22-22.38), Th/Nb (0.07-0.16) and Nb/Y (>1) indicate that the rocks originated from an ocean island basalt like (OIB-like) sublithospheric mantle source and juxtaposed with and intruded into continental crust. With respect to geodynamic model of SSZ in the Alvand area in the middle Jurassic, ascribed to the subduction of the Neo-Tethys oceanic crust below the SSZ, the "Ridge-Trench" subduction model is proposed for these gabbros. Based on this model, the subduction of the active spreading center of the Neo-Tethys oceanic crust produced a slab window in the subducted oceanic lithosphere, allowing infiltration of astenospheric hot OIB-like melt into SSZ. In addition, the development of a very substantial volume of S-type granitoid rocks in the Alvand granitoid complex of Hamedan region can be attributed to the melting of the metapilitic rocks due to ridge subduction events.

Keywords: OIB-like alkaline gabbro, Oceanic ridge subduction, Sanandaj-Sirjan Zone, Alvand, Hamedan. For Persian Version see pages 277 to 288 *Corresponding author: R. Zarei Sahamieh; E-mail: Zarei.r@lu.ac.ir

