مجلهٔ پژوهشی دانشگاه اصفهان(علوم پایه) جلد ۳۳- شماره ۳- سال ۱۳۸۷ صص ۱۵۰ –۱۳۵

شواهد کانی شناسی پدیده اختلاط ماگمایی در سنگهای آتشفشانی گنبد سورک غرب استان یزد

شهرزاد شرافت*، ايرج نوربهشت** و محمود خليلي**

* دانشجوی دکتری زمین شناسی دانشگاه اصفهان ** گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

چکیدہ

گند بزرگ سورک بخشی از سنگهای پلیوکواترنر نوار ماگمایی ارومیه - دختر ایران مرکزی است که در غرب استان یزد قرار دارد. گنبد مزبور در منطقه با مورفولوژی برجسته رخنمون دارد. این گنبد از سنگهای ولکانیک و پیروکلاستیک تشیکل شده است. پختگی کنگلومرای نئوژن پیشین توسط این گنبد، تعلق آن را به پلیوکواترنر ثابت میکند. عمده سنگهای این توده ولکانیک از جنس ریولیت و داسیت می باشند. این سنگهای پیروکلاستیک دارای آنکلاوهای تیره رنگ و گرد شدهاند. حضور پلاژیوکلازهای گرد شده، غبارآلود، تحلیل رفته و غربالی با نوسانات ترکیبی شدید، رشد فلدسپات جدید در حاشیه پلاژیوکلازهای غربالی و گردشدگی واضح کوارتزها در این سنگها، به عنوان شواهد پدیده اختلاط ماگمایی در نظر گرفته می شود. اوپاسیتی شدن بیوتیتها و آمفیبولها نشان از سنگها اسیدی، کالکوآلکالن و فشار بخار آب در زمان تشکیل سنگ دارد. بر اساس دادههای ژئوشیمیایی، سرشت ماگمای سازنده این

واژههای کلیدی: نوار ماگمایی ارومیه- دختر، انکلاو، اختلاط ماگمایی، بافت غربالی.

Mineralogical Evidence for Magma Mingling in Surk Dome Volcanic Rocks(West of Yazd Province)

Sh. Sherafat^{*}, I. Nour Behesht^{**} and M. Khalili^{**} ^{*} Ph.D student the University of Isfahan ^{**} Geology Department, the University of Isfahan

Abstract

The surk huge dome is a part of Plio-Quaternary Uromieh-Dokhtar Magmatic Belt lying in the west of Yazd province. The studied dome is exposed as an high elevated morphology. It consists of volcanic and pyroclastic rocks. Thermal metamorphism of Neogene conglomerate by the dome proved that the dome belongs to the Plio-Quaternary period. The lithology of the Surk dome is mainly dacite and rhyolite. The studied pyroclastic rocks have dark and rounded enclaves. The presence of rounded, dusty, absorbed and sieved plagioclases with abruptly zoning, new feldspar growth around the sieved plagioclase and rounded quartz in these rocks can be taken as evidences of magma mingling event. Opacitization of biotite and hornblende show that PH2O and fO2 during rock formation were high. Based on geochemical data, the parent magma is mainly acidic, calc-alkaline and metaluminous in nature.

Keywords: Uromieh-Dokhtar Magmatic Belt, Enclaves, Magma mixing, Sieved texture.

ولکانیک متاثر شده و تعلق این سنگها به زمان پلیوکواترنر را نشان میدهد. گنبد سورک حاصل تزریق مداوم فورانهای ولکانیک و پیروکلاستیک در چندین مرحله است.

در این گنبد انواع سنگهای ولکانیک شامل برش پایه و جریانهای گدازه مشاهده می شود. سنگهای گنبد سورک از جنس داسیت و ریوداسیت بوده و عمده کانیهای غالب آن پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز و سانیدین می باشند.

کانیهای سنگهای آتشفشانی می توانند حوادث صورت گرفته ضمن تبلور سنگ را منعکس کنند. در سنگهای گنبد سورک، شواهد متعدد اختلاط ماگمایی در کانیهای پلاژیوکلاز و کوارتز ثبت شدهاند. این شواهد کانی شناختی شامل وجود بافت غربالی، رشد حاشیه های نوظهور، تحلیل رفتگی و گرد شدگی، نوسانات شدید ترکیبی و وجود حاشیه غبارآلود در اغلب نواحی ایران در زمان سنوزوئیک میزبان فعالیت آتشفشانی شدیدی بوده که نتیجه تاثیر ماگمازایی فرورانش حاشیه قارهای است. در ایران مرکزی این فعالیت بصورت رشته کوههایی از آذربایجان (سهند و سبلان) تا بزمان و تفتان در بلوچستان ادامه دارد و به نام کمربند آتشف شانی ارومیه - دختر میشهور است (خسروتهرانی، ۱۳۸۴). بخشی از این سنگها بصورت گنبدهای ولکانیک و انواع دیگر سنگهای آتشفشانی در محدوده غرب و جنوب غرب استان یزد برونزد دارد (سلطانی رفیعی، ۱۳۷۶).

یکی از بزرگترین و مهمترین آنها گنبد سورک به سن پلیوکواترنر است که نشانگر تداوم فعالیتهای زمین ساختی دوران سنوزوئیک تا این زمان می باشد. رسوبات کنگلومرایی نئوژن پیشین در محل تماس با این توده و در راستای گسسل نیایین - سورک بیرونزد دارد (شرافت، ۱۳۷۶). این باریکه افیولیتی مخلوط درهمی از سنگهای اولترابازیک، بازیک، رادیولاریت و آهکهای پلاژیک است. پس از آن گدازه های ریولیتی تا آندزیتی و سنگهای آذرآواری به سن ائوسن زیرین می باشند که در قسمتهای غربی گنبد و بندرت در تماس مستقیم با آن قرار دارند. عمده سنگهایی که در مجاورت مستقیم با سنگهای گنبد سورک قرار گرفته اند ماسه سنگ، مارن ماسه ای و کنگلومرا به سن نئوژن پیشین است که در نتیجه مجاورت با توده متاثر شده اند و آثار پختگی آنها بوضوح قابل مشاهده است.

کنگلومرای نئوژن بالایی در فواصل دورتر از گنبد قرار دارند. کنگلومرای نئوژن پسین با سخت شدگی کم و لایه بندی ضعیف روی کنگلومرا وماسه سنگ نئوژن پیشین قرار دارد. جنبش های تکتونیکی پس از نئوژن پیشین موجب بالا آمدن ماگمایی شده که درون ولکانیکهای پالئوسن و کنگلومرای نئوژن پیشین بصورت گنبد(گنبد سورک) نفوذ کرده است(عمیدی، ۱۹۸۹).

بر پایه شواهد صحرایی موجود در منطقه سورک (وجود آثار پختگی روی رسوبات کنگلومرایی نئوژن پیشین در تماس مستقیم با سنگهای ولکانیک)، تعلق این سنگها به پلیوکواترنر محرز است. مخروط افکنههای آبرفتی، دشتهای سیلابی و پادگانههای جوان متعلق به کواترنر بویژه در شرق و شمال گنبد گسترش وسیعی دارند و جوانترین تشکیلات منطقه را بوجود آوردهاند (تصویر ۱). شواهد کانی شناختی پدیده اختلاط ماگمایی در سنگهای ...

پلاژیوکلاز و تـشکیل کوارتزهـای گردشـده بـا حواشـی واکنشی، خلیج خوردگی و نیز تجمعات کوارتزهای جدا از زمینه میباشند.

روش مطالعه

برای مطالعه سنگهای ولکانیک منطقه پس از مشخص شدن پراکندگی و روابط صحرایی موجود اقدام به نمونه برداریهای متعدد گردید. پس از مطالعات دقیق در مقیاس ماکروسکوپی، نمونه های متفاوت جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی انتخاب شده و با مطالعه برشهای نازک و مشاهده روابط و کانیهای نامتعادل، اقدام به آنالیز مایکروپروب کانیها شد.

آنالیز مایکروپروب نمونه ها در شرایط ۲۰ کیلوولت توسط دستگاه CAMECA SX50 در دانشگاه اوکلاهامای آمریکا انجام گرفت. آنالیزهای شیمیایی نمونه های سنگ کل((Whole rock نیز توسط روش -ICP MS در کشور کانادا انجام شده است.

زمين شناسي عمومي

منطقه سورک واقع در غرب استان یزد و شرق باتلاق گاوخونی از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران، در زون ایران مرکزی قرار دارد. برای مطالعات زمین شناسی محدوده می توان از چهارگوش زمین شناسی سرو بالا(عمیدی، ۱۹۸۹) استفاده کرد.

قدیمی ترین سازندهای موجود در منطقه که در غرب گنبد سورک دیده می شود نوار باریک افیولیتی به سن مزوزوئیک است که در امتداد شمالغرب- جنوبشرق



پتروگرافی و شیمی کانیها وضعیت ظاهری گنبد سورک، تزریق مداوم فورانهای ولکانیک و پیروکلاستیک در مراحل

گاهی این درزهها کاملاً انحنادار هستند که ایـن ویژگی نشاندهنده حرکت گنبد هنگام سرد شدن است(تصویر۳).

در بخشهایی از گنبد، برشهای پایه بخوبی توسعه یافتهاند. علاوه بر آن پیروکلاستیت و گدازه نیز دیده می شود. برشهای پایه(Basal breccia) که در بخشهای زیرین توده دیده می شوند دارای قطعات زاویه دار و سخت شده لیتیک هستند(تصویر ۴).

پیروکلاستیت ها با رنگ روشن از قطعات ریـز و درشت بلـور و قطعات لیتیـک در زمینـه ای شیـشه ای تشکیل شده اند(تصویر۵).

اندازه قطعات موجود در پیروکلاستیتها که گرد تا نیمه گرد، عمدتاً شیشه ای و گاهی تمام بلورین هستند، از ابعاد سانتی متر تا حد تک بلور متغیر است. تک بلورهای موجود در پیروکلاستیتها بیشتر شکسته شده و عمدتاً از جنس پلاژیوکلاز می باشند. گاهی در حاشیه گنبد، توده هایی با حالت نواری و تناوبی از رنگهای روشن و تیره(Flow banding) دیده می شود(تصویر ۶). آن طور که از شواهد میکروسکوپی برمی آید بخشهای تیره تر واجد مقادیر زیادی شیشه می باشند. گدازه های سازنده این گنبد، دارای رنگهای خاکستری روشن تا تیره، ساختهای حفره ای و متراکم و در بعضی موارد قطعات انکلاو تیره و گرد می باشند(تصویر ۷).

جنس این گدازه ها بیشتر داسیت و ریولیت بوده و عمده کانیهای غالب آن پلاژیوکلاز، هورنبلند، بیوتیت،

کوارتز و سانیدین است. در مقاطع میکروسکوپی، بیـشتر نمونه ها دارای بافت هیالوپورفیری، میکرولیتی پورفیری، گلومروپورفیری و فلسیتی هستند.

درشت بلورهای موجود در سنگ عبارتند از: پلاژیوکلاز، آمفیبول، بیوتیت، سانیدین و بمقدار کم کوارتز که در زمینه ای میکروکریستالین تا شیشه ای قرار گرفته اند.

فنوکریست غالب سنگ، پلاژیوکلاز است که مقدار مودال آن بین ۱۵ تا ۲۵% متغیر است. این کانی بصورت میکرولیت نیز در زمینه سنگ دیده می شود. میانگین ترکیب پلاژیوکلازهای موجود در سنگهای ولکانیک بیشتر در محدوده الیگوکلاز تا آندزین قرار می میرد(ترکیب An 40-46 در مرکز و 46-40 در حاشیه ها) درشت بلورهای پلاژیوکلاز عمدتاً به دو صورت دیده می شود:

الف - پلاژیوکلازهای شکلدار تا نیمه شکلدار، شفاف و گوشه دار

ب - بلورهای پلاژیوکلاز با بافتهای غربالی، حواشی غبارآلود و زوناسیون با تغییرات ترکیب شدید. گاهی بلور پلاژیوکلاز غربالی شده توسط فلدسپات جدید احاطه شده است(تصویر ۸). تغییر ترکیب بلور پلاژیوکلاز و زونینگ نوسانی آن به گونه ای شدید است که تفاوت درصد آنورتیت دو بخش مجاور هم در یک بلور تا ۱۶% می رسد(جدول ۱). شهرزاد شرافت، ایرج نوربهشت و محمود خلیلی



تصویر ۲ نمای عمومی گنبد سورک تصویر ۳ درزههای انحنادار و نحوه رشد گنبد. تصویر ۴ نمای عمومی ۴ برشهای پایه تصویر ۵ پیروکلاستیتها. تصویر ۶ حالت نواری در سنگFlow Banding ... تصویر ۷ انکلاو تیره رنگ گرد.

121

				C3-4PI-4	C3-4PI-5
شماره نقطه	C3-4PI-1 core	C3-4PI-2 core	C3-4PI-3 rim	rim	rim
SiO ₂	۶۰/۸۳	<i>9</i> 1/19	69 1 98	09 1 10	59 1 49
TiO₂	./.٣	./.)	•/••	./.)	
Al ₂ O ₃	۲۴/۲۰	۲۳/۹۷	۲ <i>۶ </i> ۸۲	۲۷/۰۶	29 1 99
FeO*	۰/۲۰	·/\?	./٣٣	./**	./۴۱
MnO	./	./	./.٣	•/• ٢	./.٣
MgO	./.)	./	•/••	./.)	./.)
CaO	0 1 90	0/19	A j av	∧ / ? .	~/¥¥
SrO	۰/۰۹	./.^	۲۲/۰	./٢١	·/)Y
BaO	./.^	./.^	./.٣	·/) ·	·/) ·
Na ₂ O	7/14	v j va	9 / 47	۶ / ۳۸	9 1 00
K ₂ O	•/٩٧	1/14	· / ۵9	./34	·/۵۲
Total	99/٨9	99 / V9	99/98	1/.*	۹۹/۸۰
Ab%	9V / Y	97 / 1	00 / V	00 1 0	09 1 0
Or%	5/9	۲/۲	۲/۲	۳/۱	۳/۰
An%	۲۷/۲	10/1	41/1	41/4	4.14

جدول ۱٪ آنالیز مایکروپروب یک نمونه کانی پلاژیوکلاز

است)	ه عبار الود	باره به حاسی	up برای ال	ו שמולש וו	پار ريو کار ر	بروب کائی	الير مايكروپ	سماره ۱۰۱۵	جدون
شماره بنطه	03-271-1	03-27-2	03-271-3	C3-2PH1	CS-2F-5	03-271-9	C3-2PF7	C3-2PI-8	CS-2F-9
SiO ₂	29/99	1 - / 12	f •/f9	٥ <i>٩,/</i> ٩,٣	9 . / . *	29/40	+•/\\c	28/19	07/11
TIQ,	9/9°	+/ + T	EV EV	-7-3	1/17	+/ + ¹	-1	1/15	-7-8
Al ₂ O ₂	16/3+	* 47.5**	74/44	1 ¥) A.C	**/*)	7 */ 🗤	19/90	79/55	* C/¥ A
FeO*	-432	+03	+731	-750	1757	+737	-708	9778	-755
MnO	6/64	164	1100	-/	1/14	+{++	-1	170	-1-+
MgO	4.5	5152	4.5	-7-7	1/14	s/ s 1	-7-1	1718	-/
CaO	ሊግዮ	ልጣ?	6/14	2710	WC	2/17	2/6-	2706	×7.08
SrO	+/ SV	+/16	+/5)	-77*	6752	+/ 5 ÷	-777	$G^{0}X$	-717
BaO	-/+*	-759	110	/	/+6	el e h	-7-2	1/15	-7-7
Na ₂ O	2725	2522	2087	w/w 7	- AM	7174	7/11	2010	×1-3
K₂O	•/// ?	•96	•/93	•/2.8	-if(t)	•/9°	•/٩ **	./**	•755
Total	99/25	1.07%	100/14	e e je v	ea/a.	11/4/	1/18	N + 978 -	69/CM
Ab%	7%/4	24 <i>5</i> %	7%/F	44/*	÷5,/X	97,N	4*j-	÷•/۴	±5/3
Or%	63	P/2	γJ^{q_1}	₹/*	•77	57 9	- A0	100	- 74
An%	5AV	52VT	577)	505	1274	37.70	2010	T2/*	503
شمار مرتحك	CS-00-10	52-75-11	0.1991.19	02/00/12	75.40L34	CT-dDL16	CS (PL1)	(de el⊫ 17	
SIO.	22/15	2.154	4./**		04/11	21/47	00/5*	27/07	01/51
TiQ,	·/·T	4.0			17.4	-/-7	-/- 1	40	-/-f
ALD	57915	53/24	51210	57/17	52/51	57/55	7X/X 5	7477	*) / 2 2
FeO ⁴		- 27N	+735	-718	1/14	×771	-77%)	777	-/**f
MnQ	2/21	6764	+/++	-7-1	1/14	+7+1	-7-8	1/14	-7 - Y
MgO	•/3•	6/64	+/++	-1	1/34	+1+1	-1	$(f_{i})^{i}$	-1-+
CaO	7/61	5,975	6.017	2/0 ^{%2}	1./99	A/775	a/# c	$\lambda/25$	n/*•
SrD	40 °	+01		-/16	9733	+A))	-715	1719	-75+
BaO		6/65		-700	1/14	+/+à	-7-7	- 10 C	-70
Ns ₂ O	5/•4	5.97	579 F	¥/A •	4/159	\$555	2/AN	4/64	÷/0•
K₂O	+/00	-177	+775	-/୩.*	(701	+/00	-7*7	1/07	-727
Total	1++;*†	3.075	વવ/વ≌	1 / . 6	- A++/) +	રે જે 79	55/33	A + • / * •	53/82
Ab%	24JA	2377	2773	2.47-	07/7	<i>877</i> °	200	00/0	2276
						-		_	
Or%	10	1/1	-7-	0/1	- 02	- 20		100	10

جدول شماره ۲: آنالیز مایکروپروب کانی پلاژیوکلاز (اصطلاح dpl برای اشاره به حاشیه غبارآلود است)



تصویر ۸: پلاژیوکلاز غربالی با حاشیه جدید. تصویر ۹: بلورهای پلاژیوکلاز خورده شده. تصویر ۱۰: حاشیه غبارآلود پلاژیوکلاز تصویر ۱۱: دیاگرام درصد آنورتیت کانی پلاژیوکلاز (آنالیز مایکروپروب جدول شماره ۲)

گذارند. وجود بافتهای غربالی و حاشیه های غبار آلود Dungan and Rhodes, 1978; Tsuchiyama, (1985)، حضور بلورهای پلاژیوکلاز گرد شده و Stimac and Pearce, 1992)، همراهی پلاژیوکلازهای عادی و غربالی در سنگ (Pearce, 1992; Venezeky and Rutherford, (1997و تفاوت شدید ترکیبی مرکز و حاشیه پلاژیوکلاز از شواهد اختلاط ماگمایی محسوب می شوند. کانی پلاژیوکلاز به مجموعهای از سریسیت، اپیدوت، کلریت و کربنات تبدیل شده است.

کانی هورنبلند اغلب شکلدار تا نیمه شکلدار، دارای دو دسته رخ، گاهی ماکله و دارای حواشی کاملا اوپاسیتی شده است. این کانی بندرت سالم بوده و عمدتاً خوردگیهای شیمیایی که در فنوکریستالهای پلاژیوکلاز بوفور مشاهده میشود گاهی به کانی شکل آمیبی و گرد شده داده است(تصویر ۹). برخی از (Dusty rim) پلاژیوکلازها، دارای حواشی غبارآلود(Tim) هستند. آن طور که از آنالیزهای مایکروپروب(جدول ۲) بر میآید مقدار آنورتیت درصد پلاژیوکلاز در بخش غبارآلود به ۴۶% می رسد در حالی که این مقدار در بخش مجاور حاشیه(بخش مرکز) حدود ۲۶% است (تصویر ۱۱). انواع دیگری از پلاژیوکلازهای موجود در سنگ دارای بافتهای غربالی(Sieved) هستند. پلاژیوکلازهای غربالی حاوی مخلوطی از پلاژیوکلاز و یک شیشه می اشند. بنا به نظر محققان، پلاژیوکلازهای یک فوگاسیته اکسیژن و فشار بخار آب ضمن تشکیل این کانی ها و از دست رفتن آب حین فوران ماگما (Best et در al, 2001 است. کانی های آبدار هورنبلند و بیوتیت در شرایط بدون آب پس از فوران و سرد شدن ماگما ناپایدارند و به مجموعهای ریزدانه متشکل از فازهای بدون آب اکسیدهای آهن و تیتان، پیروکسن منیزیم دار و فلدسپات تبدیل می شوند (Best, 1982).

کوارتز اغلب دارای فرم گرد شده و خلیج خوردگی و گاهی حاشیه واکنشی می باشد(تصویر ۱۶). در برخی موارد کوارتزها بصورت مجتمع با حاشیه ای مشخص از زمینه سنگ جدا شده اند(تصویر۱۷). وجود مجموعه ای از کوارتزهای ریز با حاشیه کاملا مجزا از زمینه و نیز اشکال گرد شده و دارای خلیج خوردگی نمایانگر واکنش ماگما با فنوکریست است. گاهی اپیدوت ثانوی بصورت پراکنده در این سنگها دیده می شود. سانیدین بندرت بصورت درشت بلور بوده وعمدتاً در اندازه های ریز در زمینه سنگ وجود دارد. شواهد کانی شناختی پدیده اختلاط ماگمایی در سنگهای ...

به مجموعهای از کانیهای اوپاک و کانیهای ریز دانه از جمله کلریت تجزیه شده است. با توجه به آنالیز مایکروپروب هورنبلندها، مقدار نسبت منیزیم به مجموع منیزیم بعلاوه آهن (Mg+Fe = Mg/Mg = Fe از مرکز به سمت حاشیه افزایش می یابد (تصاویر ۱۲ تا ۱۴)، این نسبت در بخش اوپاسیتی شده بالاتر از بخش داخلی نسبت در بخش اوپاسیتی شده بالاتر از بخش داخلی کانی است (جدول ۳) مقدار آمفیبولهای موجود در سنگ بمراتب کمتر از بیوتیت است. کانی بیوتیت اغلب شکلدار، دارای حواشی سوخته شده و پلئوکروئیسم قوی است. وجود کلریت و نیز مقدار زیادی کانی اوپاک که بموازات رخهای بیوتیتها جمع شده نمایانگر تجزیه بیوتیت است. آنالیز مایکروپروب نمونه کانی بیوتیت برخلاف کانی هورنبلند، نمایانگر کاهش مقدار منیزیم به مجموع منیزیم بعلاوه آهن (Mg/Mg+Fe) از مرکز به محموع منیزیم بعلاوه آهن (Mg/Mg+Fe) از مرکز به

اوپاسیتی شدن بیوتیت و آمفیبول(آسیابانها و همکار،۱۳۸۴) که از حاشیه ها شروع شده و گاهی تا بخشهایی مرکزی پیشرفت می کند نشاندهنده بالا بودن

شماره نقطه	C3-3Hbl-1	C3-3HbI-2	C3-3Hbl-3	C3-3Hbl-4	C3-3HbI-5	C3-3Hbl-6 rim	C3-3Hbl-7 rim	C3-3Hbl-8 rim
SiO ₂	¥ Y/A3	* 7/* 9	¥ Y/9V	**/3*	**/1*	0 Y/9 V	54/49	27/22
TiO ₂	1/90	1/99	۲/۴۸	۲/۴۶	۲/۲۹	./۴)	۰/۲۹	۲۲/۰
Al ₂ O ₃	11/27	11/99	11/99	11/77	11/10)/).	1/10	۱/۷۰
FeO*	10/77	101.1	17/41	17/70	14/14	11/14	1411	11/19
MnO	./٢١	·/)Y	./\^	./\9	./٢)	·/? ·	./9)	·/۵۷
MgO	17/21	17/2.	17/07	14/9 1	17/01	۲۵/۷۰	۲۵ /۴ ۲	Y #/WV
CaO	1./99	۱۰٫۸۴	1.1/14	۱./۸۴	1./44	./٩۴	./^^	١/٠٩
SrO	./	./.*	./.*	./.)	•/••	./	./	./.٣
BaO	./	./.*	./.٧	./.٧	•/••	./	./	./
Na ₂ O	۲/۱۶	7/17	1/17	4/17	۲/۱۸	./.)	./	۰/۱۲
K ₂ O	۲۸ ۱ ،	۰/۸۲	•••	۰/۲۴	·/^)	./.)	./.)	۰/۰۲
F	۰/۱۹	•/)٣	./٣١	۲۱/۱۱ ا	·/·Y	./	./	۰/۰۹
CI	•/١٢	./\۴	./.٩	۰/۰۹	۰/۰۹	./.)	./	./.)
Total	٩ ٨ ٢٠	٩٧/٨٢	۹۸/۱۰	9.44.49	914.0	1	99/99	1

جدول شماره ۳٪ آنالیز مایکروپروب یک نمونه کانی هورنبلند

شهرزاد شرافت، ایرج نوربهشت و محمود خلیلی

شماره نقطه	C3-1Bt-1	C3-1Bt-2	C3-1Bt-3	C3-1Bt-4	C3-1Bt-5
SiO ₂	89/V I	* 9/* *	T9100	rv/.r	49/VD
TiO ₂	4/42	414 ·	4/49	4/44	4164
Al ₂ O ₃	101	10/19	14/14	14/14	14/92
FeO*	14/44	10/17	10/19	14/99	14/21
MnO	.1.4	·/· V	+1+9	./.9	·/· ^
MgO	10/14	10/00	10/00	10/99	19/15
CaO	·/·*	+[+ ¥	·/· *	-1-5	.1.*
SrO	·/· *	·/· *	.1.*	-1-1	·/· *
BaO	11.9	·/9.Y	·/^٣	•/×^	·/^*
Na ₂ O	·/۵٩	.199	• /v ¥	.199	•/M •
K₂O	N/98	A/A+	N/ 5 Y	N/28	N/9 1
F	1/11	·/fV	1/4 -	\/Y +	MA F
CI	./۲۱	• / ۲ ۲	./**	-/14	-147
Total	92/29	۹۷/۰۳	99/98	97/77	۹۷/۳۸

جدول شماره ۴٪ آنالیز مایکروپروب یک نمونه کانی بیوتیت







122



تصویر ۱۵٪ تصویر مایکروپروب نمونه کانی بیوتیت



تصویر ۱۴ کوارتز گردشده آمیبی با حاشیه واکنشی تصویر ۱۷ کوارتز با حاشیه جدا شده از زمینه

ىحث

داده های شیمی کانیهای مختلف از قبیل حضور کانیهای پلاژیوکلاز با بافتهای غربالی، حواشی غبارآلود، خوردگی های خلیجی شیمیایی و حواشی نوظهور در کنار پلاژیوکلازهای عادی، اندیشه وقوع پدیده اختلاط ماگمایی به عنوان یک پدیده مهم در تحول ماگمای سازنده گنبد سورک را به ذهن می آورد. برپایه آنالیزهای ژئوشیمیایی(جداول ۵ و ۶) سنگهای منطقه سورک از دسته داسیت و ریولیت(تصاویر ۱۸، ۱۹ و ۲۱) بوده و ساب آلکالن و متالومینوس(تصویر ۲۰) هستند.

بهنجار سازی سنگهای منطقه سورک با کندریت (تصویر ۲۳) و گوشته اولیه(تصویر ۲۵) نمایانگر غنی شدگی بیشتر از عناصر نادر خاکی سبک نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین است.

نتایج بهنجار سازی با سنگهای پوسته زیرین (تصویر ۲۶) و میانگین پوسته (تصویر ۲۴) بیشترین مشابهت را با سنگهای پوسته زیرین به نمایش می گذارد و مختصر ناهنجاری نسبت به پوسته زیرین را می توان به اختلاط نسبت داد.

گرچه در نمونه دستی و آنالیزهای شیمیایی کل سنگ((whole rock پدیده اختلاط ماگما بوضوح دیده

حضور حاشیه های نوظهور بازیکتر اطراف پلاژیوکلازهای قدیمی و نیز وجود حواشی واکنشی در اطراف کوارتزهای گرد شده با خلیج خوردگی مبین این نظریه است. بنظر می رسد این سنگها از ذوب بخشی پوسته زیرین در یک رژیم کششی تحت تاثیر فعالیت جوان گسل بزرگ نایین - سورک تشکیل شدهاند. نمی شود ولی چنانکه از شواهد میکروسکوپی و بویژه شیمی کانیها بر میآید پدیده اختلاط در تحول ماگما کاملا دخیل بوده است. بنظر میرسد ماگماهای تزریق شونده در اتاقک ماگمایی دارای تفاوت ترکیب بوده اند بطوریکه فورانهای ابتدایی اسیدی و فورانهای بعدی بازیکترند. وجود ترکیبات بازیکتر(با درصد آنورتیت بالاتر) در حاشیه غبارآلود پلاژیوکلازهای گردشده،

جدول ۵٪ تجزیه شیمیایی نمونه سنگهای منطقه به روش ICP-MS(عناصر اصلی)

ELEMENT	SiO /	Al ₂ O3	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P,O,	MnO	Cr ₂ O ₂	LOI	Total
SAMFLES	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A-10	67.27	15.46	3.69	0.96	3.07	4.18	3.27	0.42	0.18	0.04	0.002	1.3	99.74
C-1	67.81	14.69	3.02	0.93	3.23	3.97	3.39	0.39	0.17	0.04	0.003	2.1	99.74
AB-4	69.73	14.98	2.18	1.04	2.6	3.75	2.7	0.31	0.11	0.02	0.001	2.4	99.82
BA-1	65.85	15.91	3.91	0.86	4.17	4.18	1.9	0.31	0.17	0.07	0.002	2.4	99.74
ER-4	70.08	15.24	2.64	0.45	2.84	4.48	2.44	0.34	0.14	0.04	0.001	1.1	99.8
ER-5	70.08	15.33	2.57	0.45	2.84	4.49	2.42	0.34	0.13	0.04	0.001	1.1	99.8
ER-7	69.39	14.97	2.85	0.57	3.24	4.56	2.61	0.32	0.12	0.03	0.001	1.1	99.76
SE-4	68.53	15.21	2.7	0.61	2.71	5.03	2.01	0.3	0.1	0.03	0.001	2.7	99.94
GA-22	63.4	16.06	4.96	1.37	5.37	4.64	1.78	0.45	0.21	0.09	0.002	1.4	99.73
GA-7	56.27	17.48	7.95	2.51	7.42	4.34	1.57	0.63	0.36	0.14	0.003	1	99.68
OS-1	69.78	13.96	2.53	0.84	2.27	3.91	3.61	0.31	0.15	0.04	0.003	2.5	99.9
OS-10	68.87	14.6	2.5	0.79	2.75	4.04	3.39	0.33	0.19	0.04	0.001	2.5	99.99
SH-9	69.03	15.3	2.74	0.8	3.44	3.75	2.45	0.3	0.1	0.02	0.002	1.9	99.83



تصویر ۱۸: دیاگرام R1-R2 از تصویر ۱۹: دیاگرام TAS از Cox et al, 1979 از Cox et al, 1979

De La Roche et al, 1980

١٤٧

ELEMENT	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	TI	Se	Ba
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm
A-10	1.3	25.3	121.7	116	8.6	2.9	0.1	0.5	0.2	0.1	18.4	<.01	<.1	<.5	1115.9
AB-4	0.9	13.7	13.8	94	5.4	5.9	0.1	0.3	0.2	0.2	25.6	<.01	0.1	<.5	649.6
BA-1	1.4	30	14	88	8.1	2.4	0.1	0.5	0.2	0.4	63	<.01	<.1	<.5	730.5
C-1	0.7	24.5	23.6	92	7	3	<.1	0.5	0.2	0.3	42	<.01	<.1	<.5	1095.5
ER-4	1	21.1	11.5	99	5.4	1	<.1	0.3	0.1	0.2	28.3	<.01	<.1	<.5	684.6
ER-5	0.9	20.7	10.7	96	5.1	1.3	<.1	0.3	0.1	0.2	34.6	<.01	<.1	<.5	700.6
ER-7	1.2	33.9	37.9	161	6.4	2.6	0.1	0.5	0.1	0.3	50.3	<.01	<.1	<.5	711
GA-22	1.6	35	190.2	128	8.9	3.4	0.1	1	0.2	0.2	20.4	<.01	<.1	<.5	686.5
GA-7	1.4	49.3	47	225	12	5	0.1	0.7	0.2	0.4	67	<.01	<.1	<.5	737.6
OS-1	0.7	16.9	29.3	198	9.4	1.9	0.1	0.5	0.1	0.5	64.3	0.01	0.1	4.6	609.9
OS-10	0.7	12.5	18.1	83	5.8	1.4	0.1	0.3	0.1	0.2	36.3	0.01	0.1	<.5	784.8
SE-4	0.7	27	39.7	116	6.4	2	<.1	0.5	0.1	0.2	42.1	0.01	<.1	<.5	720.5
SH-9	1	22	35.3	239	7.4	1.5	0.1	0.6	<.1	0.4	80.9	0.01	<.1	<.5	589.6
ELEMENT	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	v	¥	Zr
SAMPLES	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
A-10	2	5.2	3	19.9	4.8	18.8	96.4	3	571.5	1	22.4	5.4	40	1.2	199.9
AB-4	1	3.4	2.5	19.1	4	7.8	82.9	2	487	0.7	9.2	3.2	29	0.8	149.6
BA-1	1	6.6	1.4	18.7	2.8	3.7	34.2	2	868	0.4	5.6	1.8	45	0.7	94.5
C-1	2	6.1	4.8	19.2	5.2	16.9	112.3	3	558.4	1.1	26.1	6.4	37	2.7	187.3
ER-4	1	5	1	20	3.8	3.9	44.2	2	565.7	0.3	5.9	1.9	31	0.6	139.5
ER-5	1	5	1.1	20.7	3.9	3.9	44.9	1	575.3	0.3	6.7	1.9	31	0.6	139.3
ER-7	1	4.3	1	20.2	3.7	4	47.4	2	575.3	0.4	6.2	2.1	33	0.7	133.3
GA-22	1	8.2	1.7	17.5	2.8	4.2	38.3	2	854.2	0.4	7.5	2.3	74	1.4	94.4
GA-7	1	15.9	2.6	21.2	3	5	38.3	3	1056.7	0.6	7.3	2.6	155	5.7	106.8
OS-1	3	4.2	7.6	17.8	4.6	18.4	130.8	4	375.4	1.7	20.4	9.8	201	15.8	291.1
OS-10	2	4.2	6	18.2	3.9	15.9	116.9	2	482.5	1.4	18.7	7.8	30	1.9	135.3
SE-4	2	4	1.5	20.4	3.6	4.2	42.4	2	755.9	0.3	5.6	2.2	29	1.6	145.5
SH-9	2	4.8	2.2	19	3.8	5.5	72.7	3	511.2	0.6	8.7	2.2	31	0.8	119.3
ELEMENT	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
SAMPLES	ppm	ppm		ppm	ppm	ppm	ppm 4.00	ppm	ppm	ppm 4 70	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm 0.4
A-10	8.7	61.6	100.5	9.04	26.9	3.9	1.09	2.51	0.33	1.76	0.25	0.75	0.11	0.82	0.1
	0.4	30.1	51.2	4.84	10	2.4	0.72	1.62	0.22	1.13	0.17	0.52	0.07	0.55	0.08
BA-1	8.1	20.7	40.3	4.36	16.6	2.8	0.85	2	0.27	1.24	0.23	0.71	0.12	0.68	0.11
C-1	10.9	58	94.7	8.55	27.8	3.6	0.93	2.51	0.41	1.89	0.34	0.88	0.15	0.9	0.15
ER-4	7.8	22.8	41.7	4.57	15.1	2.6	0.73	1.75	0.25	1.25	0.22	0.62	0.09	0.61	0.09
ER-5	7.8	23	42.2	4.42	15.3	2.4	0.79	1.86	0.27	1.34	0.27	0.67	0.07	0.62	0.08
	8	23.5	43.5	4.62	16.2	2.7	0.71	1.93	0.31	1.43	0.31	0.66	0.1	0.78	0.1
GA-22	10.9	19.8	37.1	4.15	15./	2.9	0.83	2.03	0.33	1.82	0.32	0.97	0.15	1.06	0.16
GA-7	16.6	23.3	47	5.61	23.3	4.2	1.33	3.28	0.5	2.77	0.6	1.73	0.23	1.5	0.22
OS-1	34.4	12.9	29.1	3.42	13.8	3.1	0.9	2.88	0.52	3.18	0.63	1.86	0.3	1.85	0.29
OS-10	15	31.8	56.6	5.98	20.8	3.5	0.76	2.72	0.46	2.63	0.48	1.42	0.25	1.45	0.23
SE-4	11.4	39.3	67.3	6.79	22.7	3.7	0.82	2.55	0.37	1.97	0.38	0.99	0.18	1.02	0.14
I SH-9	59	23.1	42	467	168	128	I N 74	175	L 0.23	1116	017	049	1 0 09	0.42	1 006

جدول ۶^۰ تجزیه شیمیایی نمونه سنگهای منطقه به روش ICP-MS(عناصر اثری)



تصویر ۲۰: دیاگرام A/CNK در مقابل A/NK از تصویر ۲۱: دیاگرام Zr/TiO2 در مقابل SiO2 از



تصویر ۲۲: دیاگرام ایتریوم در مقابل زیر کونیوم از McLean and Barrett, 1993



تصویر ۲۳٪ بهنجار سازی نمونه ها با کندریت تصویر ۲۴٪ بهنجار سازی نمونه ها با میانگین پوسته



تصویر ۲۵٪ بهنجارسازی نمونه ها با گوشته اولیه تصویر ۲۶٪ بهنجارسازی نمونه ها با یوسته زیرین

نتيجه گيري

منطقه سورک بخشی از نوار ماگمایی سنوزوئیک ايران مركزي است كه طي يليوكواترنر جولانگاه فوران آتشفشان بوده است. عمده سنگهای منطقه سورک از دسته داسیت و ریولیت هستند. گرچه شواهد یدیده اختلاط در نمونههای دستی بوضوح دیده نمی شود ولی ویژگیهای ژئوشیمیایی کانیها، پدیده اختلاط ماگمایی را بخوبی نشان میدهد. عمده فنوکریستهای موجود در این سنگها که از جنس یلاژیوکلاز، آمفیبول و گاهی كوارتز هستند شواهد متفاوتي از اختلاط ماگمايي شامل گرد و خورده شدگی، زوناسیونهای ترکیبی متفاوت، حواشي غبارآلود و بافت غربالي را به نمايش مي گذارند. این سنگها کالکوآلکالن با پتاسیم متوسط تا بالا و عمدتاً اشباع از ألومين هستند. احتمالاً محيط تشكيل ماگماي سازنده این سنگها یک محیط کششی میباشد و اختلاط ماگمایی در تحول آنها دخیل بوده است.

منابع

۱- آسیابان، ع، کنعانیان، ع، شواهد بافتی - کانی شناسی حاکی از وقوع اختلاط ماگمایی در گدازههای تراکی آندزیتی منطقه آبترش، غرب قزوین، مجله بلور شناسی و کانی شناسی ايران، سال سيزدهم، شماره ٢، صفحه ٣٠٢-٢٨٧، ١٣٨٤. ۲- خسروتهرانی، خ، زمین شناسی ایران، انتشارات کلیدر،

تهران، ١٣٨٤.

٣- سلطاني رفيعي، م، مطالعه ولكانيسم پليوكواترنر جنوب و جنوب غرب استان يزد با استفاده از پردازش اطلاعات رقومي ماهوارهای، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، ۲۰۸ صفحه، ۱۳۷٦

٤- شرافت، ش، زمينشناسي، پترولوژي و ژئوشيمي مجموعههای افیولیتی سورک، زرو، اردان(غرب استان یزد) یایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، ۱٦٠ صفحه،١٣٧٦

٥- عمیدی، س. م.، چهارگوش زمین شناسی سرو بالا، سازمان زمین شناسی ایران، ۱۹۸۹.

6- S.M., AMIDI, Etude Geologique e La region De Natanz-Surk(Iran-Central) Stratigrephilet petrologie, Geological Survey of Iran, Report No, 42, 613pp; (1977).

7- M.G., Best, Igneous and metamorphic petrology, W.H. Freeman and company, 630p; (1982).

Deposits with a Chapter on Meteorite, Newyork, John Wiley & Sons; (1943).

16- K., Stamatelopoulou-Seymour, D., Vlassopoulos, T.H., Pearce, C., Rice, The record of magma chamber processes in plagioclase phenocrysts at Thera volcano, Aegean volcanic Arc, Greece. Contrib. Mineral. Petrol. 104, 73–84; (1990).

17- J.A., Stimac, T.H., Pearce, Textural evidence of mafic–felsic magma interaction in dacite lavas, Clear Lake, California. Am. Mineral. 77, 795–809; (1992).

18- A., Tsuchiyama, Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside- albite- anorthite ang origin of dusty plagioclase in andesites, Contrib. Mineral. |Petrol. Vol. 89, pp. 1-16; (1985).

19- D.Y., Venezky, M.J., Rutherford, Preeruption conditions and timing of dacite–andesite magma mixing in the 2.2 ka eruption at Mount Rainier. J. Geophys. Res. 102, 20069–20086; (1997).

20- J.A., Winchester, P.A., Floyd, Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, vol.20, pp.325-343; (1977).

8- M.G., Best, E.H., Christiansen, Igneous petrology, Blackwell, 458p; (2001).

9- B.L., Brown, J.C., Eichelberger, L.C., Patio, T.Z., Vogel. K., Uto. and H., Hoshizumi, Magma mingling as indicated by texture and Sr/Ba retios of plagioclase phenocrysts from Unzen volcano, SW Japan., Journal of Volcanology and Geothermal Research, v.154, p.103-116; (2006).

10- K.G., Cox, J.D., Bell, and R.J., Pankhurst, The Interpretation of Igneous Rocks., "George Allen and Unwin, London";(1979).

11- H., De La Roch, J., Leterrier, p., Grandclaude, & M., Marchal A classification of Volcanic and Plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analysis – its relationships and current nomenclature, Chemical Geology 29, 180-210;(1980).

12- M.A., Dungan, J.M., Rhodes, Residual glasses and melt inclusions in basalts from DSDP Legs 45 and 46: evidence for magma mixing. Contrib. Mineral. Petrol. 67, 417–431; (1978).

13- G.G., Kuscu, and P.A. Floyd, Mineral compositional and textural evidence for magma mingling in the Saraykent volcanics, Lithos, v. 56, 2-3, p. 207-230; (2001).

14- W.H., McLean, T.J., Barrett, Lithochemical techniques using immobile elements. Journal of Geochemical Exploration 48,109-133; (1993).

15- S.J., Shand, Eruptive Rocks, Their genesis, Composition, Classifacation and their relation to Ore