

## پتروگرافی و شیمی کانی منشورهای بازالتی جنوب شهرستان گرمی (جنوب حوضه تالش)

محمد مبشر گرمی<sup>۱\*</sup> و رضا زارعی سهامیه<sup>۱</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان

نویسنده مسئول: m.mobashergermi@yahoo.com\*

دریافت: ۹۳/۴/۲۴ پذیرش: ۹۳/۹/۹

## چکیده

منطقه مورد مطالعه در ۹ کیلومتری جنوب گرمی و ۵۲ کیلومتری شمال استان اردبیل واقع شده است. این منطقه از نظر ساختاری در جنوب زون تالش قرار دارد و سنگ‌های آتشفشانی آن بیش‌تر از جنس بازالت با ساخت منشوری می‌باشد. کانی‌های الیوین، پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن به همراه کانی فرعی تیتانوماگنتیت، تشکیل دهنده‌های سنگ می‌باشند. ضمناً کلسیت و سرسیت و کلریت به همراه مقدار کمتری ایدنگزیت کانی‌های ثانویه هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که فنوکریست‌های فلدسپار عمدتاً از جنس لابرادوریت بوده و کلینوپیروکسن‌های سنگ‌های مورد مطالعه در گستره‌ی ترکیب شیمیایی محدوده‌ی اوژیت قرار می‌گیرد. کلینوپیروکسن‌ها و الیوین‌ها از یک ماگمای آلکان تشکیل شده و به ماگماتیسیم حوضه پشت قوس وابسته هستند. دما - فشارسنجی کلینوپیروکسن‌ها نشان می‌دهد که این کانی‌ها در فشار حدود ۵ کیلو بار و دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد از ماگما متبلور شده‌اند. کانی‌های ثانویه کلریت این سنگ در محدوده‌ی دیابانیت قرار گرفته و از نظر ترکیب شیمیایی و زوناسیون دمایی دارای دو مرحله آلتراسیون می‌باشند که نشانگر عوامل مختلف متأثرکننده تولید این کانی ثانویه است.

واژه‌های کلیدی: سری آلکان، بازالت، دمافشارسنجی، پیروکسن، گرمی، تالش.

## مقدمه

بسیاری از موارد، در همان مراحل کشش‌های آغازین به صورت نواحی فروافتاده پشت کمائی باقی می‌مانند مثل مناطق فروافتاده مرکزی قاره آمریکا در پشت کمان ماگمایی آند که به این صورت تشکیل شده است [۳۰]. با مطالعه شیمی کانی‌های مختلف سنگ‌های تشکیل دهنده یک توده می‌توان شرایط دما و فشار (عمق) تشکیل و سری ماگمایی و شرایط آلتراسیون در آن را تخمین زد. زمین‌شناسانی مانند [۲۶ و ۲۸] از روی ترکیب پیروکسن‌ها، دمای تشکیل سنگ را تخمین زده‌اند. هم‌چنین از روی ترکیب کلینوپیروکسن و با زوج کانی آلکالی فلدسپار - پلاژیوکلاز می‌توان فشار (عمق) تشکیل در سنگ‌ها را به دست آورد [۱۴ و ۲۳] و نیز می‌توان برای تعیین سری ماگمایی و محیط تکنونیک از ترکیب کانی‌های کلینوپیروکسن بهره گرفت [۲۱]. ترکیب شیمیایی کانی‌هایی نظیر، کلینوپیروکسن و پلاژیوکلاز برای رسیدن به شرایط دما-فشارسنجی زمان تشکیل توده سنگی بکار برده می‌شود. هدف این پژوهش بررسی کانی‌شناسی و مطالعه شیمی کانی‌ها به منظور تعیین نام دقیق در خانواده سیلیکاته آن‌ها و تعیین دما و فشار

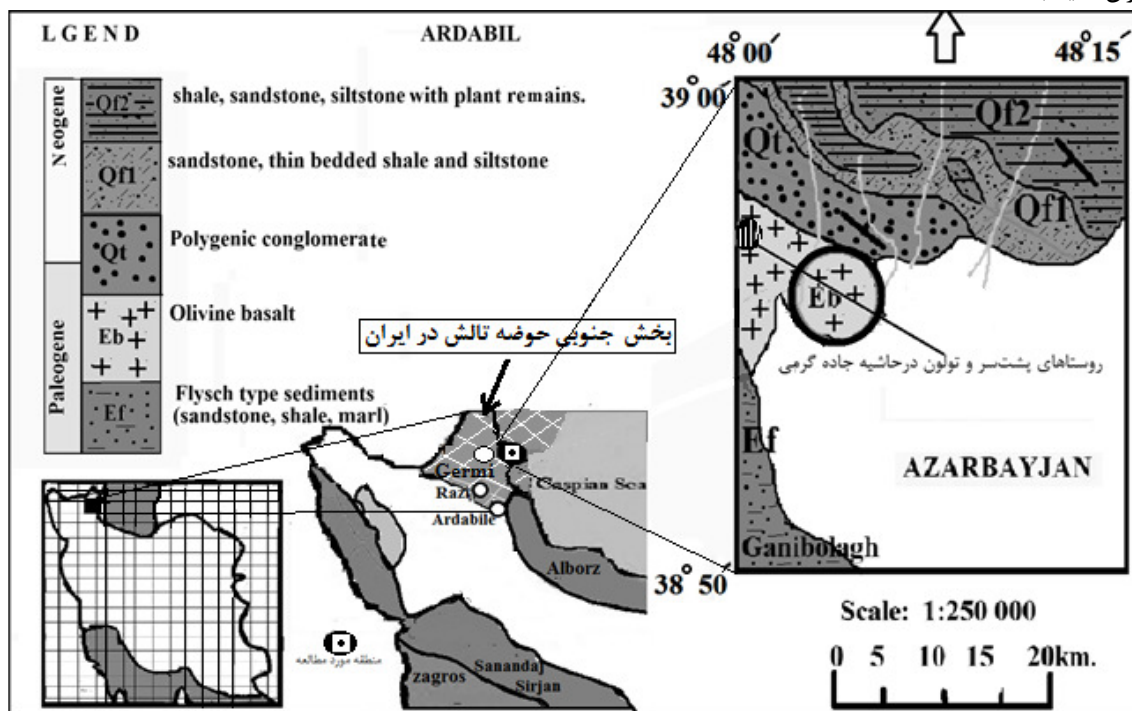
کانی‌های عمومی بازالت شامل پلاژیوکلاز با یک یا چند نوع پیروکسن به همراه کانی‌های فرعی همچون اولیوین در زمینه‌ای از شیشه و میکروولیت می‌باشد [۲۷]. بازالت‌های حوضه قاره‌ای استعداد آرایش به پوسته را در مراحل اولیه فوران دارند و دبی منشوری و اینترتابلار ساخت شاخص آن‌ها است [۱۱]. در پشت کمان‌های ماگمایی دبی اینترتابلار با تکامل حوضه جای خود را به منشورهای بازالتی می‌دهد [۱۱]. بازالت‌های پشت کمان ماگمایی بیش‌تر از نوع آلکالی الیوین بازالت با کلینوپیروکسن‌های تیتانیوم بالا (اوژیت) همراه کانی فرعی تیتانوماگنتیت‌های نیمه شکل‌دار می‌باشند اما بازالت‌های حوضه‌های اقیانوسی دبی پیلولوایی و ترکیب توله‌ایتی فاقد الیوین دارند [۲۵]. برخلاف بازالت‌های آلکان قاره‌ای، در نورم بازالت‌های توله‌ایتی، نفیلین ظاهر نمی‌شود [۱۳]. بازالت‌های پشت کمائی در بسیاری از نواحی فعال حاشیه قاره‌ای تشکیل می‌شوند. در مناطق پشت کمائی، گاه کشش‌ها آن قدر تداوم دارند که تشکیل پشته میان اقیانوسی را موجب می‌شوند مانند (دریای ژاپن) اما در

این منطقه در میوسن یک کانال ارتباطی بین دریای خزر و دریای سیاه بوده است که در اواخر میوسن تا کواترنری تحت اثر کوهزایی آتیکن از آب خارج شده است [۱۲]. در تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی ایران، آن را جزء البرز غربی در نظر گرفته بودند اما [۲] آن را جزء فرو افتادگی خزر محسوب کرده است. مطالعات اخیر، حوضه ی تالش و دشت مغان را جزء حوضه ی رسوبی قفقاز کوچک در نظر گرفته و کوهزایی آتیکن را عامل تبدیل گسل‌های نرمال به معکوس طی حاکمیت رژیم فشارشی دانسته که باعث نهشته شدن سازند زیوه شده است [۱۶]. گسل آستارا (تالش) با راستای شمالی- جنوبی از شرق، منطقه را محدود کرده است که ریخت‌شناسی ناحیه به عملکرد معکوس و افت زیاد بین ارتفاعات تالش و دریای خزر اشاره دارد [۵] به عقیده‌ی [۱۹] زون تالش مربوط به خط درز پالئوتتیس اول می‌باشد. بازالت‌های پشت سر در جنوب شهرستان گرمی دارای فاسیس منشوری می‌باشد که مورد بررسی می‌باشد. طبق بررسی‌های [۴] این بازالت‌ها مرتبط با فروانش دریای سیاه به زیر ارمنستان جنوبی بوده و داده‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی نشان می‌دهد ماهیت آکالان داشته و با حوضه پشت قوس کمان ارمنستان مرتبط است و در ائوسن میانی تا ائوسن پسین فوران داشته است.

تشکیل سنگ‌های منشورهای بازالتی منطقه برای شناخت سری و محیط تشکیل و دمای آلتراسیون کانی‌های آن با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز ریز پردازشگر الکترونی کانی‌های کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، الیوین و کلریت می‌باشد.

### زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۹ کیلومتری جنوب گرمی و ۵۲ کیلومتری شمال اردبیل، بین طول‌های جغرافیایی  $48^{\circ}00'$  تا  $48^{\circ}15'$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $39^{\circ}00'$  تا  $38^{\circ}50'$  شمالی واقع شده است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه به صورت نوار آتشفشانی با روند تقریبی شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد که از روند کلی کوه‌های تالش، تبعیت می‌کند. منطقه دارای منشورهای بازالتی می‌باشد و بر اساس مطالعاتی که برای تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل صورت گرفته است، تشکیل این مجموعه آتشفشانی به ائوسن پسین نسبت داده شده است [۳]. با توجه به اهمیت این مجموعه آتشفشانی و موقعیت زمین‌شناختی آن، مطالعه ویژگی‌های پترولوژیکی و ژئوشیمی این مجموعه می‌تواند در جهت شناخت چگونگی تکامل پترولوژی ساختاری شمال غرب ایران مفید باشد.



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه اقتباس از [۳].

هیالومیکروپورفیری را ایجاد می‌کنند (شکل ۲- D) و گاهی به همراه کانی‌های اپیک بافت گلومروپورفیریک ایجاد کرده‌اند (عکس ۲- E). برخی کلینوپیروکسن‌ها دوقلویی کارلسباد نشان می‌دهند (شکل ۲- F). آلتراسیون در کلینوپیروکسن‌ها کانی‌های ثانویه شامل: کلریت-کلسیت-ژئولیت ایجاد کرده است (شکل ۲- G).

فنوکریست‌های الیوین بیش‌تر به صورت شکل‌دار می‌باشند که طی تجزیه به ایدنگزیت تبدیل شده‌اند. در برخی موارد تجزیه کانی تا حدی بوده که کانی اولیه اسکلتی باقی مانده است. از آلتراسیون الیوین ایدنگزیت ایجاد شده است (شکل ۲- H).

در مقاطع مورد بررسی، کانی‌های اوپیک، کانی فرعی بوده و نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار و در ابعاد مختلف به صورت فنوکریست تا میکرولیت در خمیره وجود دارند. برخی از کانی‌های اوپیک به صورت ۴ تا ۶ گوش بوده و کانی‌های تیتانومگنتیت یا مگنتیت می‌باشد [۱۷] (شکل ۲- K). افزایش سیلیس ماگمای در حال صعود می‌تواند با افزایش اندازه پلاژیوکلازها و بافت شاخص هیالومیکرولیتی توأم باشد [۲۹].

#### بررسی شیمی کانی‌های اصلی منشورهای بازالتی

آنالیزها توسط مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران با دستگاه آنالیز نقطه‌ای مدل Cameca SX100. ساخت شرکت Cameca ساخت کشور فرانسه؛ در شرایط ولتاژ ۱۵ Kev و آمپراژ ۲۰ nA انجام شده است. این آنالیزها بر روی کانی‌های مختلف ۵ مقطع میکروسکوپی سنگ با دقت در حد ppm اندازه‌گیری شده‌اند که فرایند کالیبره شدن دستگاه نیز به صورت Al/Cr, Si/W, C/W, Na/Ab, K/Or, Mn/MnSiO<sub>3</sub>, Fe/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mg/MgO, Ti/TiO<sub>2</sub> انجام گرفته است. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای:

Minpet, tridraw, GCDkit2.1.1 نمودارهای لازم ترسیم و تفسیر شده‌اند. از این ۳۲ نقطه، ۴ نقطه مربوط به الیوین (جدول ۱)، ۷ نقطه مربوط به کلینوپیروکسن (جدول ۲)، ۱۱ نقطه از پلاژیوکلازهای فنوکریست و میکرولیت زمینه در مقاطع طبق (جدول ۳) و ۱۰ نقطه از کلریت‌ها در حاشیه و مرکز در قسمت‌های مختلف مقاطع (جدول ۴) می‌باشد.

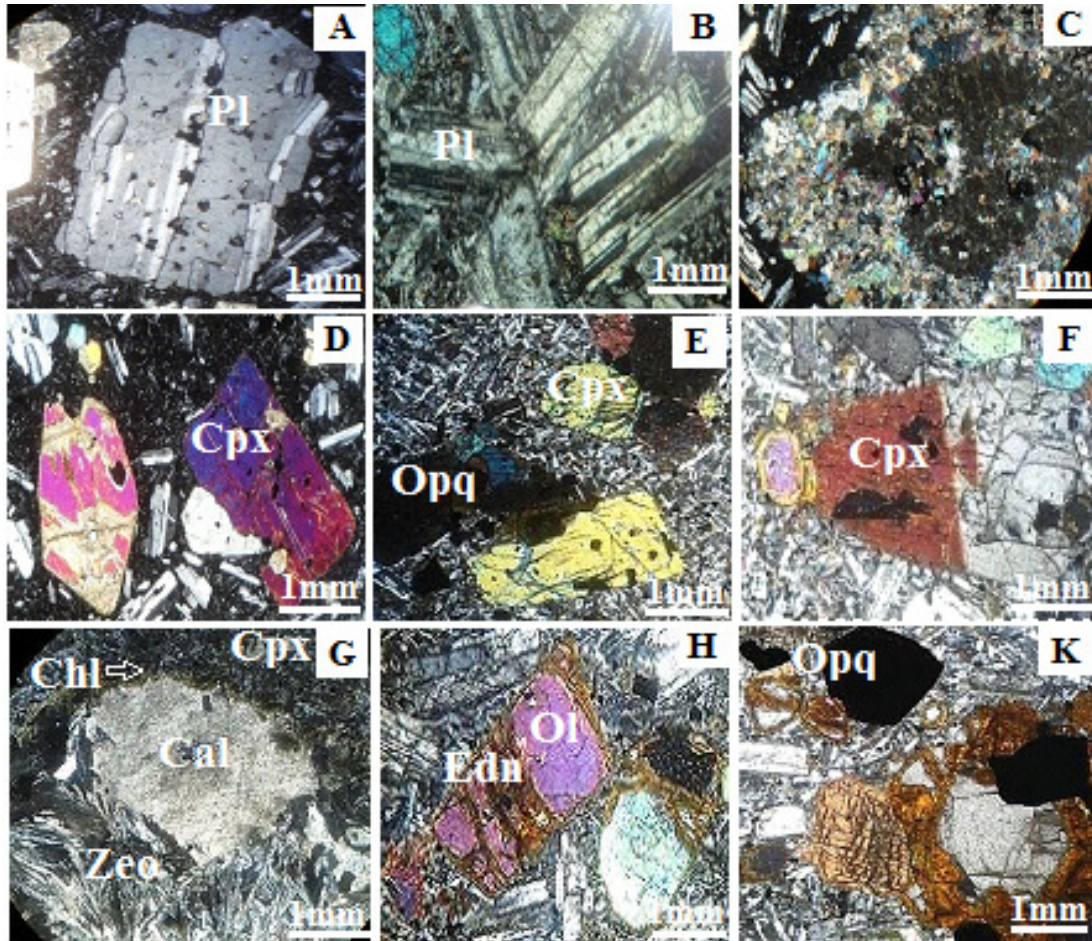
این بازالت‌ها بین لایه‌های رسوبی ائوسن زیرین تا میانی قرار گرفته است و در نمونه‌های دستی تیره رنگ بوده پیروکسن‌های قابل رویتی دارد. ضخامت این بازالت در منطقه حدود ۱۳۰۰ متر می‌باشد اما در شمال زون تالش به علت افزایش ضخامت رسوبات بالایی رویت نمی‌شود [۱]. ساخت بازالت‌ها منشوری بوده و در نمونه‌های دستی حواشی سنگ تحت اثر آلتراسیون به همراه آب تولید لیمونیت و گوتیت کرده است.

#### پتروگرافی منشورهای بازالتی پشت سر

کانی‌های اصلی کلینوپیروکسن (اوژیت) و پلاژیوکلاز و الیوین بوده و کانی‌های ریز پلاژیوکلاز و اپیک و مقدار بسیار کمی شیشه زمینه سنگ را به وجود آورده‌اند و کانی فرعی در مقاطع تیتانومگنتیت می‌باشد و ژئولیت، کلسیت کلریت، سرسیت و ایدنگزیت کانی‌های ثانویه هستند. بافت غالب سنگ‌های منطقه هیالومیکروپورفیریتیک است. بافت‌های هیالوگومروپورفیریک و اسفرولیتی از بافت‌های دیگر این سنگ‌ها هستند. برخی درشت بلورهای اوژیت طی رشد بخش مرکزی ادخال‌های ریز میکرولیت پلاژیوکلاز و بلورهای الیوین دگرگون‌شده دارند که می‌تواند ناشی از رشد سریع و نامتعادل بخش مرکزی بلور باشد [۶]. همگی نمونه‌های مورد مطالعه بازیگ بوده و ترکیب کانی‌شناسی مشابهی دارند. علائم بکار رفته برای معرفی کانی‌ها در بررسی میکروسکوپی از [۱۸] می‌باشد.

پلاژیوکلاز فراوان‌ترین فنوکریست بوده و مقدار مودال بیش‌تری نسبت به دیگر کانی‌های سنگ داشته و دوقلویی از خود نشان می‌دهد و در زمینه هم به صورت میکرولیتی و کشیده و ریزدانه حضور دارد که به همراه کانی‌های اپاک خمیره سنگ را شکل می‌دهد و بلورهای پلاژیوکلاز در مقاطع بافت میکروپورفیریتیک (شکل ۲- A) و گاهی بافت اسفرولیتی ایجاد کرده است (شکل ۲- B) و در طی آلتراسیون به سرسیت تبدیل شده است (شکل ۲- C).

دومین کانی از نظر فراوانی در مقاطع مطالعه شده کلینوپیروکسن‌ها می‌باشد که به صورت نیمه شکل‌دار دیده می‌شود. کلینوپیروکسن‌ها با توجه به بیرفرنژانس متوسط تا بالا ارغوانی و زاویه خاموشی مایل ۴۵ درجه‌ای اوژیت‌های تیتان‌دار می‌باشند و بیش‌تر بافت



شکل ۲. A) بافت میکروپورفیریتیک در پلاژیوکلازها (B (xpl) پلاژیوکلازهای که با رشد از یک مرکز مشترک بافت اسفرولیتی ایجاد کرده‌اند (C (xpl) سرسیت حاصل آلتراسیون پلاژیوکلاز (D (xpl) بافت هیالومیکرولیتی پورفیریتیک کلینوپیروکسن‌ها (E (xpl) بافت گلومروپورفیریک حاصل هم رشدی کلینوپیروکسن و تیتانومگنتیت (F (xpl) رشد دوقلویی در کلینوپیروکسن‌ها (G (xpl) روند آلتراسیون در کلینوپیروکسن‌ها و تولید کانی‌های ثانویه کلریت، کلسیت، زئولیت حاصل شده (H (xpl) الیون ایدنگزیت شده (xpl) (K) کانی ایک شکل دار (تیتانومگنتیت) (xpl)

جدول ۱. نتایج تجزیه میکروپروپ الیون در بازالت (بر اساس چهار اتم اکسیژن)

Olivine	1R	2R	1C	2C
SiO <sub>2</sub>	38.43	38.71	37.51	37.21
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0.51	0.44	0.22
FeO	26.53	26.53	27.1	27.43
MnO	0.63	0.64	0.64	0.64
MgO	32.33	31.88	32.65	32.19
CaO	0.2	0.32	0.31	0.29
K <sub>2</sub> O	0.08	0.08	0.08	0.07
Total	98.21	98.68	98.74	98.06
Si	1.053	1.053	1.053	1.053
Fe <sup>+2</sup>	0.607	0.607	0.607	0.607
Mn	0.015	0.015	0.015	0.015
Mg	1.319	1.319	1.319	1.319
Ca	0.006	0.006	0.006	0.006
Tot.cat.	3	3	3	3
%Te	0.75	0.75	0.75	0.75
%Fo	67.76	67.76	67.76	67.76
%Fa	31.19	31.19	31.19	31.1

جدول ۲. نتایج تجزیه میکروپروب کلینوپیروکسن در بازالت (بر اساس شش اتم اکسیژن)

Cpx	1R	2R	3R	1C	2C	3C	4M
SiO <sub>2</sub>	52.1	50.46	50.14	50.76	50.91	50.11	50.04
TiO <sub>2</sub>	1.04	0.92	1.98	0.6	0.57	1.89	1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.07	4.2	4.37	4.36	3.31	4.6	4.54
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.14	0.08	0.04	0.06	0.08	0.04
FeO	8.21	9.26	8.5	9.42	8.83	7.23	8.56
MnO	0.26	0.34	0.33	0.37	0.5	0.39	0.28
MgO	14.13	14.11	14.94	14.54	15.51	14.99	14.28
CaO	20.87	20.06	19.41	19.68	19.9	20.11	20.67
Na <sub>2</sub> O	0	0	0	0.08	0	0	0
Total	99.75	99.49	99.75	99.77	99.59	99.3	99.6
Si	1.946	1.89	1.869	1.892	1.894	1.868	1.868
Ti	0.029	0.026	0.056	0.017	0.016	0.053	0.033
Al	0.135	0.185	0.192	0.191	0.145	0.202	0.2
Cr	0.002	0.004	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001
Fe <sup>+2</sup>	0.345	0.312	0.309	0.303	0.294	0.272	0.271
Mn	0.008	0.011	0.01	0.012	0.016	0.012	0.009
Mg	0.787	0.788	0.83	0.808	0.86	0.833	0.795
Ca	0.835	0.805	0.775	0.786	0.793	0.803	0.827
Na	0	0	0	0.005	0	0	0
Total	4	4	4	4	4	4	4
Mg/(Mg+Fe <sup>+2</sup> )	0.695	0.716	0.729	0.727	0.745	0.754	0.746
Fe <sup>+2</sup> /(Fetot)	1.345	1.076	1.165	1.033	1.069	1.209	1.015
Al/(Al+Fe <sup>+3</sup> +Cr)	2.777	1.108	1.274	1.046	1.135	1.284	1.014
Tri. plots							
%En	0.4	0.414	0.434	0.426	0.442	0.436	0.42
%Fs	0.175	0.164	0.161	0.16	0.151	0.143	0.143
%Wo	0.425	0.423	0.405	0.414	0.407	0.421	0.437
Mole fractions							
XSi (T)	0.973	0.945	0.935	0.946	0.947	0.934	0.934
XAl (T)Al <sup>IV</sup>	0.027	0.055	0.065	0.054	0.053	0.066	0.066
XAl (M1)Al <sup>VI</sup>	0.082	0.076	0.061	0.083	0.039	0.07	0.068
XFe <sup>+3</sup> (M1)	0.089	0.022	0.044	0.01	0.019	0.047	0.004
XFe <sup>+2</sup> (M1)	0.295	0.258	0.248	0.245	0.242	0.225	0.227
XMg (M1)	0.673	0.65	0.668	0.654	0.708	0.687	0.667
XFe <sup>+2</sup> (M2)	0.05	0.055	0.06	0.058	0.052	0.048	0.044
XMg (M2)	0.114	0.138	0.162	0.154	0.152	0.147	0.128
XCa (M2)	0.835	0.805	0.775	0.786	0.793	0.803	0.827
Final name:	augite	augite	augite	augite	augite	augite	augite

جدول ۳. نتایج تجزیه میکروپروب پلاژیوکلاز در بازالت (بر اساس هشت اتم اکسیژن).

Plg	1C	2C	3C	4C	1R	2R	3R	4R	1M	2M	3M
SiO <sub>2</sub>	54.90	54.43	54.90	54.43	54.58	54.42	55.60	55.28	54.92	54.48	55.24
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.14	0.22	0.14	0.16	0.18	0.22	0.21	0.12	0.14	0.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.82	26.56	26.92	26.56	26.42	26.62	26.36	25.94	25.38	26.09	25.60
FeO	1.13	0.53	0.89	0.53	0.81	0.79	0.52	0.68	0.82	0.72	0.61
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.80	0.00	0.52	0.00	0.62	0.68	0.22	0.51	0.18	0.51	0.24
CaO	11.09	12.04	11.09	12.04	11.31	11.01	10.52	11.01	10.92	11.02	10.82
Na <sub>2</sub> O	4.21	4.43	4.18	4.63	4.42	4.38	4.23	4.20	4.93	4.33	5.08
K <sub>2</sub> O	0.86	0.80	0.86	0.80	0.81	0.84	0.82	0.75	0.80	0.78	0.88
TOTAL	99.23	98.93	99.58	99.13	99.13	98.92	98.49	98.58	98.07	98.07	98.63
Oxygens	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Si	2.51	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.55	2.54	2.54	2.52	2.54
Al	1.39	1.44	1.45	1.44	1.43	1.44	1.42	1.40	1.39	1.42	1.39
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Fe	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.06	0.00	0.04	0.00	0.04	0.05	0.02	0.04	0.01	0.04	0.02
Zn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.54	0.59	0.54	0.59	0.56	0.54	0.52	0.54	0.54	0.55	0.53
Na	0.37	0.40	0.37	0.41	0.39	0.39	0.38	0.37	0.44	0.39	0.45
K	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05
Total	4.99	5.00	4.98	5.01	5.00	5.00	4.95	4.97	5.01	4.99	5.01
Or%	5.19	4.53	5.20	4.46	4.76	5.02	5.10	4.58	4.58	4.69	4.97
Ab%	38.61	38.16	38.44	39.21	39.45	39.76	39.97	38.97	42.90	39.61	43.65
An%	56.20	57.31	56.36	56.34	55.79	55.23	54.93	56.45	52.52	55.70	51.38

جدول ۴. نتایج تجزیه میکروپروب کلریت در بازالت (بر اساس هشت اتم اکسیژن می‌باشد).

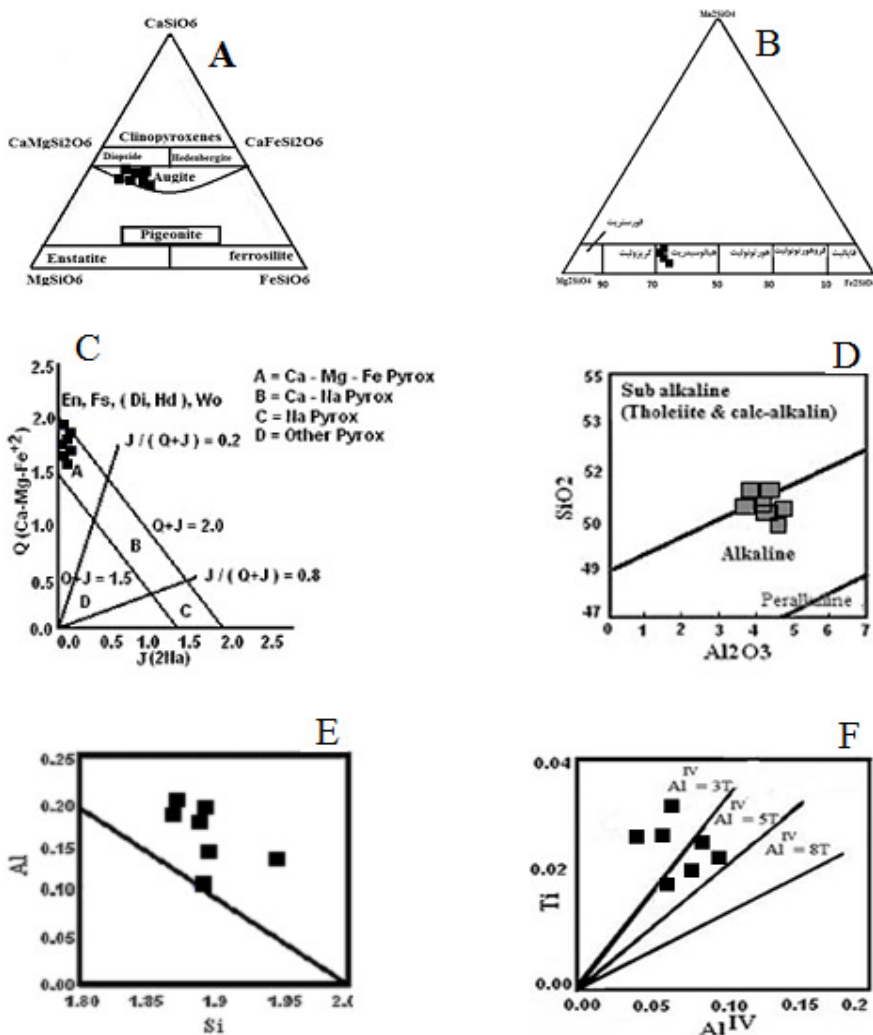
	Cl	1C	2C	3C	4C	5C	1R	2R	3R	4R	5R
SiO <sub>2</sub>	36.02	36.54	36.51	34.68	35.29	36.14	35.62	37.26	35.86	35.12	
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.03	4.98	4.28	5.96	4.04	5.71	5.34	4.05	4.85	4.88	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	2.23	1.74	1.01	0.53	2.47	1.53	3.07	2.03	1.82	
FeO	28.01	26.77	27.96	28.29	29.50	26.00	28.01	25.22	26.19	25.38	
MnO	0.13	0.21	0.20	0.30	0.21	0.12	0.14	0.14	0.24	0.17	
MgO	16.89	16.56	16.62	16.62	17.29	16.16	16.62	15.84	16.48	16.52	
CaO	0.78	0.84	0.96	0.94	0.92	0.77	0.72	0.92	0.82	0.86	
Na <sub>2</sub> O	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.04	0.06	
K <sub>2</sub> O	0.20	0.17	0.22	0.20	0.22	0.21	0.23	0.25	0.25	0.27	
Total	99.95	99.63	99.80	99.20	99.15	98.85	99.45	97.92	97.98	95.99	
Al total	1.26	1.25	1.07	1.51	1.03	1.44	1.34	1.03	1.23	1.26	
Al <sup>IV</sup>	0.39	0.30	0.27	0.59	0.41	0.35	0.43	0.06	0.32	0.34	
Al <sup>VI</sup>	0.87	0.95	0.80	0.92	0.61	1.09	0.91	0.97	0.92	0.93	
Si	7.61	7.70	7.73	7.41	7.59	7.65	7.57	7.94	7.68	7.66	
Fe/Fe+Mg	0.49	0.49	0.50	0.50	0.49	0.49	0.50	0.50	0.49	0.48	
Si	7.61	7.70	7.73	7.41	7.59	7.65	7.57	7.94	7.68	7.66	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
Al	1.25	1.24	1.07	1.50	1.02	1.42	1.34	1.02	1.22	1.26	
Fe <sup>+3</sup>	0.25	0.35	0.28	0.16	0.09	0.39	0.24	0.49	0.33	0.30	
Fe <sup>+2</sup>	4.95	4.72	4.95	5.06	5.30	4.60	4.98	4.50	4.69	4.63	
Mn	0.02	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	
Mg	5.32	5.20	5.24	5.29	5.54	5.10	5.26	5.03	5.26	5.37	
Ca	0.18	0.19	0.22	0.22	0.21	0.17	0.16	0.21	0.19	0.20	
Na	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05	
K	0.11	0.09	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.14	0.14	0.15	
name	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite	diabantite

ترکیب پیروکسن‌ها در سنگ‌های منطقه از En<sub>44</sub> تا En<sub>40</sub>.  
**Fs<sub>14.3</sub>** تا **Fs<sub>17.5</sub>** و میزان **Wo<sub>40.5</sub>** تا **Wo<sub>43.7</sub>** متغیر است و به طور کلی عدد منیزیم در حدود ۶۹/۵ تا ۷۵/۴ درصد است که عدد منیزیم کمتر ۷۵٪ نمونه‌ها نشانگر تفریق این کانی‌ها از ماگمای اولیه است [۲۰]. با توجه به نمودار SiO<sub>2</sub> در مقابل Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> پیروکسن‌ها به سری ماگمایی آلکالن تا ساب آلکالن تعلق دارد (شکل ۳-D) و با توجه به جایگاه کاتیونی در تتراندر فرمول Ca<sub>2</sub>(Al, Ti, Fe, Mg)(Si, Al)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> طبق نمودار توزیع Al در مقابل Si (شکل ۳-E) آلکالن بودن ماگمای تشکیل‌دهنده تأیید می‌گردد. با توجه به سالم بودن نمونه‌های کلینوپیروکسن انتخاب‌شده و غیر متحرک بودن عنصر Ti در موقعیت اکتاندری کلینوپیروکسن‌ها [۳۱] از نمودار Ti نسبت به **Al<sup>IV</sup>** (شکل ۳-F) استفاده شده است. طبق نمودار مذکور در کلینوپیروکسن‌ها با افزایش حرارت طی تبلور بر مقدار Al تتراندری افزوده شده است که طی آن از Al موقعیت اکتاندری کاسته شده است که نشانگر تبلور عادی و غنی بودن ماگمای اولیه در تیتان با مقدار Al<sup>IV</sup>=۳T در هسته کانی می‌باشد که با کاهش فشار این نسبت در حواشی کانی و میکروولیت‌ها به Al<sup>IV</sup>=5T می‌رسد.

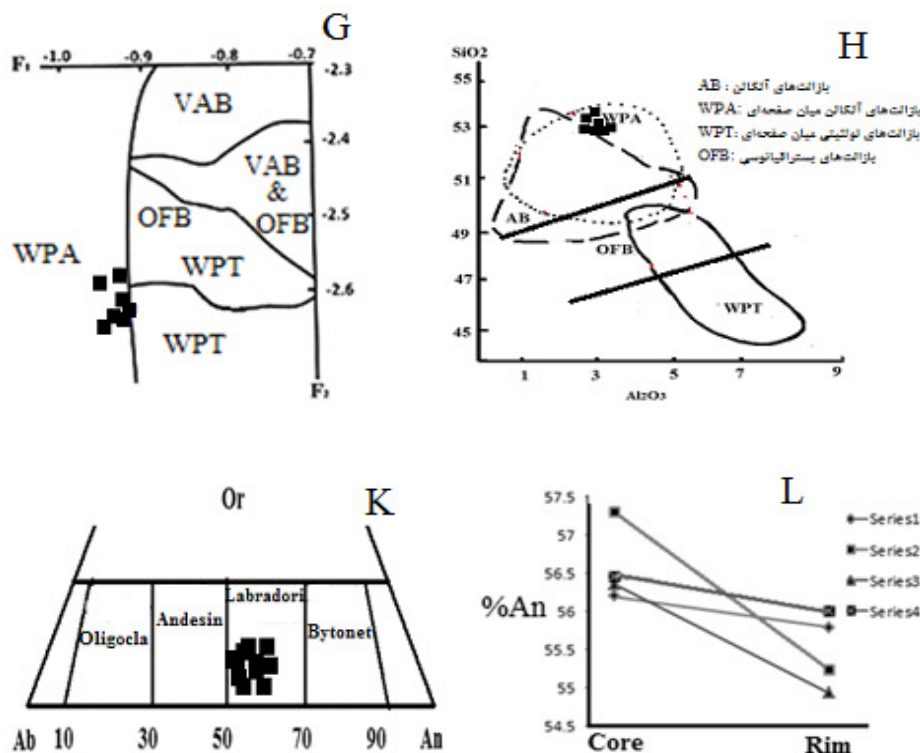
الیون‌های مورد مطالعه از نوع هیالوسیدریت می‌باشند. شکل (۳-A) که با توجه به جدول (۱) مقدار SiO<sub>2</sub> آن‌ها بین ۳۷/۲۱ تا ۳۸/۴۳ بوده و مقدار FeO به صورت آهن دو ظرفیتی از ۲۶/۴۳ تا ۲۷/۱۱ متغیر است. مقدار MgO بین ۳۱/۸۸ تا ۳۲/۶۵ می‌باشد و مقدار Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بر حسب درصد وزنی از ۰/۱۲ تا ۰/۵۱ متغیر است. مقدار #Mg آن‌ها به طور متوسط در حدود ۵۱٪ است. عدم تغییر مقدار آهن و منیزیم در ترکیب الیون‌ها نسبت به هم دیگر و در حاشیه و هسته نشانگر تعادل محیط حین تشکیل الیون‌ها است. پیروکسن‌ها بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول (۲) و طبق نمودار متمایزکننده ی En-Wo-Fs همگی در محدوده اوزیت قرار گرفته‌اند شکل (۳-B).  
در نمودار (شکل ۳-C) جایگاه M<sub>1</sub> و M<sub>2</sub> با عنوان مکان M معرفی شده و تعداد کاتیون‌های Ca, Mg, Fe در مکان M (با اندیس Q) در مقایسه با مقدار Na در این جایگاه (با اندیس J) بررسی کرده و مقدار اندیس Q از محاسبه ی  $J=2Na$  و مقدار J از محاسبه ی  $Q=(Ca+Mg+Fe^{2+})$  به دست می‌آید. ترکیب نمونه‌های کلینوپیروکسن‌های مورد مطالعه در این نمودار در محدوده ی A مربوط به قلمرو پیروکسن‌های Fe و Mg و Ca دار قرار می‌گیرد.

ترکیب پلاژیوکلازهای منطقه بیش‌تر لابرادوریتی بوده و مقادیر CaO آن بین ۱۰/۵ تا ۱۲/۰۴ و مقدار Na<sub>2</sub>O بین ۴/۳ تا ۵/۸ و مقدار آلومینیوم آن نیز ۲۵/۶ تا ۲۶/۹۴ (بر حسب درصد وزنی) در نمونه‌های مختلف فنوکریست و میکرولیت و هسته تا حاشیه متغیر بوده و مقادیر میانگین % ۵۷/۳۱ - ۵۱/۳۸ An می‌باشد (شکل ۳- K و جدول ۳). در پلاژیوکلازها بیش‌ترین درصد آنورتیت در هسته‌ی پلاژیوکلازها ۵۷ An درصد تا کم‌ترین مقدار در حواشی کانی به مقدار An<sub>54</sub> درصد متغیر می‌باشد که در میکرولیت‌ها تا ۵۱٪ هم کاهش می‌یابد. شکل (۳- L) نشانگر کاهش مقدار آنورتیت در همه نمونه‌ها با شیب تقریباً همسان از هسته به حاشیه کانی می‌باشد.

در تعیین محیط تشکیل کلینوپیروکسن‌ها از نمودار پارامتر  $F_1$  و  $F_2$  (شکل ۳- G) و نمودار Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در مقابل SiO<sub>2</sub> (شکل ۳- H) استفاده شد که نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده‌ی WPA قرار می‌گیرند که محیط بازالت‌های آکالن درون صفحه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به محیط تکتونیکی میان قاره و تعلق به سری ماگمایی آکالن، الیون بازالت‌های مورد مطالعه آکالی الیون بازالت بوده و در محیط میان قاره‌ای یا پشت قوس ماگمایی ایجاد شده‌اند از طرفی ساختار کلینوپیروکسن‌های دارای Al<sup>VI</sup> به همراه تیتان بالا تشکیل در محیط پشت قوس را محتمل‌تر می‌کند [۳۵].



شکل ۳. A) نمودار تقسیم‌بندی الیون‌ها بر حسب ترکیب شیمیایی [۹] B) ترکیب کلینوپیروکسن‌های بر روی نمودار مثلثی؛ انستاتیت (En)، ولاستونیت (Wo) و فروسیلیت (Fs) در محدوده اوزیت قرار گرفته است [۱۰] C) در نمودار [۲۶] ترکیب کل کلینوپیروکسن‌ها در محدوده آهن، منیزیم، کلسیم‌دار قرار گرفته است. D) نمودار SiO<sub>2</sub> در مقابل Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> کل برای تعیین Al در رأس تتراندر کلینوپیروکسن [۲۰] E) نمودار نسبت Si به Al کل که میزان جاننشینی آلومینیوم در تتراندر کلینوپیروکسن، بجای سیلیسیم را نشان می‌دهد [۳۵] F) نمودار میزان جاننشینی Ti و Al<sup>IV</sup> بجای Si در تتراندر کلینوپیروکسن‌ها [۳۵]

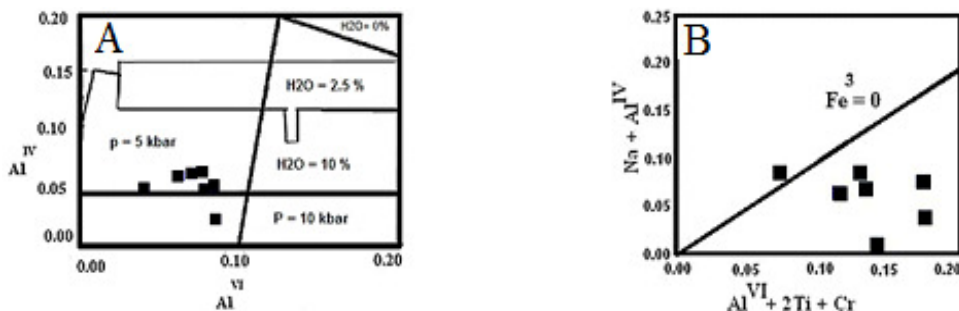


ادامه شکل ۳. G) نمودار  $F_1$  در مقابل  $F_2$  از [۲۸] به منظور تمایز محیط‌های تکتونیکی بازالت VAB (بازالت‌های کمان آتشفشانی) WPA (بازالت‌های آلکان میان صفحه‌ای) WPT (بازالت‌های تولیتی میان صفحه‌ای) OFB (بازالت‌های بستر اقیانوسی) استفاده می‌شود که محیط تشکیل نمونه‌های کلینوپیروکسن در سری آلکالی بازالت‌های درون صفحه‌ای قرار گرفته‌اند (H) نمودار  $Al_2O_3$  در مقابل  $SiO_2$  برای تفکیک محیط تکتونو ماگمایی طبق شیمی کلینوپیروکسن که نمونه‌ها را در محدوده‌ی ساب آلکان - نیمه قلیایی و میان قاره‌ای نشان می‌دهد (K) [۲۰] تقسیم‌بندی پلاژیوکلازها بر اساس ترکیب شیمیایی [۱۰] (L) شکل نشانگر کاهش مقدار آنورتیت از هسته به حاشیه کانی می‌باشد.

### فشارسنجی کلینوپیروکسن‌ها

نمودار قرار می‌گیرند (شکل ۴-۱). موقعیت کلینوپیروکسن‌ها در نمودار  $Na + Al^{IV}$  در مقابل  $Cr + 2Ti$  از [۲۴] نشانگر تشکیل کلینوپیروکسن‌ها در حالت فوگاسیته‌ی پایین اکسیژن در زیر خط  $Fe^3 = 0$  برای نمونه‌ها می‌باشد (شکل ۴-۲).

برای تعیین عمق تبلور کلینوپیروکسن از نمودار  $Al^{VI}$  در مقابل  $Al^{IV}$  استفاده شده است. توزیع آلومینیوم در موقعیت‌های چهاروجهی و هشتوجهی کلینوپیروکسن‌ها معیار مناسبی برای برآورد مقدار آب ماگما و میزان فشار حاکم بر محیط تشکیل سنگ‌های آذرین است [۸]. با این مدل کلینوپیروکسن‌ها در فشار ۵ کیلو بار و قسمت آبدار



شکل ۴. A) توزیع آلومینیوم تتراندردی و اکتاندردی در کلینوپیروکسن‌ها به تناسب فشار و مقدار آب ماگما [۸] (B) نمودار تغییرات  $Na + Al^{IV}$  نسبت به  $Al^{VI} + 2Ti + Cr$  [۲۴] بیان گر فوگاسیته اکسیژن در محیط تبلور کانی‌ها می‌باشد.



در روی نمودار مشکل‌تر می‌گردد. طبق مدل ترسیمی هیچ نقطه‌ای از کلینوپیروکسن‌ها در دمای بالاتر از ۱۰۰۰ قرار نمی‌گیرند که با داده‌های دماسنجی مطلق هماهنگی نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که خطای نمودار ترسیمی در نهایت  $\pm 50$  درجه می‌باشد.

پلاژیوکلازها و کلینوپیروکسن‌ها به دما و عمق خاصی مربوط نیستند و می‌توانند ترمومتر واقع شوند. فنوکریست‌های پلاژیوکلاز مورد مطالعه دمای تبلور ترسیمی حدود ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه را نشان می‌دهند (شکل ۵-A). با توجه به داده‌های جدول (۳) مبنی بر وجود اورتوز نورماتیو در نمونه حدود ۵٪ در نمونه‌ها و دمای به دست آمده از روش ترسیمی [۳۲] شروع تبلور پلاژیوکلازها در هماهنگی با کلینوپیروکسن‌ها می‌باشند. قابل ذکر است که نمودار ترسیمی دماسنجی خطای  $\pm 50$  درجه دارد.

### ترمومتری توسط کلینوپیروکسن‌ها

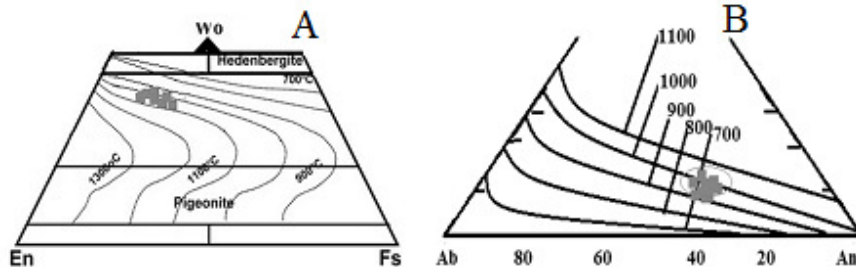
در ترمومتری کلینوپیروکسن‌ها از فرمول ارائه‌شده توسط [۲۸] استفاده شده است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T(K^{\circ}) = \frac{23.66 + 37.28 P(\text{Kbar})}{[19.25 + 15.357X + 4.507Fe_{1.55}(Al+Cr+Na+K) + (Lna_{En}^{Ca})^2]} \pm 50$$

$$X_{En}^{Ca} = (1 - Ca - Na - K) \left[ 1 - \frac{1}{2} (Al + Cr + Na + k) \right]$$

با توجه به محاسبات به عمل آمده طبق فرمول دمای تشکیل کلینوپیروکسن‌ها حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد است.

در نمودارهای ترمومتری بر اساس نمودار [۲۲] (شکل ۵-A) دمای شروع تبلور نمونه پیروکسن‌های سنگ‌ها در حدود ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه می‌باشد که با دماسنجی مطلق هماهنگی دارد. پیروکسن‌ها عموماً انحلال جامد داند که در این میان اوزیت‌ها انحلال جامد بیش‌تری دارند چنانچه تعیین محدوده فرواوزیت و منیزیاووزیت تا اوزیت تیتان‌دار

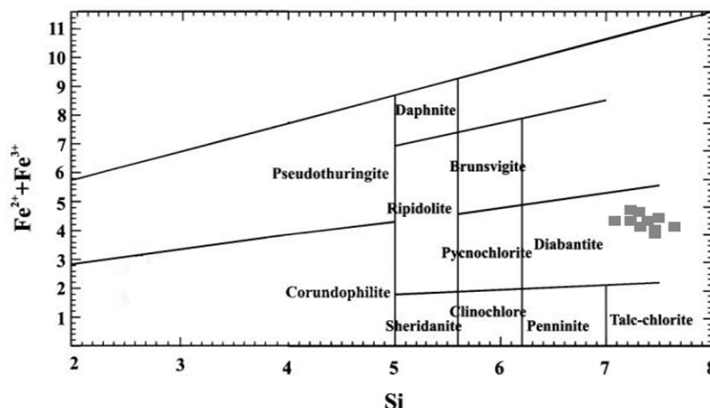


شکل ۵: A) تعیین دمای تشکیل پیروکسن‌ها با استفاده از ترمومتر پیروکسن [۲۲] (B) در نمودار ترمومتری فلدسپارها از [۳۲] نمونه‌ها در بین خطوط ایزوترم ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ قرار گرفته‌اند.

و  $Fe\#$  آن‌ها ۴۶٪ تا ۴۹٪ است. این کلریت‌ها از دگرسانی هیدروترمال کانی‌های آذرین اولیه ایجاد شده است. نوع کلریت‌های حاصل از دگرسانی کلینوپیروکسن‌ها متأثر از ترکیب کلینوپیروکسن‌ها و ماهیت سیال دگرسان کننده و دمای و فشار دگرسان کننده است.

### شیمی کلریت

ترکیب شیمیایی کلریت در جدول (۴) بر اساس ۲۸ اکسیژن در فرمول محاسبه شده است. کلریت‌های بررسی‌شده منطقه بر اساس روش [۱۴] از نوع دیابانتیت است (شکل ۶).  $Mg\#$  کلریت‌های بررسی‌شده ۵۱٪ تا ۵۳٪



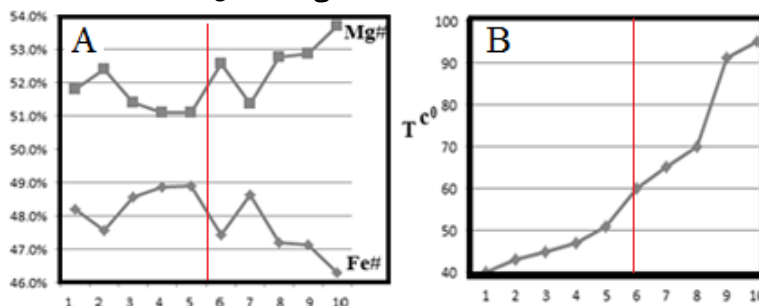
شکل ۶. نمودار تقسیم‌بندی کلریت‌ها - ترکیب کلریت‌های بررسی‌شده دیابانتیتی می‌باشد [۱۴].

دماسنج ارائه شده از [۷]، با معادله خطی زیر استفاده شده است

$$T^{\circ}\text{C} = -61.9229 + 321.9772(\text{Al}^{\text{IV}}) + 25$$

با این مدل دماسنجی، دمای تشکیل کلریت در نمونه‌های ولکانیک منطقه در حدود ۴۰ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد است.

بافاصله از کانی Cpx در حال دگرسانی بر مقدار عدد منیزیم در کلریت در حال تشکیل افزوده و از مقدار عدد آهن آن کاسته می‌شود (شکل ۷- A). هم‌چنین هر چه فاصله از حاشیه واکنشی cpx کمتر، دمای تشکیل کمتر و دمای هم‌بستگی بیش‌تری در این نقاط دیده می‌شود و دمای دگرسانی در حدود  $40^{\circ}\text{C}$  تا  $51^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهد. اما با بیش‌تر شدن فاصله از حاشیه دگرسان کانی cpx، دگرسانی گرمایی اولیه بوده و دما  $60^{\circ}\text{C}$  تا  $95^{\circ}\text{C}$  را نشان می‌دهد (شکل ۷- B).



شکل ۷. A) نمودار تقسیم‌بندی ترکیب شیمیایی نقاط از نظر مقدار منیزیم و آهن زون‌های کلریت‌ها (B) نمودار تقسیم‌بندی نقاط حرارتی زون‌های کلریت‌ها

عمق را نشان می‌دهد که در فوران‌های میان‌قاره بیش‌تر دیده می‌شوند. ماگمای مولد از نوع آکالن است ولی تبلور خود شکل تیتانومگنتیت در سیر تکاملی ماگمایی و صعود با بافت گلوپورپورفیریک نشانگر توقف در بخش‌های کم عمق می‌باشد و گویای دو مرحله برای تبلور می‌باشد چنین ترکیب ماگمایی با خواص آکالن و تیتان‌دار، حاوی الیوین می‌تواند بر زون ذوب اسپینل لرزولیت در مناطق وابسته به فرو رانش مرتبط باشد. شکل‌گیری این ماگما با توجه به شیمی کانی کلینوپیروکسن در دمای حدود ۱۰۰۰ و فشار حدود ۵ کیلو بار (کم فشار ناشی از وجود مسیر قبلی) بوده است. کلینوپیروکسن‌های مورد مطالعه نشانگر محیط تکتونیکی فوران در پشت قوس ماگمایی می‌باشد. بررسی کلریت‌ها نشانگر آلتراسیون دگرگونی دو مرحله‌ای ابتدا با دمای کمتر از ۱۰۰ درجه و سپس دمای حدود ۵۰ درجه که گویای مرحله رسیت‌شدگی می‌باشد.

## تعیین دمای دگرسانی سنگ‌های منطقه با استفاده از کلریت

کلریت‌زایی حالت خاصی از دگرسانی با تولید درصد بالایی کلریت می‌باشد. این دگرسانی به دلیل دگر نهادی یون  $\text{H}^{+}$  در گستره پروپلیتیک قرار می‌گیرد. سیال ماگمایی غنی  $\text{Mg}$ ،  $\text{Fe}$  و  $\text{Al}$  در دمای مناسب در سنگ‌های آذرین موجب تشکیل کلریت می‌شوند از این ویژگی می‌توان برای تعیین دمای تشکیل کلریت‌ها و در نتیجه محاسبه دمای دگرسانی سنگ استفاده کرد. در کلریت‌ها نسبت  $\text{Al}^{\text{VI}}$  به  $\text{Al}^{\text{IV}}$  با افزایش و کاهش دما تغییر می‌کند [۱۵]. با توجه به ارتباط مثبت  $\text{Al}^{\text{IV}}$  و دمای تشکیل کلریت‌ها می‌توان دماسنجی را بر پایه مقدار  $\text{Al}^{\text{IV}}$  موجود در ترکیب کلریت انجام داد. برای دماسنجی مرحله تشکیل کلریت‌ها از

## نتیجه‌گیری

طبق بررسی‌های مودال و میکروپروپ بر روی سه کانی مهم سنگ‌های منشورهای بازالتی مورد مطالعه شامل (الیوین، پیروکسن، پلاژیوکلازها) می‌توان نتیجه گرفت که الیوین سریع‌تر از دیگر کانی‌ها متبلور شده و مقدار عدد منیزیم الیوین‌ها کمی بیش‌تر مخصوصاً در بخش مرکزی الیوین‌ها می‌باشد. پلاژیوکلازها کلسیم‌دار بوده و در محدوده‌ی لابرادوریت واقع گردیده است. پلاژیوکلازها یک روند عادی از تفریق و تبلور داشته و زونینگ نشان نمی‌دهند و تبلور هم‌زمان در دماهای یکسانی با پیروکسن‌ها داشته‌اند. پیروکسن‌ها از لحاظ کانی‌شناسی و ژنتیکی یکسان بوده و از نوع اوژیت تیتان‌دار می‌باشند که با افزایش درجه تبلور بالا رفتن دمای ماگمای باقی‌مانده را نمایان می‌سازند و نشانگر برداشته شدن فشار در محیط (کششی) می‌باشد. تیتان‌دار و آبدار بودن ماگمای مورد مطالعه و فوگاسیته اکسیژن پایین ویژگی‌های مخزن کم

- [16] Kazmin, V. G. and Tikhonova, N. F (2005) Cretaceous-Paleocene Back-arc basin in the Iran- Afghanistan-Pamirs Segment of the Eurasian active margin. *doklady Earth Sciences*, 422: 1018- 1020
- [17] Khalili, E (1993) Petrology of igneous rocks. written document, acrylic Wells, M. K. Wells, in January 1891, the thirteenth edition, translated by the guidance of Professor Khalili, Mashhad University, published in Persian date Bahman 1358.
- [18] Kretz, R (1983) Symbols for rocks-forming minerals. *American Mineralogist*, 68: 227-279
- [19] Lascarev, v .d (1982) Track tectonics ocean in the south Caspian, *Earth Sciences Journal*, 12:137-142pp
- [20] Lebas, N. J (1962) The role of aluminous in igneous clinopyroxenes & plagioclase with relation to their parentage. *American Journal of earth Science*, 260: 267 – 88.
- [21] 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.
- [22] Lindsley D.H., Andersen D.J (1983) A two pyroxene thermometer. *Proceedings of the thirteenth Lunar and Planetary Science Conference, Part 2, Journal .mini Geophysics. Supplement*, 88: 887-906
- [23] Liu, T. C., Chen, B. R. and Chen, C. H (2000) Melting experiment of a Wannienta basalt in the Kuanyinshan area, northern Taiwan. *Journal of Asian Earth Sciences* 18: 519-531pp.
- [24] Marcelot G., Maury R.C., Lefevre C (1983) Mineralogy of Erromango lava New Hebrides, Evidence of an early stage of fractionation in island arc basalts, *Lithos* 16: 135 – 151pp.
- [25] Middlemost, E (1936) Magmas and magmatic rocks an introduction to igneous petrology. Ed2 edition, 194-290pp, ISBN 964-03-4033-2.
- [26] Morinto, I., Acron, A (1988) Clinoperoxen in the alkaline basalt, *Journal of Petrology*, 12:120 -125.pp.
- [27] Morse, S. A (1976) Alkali feldspars with water at 5kba pressure. *Journal of Petrology*. 11:221-223.
- [28] Nisbet E.G., Pearce J.A (1989) Clinopyroxene compositions in mafic lavas in different tectonic settings, *Contrib. Mineral. Petrol*, 63:149- 160.
- [29] Pearce, J. A., Can, A (1984) Titanium substitution in biotite & clenoperoxen: an empirical model with applications to thermometry, O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O barometries, and
- منابع**
- [۱] اسدیان، ع (۱۳۷۶) گزارش ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران
- [۲] افتخار نژاد، ج (۱۳۵۹) تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، ص ۱۹-۳۳
- [۳] رحیم‌زاده، بابا خانی، آ. ر (۱۳۶۶) گزارش نقشه چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل، سازمان زمین‌شناسی ایران، تهران
- [۴] مبشرگرمی، م (۱۳۹۰) بررسی پتروگرافی، پترولوژی، ژئوشیمی، پتروزنز بازالت‌های جنوب شهرستان گرمی (استان اردبیل). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تبریز، ۴۸-۹۲ ص.
- [5] Berberian, M (1983) Generalized tectonic map of Iran. In: Berberian, M., (Ed.), *Continental Deformation in the Iranian Plateau*, Geological Survey of Iran, Report No. 52.
- [6] Best, M. G (2003) *Igneous and metamorphic petrology*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Bozorgnia, F (1966) Qom Formation stratigraphy of the central basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of Iran Petroleum Institute* 24: 69-75.
- [7] Cathlineau M (1988) Cation site occupancy in chlorite and illite as a function of temperature, *Clay mineral*, 23:471 – 485pp.
- [8] Coltorti, M., Bonadiman, C., Faccini, B., Gregoire, M. O., Reilly, S. Y., and Powell, W (2007) Amphiboles from suprasubduction and intraplate lithospheric mantle., *Lithos* 99: 68-84
- [9] Cornelis, K., and Cornelius, S. H (1985) *Manual of mineralogy*, John Wiley and Sons, 681 p.
- [10] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J (1992) *An Introduction to the rock-forming minerals*, Longman, .528.
- [11] Gill, R (2010) *Igneous rocks and processes: Basalts and related rocks* .In: *Eruptive processes and volcanic forms*. (Ed. Gill, R.) 40-86pp. Wiley and Blackwell, London
- [12] Golonka, J (2002) Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic, *Institute of Geological Sciences, Jagiellonian*, 17: 30-63 Cracow, Poland.
- [13] Grange, M., Scharer, U., Cornen, G. and Girardeau, J (2008) First alkaline magmatism during Iberia Newfoundland rifting. *Journal of Asian Earth Sciences*. 20: 494-503.
- [14] Hey, M. H (1954) A new review of the chlorites, *Mineralogical magazine* 30: 277-292.
- [15] Jahern J.S., Aaggarad P (1989) Compositional variations in digenetic chlorites and illites, and relationships with formation-water chemistry, *Clay Mineral*, 24: 157-170.

- consequences from biotite stability. *Chemical Geology* 108:133-162.
- [30] Ramos, V.A., and Kay, S. M (2006) Overview of the tectonic evolution of the southern Central Andes of Mendoza and Neuquén (35°-39°S latitude). In: Kay, S.M. and Ramos, V.A. (Eds.): Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquen basin (35°-39°S Lat). Geological Society of America, Special Paper, 85: 1-17.
- [31] Rollinson, H. R (1993) Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, and Interpretation. John Wiley and Sons, New York, 94:134-156
- [32] Seck, H. A (1972) The influence of pressure on the alkali feldspar solves from peraluminous and persilicic materials, *Fortschritte der Mineralogy*, vol. 49:31-49.
- [33] Taylor, W., Nimis, J (2000) Thermometry clinoperoxen in the Hawaii basalt, *Mineralogy*, 21: 25-36.p
- [34] Wass, S. Y (1979) Multiple origins of clinopyroxenes in alkali basaltic rocks, *Lithos*, 12:115-132p.
- [35] Zhu, Y. and Ogasawara, Y (2001) Clinopyroxene phenocryst from the Kokchetav Shoshonitic volcanic rocks: Implications for the multi-stage magma processes. UHPM Workshop 2001 at Waseda University, 170-173.