Archive of SID

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol.16, No. 1, Spring 1387/2008

Crystal chemistry and comparison of mineralogical composition of Eocene volcanic rocks and their basic enclaves in north of Anarak (NE of Isfahan province)

M. Sayari[1], I. Noorbehesht[1], GH. Torabi[1], A. Davoudian Dehkordi[2]

1) Department of Geology, Isfahan University
2) Faculty of Agriculture, Shahre-Kord University
E-Mail: m.sayari@gmail.com

(Received: 12/4/2006, in revised form:23/10/2007)

Abstract: Eocene volcanic rocks of north Anarak area are as scattered as masses. These rocks cross the Anarak schists and Ashin-Zavar ophiolites but had not metamorphosed them. Their outcrops follow the direction of within the area faults. Mineralogicaly, these rocks are limited in composition from Andesi-Basalt and Andesite to Dacite. These rocks have phenocrysts of amphibole and plagioclase in microcrystalline and microlitic matrix. The andesitic and andesibasaltic rocks in the study area have a lot of enclaves that contain many amphiboles. Type of the amphiboles is Magnesiohastingsite. Similarity of composition of amphiboles and biotites in the volcanic rocks and their enclaves indicate that these volcanic rocks and their enclaves are possibly cogenesis. There are three types of feldspar in these rocks that are andesine-oligoclase, alkali feldspar and bytownite. Bytownite is found only in certain enclaves. Geothermometry studies on phenocrysts of plagioclase and amphibole, that are in equilibrium, indicate that crystallization temperature of these phenocrysts is 835°c to 925°c.

Keywords: *Eocene volcanic rocks, Enclave, Anarak, Microprobe analysis, Geothermometry.*

www.SID.ir

Archive of SID

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال شانزدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۸۷، از صفحهٔ ۱۱۳ تا ۱۲۴

شیمی بلورها و مقایسهٔ ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و برونبومهای آذرین بازی آنها در شمال انارک (شمال شرق استان اصفهان)

محمد سیاری[۱]، ایرج نوربهشت[۱]، قدرت ترابی[۱]، علیرضا داودیان دهکردی[۲]

۱) گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

۲) دانشکده کشاورزی دانشگاه شهر کرد

پست الکترونیکی: m.sayari@gmail.com

(دریافت مقاله ۱۳۸۵/۱/۲۳، نسخه نهایی ۱۳۸۶/۸/۱)

چکیده: سنگ‌های آتشفشانی به سن ائوسن در شمال منطقهٔ انارک به صورت پراکنده دیده می‌شوند. این سنگ‌ها شیست‌ها و افیولیت-های عشین - زوار را قطع کرده‌اند ولی آنها را دگرگون نساخته‌اند. رخنمون این سنگ‌ها بیشتر از روند گسل‌های منطقه پیروی می‌کند. از نظر ترکیب کانی‌شناسی، سنگ‌های مورد مطالعه در گسترهٔ آندزی بازالت و آندزیت، تا داسیت قرار می‌گیرند. این سنگ‌ها بیشتر حاوی فنوکریست‌های آمفیبول، و پلاژیوکلاز هستند که در زمینهٔ ریزبلورین و میکرولیتی قرار دارند. سنگ‌های آندزیتی و آندزی بازالتی منطقهٔ مورد مطالعه به فراوانی حاوی برونبوم آذرین بازیکی هستند که غنی از آمفیبول‌اند. آمفیبول‌ها از نوع منیزیوهاستینگسیت هستند. شباهت ترکیب آمفیبول‌ها و بیوتیت‌های موجود در این سنگ‌های آتشفشانی با آمفیبول‌ها و بیوتیت‌های موجود در برونبوم‌های آنها نشان می‌دهد که احتمالا سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه با برونبوم‌هایشان هم خاستگاهند. فلدسپاتهای موجود در این سنگ‌ها عبارتند از فلدسپات‌های قلیایی، پلاژیوکلاز با ترکیب آندزین - الیگوکلاز و نیز بیتونیت که تنها در برخی برونبوم‌ها دیده می‌شوند. بررسی‌های زمین دماسنجی زوج درشت بلور در تعادل با آمفیبول و پلاژیوکلاز نشان می‌دهد که دمای تبلور این درشت بلورها در حدود ۸۳۵ تا ۹۲۵ درجه سانتیگراد است.

واژه‌های کلیدی: *سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، برونبوم، انارک، آنالیزریزپردازش، زمین دماسنجی.*

مقدمه

فعالیت آتشفشانی ائوسن، یکی از مهمترین پدیده‌های زمین-شناسی ایران در زمان ائوسن است. آثار آن در اغلب مناطق ایران به غیر از زاگرس و کپه داغ، به چشم می‌خورد. در منطقهٔ انارک آثار فعالیت آتشفشانی ائوسن به صورت نک‌های کوچک، گدازه و گنبد به ابعاد چند متر تا چند صد متر، با روند تقریبی شرقی- غربی، به چشم می‌خورد که عموما از روند گسل‌های منطقه پیروی می‌کنند. این آتشفشانی‌ها، قدیمی‌ترین سنگ-های منطقه، یعنی شیست‌ها، به سن پرکامبرین [۱] و نیز افیولیت ملانژ عشین - زوار به سن مزوزوئیک [۲] را قطع کرده‌اند. این سنگ‌ها اغلب به مقدار زیاد حاوی آمفیبول‌اند. همچنین در حوالی عشین - زوار این سنگ‌های آتشفشانی به مقدار زیادی دارای برونبوم‌هایی هستند که غنی از آمفیبول بوده و برخی از آنها با سمتگیری ترجیهی هستند.

هدف از ارائه این مقاله شناسایی و تعیین فرمول ساختاری کانی‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در شمال انارک و مقایسهٔ آنها از نظر ترکیبی با کانی‌های موجود در برونبوم‌های همراه است.

www.SID.ir

Archive of SID

روش کار

نخست بررسی‌های صحرایی و نمونه برداری از منطقهٔ مورد مطالعه صورت گرفت. سپس نمونه‌هایی مناسب برای تهیهٔ مقاطع نازک و مقاطع نازک – صیقلی با استفاده از پوشش رزینی انتخاب شدند. مطالعات سنگ شناختی با استفاده از میکروسکوپ قطبشی پلاریزان با نور عبوری مدل BH2 انجام گرفت. آنالیزهای نقطه‌ای انجام شده روی کانی‌ها با استفاده از ریز پردازندهٔ الکترونی JEOL مدل XA-8800 با ولتاژ شتابدهندهٔ ۲۰ کیلو ولت و جریان ۱۲ نانو آمپردر دانشگاه کانازاوا ژاپن صورت گرفت.

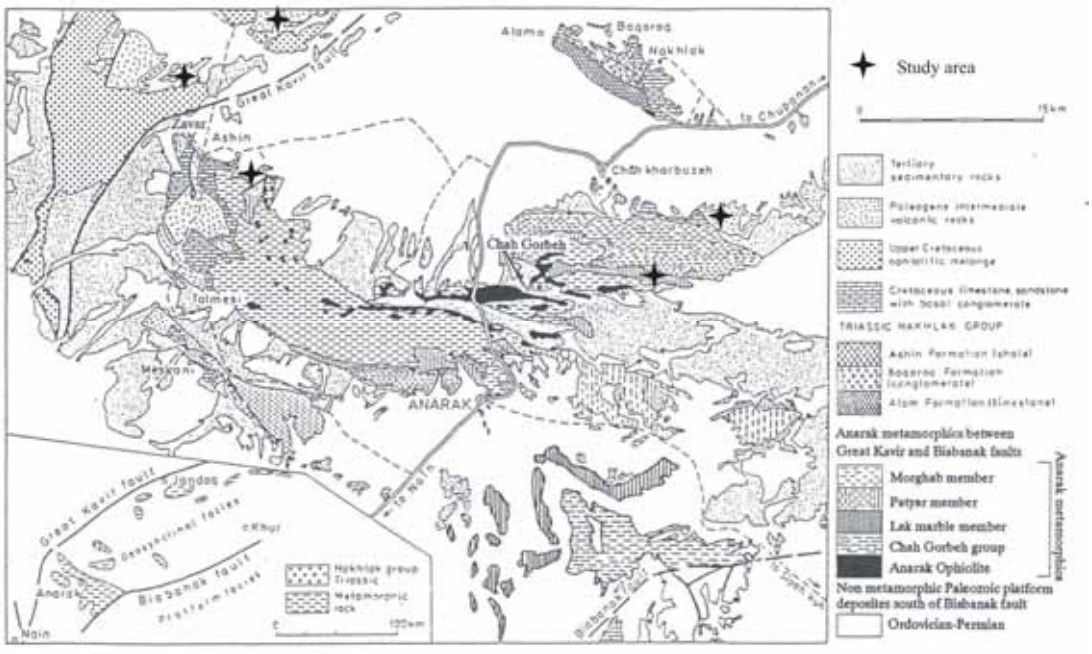
زمین‌شناسی منطقهٔ انارک

منطقهٔ انارک در فاصلهٔ ۲۲۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان و ۷۶ کیلومتری شمال شرقی شهرستان نایین قرار گرفته است. این منطقه در حاشیهٔ جنوبی دشت کویر (کویر مرکزی)، بین طول‌های جغرافیایی ۵۴-۵۳ درجهٔ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۴-۳۳ درجهٔ شمالی واقع شده است. ارتفاع شهر انارک از سطح دریا، ۱۲۲۰ متر است. این منطقه در تقسیمات زون‌های زمین‌شناسی ایران در زون ایران مرکزی قرار دارد [۳] و [۴]. شکل۱ نقشهٔ زمین‌شناسی کلی منطقهٔ انارک و موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد [۲]. این منطقه خود بخشی از ناحیهٔ چین خوردهٔ آلپی یا کمربند چین خوردهٔ آلپ – هیمالیا (مدیترانه‌ای) است. منطقهٔ انارک از نظر، چینه-شناسی، آتشفشانی و کانسارسازی بسیار متنوع، و از نظر زمین ساختی دارای گذشته پیچیده‌ای است. در این منطقه سنگ-های آتشفشانی ائوسن به صورت پراکنده و جدا از هم در حوالی معلی، عشین – زوار، و سفی آباد وجود دارند.

قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقهٔ انارک، افیولیت انارک (بیشتر سرپانتینیت)، به سن پرکامبرین است. شیست‌ها و دگرگون‌های انارک نیز سن پرکامبرین دارند، ولی از نظر سنی نسبت به افیولیت انارک جوان‌ترند [۲]. از دوران پالئوزوئیک نیز سازندهای شیرگشت (اردویسین)، نیور (سیلورین)، پادها (دونین زیرین)، دولومیت سیبزار (دونین میانی)، آهک بهرام (دونین بالایی)، شیشتو (دونین بالایی – کربونیفر زیرین)، سردر (کربونیفر)، جمال (پرمین) قابل ذکرند [۵ - ۷].

سنگ‌های سازند چاه پلنگ (ژوراسیک - کرتاسه) به صورت بسیار محدود در جنوب معدن متروکهٔ ترکمانی مشاهده می-شوند. سنگ‌های ژوراسیک (سازند شمشک) نیز در منطقه وجود دارند [۸، ۹].

در ناحیه انارک - خور سنگ‌های کرتاسه مهمترین رخنمون سنگ‌های مزوزوئیک منطقهٔ انارک را تشکیل می-دهند. ملانژ افیولیتی عشین - زوار دارای واحدهای سنگی مختلف با سن‌های متفاوت است، ولی آخرین فعالیت‌های ماگمایی آن در اواخر کرتاسه صورت گرفته است که چرت‌های رادیولر و سنگ آهک‌های پلاژیک کرتاسه بالایی، واحدهای سنگی آن را می‌پوشانند [۲]. از دوران سنوزوئیک نیز بیشتر، سازندهای تخریبی در منطقه وجود دارند



شکل۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه انارک (ترابی،۱۳۸۳).

www.SID.ir

Archive of SID

مدل سنگ زایی

از آنجا که منطقهٔ مورد مطالعه جزئی از زون ارومیه – دختر نیست و روند سنگ‌های آتشفشانی آن نیز با ارومیه – دختر مطابقت ندارد، بنابراین ممکن است وابسته به فرورانش احتمالی حاصل از پوستهٔ اقیانوسی نارس پیرامون خرده قارهٔ ایران مرکزی باشد، ولی از آنجا که فرورانش نئوتتیس نیز به سمت شمال شرق است، نمی‌توان آثار فرورانش نئوتتیس را نادیده گرفت.

سنگ شناسی سنگ‌های آتشفشانی

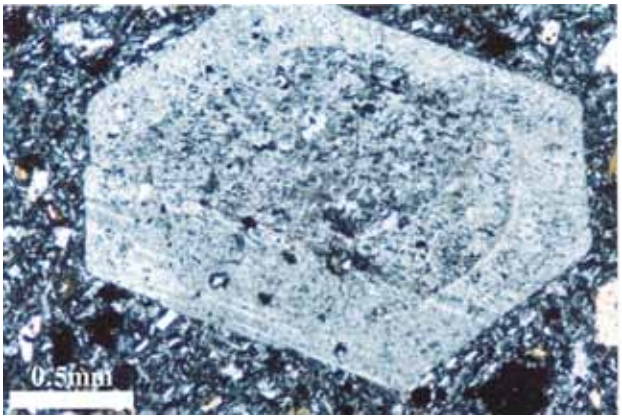
بافت سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه پورفیری، هیالوپورفیری، و ریز بلور پورفیری است. بر پایهٔ مطالعات میکروسکوپیکی، سنگ‌های مورد مطالعه از نظر کانی‌شناسی، به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند.

۱- آندزیت‌ها و آندزی بازالت‌ها: این سنگ‌ها بیشتر از فنوکریست‌های پلاژیوکلاز (شکل۲)، آمفیبول (شکل۳) و کمی کلینوپیروکسن (شکل۴) هستند که در زمینه‌ای شیشه‌ای و ریز بلورین از پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند. آمفیبول‌ها خود شکل بوده و تا اندازه‌ای به کلریت تجزیه شده، و فلدسپات‌ها به سرسیت و کائولینیت دگرسان شده‌اند. فراوانی آمفیبول در این سنگ‌ها به اندازه‌ای است که می‌توان آنها را آمفیبول آندزیت و آمفیبول آندزی بازالت نامید.

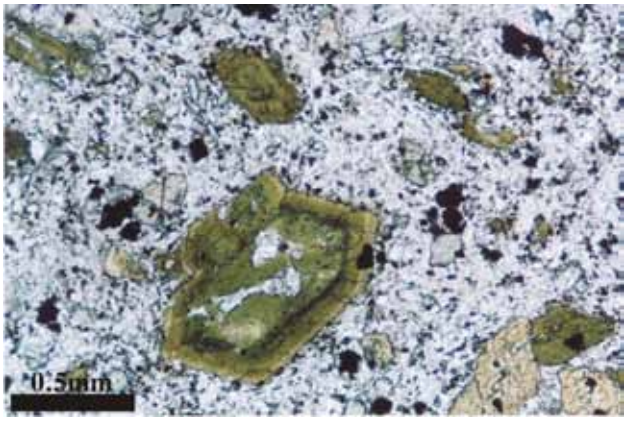
کانی‌های فرعی موجود در این سنگ‌ها شامل اسفن، آپاتیت، و زیرکن است که به میزان بسیار کم وجود دارند.

۲- داسیت‌ها: این سنگ‌ها حاوی پلاژیو کلاز، کوارتز و سانیدین هستند. کوارتزها دارای حاشیهٔ واکنشی و پلاژیوکلازها غبار آلودند که نشانی از آمیختگی ماگمایی دارند. حالت اسفرولیتی پلاژیوکلازها نیز دلالت بر سرد شدن سریع ماگما دارد. وجود کوارتز با خوردگی خلیجی در این سنگ‌ها حاکی از کاهش ناگهانی فشار در زمان فوران است (شکل ۵ و ۶).

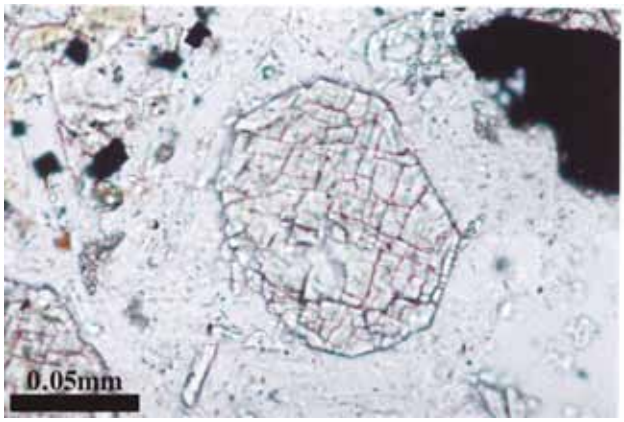
۳- آندزیت‌های بیوتیت‌دار: این سنگ‌ها که فقط در حوالی معلی یافت می‌شوند، تفاوت چشمگیری که با آندزیت‌های گروه اول دارند وجود بیوتیت در آنهاست. این سنگ‌ها واجد پلاژیوکلاز، بیوتیت و آمفیبول هستند. در این سنگ‌ها عموما بیوتیت‌ها سالم مانده‌اند در صورتی که آمفیبول‌ها اغلب به کلریت دگرسان شده‌اند (شکل۷). پلاژیوکلازها نیز در حال تجزیه به سرسیت هستند (شکل۸). آپاتیت، اسفن و زیرکن نیز به مقدار کم در این سنگ‌ها یافت می‌شوند.



شکل۲ تصویری از فنوکریست خودشکل پلاژیوکلاز همراه با منطقه‌بندی در متن سنگ آندزیتی (نور PPL).



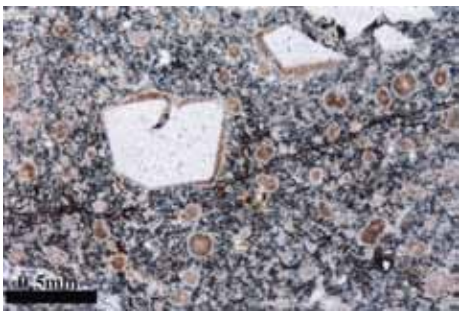
شکل ۳ تصویری از فنوکریست خودشکل آمفیبول همراه با منطقه-بندی در متن سنگ آندزیتی (نور XPL).



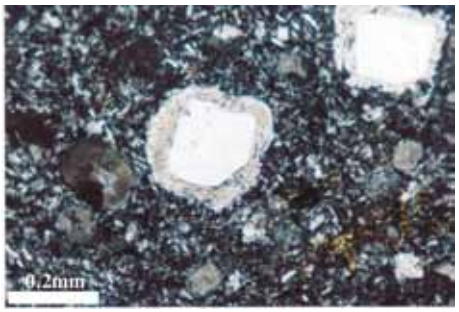
شکل ۴ مقطع عرضی کلینوپیروکسن (نور PPL).

www.SID.ir

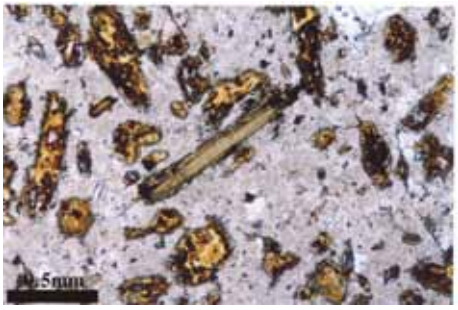
Archive of SID



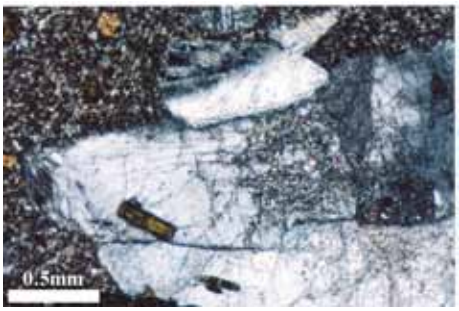
شکل ۵ فنوکریست‌های کوارتز با خوردگی خلیجی و حاشیهٔ غبار آلود همراه با پلاژیوکلازهای اسفرولیتی (نور PPL).



شکل ۶ فنوکریست‌های کوارتزبا حاشیهٔ واکنشی (نور XPL).



شکل ۷ فنوکریست بیوتیت به همراه آمفیبول‌هایی که در حال تجزیه به کلریت هستند (نور PPL).



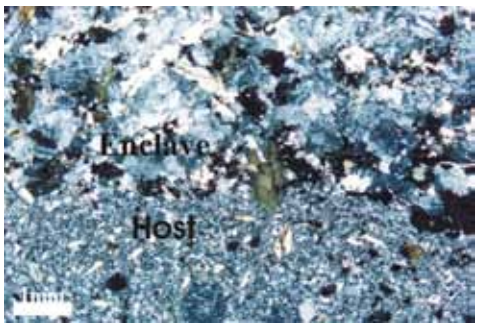
شکل ۸ فنوکریست پلاژیوکلاز در حال تجزیه به سرسیت، همراه با نفوذ آمفیبول (نور XPL).

سنگ شناسی برونبوم‌ها

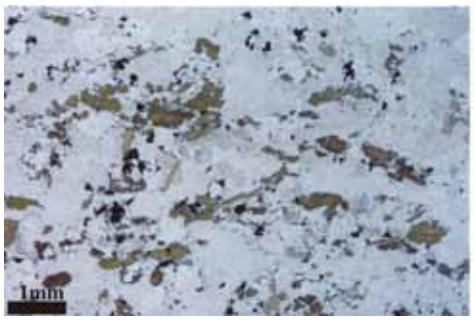
سنگ‌های آندزیتی و آندزی بازالتی مورد مطالعه اغلب حاوی برونبوم‌های فراوانند. محل تماس برخی از برونبوم‌ها با سنگ آتشفشانی میزبان کاملا متعادل بوده و اثری از حواشی واکنشی دیده نمی‌شود (شکل ۹ و ۱۰). این برونبوم‌ها از نظر کانی-شناسی شباهت زیادی به سنگ میزبان خود دارند ولی از نظر بافتی کاملا با آنها متفاوتند برونبوم‌های آذرین بازیک نیز به فراوانی حاوی آمفیبول‌اند. (شکل ۱۱).

علاوه بر این برونبوم‌ها، برونبوم‌هایی از شیست‌ها و افیولیت‌ها نیز در نمونه‌ها وجود دارند که بررسی آنها مورد نظر نیست. برونبوم‌های مورد مطالعه (آذرین بازیک) نیز به فراوانی حاوی آمفیبول‌های کلسیک از نوع منیزیوهاستینگسیت هستند. پلاژیوکلاز از دیگر کانی‌های موجود در برونبوم‌ها هستند. برخی از این پلاژیوکلازها کلسیک و از نوع بیتونیت یوده و برخی نیز قلیایی‌اند. پلاژیوکلازهای برونبوم‌ها، یافته‌های دگرشکلی را نیز نشان می‌دهند.

شکل ۹ برخوردگاه برونبوم همگن هموژن با سنگ آتشفشانی (نور PPL).



شکل ۱۰ برخوردگاه برونبوم آذرین بازیک با سنگ آتشفشانی (نور XPL).



شکل ۱۱ تصویری از آمفیبول‌های موجود در برونبوم‌های آذرین بازیک(نور PPL).

www.SID.ir

Archive of SID

شیمی بلورها

کانی‌های سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه در شمال انارک نیز مورد آنالیز ریز پردازی قرار گرفتند، و دستیابی به فرمول ساختاری آنها با استفاده از نرم افزار *PET [۱۰، ۱۱] انجام گرفته است (جداول ۱، ۲، ۳).

محاسبهٔ فرمول ساختاری آمفیبول‌های آنالیز شده نشان می‌دهد که همهٔ آنها دارای گسترهٔ ترکیبی مشابهی بوده ودر قلمرو آمفیبول‌های کلسیک قرار می‌گیرند (شکل۱۲). این آمفیبول‌ها از نوع منیزیوهاستینگسیت هستند که همراه با پارگازیت در یک گسترهٔ قرار می‌گیرند (شکل۱۳).

فرمول‌های ساختاری به دست آمده برای بیوتیت‌های موجود در متن سنگهای آتشفشانی، و بیوتیت‌های موجود در برونبوم‌ها شباهت بسیار زیادی با هم دارند (جدول۳). ترکیب فلدسپات‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی و برونبوم‌های همراهشان در شکل (۱۴) مشخص شده است. از روی نتایج حاصل از ریزپردازی می‌توان سه دسته فلدسپات را در سنگ-های آتشفشانی و نیز برونبوم‌های آنها مشخص کرد.

دستهٔ اول، پلاژیوکلازهای نوع آندزین – الیگوکلاز. این پلاژیوکلازها در متن سنگ‌های آتشفشانی و نیز درون برخی از برونبوم‌ها یافت می‌شوند و با آمفیبول‌ها در تعادلند.

دستهٔ دوم فلدسپات‌های قلیایی هستند که بر پایهٔ، مطالعات سنگ شناختی معلوم شد که برخی از این فلدسپات‌های قلیایی اولیه و برخی دیگر ثانویه هستند که از پلاژیوکلازهای گروه اول حاصل شده‌اند یعنی در اثر سوسوریتی شدن پلاژیوکلازهای اولیه ایجاد شده‌اند. این دسته نیز هم درون برونبوم‌ها وجود دارند و هم در متن سنگ‌های آتشفشانی دیده می‌شوند.

دسته سوم، پلاژیوکلازهای کلسیم‌دار با ترکیب بیتونیت. این نوع پلاژیوکلاز فقط در برخی از برونبوم‌ها حضور دارند. وجود پلاژیوکلازهای کلسیم‌دار، نظیر بیتونیت دور از تصور نیست. فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در ماگماهای کمانی (Arcmagmas) به شدت کلسیم دارند [۱۳]. وجود پلاژیوکلازهای کلسیم دار در ماگماهای کمانی مربوط به حضور آب است، چرا که آب دمای حلقهٔ تعادل آبگون – جامد (سالیدوس و لیکیدوس) در سیستم آلبیت – آنورتیت را کاهش می‌دهد. در نتیجه، در یک دمای ثابت، یک ماگمای آبدار، پلاژیوکلازهای کلسیم دار تری نسبت به ماگمای مشابه، و در شرایط خشک متبلور می‌سازد [۱۳].

شرایط تبلور فنوکریست‌های سنگ‌های آتشفشانی شمال انارک

سنگ‌های آتشفشانی با بافت پورفیری دو مرحله تبلور را پشت سر گذاشته‌اند، یک مرحله در بیرون و یا نزدیک به سطح زمین و مرحلهٔ دیگر در عمق که با تبلور فنوکریست‌های درشت بلورتر مشخص می‌شوند، در اینجا به منظور تعیین شرایط تبلور فنوکریست‌های سنگ آتشفشانی از روش‌های زمین دماسنجی استفاده شده است که برای زمین دما سنجی از نرم‌افزارهای کامپیوتری تخصصی بهره‌گیری شده است. یکی از نرم‌افزارهای نسبتاً جامع، نرم‌افزار PET [۱۰، ۱۱] است.

بر پایهٔ شواهد سنگ‌شناختی، زوج فنوکریست‌های آمفیبول کلسیم‌دار و پلاژیوکلاز در تعادل قرار دارند (شکل ۱۵)، زیرا نمونه‌های آمفیبول کلسیم دار انتخاب شده فاقد حاشیهٔ اکتینولیتی بوده و دارای مرزهای دانه‌ای عادی با پلاژیوکلاز همزیست و مجاور خود هستند، و به همین دلیل برای برآورد شرایط دمای تشکیل سنگ در عمق از این زوج استفاده شده است.

این روش زمین دماسنجی، با یک زمین دماسنج تبادلی کار می‌کند که بر پایهٔ واکنش‌های زیر صورت می‌گیرد:

edenite + 4 quartz = tremolite + albite

edenite + albite = richterite + anorthite

واکنش اول به شرایطی مربوط است که کوارتز در سنگ حضور دارد، و واکنش دوم در شرایطی است که کوارتز در سنگ وجود ندارد.

مهمترین همسنجی زمین دماسنجی آمفیبول - پلاژیوکلاز بر پایهٔ روش ارائه شده توسط [۱۴] است. روش دماسنجی آمفیبول – پلاژیوکلاز که توسط [۱۴] ارائه شده است، برای سنگ‌های ماگمایی قابل استفاده است [۱۵، ۱۶]. در اینجا محاسبات با استفاده از نرم افزار PET انجام شده است. برآورد میانگین دما با این روش، نشان می‌دهد که در گسترهٔ فشارهای متعارف بین ۱ تا ۱۰ کیلو بار برای زوج‌های آمفیبول - پلاژیوکلاز در تشکیل فنوکریست‌های سنگ بین حداقل ۸۳۵ تا حداکثر ۹۲۵ درجه سانتیگراد بوده است (جدول ۴).

منظور از فشار در این محاسبات، فشار سنگ ایستایی بوده است که [۱۴] در محاسبات خود از آن استفاده کرده است. چگونگی محاسبه دما با استفاده از این روش با استفاده از فرمول زیر است که در آن T برحسب درجه سانتیگراد برابر است با:

* Petrological elementary tools for Mathematica

www.SID.ir

Archive of SID

$$T(\pm 40^{\circ}c) = \left[\begin{array}{c} -76.95 + 0.79P + Y_{ab} + 39.4X_{Na}^{ab} \\ +22.4X_{K}^{ab} + (41.5 - 2.89P)X_{Al}^{ter} \\ -0.0650 - RLn[(27X_{Na}^{ab} \\ X_{Si}^{ter}X_{ab}^{pl})/(256X_{Na}^{ab}X_{Al}^{ter})] \end{array}\right] - 273$$

در این فرمول P فشار (برحسب کیلوبار)، ضریب R برابر با ۰٫۰۰۸۳۱۴۴ کیلوژول برکیلومول، و Yab نیز در صورتی که مقدار آلبیت پلاژیوکلاز بیش از ۰٫۵ باشد صفر در نظر گرفته می‌شود. ارتباط فشار با دمای محاسبه شده به ترکیب هر دو زوج فنوکریست آمفیبول و پلاژیوکلاز بستگی دارد، و مستقیما از رابطهٔ بالا بدست می‌آید.

جدول۱ نتیجهٔ آنالیز ریزپردازش فنوکریست‌های آمفیبول و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها بر پایهٔ ۲۳ اکسیژن ساختاری (اکسیدها بر حسب درصد). علامت × مربوط به نمونه‌های درون برونبوم‌هاست.

اکسیدها	نمونه۴۹	نمونه۵۰	نمونه۵۱	نمونه۶۰	نمونه۶۶×	نمونه۷۲	نمونه۸۴×	نمونه۸۵	نمونه۸۶	نمونه۸۸×
SiO_2	۴۱٫۶۶۹	۴۰٫۴۰۷	۴۰٫۳۰۶	۴۴٫۹۱۳	۴۱٫۲۷۲	۴۰٫۶۸۰	۴۱٫۵۶۶	۴۰٫۵۶۶	۴۱٫۸۱۷	۳۹٫۶۹۳
TiO_2	۲٫۱۶۴	۲٫۷۷۷	۲٫۱۰۸	۱٫۲۵۵	۲٫۰۲۷	۲٫۰۶۵	۲٫۲۵۶	۲٫۱۷۸	۲٫۲۸۳	۲٫۴۲۵
Al_2O_3	۱۲٫۵۳۲	۱۲٫۹۱۲	۱۳٫۷۷۲	۱۱٫۳۲۴	۱۳٫۲۰۵	۱۲٫۷۱۲	۱۱٫۸۸۶	۱۳٫۵۷۶	۱۲٫۱۷۴	۱۳٫۹۵۰
Cr_2O_3	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۸	۰٫۰۳۴	۰٫۰۴۲	۰٫۰۵۵	۰٫۰۰۰	۰٫۰۳۲	۰۰۰.۰	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۵
FeO	۱۰٫۳۵۶	۱۳٫۷۶۶	۱۲٫۲۲۵	۱۰٫۰۹۴	۹٫۸۸۱	۱۴٫۵۸۱	۱۴٫۶۴۸	۱۳٫۹۵۲	۱۲٫۶۲۶	۱۴٫۵۹۳
MnO	۰٫۱۰۵	۰٫۳۱۲	۰٫۱۴۱	۰٫۲۲۲	۰٫۱۲۲	۰٫۲۵۶	۰٫۳۸۳	۰٫۲۱۳	۰٫۱۹۶	۰٫۲۸۵
MgO	۱۴٫۸۳۳	۱۲٫۰۷۲	۱۳٫۳۰۰	۱۴٫۷۳۰	۱۵٫۱۴۰	۱۱٫۸۱۵	۱۱٫۵۹۵	۱۲٫۰۲۳	۱۳٫۵۹۰	۱۱٫۴۱۱
CaO	۱۱٫۷۳۱	۱۱٫۷۴۹	۱۱٫۶۱۱	۱۱٫۵۸۹	۱۱٫۶۹۸	۱۱٫۴۵۷	۱۱٫۶۰۷	۱۱٫۵۰۵	۱۱٫۳۰۸	۱۱٫۶۹۶
Na_2O	۲٫۵۱۷	۲٫۵۳۷	۲٫۳۹۵	۱٫۹۸۷	۲٫۳۲۴	۲٫۲۵۹	۲٫۲۶۶	۲٫۵۲۴	۲٫۲۴۳	۲٫۵۶۰
K_2O	۰٫۹۷۲	۰٫۸۱۹	۰٫۸۹۵	۱٫۲۲۴	۱٫۴۲۳	۱٫۶۱۳	۰٫۹۵۲	۰٫۹۵۴	۰٫۸۸۲	۰٫۹۵۴
NiO	۰٫۰۳۰	۰٫۰۱۷	۰.۰۰۰	۰٫۰۳۱	۰٫۰۳۰	۰۰۰.۰	۰٫۰۰۰	۰۰۰.۰	۰۰۰.۰	۰٫۰۰۰
مجموع	۹۶٫۹۲۸	۹۷٫۳۹۶	۹۶٫۷۸۷	۹۷٫۴۱۱	۹۷٫۱۷۷	۹۷٫۴۳۸	۹۷٫۴۶۱	۹۷٫۴۹۱	۹۷٫۴۳۲	۹۷٫۵۷۲
کاتیون ها										
Si	۶٫۰۹۶	۵٫۹۹۷	۵٫۹۴۱	۶٫۵۰۳	۶٫۰۱۳	۶٫۰۶۶	۶٫۱۸۲	۶٫۰۰۲	۶٫۱۳۵	۵٫۸۹۹
Ti	۰٫۲۳۸	۰٫۳۱۰	۰٫۲۳۴	۰٫۱۳۷	۰٫۲۲۲	۰٫۲۳۲	۰٫۲۸۳	۰٫۲۴۳	۰٫۲۵۲	۰٫۲۷۲
Al	۲٫۱۶۰	۲٫۲۵۸	۲٫۳۹۲	۱٫۹۳۲	۲٫۲۶۸	۲٫۲۳۴	۲٫۰۸۴	۲٫۳۶۸	۲٫۱۰۴	۲٫۴۴۴
Cr	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱
Fe^{+3}	۰٫۵۶۵	۰٫۵۲۱	۰٫۷۰۲	۰٫۳۸۳	۰٫۶۴۱	۰٫۵۲۸	۰٫۴۵۹	۰٫۵۵۸	۰٫۶۰۰	۰٫۵۸۳
Fe^{+2}	۰٫۷۰۲	۱٫۱۸۸	۰٫۸۰۵	۰٫۸۳۹	۰٫۵۶۳	۱٫۲۹۰	۱٫۳۶۳	۱٫۱۶۸	۰٫۹۵۰	۱٫۲۳۰
Mn	۰٫۰۱۴	۰٫۰۳۹	۰٫۰۱۷	۰٫۰۲۷	۰٫۰۱۵	۰٫۰۳۳	۰٫۰۴۸	۰٫۰۲۶	۰٫۰۲۵	۰٫۰۳۷
Mg	۳٫۲۳۴	۲٫۶۷۰	۲٫۹۲۲	۳٫۱۸۰	۳٫۲۸۸	۲٫۶۲۸	۲٫۵۷۲	۲٫۶۵۱	۲٫۹۷۲	۲٫۵۲۸
Ca	۱٫۸۳۹	۱٫۸۶۸	۱٫۸۳۳	۱٫۷۹۸	۱٫۸۲۶	۱٫۸۳۱	۱٫۸۵۰	۱٫۸۲۵	۱٫۷۷۸	۱٫۸۶۳
Na	۰٫۷۱۵	۰٫۷۳۱	۰٫۶۸۶	۰٫۵۵۹	۰٫۶۵۵	۰٫۶۵۳	۰٫۶۵۵	۰٫۷۲۳	۰٫۷۲۳	۰٫۷۳۸
K	۰٫۱۸۱	۰٫۱۵۵	۰٫۱۶۹	۰٫۲۲۵	۰٫۲۶۴	۰٫۳۰۶	۰٫۱۸۰	۰٫۱۷۹	۰٫۱۶۵	۰٫۱۸۰
Ni	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰
مجموع	۱۵٫۷۵۰	۱۵٫۷۴۳	۱۵٫۷۰۴	۱۵٫۵۹۱	۱۵٫۷۶۶	۱۵٫۸۰۱	۱٫۵۶۸	۱۵٫۷۴۳	۱۵٫۷۰۵	۱۵٫۷۷۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲ نتیجهٔ آنالیز ریزپردازش فنوکریست‌های فلدسپات و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها بر پایهٔ ۸ اکسیژن ساختاری (اکسیدها بر حسب درصد).
علامت × مربوط به نمونه‌های درون برونبوم‌هاست.

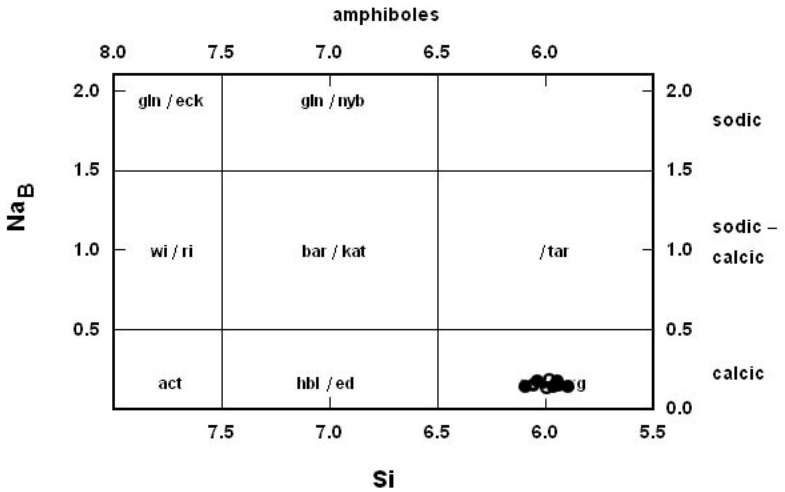
اکسیدها	نمونه۵۲	نمونه۵۳	نمونه۵۴	نمونه۵۵	نمونه۵۸	نمونه۶۳	نمونه۶	نمونه۶۷×	نمونه۷۳	نمونه۷۴	نمونه۷۵	نمونه۷۹	نمونه۸۲×	نمونه۸۳×	نمونه۸۷	نمونه۸۹×	نمونه۹۰×
SiO_2	۶۷٫۴۹	۶۴٫۶۸	۶۲٫۴۸	۶۷٫۱۹	۶۱٫۶۰	۶۸٫۶۳	۶۰٫۴۹	۶۳٫۰۱	۵۷٫۹۹	۶۲٫۰۰	۶۱٫۴۸	۵۹٫۰۹	۶۳٫۹۴	۴۷٫۹۶	۶۵٫۲۸	۵۹٫۶۰	۶۰٫۷۶
TiO_2	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۳	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰
Al_2O_3	۲۰٫۳۸	۲۱٫۳۶	۲۳٫۱۰	۲۰٫۳۳	۲۳٫۷۶	۱۹٫۶۱	۲۴٫۸۳	۲۱٫۶۵	۲۵٫۸۸	۲۳٫۵۷	۲۳٫۶۷	۲۵٫۰۱	۲۲٫۲۸	۳۲٫۶۱	۲۱٫۶۴	۲۶٫۱۶	۲۵٫۰۲
Cr_2O_3	۰٫۰۵	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۳	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
FeO	۰٫۰۸	۰٫۱۹	۰٫۵۵	۰٫۰۱	۰٫۱۶	۰٫۰۰	۰٫۱۵	۰٫۳۶	۰٫۱۸	۰٫۱۱	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۳۷	۰٫۲۹	۰٫۲۰	۰٫۴۶	۰٫۳۴
MnO	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۲	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۳	۰٫۰۰
MgO	۰٫۱۵	۰٫۳۱	۰٫۵۵	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۱۸	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۳۴	۰٫۰۱	۰٫۰۵	۰٫۲۲	۰٫۰۲
CaO	۰٫۶۹	۱٫۹۱	۱٫۶۸	۰٫۷۷	۵٫۲۷	۰٫۱۱	۶٫۲۵	۰٫۷۷	۷٫۵	۴٫۶۵	۵٫۰۵	۶٫۳۵	۰٫۸۰	۱۵٫۵۰	۱٫۷۱	۱٫۰۸	۶٫۷۶
Na_2O	۱۰٫۹۰	۱۰٫۰۴	۸٫۴۱	۱۱٫۲۴	۸٫۰۲	۱۱٫۸۴	۷٫۸۱	۹٫۶۲	۶٫۷۳	۸٫۳۱	۸٫۱۳	۷٫۳۰	۹٫۰۵	۲٫۲۶	۱۰٫۱۱	۷٫۴۴	۷٫۸۱
K_2O	۰٫۳۹	۰٫۸۲	۲٫۰۰	۰٫۲۲	۰٫۷۴	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۱٫۵۲	۰٫۵۹	۰٫۸۲	۰٫۷۵	۰٫۶۵	۱٫۹۴	۰٫۱۳	۰٫۹۶	۳٫۶۷	۰٫۵۰
NiO	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰
مجموع	۱۰۰٫۱۵	۹۹٫۳۲	۹۸٫۸۱	۹۹٫۷۶	۹۹٫۵۵	۱۰۰٫۲۴	۹۹٫۸۴	۹۷٫۱۸	۹۸٫۸۸	۹۹٫۵۵	۹۹٫۲۰	۹۸٫۵۴	۹۸٫۷۶	۹۸٫۷۹	۹۹٫۹۷	۹۸٫۶۶	۱۰۱٫۲۱
Si	۲٫۹۵۱	۲٫۸۷۳	۲٫۸۰۰	۲٫۹۵۰	۲٫۷۴۹	۲٫۹۹۱	۲٫۶۹۶	۲٫۸۶۱	۲٫۶۲۳	۲٫۷۶۴	۲٫۷۵۲	۲٫۶۷۳	۲٫۸۵۶	۲٫۲۲۰	۲٫۸۷۹	۲٫۶۹۳	۲٫۶۸۱
Ti	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰۰
Al	۱٫۰۵۰	۱٫۱۱۸	۱٫۲۲۰	۱٫۰۵۲	۱٫۲۵۰	۱٫۰۰۷	۱٫۳۰۴	۱٫۱۵۹	۱٫۳۷۹	۱٫۲۳۸	۱٫۲۴۹	۱٫۳۳۳	۱٫۱۷۳	۱٫۷۷۹	۱٫۱۲۵	۱٫۳۹۳	۱٫۳۰۱
Cr	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰
Fe^{+3}	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۶	۰٫۰۱۹	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۵	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۴	۰٫۰۰۴	۰٫۰۱۲	۰٫۰۱۰	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۶	۰٫۰۱۱
Fe^{+2}	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰
Mn	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰
Mg	۰٫۰۱۰	۰٫۰۲۱	۰٫۰۳۷	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۲۳	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۳	۰٫۰۱۵	۰٫۰۰۱
Ca	۰٫۰۳۲	۰٫۰۹۱	۰٫۰۸۱	۰٫۰۳۶	۰٫۲۵۲	۰٫۰۰۵	۰٫۲۹۸	۰٫۰۳۷	۰٫۳۶۳	۰٫۲۲۲	۰٫۲۴۲	۰٫۳۰۸	۰٫۰۳۸	۰٫۷۶۹	۰٫۰۸۱	۰٫۰۵۲	۰٫۳۲
Na	۰٫۹۲۴	۰٫۸۶۵	۰٫۷۳۱	۰٫۹۵۷	۰٫۶۹۴	۱٫۰۰۰	۰٫۶۷۵	۰٫۸۴۷	۰٫۵۹۰	۰٫۷۱۸	۰٫۷۰۶	۰٫۶۴۰	۰٫۷۸۴	۰٫۲۰۳	۰٫۸۶۵	۰٫۶۲۵	۰٫۶۶۸
K	۰٫۰۲۲	۰٫۰۴۶	۰٫۱۱۴	۰٫۰۱۲	۰٫۰۴۲	۰٫۰۰۲	۰٫۰۱۷	۰٫۰۸۸	۰٫۰۳۴	۰٫۰۴۷	۰٫۰۴۳	۰٫۰۳۸	۰٫۱۱۱	۰٫۰۰۳	۰٫۰۵۴	۰٫۲۱۲	۰٫۰۲۸
Ni	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰
مجموع	۴٫۹۹۴	۵٫۰۲	۵٫۰۰۳	۵٫۰۰۷	۴٫۹۹۲	۵٫۰۰۵	۴٫۹۹۵	۵٫۰۱۹	۴٫۹۹۶	۴٫۹۹۷	۴٫۹۹۶	۴٫۹۹۷	۴٫۹۹۸	۴٫۹۹۱	۵٫۰۱۴	۵٫۰۳۴	۵٫۰۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳ نتیجهٔ آنالیز ریزپردازش بیوتیت‌های موجود درسنگ‌های آتشفشانی (اکسیدها بر حسب درصد وزنی) و محاسبهٔ فرمول ساختاری آنها بر پایهٔ ۲۲ اکسیژن ساختاری (علامت × مربوط به نمونه‌های درون برونبوم‌هاست).

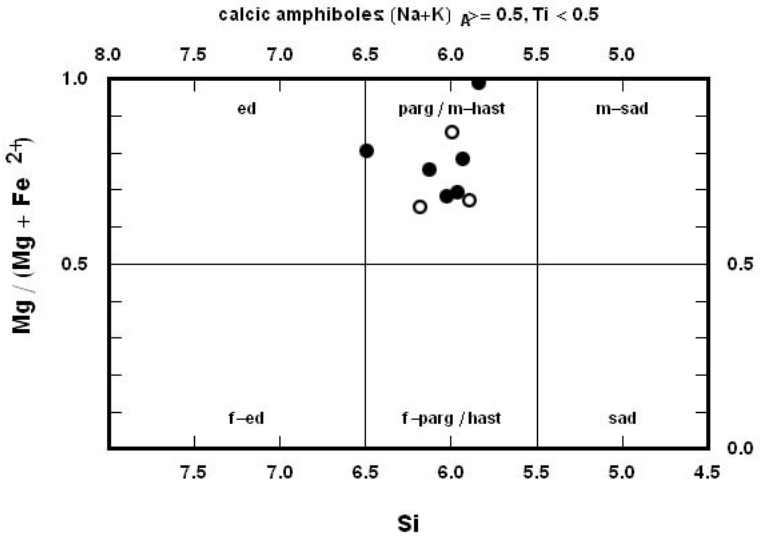
اکسیدها	نمونه۵۹	نمونه۷۶	نمونه۷۷	نمونه۷۸	نمونه ۸۰×	نمونه۸۱×
SiO_2	۳۶٫۷۳۸	۳۷٫۵۵۰	۳۷٫۴۴۷	۳۶٫۴۰۲	۳۶٫۲۱۶	۳۶٫۵۲۵
TiO_2	۳٫۲۰۲	۳٫۱۲۱	۲٫۶۶۲	۳٫۱۳۲	۲٫۹۴۱	۲٫۲۹۶
Al_2O_3	۱۵٫۷۳۸	۱۴٫۹۸۶	۱۵٫۴۳۵	۱۵٫۳۷۲	۱۵٫۵۵۲	۱۵٫۹۷۶
Cr_2O_3	۰٫۰۵۸	۰٫۰۷۴	۰٫۰۴۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۶
FeO	۱۴٫۱۳۴	۱۷٫۶۷۰	۱۷٫۷۴۷	۱۸٫۶۷۱	۱۸٫۶۳۸	۱۸٫۰۳۲
MnO	۰٫۱۸۴	۰٫۴۲۶	۰٫۳۵۳	۰٫۳۲۸	۰٫۳۱۲	۰٫۳۱۷
MgO	۱۴٫۹۰۶	۱۲٫۲۲۰	۱۲٫۴۲۰	۱۱٫۸۳۵	۱۱٫۸۹۸	۱۲٫۱۳۱
CaO	۰٫۰۰۰	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۶	۰٫۰۱۷	۰٫۰۰۲	۰٫۰۴۴
Na_2O	۰٫۳۵۴	۰٫۲۱۳	۰٫۲۷۷	۰٫۳۲۴	۰٫۳۰۵	۰٫۲۶۵
K_2O	۹٫۴۳۸	۹٫۲۵۷	۹٫۳۵۳	۹٫۳۶۸	۹٫۲۹۷	۹٫۱۶۱
NiO	۰٫۰۳۲	۰٫۰۲۵	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۴	۰٫۰۳۷
مجموع	۹۴٫۷۸۴	۹۵٫۵۵۴	۹۵٫۷۵۳	۹۵٫۴۴۹	۹۵٫۱۷۸	۹۴٫۷۹۰
کاتیون ها						
Si	۲٫۷۵۴	۲٫۸۳۱	۲٫۸۱۹	۲٫۷۷۰	۲٫۷۶۳	۲٫۷۸۳
Ti	۰٫۱۸۰	۰٫۱۷۷	۰٫۱۵۱	۰٫۱۷۹	۰٫۱۶۹	۰٫۱۳۲
Al	۱٫۳۹۰	۱٫۳۳۲	۱٫۳۷۰	۱٫۳۷۹	۱٫۳۹۸	۱٫۴۳۵
Cr	۰٫۰۰۴	۰×٫۰۰۴	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱
Fe^{+3}	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰
Fe^{+2}	۰٫۸۸۶	۱٫۱۱۴	۱٫۱۱۷	۱٫۱۸۸	۱٫۱۸۹	۱٫۱۴۹
Mn	۰٫۰۱۱	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۲	۰٫۰۲۱	۰٫۰۲۰	۰٫۰۲۱
Mg	۱٫۶۶۶	۱٫۳۷۴	۱٫۳۹۴	۱٫۳۴۳	۱٫۳۵۳	۱٫۳۷۸
Ca	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۳
Na	۰٫۰۵۱	۰٫۰۳۱	۰٫۰۴۱	۰٫۰۴۷	۰٫۰۴۶	۰٫۰۴۰
K	۰٫۹۰۳	۰٫۸۹۱	۰٫۸۹۸	۰٫۹۱۰	۰٫۹۰۵	۰٫۸۹۰
Ni	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۲
مجموع	۷٫۸۴۷	۷٫۷۸۴	۷٫۸۱۶	۷٫۸۳۹	۷٫۸۴۴	۷٫۸۳۴



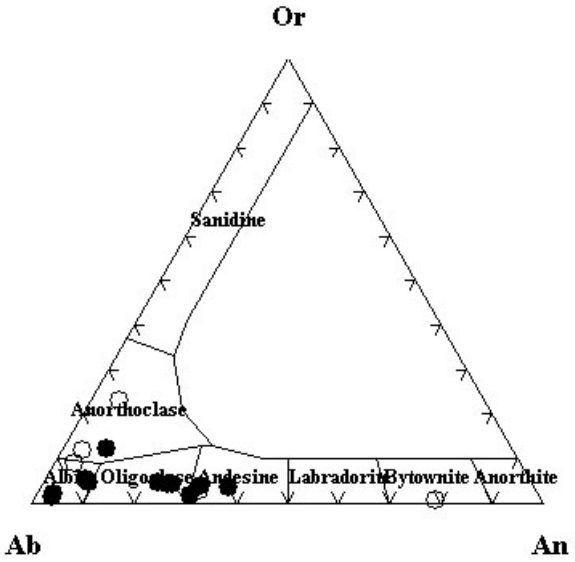
شکل۱۲ نمودار تقسیم بندی آمفیبول‌ها [۱۲]، در شکل مشخص است نمونه‌های مورد آنالیز در بخش کلسیک قرار می‌گیرند (دوایر توپر مربوط به نمونه‌های درون سنگ‌های آتشفشانی و دوایر توخالی مربوط به نمونه‌های درون برنبوم‌هاست).

www.SID.ir

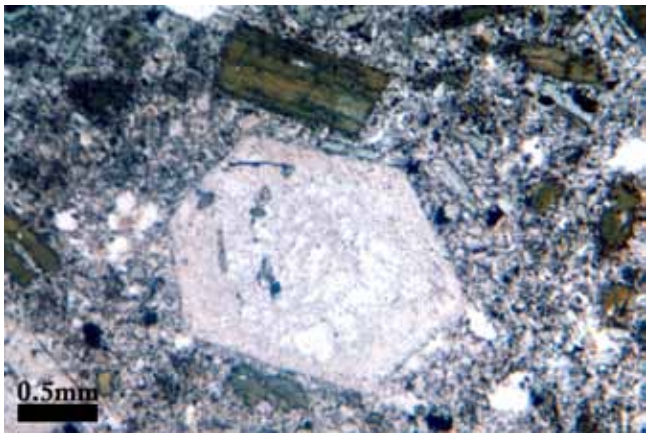
Archive of SID



شکل۱۳ نمودار آمفیبول‌ها [۱۲]، نمونه‌های آنالیز شده در گسترهٔ منیزیوهاستینگسیت قرار دارند (علائم مانند شکل ۱۲).



شکل ۱۴ فلدسپات‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی (دوایر توپر) و برنبوم‌های آنها (دوایر توخالی).



شکل ۱۵ تصویری از فنوکریست‌های در تعادل پلاژیوکلاز و آمفیبول (نور PPL).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ دماهای محاسبه شده در فشارهای ۱ تا ۱۰ کیلوبار برای زوج های آمفیبول و پلاژیوکلاز انتخابی و مقادیر میانگین آنها در سنگ‌های آتشفشانی شمال انارک.

فشار(کیلو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
نمونه ۱	۹۲۳	۹۱۲	۹۰۱	۸۹۰	۸۷۹	۸۶۷	۸۵۶	۸۴۵	۸۳۴	۸۲۳
نمونه ۲	۹۴۸	۹۳۷	۹۲۵	۹۱۴	۹۰۲	۸۹۱	۸۷۹	۸۶۸	۸۵۶	۸۴۵
نمونه ۳	۹۰۹	۹۰۱	۸۹۲	۸۸۴	۸۷۶	۸۶۸	۸۶۰	۸۵۲	۸۴۴	۸۳۵
نمونه ۴	۹۲۲	۹۱۳	۹۰۴	۸۹۵	۸۸۶	۸۷۷	۸۶۷	۸۵۸	۸۴۹	۸۳۹
میانگین	۹۲۵	۹۱۶	۹۰۵	۸۹۶	۸۸۶	۸۷۶	۸۶۵	۸۵۶	۸۴۶	۸۳۵

برداشت

ماگمای تشکیل دهندهٔ سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در شمال انارک دارای وشکسانی نسبتا بالایی است، زیرا این گدازهٔ مولد دارای فوران‌های گسترده نبوده و بیشتر بیرون زدگی‌های این سنگ‌ها به صورت گنبد است.

سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه، شیست‌های پرکامبرین و افیولیت ملانژ عشین - زوار را قطع کرده‌اند، ولی آنها را دگرگون نساخته و تنها آثار پختگی اندکی مشاهده می‌شود.

نتایج آنالیز ریزپردازش نشان می‌دهد که ترکیب آمفیبول-های موجود در سنگ‌های آتشفشانی شمال انارک و نیز آمفیبول‌های موجود در برونبوم‌های آنها مشابه و از نوع آمفیبول کلسیک و نوع منیزیوهاستینگسیت است.

شباهت ترکیب آمفیبول‌های موجود در متن سنگ با آمفیبول‌های موجود در برونبوم‌ها می‌تواند نشانه‌ای دال بر مشترک بودن خاستگاه ماگمای مولد سنگ آتشفشانی و برنبوم موجود در آن باشد. از طرف دیگر، شباهت بسیار نزدیک میان ترکیب بیوتیت‌های موجود در متن سنگ‌های آتشفشانی، و برونبوم‌های همراه، شاهد دیگری بر این مدعاست.

بر پایهٔ شباهت ترکیب کانی‌شناسی برونبوم‌های مورد بحث و سنگ آتشفشانی میزبان ممکن است سنگ خاستگاه این دو یکسان بوده و پس از ذوب بخشی گروهی در زیر سطح زمین منجمد شده و تشکیل سنگ‌های پلوتونیک را داده‌اند و گروه دیگر پس از رسیدن به سطح زمین منجمد شده و سنگ‌های آتشفشانی را ساخته‌اند. به عبارت دیگر برونبوم‌ها معادل‌های درونی سنگ‌های آتشفشانی هستند.

فلدسپات‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی و نیز برونبوم‌های آنها شامل پلاژیوکلازهای آندزین - الیگوکلاز، فلدسپات‌های قلیایی و پلاژیوکلاز نوع بیتونیت است.

دمای تبلور فنوکریست‌های آمفیبول و پلاژیوکلاز بر پایهٔ معادلات زمین دماسنجی در حدود ۹۲۵ – ۸۳۵ درجه سانتی-گراد محاسبه شده است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان سپاسگذاری می‌شود.

مراجع

[1] Reyer D., Mohafez S., *"The first contribution of the NIOC-ERAP agreements to knowledge of Iranian geology"*, edition techniq, Paris, (1972) 58p.

[۲] ترابی ق.، *"پترولوژی افیولیت‌های منطقه انارک (شمال شرق استان اصفهان)"*، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، (۱۳۸۳)، ۲۴۰ صفحه.

[۳] نبوی م. ح.، *"دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی، (۱۳۵۵) ۱۰۹ صفحه.

[4] Stocklin J., Nabavi M. H., *"Tectonic map of Iran"*, Geol. Surv. Iran. (1973).

www.SID.ir

Archive of SID

[۵] آقانباتی ع.، *"زمین‌شناسی ایران"*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۳) ۵۸۶ صفحه.

[۶] خسرو تهرانی خ.، *"زمین‌شناسی ایران"*، انتشارات دانشگاه پیام، (۱۳۷۷) ۳۲۷ صفحه.

[۷] درویش زاده ع.، *"زمین‌شناسی ایران"*، انتشارات امیرکبیر، (۱۳۷۰) ۹۰۱ صفحه.

[8] Technoexport, *"Geological maps of Anarak (1.250,000), Anarak (1.100,000), No. G7; Sheet: 6756; Sheet: 6656, respectively"*, Geological Survey of Iran, (1984).

[9] Technoexport, *"Geology of the Anarak area (Central Iran)"*, Geological Survey of Iran, Report TE/No. 19. (1984).

[10] Dachs, E., *"PET: Petrological elementary tools for Mathematica"*, Computers and Geoscience, 24 (1998) 219-235.

[11] Dachs, E., *"PET: Petrological elementary tools for Mathematica: an update,. Computers and Geoscience*", 30 (2004) 173-182.

[12] Leake B. E., Woolley A. R., Birch W. D., et al., *"Nomenclature of amphiboles—Report of the subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names"*, European Journal of Mineralogy, 9 (1997) 623–651.

[13] Sisson T. W., Grove T. L., *"Experimental investigations of the role of H2O in calc-alkaline differentiation and subduction zone magmatism",* Contributions to Mineralogy and Petrology, 113 (1993) 143-166.

[14] Holland T., Blundy J., *"Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole –plagioclase thermometry",* Contributions to Mineralogy and Petrology, 116 (1994) 433–447.

[15] Stein E., Dietl C., *"Hornblende thermometry of granitoids from the central Odenwald (Germany) and their implications for the geotectonic development of the Odenwald"*, Mineralogy and Petrology, 72 (2001) 185-207.

[16] Claeson D. T., Meurer W. P.*, "An occurrence of igneous orthorhombic amphibole, Eriksberg gabbro, southern Sweden"*, American Mineralogist, 87 (2002) 699-708.

www.SID.ir