سنگنگاری و شیمی کانی های موجود در ولکانیک های همبر با توده های نمکی کلوت (شمال شرق اردکان، بزد)

> سید محسن طباطباییمنش ^{*}، مریم مساح، همایون صفایی و مرتضی شریفی گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

> > چکیدہ

حوضه کلوت در ۷۰ کیلومتری شمال شرق اردگان (یزد) واقع شده و بخشی از زون ایران مرکزی (بلوک یزد) است. سنگهای آذرین این منطقه مربوط به دوران ترشیری بوده، سنگهای بازیک (بازالت و میکروگابرو) و حد واسط (میکرودیوریت) را شامل می شوند. بافت غالب سنگهای مافیک اینتر گرانولار است. پلاژیوکلاز (آلبیت تا بیتونیت)، کلینوپیروکسن (دیوپسید) و الیوین، کانیهای اصلی، میکا (بیوتیت)، آپاتیت و اکسیدهای Fe-Ti کانیهای فرعی سازنده این سنگها را شامل می شوند. از دگرسانی سنگهای اصلی، میکا (بیوتیت)، آپاتیت و اکسیدهای Fe-Ti کانیهای فرعی سازنده این سنگها را شامل می شوند. از دگرسانی سنگهای حد واسط اینتر گرانولار بوده، کانیهای پلاژیوکلاز (الیگوکلاز تا لابرادوریت)، آمفیبول، کلینوپیروکسن (دیوپسید) مینگهای مهم موجود در این سنگها هستند. شیمی بلورهای کلینوپیروکسن و خصور پیلوهایی از یک ماگمای بیگانه در سنگهای مافیک، اختلاط ماگمای سازنده این سنگها با یک ماگمای بازیک دیگر را نشان می دهد. احتمالاً این دو ماگما منشأ مشترکی داشتهاند. مطالعات پتروژنز بر اساس شیمی کلینوپیروکسن بیانگر قرار گیری سنگهای بازیک منطقه در محدودهٔ سریهای تولییتی تا کالکآلکالن است که وابسته به قوسهای آتشفشانی است.

مقدمه

حوضهٔ کلوت در بلوک یزد و شمال شرق اردکان قرار دارد (شکل ۱). این ناحیه در تقسیم بندی ساختاری ایران متعلق به گودال های حاشیهٔ ایران مرکزی و در حاشیهٔ بلوک طبس است (آقانباتی، ۱۳۸۳). ناحیهٔ مورد پژوهش در محدودهٔ طول جغرافیایی ۲۲°۲۲ شرقی و عرض جغرافیایی ۱۹

^۹۵۴ شمالی قرار دارد. مسیر دسترسی به این مکان در شکل ۲ مشخص شده است. زمین شناسی این ناحیه توسط Huber (۱۹۵۵) به نمایندگی از شرکت ملی نفت ایران و به منظور اکتشافات نفت مطالعه شده است. از ویژگی های این حوضهٔ بین قارهای، وجود تعداد زیاد گنبدهای نمکی، جوان بودن رسوبات و وجود شکل های بیابانی است.

* tabataba@sci.ui.ac.ir

www.SID.ir

خصوصیت شاخص سنگهای آذرین این ناحیه مجاورت آنها با گنبدهای نمکی است (Huber, مجاورت آنها با گنبدهای نمکی است (1955) (1955. این سنگها در نقشهٔ زمین شناسی اردکان ثبت نشدهاند.

زمينشناسي منطقه

(الف) زمین شناسی ساختمانی و ساختارها: حوضهٔ کلوت مجموعهای از ساختارهای دیاپیرهای نمکی، تاقدیسها و ناودیسهای جوان دوران سوم را شامل میشود. در این منطقه، گسلها ساختارهای مهمی هستند که بهطور کلی به سه دسته تقسیم میشوند (شکل ۳): (۱) گروه اول دارای راستای شمالباختر-جنوبخاور هستند که ساز و کار معکوس و در چند مورد راستا لغز راستگرد هستند؛ (۲) گروه دوم با امتداد شمال خاور - جنوبباختر، راستا لغز چپگرد و در نشان میدهند. گسل دهشیر و انار گسلهایی که در نشان میدهند. گسل دهشیر و انار گسلهایی که در خارج این حوضه قرار دارند و به سبب تأثیراتی که بر (شاهیسند، ۱۳۸۲).

(ب) چینهشناسی: در این حوضه، مجموعهای از رسوبات پالئوژن و نئوژن دیده میشود که شامل گلسنگهای نمکدار، ماسه سنگ و رسوبات نمک به سن پالئوژن هستند. تبخیریها یا رسوبات نمک این ناحیه بهعلت ایجاد گنبدهای نمکی مهم هستند (شکل ۳). دیاپیرهای منطقه کلوت اغلب دارای روند خاوری – باختری هستند که در برخی موارد، روند آنها به سمت شمالی – جنوبی متمایل می شود. محل رخنمون این ساختارها غالباً دو الگو را دنبال می کند، به این ترتیب





شکل ۲- مسیر دسترسی به منطقهٔ مورد نظر (برگرفته از نرمافـزار (Google Earth)

پنهانی که در لایههای پوششی وجود دارد و یا در محل تاقدیسهای موجود، تشکیل شدهاند. بنابراین، دیاپیرهای این ناحیه در دو گروه قابل تقسیمبندی هستند: (۱) دیاپیرهایی که بهصورت نفوذی در بین رسوبات فوقانی قرار می گیرند، و (۲) گنبدهای نمکی که در مجاورت صفحات ضعیف، مثل گسلها ایجاد شدهاند و بر اثر حرکات گسلی، نمکها نفوذ و به سمت بالا حرکت نمودهاند (ارفع نیا و صفایی، ۱۳۸۴).

(پ) **دیــد صـحرایی:** سـنگهـای آذریـن مـورد بررسـی بـهصـورت تپـههـای کـم ارتفـاع و محـدود رخنمون دارند. بررسـی سـاخت ایـن سـنگهـا دو نـوع سـنگ مافیـک و حـد واسـط را مشـخص مـیکنـد.

سنگهای بیرونی و نیمهعمیق منطقه در گروه سنگهای مافیک (بازالت و میکروگابرو) و سنگهای درونی در دامنه سنگهای حد واسط (میکرودیوریت) قرار می گیرند. با توجه به این که استوک درونی منطقه توسط بازالتها قطع شده استوک درونی منطقه توسط بازالتها قطع شده در تودههای بازیک منطقه پیلوهایی از یک ماگمای در تودههای بازیک منطقه پیلوهایی از یک ماگمای دیگر دیده می شود. این شکلها می تواند نشانه اختلاط ماگمایی باشد؛ همچنان که مطالعه شیمی کانی کلینوپیروکسن موجود در سنگهای بازیک و کانی منطقه، شواهدی از اضافه شدن ماگمای بازیک و داغی را به ماگمای در حال تبلور نشان می دهد.



شکل ۳- نقشـه زمـینشناسـی سـاده شـده حوضـه کلـوت بـر اسـاس Huber (۱۹۵۵) و اصـلاح شـده توسـط ارفـع نیـا و صـفایی (۱۳۸۴).

مناسب، برای مطالعات پتروگرافی انتخاب شدند. مطالعات کانی شناسی توسط میکروسکوپ پلاریزان OLIYMPOS مدل BH-2 در دانشگاه اصفهان انجام گرفت. برای مطالعات شیمی کانی ها در ۱ نمونه، ۸ نقطه کلینوپیروکسن با ولتاژ شتاب دهنده I5keV و شدت

روش انجام پژوهش برای انجام پژوهش روابط صحرایی بررسی شد و طی این بررسیها تعدادی از نمونههای منطقه برای مطالعات آزمایشگاهی برداشت و توسط دستگاه GPS تعیین مختصات شدند. سیس از میان آنها تعدادی نمونه شـتابدهنـده ۷ keV و شـدت جریـان ۱۵ I2 آنـالیز شدند (جدولهای ۱ و ۲). در محاسبهٔ فرمول سـاختاری کانیها و رسم دیاگرام از صفحهٔ گسترده Iremy Preston and John Still © 2001) شده است. جریان nA ازمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران توسط دستگاه میکروپروب Cameca مدل Sx-50 آنالیز شدند. همچنین، در ۳ نمونه، ۱۰ نقطه کلینوپیروکسن و ۱۰ نقطه پلاژیوکلاز در آزمایشگاه ALS دانشگاه دولتی مسکو، بهوسیلهٔ دستگاه میکروپروب JxA-8800 مدل JxA-8800 با ولتاژ

			•				.,		J. C.	0,
Sample No.	39	39	39	43	43	43	43	35	35	35
Location	39 - 18C	39 - 19R	39 - 20	43 - 21C	43 - 22R	43 - 23 M	43 - 24M	35 - 9C	35 - 10C - R	35 - 11R
SiO ₂	53.82	66.58	64.57	45.79	52.61	51.62	51.76	47.19	57.33	67.07
Al ₂ O ₃	28.84	21.53	18.46	34.15	28.97	30.08	30.2	34.06	27.35	20.8
FeO ^{total}	0.51	0.32	0.00	0.64	0.56	0.84	0.62	0.77	0.50	0.00
CaO	11.52	2.19	0.00	17.83	11.91	13.22	12.8	17.47	9.35	1.78
Na ₂ O	4.63	9.75	0.19	1.46	4.48	3.69	3.94	1.64	6.15	10.27
K ₂ O	0.57	0.58	16.41	0.00	0.42	0.36	0.35	0.00	0.43	0.57
BaO	0.00	0.00	0.36	0.36	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.89	100.95	99.99	100.23	99.31	99.81	99.67	101.13	101.11	100.49
Si	2.44	2.9	2.99	2.12	2.41	2.36	2.36	2.15	2.55	2.93
Al	1.54	1.11	1.01	1.86	1.57	1.62	1.63	1.83	1.44	1.07
Fe ^{II}	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.00
Ca	0.56	0.10	0.00	0.88	0.59	0.65	0.63	0.85	0.45	0.08
Na	0.41	0.82	0.02	0.13	0.40	0.33	0.35	0.14	0.53	0.87
K	0.03	0.03	0.97	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.03
Ba	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cation	5.01	4.97	5.00	5.02	5.02	5.01	5.01	5.01	5.01	4.99
An	55.98	10.67	0.00	87.09	58.05	65.04	62.91	85.48	44.54	8.46
Ab	40.72	85.97	1.73	12.91	39.51	32.85	35.04	14.52	53.02	88.32
Or	3.30	3.36	98.27	0.00	2.44	2.11	2.05	0.00	2.44	3.23

جدول ۲- نتایج آنالیز مایکروپروب بلورهای پیروکسن (تعدادی از این بلورها به آمفیبول دگرسان شدهاند) (اختصارات مانند جدول ۱)

Sample No.	35	35	35	39	39	43	43	43	43	43	K	K	K	K	K	K	K	K
Location	1C	2C - R	3R	6	8	9C	10C - R	11R	12M	13M	1(C)	1(R)	2(C)	2(R)	3(C)	3(C - R1)	3(C - R2)	3(R)
SiO ₂	52.25	52.55	52.13	52.28	53.88	51.33	49.77	47.02	49.13	49.42	51.61	51.15	50.78	48.59	51.23	50.55	49.74	50.66
TiO ₂	0.25	0.33	0.47	0.00	0.00	0.00	1.04	1.11	0.97	1.03	0.43	0.53	0.57	0.94	0.37	0.37	0.49	0.66
Al ₂ O ₃	3.95	1.66	2.84	0.47	0.72	4.37	4.65	6.37	4.20	4.66	2.78	3.33	3.63	5.58	3.18	4.21	5.62	3.30
Cr ₂ O ₃	0.48	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	4.78	10.07	6.19	11.93	3.97	4.66	7.60	9.16	9.70	9.71	5.34	6.38	4.84	7.05	9.75	5.47	5.42	6.66
MnO	0.00	0.37	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.16	0.18	0.01	0.03	0.13	0.00	0.00	0.05
MgO	16.19	13.77	16.10	11.92	16.44	16.27	14.23	12.35	14.00	13.86	16.64	15.58	16.16	13.91	14.99	15.99	15.17	15.37
CaO	22.39	21.72	22.82	21.41	24.62	22.20	22.53	22.04	21.12	21.04	22.75	23.08	23.19	22.61	18.39	22.40	22.68	22.63
Na ₂ O	0.42	0.72	0.34	0.61	0.54	0.44	0.49	0.37	0.41	0.42	0.17	0.17	0.27	0.33	0.62	0.46	0.41	0.30
K ₂ O	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.06	0.03
TOTAL	97.00	97.00	98.00	95.00	96.00	97.00	97.00	97.00	97.00	97.00	99.95	100.70	99.61	99.17	98.79	99.56	99.79	99.92
Si	1.96	2.01	1.95	2.08	2.02	1.92	1.87	1.81	1.87	1.89	1.89	1.87	1.86	1.81	1.92	1.85	1.83	1.87
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02
Al ^{IV}	0.04	0.00	0.05	0.00	0.00	0.08	0.13	0.19	0.13	0.11	0.11	0.13	0.14	0.19	0.08	0.15	0.18	0.13
Al ^{VI}	0.09	0.05	0.04	0.00	0.00	0.09	0.05	0.08	0.05	0.07	0.01	0.02	0.02	0.05	0.06	0.04	0.07	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ²⁺	0.13	0.32	0.17	0.37	0.10	0.13	0.20	0.24	0.22	0.29	0.07	0.10	0.05	0.11	0.26	0.05	0.06	0.10
Fe ³⁺	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.07	0.00	0.09	0.10	0.10	0.11	0.05	0.12	0.11	0.10
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.90	0.75	0.89	0.66	0.91	0.90	0.80	0.69	0.80	0.75	0.91	0.85	0.88	0.77	0.84	0.87	0.83	0.85
Ca	0.89	0.87	0.88	0.90	0.98	0.89	0.90	0.91	0.86	0.87	0.89	0.91	0.91	0.90	0.74	0.88	0.89	0.89
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.02
К	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cation	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Wo	46.43	44.78	44.95	46.78	49.38	46.43	46.87	48.12	44.21	45.54	45.33	46.27	46.89	47.61	39.15	45.79	47.23	45.94
En	46.98	38.57	45.48	34.09	45.80	46.98	41.50	36.52	41.01	39.23	46.13	43.46	45.46	40.76	44.42	45.48	43.96	43.41
Fs	6.59	16.65	9.57	19.13	4.82	6.59	11.64	15.37	14.79	15.23	8.55	10.28	7.65	11.64	16.43	8.73	8.81	10.64

مطالعات پترو گرافی بر اساس مشاهدات صحرایی و بررسیهای پترو گرافی، سنگهای ناحیهٔ مورد نظر در دو گروه بازیک و حد واسط و سنگهای مافیک منطقه در دو گروه سنگهای آتشفشانی و نیمهعمیق جای می گیرند. کانیهای موجود در این سنگها مشابه هستند. میزان فلدسپار و کانیهای مافیک این سنگها برابر هستند (فلدسپار حدوداً ۴۰ تا ۶۰ درصد و کانیهای مافیک ۳۵ تا ۵۵ درصد حجمی سنگ). بافت اصلی و غالب در این سینگها اینتر گرانولار است (شکل ۴۰ الف).

۴- پ) کانیهای اصلی، و الیوین، بیوتیت، کانههای کدر و آپاتیت کانیهای فرعی را شامل می شوند. کانیهای ثانویــه شــامل: کلریــت (حاصـل از آلتراسـیون کلینوپیروکسن و بیوتیت)، پرهنیت (حاصل از آلتراسیون پلاژیــوکلاز)، اکتینولیــت (حاصـل از آلتراسـیون کلینوپیروکسـن)، هورنبلنـد اکتینـولیتی (حاصـل از کلینوپیروکسـن)، اسـفن (حاصـل از آلتراسـیون کلینوپیروکسن)، آلبیت (حاصل از دگرسانی پلاژیوکلاز) و کانـههای کـدر (حاصـل از دگرسانی الیـوین، کلینوپیروکسن و بیوتیت) هستند. سنگهای حد واسـط منطقه میکرودیوریت نامیده می شوند.



شکل ۴- الف) بافت اینترگرانولار در سنگ مافیک، ب) کانی کلینوپیروکسن در سنگ مافیک، پ) بلور پلاژیـوکلاز در سـنگ مافیک، ت) بافت اینترگرانولار در سنگ حد واسط و نمایش کانیهای پلاژیوکلاز و آمفیبول در این سنگ.

مگاکریستالهای آمفیبول با رنگ تیره و دوکی شکل بهراحتی در این سنگها قابل تشخیص هستند. در

مشاهدات پتروگرافی دارای بافت اینترگرانولار بوده، پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین و آمفیبول با چند رنگی

سبز زیتونی کانیهای اصلی این سنگها هستند (شکل ۴-ت). كانى هاى فرعى شامل كلينو پيرو كسن (دیوپسید)، آپاتیت، اسفن (شکلهای گوهای و با بیرفرنژانس قوی)، فلدسپار پتاسیم (ارتوکلاز) و کانههای كدر هستند. كانىهاى ثانويه آلبيت، يرهنيت، اكتينوليت و کلریت را شامل می شوند.

بحث

پیروکسنهای موجود در سنگهای مورد بررسی (سنگهای مافیک و حد واسط) از نوع کلینوپیروکسن بوده، به صورت فنوکریست و میکروکریست دیده می شوند. کلینوییرو کسین های مورد نظر غالباً دارای منطقەبندى ھستند. بر اساس تقسيمبنىدى Morimoto و همکاران، ۱۹۸۸ پیروکسانها در چهار گروه قرار می گیرند که عبارتند از: _ ييروكسن هاى Ca-Mg-Fe (Quad)؛ _ پیروکسن های Ca-Na (Ca-Na)؛ _ يېروكسن هاى (Na) _ ييروكسنهاى ديگر (Others). M در این چهار گروه M_1 و M_2 هر دو به عنوان مکان در نظر گرفته می شوند که کاتیون های Fe ، Mg ، Ca و Na را شامل میشود. در دیــــاگرام Q-J، Q و J بــــهصــورت Q=Ca+Mg+Fe(II) و J=2Na و Q=Ca+Mg+Fe(II) کلینوییروکسین هیای منطقه (فنوکریسیت و میکروکریست) در موقعیت Quad تصویر مے شوند (شـکل ۵). بـا توجـه بـه قرارگيـری پيروکسـنهـا در منطق ، Quad، میں توان از دیاگرام Wo-En-Fs برای تعیین نوع آن ها استفاده نمود (Morimoto) et al., 1988). بر این اساس، ترکیب این کانی در محدوده دیویسید تصویر شده است (شکل ۶).





بررسى منطقه بندى كلينو پيروكسن هاى موجود در سنگهای بازیک منطقه نشان میدهد که میزان آهن تعدادی از کلینوپیروکسنها، در برخی از حلقههای منطقهبندی این کانی کاهش می یابد.

www.SID.ir

این در حالی است که طی تفریق بلوری میزان این عنصر از مرکز به حاشیه باید افزایش یابد. این حالت میتواند دلیلی بر اختلاط ماگمای سازنده این سنگها با ماگمایی بازیک باشد (Sakuyama) (1984. با توجه به این که نوع تمام زونهای کلینوپیروکسن دیوپسید است و فقط در میزان آهن متفاوتند، احتمالاً ماگماهای اختلاطیافته ماهیت مشابهی دارند (شکل ۲).



تعیین شـرایط تبلـور کلینوپیروکسـنهـای موجـود در سنگهای بازیک منطقه

تحقیقات تجربی انجام گرفته در سنگهای بازالتی نشان میدهد که میزان ^{IVI} در کلینوپیروکسن به فشار وابسته است (Thompson, 1974). این مسأله اساس دیاگرام ارائه شده توسط نما م و Aoki (۱۹۷۳) است. در این دیاگرام بر اساس ^{IVI} در برابر ^{II} کلینو پیروکسنها در فشار پایین تا متوسط و هنگام صعود ماگما تشکیل شدهاند (شکل ۸). توزیع آلومینیم در جایگاه تتراهدری واکتاهدری کلینوپیروکسن روشی مناسب برای تخمین درصد تقریبی آب ماگماست Helz, 1973). بر اساس دیاگرام Helz

(۱۹۷۳) میزان آب ماگما در حدود ۱۰ درصد است که با توجه به حضور کانیهای آبدار مثل بیوتیت منطقی است (شکل ۹).





برای تعیین فوگاسیته اکسیژن ماگمای سازنده سنگهای آذرین کلوت از دیاگرام Al^{VI}+2Ti+Cr در برابر Na+Al^{IV} استفاده شد , Schweitzer *et al.* (Schweitzer *et al.* استفاده شد , 1979. بر اساس این دیاگرام میتوان گفت شرایط محیطی تشکیل این سنگها دارای فوگاسیته متغیری از اکسیژن بوده است. بیشتر نمونههای تصویر شده در این دیاگرام در محدوده فوگاسیته پایین اکسیژن قرار گرفتهاند (شکل ۱۰).



متغیر برای میزان اکسیژن در محیط تبلور ایـن کـانیهـا را نشـان میدهد (Schweitzer *et al.*, 1979).

تعیین تکتونیک ماگمای مافیک منطقه بر اساس شیمی کلینوپیروکسن

ترکیب کلینوپیروکسنها متأثر از شیمی گدازه میزبان آنهاست. این خاصیت سبب میشود تا این کانی بتواند تفاوت موجود بین انواع مختلف ماگماهای بازالتی را مشخص نماید. در دیاگرامهای ارائه شده، از ترکیب فنوکریستها استفاده شد. بررسیهای حلینوپیروکسن به همکاران (۱۹۸۲) بر وابستگی ترکیب کلینوپیروکسن به ترکیب شیمیایی ماگمای سازنده آنها تأکید دارد. این امر اهمیت کلینوپیروکسنها درتعیین سری ماگمایی و در نهایت، موقعیت تکتونوماگمایی سنگ میزبان را مشخص میکند.

بر اساس دیاگرام Ti در برابر Ca+Na از Leterrier و همکاران (۱۹۸۲) که متمایز کننده ترکیبات آلکالن از بازالتهای قوسی است، بیشتر نمونهها به ترکیب تولییتی تا کالکآلکالن گرایش دارند (شکل ۱۱- الف).

دیاگرام Ti+Cr در مقابل Ca برای جدایش بازالت قوس آتشفشانی از بازالتهای تولییتی ارائه شده است. بر اساس این دیاگرام کلینوپیروکسنهای سنگهای منطقه در محدودهٔ بازالتهای وابسته به قوس قرار میگیرند (Leterrier *et al.*, 1982)

قرارگیری نمونهها در دیاگرام Ti در برابر Al^{total} از Leterrier و همکیاران (۱۹۸۲) نشیان میدهد که نمونهها ماهیت تولییت قوس تا کالکآلکالن دارند (شکل ۱۱– پ).

در دیاگرام F1-F2 بر اساس شیمی کانی کلینوپیروکسن، محیط تکتونیکی سنگهای میزبان این کانیها تعیین میشود (Nisbet and) Pearce, 1977, بسنگهای ناحیه مرورد مطالعه در محدوده بازالتهای ناحیه مرورد مطالعه در محدوده بازالته مانهای آتشفشانی قرار میگیرند (شکل ۱۲). مقادیر F1 و F2 طبق فرمولهای ارائه شده محاسبه شده است:

(الف)





شکل ۱۱- استفاده از ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن برای تعیین سری ماگمایی (Leterrier *et al.*, 1982): الف) در دیاگرام -Ti Ca+Na بیشتر نمونهها در قلمرو بازالتهای تولییتی و کالکآلکالن قرار گرفتهاند. ب) در نمودار Ti+Cr-Ca نمونهها در موقعیت قوس آتشفشانی قرار گرفتهاند. پ) در دیاگرام Ti-Al^{total} نمونهها در دو محدوده بازالتهای تولییت جزایر قوس و کالکآلکالن تصویر شدهاند (T = بازالت تولییتی و کالکآلکالن، A = آلکالیبازالت، O بازالت قوس آتشفشانی، D = مورب و سایر تولییتهای زون



شکل ۱۲- تعیین موقعیت تکتونوماگمایی سنگهای آتشفشانی ناحیه با استفاده از ترکیب کلینوپیروکسن. در دیاگرام F1-F2 بازالتها در محدودهٔ قوسهای آتشفشانی تصویر میشوند (Nisbet) OFB در محدودهٔ قوسهای آتشفشانی تصویر میشوند (OFB = بازالت قوس آتشفشانی، OFB بازالت کف اقیانوسی، WPT = تولییت درون صفحه).

فلدسپار

فلدسپارهای مورد مطالعه در سنگهای مافیک در مواردی منطقهبندی نشان میدهند. بر اساس قرارگیری أنها در نمودار Or-Ab-An، منطقه بندى فلدسهارها عادی بوده، در مرکز کلسیکتر هستند (Deer et al., عادی بوده، در مرکز (1992. گروهی از این کانی ها در مرکز بیتونیت و در حاشیه ترکیب لابرادوریت نشان میدهند (شکل ۱۳). گروه دیگری نیز در مرکز بیتونیت، در بخش میانی أندزين و در حاشيه آلبيت هستند (شكل ١٣). مطالعه ريـز بلـورهـای پلاژیـوکلاز موجـود در زمینـه ترکیـب لابرادوریت نشان میدهند (شکل ۱۳). در سنگهای بازيک منطقه، ترکيب پلاژيوکلاز تا آلبيت کشيده شده است. همچنین، نمک در مجاورت این سنگها وجود دارد. می توان نقش متاسوماتیسم سدیک را در ایجاد آلبیت ذکر نمود. بر اساس مشاهدات پتروگرافی فلدسپار موجود در سنگ های حد واسط شامل پلاژیوکلاز و فلدسپار آلکالن هستند. قرارگیری نمونهها در دیاگرام

Or-Ab-An نشاندهندهٔ منطقهبندی عادی در این کانیهاست. منطقهبندی در پلاژیوکلازها به گونهای است که در مرکز لابرادوریت و در حاشیه الیگوکلاز هستند. فلدسپارهای آلکالن در این سنگها جزو کانیهای فرعی محسوب میشوند. بر اساس دیاگرام Or-Ab-An این کانیها ارتوکلاز نام گذاری شدهاند (Deer et al., 1992) (شکل ۱۳).



نتيجهگيرى

با توجه به مطالعات پتروگرافی و شیمی کانیها نتایج زیر حاصل شد:

(۱) سنگهای آذرین منطقه کلوت مربوط به ترشیری هستند و در مجاورت دیاپیرهای نمکی دوران سوم برونزد یافتهاند. واحدهای سنگی منطقه دو ترکیب بازیک و حد واسط را شامل می شوند.

(۲) مهم ترین بافت های مشاهده شده در هر دو

(۳) در ســنگهـای بازیـک، پلاژیـوکلاز و کانیهای مافیک تقریباً برابر هسـتند. ترکیـب پلاژیوکلاز در ایـن سـنگها از بیتونیـت تـا آلبیـت تغییر می کنـد. آلبیـت بـهعلـت متاسوماتیسـم سـدیک ایجاد شـده است. پلاژیوکلازها منطقـهبنـدی عادی نشـان مــیدهنـد. دیوپسـید ترکیـب کلینوپیروکسـنهاسـت کـه در مـواردی بخشـی از حلقـههای آن، از نظـر میـزان آهـن منطقـهبنـدی معکـوس نشـان مـیدهـد. الیـوین، بیوتیـت و آپاتیـت معکـوس نشـان مـیدهـد. الیـوین، بیوتیـت و آپاتیـت آلبیـت و پرهنیـت کـانیهـای حاصـل از آلتراسـیون را تشکیل میدهند.

گروه سنگ اینتر گرانولار هستند.

(۴) در سنگهای حد واسط پلاژیوکلاز (لابرادوریت تا الیگوکلاز) و آمفیبول کانیهای اصلی هستند. کلینوپیروکسن (دیوپسید)، الیوین، ارتوکلاز، آپاتیت و اسفن کانیهای فرعی هستند. کانیهای حاصل از دگرسانی تفاوتی یا سنگهای مافیک ندارد.

(۵) بـا توجـه بـه شـيمی کلينوپيروکسـن، ماهيـت ماگما مربوط به محيط فرورانش است.

(۶) شرایط فیزیکی تشکیل کلینوپیروکسنها تبلور در فشار پایین تا متوسط و در هنگام صعود ماگما بوده است.

(۷) شـرایط شـیمیایی تشکیل ایـن کـانیهـا در محیطـی بـا اکسـیژن متغیـر بـوده، میـزان آب ماگمـا حدود ۱۰ درصد تخمین زده میشود.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت های معاونت آموزشی و گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان برای فراهم آوردن امکانات این تحقیق صمیمانه تشکر و دانشـگاه دولتـی مسـکو بـهخـاطر آنـالیز نقطـهای نمونهها بی نهایت سیاسگزاری می شود.

منابع

- آقانباتی، ع. (۱۳۸۳) زمینشناسی ایران. سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران. ارفع نیا، ر. و صفایی، ه. (۱۳۸۴) دیاپیریسم نمک در حوضه کلوت (شمال خاور اردکان). فصلنامه علومزمین ۵۶: ۱۶–۲۵. شاهپسند، ع. (۱۳۸۲) تحلیل دگرریختیهای مرتبط با بالاآمدگی مواد تبخیری در ناحیهٔ کلوت. پایاننامه کارشناسیارشد، پژوهشگاه علوم زمین سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ایران.
- Aoki, K. and Shiba, I. (1973) Pyroxnes from lherzolite inclusions of Itinome gata Japan. Lithos 6: 41-51.
- Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1992) An Introduction to the Rock forming Minerals. London, Longman.
- Green, T. H. (1972) Crystallization of calc alkaline andesite under controlled high pressure hydrous condition. Contributions to Mineralogy and Petrology 34: 367-385.
- Helz, R. T. (1973) Phase relations of basalts in their melting ranges at pH2O = 5 kb as a function of oxygen fugacity, Part I, Mafic phases. Journal of Petrology 14: 249-302.
- Huber, H. (1955) Geological report on the Ardekan, kalut Central Iran. Iranian oil company GR144.
- 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 and Planetary Science Letters 59: 139-154.
- Morimoto, N., Fabrise, J., Ferguson, A., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G. (1988) Nomenclature of pyroxene. Mineralogical Magazine 52: 535-555.
- Nisbet, E. G. and Pearce, J. A. (1977) Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings. Contributions to Mineralogy and Petrology 63: 149-160.
- Sakuyama, M. (1984) Magma Mixing and Magma plumbing Systems in Island Arcs. Bulletin of Volcanology 47: 685 703.
- Schweitzer, E. L., Papike, J. J. and Bence, A. E. (1979) Statistical analysis of clinopyroxenes from deepsea basalts. American Mineralogist 64: 502-513.
- Thompson, R. N. (1974) Some high pressure pyroxnenes. Mineralogical Magazine 39: 768-787.

The petrography and mineral chemistry of the volcanic rocks associated with salt domes (Northeast of Ardakan, Yazd province)

Sayed Mohsen Tabatabaei Manesh *, Maryam Massah, Homayon Safaei and Morteza Sharifi

Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

The Kalut area is located at about 70 km northeast of Ardakan (Yazd), which is a part of the structural zone of Central Iran (Yazd block). The igneous rocks of the area belong to Tertiary and are subdivided into intermediate (microdiorite) and basic rocks (basalt and microgabbro). The majority of these rocks show intergranular textures. Plagioclase (albite to bytownite), clinopyroxene (diopside) and olivine are the main minerals of basic rocks. Mica (biotite), apatite and Fe-Ti oxides are accessory minerals. Albite, calcite, chlorite, epidote, amphibole, opaque, sphene, prehnite formed during alteration process. The main textures of intermediate rocks are intergranular. Plagioclase (oligoclase to labradorite), amphibole and clinopyroxene (diopside) are the significant minerals of the aforementioned rocks. The chemistry of clinopyroxenes and the existence of pillows in exotic magmas of mafic rocks, imply that during formation of magma it was mixed with another basic magma, which the nature and the sources of these magmas were likely similar. The results of petrogenetic studies by using mineral-chemistry of clinopyroxene indicate that the composition of magma is tholeiitic to calcalkali basalts which is related to volcanic arc zone.

Key words: Basalt, Volcanic, Clinopyroxene, Tertiary, Salt dome, Kalut, Yazd