

بررسی رخداد آنالسیم در تفریتهای رشته کوه بزقوش، شمال میانه، شمال غرب ایران

عیسی آزادی^{۱*}، محمد رهگشای^۲، سعید علیرضایی^۲، محمد هاشم امامی^۳

۱- دانشجوی دکتری زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۳- دانشیار سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱/۲۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۳/۱۲

چکیده

سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب تفریته و فونوتفریته با سن ائوسن بالایی در رشته کوه بزقوش، شمال غرب ایران گسترش قابل ملاحظه‌ای دارند. این سنگ‌های آتشفشانی هم به صورت گدازه‌هایی با حجم زیاد که عمدتاً در قسمت شمالی رشته کوه بزقوش قرار گرفته‌اند و با یک روند شرقی-غربی بر روی آندزیت‌های مگاپورفیری ائوسن میانی قرار گرفته‌اند، دیده می‌شوند و هم به صورت لنزهایی کوچک در بین سنگ‌های ولکانی کلاستیکی جای گرفته‌اند. بافت این سنگ‌ها پورفیری بوده و کانی‌های تشکیل دهنده شامل کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، آنالسیم، الیوین و کمی لوسیت در یک زمینه شیشه‌ای تا دانه‌ریز می‌باشند. آنالسیم در این سنگ‌ها عمدتاً ایزوتروپ بوده و به صورت اجزای ریز کمتر از یک میلی‌متر تا درشت بلورهایی به اندازه ۱ سانتی‌متر دیده می‌شود. غنی‌شدگی سنگ‌های آنالسیم‌دار منطقه در Sr ، عدم حضور کانی‌های آبدار مثل آمفیبول و بیوتیت در سنگ‌های مورد مطالعه، فقدان پیروکسن‌های سدیم‌دار، ترکیب هموزن بلورهای آنالسیم و وجود ترک‌های نامنظم در سطح و اطراف بلور آنالسیم بیانگر این است که آنالسیم‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی رشته کوه بزقوش از تبادل یونی لوسیت‌های اولیه در حین سرد شدن ماگما و یا در زمان انجماد ماگما به وجود آمده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ائوسن، آنالسیم، آذربایجان، بزقوش، تفریت.

مقدمه

آنالسیم یک سدیم آلومینوسیلیکات آب‌دار است که به فراوانی در طبیعت دیده می‌شود ولی این کانی معمولاً در طی دگرگونی درجه پایین و همچنین در مراحل پایانی فعالیت‌های هیدروترمالی و در سنگ‌های بازالتی و آکالن شکل می‌گیرد و در رگه‌ها و حفرات جانشین فازهای سیلیکاته می‌گردد (لاین و همکاران، ۱۹۹۵؛ نوریش و همکاران، ۱۹۷۷؛ ساها، ۱۹۶۱). فنوکریست‌ها و میکروفنوکریست‌های شکل‌دار آنالسیم در سنگ‌های آکالن مافیک زمانی به عنوان آنالسیم‌های اولیه (p-type) در نظر گرفته می‌شدند که مستقیماً از مذاب سیلیکاته تبلور می‌یافته‌اند (پیرسون، ۱۸۹۶؛ ویکینسون، ۱۹۶۵؛ پیرس، ۱۹۷۰؛ ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۲). نتایج آزمایشگاهی نشان داد که لوسیت، نفلین و آلبیت در اثر واکنش با محلول‌ها در دمای پایین سریعاً به آنالسیم تبدیل می‌شوند (ساها، ۱۹۶۱؛ گوپتا و فیف، ۱۹۷۵). علاوه بر این آزمایش‌های تعادلات فازی که در سیستم $\text{NaAlSiO}_4\text{-KAlSiO}_4\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ انجام گرفته شده است، نشان داده که در شرایط اشباع از آب و دمای بالای ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد یا فشار کمتر از ۵ کیلوبار، آنالسیم و مذاب سیلیکاته نمی‌توانند با هم در یک سنگ حضور داشته باشند (پترز و همکاران، ۱۹۶۶؛ مورس، ۱۹۶۸؛ بوتچر و ویلی، ۱۹۶۹؛ کیم و بورلی، ۱۹۷۱؛ لیو، ۱۹۷۱؛ رکس و همیلتون، ۱۹۷۶). در آزمایش‌هایی که بر روی سنگ‌های آنالسیم‌دار منطقه Dippin sill انجام شده است مشخص شده است که آنالسیم در دماهای بالاتر از ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل نمی‌گردد (هندرسون و گیب، ۱۹۷۷). از آنجاییکه دمای تبلور سنگ‌های آذرین آنالسیم‌دار خیلی بالاتر است، بلورهای آنالسیم شکل‌دار در سنگ‌های آذرین، به عنوان محصولات آلتراسیون دما پایین لوسیت و نفلین در نظر گرفته می‌شود (راک،

۱۹۷۷؛ ویکینسون، ۱۹۷۷؛ کومین-چیرومونتی و همکاران، ۱۹۷۹). علاوه بر این، مطالعات زیادی در خصوص اولیه یا ثانویه بودن آنالسیم بر اساس داده‌های کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی و ایزوتوپی توسط محققین صورت گرفته است (لور و کایسر، ۱۹۸۹؛ کارلسون و کلایتون، ۱۹۹۱؛ پیرس، ۱۹۹۳؛ دوستال و همکاران، ۲۰۰۳؛ لوت و بوورمن، ۲۰۰۴؛ پرلوک و همکاران، ۲۰۰۴؛ مرادیان، ۲۰۰۸؛ ویسنبرگر و اسپورگین، ۲۰۰۹). ساختار شبکه‌ای لوسیت مشابه آنالسیم است و تنها تفاوت مربوط به کاتیونها و محتوای آب آنهاست (بونووا و همکاران، ۲۰۰۴؛ پاکوو و همکاران، ۲۰۰۲) بنابراین واکنش تبدیل لوسیت به آنالسیم شامل یک فرایند جابجایی یونی است: $\text{KAlSi}_2\text{O}_6 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaAlSi}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$ (کارلسون و کلایتون (۱۹۹۱ و ۱۹۹۳) این نوع آنالسیم حاصل از تبادل یونی با لوسیت را، آنالسیم ثانویه نامیده‌اند. به عقیده کارلسون و همکاران (۱۹۹۱) به علت تشابه ریخت‌شناسی آنالسیم و لوسیت، تشخیص آنالسیمی که در سنگ‌های آذرین مستقیماً از گدازه متبلور شده (نوع-I) با آنالسیمی که حاصل دگرسان شدن لوسیت در شرایط نیمه جامد است (آنالسیم ثانویه) مشکل است. سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب بازائیت تا فونولیت و مقدار کمی بلیمورایت از منطقه آذربایجان واقع در شمال غرب ایران گزارش شده است (کامین-چیرومونتی، ۱۹۷۹؛ ریو و همکاران، ۱۹۸۱) در این مناطق، آنالسیت‌ها، ولکانی کلاستیت‌ها را قطع کرده و متشکل از ۵۰-۷۰ درصد آنالسیم ایزوتروپیک می‌باشند. مجموعه کانی‌های اصلی سنگ شامل لوسیت، آکالی فلدسپار، پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و کمی الیون می‌باشد. کامین-چیرومونتی (۱۹۷۹) منشاء آنالسیم‌های موجود در منطقه آذربایجان را ثانویه اعلام نموده است. از کوه‌های طالقان، سنگ‌هایی با

شهید بهشتی در اندازه مناسب پودر گردید. اکسیدهای عناصر اصلی توسط دستگاه XRF و عناصر کمیاب و نادر خاکی توسط دستگاه ICP-MS در دانشکده علوم دانشگاه استکهلم سوئد تعیین گردید نتایج آنالیزها در جدول ۱ آورده شده است. به وسیله یک ریزپردازنده مدل JXA-8530F JEOL SUPERPROBE در دانشکده علوم زمین اسپالای سوئد، کانی‌های سالم کلینوپیروکسن و آنالسیم موجود در سنگ‌های فلدسپاتوئیددار مورد آنالیز نقطه‌ای قرار گرفتند (جدول شماره ۲).

بحث زمین شناسی

زمین شناسی منطقه: منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین ساختی در زون البرز غربی-آذربایجان، که یکی از زون‌های بسیار فعال از لحاظ ماگمایی و ساختاری می‌باشد قرار دارد. این محدوده در استان آذربایجان شرقی، جنوب سراب و در رشته کوه بزقوش قرار گرفته است. رشته کوه مورد نظر در وره ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب، و در مرز بین شهرستان میانه و سراب واقع شده و دارای یک روند شرقی-غربی به طول تقریباً ۷۰ کیلومتر می‌باشد و منطقه-ای است با توپوگرافی خشن که در بعضی مناطق مرکزی ارتفاع آن به ۳۲۰۰ متر می‌رسد. قدیمی-ترین واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه شامل رسوباتی به سن کامبرین می‌باشد (نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور). واحدهای رسوبی و آتشفشانی مربوط به زمان پرمین و کرتاسه بالایی نیز در منطقه به مقدار قابل توجهی رخمون دارند. در این منطقه واحدهای سنوزوئیک (ائوسن زیرین) با کنگلومرا و ماسه سنگ‌های قرمز شروع می‌گردند که به صورت دگرشیب رسوبات کرتاسه پسین را پوشانده‌اند. در این واحد فسیلی یافت نشده است ولی در ناحیه نارن آباد نقشه قره چمن واقع در باختر، طبقات مارنی و شیلی که این ماسه سنگ و

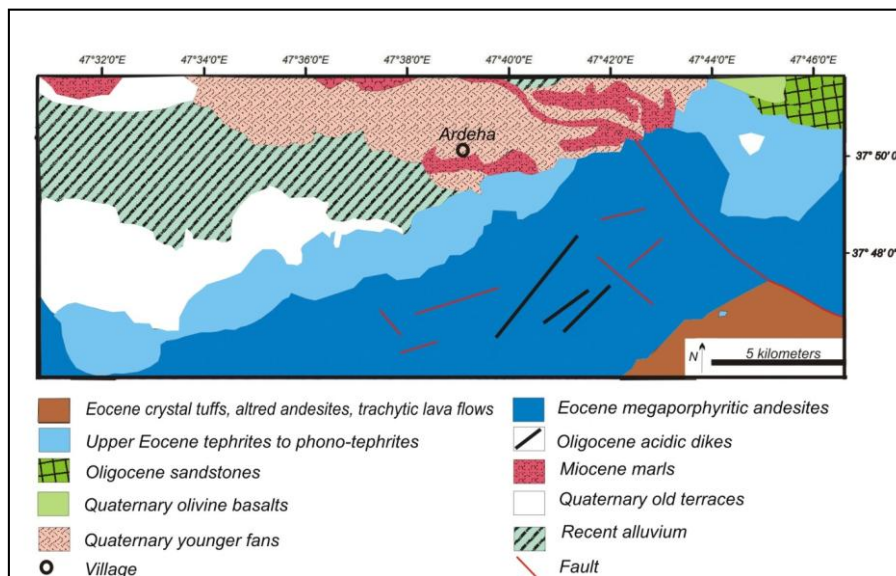
ترکیب بازائیت و تفریت توسط استالد (۱۹۷۱)، آنلز و همکاران (۱۹۷۵) معرفی شده است. فنوکریست‌های آنالسیم در نمونه‌های دستی قهوه-ای تا عسلی رنگ بوده و همانند لوسیت دارای میانبرهای دایره‌ای شکل متحدالمرکز می‌باشند. آنالسیم تفریت‌ها از مناطق مختلفی مانند کوه‌های ترود (هوشمندزاده، ۱۹۷۸)، کوه‌های دوازده امام (عمیدی و همکاران، ۱۹۸۴)، منطقه انارک (شروکسی و همکاران، ۱۹۸۴) و قلعه خرگوشی، غرب عقدا (عمیدی و میشل، ۱۹۸۵)؛ کار و همکاران، ۱۹۹۶) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و شوشونیت‌های آنالسیم‌دار در منطقه شهر بابک (حسن‌زاده، ۱۹۹۳) کوه‌های بردسیر (آفتابی و عطاپور، ۲۰۰۰) و منطقه بم (آقناباتی، ۱۹۹۵) رخمون پیدا کرده‌اند. ضمناً بررسی‌هایی در مورد شیمی و ژئوشیمی کانی‌های ژئولیتی توسط پژوهشگرانی مانند: مقدمی (۱۳۹۰)، خاتمیان اسکویی (۱۳۸۶) و خرامش (۱۳۸۸) صورت گرفته است که همگی نشانگر اهمیت مطالعه این دسته از سنگ‌ها می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از مطالعات پتروگرافی، آنالیزهای ژئوشیمیایی سنگ‌های آنالسیم‌دار و همچنین آنالیز نقطه‌ای از کانی‌های آنالسیم و پیروکسن، اولیه یا ثانویه بودن آنالسیم‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی منطقه بزقوش مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

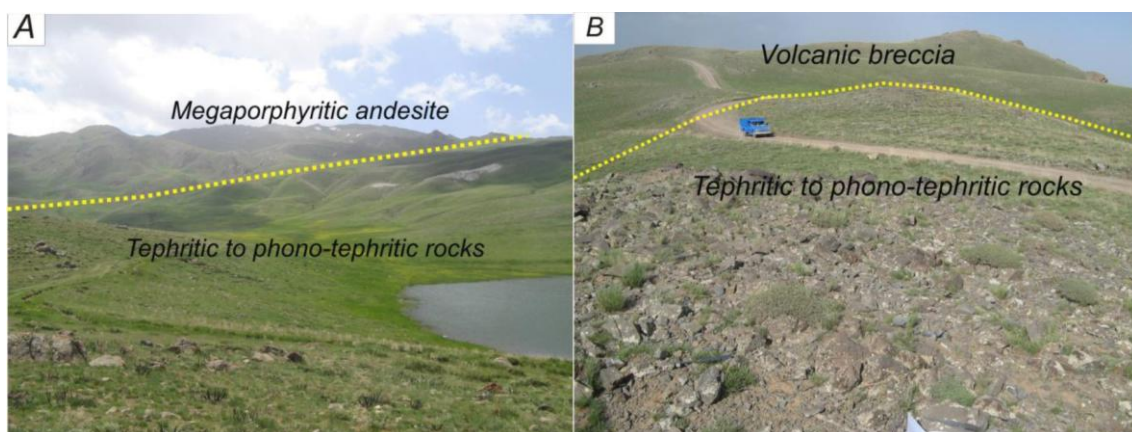
با توجه به این که واحدهای سنگی مورد مطالعه دارای پراکنش و رخمون وسیعی هستند، از تمام رخمون‌ها، نمونه‌های با حداقل دگرسانی انتخاب گردیده و بعد از مطالعات پتروگرافی، ۱۰ نمونه مناسب جهت انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی انتخاب شده است. نمونه‌های مورد نظر با استفاده از هاون آگاتی و دستگاه مورتار در دانشکده علوم دانشگاه

است (نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور). سنگ‌های آتشفشانی تفریتی و فونوتفریتی در منطقه بزقوش به دو صورت رخمون پیدا کرده اند: ۱- به صورت هم شیب بر روی گدازه‌های مگاپورفیری آندزیتی با یک روند شرقی-غربی. این گروه از گدازه‌ها وسعت قابل ملاحظه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲ A). ستبرای این گدازه‌ها حدود ۲۰۰ متر و به رنگ بنفش کم رنگ و خاکستری دیده می‌شوند. فلدسپاتوئید در این رخمون‌ها در نمونه دستی قابل تشخیص نیست. ۲- به صورت خیلی محدود و در داخل سنگ‌های ولکانی کلاستیکی دیده می‌شوند (شکل ۲ B). در این گروه، بلورهای آنالسیم به صورت فنوکریست در سنگ دیده می‌شود و قابل تشخیص می‌باشد. در برخی قسمت‌ها به دلیل سست بودن سنگ، بلورهای آنالسیم اتصال خود را با زمینه از دست داده و جدا گردیده‌اند.

کنگلوما را همراهی می‌کند حاوی ریزفسیل‌هایی با سن ائوسن پیشین می‌باشد (نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ قره چمن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور). واحدهای کنگلوما و ماسه سنگ‌های قرمز ائوسن پیشین را سنگ‌های ولکانی کلاستیکی و گدازه به ضخامت ۶۰۰ متر با لایه‌بندی منظم و به طور همساز پوشانده است. این سنگ‌ها شامل تناوبی از توف خرد شده و گدازه آندزیتی و آندزی بازالت پر مایه از پیروکسن همراه با توف ماسه‌ای می‌باشند. رنگ آنها خاکستری تیره، سبز و قرمز می‌باشد. پس از ولکانی کلاستیت‌ها و گدازه‌های آندزی بازالتی، گدازه‌های مگاپورفیری آندزیتی قرار گرفته است که در حدود دو سوم رشته کوه بزقوش گسترده شده‌اند (شکل ۱). از مهمترین ویژگیهای این سنگ‌ها، وجود پورفیرهای درشت و پهن پلاژیوکلاز می‌باشد که تا ۳ سانتی‌متر طول دارند. سن این واحدها ائوسن میانی در نظر گرفته شده



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه واقع در رشته کوه بزقوش، با تغییرات از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).



شکل ۲: A: سنگ‌های تفریتی تا فونوتفریتی در قسمت شمالی و شمال شرق رشته کوه بزقوش (نزدیک روستای اردها) که بر روی آندزیت‌های مگاپورفیری قرار گرفته‌اند (دید به سمت شرق). B: سنگ‌های تفریتی تا فونوتفریتی که در بین سنگ‌های ولکانی کلاستیکی جای گرفته‌اند (دید به سمت شمال شرق).

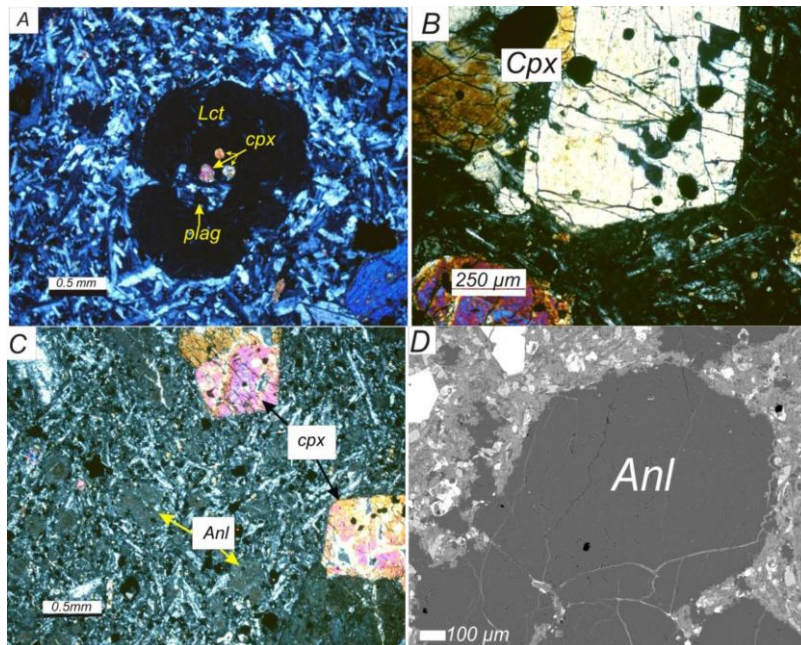
پتروگرافی

با توجه به مطالعات پتروگرافی، نمونه‌های مورد مطالعه در منطقه بزقوش را می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی کرد: فونوتفریت‌ها و تفریت‌ها. فونوتفریت: این سنگ‌ها عمدتاً به صورت توده‌هایی کوچک در بین سنگ‌های ولکانی کلاستیکی قرار گرفته‌اند. این گروه از ولکانیک‌ها دارای تنوع بافتی هستند به طوری که در این گروه از سنگ‌ها، بافت‌های هیالوپورفیریتیک، میکروولیتیک پورفیریتیک و اینترسرتال دیده می‌شود. در این گروه از سنگ‌ها، فوئیدها به صورت خودشکل دیده می‌شوند و شامل لوسیت و آنالسیم می‌باشند. لوسیت‌ها دارای اینکلوزیون‌های پیروکسن و الیوین می‌باشند (شکل ۳ A). آنالسیم در این سنگ‌ها به صورت اجزای ریزی در زمینه سنگ پراکنده شده‌اند و به صورت ایزوتروپ و قهوه‌ای رنگ دیده می‌شوند. در فونوتفریت‌ها حفرات زیادی وجود دارد که توسط کانی‌های ثانویه مانند کلسیت و کلریت پر شده‌اند. تیغه‌های پلاژیوکلاز نیز در این سنگ به مقدار زیادی دیده می‌شوند و حالت خوردگی دارند و در پاره‌ای موارد، الیوین‌های ایدینگزیتی شده را به صورت پوئی کیلوبلاستی در خود حبس کرده‌اند.

کلینوپیروکسن نیز یکی از اجزای تشکیل دهنده فونوکریست‌ها می‌باشد که نسبتاً سالم بوده و اندازه آنها از یک میلی‌متر تا چند میلی‌متر در تغییر می‌باشد (شکل ۳ B). زمینه سنگ در بعضی موارد به صورت سیاه رنگ دیده می‌شود و متشکل از شیشه مافیک اپاسیته شده می‌باشد. علاوه بر شیشه اپاسیته شده، در زمینه سنگ بلورهای اپک و آلکالی فلدسپار نیز دیده می‌شوند.

تفریت‌ها: این نمونه‌ها دارای فونوکریست‌های پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، الیوین و کانی‌های اپک می‌باشند. اندازه پلاژیوکلازها تا ۵/۰ سانتی‌متر می‌باشند که در برخی موارد رسی شده‌اند. پیروکسن نیز در مقادیر کمتر و در اندازه‌های کوچکتر (دو میلی‌متری) دیده می‌شوند و تا حدی سالمند و دارای حواشی خردشده می‌باشند. الیوین نیز در این سنگ‌ها به مقدار قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود و بیشتر سرپانتینیتی، کلریتی و بولنزیتی شده‌اند. علاوه بر کانی‌های ذکر شده، مقادیر قابل توجهی از کانی آنالسیم نیز دیده می‌شود که بیش از ۱۰ درصد سنگ را تشکیل می‌دهد (شکل ۳ C). آنالسیم در این سنگ‌ها عمدتاً به صورت ایزوتروپ دیده می‌شود و دارای ترک‌های متعدد می‌باشد

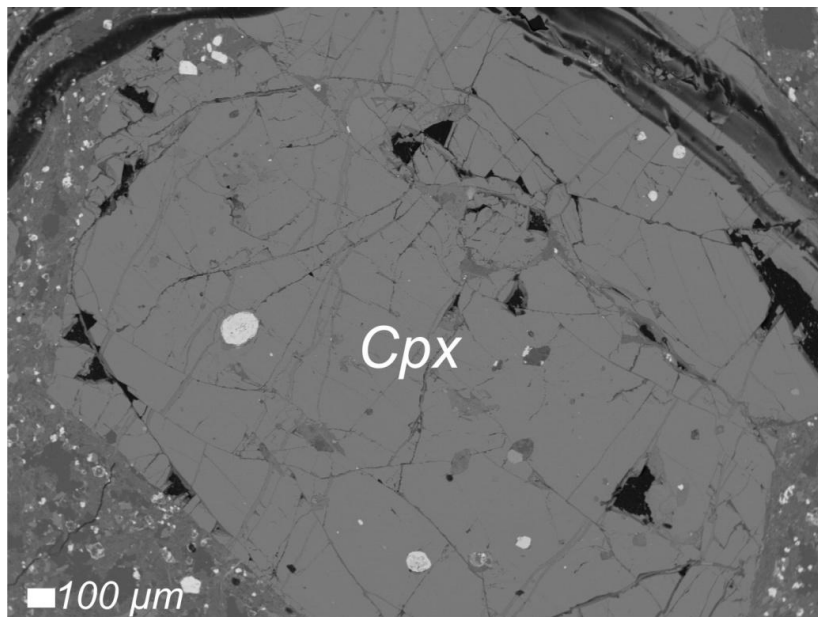
(شکل ۳ D). در زمینه سنگ، کانیهای اپک، شیشه و پلاژیوکلاز دیده می شود.



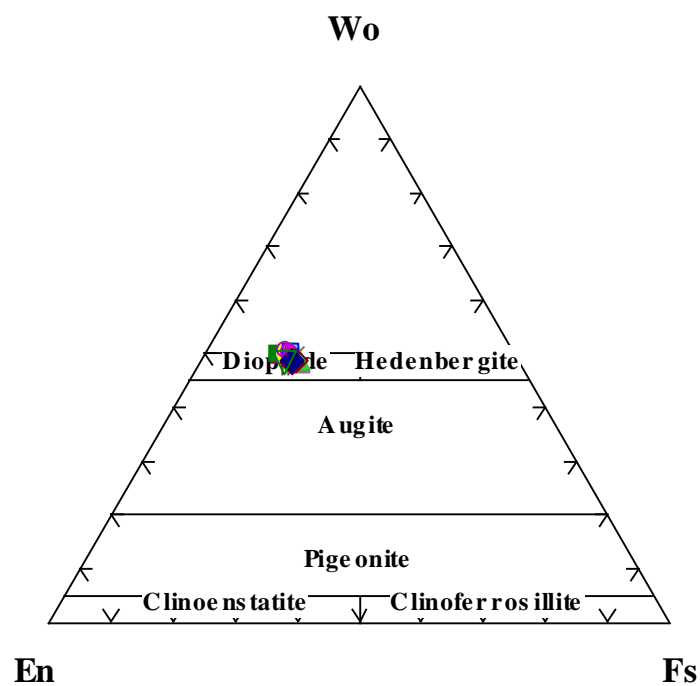
شکل ۳: A: تصویر میکروسکوپی از لوسیت در فونوتفریتهای اینکلوزیونهای پیروکسن و پلاژیوکلاز می باشد. زمینه سنگ متشکل از بلورهای ریز پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و مقدار کمی آلکالی فلدسپار و آنالسیم می باشد. B: فنوکریستهای کلینوپیروکسن در یک زمینه شیشه‌ای سیاه رنگ در فونوتفریتهای فنوکریستهای کلینوپیروکسن و بلورهای آنالسیم که در زمینه سنگ پراکنده شده‌اند. D: تصویر میکروسکوپ الکترونی از بلور آنالسیم که دارای ترک های متعدد می باشد (از این بلور آنالسیم آنالیز نقطه‌ای به عمل آمده است).

۰,۱ در تغییر می باشد. تصویر یکی از آنالسیمهای پروب شده در شکل ۳ D آورده شده است. شیمی پیروکسنها: از پیروکسنهای سالم جهت آنالیز نقطه‌ای استفاده شده است (شکل ۴). نتایج آنالیز پیروکسنها در جدول شماره ۲ آورده شده است. با توجه به جدول شماره ۲ میزان اکسیدهای MgO ، CaO ، TiO_2 و FeO در پیروکسنهای آنالیز شده به ترتیب بین ۱۱-۱۳، ۲۲-۲۳، ۰,۷-۱,۳ و ۰,۷-۹ (درصد وزنی) در تغییر می باشد. بر اساس دیاگرام En-Wo-Fs ترکیب پیروکسنهای آنالیز شده در محدوده دیوپسید قرار می گیرد (شکل ۵).

شیمی آنالسیم: در این تحقیق، سعی شده است تا آنالیز نقطه‌ای آنالسیم به صورت کامل انجام گیرد بدین منظور چندین فنوکریست آنالسیم انتخاب گردیده و آنالیزها، از حاشیه به سمت مرکز و از مرکز به سمت حاشیه انجام گرفته است تا هرگونه تغییرات ترکیبی احتمالی از حاشیه کانی به مرکز و همچنین از مرکز کانی به سمت حاشیه مشخص گردد. آنالیز کانی آنالسیم در جدول شماره ۲ آورده شده است. میزان اکسیدهای Na_2O ، Al_2O_3 ، CaO و K_2O بر حسب درصد وزنی به ترتیب بین ۱۰-۱۲، ۲۳-۲۴، ۵۵-۵۷، ۰,۲-۰,۰۷ و ۰,۲-۰,۰۲



شکل ۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی از کلینوپیروکسن آنالیز شده در سنگ‌های فلدسپاتوئیددار منطقه بزقوش



شکل ۵: ترکیب پیروکسن‌های مورد مطالعه در نمودار تقسیم‌بندی پیروکسن‌ها (مریموتو و همکاران، ۱۹۸۸)، کانی‌های مورد مطالعه در محدوده دیوپسید قرار گرفته‌اند.

جدول شماره ۱: نتایج آنالیز ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی فلدسپاتوئیددار در منطقه بزقوش (آنالیزها بر اساس ppm می‌باشد).

Sample	B0011-1	B0011-12	B0011-13	B0011-14	B0011-15	B0011-212	B0011-214	B0011-120	B0011-217	B0011-25
Locality	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush	Bozghush
Lithology	phono-tephrite	tephrite	tephrite	phono-tephrite	tephrite	phono-tephrite	phono-tephrite	phono-tephrite	tephrite	tephrite
V	147.20	122.00	207.64	112.50	201.02	94.08	91.78	330.36	192.88	167.56
Cr	14.27	88.26	53.12	10.51	53.36	74.50	73.28	41.16	31.45	141.06
Ni	9.48	32.02	22.25	5.93	21.53	27.62	25.92	30.38	18.83	51.34
Cu	160.14	68.56	136.02	54.48	153.58	69.22	64.28	127.32	120.40	72.38
Rb	72.96	140.14	47.68	171.34	79.21	188.02	174.64	129.40	118.72	54.38
Sr	467.14	881.00	1166.20	1312.80	1122.40	1182.00	1196.80	1243.00	991.40	535.06
Y	18.44	12.41	16.04	17.02	16.83	14.28	12.56	25.28	17.42	14.66
Zr	154.24	96.64	111.02	151.54	115.76	110.12	104.56	149.10	137.14	92.22
Nb	17.16	18.24	17.00	21.03	17.52	20.71	19.73	17.00	23.60	11.83
Ba	1109.00	1719.80	1358.80	1643.40	1692.60	1714.40	1630.80	1229.00	1293.00	653.20
La	30.09	41.15	43.64	48.88	45.91	45.37	41.79	51.16	45.23	23.22
Ce	58.58	70.36	76.10	88.20	78.66	71.78	69.60	95.34	76.98	44.44
Pr	6.50	7.54	8.51	9.24	8.85	7.97	7.43	11.74	8.78	5.00
Nd	24.90	26.80	32.00	33.68	32.64	28.59	26.93	46.74	33.03	18.94
Sm	4.89	4.83	6.10	6.17	6.21	5.19	5.11	9.94	6.40	3.86
Eu	1.29	1.45	1.78	1.83	1.82	1.54	1.45	2.86	1.90	1.15
Gd	3.78	3.65	4.54	4.41	4.70	3.90	3.42	7.38	4.81	2.98
Tb	0.56	0.48	0.61	0.59	0.62	0.51	0.47	1.02	0.66	0.47
Dy	3.38	2.56	3.27	3.39	3.44	2.83	2.64	5.24	3.51	2.73
Ho	0.67	0.47	0.60	0.64	0.61	0.51	0.45	0.96	0.65	0.55
Er	1.93	1.22	1.56	1.70	1.67	1.40	1.28	2.49	1.79	1.58
Tm	0.28	0.18	0.21	0.24	0.23	0.18	0.18	0.31	0.25	0.23
Yb	2.09	1.16	1.48	1.66	1.63	1.33	1.24	2.21	1.65	1.64
Lu	0.29	0.16	0.21	0.24	0.22	0.18	0.17	0.29	0.23	0.23
Hf	3.55	2.04	2.39	3.14	2.47	2.17	2.02	3.64	2.84	2.22
Ta	0.88	0.77	0.75	0.95	0.76	0.85	0.83	0.75	1.05	0.58
Pb	18.12	18.47	17.89	22.60	365.14	18.61	18.69	15.02	16.09	9.60
Th	7.94	10.92	10.99	13.76	11.67	11.97	11.45	9.79	11.45	4.77
U	2.61	1.87	3.21	3.94	2.41	2.54	2.43	2.16	2.71	1.50

جدول شماره ۲: نتایج آنالیز نقطه‌ای کانی پیروکسن و آنالسیم در سنگ‌های آتشفشانی فلدسپاتوئیددار در منطقه بزقوش (px=pyroxene, Anlc=Analcime, FR= Free mineral, RCR= Rim to core to rime)

No.	Na2O	Al2O3	SiO2	MgO	CaO	MnO	K2O	TiO2	Cr2O3	FeO	Total	Comment
160	0.585	6.99	47.58	12.69	22.77	0.212	0.018	0.9311	0	8.46	100.236	TS15_Px_FR_A01
161	0.4948	7.57	47.37	12.11	22.33	0.1619	0.0144	1.0754	0	8.87	99.9965	TS15_Px_FR_A02
162	0.4581	6.35	48.29	12.72	22.93	0.2678	0.0203	0.8201	0.2137	7.99	100.0599	TS15_Px_FR_A03
163	0.5473	6.21	48.18	12.94	22.85	0.2129	0.0107	0.8594	0.1022	8.02	99.9326	TS15_Px_FR_A04
164	0.5415	8.01	47.01	11.94	22.64	0.1594	0.002	1.2663	0	8.52	100.0891	TS15_Px_FR_A05
165	0.6032	8.16	46.53	11.84	22.63	0.2613	0.0061	1.1575	0.0278	8.95	100.1659	TS15_Px_FR_A06
166	0.5224	8.06	46.61	11.66	22.57	0.2073	0.0154	1.1748	0	8.97	99.79	TS15_Px_FR_A07
167	0.6087	7.87	46.9	11.63	22.57	0.1836	0.0076	1.1402	0	8.6	99.5102	TS15_Px_FR_A08
168	0.5743	7.8	47.63	11.98	22.74	0.2409	0.0004	1.1252	0.0023	8.68	100.7731	TS15_Px_FR_A09
169	0.6083	7.56	47.45	11.88	22.52	0.1656	0.0109	1.1201	0.0371	8.9	100.2519	TS15_Px_FR_A10
170	0.5608	7.82	47.07	12.13	22.38	0.142	0.0112	1.2106	0	8.71	100.0345	TS15_Px_FR_A11
171	0.5599	7.8	46.59	11.93	22.75	0.3134	0.0048	1.2049	0.0532	9.42	100.6261	TS15_Px_FR_A12
172	0.5275	7.87	46.8	12.08	22.83	0.2784	0.0147	1.1895	0	8.6	100.1901	TS15_Px_FR_A13
173	0.5478	8.49	46.3	11.75	22.6	0.196	0	1.3954	0	9.06	100.3392	TS15_Px_FR_A14
174	0.5063	6.73	47.76	12.2	23.2	0.1381	0.0009	1.1017	0.0371	8.67	100.3441	TS15_Px_FR_A15
175	0.8529	9.84	47.63	10.18	19.53	0.162	0.0256	1.0361	0.0023	7.53	96.789	TS15_Px_FR_A16
176	0.521	7.38	47.11	12	22.71	0.2211	0.0047	1.2349	0	8.9	100.0817	TS15_Px_FR_A17
177	0.4386	7.27	47.16	12.32	22.65	0.2178	0.0044	1.1286	0.0278	8.92	100.1371	TS15_Px_FR_A18
178	0.4335	7.57	46.94	12.19	22.75	0.2148	0.0046	1.1709	0.0278	8.55	99.8517	TS15_Px_FR_A19
179	0.5085	6.63	48.84	12.8	22.68	0.1546	0	0.8716	0.1092	8.16	100.7538	TS15_Px_FR_A20
243	11.71	24.21	57.63	0	0.0892	0.0091	0.1785	0.0706	0	0.213	94.1104	TS15_Anlc_RCR_G01
244	11.17	24.15	57.21	0.0118	0.1382	0.0177	0.2053	0.055	0	0.3402	93.2983	TS15_Anlc_RCR_G02
245	11.33	23.86	57.13	0	0.1492	0.0702	0.2013	0.0706	0.0071	0.2928	93.1112	TS15_Anlc_RCR_G03
246	11.39	24.05	57.05	0.0524	0.1507	0.0433	0.2127	0.0474	0.0285	0.3979	93.4229	TS15_Anlc_RCR_G04
247	11.12	24.09	56.26	0.4065	0.1126	0.0804	0.2775	0.0781	0	0.481	92.9061	TS15_Anlc_RCR_G05
248	11.5	24.42	56.22	0	0.1128	0.0209	0.1864	0.0804	0.0024	0.2071	92.7501	TS15_Anlc_RCR_G06
249	10.92	24.4	56.52	0.0143	0.1678	0	0.1181	0.0867	0	0.341	92.568	TS15_Anlc_RCR_G07
250	10.61	23.99	56.27	0.0728	0.1303	0.0453	0.0914	0.03	0.0166	0.6278	91.8843	TS15_Anlc_RCR_G08
251	10.29	24.54	57.32	0.0517	0.1778	0.0091	0.1689	0.0706	0	0.3609	92.989	TS15_Anlc_RCR_G09
252	10.53	24.43	56.69	0	0.1474	0.0341	0.1305	0.0498	0	0.3704	92.3823	TS15_Anlc_RCR_G10
253	11	24.03	57.08	0	0.1609	0.0247	0.1485	0.0629	0	0.7422	93.2492	TS15_Anlc_RCR_G11
254	11.07	24.32	56.82	0	0.1877	0.0411	0.1424	0.0474	0.0356	0.5079	93.1721	TS15_Anlc_RCR_G12
255	10.06	24.17	53.31	0.0069	0.1649	0	0.2157	0.0457	0.0071	0.4825	88.4628	TS15_Anlc_RCR_G13
256	11.05	24.22	56.63	0.0062	0.2098	0	0.1853	0.0792	0	0.2461	92.6267	TS15_Anlc_RCR_G14
257	10.84	23.92	57	0	0.1656	0.0073	0.173	0.0694	0	0.2029	92.3782	TS15_Anlc_RCR_G15
258	10.62	22.88	55.2	0.019	1.77	0.0251	0.1621	0.0654	0	0.2495	90.9911	TS15_Anlc_RCR_G16
259	11.13	23.97	56.94	0.0273	0.1165	0.0536	0.1772	0.0694	0	0.2655	92.7495	TS15_Anlc_RCR_G17

260	11.5	24.09	56.66	0.0269	0.0712	0.0538	0.2176	0.0422	0.0262	0.1682	92.8562	TS15_AnIc_RCR_G18
261	11.44	23.99	56.61	0	0.0727	0	0.1796	0.0486	0.019	0.1609	92.5208	TS15_AnIc_RCR_G19
262	11.08	24.08	56.6	0.0066	0.1964	0.003	0.2111	0.0485	0	0.6311	92.8567	TS15_AnIc_RCR_G20
263	11.21	24.34	56.89	0.0269	0.1345	0	0.218	0.0664	0	0.2845	93.1704	TS15_AnIc_RCR_G21
264	11.52	23.93	57.13	0.0331	0.1486	0.0281	0.2175	0.0775	0.0404	0.2168	93.3421	TS15_AnIc_RCR_G22

بحث و نتایج

آذرین بودن منشاء فنوکریست‌های آنالسیم در سنگ‌های آتشفشانی از دیرباز مورد بحث بوده است. تا قبل از آزمایش‌های تجربی (اواسط ۱۹۷۰) عمدتاً منشاء آنالسیم اولیه و ماگمایی در نظر گرفته می‌شد. اما بعد از انجام آزمایش‌های تجربی در مورد شرایط تشکیل سیلیکات-آنالسیم، منشاء ثانویه آنالسیم بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. با اینحال هنوز هم بحث در مورد اولیه یا ثانویه بودن آنالسیم در سنگ‌های آتشفشانی ادامه دارد. در بحث زیر از شواهد میکروسکوپی، کانی‌شناسی، آزمایش‌های تجربی و آنالیزهای ژئوشیمیایی جهت پی بردن به منشاء آنالسیم‌های موجود در سنگ‌های آتشفشانی منطقه بزقوش استفاده شده است. شواهد میکروسکوپی و کانی‌شناسی: آزمایش‌های تجربی در سیستم آلبیت-ارتوکلاز-نفلین-کالسلیت-آب به وسیله روکس و همیلتون (۱۹۷۶) نشان داده است که آنالسیم در فشار ۱۳-۵ کیلو بار و دمای ۶۰۰-۶۴۰ درجه سانتی‌گراد و فشار آب بسیار بالا می‌تواند با سیلیکات همراه باشد. سنگ‌های آنالسیم‌دار در ایران فاقد بیوتیت و آمفیبول می‌باشند که نشانگر تشکیل‌شان از یک ماگمای خشک می‌باشد. لامپروفیرها و مینت‌ها جزء سنگ‌هایی هستند که آنالسیم موجود در آنها به عنوان آنالسیم‌های آذرین اولیه در نظر گرفته می‌شوند این سنگ‌ها دارای فنوکریست‌های بیوتیت، آمفیبول و میکا می‌باشند (ویلیامز و همکاران، ۱۹۸۲). عدم وجود کانی‌های آبدار اولیه در سنگ‌های آنالسیم‌دار بیانگر آن است که ماگمای تشکیل‌دهنده این

سنگ‌ها اشباع از آب نبوده است و آنالسیم‌های مزبور از تغییر و تبدیلات یونی لوسیت ایجاد شده‌اند (کارلسون و همکاران، ۱۹۹۳). تفریت‌ها و فونوتفریت‌های مورد مطالعه در منطقه بزقوش فاقد کانی‌های آبدار مثل بیوتیت و آمفیبول و میکا می‌باشند و همچنین در بعضی از نمونه‌ها، آثاری از لوسیت مشاهده می‌گردد.

پیرس (۱۹۷۰) سنگ‌های آتشفشانی آنالسیم‌دار Crowsnest Formation کانادا را مورد مطالعه قرار داده و منشاء آنالسیم‌ها را آذرین در نظر گرفته است. نظریه Pearce عمدتاً مبتنی است بر: (۱) رنگ آنالسیم: پیرس (۱۹۹۳) عقیده دارد که آنالسیم‌های حاصل از لوسیت عموماً سفید رنگ هستند مانند آنچه که لور و همکاران (۱۹۸۷) از Roman Region ایتالیا گزارش کرده‌اند. پیرس (۱۹۹۳) آنالسیم‌های قهوه‌ای‌رنگ منطقه Crowsnest و وولی و سیمز (۱۹۷۶) آنالسیم‌های قرمز رنگ منطقه Lupata Gorge را اولیه معرفی کرده‌اند. (۲) میزان آهن: آنالسیم‌های Crowsnest دارای ۱-۲٪ Fe_2O_3 می‌باشند. پیرس (۱۹۹۳) از این معیار جهت تشخیص آنالسیم‌های اولیه از آنالسیم‌های ثانویه استفاده کرده است. (۳) ایزوتروپی: پیرس (۱۹۷۰) آنالسیم‌های قهوه‌ای و ایزوتروپ را اولیه و آنالسیم‌های ایزوتروپ را ثانویه در نظر گرفته است. رنگ آنالسیم و ایزوتروپ بودن آن نمی‌تواند به عنوان یک معیار قطعی برای تشخیص اولیه بودن آنالسیم در نظر گرفته شود همچنانکه آنالسیم‌های حاصل از لوسیت در ایران به رنگ قهوه‌ای و عسلی بوده و به صورت ایزوتروپ دیده می‌شوند هرچند انواع

عناصر ذکر شده و به خصوص مقادیر بالای Sr می-تواند در ارتباط با تبدیل لوسیت به آنالسیم و خاصیت ژئولیتی آنالسیم باشد (نتایج آنالیز عناصر کمیاب و عناصر نادر خاکی در جدول شماره ۱ آورده شده است).

پیرس (۱۹۹۳) عقیده دارد که اگر آنالسیم در یک سنگ به صورت اولیه تشکیل شود کانی‌های پیروکسن موجود در سنگ، از نوع Na دار خواهند بود. با توجه به جدول شماره ۲، میزان Na_2O در پیروکسن‌های مورد مطالعه در منطقه بزقوش پایین (۰,۲-۰,۶) می‌باشد و ترکیب پیروکسن‌ها نیز دیوپسیدی می‌باشد (شکل ۵). ترکیب هموزن بلورهای درشت و منفرد آنالسیم به ثانویه بودن آنها نسبت داده شده است (کارلسون و کلایتون، ۱۹۹۱). آنالیز نقطه‌ای کانی آنالسیم (جدول شماره ۲)، نشانگر یکنواخت بودن ترکیب شیمیایی این کانی می‌باشد. تیلور و همکاران (۱۹۷۵) تشکیل آنالسیم از لوسیت را به دمای ساب سولیدوس نسبت می‌دهد و گوپتا و همکاران (۱۹۷۵) عقیده دارد که تبدیل لوسیت به آنالسیم بعد از سرد شدن کامل ماگما صورت می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

سنگ‌های تفریتی و فونوتفریتی با سن ائوسن بالایی وسعت قابل ملاحظه‌ای از رشته کوه بزقوش را به خود اختصاص داده‌اند. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این سنگ‌ها شامل پیروکسن، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، آنالسیم و کمی لوسیت به همراه مواد شیشه‌ای، کانی‌های اپک می‌باشد. آنالسیم در این سنگ‌ها به صورت اجزای ریز کمتر از یک میلی‌متر تا درشت بلورهایی به اندازه ۱ سانتی‌متر دیده می‌شود. با توجه به شواهد کانی‌شناسی، میکروسکوپی و ژئوشیمیایی ارائه شده در زیر، آنالسیم‌های موجود در سنگ‌های تفریتی و

انیزوتروپ نیز در بین آنها دیده می‌شود (استالدر، ۱۹۷۱؛ آنلز، ۱۹۷۵). آنالسیم‌های مورد مطالعه در منطقه بزقوش به صورت ایزوتروپ بوده، و قهوه‌ای رنگ تا کرمی و عسلی می‌باشد. میزان اکسید آهن آنالسیم‌ها در نمونه‌های مورد مطالعه کمتر از ۱ درصد وزنی می‌باشد. بر اساس نظریه کارلسون و کلایتون (۱۹۹۱) تبدیل لوسیت به آنالسیم با افزایش حجم ۱۰ درصدی همراه است. در اثر افزایش حجم حاصل از آبگیری آنالسیم، ترک‌های نامنظمی در سطح و اطراف بلور آنالسیم ایجاد می‌گردد. این ترک‌ها به عنوان کانال‌های آلتراسیون طی تبدیل لوسیت به آنالسیم عمل می‌کرده‌اند. وجود ترک‌های متعدد در سطح و اطراف بلورهای آنالسیم در منطقه بزقوش، ترک‌های متعددی دیده می‌شود (شکل ۴ D).

شواهد ژئوشیمیایی: پرلوک و همکاران، ۲۰۰۴؛ ویکینسون و هنسل، ۱۹۹۱ عقیده دارند که آنالسیمی شدن (تبدیل نفلین یا لوسیت به آنالسیم) باعث تغییرات در ژئوشیمی سنگ‌های آنالسیم‌دار می‌شود. بنا بر نظر جیاننتی و همکاران (۱۹۸۹)، طی مراحل آنالسیمی شدن، عناصر Rb و Sr و تا حد کمتری عناصر Ba, Ni, V, Zn, La, Ce در آنالسیم تجمع می‌یابند. به علاوه، خاصیت ژئولیتی آنالسیم موجب جذب Sr و Cs در ساختارش می‌گردد (ردکین و همکاران، ۲۰۰۰). پرلوک و همکاران (۲۰۰۴) مقادیر بالای Sr (۱۴۹۸-۵۰۰) در نمونه‌های مورد مطالعه خود را به آنالسیمی شدن لوسیت و خاصیت ژئولیتی آنالسیم نسبت داده‌اند. مقادیر عناصر ذکر شده در نمونه‌های مورد مطالعه در منطقه بزقوش بالاست به طوریکه میزان Sr (۱۳۱۲-۴۶۷)، Rb (۱۸۸-۵۴)، La (۵۱-۲۳)، Ce (۹۵-۴۴)، Ba (۱۷۰۰-۶۵۰) و Zr (۱۵۴-۹۲) پی پی ام می‌باشد. بالا بودن میزان

آنالسیم، بایستی سدیم‌دار باشد و این در حالی است که میزان سدیم کانی پیروکسن سنگ‌های مورد مطالعه پایین است و پیروکسن‌های موجود ترکیب دیوپسیدی دارند.

میزان پایین اکسید آهن در آنالسیم‌های مورد مطالعه (کمتر از ۱ درصد وزنی) غنی‌شدگی سنگ‌های آنالسیم‌دار منطقه در Sr که می‌تواند در ارتباط با فرایند آنالیمی شدن لوسیت در ارتباط باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های مالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری که امکان اعزام به خارج و فرصت مطالعاتی را فراهم نمودند تشکر می‌نماییم و همچنین از آقای رسول نصیری بزنجانی در دانشگاه استکهلم سوئد که در تمام مراحل آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها، ما را یاری فرمودند متشکریم. از خانم پروفسور ویکتوریا پیس، رونا و کورا که آنالیزهای XRF و ICP-MS را انجام دادند و آقای یارک ماجکا در دانشگاه اسپالای سوئد به خاطر آنالیزهای میکروپروب، نهایت تشکر و قدردانی را اعلام می‌نماییم.

فونوتفریتی مورد مطالعه در منطقه بزقوش، منشاء اولیه آذرین ندارند و به احتمال زیاد از تبادل یونی لوسیت‌های اولیه در حین سرد شدن ماگما و یا در زمان انجماد ماگما به وجود آمده‌اند:

شواهد کانی‌شناسی و میکروسکوپی

عدم حضور کانی‌های آبدار: شرایط تشکیل و پایداری آنالسیم در سیستم آل‌بیت-ارتوکلاز-نفلین-کالسلیت-آب بیانگر تشکیل آنالسیم در فشار ۱۳-۵ کیلو بار و دمای ۶۰۰-۶۴۰ درجه سانتی‌گراد و فشار آب بسیار بالا می‌باشد و این در حالی است که کانی‌های آبدار مثل آمفیبول و بیوتیت در سنگ‌های مورد مطالعه دیده نمی‌شوند. وجود ترک‌های متعدد در سطح بلور آنالسیم که از افزایش حجم ناشی از تبدیل لوسیت به آنالسیم حاصل شده‌اند (بر اساس نظریه کارلسون و کلایتون (۱۹۹۱) تبدیل لوسیت به آنالسیم با افزایش حجم ۱۰ درصدی در بلور آنالسیم همراه است).

شواهد ژئوشیمیایی: ترکیب هموزن بلورهای آنالسیم در سنگ‌های آکالن مورد مطالعه بیشتر با ثانویه بودن آن مطابقت دارد نه با تبلور ماگمایی.

نبود کانی‌های پیروکسن سدیم‌دار: کانی پیروکسن همراه با یک کانی اولیه سرشار از سدیم مثل

منابع

- مقدمی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی ژئوشیمیایی دگرسانی-ژئولیتی در سنگ‌های ولکانیکی منطقه کجل، شمال غرب هشتجین، استان اردبیل، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه تبریز.
- هاشم امامی، م.، ۱۳۷۱. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب، برگه شماره ۵۵۶۵، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.
- هاشم امامی، م.، ۱۳۷۱. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ قره چمن، برگه شماره ۵۵۶۴، سازمان خاتمیان اسکویی، م. و قنبرپور، ر.، ۱۳۸۶. سنتز و شناسایی کمپلکس VO(salen) در منافذ ژئولیت، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ص ۴۲-۶۵.
- خرامش، م.، طوطی، ف.، برقی، م. ع. و بدیعی، ع.، ۱۳۸۸. تغییر فاز کلینوپتیلولیت طبیعی به فیلیپسیت در حضور آب‌گون‌های قلیایی، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱، ص ۹۵-۱۰۲.

زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

occurrence of analcite in the northeastern Azerbaijan volcanics (northwestern Iran): *Lithos*, v. 12, p. 187-198.

-Giampaolo, C. and Lombardi, G., 1994. The thermal behaviour of Analcites from tow different genetic environment: *European journal of mineralogy*, v. 6(2), p. 285-289.

-Giannetti, B. and Masi, U., 1989. Trace-element behavior during weathering of leucite in potassic rocks from the Roccamonfina volcano (Campania, southern Italy) and environmental implications: *Lithos*, v. 22, p. 317-324.

-Gupta, A.K. and Fyfe, W.S., 1975. Leucite survival; the alteration to analcime: *The Canadian Mineralogist*, v. 13, p. 361-363.

-Hassanzadeh, J., 1993. Metallogenic and tectono-magmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of Central Iran (Shahr-e Babak area, Kerman Province), Ph.D. dissertation, University of California, Los Angeles, 204p.

-Henderson, C.M.B. and Gibb, F.G.F., 1977. Formation of analcime in the Dippin sill, Isle of Arran: *Mineralogical Magazine*, v. 41, p. 534-537.

-Hushmandzadeh, A.R., Alavi Naini, M. and Haghypour, A.A., 1978. Evolution of geological phenomenon in Torud area: *Geological Survey of Iran, Tehran*, 136 p.

-Karlsson, H.R. and Clayton, R.N., 1991. "Analcime phenocrysts in igneous rocks-primary or secondary": *American Mineralogist*, v. 76, p. 189-199.

-Karlsson, H.R. and Clayton, R.N., 1991. Analcime phenocrysts in igneous rocks;

-Aftabi, A. and Atapour, H., 2000. Regional aspects of shoshonitic volcanism in Iran, *Episodes*, v. 23, p. 119-125.

-Aghanabati, A., 1995. Bam geological quadrangle map and explanatory text: *Geological Society of Iran, Tehran, Iran*.

-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: *Geology, Rund*, v. 73, p. 917-932.

-Amidi, S.M. and Michel, R., 1985. Cenozoic magmatism of the Surk area (Central Iran): stratigraphy, petrography, geochemistry and their geodynamic implications: *Geologie Alpine*, v. 61, p. 1-17.

-Annells, R.N., Arthurton, R.S., Bazley, R.A. and Davies, R.G., 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangles Map: *Geological Survey of Iran, Tehran*.

-Boettcher, A.L. and Wyllie, P. J., 1969. Phase relationships in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ to 35 kilobars pressure: *American Journal of Science*, v. 267, p. 875-909.

-Bubnova, R.S., Stepanov, N.K., Levin, A.A., Filatov, S.K., Paufler, P. and Meyer, D.C., 2004. Crystal structure and thermal behaviour of boropollucite CsBSi_2O_6 , *Solid State Sciences*, v. 6, p. 626-637.

-Carr, P.F., Perkins, M. and Moradian, A., 1996. Large pseudomorphous trapezohedra of analcime and pumpellyite after leucite, Aghda area, Central Iran: *Mineralogy and Petrology*, v. 58, p. 23-32.

-Comin-Chiaramonti, P., Meriani, S., Mosca, R. and Sinigoi, S., 1979. On the

- Paukov, I.E., Belitsky, I.A. and Fursenko, B.A., 2002. Heat capacity and thermodynamic functions of leucite at low temperatures, *Thermochemica Acta*, v. 387, p. 23-28.
- Pearce, T.H., 1970. The analcrite-bearing volcanic rocks of the Crowsnest Formation, Alberta: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 7, p. 46-66.
- Pearce, T.H., 1993. Analcime phenocrysts in igneous rocks; primary or secondary? Discussion: *American Mineralogist*, v. 78, p. 225-229.
- Pearce, T.H., 1993. Primary or secondary analcime –Discussion: *American Mineralogist*, v. 78, p. 225-229.
- Peters, L. and Tuttle, O.F., 1966. The melting of analcrite solid solutions in the system $\text{NaAlSiO}_4\text{-NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-H}_2\text{O}$: *American Mineralogist*, v. 3, p. 736-753.
- Prelevic, D., Foley, S.F., Cvetkovic, V. and Romer, R.L., 2004. Origin of minetter by mixing of lamproite and dacite magmas in Velili Majdan, Serbia: *Journal of Petrology*, v. 45, p. 759-792.
- Pirsson, L.V., 1896. On the monchiquites or analcrite group of igneous rocks: *Journal of Geology*, v. 4, p. 619-690.
- Redkin, A.F. and Hemley, J.J., 2000. Experimental Cs and Sr sorption on analcime in rock-buffered systems at 250-300 degrees C and P sat and the thermodynamic evaluation of mineral solubilities and phase relations: *European Journal of Mineralogy*, v. 12, p. 999-1014.
- Riou, R., Dupuy, C. and Dostal, J., 1981. Geochemistry of coexisting alkaline and calcalkaline volcanic rocks from northern Azerbaijan (N.W. Iran): *The Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 11, p. 253-275.
- Rock, N.M.S., 1977. The nature and origin of lamprophyres: Some definitions, distinctions, and derivatives: primary or secondary *American Mineralogist*, v.76, p. 189-199.
- Karlsson, H.R. and Clayton, R.N., 1993. Analcite phenocrysts in igneous rocks: Primary or secondary reply: *American Mineralogist*, v. 78, p. 230-232.
- Kim, K.T. and Burley, B.J., 1971. Phase equilibria in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-NaAlSi}_4\text{O}_{10}\text{-H}_2\text{O}$ with special emphasis on the stability of analcrite: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 311-337.
- Line, C.M.B., Putnis, A., Putnis, C. and Giampaolo, C., 1995. The dehydration kinetics and microtexture of analcrite from two paragenesis: *American Mineralogist*, v.80, p. 268-279.
- Liou, J.G., 1971. Analcime equilibria: *Lithos*, v. 4, p. 389-402.
- Luhr, J.F. and Giannetti, B., 1987. The brown leucititic tuff of Roccamonfina Volcano (Roman Region, Italy): *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, p. 420-436.
- Luth, R. and Bowerman, M., 2004. Microtextural and powder diffraction study of analcime phenocrysts in the Crowsnest Formation, Southern Alberta, Canada: *Can. Mineral*, v. 42, p. 897-903.
- Moradian, A., 2008. A contribution to the genesis of analcrite after leucite in potassic volcanic rocks of the Nadik area, Kerman, Iran *Journal of Sciences Islamic Republic of Iran*, v. 19, p. 31-48.
- Morse, S.A., 1968. Syenite, *Carnegie Institution of Washington Year Book*, v. 68, p. 112-120.
- Morimoto, N., Fabries, J., Fergusson, A. K., Guizbourg, I. D., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes: *American Mineralogist*, v. 173, p. 1123-1133.
- Norish, K. and Chappell, B.W., 1977. X-ray fluorescence spectrometry. In: Zussman J. (Ed.), *Physical Methods in Determinative Mineralogy*, 2nd Ed, Academic Press, London, 71p.

- Wilkinson, J.F.G., 1965. Some feldspars, nephelines and analcimes from the Square Top Intrusion, Nundle, N.S.W: *Journal of Petrology*, v. 6, p. 420-444.
- Wilkinson, J.F.G., 1977. Analcime phenocrysts in a vitrophyric analcimate-Primary or secondary? *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 64, p. 1-10.
- Wilkinson, J.F.G. and Hensel, H.D., 1991. An analcime augerite-mega-cryst association from north-eastern New South Wales: implications for high pressure amphibole-dominated fractionation of alkaline magmas: *Contributions Mineral Petrology*, v. 109, p. 240-251.
- Williams, H., Turner, F.J. and Gilbert, C.M., 1982. *Petrography: An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections*, 2nd Ed., W.H. Freeman, San Francisco, 626 p.
- Woolley, A.R. and Symes, R.F., 1976. The analcime-phyric phonolites (blairmorites) and associated analcime kenyaite of the Lupata Gorge, Mocambique: *Lithos*, v. 9, p. 9-15.
- Earth-Science Reviews, v, 13, p. 123-169.
- Roux, J. and Hamilton, D.L., 1976. Primary igneous analcimate- An experimental study: *Journal of Petrology*, v. 17, p. 244-257.
- Saha, P., 1961. The system NaAlSiO₄ (nepheline)-NaAlSi₃O₈, (albite)-H₂O: *American Mineralogist*, v. 46, p. 859-884.
- Sharkovski, M., Susov, M. and Krivyakin, B., 1984. Geology of the Anarak area (Central Iran), Report, Geological Survey of Iran, Tehran, 143p.
- Stalder, P., 1971. Magmatisme tertiaire et subrecent entre Taleghan et Alamout, Elbourz Central (Iran): *Schweitz. Min. Petr. Mitt*, v. 51, 138 p.
- Taylor, D. and Mackenzie, W.S., 1975. "A contribution to the pseudoleucite problem": *Contributions to mineralogy and petrology*, v. 49, p. 321-333.
- Weisenberger, T. and Spurgin, S., 2009. Zeolite in alkaline rocks of the Kaiserstuhl volcanic complex, SW Germany-new microprobe investigation and relationship of zeolite mineralogy to the host rock: *Geology, Bekgica*, v. 12, p. 75-91.