تحولات پتروژنتیک در توالیهای ماگماتیکی ژوراسیک نواحی حسین آباد – حاجی آباد در کمربند سنندج – سیرجان (جنوب ایران)

> **ایمان منصف ^۱*، محمد رهگشای ^۱ و هوبرت وایت چرچ ^۲** ^۱ دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ^۲ انستیتو زمینشناسی، دانشگاه لویی پاستور، استراسبورگ، فرانسه

چکیدہ

توالیهای ماگمایی ژوراسیک در جنوبی ترین بخش کمربند سنندج – سیرجان، تحولات پتروژنتیکی منحصر بهفردی را در طی تکامل ترکیبی خود نشان می دهند. این توالیهای ماگمایی در منطقه حسین آباد به سن ژوراسیک زیرین تا میانی و در منطقه حاجی آباد به سن ژوراسیک بالایی تا کرتاسه زیرین رخنمون پیدا کردهاند. ماگمای مادر توالی اول در منطقـه حسین آباد، با سرشت تولییت جزایر قوسی (IAT)، از یک منشأ گوشتهای اسپینل لرزولیت با ترکیب گوشته اولیه (PM) حاصل شده اند. این منشأ گوشتهای تحت تأثیر سیالات و رسوبات حاصل از ورقه فرورانش قرار گرفته است. ماگمای مادر توالی دوم در منطقـه حاجی آباد، با سرشت تولییت جزایر قوسی (IAT)، از یک منشأ گوشته ای اسپینل لرزولیت با ترکیب گوشته اولیه (PM) حاصل شده اند. این منشأ گوشته ای تحت تأثیر سیالات و رسوبات حاصل از ورقه فرورانش قرار گرفته است. ماگمای مادر توالی دوم در منطقـه حاجی آباد، با سرشت تولییت جزایر قوسی تا تحولی، از یک منشأ گوشته ای گارنت – اسپینل لرزولیت با ترکیب مورب غنی شده (E-MORB) حاصل شده است. این تغییرات ترکیبی می تواند با اهمیت تأثیر رسوبات و سیالات، در اعماق بیشتر ورقـه فرورانش، به درون گوه گوشته ای مرتبط باشد. این توالیهای ماگمایی می توانند در نتیجه فرورانش لیتوسفر اقیانوسی نئوتتیس به زیر پهنه سنندج – سیرجان، از زمان ژوراسیک زیرین تا کرتاسه زیرین، در محیط جزایر کمانی تشکیل یافته باشند. **واژه های کلیدی:** توالیهای ماگماتیک، جزایر کمانی، حاجی آباد – حسین آباد، کمربند سنندج – سیرجان، نئوتتیس

مقدمه

در اواخر دوره پرمین، به دنبال حرکت رو به شمال بلوک ایران مرکزی و برخورد آن با صفحه اوراسیا، اقیانوس پالئوتتیس در شمال شروع به بسته شدن نمود (Berberian and King, 1981). تقریباً در طول همان زمان، در پی بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس در شمال،

اقیانوس جدیدی با عنوان نئوتتیس در جنوب، در بین دو بلوک عربی و ایران مرکزی، شروع به باز شدن نمود. رسوبات تریاس بالا- ژوراسیک، که در امتداد حاشیه فعال ایران مرکزی و حاشیه غیر فعال قارهای پلیت عربی یا زاگرس تهنشست شدهاند، اولین شواهد رسوبی یک محیط اقیانوسی حقیقی هستند (Berberian and

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۷/۱۳

پتــرولوژی، سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹، صفحه ۸۹ – ۱۱۲

^{*} iman_monsef@yahoo.com

حضور توفها و جریان های گدازه آتشفشانی به سن ژوراسیک زیرین – کرتاسه زیرین در نواحی سیرجان، حاجى آباد، اسفندقه، ارزوييه، خبر، باغات، بروجرد و دهبید، حضور تودههای نفوذی گرانیتوییدی به سن اواخر تریاس تا ژوراسیک و توفها و جریان های گدازهای به سن کرتاسه در مناطق چالقان، هوشک و دشتور مشخص مے شود Dimitrijevic, 1973; Berberian) and Nogol, 1974; Sabzehi, 1974, 1994; Taraz, 1974; Alric and Virlogeux, 1977). با توجه به اينكه مقایسه تحولات پتروژنتیکی سنگهای ماگمایی ژوراسیک زیرین – میانی با سنگهای ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین تاکنون در پهنه سنندج - سیرجان جنوبی مورد مطالعه سیستماتیک قرار نگرفته، نتایج این تحقیق می تواند در شناخت الگوی ژئودینامیک اقیانوس نئوتتیس در زمان ژوراسیک و اولین نشانههای شروع فرورانش آن در زیر پهنه سنندج – سیرجان دارای اهمیت باشد. اهـداف ایـن مطالعـه شـامل بررسـیهـای صحرایی و پتروگرافی برای سنگشناسی این توالیهای ماگمایی، استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی در تعیین محیط ژنتیکی این سنگها، بهکارگیری شیمی کانیها در تعیین نوع کانیهای اصلی و محیط تشکیل دهنده این سنگ ها و در نهایت، پی بردن به تحولات پتروژنتیکی این توالیهای ماگمایی در طی زمان ژوراسیک تا کرتاسه است.

روش انجام پژوهش برای تعیین میزان اکسید عناصر اصلی و همینطور عناصر کمیاب و نادر خاکی، از نمونههای سنگی که کمتر دگرسانی نشان میدادند، استفاده شده است. نمونههای انتخاب شده توسط سنگ شکن آگات پودر شده و آنالیز ژئوشیمیایی شدهاند. آنالیز عناصر اصلی و برخیی از عناصر فرعی توسط (King, 1981). در طی زمان تریاس بالایی – ژوراسیک زيرين فرورانش اقيانوس نئوتتيس به زير بلوك ايران مرکزی، در امتداد حاشیه فعال آن، شروع شده است (Berberian and King, 1981; Davoudzadeh et al., (1981. وجود سنگهای ماگمایی در امتداد پهنه سنندج - سیرجان جنوبی به سن ژوراسیک زیرین -میانی در منطقه حسینآباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین در ناحیه حاجی آباد، شواهدی از فرورانش اقیانوس نئوتتیس در این پهنه در دوران مزوزوییک هستند. زمان بسته شدن اقيانوس نئوتتيس مورد بحثهای زیادی بوده، نظریههای متعددی درباره آن ارائه شده است، برخی محققان بسته شدن نهایی آن را در طی کرتاسه پایانی- پالئوسن میدانند (Stocklin) در مقابل، 1974, 1977; Berberian and King, 1981). طبق نظر برخی دیگر از زمین شناسان، بسته شدن نئوتتيس در زمان ائوسن Braud, 1987; Agard et al., (2005 و یا حتی میوسن، صورت گرفته است (Dewey) et al., 1973; Forster, 1976; Sengor, 1979; Berberian and Berberian, 1981; Jackson et al., (1995; Allen et al., 2004. پهنه سـندج – سـيرجان توسط گسل اصلی و معکوس زاگرس از کمربند چین خورده زاگرس جدا می شود و فرآیندهای مختلف ماگمایی و دگرگونی را در طبی دوران های مختلف متحمل شده است (Agard *et al.*, 2005). این یهنـه در دوران پالئوزوییک به صورت یک کمربند متحرک و باریک درون کراتونی عمل نموده، در حالی که در دوران مزوزوييك بهصورت يك حاشيه فعال عمل كرده است. وجـود سـنگهـای ولکـانیکی و تـودههـای نفـوذی نشاندهنده فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایـن یهنـه در امتـداد حاشـیه فعـال آن اسـت. وجـود ماگماتیسم نوع کمانی در پهنه سنندج – سیرجان (از تریاس بالایی تا کرتاسه) با حضور توفها و جریانهای گدازهای به سن تریاس بالایی در نواحی آباده و اقلید،

دستگاه ICP-AES و آنالیزهای عناصر کمیاب و

نادر خاکی با استفاده از دستگاه ICP-MS در

جدول ۱- آنالیز ژئوشیمیایی کل سنگ نمونههای ژوراسیک زیرین - میانی حسینآباد (نمونههای با پسوند H07) و ژوراسیک بالایی – کرتاسـه زیرین حاجیآباد (نمونههای با پسوند HG07)

		-	-										
Dooly Nome	Hbl	Qtz	Qtz	Pocolt	Andesitic	Andesitic	Andocito	Andosito	Andosito	Dooito	Decito	Decito	Andesit
Kock Ivalle	1107.6	1107.7	LIO7 1	Dasan	UC07 14	Uasan	HICO7 11	HIC07.1	HIGO7 12	LICO7 10	LICO7 7	LICO7 12	LICO7 6
(wt%)	H07-0	H07-7	H07-1	H07-14	ПО07-14	ПО07-0	ПО07-11	H007-1	H007-13	H007-10	НО0/-/	H007-12	ПО07-0
SiO	45.10	50.30	54.20	45.10	50.30	50.30	48.50	50.50	51.00	61.20	61.40	64.30	50.30
	16.65	18.90	16.80	17.90	13.40	12.20	12.60	14.70	13.40	15.50	15.20	10.90	12.20
FeO ^{total}	11.55	7.96	8.65	10.80	9.00	7.80	12.20	11.90	10.80	6.20	5.80	4.40	7.80
CaO	12.70	10.45	8.41	9.40	11.50	15.7	11.50	6.80	10.80	3.40	3.80	5.70	15.7
MgO	8.58	5.88	5.07	6.96	3.90	1.30	2.80	6.70	3.00	0.80	0.70	3.50	1.30
Na ₂ O	1.14	2.07	2.34	3.04	5.81	6.42	5.60	5.00	6.14	8.62	8.65	3.44	6.42
K ₂ O	0.39	0.68	0.56	0.36	0.39	0.19	0.52	0.24	0.42	0.34	0.24	0.68	0.19
TiO ₂	0.71	0.51	0.55	0.68	1.19	0.79	1.27	1.90	1.27	1.01	0.99	0.53	0.79
MnO	0.21	0.15	0.16	0.17	0.118	0.377	0.12	0.13	0.10	0.06	0.06	0.09	0.377
P_2O_5	0.01	0.02	0.03	0.12	0.30	0.10	0.30	0.40	0.30	0.40	0.30	0.10	0.10
LOI	2.87	2.78	2.99	4.71	4.44	2.83	2.88	2.25	2.27	2.03	2.31	5.45	2.83
Total	100.00	99.70	99.80	99.30	100.35	98.03	98.42	100.56	99.51	99.64	99.60	99.08	98.03
(ppm)													
Ba	78.1	172	160	138	50	40	81	36	58	31	23	77	40
Ce	4	5.8	6.7	10.4	19.5	26.1	20.4	33.3	21.0	25.4	29.4	33.1	26.1
Со	47.3	41.2	36	36.4	27.5	14.0	22.9	32.5	26.3	6.8	4.5	13.8	14.0
Cs	0.12	0.56	0.49	0.93	0.8	-	0.9		0.7		-	2.1	-
Cu	108	25	58	110	35.5	27.1	41.3	38.9	29.0	20.0	21.6	30.6	27.1
Dy	2.64	2.51	2.76	3.54	3.75	3.28	4.45	6.36	4.11	5.25	5.59	2.89	3.28
Er	1.61	1.65	1.79	2.29	2.13	1.86	2.33	3.67	2.25	3.25	3.32	1.61	1.86
Eu	0.54	0.56	0.56	0.81	0.93	0.96	1.36	1.44	1.09	0.86	1.00	0.76	0.96
Gd	1.77	1.74	2	2.72	2.9	2.8	3.5	4.5	3.2	3.4	3.7	2.7	2.8
Hf	0.4	1	1.1	1.2	2.07	1.92	1.78	4.74	2.21	5.53	5.47	4.10	1.92
HO	0.56	0.51	0.61	0.82	0.833	0.701	0.921	1.39	0.883	1.19	1.23	0.605	0.701
La	0.21	2.5	0.29	4.3	0.204	15./	10.0	15./	10.5	0.521	13.9	17.3	13.7
Lu	0.21	0.24	0.28	0.35	0.294	0.287	0.322	0.531	0.310	0.521	0.529	0.259	0.287
Nd	0.5	0.5	0.7	7.2	13.2	163	15.3	25.7	14.5	15.6	16.0	16.0	163
Ni	56	4.2	4.0	26	13.2	51	15.5	23.7	14.5	15.0	10.9	10.9	10.5
Ph		-5	-5	20	16	27	16	17	15	26	8	12	27
Pr	0.62	0.87	0.94	1 46	2 87	3 44	3.05	4 75	3.06	3 32	3 83	4 06	3 44
Rh	8	15.8	12.9	8.7	10	3.44	20		11	4	3.03	00	3.44
Sm	1.24	1.28	1.52	2.21	3	3	4	5	3	3	4		3
Sr	160.5	151.5	142.5	244	327	189	324	218	343	72	70	176	189
Та	0.1	0.2	0.2	0.1	0.53	0.26	0.45	0.60	0.55	0.76	0.76	0.49	0.26
Tb	0.34	0.33	0.34	0.53	0.527	0.483	0.638	0.849	0.587	0.672	0.740	0.435	0.483
Th	0.27	0.74	0.63	0.94	0.6	1.1	0.7	2.0	0.8	6.4	6.5	6.6	1.1
Tm	0.2	0.22	0.27	0.33	0.345	0.300	0.366	0.616	0.363	0.574	0.589	0.276	0.300
U	0.07	0.21	0.2	0.27	0.18	0.27	0.24	0.50	0.23	1.60	1.57	1.33	0.27
V	381	214	224	342	140	108	245	232	175	61	57	87	108
Y	13	13.2	15.2	19.6	24.0	21.0	25.0	35.9	24.4	31.3	33.1	16.7	21.0
Yb	1.43	1.65	1.88	2.24	2.07	1.88	2.19	3.62	2.12	3.59	3.53	1.71	1.88
Zn	88	64	78	93	87	53	619	70	71	43	41	66	53
Zr	8	29	35	34	90	77	78	208	95	234	232	162	77
Ti	4255	3056	3296	4075	7161	4714	7604	11388	7620	6054	5911	3161	4714
К	3237	5645	4648	2988	3208	1577	4356	1992	3486	2814	1971	5620	1577
P	13.6	87.2	130.0	523.6	1340.8	5/11.8	1457	1570.9	1287.2	1562.5	1386 5	188.4	5/11.8

ژئوشـیمی دانشـگاه لـوزان سـوییس اسـتفاده شـده اسـت. شـرایط آنـالیزی شـامل ولتـاژ ۱۲ kV و جریـان اشـعه ۲۰nA بـرای کـانی کلینوپیروکسـن و آمفیبـول

بهمنظور تعیین ترکیب شیمی کانی های موجود در سنگ های ولکانیکی منطقه، از دستگاه الکترون میکروپروب (JEOL 8200) در مرکز کانی شناسی و تغییر اساسی روندها توسط عملکرد گسلهای دهسرد و

گوشک با راستای شمال شرقی – جنوب غربی در شرق

منطقه (به سمت دهسرد) و گسلهای باغات، حسین آباد،

حاجیآباد و درآگاه با راستای شرقی - غربی در درون

در منطقه حسین آباد توالی سنگ های ماگمایی با

سن ژوراسیک زیرین – میانی در بین طولهای جغرافیایی ۴۰٬ ۵۵° تا ۰۰٬ ۵۶° شرقی و عرضهای

جغرافیایی [°]۲۸ '۴۰ تا '۴۵ ^{°۲}۸ شـمالی و در منطقـه

حاجی آباد با سن ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین در

بین طول های جغرافیایی '۳۰ °۵۵ تا '۵۰ °۶۶ شرقی و

عرض های جغرافیایی ۲۰[٬] ۲۸ تا ۳۰[٬] شمالی

رخنمون ييدا كردهاند (شكل ۱).

محدوده حسين آباد – حاجي آباد كنترل مي شوند.

و ۱۰nA بـرای بلورهـای پلاژیـوکلاز بـا زمـانهـای شـمارش ۳۰ ثانیـه در پیـکهاسـت (جـدولهـای شماره ۲، ۳ و ۴).

زمين شناسي منطقه

توالی سنگهای مناطق مورد مطالعه، با روند شرقی-غربی، وابسته به حوضه رسوبی – ماگمایی گستردهای است که در پهنه ساختاری سنندج – سیرجان جنوبی رخنمون پیدا کردهاند. روند عمومی شمال غربی – جنوب شرقی پهنه سنندج – سیرجان در این محدوده بهعلت نزدیکی به زون گسلی شمالی- جنوبی زندان به سمت شرقی – غربی تمایل یافته و به پیروی از آن جهت کلی راندگیها شرقی – غربی شده است. این



شکل ۱- نقشه زمینشناسی توالی سنگهای ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد (نمونههای با پسوند H07) و توالی سنگهای ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین حاجی آباد (نمونههای با پسوند HG07). محلهای نمونهبرداریها با علامت ستاره مشخص شده است. با تغییرات از Seiffory (۲۰۰۲) و Nazemzadeh و همکاران (۱۹۹۶).

سنگ آهک ماسه ای، آهکهای اواولیتی میکرواسپاریتی و سنگهای ولکانیکی است که در منطقه، گسترش قابل تــوجهی دارنــد. در واحــد ولکـانیکی – رسـوبی در بخشهایی که بیرون زدگی سنگ های ولکانیکی دارای نسبت فراوانی بوده، به صورت زیر واحد ولکانیکی ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین (JKv) و بخـشهایی که سنگهای رسوبی دارای اهمیت بیشتری هستند، بهعنوان زير واحد رسوبي ژوراسيک بالايي - كرتاسه زیرین (JKl) نامگذاری شدهاند. زیر واحد ولکانیکی نمایشگر سنگ های ولکانیکی این تناوب با ترکیب بازیک، حدواسط و اسیدی است. سنگهای این واحد به علت فوران در محیط دریایی به درجات گوناگونی تحت تأثیر دگرسانی گرمابی قرار گرفتهاند. زیر واحد رسوبی در برگیرنده سنگ آهک ماسهای دانهریز تا سنگ آهک اواولیتی میکرواسپاریتی، کمی شیل آهکی و سنگ آهک مارنی است. بر اساس شواهد دیرینه شناختی سن واحد ولکانیکی - رسوبی، ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین است (Seiffory pour, 2002). توالى ولكانيكي - رسوبي در بخشهای بالایی با ضخیمتر شدن لایه های آهک و نایدید شدن سنگهای ولکانیکی به گونـه ناییوسـته بـه واحد سنگ آهک اربیتولیندار کرتاسه زیرین (آپتین-آلبين) (Kll) تبديل مي شود (Seiffory pour, 2002).

پتروگرافی

با توجه به مطالعات پتروگرافی، سنگهای ماگمایی منطقه مورد مطالعه را میتوان به دو گروه اصلی گابرو – دیوریت – بازالت ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و بازالت – آندزیت – داسیت ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد تقسیمبندی نمود. در اغلب نمونههای منطقه حاجی آباد، فرآیند دگرسانی زیردریایی حاصل از عملکرد محلول های هیدروترمالی برروی

(۱) زمین شناسی منطقه حسین آباد: توالی ماگمایی - توربيديتي ژوراسيک زيرين – کرتاسه زيـرين منطقـه حسین آباد توسط دو گسل حسین آباد در جنوب و باغات در شمال، که بهطور موازی و با روندی نزدیک به شرقی- غربی امتداد دارند، احاطه شدهاند. این توالی از دو واحد ولكانيكي – يلوتونيكي ژوراسيك زيرين – میانی (Jv1) و توربیدیتی ژوراسیک بالایی - کرتاسه زيرين (JKt) تشكيل يافته است (شكل ۱). واحد پلوتونیکی – ولکانیکی با سن ژوراسیک زیرین – میانی از گدازههای بازالتی، آندزیت بازالتی، آندزیتی و توفهای شیشهای وابسته همراه با تودههای گابرو -ديوريت تشكيل يافته است. در اين منطقه، واحد ولکانیکی – پلوتونیکی اساساً با سیلها و دایکهای تغذیه کنندهای با ترکیب گابرو و دیوریت آغاز و در بالا به تدریج به مخلوطی از جریانهای گدازهای بازالتی آندزیتی تبدیل میشوند. سیلها و دایکهای گابرو – ديوريتي منطقه معرف ماگماي تغذيه كننده اين گدازهها هستند. بر روى واحد ولكانيكي – پلوتونيكي ژوراسيك زيرين – ميانى بەطور عادى واحد توربيديتى ژوراسـيک بالایی - کرتاسه زیرین نهشته شده است. از آهـکهـای این واحد مجموعـه فسیلی با سن ژواسیک بالایی-کرتاسه زیرین بهدست آمده است (Nazemzadeh et .al., 1996)

کانیهای اصلی سنگ اثر گذاشته و کانی کلینوپیروکسن را به کانیهای ثانویه ترمولیت – اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت و لوکوکسن و همینطور کانی پلاژیوکلاز را به سوسوریت دگرسان نموده است.

(الف) گروه گابرو – دیوریت – بازالت حسین آباد: گروه گابرو – دیوریت – بازالت از سنگهای هورنبلند گابرو، کواتز دیوریت و بازالت تشکیل یافته است. هورنبلند گابروها از کانیهای اصلی پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و هورنبلند تشکیل یافته است. در این سنگها بافت گرانولار قابل مشاهده است. کانی کلینوپیروکسن در هورنبلند گابرو بهعلت فرآیند دگرسانی زیردریایی به کانیهای ثانویه ترمولیت – اکتینولیت، اپیدوت وکلریت دگرسان شده است. کانی فرعی روتیل به سکل سوزنهای ریز در متن سنگ

سنگهای کوارتز دیوریتی عمدتاً از کانیهای اصلی پلاژیوکلاز، کوارتز (کمتر از ۲۰ درصد) و هورنبلند همراه با کانیهای فرعی اسفن و آپاتیت تشکیل یافتهاند. بافت این سنگها گرانولار تا اینترگرانولار بوده و کانی اپیدوت بهصورت ثانویه فضای میان پلاژیوکلازها را پر کرده است. پلاژیوکلازها اغلب به سوسوریت دگرسان شدهاند (شکل ۲-الف).

سنگهای بازالتی، بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی – شیشهای را نشان میدهند (شکل ۲ – ب). فنوکریستها شامل پیروکسن هستند و بهصورت منفرد و تجمعهای گلومروپورفیری مشاهده میشوند. خمیره از بلورهای کلینوپیروکسن تجزیه شده به هورنبلند و اکتینولیت و میکرولیتهای ریز پلاژیوکلاز همراه با شیشه تشکیل یافته است.

(ب) گروه بازالت – آندزیت – داسیت حاجی آباد: گروه بازالت – آندزیت – داسیت عمدتاً از سنگهای بازالت آندزیتی، آندزیت، هیالوآندزیت و داسیت تشکیل

یافته است. سنگهای بازالت آندزیتی بافت یورفیریک با خمیره ساب افیتیک و همچنین، بافت حفره ای بادامکی را نشان می دهند (شکل ۲ - ب و ۲ - ت). حفرهها توسط کانی های ثانویه اپیدوت پر شدهاند. فنو کریست ها شامل پلاژیوکلاز بوده که به صورت منفرد و گاه به صورت تجمعات گلومروپورفیری مشاهده می شوند. در برخی از نمونهها پلاژیوکلازها به سوسوریت دگرسان شدهاند. خمیره از بلورهای کلینوپیروکسن بی شکل و پلاژیوکلاز همراه با کانی فرعی تیتانومگنتیت تشکیل یافته است (شکل ۲- پ). در سنگهای آندزیتی بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریانی مشاهده می شود (شکل ۲-ث). كانى اصلى سنگ يلاژيوكلاز بوده كه فنوكريست و خمیره سنگ را به خود اختصاص داده است. یلاژیوکلازها گاه به صورت منفرد و گاه به صورت تجمعات گلومروپورفیری بوده، ترکخوردگی، شکستگی و تحلیل رفتگی از ویژگیهای این کانی است. در بعضی از نمونــههـا كـانىهـاى اپيـدوت، كلريـت، ترموليـت – اکتینولیت، لوکوکسن و اکسیدهای آهن - تیتان بهصورت ثانویه فضای میان بلورهای پلاژیوکلاز خمیره را اشغال کردهاند. پلاژیوکلازها اغلب به سوسوریت دگرسان شدهاند (شکل ۲- ث). سـنگهای هیالوآنـدزیت بافت میکرولیتیک شیشهای و حفرهای بادامکی را نشان میدهند. حفرهها توسط کانیهای ثانویه کلسیت و كلريت پر شده است. اين سنگها فاقد فنوكريست بوده، خمیره از بلورهای پلاژیوکلاز و شیشه کدر غنی از اكسيد آهن تشكيل يافته است (شكل ٢-ج و ٢-چ). سنگ های داسیتی بافت پورفیریک با خمیره میکروگرانولار را نشان میدهند. فنوکریستها شامل کانی پلاژیوکلاز بوده که تا حدودی سریسیتی و آلبیتی شده، دارای حاشیه خرد شده هستند و ماکل پلیسنتتیک را نشان میدهند. زمینه اولیه سنگ شیشهای بوده که به کانی های کوارتز، فلدسپار و کانی های کدر تبدیل شده است (شکل ۲-ح).



شکل ۲- الف) کوارتز دیوریت منطقه حسین آباد با بافت گرانولار که شامل کانی های پلاژیوکلاز، کوارتز و هورنبلند است، ب) بازالت منطقه حسین آباد شامل فنوکریست های کلینوپیروکسن که به صورت تجمعات گلومروپورفیری مشاهده می شوند. خمیره از بلورهای ریز پلاژیوکلاز و شیشه تشکیل یافته است، پ) بازالت آندزیتی منطقه حاجی آباد شامل فنوکریست های پلاژیوکلاز که به صورت تجمعات گلومروپورفیری مشاهده می شوند. خمیره از بلورهای کلینوپیروکسن که بلورهای پلاژیوکلاز را در بر گرفته اند، تشکیل یافته است، ت) بافت حفرهای بادامکی در بازالت آندزیتی منطقه حاجی آباد، حفره ها توسط کائی های ثانویه اپیدوت پر شدهاند، ث) آندزیت منطقه حاجی آباد با بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریانی حاوی فنوکریست و خمیره پلاژیوکلاز، ج، شرهاند، ث) آندزیت منطقه حاجی آباد با بافت پورفیریک با خمیره میکرولیتی جریانی حاوی فنوکریست و خمیره پلاژیوکلاز، ج چ) هیالوآندزیت منطقه حاجی آباد با بافت میکرولیتیک شیشه ای که خمیره از بلورهای پلاژیوکلاز و شیشه تشکیل یافته است، حا

است، نمونههای انتخاب شـده را مـیتـوان بـه دو گـروه تقسیمبندی نمود. جدول ۱ شامل سنگهای ژوراسـیک زیرین - میانی حسینآبـاد بـا ترکیـب هورنبلنـد گـابرو

ژئوشیمی کل سنگ با توجه به اینکه هدف اصلی از این مطالعه شناسایی و مقایسه پتروژنتیکی سنگهای ژوراسیک تا کرتاسه

www.SID.ir

حسین آباد، شامل نمونههای هورنبلند گابرو در محدوده تولییتی و کوار تزدیوریت و بازالت در محدوده حدواسط تولییت و کالک آلکالن (تحولی) قرار می گیرند. نمونههای ساب آلکالن حاجی آباد نیز شامل نمونههای داسیت و آندزیت در محدوده کالک آلکالن واقع می شوند (شکل ۴). در نمودار میزان اکسید پتاسیم در مقابل سیلیس میزان اکسید پتاسیم در مقابل سیلیس به سری های تولیتی با پتاسیم پایین هستند (شکل ۵).

ژئوشیمی عناصر کمیاب و نادر خاکی: با توجه به این که نمونه های منطقه به علت فرآیند دگرسانی زیردریایی حاصل از عملک رد محلول های هیدروترمالی تا حدودی اسپیلیتی شدهاند، به همین دلیل در تحلیلهای ژئوشیمی شدهاند، به ممین دلیل در تحلیلهای ژئوشیمی عناصر تکتونوماگمایی باید علاوه بر ژئوشیمی عناصر اصلی از عناصر کمیاب غیر متحرک نیز استفاده نمود. در نمودار 207/TiO در مقابل 2004 (بات 2004)، نمونههای هورنبلند تصوصیات سری تولییتی را نشان میدهند، در حالی که نمونههای بازالت آندزیتی و آندزیت حاجیآباد گرایش تولییتی تا تحولی را دارا هستند (شکل ۶). (H07-6)، كوارتز ديوريت (H07-1, H07-7) و بازالت (H07-14) و سـنگهاى ژوراسـيك بـالايى – كرتاسـه زيرين حاجىآباد با تركيب بازالت آنـدزيتى (G07-6, ،)-14 (HG07-11, HG07-1, HG07-1, HG07-11)، آنـدزيت (HG07-7, HG07-10, HG07-12) است.

ژئوشیمی عناصر اصلی: از نظر طبقهبندی شیمیایی و سرشت ماگمایی، در نمودار مجموع آلکالیها (Na2O+K2O wt%) در مقابل سیلیس (LeBas et al., 1986) (SiO₂ wt%)، نمونـههای ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد، شامل نمونــــههــای هورنبلنــد گـابرو (6-H07) و کوار تزدیوریت (H07-1, H07-7) در محدوده گابرو - ديوريت - كوارتزديوريت و نمونه بازالت -H07) (14 در محــدوده بازالــت تصــویر شــده، در قلمــرو ساب آلکالن قرار می گیرند (شکل ۳). اکثر نمونــههـای ژوراســیک بـالایی – کرتاسـه زیــرین حاجى أباد شامل نمونهاى بازالت أندزيتي (HG07-6, HG07-14)، آنــدزيت (HG07-6, HG07-14) (HG07-13) و داسيت (HG07-7, HG07-10) به دليل اسييليتي شدن و افزايش ميزان آلكاليها، به ترتيب به تراكىآندزيت بازالتى، تراكىبازالت و تراکیداسیت تمایل داشته، گرایش آلکالن را نشان میدهند (شکل ۳). وجود گرایش آلکالن در این سنگها به علت فرآیندهای ثانویه (اسپیلیتی شدن) بوده، نشاندهنده ماهیت ماگمای این سنگها نیست. از طرفی، نمونه داسیتی (HG07-12) در محدوده داسیت و نمونه آندزیتی (HG07-6) در محــدوده تراكــيبازالــت تصــوير شــده، در قلمــرو ساب آلکالن قرار می گیرند (شکل ۳). در نمودار Kuno, 1968) AFM)، نمونــههـای سـابآلکـالن



شکل ۳- نمودار مجموع آلکالیها در مقابل سیلیس برای طبقهبندی شیمیایی و تعیین سرشت ماگمایی (LeBas et al., 1986) نمونههای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. نمونههای هورنبلندگابرو و کوارتزدیوریت حسین آباد در محدوده گابرو – دیوریت – کوارتزدیوریت و نمونه بازالت حسین آباد در محدوده بازالت تصویر شده، در قلمرو ساب آلکالن قرار می گیرند. نمونههای حاجی آباد به علت اسپیلیتی شدن و افزایش میزان آلکالیها به تراکی آندزیت بازالتی، تراکی بازالت و تراکی داسیت تمایل داشته، گرایش آلکالن را نشان می دهند. نمونه داسیتی حاجی آباد (Chor بی در محدوده داسیت و نمونه آندزیتی حاجی آباد (HG07-6) در محدوده تراکی بازالت تصویر شده، در قلمرو ساب آلکالن قرار می گیرند.



شکل ۴- نمودار Kuno, 1968 (AFM)، برای تعیین گرایش ژئوشیمیایی نمونههای سابآلکالن ژوراسیک زیرین - میانی حسینآباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد. نمونههای سابآلکالن حسینآباد در محدوده حد واسط تولییت و کالکآلکالن (تحولی) و نمونههای سابآلکالن حاجیآباد در محدوده کالکآلکالن واقع میشوند.



شکل ۵- نمودار K₂O در مقابل SiO₂ (Rickwood, 1989)، برای تعیین گرایش ژئوشیمیایی نمونههای ساب آلکالن ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. کلیه نمونهها ی ساب آلکالن حسین آباد و حاجی آباد گرایش به سریهای تولییتی با پتاسیم پایین را نشان میدهند.



شکل ۶- نمودار Zr/TiO2 در مقابل Y/TiO2 (Piercey et al., 2004) (Piercey et al., 2004) برای تعیین گرایش ژئوشیمیایی نمونههای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. همان گونه که در این نمودار نیز مشاهده می شود، نمونههای حاجی آباد نسبت به نمونههای حسین آباد گرایش ژئوشیمیایی متفاوتی را نشان داده، مقادیر بالاتری را از نسبت Zr/TiO2 نشان می دهند. نمونههای حسین آباد در این نمودار خصوصیات سری تولییتی و نمونههای بازالت آندزیتی و آندزیت حاجی آباد گرایش تولییتی تا تحولی را نشان می دهند.

بر اساس نمودار عناصر نادر خاکی و چند عنصری (نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه)، نمونههای هورنبلند گابرو (6-H07)، کواتز دیوریت (H07-1, H07-7) و بازالتی (H07-14) ژوراسیک زیرین – میانی حسینآباد یک الگوی مسطح در (شکل ۲). میزان فراوانی عناصر نادر خاکی در این نمونهها برابر الارای عناصر نادر خاکی در این کامید و دینان فراوانی عناصر ناد که و در این کابرو غنیشدگی را در عنصر B نشان داده که بیانگر تبلور کانی پلاژیوکلاز در این سنگهاست. گوشته اولیه) این نمونهها در عناصری همچون تهیشدگی را نشان میدهند (شکل ۸).



شکل ۷- نمودار عناصر نادر خاکی (نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه) (Sun and McDonough, 1989)، نمونههای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد الگوی مسطح در Sun EREها را مشابه با سریهای تولییت جزایر قوسی نشان میدهند، در حالی که، نمونههای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد غنی شدگی بیشتری را در کل عناصر نادر خاکی نسبت به نمونههای حسین آباد نشان داده، یک روند غنی شدگی در EEEها را مشابه با سریهای کالک آلکالن مناطق فرورانش نشان میدهند. به کمک این پدیده و نیز مشاهده جدایش نمونهها در نمودارهای تکتونوماگمایی دیگر وجود دو نوع منشأ گوشته متاسوماتیزه متفاوت در تشکیل این سنگها کاملاً میتواند قابل توجیه باشد.



نسبت (H07-۸ بهترتیب برابر ۵ مونه های 6-H07، ۲-H07، به ۲/۶ و ۶/۳ و H07-۱ و H07-14 بهترتیب برابر ۶/۹، ۵/۱، ۶/۹ و ۶/۳ هستند که تهی شدگی را در Nb نشان می دهند. نمونه هورنبلند گابرو، یک تهی شدگی را در عنصر زیر کنیم نشان می دهد که می توان آن را به تفریق زیر کن نسبت داد. همچنین، این نمونه ها، تهی شدگی را در عنصر فسفر نشان داده که می توان آن را به تفریق آپاتیت نسبت داد. با توجه به نمودار عناصر نادر خاکی و چند عنصری، نمونه های هورنبلند گابرو، کواتز دیوریت و بازالت، ارتباط ژنتیکی نزدیکی داشته و از منبع گوشته ای یکسانی حاصل شده اند، ولی نمونه بازالتی در کل عناصر کمیاب افزایشی را نشان داده که بیانگر طبیعت تحول یافته تر این نمونه است (شکل ۷).

این نمونهها از لحاظ ژئوشیمیایی با سریهای تولییت جزایر قوسی مشابه هستند. در نمودار عناصر نادر خاکی و چند عنصری (نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه) نمونههای بازالت آندزیتی (HG07-6) (HG07-11, HG07-1, HG07-1, أندريت -HG07-14) (HG07-7, HG07-10, HG07-12) و داسيت (13) ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد یک روند غنے شدہ در LREEھے (La_(N)/Yb_(N) = 2.3-7.2) را نشان میدهند. میزان فراوانی عناصر نادر خاکی در این نمونهها برابر La×14.8-25.18 P-mantle و La×14.8-25.18 7.3 P-mantle هستند. در نمودار چند عنصری (نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه) این نمونهها در عناصری همچون Th ،Pb و U غنی شدگی و درعناصر Nb و Ti فرورفتگی نشان میدهند. نسبت La_(N)/Nb_(N) برای این نمونهها برابر ۱/۳ تا ۳/۵ بوده که فرورفتگی را در Nb نشان میدهند. بر اساس این مشاهدات، این نمونهها از نظر ژئوشیمیایی با سری های تحولی زون فرورانش مشابه هستند (شکل ۸).

شیمی کانیها

آنالیز شیمی کانیایی برروی مقاطع صیقلی متفاوتی از سنگهای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و سنگهای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد انجام پذیرفته است. آنالیزهای نقطهای کانی کلینوپیروکسن در نمونههای بازالتی حسین آباد و بازالت آندزیتی حاجی آباد (جدول ۲)، آنالیزهای نقطهای کانی پلاژیوکلاز در نمونههای هورنبلند گابرو حسین آباد و سنگهای بازالت آندزیتی حاجی آباد (جدول ۳) و آنالیزهای نقطهای کانی آمفیبول در نمونههای هورنبلند گابرو و کوارتز دیوریت حسین آباد (جدول ۴) انجام شده

کلینوپیروکسن: کانی کلینوپیروکسن در نمونه های بازالتی ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد با میزان پایین اکسید تیتانیم مشخص می شوند (مقادیر ۰/۳۴ تـا ۵۴/۵۴ درصد وزنی). این کلینوپیروکسنها از نظر ترکیبی در نمودار تركيبي ولاستونيت-فروسيليت-انستاتيت (Moritimo *et al.*, 1988) در حوضه اوژیتهای غنبی از منیزیم واقع می شوند (شکل ۹) و دارای فرمول ترکیبی . א שובינ
. Wo
46 $En_{43.1}\ Fs_{10.7}$ $\hfill Wo_{36.7}\ En_{43.7}\ Fs_{19.5}$ میزان عدد منیزیم کلینوپیروکسن بازالتها در طیف ۷۰/۶۹ تا ۸۷/۰۷ در تغییر است (جدول ۲).کانیهای کلینوپیروکسن در نمونههای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالايي – كرتاسه زيرين حاجي آباد با ميزان بيشتر اكسيد تیتانیم برابر ۱/۱۷ تا ۱/۵۱ درصد وزنے مشخص می شوند. این کلینوپیروکسن ها از نظر ترکیبی در طیف دیویسید بودہ (شکل ۹)، با فرمول ترکیبی Wo_{43.05} En40.88 Fs16.06 تسا En40.88 Fs16.06 مشتخص می شوند. میزان عدد منیزیم کلینوپیروکسن ها در بازالت آندزیتی نیز مقادیر ۷۳/۴۰ تا ۷۹/۸۱ را نشان مےدھـد (جدول ۲).

www.SID.ir

							_			
Sample No.	H07-14									
Rock Name	Basalt									
SiO ₂	50.494	50.295	50.885	51.071	50.885	50.791	50.008	51.157	50.575	50.894
TiO ₂	0.452	0.539	0.419	0.455	0.424	0.465	0.399	0.379	0.547	0.440
Al ₂ O ₃	1.861	3.057	1.918	1.774	1.954	2.061	2.192	1.527	2.553	1.844
FeO _t	11.793	9.014	10.348	10.770	10.162	10.117	10.916	11.123	10.823	10.720
Cr_2O_3	0.006	0.118	0.029	0.004	0.000	0.006	0.000	0.000	0.028	0.028
MnO	0.311	0.302	0.387	0.394	0.305	0.292	0.342	0.315	0.328	0.253
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.023	0.013	0.000	0.037	0.000
MgO	15.156	13.840	14.540	14.777	14.145	14.621	14.160	14.966	14.206	14.880
CaO	17.712	20.232	19.005	18.476	19.271	19.303	19.232	17.960	18.437	19.109
Na ₂ O	0.233	0.212	0.191	0.197	0.217	0.245	0.253	0.182	0.256	0.247
K ₂ O	0.001	0.011	0.000	0.000	0.030	0.004	0.011	0.000	0.000	0.000
Total	98.020	97.620	97.720	97.920	97.410	97.930	97.530	97.610	97.79	98.410
TSi	1.920	1.917	1.941	1.945	1.948	1.930	1.913	1.954	1.930	1.925
TAI	0.080	0.083	0.059	0.055	0.052	0.070	0.087	0.046	0.070	0.075
M1Al	0.004	0.055	0.027	0.024	0.037	0.022	0.012	0.023	0.045	0.008
M1Ti	0.013	0.015	0.012	0.013	0.012	0.013	0.011	0.011	0.016	0.013
M1Fe ⁺³	0.067	0.009	0.021	0.019	0.008	0.039	0.070	0.015	0.011	0.059
M1Fe ⁺²	0.057	0.131	0.112	0.105	0.135	0.096	0.098	0.099	0.118	0.081
M1Cr	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
M1Mg	0.859	0.787	0.827	0.839	0.807	0.828	0.808	0.852	0.808	0.839
M2Fe ⁺²	0.251	0.148	0.197	0.219	0.182	0.186	0.181	0.241	0.217	0.199
M2Mn	0.010	0.010	0.013	0.013	0.010	0.009	0.011	0.010	0.011	0.008
M2Ca	0.722	0.826	0.777	0.754	0.791	0.786	0.788	0.735	0.754	0.775
M2Na	0.017	0.016	0.014	0.015	0.016	0.018	0.019	0.013	0.019	0.018
Sum_cat	4.000	3.999	4.000	4.000	3.999	4.000	3.999	4.000	4.000	4.000
Wo	36.708	43.265	39.911	38.690	40.893	40.405	40.298	37.640	39.303	39.497
En	43.705	41.179	42.485	43.055	41.764	42.583	41.283	43.642	42.136	42.794
Fs	19.587	15.556	17.604	18.256	17.343	17.013	18.420	18.718	18.561	17.709
Mg#	73.6	73.8	72.8	72.1	71.8	74.6	74.3	71.4	70.7	74.9

جدول ۲- آنالیز الکترون میکروپروب، کانی کلینوپیروکسن در نمونههای بازالتی ژوراسیک زیرین - میانی حسینآباد و نمونههای بازالـت آنـدزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد

Sample No.	HG07-6	HG07-14	HG07-14	HG07-14	HG07-14							
	Andesitic											
Rock Name	basalt											
SiO ₂	50.284	50.359	49.661	50.310	50.553	50.506	50.100	51.191	50.367	49.869	50.004	
TiO ₂	1.171	1.428	1.468	1.199	1.358	1.339	1.433	1.511	1.428	1.486	1.379	
Al ₂ O ₃	3.917	4.161	4.346	3.951	3.682	3.614	4.451	1.818	3.866	4.468	4.183	
FeOt	7.739	7.239	7.175	7.462	7.229	7.462	7.202	9.604	7.508	7.231	7.422	
Cr ₂ O ₃	0.376	0.431	0.700	0.323	0.246	0.212	0.406	0.067	0.332	0.284	0.421	
MnO	0.178	0.114	0.213	0.161	0.128	0.141	0.099	0.192	0.145	0.169	0.137	
NiO	0.037	0.029	0.001	0.047	0.023	0.020	0.027	0.013	0.000	0.000	0.051	
MgO	14.133	14.236	14.200	14.074	14.206	14.409	14.152	13.991	14.206	14.107	14.123	
CaO	21.374	20.951	20.760	21.267	21.216	21.291	21.032	20.504	20.978	21.426	21.09	
Na ₂ O	0.407	0.372	0.438	0.421	0.350	0.419	0.495	0.445	0.398	0.394	0.367	
K2O	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.019	0.016	0.011	0.013	
Total	99.620	99.320	98.960	99.220	98.99	99.410	99.400	99.350	99.240	99.44	99.190	
TSi	1.871	1.878	1.859	1.879	1.892	1.881	1.865	1.924	1.881	1.857	1.869	
TAI	0.129	0.122	0.141	0.121	0.108	0.119	0.135	0.076	0.119	0.143	0.131	
M1Al	0.043	0.061	0.050	0.052	0.054	0.039	0.060	0.004	0.051	0.053	0.053	
M1Ti	0.033	0.040	0.041	0.034	0.038	0.038	0.040	0.043	0.040	0.042	0.039	
M1Fe ⁺³	0.038	0.000	0.019	0.022	0.000	0.029	0.018	0.018	0.007	0.027	0.015	
M1Fe ⁺²	0.090	0.094	0.076	0.098	0.107	0.088	0.084	0.149	0.101	0.087	0.092	
M1Cr	0.011	0.013	0.021	0.010	0.007	0.006	0.012	0.002	0.01	0.008	0.012	
M1Mg	0.784	0.792	0.792	0.783	0.793	0.800	0.785	0.784	0.791	0.783	0.787	
M2Fe ⁺²	0.113	0.132	0.129	0.114	0.120	0.116	0.122	0.135	0.126	0.111	0.124	
M2Mn	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.006	0.005	0.005	0.004	
M2Ca	0.852	0.837	0.832	0.851	0.851	0.849	0.839	0.826	0.839	0.855	0.844	
M2Na	0.029	0.027	0.032	0.030	0.025	0.030	0.036	0.032	0.029	0.028	0.027	
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	3.999	3.999	3.999	3.999	
Wo	45.265	45.057	44.851	45.441	45.405	45.036	45.305	43.058	44.902	45.751	45.217	
En	41.645	42.598	42.686	41.842	42.302	42.408	42.417	40.881	42.308	41.912	42.131	
Fs	13.091	12.345	12.463	12.717	12.292	12.556	12.278	16.061	12.789	12.337	12.653	
Mg#	79.4	77.8	79.4	78.7	77.7	79.6	79.2	73.4	77.7	79.8	78.4	



شکل ۹- نمودار ولاستونیت-فروسیلیت-انستاتیت Moritimo et (Moritimo et میه ای استانیت (Moritimo et میه) کانی کلینوپیروکست در نمونههای بازالتی ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و نمونههای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. کلینوپیروکسنهای نمونه بازالتی حسین آباد در حوضه اوژیت های غنی از منیزیم و نمونههای بازالت آندزیتی حاجی آباد در طیف دیوپسید واقع می شوند.

پلاژی وکلاز: پلاژی وکلاز در نم ودار آلبی ت – آنورتی ت اورت وز (An-Or-Ab) (... Deer et al.,) (... (An-Or-Ab) انورتی ت ایر (1991)، در نمون ه ه ای هورنبلند گابرو حسین آباد دارای ترکیب شیمیایی آنورتیت تا بیتونیت (شکل ۸۹/۹ تا ۸۸ (An) ۸۸ تا ۹۹/۹ ۱۰، یعنی با درصد آنورتیت (۸۹۸) ۸۸ تا ۹۹/۹ درصد در تغییر است. میزان درصد مولی اورتوز (۳) پلاژیوکلازها در هورنبلند گابروها ۱/۱ درصد است (جدول ۳). میزان مول درصد اورتوز (۵۳۸) این پلاژیوکلازها ۲/۱ تا ۱ درصد اورتوز (۵۳۸) این پلاژیوکلازها ۲/۱ تا ۱ درصد است. پلاژیوکلازها ۲۲/۲ تا ۲/۹ درصد در نوسان است (۹–دول ۳). پلاژیوکلازها در نمون های بازالت (۲) آندزیتی حاجی آباد دارای ترکیب لابرادوریت (۵۳۸) با میزان درصد مولی آنورتیت (۸۳۵) (۵۳۸) با میزان درصد مولی آنورتیت (۸۳۵)



شکل ۱۰- نمودار آلبیت-آنورتیت-اورتوز (Deer et al., 1991)، برای تعیین ترکیب شیمیایی پلاژیوکلازها در نمونههای هورنبلند گابرو ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد و نمونههای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. پلاژیوکلازها در نمونههای هورنبلند گابرو حسین آباد دارای ترکیب شیمیایی آنورتیت تا بیتونیت و در نمونههای بازالت آندزیتی حاجی آباد دارای ترکیب لابرادوریت هستند.

جدول ۳- آنالیز الکترون میکروپروب کانی پلاژیوکلاز در نمونههای هورنبلند گابرو ژوراسیک زیرین - میانی حسینآباد و نمونههای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد

Sample				
No.	H07-6	H07-6	HG07-6	HG07-6
Rock	Hbl	Hbl	Andesitic	Andesitic
Name	Gabbro	Gabbro	basalt	basalt
SiO ₂	42.630	42.565	52.027	51.088
TiO ₂	0.000	0.000	0.097	0.087
Al ₂ O ₃	33.969	33.257	30.469	30.399
Fe ₂ O ₃	0.445	0.333	0.969	1.005
MnO	0.041	0.099	0.035	0.017
MgO	0.000	0.000	0.056	0.040
CaO	20.344	21.868	13.149	13.674
Na ₂ O	1.519	1.343	3.835	3.646
K_2O	0.014	0.025	0.202	0.181
Total	98.920	99.460	100.740	100.040
Si	8.073	8.059	9.414	9.332
Al	7.576	7.415	6.493	6.539
Ti	0.000	0.000	0.013	0.012
Fe ⁺³	0.005	0.004	0.010	0.010
Mn	0.007	0.016	0.005	0.003
Mg	0.000	0.000	0.015	0.011
Ca	4.128	4.436	2.549	2.676
Na	0.558	0.493	1.345	1.291
K	0.003	0.006	0.047	0.042
Cations	20.408	20.473	20.013	20.044
X	15.649	15.474	15.920	15.883
Z	4.759	4.999	4.093	4.161
Ab	11.900	10.000	34.100	32.200
An	88.000	89.900	64.700	66.700
Or	0.100	0.100	1.200	1.000

آمغیب ول: آمغیب ول های سبز تیره یکی از مهمترین کانی های سنگ های هورنبلند گابرو و کوارتز دیوریت حسین آباد هستند. محاسبه کاتیون کلسیم این آمفیب ول ها (تنها در سایت B) میزان ۱/۵۸ تا ۱/۸۶ را نشان می دهد. علاوه بر این، میزان کاتیون های تیتان و سدیم این آمفیب ول ها نیز تغییراتی بین ۲۰/۴ تا ۱/۱/۱ و ۲۰/۴ تا ۱۵۵/۲ را نشان می دهند (جدول ۴). ترکیب این آمفیب ول ها در نم ودار نسبت (Mg/(Mg+Fe⁺²)، در مقابل



شکل ۱۱– نمودار (Mg+Fe⁺²) در مقابـل سـیلیس تتراهـدری TSi (Leake *et al.*, 1997) TSi)، آمفیبـولهـا در نمونـههـای هورنبلنـد گابرو و کوارتز دیوریت ژوراسیک زیرین – میانی حسین آبـاد دارای ترکیب منیزیوهورنبلند هستند.

•	مياني حسين	ىيى ريرين - م	ر ديوريت روراس	د نابرو و نوارد	نەھاي ھورىبىد	مقيبول در نمو	روپروب، کانی ا	ير الكترون ميكر	جدول ۱-۱۵۲
Sample No.	H07-1	H07-1	H07-1	H07-7	H07-7	H07-7	H07-6	H07-6	H07-6
Rock Name	Qz-Diorite	Qz-Diorite	Qz-Diorite	Qz-Diorite	Qz-Diorite	Qz-Diorite	Hb-Gabbro	Hb-Gabbro	Hb-Gabbro
SiO ₂	47.510	48.950	48.030	43.840	45.710	45.520	47.584	47.235	49.225
TiO ₂	1.203	0.402	0.809	1.369	1.930	1.860	0.842	0.851	0.796
Al ₂ O ₃	8.220	6.890	7.980	9.170	9.250	9.440	6.088	6.479	6.018
FeO	15.850	14.700	15.470	12.860	15.600	15.580	13.592	13.720	13.406
Cr ₂ O ₃	0.039	0.002	0.032	0.000	0.038	0.012	0.000	0.000	0.042
MnO	0.457	0.340	0.520	0.277	0.419	0.343	0.327	0.337	0.274
MgO	12.960	13.470	13.630	12.460	12.260	12.380	14.041	13.810	14.221
CaO	10.840	11.060	10.150	9.730	10.830	10.800	11.109	11.282	11.328
Na ₂ O	1.056	0.741	0.899	1.720	1.198	1.238	0.760	0.856	0.756
K ₂ O	0.198	0.178	0.147	0.297	0.221	0.216	0.131	0.173	0.134
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.026
Total	98.290	96.730	97.630	91.720	97.420	97.380	94.470	94.770	96.180
TSi	6.939	7.207	7.020	6.874	6.764	6.734	7.147	7.090	7.259
TAI	1.061	0.793	0.980	1.126	1.236	1.266	0.853	0.910	0.741
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.353	0.402	0.393	0.568	0.376	0.379	0.224	0.235	0.304
CCr	0.004	0.000	0.004	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.005
CFe ⁺³	0.104	0.057	0.124	0.000	0.040	0.076	0.192	0.201	0.015
CTi	0.132	0.044	0.089	0.161	0.215	0.207	0.095	0.096	0.088
CMg	2.822	2.957	2.970	2.913	2.705	2.730	3.144	3.090	3.126
CFe ⁺²	1.585	1.540	1.421	1.358	1.660	1.607	1.345	1.378	1.462
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BFe ⁺²	0.247	0.213	0.346	0.328	0.230	0.245	0.171	0.143	0.176
BMn	0.057	0.042	0.064	0.037	0.053	0.043	0.042	0.043	0.034
BCa	1.696	1.745	1.589	1.635	1.717	1.712	1.788	1.814	1.790
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ANa	0.299	0.212	0.255	0.523	0.344	0.355	0.221	0.249	0.216
AK	0.037	0.033	0.027	0.059	0.042	0.041	0.025	0.033	0.025
Sum_A	0.336	0.245	0.282	0.582	0.386	0.396	0.246	0.282	0.241
Sum_cat	15.336	15.245	15.282	15.582	15.386	15.396	15.246	15.282	15.241

جدول ۴– آنالیز الکترون میکرویروب، کانی آمفیبول در نمونههای هورنبلند گابرو و کوارتز دیوریت ژوراسیک زیرین – میانی حسینآباد

تحولات پتروژنتیک در توالیهای ماگماتیکی ژوراسیک نواحی حسین آباد-حاجی آباد در کمربند سنندج- سیرجان (جنوب ایران)

Sample	H07-6								
Name	Hb-Gabbro								
SiO ₂	48.269	47.640	47.886	47.441	46.778	47.492	47.689	48.273	48.110
TiO ₂	1.016	0.891	0.817	0.931	0.919	1.049	0.954	0.872	0.776
Al_2O_3	6.700	6.331	6.228	6.564	7.830	7.121	6.794	6.513	6.122
FeO	13.689	13.626	13.567	13.641	14.066	13.697	13.292	12.813	12.820
Cr_2O_3	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000
MnO	0.421	0.320	0.391	0.371	0.383	0.387	0.300	0.284	0.324
MgO	13.558	13.939	13.498	13.833	13.124	13.611	13.823	14.109	14.206
CaO	11.444	11.367	11.602	11.291	10.792	11.347	11.570	11.263	11.477
Na ₂ O	0.717	0.894	0.743	0.904	0.931	0.884	0.786	0.754	0.720
K_2O	0.193	0.142	0.159	0.142	0.239	0.179	0.211	0.163	0.153
F	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.035	0.176	0.000
Cl	0.038	0.049	0.076	0.042	0.085	0.035	0.040	0.041	0.025
Total	96.050	95.200	94.990	95.160	95.150	95.800	95.490	95.260	94.730
TSi	7.153	7.118	7.178	7.094	7.023	7.060	7.098	7.193	7.190
TAI	0.847	0.882	0.822	0.906	0.977	0.940	0.902	0.807	0.810
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.322	0.232	0.278	0.250	0.408	0.307	0.289	0.336	0.267
CCr	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
CFe ⁺³	0.053	0.163	0.114	0.158	0.045	0.109	0.133	0.025	0.131
CTi	0.113	0.100	0.092	0.105	0.104	0.117	0.107	0.098	0.087
CMg	2.995	3.105	3.016	3.084	2.937	3.017	3.067	3.134	3.165
CFe ⁺²	1.514	1.400	1.500	1.404	1.506	1.450	1.405	1.406	1.350
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BFe ⁺²	0.130	0.140	0.087	0.144	0.215	0.144	0.117	0.166	0.121
BMn	0.053	0.040	0.050	0.047	0.049	0.049	0.038	0.036	0.041
BCa	1.817	1.820	1.863	1.809	1.736	1.807	1.845	1.798	1.838
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ANa	0.206	0.259	0.216	0.262	0.271	0.255	0.227	0.218	0.209
AK	0.036	0.027	0.030	0.027	0.046	0.034	0.040	0.031	0.029
Sum_A	0.243	0.286	0.246	0.289	0.317	0.289	0.267	0.249	0.238
Sum_cat	15.243	15.286	15.246	15.289	15.317	15.289	15.267	15.249	15.238

محیط تکتونیکی و پتروژنز

(۱) تعیین محیط تکتونیکی بر اساس عناصر کمیاب: با استفاده از عناصر کمیاب نسبتا غیرمتحرک، طبیعت ژئوشیمیایی و جایگاه تکتونیکی سنگهای ژوراسیک زیرین – میانی حسینآباد و سنگهای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد بر روی نمودارهای تفکیک مشخص شدهاند. در نمودار -Y-La indeclor (Cabanis and Lecolle, 1989) Nb هورنبلند گابرو، کواتز دیوریت و بازالت حسینآباد در محدوده تولییتهای جزایر قوسی (IAT) و نمونههای بازالت آندزیتی و آندزیت حاجیآباد در محدودههای بازالت قارهای و یک نمونه در محدوده بازالت

افزایش میزان عناصر پایستار نیوبیم و کم تحرک لانتانیم در این نمونههای حاجی آباد، بیانگر تأثیر بیشتر سیالات و مذابهای حاصل از ورقه فرورانش در گوه

گوشــتهای زیرکمـانی و وجـود یـک منشأ غنـی شـده (Elliott *et al.*, 1996) برای این نمونههاست.



شکل ۱۲-نمودار Cabanis and Lecolle, 1989) La-Y-ND)، برای تقسیم بندی محیط تکتونیکی نمونه های ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. نمونه های حسین آباد مشخصا در محدوده تولییت های جزایر قوسی (IAT) و نمونه های بازالت آندزیتی و آندزیت حاجی آباد در محدوده های بازالت قاره ای و یک نمونه در محدوده بازالت کالک آلکالن تصویر می شوند.

۱۰۳

در نمودار Wood, 1980) Th-Hf-Nb) نمونههای هورنبلند گابرو، کواتزدیوریت و بازالت حسین آباد در محدوده بازالتهای مرتبط با قوسهای آتشفشانی (VAB) و نمونههای بازالتآندزیتی و آندزیت حاجی آباد در محدودههای بین بازالتهای قوسهای آتشفشانی و مورب غنی شده تصویر میشوند (شکل ۱۳). نسبتهای عنصری میتوانند اطلاعات کاملتری درباره منشأ و خاستگاه ژئوشیمیایی سریهای مافیک ارائه نمایند. در (Saunders and Th/Nb در مقابل Sunders and Th/Nb نمودار dN-1991، نمونههای هورنبلند گابرو، کواتز دیوریت و بازالت حسین آباد در محدوده بازالتهای جزایر جزایر قوسی (IAT) و نمونههای بین بازالت آندزیتی و آندزیت حاجی آباد در محدودههای بین بازالتهای جزایر قوسی (IAT) و مورب غنی شده (BORB) تصویر میشوند (شکل ۱۴).



شکل ۱۳ - نمودار Th-Hf-Nb (Wood, 1980)، برای تقسیم، ندی محیط تکتونیکی نمونه های ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. نمونه های حسین آباد به صورت کاملاً مجزا در محدوده بازالت های مرتبط با قوس های آتشفشانی (VAB) و نمونه های حاجی آباد در محدوده های بین بازالت های قوس های آتشفشانی و مورب غنی شده تصویر می شوند.



شکل ۱۴-نمودار نسبت Ce/Nb در مقابل نسبت Saunders Th/Nb (Saunders Th/Nb برای تقسیم بندی محیط تکتونیکی نمونه های (1991) و ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. این نمودار اطلاعات کامل تری درباره منشأ و خاستگاه ژئوشیمیایی محیطهای تکتونیکی مختلف ارائه می کند. در این نمودار نمونه ای نموداه بازالتهای جزایر قوسی (IAT) و نمونه های حاجی آباد در محدوده های بین بازالته های جزایر قوسی قوسی (IAT) و مورب غنی شده (E-MORB) تصویر می شوند.

(۲) تعیین محیط تکتونیکی با استفاده از شیمی كلينوپيروكسن: بەطور كلى، شيمى كلينوپيروكسن، ها در سنگهای ماگمایی به شدت تحت تأثیر ترکیب ماگمای مادری است که از آن متبلور شدهاند. بنابراین، تركيب شيميايي كلينوپيروكسن ها مي تواند بهعنوان راهنمایی برای تعیین گرایش ماگماتیک سنگهای ولکانیکی از محیطهای تکتونو ماگمایی مختلف در نظر گرفتیه شود Leterrier et al., 1982; Beccaluva et گرفتیه شود TiO₂ - بر اساس نمودار .*al.*, 1989; Huot *et al.*, 2002) (Beccaluva et al., 1989) SiO₂/100 - Na₂O کلینوپیروکسینهای بازالت حسین آباد در محدوده هم پوشانی حوضه های تولییت های جزایر قوسی (IAT)، بونینیتها (BON) و موربهای نرمال (BON) تصویر می شوند، در حالی که کلینوپیروکسن های بازالت آندزیتی حاجیآباد تمایل به موربها (MORB) را نشان میدهند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نمودار مثلثی Beccaluva et al., TiO2-SiO2-Na2O) (Beccaluva et al., TiO2-SiO2-Na2O) (1989) کلینوپیروکسنها برای تعیین محیط تکتونیکی نمونههای ببازالت ژوراسیک زیرین – میانی حسینآباد و بازالت آندزیتی ژوراسیک ببالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد. ترکیب کلینوپیروکسن در بونینیتها از Dan der Laan و همکاران (۱۹۹۲) در تولییتهای جزایر Bews و بازالتهای مرتبط با حوضههای پشت قوس از ۱۹۹۴) است. کلینوپیروکسنهای مرتبط با حوضههای پشت قوس از ۱۹۹۴) است. کلینوپیروکسنهای مرتبط با حوضههای پشت قام (۱۹۹۴) است. کلینوپیروکسنهای بازالت حسینآباد در محدوده همپوشانی حوضههای تولییتهای جزایر قوسی (IAT)، بونینیتها (BON) و موربهای نرمال (NORB) تصویر میشوند و کلینوپیروکسنهای بازالت آندزیتی حاجیآباد تمایل به موربها (MORB) را نشان

در نمودار مجموع کاتیون های تیتانیم و کروم در مقابل کاتیون کلسیم (Leterrier *et al.*)

(1982، کلینوپیروکسنهای بازالت حسین آباد در محدوده هم پوشانی بازالتهای مرتبط با قوسهای آتشفشانی (VAB) و موربها (MORB) تصویر میشوند. در این نمودار، کلینوپیروکسن موجود در بازالت آندزیتی حاجی آباد در محدوده بازالتهای مرتبط با موربها قرار می گیرند (شکل ۱۶).

همچنین، در نمودار اکسید آلومینیم در مقابل مجموع اکسید تیتانیم و کروم (Hout et al., مجموع اکسید تیتانیم و کروم (2002، کلینوپیروکسین بازالیت حسین آباد در محدوده تولییتهای جزایر قوسی واقع شده است، علاوه براین، کلینوپیروکسین موجود در بازالیت حاجی آباد دارای میزان بالاتری از اکسید تیتانیم و کروم بوده، در محدوده MORBها تصویر شدهاند (شکل ۱۷).



شکل ۱۶- نمودار مجموع کاتیونهای Ti و Cr در مقابل کاتیون Ca (Leterrier et al., 1982) کلینوپیروکستنها برای تعیین محیط تکتونیکی نمونههای بازالت ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. کلینوپیروکسنهای بازالت حسین آباد در محدوده همپوشانی بین بازالتهای مرتبط با قوسهای آتشفشانی و موربها و کلینوپیروکسن بازالت آندزیتی حاجی آباد در محدوده بازالتهای مرتبط با موربها قرار می گیرند.

همان گونه که از نمودارهای نسبت Sm/Yb در مقابال Sm و نسبت Sm/Yb در برابر نسبت مقابال Sm (Aldanmaz et al., 2000) La/Sm ترکیب سنگهای ژوراسیک زیارین – میانی حسین آباد و سنگهای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیارین حاجی آباد از ذوب بخشی منشأهای کوشته ای متفاوت، هماراه با ترکیبات مختلف حاصل شده است. سنگهای ژوراسیک زیارین – میانی حسین آباد از ذوب بخشی ۱۰ تا ۲۰ درصد گوشته اولیه (PM) و سنگهای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیارین حاجی آباد از ذوب بخشی ۱۰ تا مرایی ۱۰ تا رواسیک بالایی از دوب بخشی ۱۰ تا ۲۰ درصد میانی منشأ گوشته ای اسپینل از واب بخشی ۱۰ تا مرایی منشأ گوشته دا از دوب بخشی ۱۰ تا

بحث و نتيجهگيري

۱- سنگ های ماگمایی مزوزوییک در بخش وبی کمربند سنندج – سیرجان وابسته به حوضه رسوبی – ماگمایی گستردهای است که به سن ژوراسیک زیرین تا میانی در ناحیه حسین آباد و به سن ژوراسیک بالایی تا کرتاسه زیرین در منطقه حاجى آباد رخنمون پيدا كردهاند. توالى ســـنگهـای پلوتـونیکی - ولکـانیکی منطقـه حسین آباد نمایانگر گدازههای ولکانیکی همراه با سیلها و دایکهای با ترکیب گابرو - دیوریت بوده کـه توسـط واحـد توربيـديتي ژواسـيک بـالايي-کرتاسه زیرین پوشیده شدهاند. توالی سنگهای ولكانيكي - رسوبي منطقه حاجي آباد نمايانگر تناوبی از سنگ آهک ماسهای، آهکهای اواولیتی میکرواسیاریتی و سنگهای ولکانیکی است که با واحد سنگ آهک اربیتولیندار کرتاسه زیرین یوشیده شده است.



شــکل ۱۷- نمـودار Al₂O₃ در مقابـل مجمـوع TiO₂ و Cr₂O₃ کلینوپیروکسن ها برای تعیین محیط تکتـونیکی نمونـه های بازالت ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد و بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد. ترکیب کلینوپیروکسن در بونینیت از Van der Laan و ممکاران (۱۹۹۲)، در تولییت جزایـر قوسـی از Hawkins و Allan و همکاران (۱۹۹۲)، در مولیت حزایـر قوسی از (۱۹۹۴) است. کلینوپیروکسـن بازالـت حسین آباد در محدوده تولییت های جزایر قوسی و کلینوپیروکسن بازالت حاجی آباد با میزان بالاتری از اکسید Ti و Cr

پتروژنز

به طور کلی، تغییرات کانی های باقی مانده و درجه ذوب بخشی در گوشته مرتبط با زون های فرورانش را می توان توسط فراوانی عناصر نادر خاکی و از همه مهم تر بر اساس نسبت های این sm/Yb مدل سازی نمود. از طرفی، نسبت های این منشأ این سری ها وابسته بوده، زیرا Yb به شدت در گارنت نسبت به کلینوپیروکسن و / یا اسپینل سازگار است. بنابراین، می توان از نمودار های نسبت Sm/Yb در مقابل Sm و یا نسبت b/Yb در برابر نسبت La/Sm برای پی بردن به تغییرات در رژیم و درجه ذوب بخشی ناحیه منشأ سری های مافیک.



شکل ۱۸ - نمودارهای نسبت Sm/Yb در مقابل Sm و نسبت Sm/Yb در برابر نسبت La/Sm برای تعیین درجات ذوب بخشی منشأهای گوشتهای متفاوت (Aldanmaz et al., 2000) در نمونههای ژوراسیک زيرين - مياني حسين آباد و ژوراسيک بالايي - کرتاسه زيرين حاجی آباد. روند گوشته ای (خط ضخیم) توسط ترکیب گوشته تهی شده (McKenzie and O'Nions, 1991) (DM) و گوشته اولیـه (PM) (McDonough and Sun, 1995) مشخص می شود. منحنی هـای ذوب بخشی برای منشأ گوشتهای اسپینل لرزولیت و گارنت لرزولیت با ترکیبات گوشته تهی شده و گوشته اولیه از Aldanmaz وهمکاران (۲۰۰۰). ترکیب N-MORB و E-MORB از Sun و McDonough (۱۹۸۹) است. سنگهای ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد از ذوب بخشی ۱۰ تا ۳۰ درصد یک منشأ گوشتهای اسپینل لرزولیت با ترکیب گوشته اولیه (PM) و سنگهای ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین حاجی آباد از ذوب بخشی ۱۰ تا ۳۰ درصد یک منشأ گوشته ای اسپینل-گارنت لرزولیت با ترکیب مورب غنی شده (E-MORB) حاصل شدهاند.

۲- با توجه به مطالعات پتروگرافی، نمونههای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد از هورنبلند گابرو، کواتز دیوریت و بازالت و نمونههای ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد عمدتاً از بازالت آندزیتی، آندزیت، هیالوآندزیت و داسیت تشکیل یافته اند. این توالی های ماگمایی بهعلت فوران در محیط دریایی تحت تأثیر محلول های هیدروتر مالی کم و بیش اسپیلیتی شده اند.

۳- با توجه به مطالعات ژئوشیمیایی کل سنگ، از لحاظ سرشت ماگمایی نمونههای ژوراسیک زیرین – میانی حسین آباد گرایش تولییتی و نمونه های ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجی آباد گرایش به سمت سری های تولییتی تا کالک آلکالن (تحولی) را نشان میدهند. بر اساس نمودارهای عناصر کمیاب و نادر خاکی (نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه) نمونههای ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد الگوی مسطح در LREEها همراه با غنیشدگی در K ،Ba ،Rb و Sr، و تهـلیشــدگی در Nb را نشــان مــیدهنــد. از لحــاظ ژئوشیمیایی این نمونهها با سریهای تولییت جزایر قوسے مرتبط با یہنے ہای فرورانش مشابہند، در حالی که، نمونه های ژوراسیک بالایی - کرتاسه زیرین حاجی آباد غنی شدگی بیشتری را در کل عناصر کمیاب و نادر خاکی نسبت به نمونه های حسین آباد نشان داده، روند غنی شدگی در LREEها به همراه عناصری، همچون Th ،Pb و U و تهییشدگی را درعناصر Ta ،Nb و U ا نشان میدهند. از لحاظ ژئوشیمیایی این نمونهها با سرىهاى تحولى مناطق فرورانش مشابه هستند.

۴- از لحاظ ژئوشیمی کانیایی، کانی کلینوپیروکسن در نمونههای بازالتی ژوراسیک زیرین – میانی حسینآباد دارای ترکیب اوژیتهای غنی از منیزیم و در نمونههای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسه منشأ گوشتهای اسپینل لرزولیت با ترکیب گوشته اولیه (PM) حاصل شده است. این گوشته کم و بیش متاسوماتیزه، به میزان کمی تحت تأثیر رسوبات و سیالات ناشی از مراحل اولیه فرورانش ورقه اقیانوسی قرار گرفته است. ماگمای مادر توالی ژوراسیک بالایی – کرتاسه زیرین حاجیآباد با ترکیب تولییت جزایر قوسی کرتاسه زیرین حاجیآباد با ترکیب تولییت جزایر قوسی (IAT) تا مورب غنی شده (BORB) از ذوب بخشی لرزولیت با ترکیب مورب غنی شده حاصل شده است. در این سنگها، گوشته متاسوماتیزه به میزان بیشتری تحتتأثیر رسوبات و سیالات حاصل از اعماق بیشتر ورقه فرورانشی قرار گرفته است.

۶- این توالیهای سنگی در نتیجه فرورانش مايل اقيانوس نئوتتيس به زير پهنه سنندج – سیرجان، از زمان ژوراسیک زیرین تا کرتاسه زیرین، در محیط جزایر کمانی تشکیل یافتهاند. ماگماهـــای مـــادر ایـــن تـــوالیهـــای ســـنگی در آشیانه های ماگمایی پوسته اقیانوسی شواهد تفریق را نشان میدهند (حضور سنگهای حدواسط). این توالی های ماگمایی در محیط زیردریایی کمان اقیانوسی فران کرده و تحت تأثیر محلولهای هیدروترمالی کم و بیش اسبپیلیتی شدهاند. Omrani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که سنگهای ولکانیکی مزوزوییک در پهنه سنندج – سیرجان شمالی دارای گرایش کالک آلکالن بوده، با ماگماتیسم کمانی در مناطق فرورانش هستند. به عقيده أنها كمان ماگمايي مزوزوييک پهنه سيندج – سيرجان در نتيجه فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر حاشیه فعال قارهای ایران مرکزی (پهنه سنندج – سیرجان) تشکیل بافته است.

زیرین حاجی آباد در طیف دیویسید قرار می گیرد. پلاژیوکلازها در نمونههای هورنبلند گابرو و کوارتز دیوریت حسین آباد دارای ترکیب شیمیایی آنورتیت تا بیتونیت و در نمونههای بازالت آندزیتی حاجی آباد دارای ترکیب لابرادوریت هستند. در نمودارهای تکتونوماگمایی کلینوپیروکسن در سنگهای بازالتی ژوراسیک زیرین -میانی حسین آباد و سنگهای بازالت آندزیتی ژوراسیک بالایی – کرتاسیه زیرین حاجی آباد، شیمی کلینوییروکسنها از دو الگوی متفاوت تبعیت نمودهاند که این امر می تواند نشان دهنده منشأهای گوناگون ماگمای مادر تشکیل دهنده این سنگها باشد. با توجه به ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن ها و با استفاده از نمودارهای مربوطه آنچه که می توان برداشت نمود، این است که ماگمای مادر کلینوییروکسن های سنگهای بازالتی حسینآباد دارای ترکیب تولییتهای جزایر قوسی است. کلینوییروکسنهای این سنگها از تیتانیم تھی شدہ بودہ، این تھے شدگی مے تواند با خاصیت ماگمای مادر آنها (ماگمای نوع جزایر قوسی) مرتبط باشد. کلینوییروکسنهای موجود در سنگهای بازالت آندزیتی حاجی آباد در نمودارهای تکتونوماگمایی به کلینوییروکسن های موجود در نواحی مرتبط با مورب ها گرایش نشان میدهند. این کلینوپیروکسنها با میزان بالاتری از تیتانیم مشخص می شوند و این غنی شدگی می تواند با منشأ متاسوماتیزه گوه گوشتهای این سنگها در ارتباط باشد.

۵- با استفاده از نمودارهای تکتونوماگمایی و
پتروژنتیکی، ماگمای مادر سنگهای ژوراسیک زیرین میانی حسین آباد و سنگهای ژوراسیک بالایی کرتاسه زیرین حاجی آباد از ذوب بخشی منشأهای
گوشتهای متفاوت حاصل شده است. ماگمای مادر توالی
ژوراسیک زیرین - میانی حسین آباد با ترکیب تولییت
جزایر قوسی (IAT) از ذوب بخشی ۱۰ تا ۳۰ درصد یک

منابع

- 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.
- Aldanmaz, E., Pearce, J. A., Thirlwall, M. F. and Mitchell, J. G. (2000) Petrogenetic evolution of late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. Journal of Volcanological Geothermal Research 102: 67-95.
- Allen, M. B., Jackson, J. and Walker, R. (2004) Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. Tectonics 23: 1-16.
- Alric, G. and Virlogeux, D. (1977) Pétrographie et géochimie des roches métamorphiques et magmatiques de la région de Deh Bid-Bavanat, Chaîne de Sanandaj-Sirjan, Iran. Thèse 3éme cycle, université scientifique et médicale de Grenoble, France.
- Beccaluva, L., Macciotta, G., Piccardo, G. B. and Zeda, O. (1989) Clinopyroxene compositions of ophiolite basalts as petrogenetic indicator. Chemical Geology 77: 165-182
- Berberian, F. and Berberian, M. (1981) Tectono-plutonic episodes in Iran, In: Gupta, H.K. and Delany, F.M. (Eds.): Zagros, Hindukosh, Himalaya geodynamic evolution. American Geophysical Union Washington 5-32.
- Berberian, M. and King, G. C. P. (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences 18: 210-265.
- Berberian, M. and Nogol, M. (1974) Preliminary explanation text of the geology of Deh Sard and Khabr maps with some remarks on the metamorphic complexes and the tectonics of the area (two geological maps, 1/100000 from the Hajiabad quadrangle map). Geological Survey of Iran, internal report.
- Braud, J. (1978) Geological map of Kermanshah 1/250000 scale. Geological Survey of Iran.
- Braud, J. (1987) La suture du Zagros au niveau de Kermanshah (Kurdistan Iranien): reconstitution paleogeographique, evolution geodynamique, magmatique et structurale. Ph. D. theses, Universite Paris-Sud.
- Cabanis, B. and Lecolle, M. (1989) Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences 309: 2023-2029.
- Davoudzadeh, M., Soffel, H. and Schmidt, K. (1981) On the rotation of the Central-East Iran microplate. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie 3: 180-192.
- Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1991) An introduction to the rock-forming minerals. Longman Scientific Technical, New York.
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., Ryan, W. B. F. and Bonnin, J. (1973) Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geological Society of America Bulletin 84: 3137-3180.
- Dimitrijevic, M. D. (1973) Geology of Kerman. Geological Survey of Iran, No. 72.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W. & Bourdon, B. (1997) Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc. Journal of Geophysical Research 102: 14991-15019.
- Forster, H. (1976) Continental drift in Iran in relation to the Afar structures. In: A., Pilger and A., Rosler (Eds.): Afar between continental and oceanic rifting (VII). Schweizerbatsche Varlagsbuchhandlung, Stuttgart 182-190.
- Hawkins, J. W. and Allan, J.F. (1994) Petrologic evolution of Lau Basin sites 834 through 839. In: J. W., Hawkins, L. M. Parson and J. F., Allan (Eds.): Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results, College Station, Texas.

- Hout, F., Hebert, R., Varfalvy, V., Beaudoin, G., Wang, C. S., Liu, Z. F., Cotten, J. and Dostal, J. (2002) The Beimarang melange (southern Tibet) brings additional constraints in assessing the origin, metamorphic evolution and obduction processes of the Yarlung Zangbo ophiolite. Journal of Asian Earth Sciences 21: 307-322.
- Jackson, J., Hains, J. and Holt, W. (1995) The accommodation of Arabia-Eurasia plate. Journal of Geophysical Research 100(15): 205-219.
- Kuno (1968) Differentiation of basaltic magma. In: H. H., Hess and A., Poldervaart (Eds.): Basalts. 2: 623-688.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. Journal of Petrology 27: 745-750.
- Leake, B. E., Wooley, A. R. and Arps, C. E. S. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names. Mineralogical Magazine 61: 295-321.
- Leterrier, J., Maury, R. C., Thonon, P., Girard, D. and Marchal, M. (1982) Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. Earth Planetary Science Letter 59: 139-154.
- McDonough, W. F. and Sun, S. S. (1995) The composition of the Earth. Chemical Geology 120: 223-253.
- McKenzie, D. and O'Nions, R. K. (1991) Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentratons. Journal of Petrology 32: 1021-1091.
- Moritimo, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Akoi, K. and Gottardi, G. (1988) Nomenclature of pyroxenes. Mineralogical Magazine 52: 535-550.
- Nazemzadeh, M., Roshanravan, J. and Azizan, H. (1996) Geological map of the Baghat, Scale 1/100,000. Geological Survey of Iran, Sheet No. 7147.
- Omrani, J., Agard, P., Whitechurch, H., Benoit, M., Prouteau, G. and Jolivet, L. (2008) Arc-magmatism and subduction history beneath Zagros: New report of adakites and geodynamic consequences. Lithos 106: 380-398.
- Pearce, J. A., Baker, P. E., Harvey, P. K. and Luff, I. A. (1995) Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich Island Arc. Journal of Petrology 36: 1073-1109.
- Piercey, S. J., Murphy, D. C., Mortensen, J. K. and Creaser, R. A. (2004) Mid-Paleozoic initiation of the northern Cordilleran marginal backarc basin: Geologic, geochemical, and neodymium isotope evidence from the oldest mafic magmatic rocks in the Yukon-Tanana terrane, Finlayson Lake district, southeast Yukon, Canada.. Geological Society of America Bulletin 116(9/10): 1087-1106.
- Sabzehei, M. (1974, Les mélanges ophiolitiques de la région d'Sfandagheh (Iran méridional), Etude petrologique et Structurale, Interprétation dans le cadre Iranien. Ph. D. thesis, Universite de Grenoble, France.
- Saunders, A. and Tarney, J. (1991) Back-arc basins, In: P. A., Floyd (Ed.): Oceanic basalts. Blackie & Son Ltd. 219-263.
- Seiffory pour, S. (2002) Geological map of the Hadjiabad, Scale 1/100,000. Geological Survey of Iran, Sheet No. 7146.
- Sengor, A. M. C. (1979) Mid Mesozoic closure of Permo Triassic Tethys and its implications. Nature 279: 590-593.
- Stakes, D. S. and Franklin, J. M. (1994) Petrology of igneous rocks at Middle Valley, Juan de Fuca Ridge, In: M. J., Mottl, E. E., Davis and A. T., Fisher (Eds.): Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station Texas.

- Stocklin, J. (1968) Structural history and tectonics of Iran: a review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 52(7): 1229-1258.
- Stocklin, J. (1974) Possible ancient continental margins in Iran. In: C. A., Burk and C. L., Drake (Eds.): The geology of continental margins. Springer, Berlin.
- Stocklin, J. (1977) Structural correlation of the Alpine range between Iran and Central Asia. Memoire Hors-Serve No.8 dela Societe Geologique de France 8: 333-353.
- 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.
- Taraz, H. (1974) Geology of the Surmaq-Deh Bid area, Abadeh region, Central Iran. Geological Survey of Iran.
- Van der Laan, S. R., Arculus, R. J., Pearce, J. A. and Murton, B. J. (1992) Petrography, mineral chemistry, and phase relations of the basement boninite series of site 786, Izu-Bonin forearc. In: P., Fryer, J. A. Pearce and L. B., Stokking (Eds.): Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results, College Station, Texas.
- 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.

Petrogenetic variations of the Jurassic magmatic sequences of Hoseinabad-Hajiabad regions in Sanandaj-Sirjan Zone (south of Iran)

Iman Monsef *¹, Mohammad Rahgoshay ¹ and Hubert Whitechurch²

¹ Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran ² Institute of Geology, University of Louis Pasteur, Strasbourg, France

Abstract

The Jurassic magmatic sequences in the southern part of Sanandaj-Sirjan Zone show significant geochemical variations during their compositional evolution. These magmatic sequences have exposed in the Hoseinabad region with Early to Middle Jurassic age and in Hajiabad region with Late Jurassic to Early Cretaceous age. The parent magma of the first sequence in Hoseinabad region, with island arc tholeiite (IAT) affinity have been originated from the spinel lherzolite mantle source with primitive mantle (PM) composition. This mantle source is affected by liquids and sediments resulted from the subducting slab. The parent magma of the second sequence in Hajiabad region with island arc tholeiite to transitional affinity have been resulted from the garnet - spinel lherzolite mantle source with E-MORB composition. These compositional changes may be related to high sediment and hydrothermal fluxes which resulted from the deep subducted slab into the mantle wedge. These magmatic sequences are originated during the subduction of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere under the Sanandaj-Sirjan Zone, during the Early Jurassic to Early Cretaceous time, in the island arc tectonic environment.

Key words: Magmatic sequence, Island arc, Hajiabad-Hoseinabad, Sanandaj-Sirjan zone, Neo-Tethys