

کاربرد کِلینوپیروکسن در تعیین پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی شمال خاور روستای علون آباد (خاور اصفهان)

زهرا نصر اصفهانی^۱، محمد هاشم امامی^۲، سید جمال شیخ‌ذکریایی^۳ و سید حسن طباطبایی^۴

^۱دکتر، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۲دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، تهران، ایران
^۳استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۴دانشیار، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۲۷

چکیده

منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان و در شمال خاور روستای علون‌آباد جای گرفته است. این ناحیه بخشی از کمربند ارومیه-دختر در ایران مرکزی است. بیشتر این ناحیه را سنگ‌های آذرین به سن انوسن تشکیل داده است که شامل آندزیت بازالت به همراه سنگ‌های آذرآواری از نوع ایگنیمبریت و توف است. بافت آنها بیشتر پورفیری، میکروولیتی است. پلاژیوکلاز، آمفیبول و کِلینوپیروکسن از کانی‌های اصلی قابل تشخیص است. به دلیل عملکرد دگرسانی، کانی‌های ثانویه‌ای مانند کلریت، کلسیت، اپیدوت و اکسید آهن در این سنگ‌ها ایجاد شده است. تجزیه الکترون میکروپروپ نشان‌دهنده ترکیب دیوپسید-اویژیت برای پیروکسن هاست. بر پایه ترکیب شیمیایی کِلینوپیروکسن، ماگمای مادر دارای روند کالک‌آلکال و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل آن، در ارتباط با فرورانش است. مطالعه شیمی کِلینوپیروکسن بیانگر میزان درصد آب ماگمای میان ۲ تا ۱۰ درصد است. زمین‌دما فشارسنجی کِلینوپیروکسن‌ها دمای تشکیل ۹۲۵ تا ۱۰۹۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲ تا ۱۰ کیلوپار را برای تشکیل سنگ‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: کِلینوپیروکسن، سنگ‌های آتشفشانی، تکتونوماگمایی، علون‌آباد، اصفهان.

***نویسنده مسئول:** محمد هاشم امامی

E-mail: hashememami@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

شمال خاور شهر کوهپایه قرار دارد و از شمال به روستای کجان می‌رسد. محدوده مورد مطالعه در عرض‌های جغرافیایی ۲۶' ۴۸" و ۳۲' ۴۸" و ۵۴' ۳۲" شمالی و طول‌های جغرافیایی ۳۰' ۵۲" و ۴۹' ۳۶" و ۵۲' ۳۶" خاوری قرار دارد (شکل ۲). راه اصلی دسترسی به منطقه جاده اصلی اصفهان-کوهپایه-روستای علون‌آباد است که از کنار جاده آسفالت‌علون‌آباد و با ورود به جاده خاکی می‌توان به منطقه دسترسی پیدا کرد. این منطقه از دیدگاه ساختاری، بخشی از پهنه سهند-بزمان (ارومیه-دختر) به شمار می‌رود.

سنگ‌های آتشفشانی انوسن در منطقه علون‌آباد بیشتر شامل گدازه‌های بازیک-حدواسط با ترکیب آندزیت-بازالت، آندزیت-تراکی آندزیت به همراه سنگ‌های آذرآواری از نوع ایگنیمبریت با ترکیب داسیت و توف است.

۳- روش مطالعه

در راستای تهیه نقشه زمین‌شناسی از منطقه مورد بررسی، ابتدا برداشت‌های صحرایی و نمونه‌برداری از واحدهای آتشفشانی در منطقه انجام شد. بیش از ۱۰۰ نمونه از سطح منطقه گردآوری و پس از تهیه ۶۰ مقطع نازک و مطالعه آنها با میکروسکوپ پلاریزان، به منظور بررسی ویژگی‌های سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی ۱۵ نقطه تجزیه الکترون میکروپروپ از کِلینوپیروکسن در این مقاله ارائه شده است. تجزیه نقطه‌ای انجام شده روی کانی‌ها با استفاده از دستگاه تجزیه الکترون میکروپروپ به روش EPMA در مرکز فرآوری مواد معدنی ایران (کرج) انجام شد. محاسبه فرمول ساختاری با استفاده از فایل‌های اکسل ساخته شده برای کانی‌ها (Spreadsheet) و تقسیم‌بندی آنها توسط نرم‌افزار Minpet.2.02 انجام شد. با توجه به اینکه آنالیز الکترون میکروپروپ نمی‌تواند Fe^{2+} و Fe^{3+} تفکیک کند؛ و کل آهن به صورت FeO^* گزارش می‌شود؛ لازم است برای محاسبه فرمول ساختاری کانی‌ها این دو از یکدیگر تفکیک شوند که بر پایه روش Droop (1987) صورت گرفته است.

ترکیب کِلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی به ویژه کِلینوپیروکسن‌هایی که به صورت درشت‌بلور تشکیل شده‌اند؛ به خوبی، شیمی گدازه

فعالیت‌های آتشفشانی سنوزویک ایران در سه برهه اصلی انوسن، میوسن بالایی-پلیوسن و کواترنری رخ داده است (Dilek et al., 2010). نوار آتشفشانی ارومیه-دختر خود بخشی از یک ایالت ماگمایی گسترده است که حاصل همگرایی میان صفحه‌های آفریقا-عربی و اوراسیاست (Jackson and McKenzie, 1984; Dewey et al., 1986; McClusky et al., 2000 and 2003; Allen et al., 2004; Dilek and Sandvol, 2009). (Dilek and Whitney (2000) بر این باورند که سنگ‌های آتشفشانی پس از برخورد سنوزویک در ایالت ماگمایی به‌طور گسترده‌ای در بخش شمال و شمال‌باختری زمین‌درز زاگرس-بیتلیس برنزد دارد. شکل ۱ پراکنندگی سنگ‌های آتشفشانی سنوزویک، در این ایالت ماگمایی و پهنه ساختاری ایران را نشان می‌دهد. مطالعات بسیاری روی نوار آتشفشانی ارومیه-دختر انجام شده است (Emami, 1981; Amidi et al., 1984; Hassanzadeh, 1993; Aftabi and Atapour, 2000) که گویای وجود سری ماگمایی چیره کالک‌آلکال و در برخی مناطق شوشونیتی (Aftabi and Atapour, 2000) و آداکتیتی (Jahangiri, 2007; Ghadami et al., 2008; Omrani et al., 2008; Khodami, 2009; Sayari, 2015) است. فعالیت‌های آتشفشانی صورت گرفته در زمان انوسن میانی و پسین در این بخش از ایران، سبب ایجاد سنگ‌های آتشفشانی این منطقه شده است. از دید سنگ‌شناسی، سنگ‌های آتشفشانی یاد شده شامل انواع اسیدی (داسیت و ریداسیت)، حدواسط (آندزیت) و بازیک (آندزیت بازالتی) است. کِلینوپیروکسن به عنوان یک کانی ردیاب، در ارزیابی شرایط فیزیکی شیمیایی ماگما شناخته می‌شود. ترکیب آن نه تنها بازتابی از شرایط شیمیایی و سری ماگمایی است (Le Bas, 1962; Letertier et al., 1982; Berger et al., 2005; Dioh et al., 2009) بلکه نشان‌دهنده شرایط فیزیکی (دما و فشار) ماگما در زمان تبلور آن است (Nimis, 1995; Nimis and Ulmer, 1998; Nimis and Taylor, 2000; Putirka, 2008; Putirka et al., 1996 and 2003).

۲- زمین‌شناسی منطقه

روستای علون‌آباد در فاصله ۸۰ کیلومتری به سوی خاور اصفهان و در ۱۴ کیلومتری

و درصد اعضای پایانی آنها که در جدول ۱ و ۲ آورده شده است؛ ترکیب کلبیوپروکسن ها از نوع دیوسید-اوپت است.

به طور کلی پیروکسن ها در ۴ گروه جای می گیرند. گروه اول: پیروکسن های Ca-Mg-Fe (Quad)؛ گروه دوم: پیروکسن های Ca-Na؛ گروه سوم: پیروکسن های Na دار و گروه چهارم: دیگر پیروکسن ها (Morimoto, 1988). با توجه به نمودار J-Q (Morimoto, 1988) (شکل ۵)، پیروکسن های مورد بررسی در محدوده آهن - منیزیم - کلسیم (Quad) جای گرفته اند. در این نمودار محورهای J و Q طبق رابطه زیر به دست می آیند.

$$Q = Ca + Mg + Fe^{2+}$$

$$J = 2Na + R \quad (R: Al, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Sc^{3+})$$

برای جدا کردن پیروکسن های گروه Ca-Mg-Fe از نمودار سه تایی Wo-En-Fs (ولاستونیت-فروسیلیت-انستاتیت) (Morimoto, 1988) استفاده شد. در این نمودار، نمونه ها در محدوده دیوسید-اوپت قرار گرفته اند (شکل ۶).

۵-۲. استفاده از شیمی کلبیوپروکسن ها در پتروژن

کلبیوپروکسن ها کانی های مقاومی هستند که کمتر تحت تأثیر دگرسانی قرار می گیرند (Karimi, 2009) و عناصر موجود در آنها نماینده عناصر موجود در ماگماست. بنابراین با استفاده از شیمی کلبیوپروکسن های موجود می توان به ماهیت ماگما و محیط تکنونوماگمایی سنگ های موجود در مناطق مورد بررسی پی برد.

با استفاده از مقادیر SiO_2 و Al_2O_3 موجود در ترکیب شیمیایی پیروکسن ها می توان سری های ماگمایی را از هم متمایز کرد. ترکیب شیمیایی پیروکسن های موجود در سنگ های مورد مطالعه در محدوده ساب آکالن قرار می گیرد (شکل ۷-الف). همچنین با استفاده از نمودار TiO_2 در برابر Al_2O_3 پیروکسن های موجود به دلیل فقیر بودن از TiO_2 در محدوده کالک آکالن جای می گیرند (شکل ۷-ب) (Le Bas, 1962). (Nisbet and Pearce, 1977) استفاده از اکسید عناصر اصلی موجود در کلبیوپروکسن ها فرمول و نمودار F1F2 ارائه کردند. با استفاده از فرمول های زیر می توان میزان F1 و F2 را به دست آورد و سپس با استفاده از نمودار F1F2 محیط تکنونوماگمایی ماگمای اولیه را مشخص کرد. همان گونه که در شکل ۸ دیده می شود؛ نوع ماگمای مورد مطالعه با استفاده از درصد اکسیدهای عناصر اصلی موجود در کلبیوپروکسن و محاسبه فرمول های F1 و F2 شبیه به بازالت های کماهای آتشفشانی است.

$$F1 = - (0.012 SiO_2) - (0.0807 TiO_2) + (0.0026 Al_2O_3) - (0.0012 FeO^*) - (0.0026 MnO) + (0.0087 MgO) - (0.0128 CaO) - (0.0419 Na_2O)$$

$$F2 = - (0.0469 SiO_2) - (0.0818 TiO_2) - (0.0212 Al_2O_3) - (0.0041 FeO^*) - (0.1435 MnO) - (0.0029 MgO) + (0.0085 CaO) + (0.016 Na_2O)$$

توزیع آلومینیم در جایگاه تراندری (AIIIV) و اکتاهدری (AIVI) کلبیوپروکسن، روش مناسبی برای برآورد درصد تقریبی آب موجود در ماگمای به وجود آورنده آن است. ترکیب کلبیوپروکسن های مورد مطالعه نشان می دهد که ماگمای سازنده آنها دارای مقدار آب قابل ملاحظه ای بوده است (شکل ۹). بررسی شیمی کانی کلبیوپروکسن ها نشان می دهد که ماگمای مادر ضمن تبلور این کانی دارای ۲ تا ۱۰ درصد آب تحت فشار ۵ کیلو بار بوده که نمایانگر تشکیل آنها در هنگام بالا آمدگی و پیش از فوران است.

۵-۳. زمین دما فشارسنجی

یکی از اهداف اولیه سنگ شناسان تعیین شرایط فیزیکی تشکیل سنگ و ارتباط این شرایط با فرایندهای زمین شناسی است. دماسنجی و فشارسنجی زمین شناسی یا زمین دما فشارسنجی در واقع علم تعیین و برآورد دما و فشار تشکیل یک سنگ است. همچنین در سنگ شناسی، از معادلات زمین دما فشارسنجی به منظور برآورد دما و فشار تعادل در زمان تبلور دوباره کانی ها استفاده می شود (Spear, 1995; Ottonello, 1997; Nakamura, 2009; Sayari, 2012).

ترکیب شیمیایی پیروکسن ها ابزار مهمی برای سنجش دما در سنگ های آذرین به شمار می رود. برای بررسی دمای تشکیل پیروکسن ها از دماسنج های زیر استفاده شده است.

میزبان را نشان می دهند و با بررسی شیمی کانی های کلبیوپروکسن تشکیل دهنده یک توده آذرین، می توان سری ماگمایی (Kushiro, 1960; Le Bas, 1962; Verhooge, 1962; Leterrier et al., 1982) و محیط زمین ساختی (Nisbet and Pearce, 1977; Leterrier et al., 1982) سنگ منشأ را تعیین کرد. افزون بر این، با بررسی ترکیب کانی های کلبیوپروکسن، می توان شرایط دما فشار تشکیل آن را برآورد کرد. زمین شناسانی مانند (Nimis and Taylor, 2000)؛ Putirka et al. (2003) و Bertrand et al. (1986) از روی ترکیب پیروکسن ها (Adams and Bishop, 1986) و همچنین زوج کانی های الیون و کلبیوپروکسن، دمای تشکیل سنگ ها را برآورد کرده اند. در این پژوهش، از کانی کلبیوپروکسن، برای تعیین سری ماگمایی، محیط زمین ساختی، دما و فشار بهره گرفته شده است.

۴- سنگ نگاری

سنگ های آتشفشانی مورد بررسی، به رنگ سبز تیره هستند (شکل ۳-الف) و به صورت توده های برجسته در کنار توف های سرخ رنگ واقع شده اند (شکل ۳-ب). مطالعات سنگ نگاری ترکیب سنگ های مورد مطالعه را آندزیت بازالتی نشان می دهد. این سنگ ها، متوسط تا درشت دانه هستند و بافت چیره در این سنگ ها شامل هیالوپورفیری، میکرولیتی، میکرولیتیک پورفیری و بافت فرعی همراه، بافت غربالی است. پلاژیو کلاز با ترکیب آندزین-لاپرادوریت از کانی های اصلی و با درصد حجمی ۴۰ تا ۶۰، بیشترین حجم مدال آندزیت های بازالتی را تشکیل می دهد و به صورت درشت بلورهای خود شکل تا نیمه شکل دار و نیز به صورت میکرولیت هایی در زمینه حضور دارند و اندازه بیشینه آنها ۲/۵ میلی متر است (شکل ۴-الف). بیشتر درشت بلورهای پلاژیو کلاز دارای بافت غربالی هستند؛ در حاشیه برخی از بلورهای این کانی آثار خوردگی دیده می شود که می توان آن را به تغییرات فشار و یا عدم تعادل شیمیایی درشت بلورها با ماگمای سازنده در هنگام خروج گدازه نسبت داد (Zarei Sahamieh and Ebrahimi, 2014). شماری از پلاژیو کلازها دارای حواشی گرد شده و ماکل پلی سنتتیک هستند (شکل ۴-ب).

پیروکسن در زمینه ای پلاژیو کلاز است. کانی های کدر هم به صورت شکل دار و هم به صورت بی شکل به مقدار کم در زمینه پراکنده هستند و معمولاً میان ۲ تا ۱۰ درصد حجم سنگ را شامل می شوند و اندازه بیشینه آنها ۱ میلی متر است (شکل ۴-ج). درشت بلورهای آمفیبول با آثار تحلیل یافتگی و اپاکی شدن (شکل ۴-الف)، به نوعی نشان دهنده واکنش اکسایش هستند که به عدم تعادل در هنگام انجماد ماگما بستگی دارد که این حالت را اصطلاحاً اپاکی شدن آمفیبول می نامند (Roosbehani and Arvin, 2010). آمفیبول ها هم در زمینه و هم درون پلاژیو کلازها به چشم می خورند و اندازه آنها به ۰/۱ تا ۰/۵ میلی متر و اندازه درشت بلورهای آن به ۲ میلی متر نیز می رسد. وجود بافت هایی مانند بافت غربالی در آندزیت بازالت توصیف شده در بالا، احتمالاً گواه آمیختگی ماگمایی است (Li et al., 2013). این بدان معناست که سنگ های آتشفشانی با ترکیب حدواسط ممکن است در نتیجه آمیختگی ماگماهای بازالتی با ماگمای فلسیک ایجاد شده باشند (Yoshida et al., 2013). کلریت و کلسیت نیز به صورت پر کننده حفرات در این سنگ ها وجود دارند (شکل ۴-د).

۵- ژئوشیمی

مطالعات ژئوشیمیایی یکی از بهترین راه های شناخت فرایندهای ماگمایی است. بدین منظور روی نمونه های دارای پیروکسن تجزیه نقطه ای انجام گرفته است. جدول های ۱ و ۲ نتایج حاصل از این تجزیه را بر حسب درصد وزنی نشان می دهند.

۵-۱. شیمی کانی پیروکسن

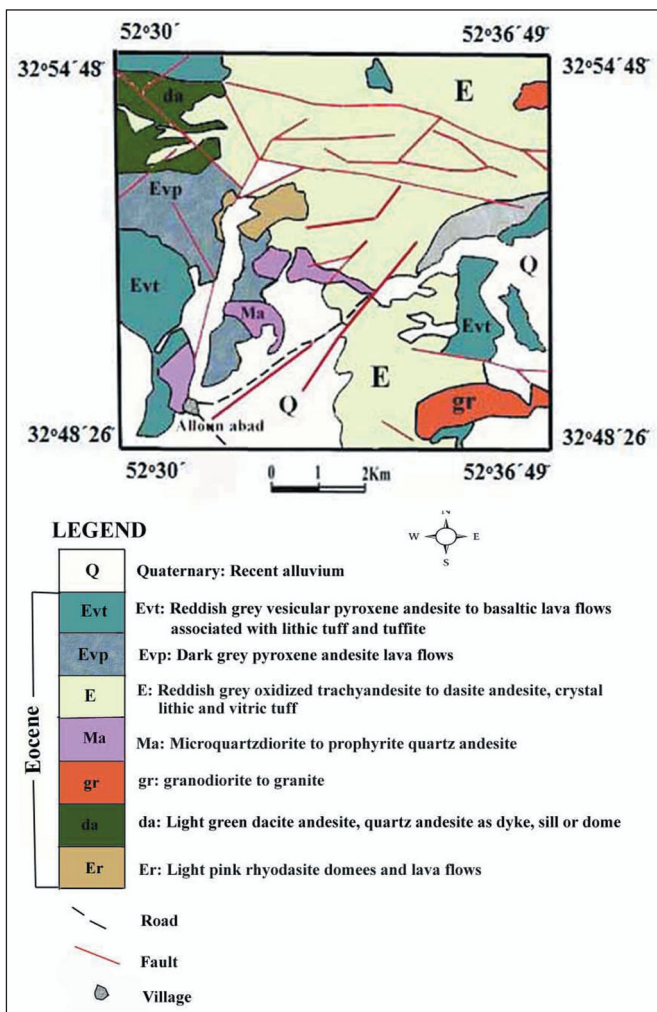
با توجه به داده های حاصل از تجزیه نقطه ای پیروکسن های موجود در سنگ های آندزیت بازالتی (جدول ۱) نشان می دهد که آنها ترکیب یکسان و هموزن دارند. با توجه به ویژگی های نوری و همچنین میزان عناصر موجود در کلبیوپروکسن ها

آمده می‌شود. در هر کدام از معادلات اشاره شده، برای هر کانی کلینوپیروکسن دو مجهول دما و فشار وجود دارد؛ به بیان دیگر هر کانی کلینوپیروکسن بر پایه این معادله‌ها، تشکیل یک دستگاه دو معادله - دو مجهولی را می‌دهد که حل این معادله یک نقطه فشار و دما را معرفی می‌کند.

دمای تشکیل کلینوپیروکسن‌ها بر پایه فرمول یاد شده در فشارهای ۲ تا ۱۰ کیلوبار برای کلینوپیروکسن‌های مورد مطالعه ۹۲۵ تا ۱۰۹۱ درجه سانتی‌گراد به دست آمد که نسبت به دماهای به دست آمده از نمودار، دمای کمتری را نشان می‌دهد و دقیق‌تر است. نتایج حاصل از این دماسنجی در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب گفته شده در بالا، سنگ‌های منطقه مورد مطالعه شامل گدازه‌های آتشفشانی و سنگ‌های آذرآواری هستند. سنگ‌های آتشفشانی مطالعه شده از نوع آندزیت بازالتی هستند و کانی‌هایی چون پلاژیوکلاز (آندزین - لابرادوریت)، کلینوپیروکسن (اوزیت - دیوپسید)، آمفیبول، کلسیت، کلریت و کانی‌های کدر در آنها تشخیص داده شده است. با توجه مطالعات دماسنجی، دمای ۹۲۵ تا ۱۰۹۱ درجه سانتی‌گراد و فشار تشکیل کلینوپیروکسن‌ها در این سنگ‌ها کمتر از ۱۰ کیلوبار برآورد می‌شود. در مورد سری ماگمایی و محیط زمین‌ساختی تشکیل سنگ‌ها بر پایه نمودارهای ژئوشیمیایی پیروکسن‌ها، ماگما از نوع کالک‌آلکانل و در ارتباط با فرورانش نئوتیس زیر صفحه ایران مرکزی است.



شکل ۲- موقعیت سنگ‌های آتشفشانی شمال خاور روستای علون‌آباد (خاور اصفهان) در نقشه زمین‌شناسی کجان (Amini and Amini Chehragh, 2003).

بر پایه متغیرهای XPT و YPT که بر پایه روابط زیر به دست می‌آیند (Soesoo, 1997) دمای تشکیل کلینوپیروکسن‌های منطقه مورد مطالعه حدود ۱۱۵۰ تا ۱۲۵۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است که میزان دما را به‌طور تقریبی و در محدوده نشان می‌دهد که چندان قابل اعتماد نیست (شکل ۱۰-الف).

$$XPT = 0.446SiO_2 + 0.187TiO_2 - 0.404Al_2O_3 + 0.346FeOT - 0.052MnO + 0.0309MgO + 0.431CaO + 0.446Na_2O$$

$$YPT = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 + 0.323FeOT + 0.235MnO - 0.516MgO - 0.167CaO - 0.153Na_2O$$

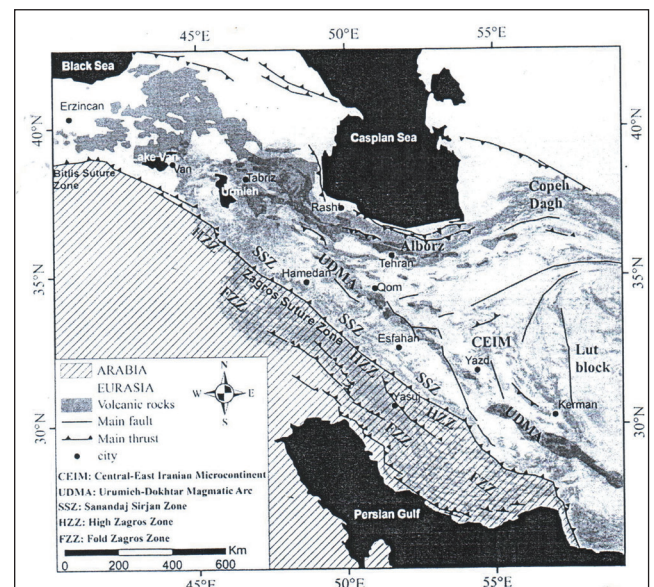
همچنین به منظور تعیین فشار تبلور کلینوپیروکسن مورد مطالعه از نمودار Soesoo (1997) و نیز مقادیر XPT و YPT استفاده و بر پایه شکل ۱۰-ب میزان فشار کمتر از ۱۰ کیلوبار برآورد شد.

به منظور تعیین شرایط فشار- دمای تبلور کلینوپیروکسن‌های مورد تجزیه از معادلات زمین‌دمافشارسنجی ارائه شده توسط (2000) Nimis and Taylor استفاده شده است. این معادلات به‌صورت زیر هستند:

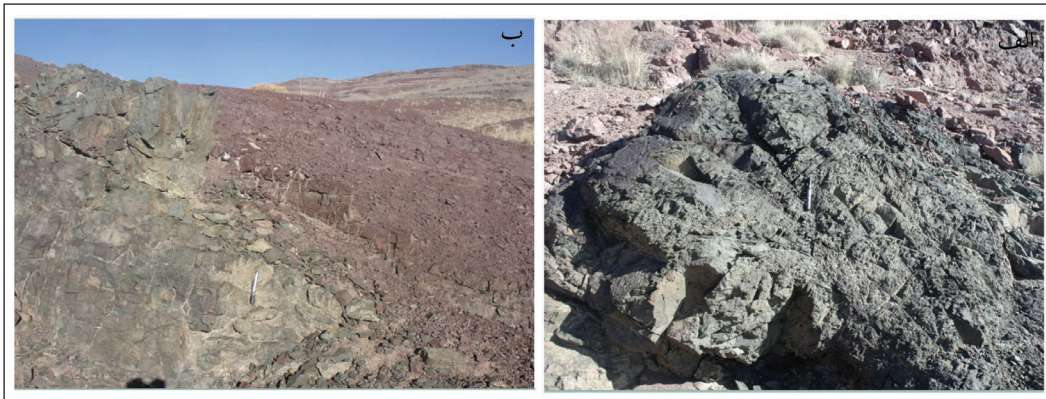
$$T(^{\circ}K) = 23166 + 39.28 P(kbar) / (13.25 + 15.35 Ti + 4.50 Fe - 1.55 (Al + Cr - Na - K) + (Ina_{Cpx})^2)$$

$$a_{Cpx} = (1 - Ca - Na - K) (1 - 1/2(Al + Cr + Na + K))$$

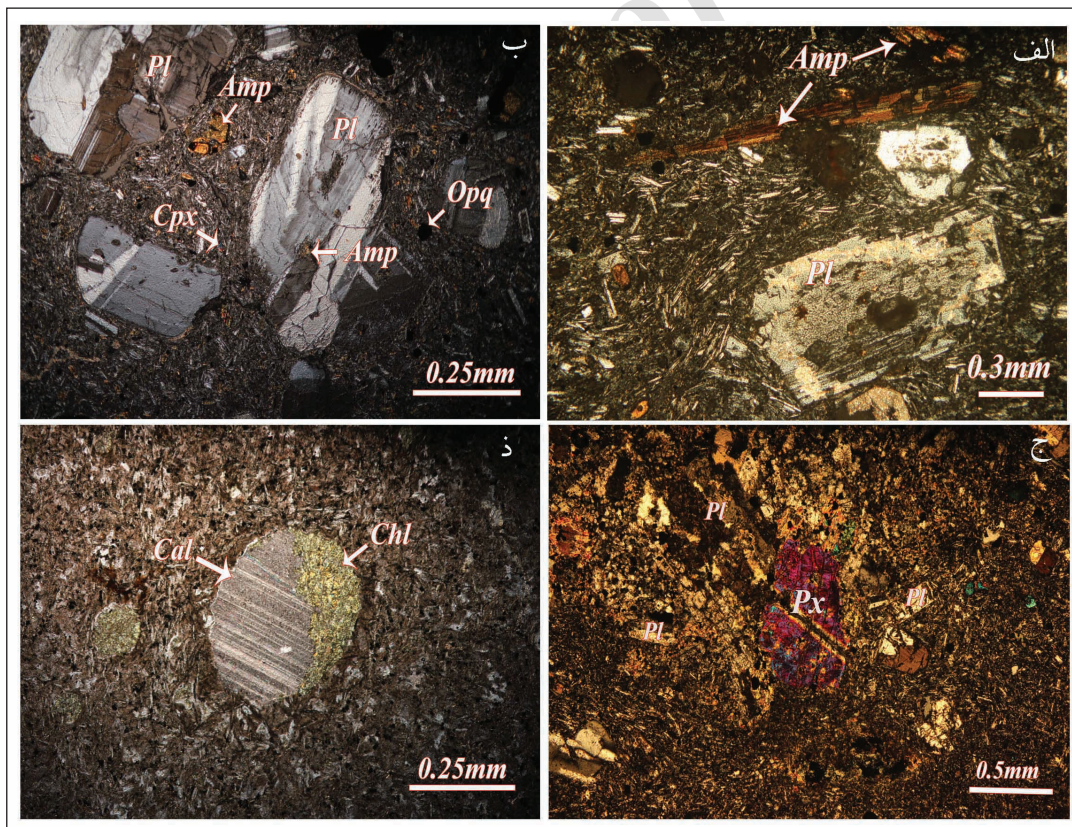
معادله‌ای که بر پایه آن فشار به دست می‌آید؛ به دما وابسته است. به عبارت دیگر هر تغییری در مقدار دما سبب تغییر در فشار به دست آمده می‌شود. معادله تعیین دما نیز به فشار وابسته است و تغییرات فشار سبب ایجاد تغییر در دمای به دست



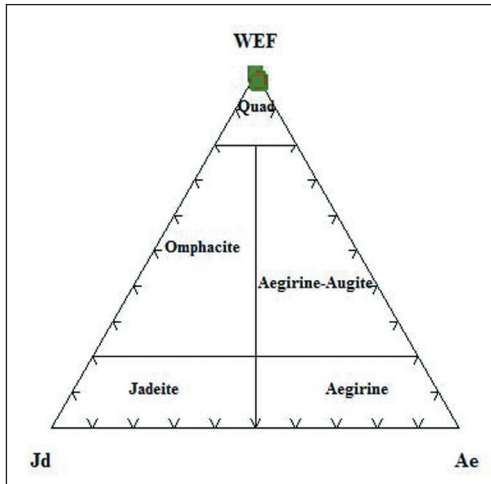
شکل ۱- زون ساختاری ایران و پراکندگی سنگ‌های آتشفشانی سنوزویک ایران و ایالت ماگمایی شمال زمین‌درز زاگرس - بیتلیس (Sayari, 2015).



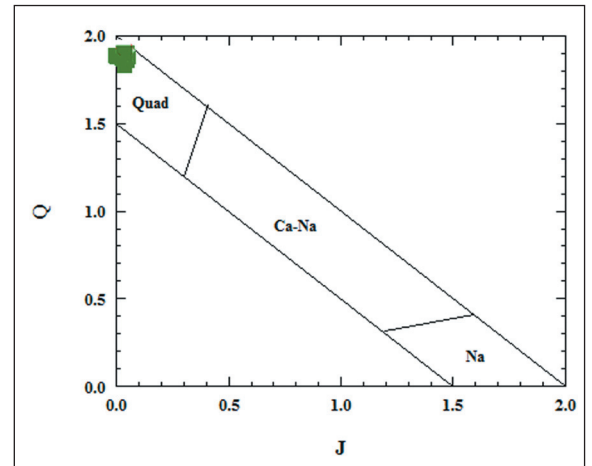
شکل ۳- الف) نمایی از رخنمون واحد آندزیت بازالتی؛ ب) همجواری آندزیت بازالتی و توف‌های سرخ رنگ.



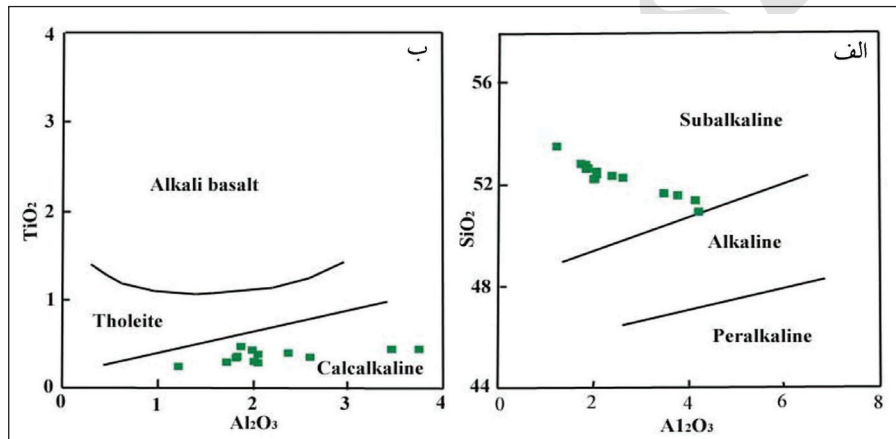
شکل ۴- تصویرهای میکروسکوپی سنگ‌های آندزیت بازالتی منطقه علون‌آباد؛ الف) درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز با بافت غربالی و آمفیبول در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز؛ ب) درشت‌بلور پلاژیوکلاز با حواشی گرد شده در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز؛ ج) پیروکسن‌ها در سنگ‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی؛ د) پرشدگی حفرات توسط کلریت و کلسیت. (Px): پیروکسن، Pl: پلاژیوکلاز، Opq: کانی کدر، Amp: آمفیبول، Chl: کلریت، Cal: کلسیت (Whitney and Evans, 2010).



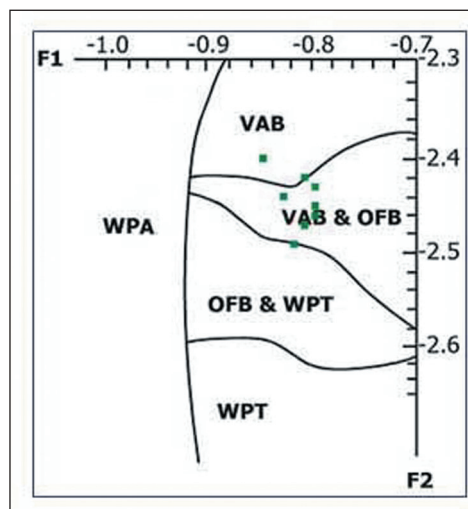
شکل ۶- نمایش ترکیب کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های منطقه مورد مطالعه (Morimoto, 1988). در این نمودار، نمونه‌ها در محدوده دیوپسید- اوژیت جانمایی شده‌اند.



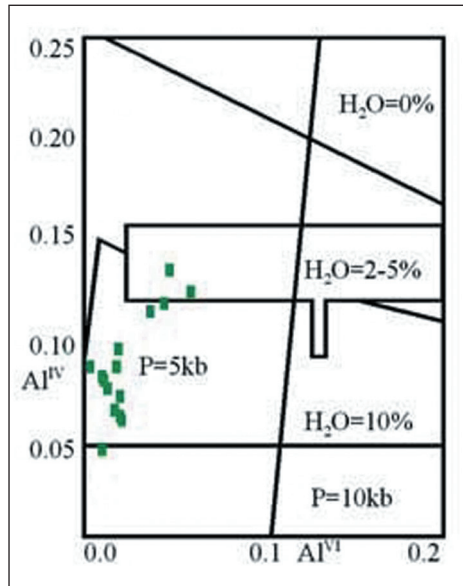
شکل ۵- نمایش ترکیب کلینوپیروکسن‌های موجود در سنگ‌های منطقه (Morimoto, 1988). در این نمودار، نمونه‌ها در محدوده Quad جای گرفته‌اند.



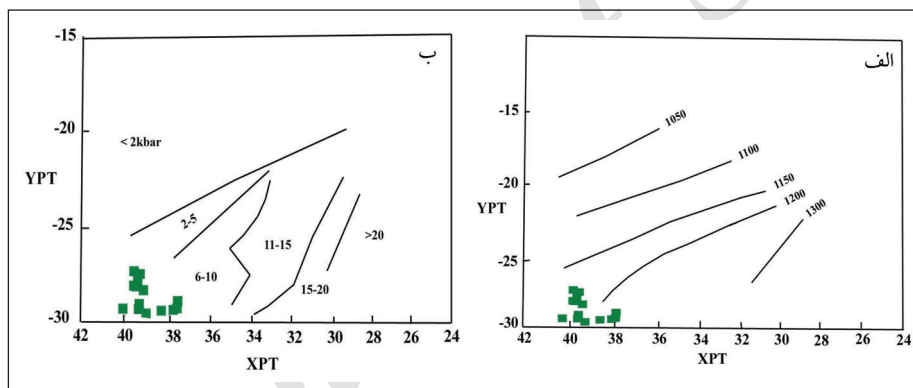
شکل ۷- الف) نمودار SiO₂ در برابر Al₂O₃ (Le Bas, 1962)؛ نمونه‌ها در محدوده ساب‌آلکالن جای گرفته‌اند؛ ب) نمودار TiO₂ در برابر Al₂O₃ (Le Bas, 1962)؛ نمونه‌ها در محدوده کالک‌آلکالن جانمایی شده‌اند.



شکل ۸- نمودار تعیین کننده نوع ماگما و محیط تکتونوماگمایی در نمودار F1F2 و موقعیت کلینوپیروکسن‌های مورد بررسی که در بخش بازالت‌های کمان آتشفشانی و بازالت‌های کف اقیانوس جای گرفته‌اند (Nisbet and Pearce, 1977).



شکل ۹- توزیع Al در موقعیت‌های تتراهدری و اکتاهدری در کلبیوپروکسن‌های منطقه علون‌آباد به تناسب مقدار درصد آب ماگما (Helz, 1976).



شکل ۱۰- الف) نمودار تعیین دمای کلبیوپروکسن با استفاده از روش Soesoo (1997). دمای تشکیل بیشتر کلبیوپروکسن سنگ‌های منطقه علون‌آباد ۱۱۵۰ تا ۱۲۵۰ سانتی‌گراد است؛ ب) نمودار تعیین فشار تبلور پروکسن‌ها (Soesoo, 1997). فشار تشکیل بیشتر کلبیوپروکسن‌ها در محدوده ۲ تا ۱۰ کیلو بار است.

جدول ۱- نتایج تجزیه الکترون میکروپروپ پروکسن سنگ‌های آتشفشانی شمال خاور روستای علون‌آباد (ترکیب شیمیایی پروکسن و فرمول ساختاری بر پایه ۶ اتم اکسیژن).

Sample	K18-1	K18-2	K18-3	K18-4	K18-5	K18-6	K18-7
SiO ₂	۵۱/۴۷	۵۲/۰۷	۵۲/۳	۵۱/۲	۵۲/۱۴	۵۲/۴۳	۵۲/۰۱
TiO ₂	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۵	۰/۵۹	۰/۵۴
Al ₂ O ₃	۳/۴۷	۲/۶۱	۲/۰۶	۴/۱۳	۲/۳۸	۱/۸۸	۲
Cr ₂ O ₃	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۲	۰/۶۴	۰/۰۲	۰	۰
FeO	۶/۸۱	۷/۲۹	۷/۵	۶/۵۴	۹/۵۶	۱۰/۶	۱۰/۲۵
MnO	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۲۷	۰/۳۷	۰/۳۷
MgO	۱۵/۹۱	۱۶/۶۱	۱۶/۳۸	۱۵/۵۱	۱۶/۲۲	۱۵/۱۶	۱۵/۳۷
CaO	۲۱/۹۱	۲۱/۴۲	۲۱/۵۵	۲۱/۹۲	۲۰	۲۰/۱	۲۰/۱۴
Na ₂ O	۰/۰۵	۰/۲	۰/۱۹	۰	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۹
K ₂ O	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Total	۱۰۰/۹۲	۱۰۱/۱۳	۱۰۰/۸۹	۱۰۰/۷۴	۱۰۱/۴۱	۱۰۱/۴۲	۱۰۰/۹۷

ادامه جدول ۱

Sample	K18-1	K18-2	K18-3	K18-4	K18-5	K18-6	K18-7
Si	۱/۸۸۷	۱/۹۰۶	۱/۹۲۲	۱/۸۷۷	۱/۹۱۵	۱/۹۳۴	۱/۹۲۶
Al ^{IV}	۰/۱۱۳	۰/۰۹۴	۰/۰۷۸	۰/۱۲۳	۰/۰۸۵	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴
Al ^{VI}	۰/۰۳۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۱	۰/۰۵۶	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶	۰/۰۱۳
Fe ³⁺	۰/۰۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۲	۰/۰۲	۰/۰۹۳	۰/۰۵۷	۰/۰۷۷
Fe ²⁺	۰/۱۵۸	۰/۱۳۴	۰/۱۴۷	۰/۱۸	۰/۱۹۸	۰/۲۶۸	۰/۲۳۹
Cr	۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	۰	۰
Ti	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۵
Mn	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲
Mg	۰/۸۷	۰/۹۰۶	۰/۸۹۷	۰/۸۴۸	۰/۸۸۸	۰/۸۳۴	۰/۸۴۹
Ca	۰/۸۶۱	۰/۸۴	۰/۸۴۸	۰/۸۶۱	۰/۷۸۷	۰/۷۹۴	۰/۷۹۹
Na	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱
Sum	۴/۰۱۶	۴/۰۲۸	۴/۰۲۶	۴/۰۰۶	۴/۰۲۹	۴/۰۱۸	۴/۰۲۴
Wo	۴۴/۱۷	۴۲/۲۱	۴۲/۴۴	۴۴/۹۸	۳۹/۴	۴۰	۴۰/۰۴
En	۴۴/۶۴	۴۵/۵۴	۴۴/۸۹	۴۴/۲۹	۴۴/۴۶	۴۱/۹۸	۴۲/۵۳
Fs	۱۱/۰۱	۱۱/۵۴	۱۱/۹۹	۱۰/۷۳	۱۵	۱۶/۹۷	۱۶/۳۹
Ac	۰/۱۸	۰/۷۱	۰/۶۸	۰	۱/۱۴	۱/۰۴	۱/۰۴

جدول ۲- ادامه نتایج تجزیه الکترون میکرو پروپ پروکسن سنگ‌های آتشفشانی شمال خاور روستای علون‌آباد (ترکیب شیمیایی پروکسن و فرمول ساختاری بر پایه ۶ اتم اکسیژن).

Sample	K18-8	K18-9	K18-10	K18-11	K18-12	K18-13	K18-14	K18-15
SiO ₂	۵۲/۲	۵۲/۶	۵۳/۲۷	۵۲/۴۱	۵۲/۵۷	۵۰/۷۶	۵۱/۳۹	۵۲/۰۲
TiO ₂	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۷۱	۰/۵۵	۰/۳۸
Al ₂ O ₃	۲/۰۶	۱/۷۳	۱/۲۲	۱/۸۴	۱/۸۳	۴/۲	۳/۷۶	۲/۰۲
Cr ₂ O ₃	۰/۰۲	۰	۰/۰۲	۰	۰	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۰۵
FeO	۹/۶۹	۹/۱۹	۷/۴۲	۹/۷۷	۸/۹۹	۷/۳۱	۷/۴۳	۸/۲۹
MnO	۰/۳۴	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۲۸
MgO	۱۵/۷۶	۱۵/۱۸	۱۵/۹	۱۵/۵۱	۱۵/۰۵	۱۵/۴۶	۱۶/۲۶	۱۶/۷۸
CaO	۲۰/۵۸	۲۱/۱	۲۲/۰۱	۲۰/۱۶	۲۱/۲۴	۲۱/۶۵	۲۰/۵۲	۲۰/۸۳
Na ₂ O	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵
K ₂ O	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰/۰۱	۰/۰۲
Total	۱۰۱/۴۸	۱۰۰/۹۳	۱۰۰/۸۷	۱۰۰/۹۴	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹۲	۱۰۰/۹۲
Si	۱/۹۲۱	۱/۹۴۳	۱/۹۵۷	۱/۹۳۷	۱/۹۴۲	۱/۸۶۶	۱/۸۸۳	۱/۹۱۵
Al ^{IV}	۰/۰۷۹	۰/۰۵۷	۰/۰۴۳	۰/۰۶۳	۰/۰۵۸	۰/۱۳۴	۰/۱۱۷	۰/۰۸۵
Al ^{VI}	۰/۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲۱	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۰۰۳
Fe ³⁺	۰/۱	۰/۰۶۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۱	۰/۰۸۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۷
Fe ²⁺	۰/۱۹۶	۰/۲۲	۰/۱۶۸	۰/۲۳۳	۰/۲۱۵	۰/۱۴۱	۰/۱۶	۰/۱۳۵
Cr	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱
Ti	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱
Mn	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹
Mg	۰/۸۶۵	۰/۸۳۶	۰/۸۷۱	۰/۸۵۵	۰/۸۲۹	۰/۸۴۷	۰/۸۸۸	۰/۹۲۱
Ca	۰/۸۱۱	۰/۸۳۵	۰/۸۶۶	۰/۷۹۸	۰/۸۴	۰/۸۵۳	۰/۸۰۵	۰/۸۲۱

ادامه جدول ۲

Sample	K18-8	K18-9	K18-10	K18-11	K18-12	K18-13	K18-14	K18-15
Na	۰/۰۲۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸
Sum	۴/۰۳۱	۴/۰۱۹	۴/۰۱۹	۴/۰۲۱	۴/۰۱۹	۴/۰۲۶	۴/۰۲۱	۴/۰۳۷
Wo	۴۰/۴۲	۴۱/۹۵	۴۳/۳۳	۴۰/۰۹	۴۲/۳۴	۴۳/۷۹	۴۱/۴۳	۴۰/۶۳
En	۴۳/۰۸	۴۲	۴۳/۵۶	۴۲/۹۲	۴۱/۷۵	۴۳/۵۱	۴۵/۶۸	۴۵/۵۵
Fs	۱۵/۲۶	۱۴/۸۶	۱۱/۹۴	۱۵/۸	۱۴/۵۵	۱۱/۷۲	۱۱/۹۵	۱۲/۹۳
Ac	۱/۲۴	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۱۹	۱/۳۷	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۸۸

جدول ۳- نتایج دماسنجی کلبینوپیروکسن‌ها در فشارهای ۲ تا ۱۰ کیلوبار.

Sample	k18-1	K18-2	K18-3	K18-4	k18-5	K18-6	K18-7
2(kbar)	۹۹۴/۹۷	۱۰۲۸/۳	۱۰۱۱/۱	۹۹۴/۲۷	۱۰۷۹/۶	۱۰۴۳/۸	۱۰۴۸/۳۲
5(kbar)	۱۰۰۱/۴	۱۰۳۴/۹	۱۰۱۷/۶	۱۰۰۰/۷	۱۰۸۶/۷	۱۰۵۰/۵	۱۰۵۵
10(kbar)	۱۰۱۲/۲	۱۰۴۵/۹	۱۰۲۸/۴	۱۰۱۱/۴	۱۰۹۸/۱	۱۰۶۱/۶	۱۰۶۶/۲

جدول ۴- ادامه نتایج دماسنجی کلبینوپیروکسن‌ها در فشارهای ۲ تا ۱۰ کیلوبار.

Sample	K18-8	K18-9	k18-10	K18-11	K18-12	K18-13	K18-14	K18-15
2(kbar)	۱۰۳۲/۷	۹۹۵/۶۶	۹۲۵/۶۴	۱۰۵۲/۸	۹۵۲/۶	۹۶۵/۹	۱۰۷۲/۸	۱۰۵۵/۹
5(kbar)	۱۰۳۹/۳	۱۰۰۲/۱	۹۳۱/۷۲	۱۰۵۹/۶	۹۶۸/۸۷	۹۷۲/۱۸	۱۰۷۹/۶	۱۰۶۲/۶
10(kbar)	۱۰۵۰/۴	۱۰۱۲/۸	۹۴۱/۸۵	۱۰۷۰/۶	۹۷۹/۳	۹۸۲/۶۵	۱۰۹۱	۱۰۷۳/۸

References

- Adams, G. E. and Bishop, F. C., 1986- The olivine- clinopyroxene geobar- ometer: experimental results in the CaO- FeO- MgOSiO₂ system. Contributions to Mineralogy and Petrology, 94(2), 230-237.
- Aftabi, A. and Atapour, H., 2000- Regional aspects of shoshonitic volcanism in Iran. Episodes, V. 23(2), 119-125.
- Allen, M., 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(2), 1-16.
- Amidi, S. M., Emami, M. H. and Michel, R., 1984- Alkaline character of Eocene volcanism in the middle part of Central Iran and its geodynamic situation. Geologische Rundschau, 73(3), 917- 932.
- Amini, B. and Amini chehragh, M. R., 2003- 1:100000 Geological map of Kajan. Geological survey and mineral explorations of Iran.
- Berger, J., Femenias, O., Mercier, J. C. C. and Demaiffe, D., 2005- Ocean-floor hydrothermal metamorphism in the Limousin ophiolites (western French Massif Central): evidence of a rare preserved Variscan oceanic marker. Journal of Metamorphic Geology, V. 23(9), 795- 812.
- Bertrand, P., Sotin, C., Mercier, J. C. and Takahashi, E., 1986- From the simplest chemical system to natural one: garnet peridotite barometry, Contributions to Mineralogy and Petrology, 93(2): 168-178.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F. and Sengo, A. M. C., 1986- Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of Eastern Anatolia - a young collision zone. In: M.P. Coward and A.C. Ries (Editors), Collision Zone Tectonics. Geological Society of London Special Publication, London, pp. 3-36.
- Dilek, Y. and Sandvol, E., 2009- Seismic Structure, Crustal Architecture and Tectonic Evolution of the Anatolian-African Plate Boundary and the Cenozoic Orogenic Belts in the Eastern Mediterranean Region. Geological Society of London Special Publication, 327, 127-160.
- Dilek, Y. and Whitney, D. L., 2000- Cenozoic crustal evolution in central Anatolia: Extension, magmatism and landscape development, In: Panayides, I., Xenophontos, C., Malpas, J. (Eds), Proceedings of the third international conference on the geology of the eastern Mediterranean: Geological survey department, September 1998, Nicosia-cyprus, 183-142.

- Dilek, Y., Imamverdiyev, N. and Altunkaynak, S., 2010- Geochemistry and tectonics of Cenozoic volcanism in the Lesser Caucasus (Azerbaijan) and the peri-Arabian region: collision-induced mantle dynamics and its magmatic fingerprint. *International Geology Review*, 52(4-6), 536-578.
- Dioh, E., Béziat, D., Grégoire, M. and Debat, P., 2009- Origin of rare earth element variations in clinopyroxene from plutonic and associated volcanic rocks from the Foulde basin, Northern Kedougou inlier, Senegal, West Africa. *European Journal of Mineralogy*, 21(5), 1029- 1043.
- Droop, G. T. R., 1987- A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineralogical Magazine*, 51(361), 431-435.
- Emami, M. H., 1981- Geologie de la région de Qom- Arak (Iran), contribution al' étude dynamique et géochimique du volcanisme tertiaire de l'Iran. Thèse ès-sciences naturele , univ. sc. et et Medicate de Grenoble, France, p. 489.
- Ghadami, G., Moradian, A. and Mortazavi, M., 2008- Post-collisional Plio–Pleistocene adakitic volcanism in Central Iranian volcanic belt: geochemical and geodynamic implications. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 19(3), 223-235.
- Hassanzadeh, J., 1993- Metallogenic and tectonomagmatic events in the SE sector of Cenozoic active continental margin of Central Iran (Sharebabak area), Kerman province. Ph.D. thesis, University of California, Los Angeles, USA, p. 204.
- Helz, R. T., 1976- Phase relations of basalts in their melting range at PH₂O = 5 kb. Part II Melt compositions, *Journal of Petrology*, 17, 139 – 193.
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1984- Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal International*, 77(1): 185- 264.
- Jahangiri, A., 2007- Post-collisional Miocene adakitic volcanism in NW Iran: geochemical and geodynamic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(3-4), 433-447.
- Karimi, S., 2009- Petrology of basalts and diabases in North of Haji abad (SW of Khur, Isfahan province). M.Sc. Thesis. University of Isfahan, Isfahan, Iran, p. 171.
- Khodami, M., 2009- Petrology of Plio-Quaternary volcanic rocks in south-east and north-west of Isfahan. PhD Thesis, University of Isfahan, Isfahan, Iran, p. 174 (in Persian with English abstract).
- Kushiro, I., 1960- Si- Al relation in clinopyroxenes from igneous rocks. *American Journal of Science*, 258(5), 548-554.
- Le Bas, M. J., 1962- The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. *American Journal of Science*, 260(4), 267-288.
- Letierrier, J., Maury, R. C., Thonon, P., Girard, D. and Marchal, M., 1982- Clinopyroxene composition as method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. *Earth and Planetary Science Letters*, 59(1), 139-154.
- Li, X., Mo, X., Yu, X., Ding, Y., Huang, X., Wei, P. and He, W., 2013- Petrology and geochemistry of the early Mesozoic pyroxene andesites in the Maixiu Area, West Qinling, China: Products of subduction or syn-collision. *Lithos*, 172-173, 158-174.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, G., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Ndariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N. and Veis, G., 2000- Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105(B3), 5695-5719.
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D. and Tealeb, A., 2003- GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophysical Journal International*, 155(1), 126-138.
- Morimoto, N., 1988- Nomenclature of pyroxenes. *Fortschr mineral*, 66, 237-252.
- Nakamura, D., 2009- A new formulation of garnet- clinopyroxene geothermometer based on accumulation and statistical analysis of a large experimental data set. *Journal of Metamorphic Geology*, V. 27, 495-508.
- Nimis, P. A., 1995- A clinopyroxene geobarometer for basaltic systems based on crystal-structure modeling. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 121(2), 115-125.
- Nimis, P. and Taylor, W. R., 2000- Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotite. Part 1. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 139(5), 541-554.
- Nimis, P. and Ulmer, P., 1998- Clinopyroxene geobarometry of magmatic rocks. 1. An expanded structural geobarometer for anhydrous and hydrous, basic and ultrabasic system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 133(1-2), 122-135.
- Nisbet, E. G. and Pearce, J. A., 1977- Clinopyroxene composition of mafic lavas from different tectonic settings. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 63(2), 149-160.
- Omrani, J., Agard, P., Witechurch, H., Benoit, M., Prouteau, G. and Jolivet, L., 2008- Arc magmatism and subduction history beneath the Zagros Mountains, Iran: a new report of adakites and geodynamic consequences. *Lithos*, 106(3-4), 380-398.
- Ottoneello, G., 1997- Principles of geochemistry. Columbia University Press, Nw York, USA, p. 894.
- Putirka, K., 2008- Thermometers and Barometers for Volcanic Systems. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69(1), 61-120.
- Putirka, K., Johnson, M., Kinzler, R. and Walker, D., 1996- Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 123(1), 92-108.

- Putirka, K., Mikaelian, H., Ryerson, F. and Shaw, H., 2003- New clinopyroxene-liquid thermobarometers for mafic, evolved, and volatile-bearing lava compositions, with applications to lavas from Tibet and the Snake River Plain, Idaho. *American Mineralogist*, 88(10), 1542-1554.
- Roozbehani, L. and Arvin, M., 2010- Petrography, geochemistry and petrogenesis of rhyolitic and andesitic rocks in Nasir Abad, south-west, Kerman. *Journal of Petrology*, 1(2), 1-16. (in Persian).
- Sayari, M., 2012- APG: An efficient software program for Amp-Pl thermobarometry based on graphical method. *Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, 22(4), 345-349.
- Sayari, M., 2015- Petrogenesis and evolution of Oligocene-Pliocene volcanism in the central part of Urumieh-Dokhtar Magmatic Arc (NE of Isfahan). Ph.D Thesis, University of Isfahan, Isfahan, Iran, p.195 (in Persian with English abstract).
- Soesoo, A., 1997- A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallization PT-estimations. *Geological Society of Sweden (Geologiska Föreningen)*, 119(1), 55-60.
- Spear, F. S., 1995- Metamorphic phase equilibria and pressure - temperature- time paths. *Mineralogical Society of American, Washington D.C., USA*, p. 799.
- Verhooge, J., 1962- Distribution of titanium between silicates and oxydes in igneous rocks. *American Journal of Science*, 260(2), 211-220.
- Whitney, L. and Evans, W., 2010- Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.
- Yoshida, T., Okamura, S., Sakamoto, I., Ikeda, Y., Adachi, Y., Kojima, M., Sugawara, M. and Shitahaku, R., 2013- Petrology of felsic rocks dredged from the Myojin Seamount and the Myojin Rift in the north Izu-Bonin arc - Contribution of intra-oceanic subduction system to making continental middle crust. Meeting of International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, Kagoshima, Japan.
- Zarei Sahamieh, Z., and Ebrahimi, S., 2014- Petrology, mineral chemistry and tectono-magmatic setting of volcanic rocks from northeast Farmahin, north of Arak. *Journal of Economic Geology*, 6(2), 375-392.

Archive of SID