Vol. 12, No. 2, 1383/2004 Fall & Winter

Origin of scapolite in plutonic rocks of Panj – Kuh (south-east of Damghan)

D. Esmaeili, M. Sheibi, A. Kananian

Department of geology, Faculty of Science, University of Tehran, Iran.
E-mail: esmaili@khayam.ut.ac.ir

(Received: 10/12/2003, received in revised form: 27/07/2004)

Abstract: The mineralogy and origin of the scapolite crystals of the Panj-Kuh area (S-E Damghan) has been investigated. Based on textural and field observations, two types of scapolite have been identified. Type 1 scapolite consists of fine to coarse grain crystals which are mainly replaced for plagioclase in the pluton body. The type 2 as veinlet and vein ranging in thickness from few milimeters inside the body to about few hundred meters in the margin of the body that present close to the iron ore deposit. It seems that the formation of the first type of scapolites is related to the circulation of NaCl rich fluid around of the intrusive body, and the second type has directly been precipitated from the hydrothermal fluids. The extensive aboundance of scapolite-albite zone in intrusive rocks and specially between body and a volcano-sedimentary sequence suggest that the formation of scapolite was accompanied by an alkali metasomatism which has been derived from the evaporate sediments of that sequences**.**

Keywords: *mineralogy, scapolite, Panj – Kuh, Damghan, alkali metasomatism*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

سال دوازدهم، شمارهٔ ۲، پائیز و زمستان ۸۳، از صفحهٔ ۱۸۹ تا ۲۰۱

خاستگاه اسکاپولیت در تودهٔ نفوذی پنج‌کوه (جنوب‌شرق دامغان)

داریوش اسماعیلی، مریم شیبی، علی کنعانیان

گروه زمین شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه تهران.
پست الکترونیکی: esmaili@khayam.ut.ac.ir

(دریافت مقاله ۱۳۸۲/۹/۱۹ ، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۳/۵/۵)

چکیده: مقالهٔ حاضر به بررسی ترکیب کانی‌شناسی و نحوهٔ تشکیل بلورهای اسکاپولیت در ناحیهٔ پنج کوه دامغان می پردازد. بر مبنای شواهد صحرایی و بافتی، دو نوع اسکاپولیت قابل تشخیص‌اند: نوع اول شامل اسکاپولیتهایی است که در اندازه‌های ریز تا درشت‌دانه در بخشهایی از تودهٔ نفوذی جایگزین پلاژیوکلازها شده‌اند. به نظر می‌رسد که جریان شاره‌های گرمابی غنی از NaCl، از عوامل تشکیل این کانی هستند. بلورهای نوع دوم اسکاپولیت به‌صورت رگچه‌های میلیمتری در داخل تودهٔ نفوذی و یا نوارهایی با ضخامت بیش از ۵۰۰ متر در حاشیهٔ تودهٔ نفوذی و حد فاصل آن با گسترهٔ کانسار آهن پنج کوه مشاهده می‌شود. رشد این درشت بلورها از طریق نهشت مستقیم از شاره گرمابی در رگه‌هاست. حضور گستردهٔ اسکاپولیت - آلبیت در داخل و به‌ویژه حدفاصل توده نفوذی با یک دنبالهٔ نهشتی- آتشفشانی که میزبان کانسار آهن پنج کوه است، نشان می‌دهد که تشکیل اسکاپولیت با یک دگرنهادی آلکالی همراه بوده و بخش عمده‌ای از سدیم و کلر مورد نیاز برای تشکیل این کانی از نهشته‌های تبخیری موجود در این دنباله تأمین شده است.

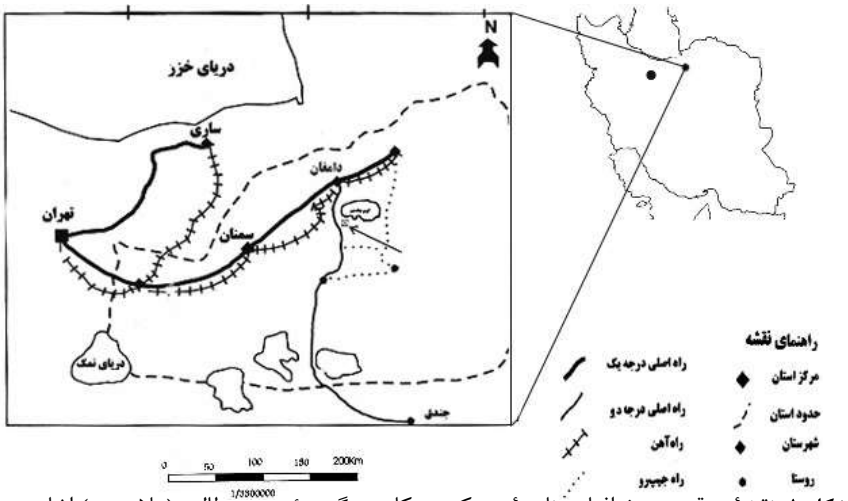
واژه‌های کلیدی: *اسکاپولیت، شاره‌های گرمابی، دگرنهادی آلکالی، پنج‌کوه، دامغان.*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

مقدمه

ناحیهٔ پنج کوه در شمالی‌ترین بخش واحد ساختمانی ایران مرکزی و در فاصلهٔ ۵۰ کیلومتری جنوب شرق دامغان قرار دارد. مختصات جغرافیایی این ناحیه ′۵۴°۲۲ طول شرقی و ′۵۴°۳۲ عرض شمالی است و در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود و حاشیهٔ جنوبی کویر چاه‌جم واقع شده است (شکل ۱). در این ناحیه، کانی اسکاپولیت به عنوان بخشی از مجموعهٔ کانیایی مورد مطالعه در داخل و به‌ویژه در حاشیهٔ تودهٔ جانشین پلاژیوکلاز شده و یا به‌صورت رگه‌هایی با ضخامت‌های مختلف، از چند میلی‌متر در زیر میکروسکوپ تا بیش از ۵۰۰ متر در صحرا قابل مشاهده است.

گروه اسکاپولیت با فرمول عمومی $(M;Ca,Na,K)M_4T_{12}O_{24}A$ و مقادیر فرعی کاتیونهای دیگر: Al، Si، T و Al، گروههای آنیونی اصلی (CO_3^{2-}، F^-، Cl^-، SO_4^{2-})، محلول‌های جامدی بین اعضای انتهای ماریالیت (Ma: $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$) و میونیت (Me: $Ca_4Al_6Si_6O_{24}C$) را تشکیل می‌دهند. در مراجع [۱ تا ۳]، میسونیت (Me: $Ca_3NaAl_5Si_7O_{24}CO_3$) به عنوان قطب دارای کربنات خالص و دی‌پیر ($Na_3CaAl_4Si_8O_{24}Cl$) به عنوان قطب انتهایی دارای کلر، کربنات آزاد در نظر گرفته شده‌اند. در مرجع [۴]، سیلوانیت ($Ca_4Al_6Si_6O_{24}SO_4$) به‌عنوان قطب دارای کلسیم و گوگرد توصیف شده است که مورد قبول انجمن بین المللی کانی‌شناسی قرار گرفته است. رخنمون اسکاپولیت در محیطهای مختلف زمین‌شناسی، از جملهٔ سنگهای دگرگونی ناحیه‌ای مثل مرمرها و سنگهای کالک سیلیکات [۵]، گنیسهای کربناته رخساره آمفیبولیت [۶]، زینولیت‌های گرانولیتی در بازالتها وکیمبرلیتها [۷ تا ۹]، سنگهای آذرین [۱۰]، سنگهای دگرگونی مجاورتی [۱۱] و نیز در ارتباط با محلولهای گرمابی اطراف توده‌های نفوذی [۱۲]، گزارش شده است.



شکل ۱ نقشهٔ موقعیت جغرافیایی ناحیهٔ پنج‌کوه. پیکان به گسترهٔ مورد مطالعه (علامت ×) اشاره می‌کند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

در این مقاله دو نوع بافت مختلف از بلورهای اسکاپولیت در داخل و حاشیهٔ تودهٔ نفوذی پنج‌کوه معرفی شده‌اند و فرایندهای تشکیل‌دهندهٔ این کانی در ناحیه مزبور مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا بیش از ۲۰۰ مقطع نازک، ۲۵ مقطع صیقلی، ۳ مقطع نازک- صیقلی و ده نمونهٔ آنالیز XRD تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند.

زمین‌شناسی منطقهٔ پنج‌کوه

ناحیهٔ پنج‌کوه دامغان قسمتی از زون ایران مرکزی است که از دیرباز دستخوش فعالیتهای آتشفشانی ائوسن و پلوتونیک پس از آن بوده است، به‌گونه‌ای که تزریق تودهٔ نفوذی در بخش مرکز و جنوب گسترهٔ مورد مطالعه، به درون یک دنبالهٔ نهشتی- آتشفشانی با تحولات مهمی همراه بوده است. مهمترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقهٔ مورد مطالعه را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد که هر یک در زیر توصیف می‌شود.

الف ـ مجموعه نهشتی ـ آتشفشانی

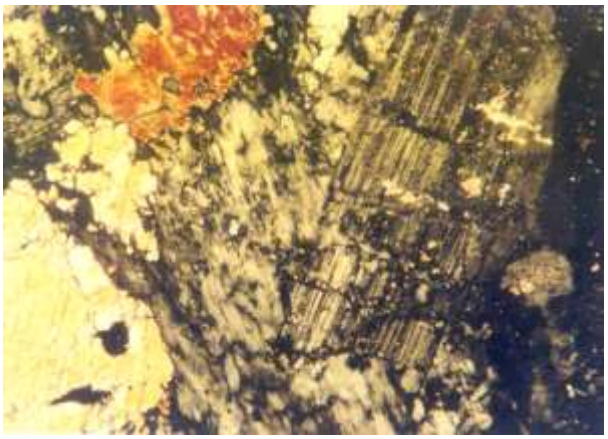
در منطقهٔ پنج‌کوه یک دنبالهٔ نهشتی- ولکانیکی با مجموعه‌ای از گنگلومرا در قاعده شروع شده و سپس به تناوب از لایه‌های شیل و ماسه‌سنگ و میان‌لایه‌هایی بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی آندزیت- بازالت ادامه می‌یابد. این مجموعه شیل و ماسه سنگی، خود با گدازه‌های آتشفشانی ائوسن با ترکیب آندزیت - بازالت ، پوشیده می شوند. مقطع شاخص این دنباله درست زیر قلهٔ اول از سمت جنوب و در شرق تودهٔ نفوذی به‌خوبی قابل مشاهده است. در مرجع [۲۹]، این دنبالهٔ نهشتی-آتشفشانی به ته‌نشینهای دریایی ائوسن- الیگوسن نسبت داده شده است.

ب- تودهٔ نفوذی

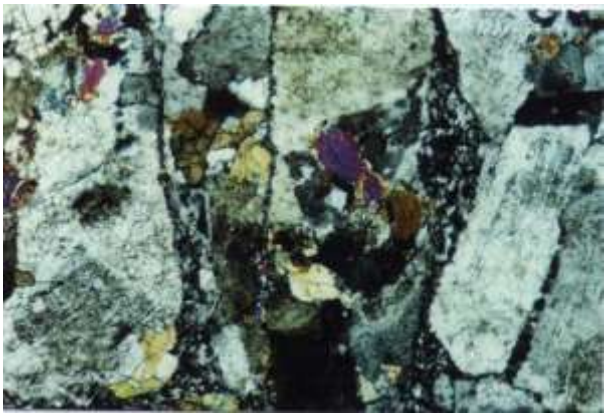
تودهٔ نفوذی پنج‌کوه که در بخش مرکز و جنوب ناحیهٔ مورد مطالعه بیرون‌زدگی دارد، دارای ترکیب غالب مونزونیت- سیینیت است. رخنمون صحرایی این سنگها بیشتر به صورت تپه-ماهورهای نسبتاً مرتفع خاکستری رنگ است. مطالعات میکروسکوپی تودهٔ نفوذی پنج‌کوه نشان می‌دهد که آنها به طور غالب دارای بافت گرانولار با ابعاد متوسط تا درشت بوده و ترکیب اصلی آنها اساساً از مونزونیت - سیینیت و به مقدار کمتر گرانودیوریت تشکیل شده است. آلکالی فلدسپار (ارتوز)، پلاژیوکلاز، بیوتیت و کلینوپیروکسن از اجزای اصلی و اسفن و آپاتیت و هورنبلند از مهمترین اجزای فرعی این سنگها محسوب می‌شوند. این سنگ‌ها به‌طور موضعی و گاهی به میزان قابل توجهی دستخوش دگرسانی شده‌اند، به‌گونه‌ای که در مواردی به‌جای کانی‌های پلاژیوکلاز و آلکالی فلدسپار، به‌طور کلی کلسیت، کائولینیت و گاه اسکاپولیت نشسته‌اند.

نکتهٔ بسیار جالبی که در اینجا می‌توان به آن اشاره کرد، وجود رگه‌ها یا بخشهایی از کانیهای اسکاپولیت ـ آلبیت، در این تودهٔ نفوذی است و چنین به نظر می رسد که آنها تحت تاثیر دگرسانی قرارگرفته و جایگزین پلاژیوکلازها شده‌اند (شکلهای۲ تا ۴).

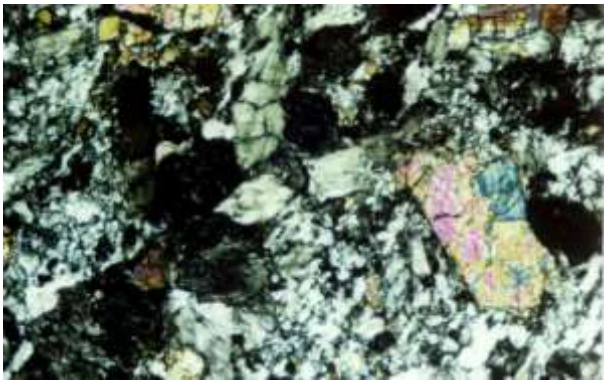
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]



شکل۲ تصویر نور قطبیده از پلاژیوکلازهای اسکاپولیتی شده در سیینیت (بزرگنمایی۲۵ برابر) .



شکل۳ تصویر نور قطبیده از رگچه‌های میلیمتری از کانیهای اسکاپولیت – آلبیت در تودهٔ نفوذی که به‌طور مستقیم از شارهٔ گرمابی نهشته شده‌اند (بزرگنمایی۴۰ برابر).



شکل۴ تصویر نور قطبیده از مجموعهٔ کانیایی اسکاپولیت- آلبیت ، پیروکسن وآنالسیم در تودهٔ نفوذی (بزرگنمایی۲۵ برابر).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

پ- مجموعهٔ کانی‌شناسی تودهٔ معدنی و پیرامون آن

کانسار آهن پنج‌کوه درون دنبالهٔ نهشتی ـ آتشفشانی و در شمال تودهٔ نفوذی جای گرفته است. زمین‌ساختی حاکم بر منطقه می‌تواند دنبالهٔ مزبور را مورد تردید قرار دهد زیرا مانع از مشاهدهٔ کامل لایه‌بندی در گسترهٔ کانسارزایی شده است.

مطالعهٔ سیستماتیک از درون تودهٔ نفوذی به سمت کانسار نشان می‌دهد که تودهٔ نفوذی در مجاورت بلافصل مجموعهٔ نهشتی- آتشفشانی که کانه‌زایی در آن انجام شده است، به مجموعه-ای از کانی‌های اسکاپولیت- آلبیت، دیوپسید- اوژیت و اسفن و آپاتیت تبدیل شده‌اند (شکل ۵). این مجموعهٔ کانی‌شناسی در زیر میکروسکوپ دارای بافت گرانوبلاستی بوده و بیش از ۷۰٪ سنگ از اسکاپولیت، حدود ۱۵٪ پیروکسن نوع دیوپسید و بقیهٔ آن از اسفن، آپاتیت، زئولیت و آنالسیم تشکیل شده است (شکل ۴). حضور تمام این کانی‌ها با بررسیهای پراش‌سنجی پرتو X نیز مورد تأیید قرار گرفته‌اند. وجود زئولیت و آنالسیم در این مجموعه کانی‌شناسی حکایت از دگرسانی فلدسپارهای قلیایی بوسیلهٔ شاره‌های غنی از سدیم در نزدیکی سطح زمین را دارد.

شواهد صحرایی و کانی‌شناسی نشان می‌دهد که دگرسانی گسترده اسکاپولیت- آلبیت همراه با پیروکسن پس از همهٔ فازهای نفوذی به‌وجود آمده است. به نظر می‌رسد اولین مرحلهٔ دگرسانی گرمایی، نهشته شدن سیلیکاتهای سدیم دار (اسکاپولیت- آلبیت) بوده است. بخش بزرگی از کانسنگ آهن پنج‌کوه از مگنیتیت تشکیل شده است که به‌صورت بلورهای پراکنده و نسبتاً دانه‌ریز دارای بافت افشان هستند که در نواحی سطحی‌تر به طور جزئی به هماتیت ثانویه تبدیل شده و فرایند مارتیتی شدن را به نمایش می‌گذارد. علاوه بر آن، مقادیر کمی پیریت و کالکوپیریت (کمتر از ۵٪) همراه با مگنیتیت مشاهده می‌شود. کانیهای غیرفلزی کوارتز، اپیدوت و ترمولیت ـ اکتینولیت نیز همراه با منیتیت وجود دارند.

شکل۵ نمای زون اسکاپولیت - آلبیت در حد فاصل تودهٔ نفوذی و گسترهٔ کانسار (نگاه به شرق).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

بحث و بررسی

تاکنون، کانسارهای فلزی زیادی شناخته شده‌اند که تشکیل کانه و کانی اسکاپولیت در آنها با فرایندهای دگرگونی سنگ‌های تبخیری و دگرنهادی مرتبطند. به عنوان مثال می‌توان به کانسارهایی در روسیه، قزاقستان و استرالیا اشاره نمود [۱۴]. به عقیدهٔ سردیچانکو [۱۵]، ته‌نشینهای تبخیری دگرگون شده و فرایندهای دگرنهادی نقش مهمی در نهشته‌های آهن روسیه و قزاقستان و تشکیل اسکاپولیت داشته‌اند. در این نهشته‌ها علاوه بر دیوپسید- هورنبلند- پلاژیوکلاز کانه منیتیت نیز تشکیل شده است. در اسکارن آهن آرکئن ناحیهٔ آلدان شرق روسیه، اسکاپولیت (بیشتر دی پیر) با فلدسپار (آلبیت و کمتر فلدسپار پتاسیم)، پیروکسن، آمفیبول و کمی آپاتیت همراهند که به عقیدهٔ سردیچنکو [۱۶]، در زمان آرکئن، نهشته‌های کربناته، سولفاته و هالیت در شرایط لاگون و ساحل تشکیل شده‌اند. بنابراین اجزای فرار لازم برای تشکیل اسکاپولیت (CO_3^{2-}، F^- و Cl^-) از این نهشته‌های شور کلریت-سولفات و کربنات تأمین شده است.

مقایسهٔ منطقهٔ مورد مطالعه با نتایج پژوهشهای مذکور نشان می‌دهد که تشکیل کانی اسکاپولیت در ناحیهٔ پنج‌کوه نیز احتمالا در اثر فرایند مشابهی شکل گرفته است، به طوری که اولاً شواهد صحرایی و مطالعهٔ مقاطع نازک، نازک- صیقلی و صیقلی، حاکی از منطقه‌بندی در پنج‌کوه از سمت تودهٔ نفوذی به درون گسترهٔ کانه‌زایی در مرز توده با سنگهای نهشتی- آتشفشانی به‌صورت زیر است.

الف- مجموعه‌های حاصل از دگرسانی سدیک و سدی- کلسیک موجود در مرکز تودهٔ نفوذی شامل کانیهای سدیم‌دار (آلبیت)، اسکاپولیت سدیم‌دار (ماریالیت) و کانیهای مافیک غنی از Ca و Mg (آمفیبول سدیک و کلینوپیروکسن نوع دیوپسید) است. حضور همهٔ این کانیها به واسطهٔ اضافه شدن مقدار قابل توجهی Na و Ca و از دست رفتن K و فلزاتی نظیر Fe، Cu و Au در سنگ صورت می‌پذیرد.

ب- دگرسانی پتاسیک به ویژه در حاشیهٔ جنوب غربی تودهٔ نفوذی که بواسطهٔ ورقه‌های بیوتیت و درشت بلورهای فلدسپار نوع ارتوز مشخص است. سیال موجود در این مرحله حاوی مقادیر فراوانی k، Fe و Cu است که این عناصر از طریق دگرسانی سدی- کلسیک مرحلهٔ قبل، از مرکز توده شسته و طی دگرسانی پتاسیک نهشته و سبب کانه زایی Fe وCu در حاشیهٔ و مجاورت سنگهای آتشفشانی شده‌اند.

علاوه بر شواهد سنگ‌شناختی، داده‌های ژئوشیمیایی سنگ (جدول ۱) نیز نشان می‌دهد که چگونه سنگی با ترکیب مونزونیت و سرشار از Na_2O و CaO به سنگی با ترکیب سیینیت سرشار از K_2O تبدیل شده است. شکل ۶ اطلاعات بیشتری در مورد این روابط در اختیار می‌گذارد. در این نمودارها، رفتار عناصر متحرکی مثل Na_2O، K_2O و CaO در مقابل عناصر ثابتی مانند Zr و TiO_2 ترسیم شده‌اند. پیکانها مسیرهای اصلی دگرسانی را نشان می‌دهند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

لازم به ذکر است که پیروکسن سیینیت‌ها از نظر روابط صحرایی و نیز ویژگیهای ژئوشیمیایی حد واسط مونزونیتها و بیوتیت سیینیت‌ها هستند. به‌علاوه، بنابر نظر کولینز [۱۳]، سنگهای حاصل از جداسازی گرمابی از یک مرحلهٔ غنی از Ca به مرحلهٔ غنی از Na و در نهایت به مرحلهٔ غنی از K تبدیل می‌شوند. نمودارهای شکل ۶ به همراه نمونه‌های گسترهٔ مورد مطالعه، در شکل ۷ آورده شده‌اند.

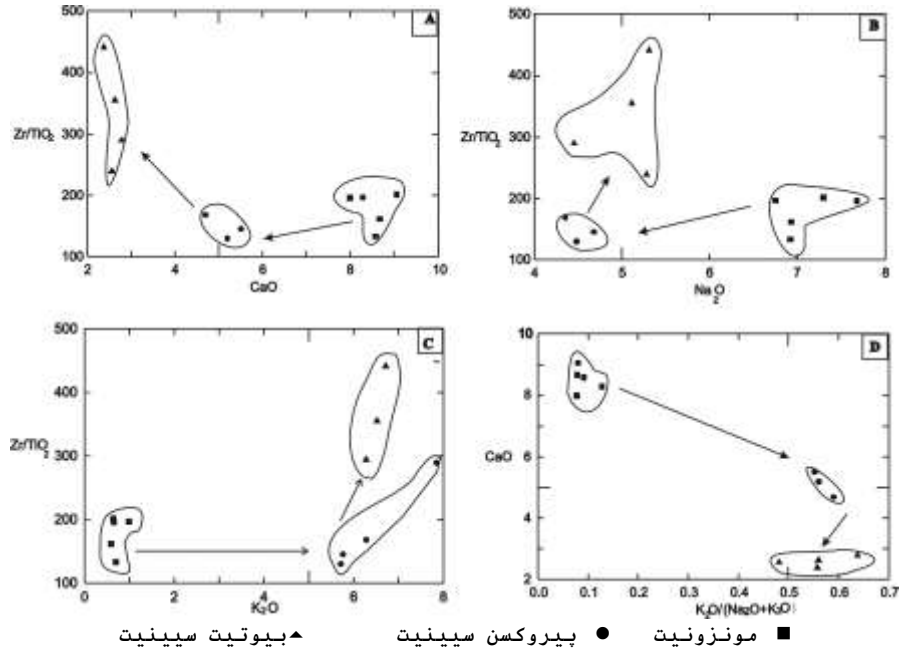
با توجه به شواهد یادشده، چنین به نظر می‌رسد که تزریق تودهٔ نفوذی پنج‌کوه به درون دنبالهٔ آتشفشانی- رسوبی به صورت یک ماشین گرمایی عمل کرده و سبب چرخش شاره‌ها از داخل ته‌نشستها و کشیده شدن آنها به سمت منابع ماگمایی داغ و در نهایت ترکیب آنها با شاره‌های ماگمایی شده است. شارش شاره‌ها به درون توده و در اعماق بیشتر و به‌ویژه بخشهای مرکزی، دگرسانی سدی- کلسیک و شارش شاره‌ها به سمت خارج از توده و در سطوح کم‌عمق‌تر و به‌ویژه در حاشیه های سردتر، موجب دگرنهادی پتاسیک شده است.

ثانیاً وجود شاره‌های تبخیری در دنبالهٔ نهشتی- آتشفشانی ناحیهٔ پنج‌کوه نیز شباهت این ناحیه را با آلدان روسیه، قزاقستان و استرالیا [۱۴] بیشتر کرده است. بنابراین به نظر می‌رسد که اجزای لازم برای تشکیل اسکاپولیت از شاره‌های تبخیری دنبالهٔ نهشتی-آتشفشانی منطقه تأمین شده باشد.

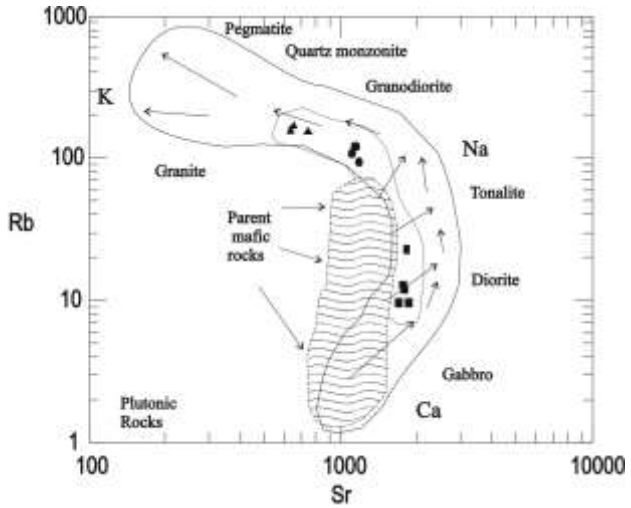
جدول۱ نتایج آنالیز ژئوشیمیایی سنگهای مختلف توده نفوذی پنج‌کوه. اکسیدهای عناصر اصلی بر حسب درصد وزنی و عناصر کمیاب بر حسب ppm میباشد.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
SiO_2	۵۴/۳۹	۵۶/۹	۵۵/۹	۵۷	۵۵	۵۵/۱۱	۵۶/۰۴	۵۴/۶۶	۵۶/۰۶	۵۶/۳۶	۵۳/۸۳	۵۴/۹۲
TiO_2	۰/۷۵	۰/۴۵	۰/۸۷	۰/۵	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۵	۰/۴۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷
Al_2O_3	۱۸/۵۸	۱۶/۵	۱۹	۱۸/۲	۱۸/۶	۱۸/۲۲	۱۸/۲۶	۱۸/۴۶	۱۸/۱۶	۱۸/۹۹	۱۷/۷۹	۱۷/۶
Fe_2O_3	۲/۵۹	۱/۳۷	۰/۵۹	۲/۴۳	۱/۷۱	۰/۹۲	۱/۳۵	۲/۵۹	۲/۲۷	۰/۸۷	۲/۵۸	۲/۵۳
FeO	۲/۷۱	۱/۴۵	۱/۹۲	۲/۲۰	۱/۶۶	۱/۲۱	۱/۹۲	۲/۲۱	۲/۰۶	۱/۲	۲/۷۸	۲/۵۸
MnO	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۶۰	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱	۰/۷۰	۰/۰۶
MgO	۲/۴۲	۱/۱۷	۲/۵۸	۱/۸۲	۲/۳۶	۲/۶۸	۲/۷۵	۰/۸۱	۱/۳۵	۲/۶۵	۲/۸۱	۲/۵۵
CaO	۵/۵	۲/۵۶	۹/۶۰	۲/۸۳	۸/۸۵	۷/۹۹	۸/۶۶	۲/۸۷	۲/۶۳	۸/۲۸	۵/۱۹	۴/۶۹
Na_2O	۴/۷	۵/۲۸	۷/۳	۵/۱۳	۶/۹۲	۷/۶۸	۶/۹۳	۴/۴۵	۵/۱۱	۶/۷۵	۴/۴۸	۴/۳۵
K_2O	۵/۷۶۰۵	۴/۹	۰/۴۶	۶/۱۷	۰/۷	۰/۶۵	۰/۵۹	۷/۸۴	۶/۵۲	۰/۹۸	۵/۷۱	۶/۲۷
P_2O_5	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۱۲	۰/۴	۰/۳۷	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۳۵
Rb	۹۳/۷	۷۸/۹	۹/۷	۱۶۷	۱۱/۹	۱۲/۹	۹/۷	۱۲۱	۱۵۶	۲۹/۹	۱۲۰	۱۰۸
Sr	۱۱۸۰	۱۰۹۰	۱۸۷۰	۶۵۱	۱۷۹۰	۱۷۷۰	۱۷۰۰	۱۱۳۰	۶۳۳	۱۸۳۰	۱۱۶۰	۱۱۱۰
Zr	۱۰۲	۱۰۸	۱۵۸	۲۲۱	۱۰۰	۱۳۱	۱۰۸	۱۴۵	۱۷۲	۱۳۸	۹۷.۸	۱۱۸
Nd	۳۲	۲۹/۷	۳۵/۷	۳۵/۶	۳۶/۴	۳۱/۷	۳۱/۷	۲۳/۴	۳۵/۴	۳۹/۱	۳۴/۵	۳۰/۶
Y	۲۰	۱۲/۷	۲۱/۹	۲۲/۲	۲۳/۴	۱۸/۹	۱۷/۹	۱۵/۴	۲۰/۲	۲۲/۳	۲۰/۴	۲۰/۱

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]



شکل۶ نمودارهای Zr/TiO_2 برحسب (A)CaO، (B)Na_2O و (C) K_2O، و نیز CaO بر حسب (D) K_2O / (Na_2O+K_2O) برای نمونه‌های پنج‌کوه. به جهت پیکانها که نشان‌دهندهٔ مسیر دگرسانی مونزونیت به پیروکسن سیینیت و بیوتیت سیینیت‌اند توجه شود.



شکل ۷ نمودار لگاریتمی Rb بر حسب Sr [۱۳]. سنگهای آذرین درونی که با تفریق گرمابی تشکیل شده‌اند، غنی‌شدگی نسبی از K، Na و Ca را نشان می‌دهند. پیکانها روند تفریق گرمابی را نشان می‌دهند و نمونه‌های پنج کوه نیز جهت مقایسه با علائم شبیه شکل ۶ آورده شده‌اند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

خاستگاه اسکاپولیت

خاستگاه و چگونگی تشکیل اسکاپولیت از دیرباز مورد بحث محققین مختلفی قرار داشته است، به‌طوری که بعضی از آنها تشکیل اسکاپولیت در سنگهای کالک سیلیکاته را به سازوکار نسبتاً ساده‌ای که در آن پلاژیوکلاز و کلسیت در واکنش شرکت می‌نمایند نسبت داده‌اند [۱۷ تا ۱۹]. برخی دیگر از محققین[۲۰ تا ۲۳] خاستگاه اسکاپولیت موجود در اطراف تودهٔ نفوذی را به حضور شاره‌های مشتق از لایه‌های تبخیری در سنگهای میزبان نسبت می‌دهند. به عنوان مثال کریک و همکاران [۱۱] بر نقش فازهای سیالات حاوی NaCl در تشکیل اسکاپولیت تأکید نموده و واکنش زیر را برای تشکیل این کانی پیشنهاد می‌نماید:

$$3X\ anorthite + 3Y\ albite + X\ calcite + (NaCl)\ fluid = Me_xMa_y$$

که در آن Me میونیت و Ma ماریالیت است.

محققین بسیاری ازجمله [۲۴، ۱۹، ۲۵، ۲۶ ، ۲۷ و ۲۸] نشان دادند که در مجموعه‌های پلاژیوکلاز- اسکاپولیت طبیعی و آزمایشگاهی نسبت Me/Ma به طور مستقیم با نسبت پلاژیوکلاز همزیست وابسته نبوده و ترکیب فاز شارهٔ تعادلی مهمترین عامل کنترل‌کنندهٔ ضریب توزیع واکنش تشکیل اسکاپولیت است. به طور کلی اسکاپولیت مطالعه‌شده در ناحیه پنج‌کوه را به دو گروه متفاوت می‌توان تقسیم کرد.

۱- بلورهای ریز تا نسبتاً درشت اسکاپولیت که در برخی نقاط در داخل توده نفوذی جایگزین پلاژیوکلاز شده‌اند.

۲- بلورهای ریز تا متوسط اسکاپولیت دارای بافت گرانوبلاستی که همراه با پیروکسن (دیوپسید)، اسفن و آپاتیت به‌طور مستقیم در رگه‌هایی با ضخامت متفاوت از شارهٔ گرمابی نهشته شده‌اند. این مجموعه کانیایی که از نظر سنگ‌زایشی بسیار حائز اهمیت است، در رگه‌هایی با ضخامت چند میلیمتر (قابل مشاهده در زیر میکروسکوپ درون تودهٔ نفوذی تا نواری به ضخامت بیش از ۵۰۰ متر در حاشیه آن و در مجاورت بلافصل تودهٔ با گسترهٔ کانسار) مشاهده می‌شود. در بررسیهای صحرایی این مجموعه کانیایی را می‌توان از طریق تغییر در رنگ توده نفوذی از خاکستری به سفید و یا سبز روشن و همچنین عدم وجود دانه‌بندی خاصی در نمونه‌های دگرنهادی شده به راحتی تشخیص داد.

با توجه به روابط بافتی موجود بین مجموعهٔ کانیایی اولیه و پورفیروبلاستهای اسکاپولیت چنین به نظر می‌رسد که این کانی به‌صورت فاز تأخیری مرتبط با شارش گرمایی در داخل رگه‌ها بوجود آمده است. آنالیزهای XRD انجام شده از نمونه‌های اسکاپولیت در ناحیهٔ پنج‌کوه نشان می‌دهند که این نمونه‌ها از نوع ماریالیت بوده و بنابر نظر ارویل [۲] این کانی تحت فعالیت فاز شارهٔ نسبتاً غنی از NaCl تشکیل می‌شود. به عقیدهٔ او تشکیل ماریالیت در حضور کلسیت اضافی پدیدهٔ بسیار کمیابی است. علاوه بر این به عقیدهٔ الیس [۲۷]، حتی اگر سیستم دارای میزبان کربناته باشد، مقادیر بالای شاره منجر به تشکیل اسکاپولیت نسبتاً غنی از Na و

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

Cl می‌شود. این فرضیه در موارد بسیاری از طریق مشاهدهٔ مستقیم تشکیلات تبخیری (یا بقایای آنها) در نواحی مورد مطالعه تقویت می‌شود که برای مثال در ناحیهٔ پنج کوه دامغان می‌توان به وجود لایه‌های نازکی از انیدریت و ژیپس در گسترهٔ معدنی و مابین لایه‌های نهشتی باقی مانده اشاره کرد. به بیان ونکو و بیشاب [۲۲]، اسکاپولیت نوع ماریالیتی در دمای حدود ۴۰۰°C و از شاره‌هایی که بیش از ۴۰٪ مولی NaCl دارند، به‌وجود می‌آید.

بحث و برداشت

اسکاپولیت به عنوان عضوی از مجموعه کانیایی تودهٔ نفوذی پنج‌کوه به دو صورت جانشینی در پلاژیوکلازها و رگه‌ها و رگچه‌هایی که مستقیماً از شارهٔ گرمابی نهشته شده‌اند مشاهده می‌شود. بر اساس داده‌های XRD ترکیب بلورهای اسکاپولیت این ناحیه از نوع ماریالیت تشخیص داده شد. روابط بافتی بین اسکاپولیت و پلاژیوکلاز در بخشهای دوباره متبلور شدهٔ سنگهای نفوذی مورد مطالعه، حکایت از فرایند برهم‌کنش سنگ- شاره دارد که به احتمال زیاد به چرخش شاره‌های گرمابی در اطراف تودهٔ نفوذی وابسته است. باز شدن شکستگی‌های سنگ موجب افزایش جریان سیال گردیده و خود به‌عنوان مسیر اولیهٔ عبور شاره گرمابی عمل نموده است.

تشکیل درشت بلورهای اولیه اسکاپولیت در سنگهای نفوذی نیز احتمالا با جایگزینی غیرتعادلی پلاژیوکلاز در ارتباط است. رشد بعدی اسکاپولیت در داخل رگه‌ها همراه با دیگر فازهای کانیایی (اساسا آلکالی‌فلدسپار، دیوپسید، کلریت، کوارتز و اسفن) به طور مستقیم از شاره گرمابی نهشته شده است.

مهمترین توضیح قابل قبول بر پایه دانش موجود در تکامل زمین‌شناسی ناحیهٔ پنج‌کوه بر این اصل استوار است که لایه‌های تبخیری موجود در حوضه‌های نهشتی- آتشفشانی مجموعهٔ ائوسن موجب به‌وجود آمدن شاره‌های شور حاوی NaCl و تشکیل اسکاپولیت نوع ماریالیت شده است، با این وجود نقش عوامل زمین‌ساختی، درزه‌ها و گسلهای موجود را نیز نباید نادیده گرفت.

قدردانی

این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی "بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی تودهٔ نفوذی پنج‌کوه (جنوب شرق دامغان) با نگرشی ویژه به کانه‌زایی آهن" به شمارهٔ ۵۱۲/۴/۶۳۵ است که با پشتیبانی مالی معاونت محترم پژوهشی دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران انجام شد. همچنین در انجام این پژوهش از نقطه‌نظرهای ارزشمند آقایان دکتر جمشید حسن‌زاده، مهندس جمشید روح‌شهباز اعضای محترم هیئت علمی دانشگاه تهران، و آقای مهندس رضا اهری‌پور عضو محترم هیئت علمی دانشگاه علوم‌پایه دامغان نیز استفاده شده است، که بدینوسیله از ایشان سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

مراجع

[1] AITKEN B.G., *"T-XCO2 stability relations and phase equilibria of a calcic carbonate scapolite"*, Geochim. Cosmochim. Acta 47 (1983) 351-362.
[2] ORVILLE P.M., *"Stability of scapolite in the system Ab-An-NaCl-CaCO3 at 4 kbar and 750 °C"*, Geochim.Cosmochim. Acta 39 (1975) 1091-1105.
[3] LIEFTINK D.J., NIJLAND T.G., MAIJER C., *"Clrich scapolite from Ødergärdens"*, *Verk, Bamble, Norway",* Nordsk Geologisk Tidsskrift 73 (1993) 55–57.
[4] TEERSTRA D.K., SCHINDLER M., SHERRIFF B.L., HAWTHORNE F.C., *"Silvialite, a new sulfatedominant member of the scapolite group with an Al- Si composition near the I4/m-P42/n phase transition"*, Mineral Mag. 63/3 (1999) 321-329.
[5] WHITE A.J.R., "Scapolite-bearing marbles and calc-silicate rocks from Tungkillo and Milendella", *South Australia.*", Geol. Mag. 96 (1959) 285-306.
[6] SHAW D.M., *"The geochemistry of scapolite, Part II. Trace elements, petrology and general geochemistry"*, J. Petrol. 1 (1960b) 261-285.
[7] LOVERING J.F., WHITE A.J.R., *"The significance of primary scapolite in granulitic inclusions from deep seated pipes"*, J. Petrol. 5 (1964) 195–218.
[8] STOLZ A., *"Fluid activity in the lower crust and upper mantle: mineralogical evidence bearing on the origin of amphibole and scapolite in ultramafic and mafic granulite xenoliths"*, Mineral. Mag. 51 (1987) 719-732.
[9] DAWSON J.B., *"Advances in kimberlite geology"*, Earth-Science Reviews 7 (1971) 187-214.
[10] GOFF F.E., ARNEY B.H., EDDY A.C., *"Scapolite phenocrysts in a latite dome, northwest Arizona, USA"*, Earth Planet. Sci. Lett. 60 (1982) 86-92.
[11] KERRICK D.M., CRAWFORD K.E., RANDAZZO A.F., *"Metamorphism of calcareous rocks in three roof pendants in the Sierra Nevada, California"*, J. Petrol. 14 (1973) 303-325.
[12] Arranz E., Lago M., Basti Jand Galé, *"Hydrothermalscapolite related to the contact metamorphism of the Maladeta Plutonic Complex, Pyrenees: chemistry and genetic mechanisms"*, SCHWEIZ. MINERAL. PETROGR. MITT. 82 (2002) 101-119.
[13] Collins L.G., *"Hydrothermal differentiation, Theophrastus Publication"*, S.A. Athens (1988) p. 382.
[14] Rudyard Frietsch, Pakka Tuisku, Olof MartinssonEarly, *"Protrozoic Cu- (Au) and Fe ore deposits associated with regional Na- Cl melasomatism in nathern fennoscandia"*, ore geology Review 12 (1996) pp 1-34
[15] Serdyuchenko D.P., *"Some Precambrian Scapolite bearing rocks evoloved from evaporates"*, Lithos 8 (1975) 1-7.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]

[16] Serdyuchenko D.P., *"Boric–sedimentary–metamorphic formations"*, Editors volume: Voprosy Sedimentologil, Kongresu Copenhagen (1960) p. 132-140.
[17] Oteroom W.H., Gunter W.D., *"Activity models for plagioclase and CO3 scapolites– an analysis of field and laboratory data"*, Am. J. Sci. 283-A (1983) 255–282.
[18] MOECHER D.P., ESSENE E.J., *"Phase equilibria for calcic scapolite and implications of variable Al-Si disorder for P-T, T-XCO2, and a-X relations"*, J. Petrol. 31/5 (1990) 997-1024.
[19] REBBERT C.R., RICE J.M., *"Scapolite-plagioclase exchange: Cl-CO3 scapolite solution chemistry and implications for peristerite plagioclase"*, Geochim. Cosmochim. Acta. 61/3 (1997) 555-567.
[20] KWAK T.A.P., *"Scapolite compositional change in a metamorphic gradient and its bearing on the iden- tification of meta-evaporite sequences"*, Geol. 114/5 (1977) 343-354.
[21] Moine B., Sauvan P., Jarousse J., *"Geochemistry of evaporite-bearing series: a tentative guide to the identification of metaevaporites"*, Contrib. Mineral. Petrol. 76 (1981) 401-412.
[22] Vanko D.A., Bishop F.C., *"Occurrence and origin of marialitic scapolite in the Humboldt Lopolith, N.W. Nevada"*, Contrib. Mineral. Petrol. 81 (1982) 277- 289.
[23] Owen J.V., Greenough J.D., *"Scapolite pegmatite from the Minas fault, Nova Scotia: tangible manifestation of Carboniferous, evaporite derived hydrothermal fluids in the western Cobequid highlands"*, Mineral. Mag. 63/3 (1999) 387-397.
[24] Shaw D.M., *"The geochemistry of scapolite, Part I. Previous work and general mineralogy"*, J. Petrol. 1 (1960a)218-260.
[25] Mora C.I., Valley J.W., *"Halogen-rich scapolite and biotite: implications for metamorphic fluid-rock interaction"*, Am. Mineral. 74 (1989) 721–737.
[26] Markl G., Piazolo S., *"Halogen-bearing minerals in syenites and high-grade marbles of Dronning Maud Land, Antarctica: monitors of fluid compositional changes during late-magmatic fluidrock interaction processes"*, Contrib. Mineral. Petrol. 132 (1998) 246-268.
[27] Ellis D.E., *"Stability and phase equilibria chloride and carbonate bearing scapolites at 750 ° and 4000 bar"*, Geochim. Cosmochim. Acta 42 (1978) 1271 1281.
[28] Huckenholz H.G., Seiberl W., *"Occurrence of carbonate scapolites and their bearing on geothermometry of (high-temperature) granulite facies"*, 28'th Int. Geol. Congress, Abstracts, Vol. 2 (1989) 79-80.
[۲۹] هوشمندزاده ع.، علوی م.، حقی‌پور ع.، *"تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ترود"*، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره H5 (۱۳۵۷).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-25]