پترولوژی و پتروژنز توده ساب ولکانیک گته ده، طالقان، البرز مرکزی- ایران

نوشته: دکتر فریدون سحابی * امیرهمایون صفارزاده *

چکیده

توده ساب ولکانیک گته‌ده از طریق یک شبکهٔ گسلی از میان پیروکلاستیک‌های سازند کرج (ائوسن)، در سطح زمین ظاهر شده است. سنگ‌های تشکیل دهنده این توده با بافت آپلیتی، به طور عمده از ریزبلورهای ارتوکلاز (۸۰ تا ۸۵ درصد) و کوارتز (۱۰ درصد) تشکیل گردیده و کانی‌هایی از قبیل فنوکریستال‌های پلاژیوکلاز، بیوتیت، زیرکن و ... بسیار کم و نادر می‌باشند. دگرسانی‌های متاسماتیکی باعث افزایش نسبی ارتوکلاز به صورت دانه‌های قهوه‌ای (brown pigments) گردیده و از سوی دیگر در قالب فعالیت‌های کانی‌سازی ثانوی موجبات تشکیل $CaCO_3$ ، SiO_2 ، $BaSO_4$ و Fe_2O_3 نیز فراهم شده است.

از ویژگی‌های ژئوشیمیایی این سنگ‌ها، فزونی بسیار بالای K_2O (۱۲ تا ۱۶ درصد) و کاهش شدید MgO, Na_2O, CaO و TiO_2 (مجموعاً کمتر از ۰/۵ درصد) است. با وجود آن که آلکالی‌نیتی این سنگ‌ها فقط با عامل K_2O کنترل می‌شود، ولی به سبب کافی نبودن Na_2O و MgO، این سنگ‌ها را نمی‌توان به عنوان سنگ‌های پتاسیک و یا اولترا پتاسیک درنظر گرفت.

به نظر می‌رسد که الگوی تکتونوماگمایی این توده با فرآیند ذوب پوسته‌ای (Crustal melting) که توسط ماگمای اولیوین- بازالتی در پوستهٔ میانیک انجام گرفته منطبق باشد.

مقدمه

دره طالقان در شمال باختری تهران قرار گرفته و از دیدگاه تقسیمات زمین‌شناسی، در البرز مرکزی جای دارد. در این گستره تنها رسوبات و سنگ‌های ترشیری برونزد داشته که از شمال به‌وسیله راندگی های کندوان و پراچان و از جنوب به‌وسیله راندگی طالقان در بین برونزدهای پالئوزوئیک و مزوزوئیک محصور گردیده است (شکل ۱). روستای گته‌ده در خاور این دره، روی پیروکلاستیک‌های سازند کرج (ائوسن) واقع شده و توده نفوذی مورد بررسی به صورت یک گنبد ساب ولکانیک (Subvolcanic dome)، بلافاصله در جنوب باختری این روستا و از درون پیروکلاستیک‌های یاد شده، برسطح زمین ظاهر شده است.

این توده به جهت ارزش اقتصادی و اهمیت کاربردی فلدسپارهای پتاسیک آن، به عنوان ماده اولیه برای صنایع چینی و سرامیک کشور مورد بررسی و مطالعه تفصیلی قرار گرفته است. ویژگی‌های پتروگرافیک سنگ‌های توده ساب ولکانیک گته‌ده به کمک مقاطع نازک و صیقلی، و روش XRD مورد مطالعه قرار گرفت. هم‌چنین مقدار عناصر اصلی و فرعی نیز با کمک آنالیزهای شیمیایی مشخص گردید. سپس بر اساس نتایج حاصل، روابط ژئوشیمیایی بین عناصر تبیین و در نهایت مدل تکتونوماگمایی توده معرفی شده است.

توده مورد گفتگو در مطالعات مقدماتی توسط ایران‌منش و همکار(۱۳۶۵) به نام «زون آلتره متشکل از فلدسپات‌های آلکالن همراه با کائولن و زئولیت» به عنوان بخشی از طیقات سازند کرج معرفی شده که با ویژگی‌های پتروگرافیک توف‌های ریولیتی شیشه‌ای و میانگین ۱۲/۴۶ درصد K_2O مشخص می‌باشد.

عابدیان و همکاران (۱۳۶۷) در مطالعه نیمه تفصیلی همان طبقات، وجود «افق توف فلدسپاتی یاد شده با لایه‌بندی منظم و ضخامت‌های متفاوت» را مورد تائید قرار داده‌اند. در کتاب شماره ۱۳ طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران (شیخی کاریزکی ۱۳۷۳) نیز عیناً بر پایه گزارش‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۶۷، از «افق توف فلدسپات دار با K_2O بسیار بالا» یاد شده است.

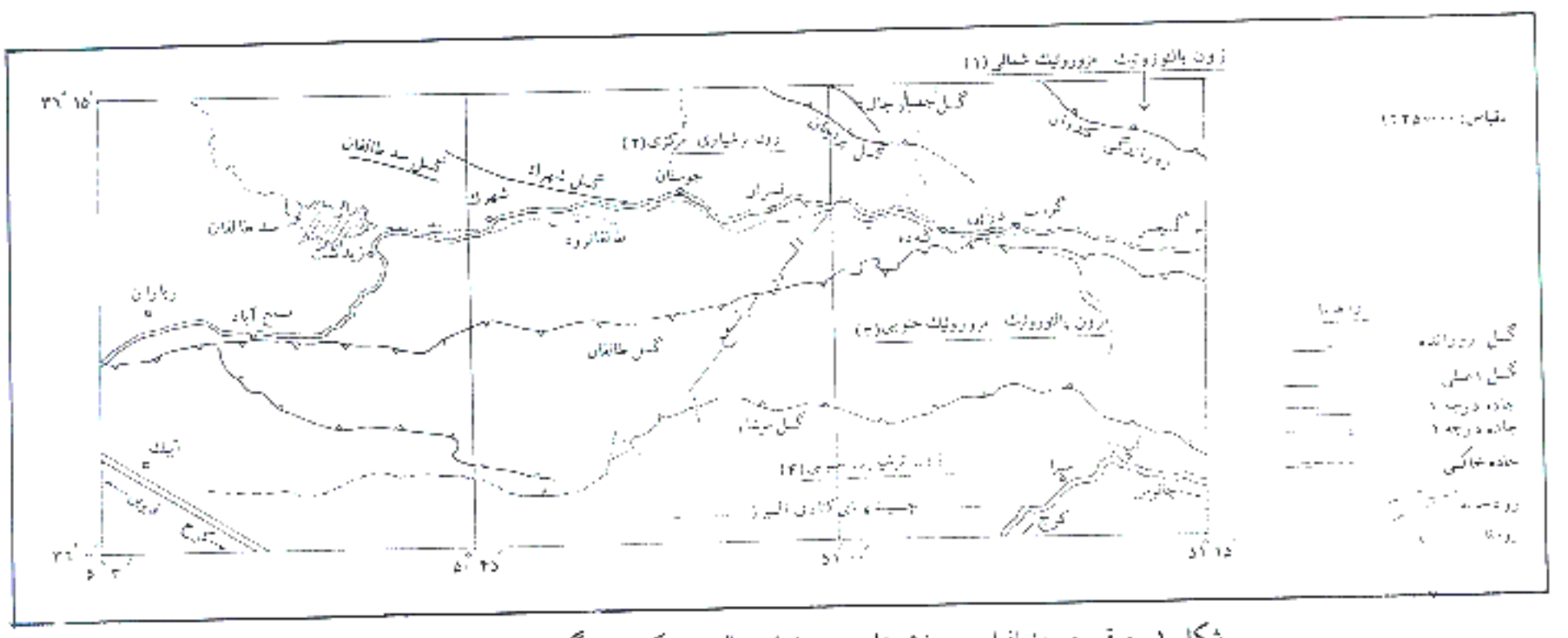
Petrology and Petrogenesis of the Gatehdeh subvolcanic dome, Taleghan, Central Alborz, Iran

By: Dr. F. Sahabi * and A. H. Saffarzadeh *

Abstract

Gatehdeh subvolcanic dome has been intruded to the surface through a faulting network within the pyroclastics of the Karaj Formation (Eocene). The dome - forming rocks are alkali feldspar- microgranite in nature and characterized by fine- grained, aplitic texture and consisting of orthoclase (80- 85 percent), and quartz (10 percent). Phenocrysts of Pelagioclase, Celsian, Biotite and Zircon are very few throughout the specimens. The orthoclase content of the rocks has been noticeably increased by formation of brown pigments during metasomatic alterations. Materials such as SiO_2, $CaCO_3$, $BaSO_4$ and Fe_2O_3 formed in the course of secondary mineralization as a cavity filling cement in the brecciated rocks and fractures. Richness of K_2O (12-16 percent) and poorness of CaO, MgO, Na_2O, and TiO_2 (totally less than 0.5 percent) are the most dominant geochemical characteristics of these rocks. However they can not be categorised as potassic or ultrapotassic rocks due to lack of minimum requirement of CaO and Na_2O.

It is thought at this stage that the Gatehdeh subvolcanic mass was originated from a sialic crust, melted by conjugation of olivine- basaltic magma in the course of crustal melting process.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و بخش‌های زمین‌شناسی البرز مرکزی در گستره مورد بررسی

وضعیت ساختاری و ارتباط ژنتیکی با سنگ‌های اطراف

شواهد صحرایی مشخص می‌سازد که ارتباط تودهٔ ساب ولکانیک گنبده با سنگ‌های اطراف یک ارتباط گسلی است. بدین معنی که یک شبکه گسلی در توف‌های پیروکلاستیکی ائوسن، از قبل موجبات نفوذ و جای‌گیری توده را در داخل این شبکه فراهم کرده است. با توجه به شواهد صحرایی می‌توان دو گسل اصلی و گسل‌های فرعی متعددی در طرفین این توده مشخص نمود. گسل اول: با روند کم و بیش خاوری از سوی خاور به نهر گنبده و از سمت جنوب و جنوب باختری گسل دوم را قطع نموده و در واقع مرز جنوب خاوری توده را تشکیل می‌دهد. گسل دوم: با روند شمال خاوری- جنوب باختری از سوی شمال در نهایت با درهٔ اصلی طالقانرود و از جنوب با گسل اول تلاقی می‌نماید که بدین ترتیب یک شبکه مثلثی شکل را ایجاد نموده‌اند. افزون براین، گسل‌های کوتاه و متقاطعی هم در بدنه توده وجود دارند که موجب خردشدگی (Brecciation) سنگ‌های توده گردیده‌اند (شکل ۲). اصولاً پرش‌های گسلی متشکل از خرده‌های پیروکلاستیکی و یا خرده‌های آذرین با سیمان‌هایی از جنس $CaCO_3$، $BaSO_4$، SiO_2، Fe_2O_3 در اطراف و داخل بدنهٔ توده فراوان به چشم می‌خورند. تودهٔ مورد بررسی اصولاً دارای لایه‌بندی نبوده و به‌صورت یک پیکرهٔ واحد گنبدی شکل از ماگمای نیمه‌ژرف است که به داخل پیروکلاستیک‌های سازند کرج تزریق شده و با اختلاف ارتفاعی بین ۶۰ تا ۸۰ متر نسبت به سنگ‌های اطراف رخنمون یافته است (شکل ۳). افزون بر ناهمگنی ساختاری توده با سنگ‌های در برگیرنده، وجود شبکهٔ گسلی در اطراف توده و وضعیت مورفولوژیکی آن به خوبی روشن می‌سازد که زمان تزریق توده گنبده بعد از تشکیل سازند کرج بوده است در نتیجه سن آن‌را در حال حاضر می‌توان Post Eocene در نظر گرفت.

شکل ۲- درز و شکاف‌های متراکم که منجر به خردشدگی (Brecciation) شدید سنگ‌های توده ساب ولکانیک گنبده شده است. شکل مربوط به دیواره ترانشه‌های حفاری شده دهنه توده است.

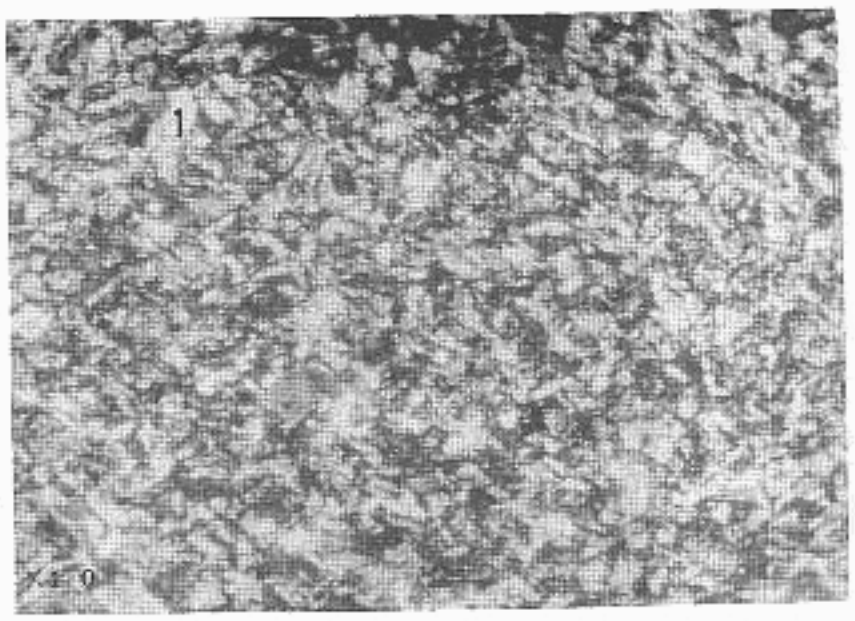
شکل ۳- توده ساب ولکانیک گنبده که از داخل پیرو کلاستیک‌های سازنده کرج بیرون زده و با اختلاف ارتفاعی بین ۶۰ تا ۸۰ متر نسبت به سنگ‌های اطراف ظاهر شده است. کنتاکت توده با این سنگ‌ها، گسلی بوده و منظرهٔ منشوری (ستونی) روی بدنه آن مشخص است.

پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های توده ساب ولکانیک گنبده

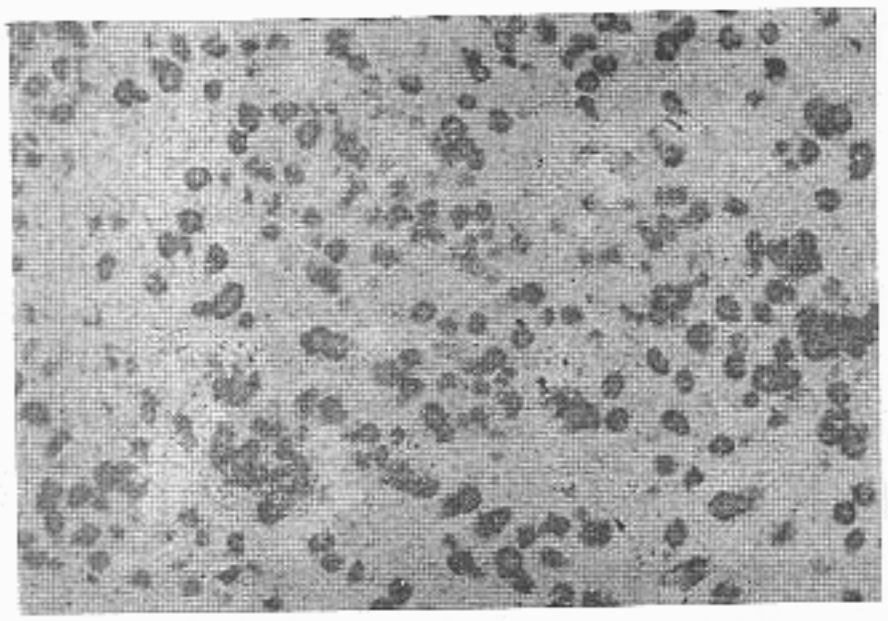
سنگ‌های توده ساب ولکانیک گنبده به طور عمده به رنگ کرم روشن و در پاره‌ای مواقع به رنگ‌های خاکستری کم‌رنگ و یا قهوه‌ای کم‌رنگ نیز دیده می‌شوند که در مجموع دارای بافتی آپلیتی با پورفیرهای نادری از کوارتز و پلاژیوکلاز می‌باشد. به طور کلی اندازه بلورهای زمینه سنگ از مرکز توده به سمت خارج کاهش می‌یابد.

ارتوکلاز: مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی در متن تمام نمونه‌های مورد مطالعه، فلدسپات‌های پتاسیم‌دار از نوع ارتوکلاز است که ۸۰ تا ۸۵ درصد کانی‌های متشکلهٔ سنگ را تشکیل می‌دهد. اندازهٔ بلورهای ارتوکلاز بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ میلی‌متر تغییر می‌کند. لذا بررسی ویژگی‌های اپتیکی آن‌ها، حتی در بزرگ‌نمایی‌های بالا با میکروسکوپ‌های پتروگرافی مقدور نگردید (شکل ٤). ارتوکلازهای مورد بررسی حالت اولیه خود را به صورت دست نخورده حفظ کرده و آثار تجزیه به کائولن و یا سریسیت در آن‌ها بسیار نادر و جزیی است. این واقعیت یعنی محدودیت کائولنی شدن و یا سریسیتی شدن در بیش از ٤٥ نمونه با XRD نیز، تائید گردیده است.

کوارتز: ریزبلورهای کوارتز تنها حدود ۱۰ درصد کانی‌ها را در سنگ‌های توده تشکیل می‌دهد، ولی از نظر فراوانی، دومین کانی اصلی این سنگ‌ها محسوب می‌گردد. تشخیص این کوارتزها از ریزبلورهای ارتوکلاز در متن سنگ در مقاطع نازک به آسانی میسر



شکل ۴ مقطع نازک، تودپلاریزه، توده ساب ولکانیک گنه‌دە
ریز بلورهای ارتوکلاز بخش اعظم سنگ را تشکیل می‌دهند ریزبلورهای کوارتز با رنگ روشن(۱) در متن سنگ مشخص است.
نمونه X100,G32



شکل ۵- مقطع نازک، تورعادی، توده ساب ولکانیک گنه‌دە
سیمای عمومی دانه‌های قهوه‌ای (brown pigments) که از پراکندگی کم و پیش متراکم یا جورشدگی خوب در متن سنگ‌های توده برخوردارند. در مواردی که جایگزینی ارتوکلاز در moldهای کوارتز کامل است، رنگ قهوه‌ای به طور کامل در سطح دانه گسترده شده است.
نمونه X40,GG-10

نبوده ولی مطالعه نمونه‌ها به کمک XRD، وجود کوارتز را تائید و مسجّل می‌نماید.

کانی‌های فرعی: این دسته از کانی‌ها در مجموع از نظر کمّی بسیار کم‌اهمیت بوده ولی وجود آن‌ها در نتیجه‌گیری‌ها و تفسیرهای پتروژنتیکی سنگ‌ها، مفید خواهد بود. مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از بیوتیت، زیرکن، فنوکریستال‌های پلاژیوکلاز و سلزین (celsian). لازم به ذکر است که تشخیص کانی اخیر فقط از طریق XRD انجام گرفته است (صفارزاده، ۱۳۷۵).

دگرسانی‌های متاسماتیکی و رویدادهای دیاژنزی:

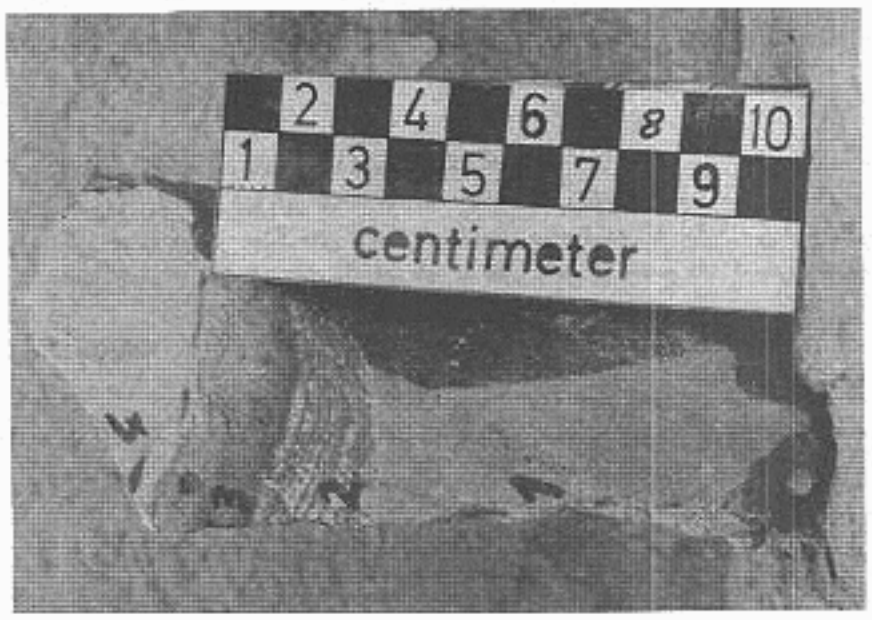
تودهٔ ساب ولکانیک گنه‌ده در معرض تغییرات متاسماتیکی و دیاژنزی زیادی قرار گرفته است. به گونه‌ای که ماهیت بافتی و مینرالوژیکی موجود سنگ‌های متشکله توده با وضعیت آن‌ها قبل از رویدادهای یاد شده بسیار متفاوت می‌باشد. از جمله پدیده‌های مهم متاسماتیکی، تشکیل دانه‌های قهوه‌ای (brown pigments) است که با جورشدگی خوب و پراکندگی گسترده و نسبتاً زیاد در متن تمام مقاطع نازک سنگ‌های توده، اعم از سطحی و یا ژرف دیده می‌شود. برخی از این دانه‌ها در بزرگ‌نمایی بالا دارای یک هستهٔ کوارتز هم‌بعد (equant) در مرکز بوده که به سبب خوردگی شیمیایی (corrosion)، حاشیه‌های آن مضرّس گردیده است. این خوردگی در اثر جایگزین شدن تدریجی ارتوکلاز در محل بلورهای کوارتز است، که نتیجه نهایی آن قرار گرفتن کامل ارتوکلاز در mold کوارتزهای قدیمی و تشکیل دانه‌های قهوه‌ای است. فرآیند جایگزینی ارتوکلاز در محل بلورهای کوارتز توسط Deer (1992) به تفصیل معرفی و تفسیر گردیده است. رنگ تیره‌تر دانه‌های قهوه‌ای نسبت به زمینه‌های اطراف به علت کائولنی شدن خفیفی است که در سطح این دانه‌ها روی داده است (شکل ۵).

رویدادهای دیاژنزی در قالب فعالیت‌های کانی‌سازی ثانوی در داخل توده ساب ولکانیک گنه‌ده به دو شکل متمایز دیده می‌شود:

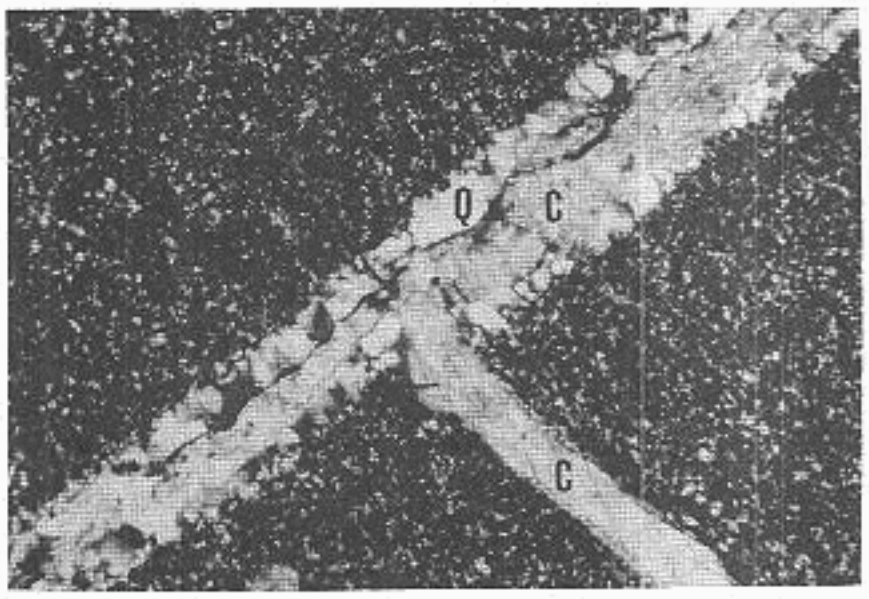
۱- کانی‌سازی در محیط های subaerial که در قالب اکسیداسیون کانی‌های قدیمی، نظیر پیریت صورت گرفته است. بدین معنی که سنگ‌های توده در ژرفا (بیش از ۲۰ متر)، براساس آنچه که در ترانشه‌ها و برش‌های جدید سطحی مشخص شده است، خاکستری رنگ بوده و به سمت بالا به تدریج به بخش‌های زرد- قهوه‌ای و در نهایت کرم روشن تغییر رنگ داده‌اند. در بخش‌های خاکستری، دانه‌های دست نخورده و اتومورف پیریت با رنگ قهوه‌ای تیره و جورشدگی خوب، در متن سنگ پراکنده‌اند. این دانه‌ها در اثر هوازدگی‌های سطحی و یا نزدیک به سطح، اکسید گردیده‌اند. حاصل این اکسیداسیون تشکیل توارهای متحدالمرکز و سپس بخش‌های همگن زرد قهوه‌ای آغشته به لیمونیت بوده که در نهایت به سبب فروشست (leaching) کامل، تغییر رنگ سنگ از خاکستری به کرم روشن مایل به سفید صورت گرفته است (شکل ٦). این تغییرات رنگی در ضخامتی از چند سانتی‌متر تا چند دسیمتر رخ داده و در حال حاضر در شمالی‌ترین بخش توده قابل مشاهده است. بررسی کانی‌شناسی بخش‌های رنگی یاد شده افزون بر مقاطع نازک و صیقلی به کمک XRD نیز صورت گرفته است (صفارزاده، ۱۳۷۵).

۲- کانی‌سازی محلول‌های هیدروترمالی در قالب تشکیل سیمان‌های پرکنندهٔ درز و شکاف‌ها و فضاهای بین دانه‌ای و حفره‌های انحلالی سطحی در سنگ‌های توده و بویژه در داخل برش‌های گسلی (fault breccia) انجام شده است. این سیمان‌ها به ترتیب تشکیل در فضاهای خالی یاد شده عبارت‌اند از: SiO_2 به شکل بلورهای

کلسدونی، $CaCO_3$ بصورت اسپارهای کلسیتی، $BaSO_4$ در قالب ریزبلورها و یا درشت بلورهای تیغه‌ای شکل باریت (اشکال ۷ و ۸). اکسیدآهن (Fe_2O_3) به رنگ قرمز تا قهوه‌ای تیره که شکستگی‌ها و درز و شکاف و بازشدگی‌هایی از این قبیل را به طور کامل پر کرده و در بعضی موارد بخش‌های سطحی سنگ‌ها را به رنگ‌های نارنجی و یا قرمز تیره تغییر داده است. لازم به ذکر است که: اکسید آهن (هماتیت) از منشاء هیدروترمالی که بدین ترتیب در داخل فضاهای خالی متمرکز گردیده، با اکسید آهنی که در اثر تجزیهٔ دانه‌های پیریت تشکیل شده است، متفاوت می‌باشد



شکل ۶- نمونه دستی G-63، توده ساب ولکانیک گنبده.
بخش خاکستری محل توزیع دانه‌های اتومورف پیریت که تقریباً به صورت دست نخورده باقی مانده است. بخش میانی که به سبب اکسیداسیون پیریت و تبدیل آن به اکسید آهن(لیمونیت) به صورت نوارهای متحدالمرکز و همگن به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای رنگ آمیزی شده است. بخش کرم روشن تا سفید که در اثر فروشست اکسیدهای آهن، رنگ خود را از دست داده است.



شکل ۷- مقطع نازک، نورپلاریزه، توده ساب ولکانیک گنبده
کانی‌سازی کوارتز و کلسیت در قالب سیمان‌های کلسدونی (Q) و اسپارهای کلسیتی (C) در داخل بازشدگی‌ها به صورت درز و شکاف. سیمان گلسدونی در مرحله اول و سیمان کلسیتی در مرحله دوم سیمانی شدن تشکیل شده است . نمونه GG. 12 - X125

شکل ۸- مقطع نازک، نورعادی، توده ساب ولکانیک گنبده
بلورهای درشت و کشیده باریت(۱) که در یک نمونه برش از جنس سنگ‌های توده، به صورت سیمان پرکننده فضاهای بین دانه‌ای تشکیل گردیده است.
نمونه X50,G-59

تقسیم بندی و نام‌گذاری سنگ‌ها: با توجه به این واقعیت که توده ساب ولکانیک گنبده هیچ‌گونه ارتباط ژنتیکی با سنگ‌های دربرگیرنده نداشته و اصولاً ماهیت پیروکلاستیکی ندارد، جهت تعیین محل سنگ‌ها در جدول تقسیم‌بندی و تخصیص نام پتروگرافیک آن‌ها، ۹ نمونه تیپ از سنگ‌های تودهٔ یاد شده مورد آزمایش و مطالعه قرار گرفت. برای این منظور به سه طریق مودال با تعیین درصد کانی‌های تشکیل دهنده (Streckeisen ,1976)، نورماتیو (O'Conor, 1965) و ترکیب شیمیایی سنگ (Middlemost ,1987) عمل گردید و افزون بر آن از نرم‌افزار Newpet (1993) نیز کمک گرفته شد. بنابر نتایج حاصل به ترتیب اسامی «کوارتز آلکالی فلدسپارسینیت»، «گرانیت بسیار غنی از ارتوکلاز» و «آلکالی فلدسپارسینیت» مشخص شد (صفارزاده ۱۳۷۵). از سوی دیگر: به منظور تعیین موقعیت ماگمایی سنگ‌های مورد بررسی، از نمودارهای تغییرات درصد وزنی مواد آلکالن در برابر سیلیس (Irvine and Baragar, 1971) استفاده و مشخص گردید که این سنگ‌ها، از ماهیت کاملاً آلکالن برخوردارند. این آلکالی‌نیتی شدید فقط مربوط به مقدار بالای K_2O به میزان ۲ تا ٤ برابر یک سنگ آذرین متعارف می‌باشد که در قالب فرآیندهای متاسماتیکی، از جمله تشکیل دانه‌های قهوه‌ای (brown pigments)، تأمین گردیده است.

در نتیجه با توجه به ابعاد وسیع و گسترده متاسماتیسم در توده ساب ولکانیک گنبده تعیین نام سنگ به روش‌های معمول و به‌کارگیری نمودارهای مثلثی نه از دقت لازم برخوردار بوده و نه می‌تواند واقع‌بینانه باشد. زیرا تخصیص اسامی‌ای از قبیل آلکالی فلدسپارسینیت یا کوارتز آلکالی فلدسپارسینیت براساس مقدار کوارتز موجود در سنگ در حال حاضر، انتخاب گردیده است. حال آن که، مقدار کوارتز در سنگ اولیه به مراتب بیش از مقدار موجود آن بوده است. به سخنی دیگر مقدار اصلی کوارتز در سنگ، در روند متاسماتیسم، در برابر بالارفتن ارتوکلاز، به مقدار فعلی (حدود ۱۰٪) کاهش یافته است. لذا با در نظر داشتن نشانه‌های صحرایی، شواهد

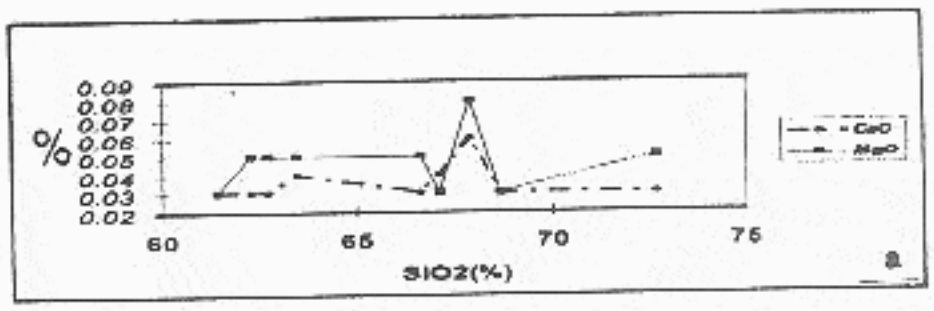
بافتی و کانی‌شناسی میکروسکپی، تجزیه‌های شیمیایی و استفاده از نمودارهای طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین، تخصیص نام «آلکالی فلدسپار میکروگرانیت» (alkali feldspar microgrnite)، منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

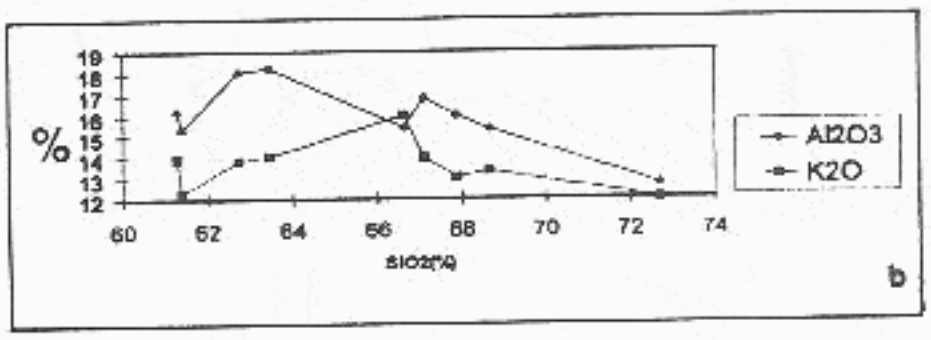
ویژگی‌های ژئوشیمیایی

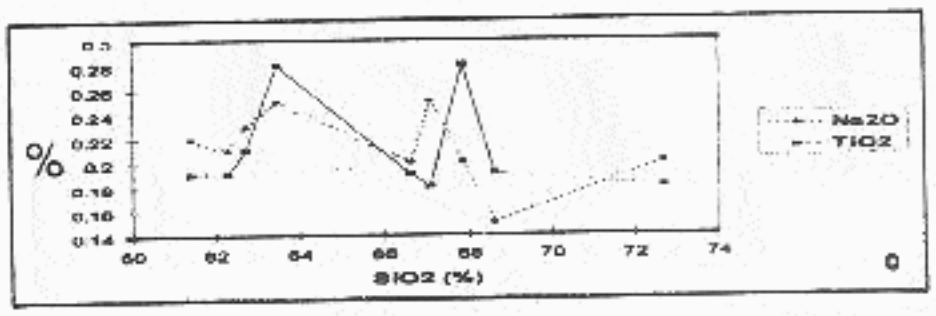
به منظور شناسایی روند و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر اصلی در سنگ‌های تودهٔ ساب ولکانیک گنبده، تغییرات کمّی این عناصر نسبت به افزایش مقدار SiO_2، مقایسه گردیده‌اند. این مقایسه روی نمودارهای جداگانه (شکل ۹) انجام شده و نتایج زیر را می‌توان استنتاج نمود.

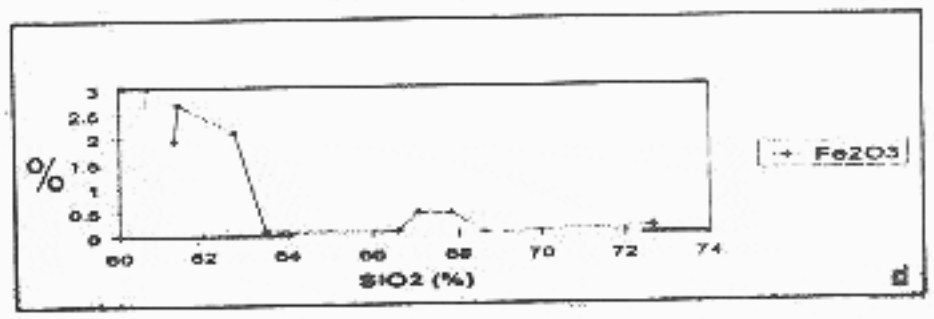
– فراوان‌ترین عناصر در سنگ‌های مورد مطالعه به ترتیب Si^{+4}، Al^{+3} و K^{+1} بوده و تغییرات مقدار Al_2O_3 و K_2O نسبت به افزایش SiO_2 اگر چه منظم نیست ولی در نهایت سیر نزولی دارد. از سوی دیگر: SiO_2، Al_2O_3 و K_2O به ترتیب با میانگین‌های ۶۱/۰۳، ۱۵/۳۸ و ۱۳/۹۹ درصد، بیشترین مقدار نسبی را در سنگ‌های مورد مطالعه دارا می‌باشند (جدول ۱). در اینجا ذکر دو نکته لازم به نظر می‌رسد: ۱) Al_2O_3 و K_2O هر دو اجزاء اصلی در فلدسپار ارتوکلاز بوده که در سنگ‌های مورد مطالعه بسیار فراوان است و ۲) بخشی از بالا بودن مقدار کوارتز در سنگ‌ها، مربوط به سیلیس ثانویه‌ای است که فضاهای خالی سنگ‌ها را به صورت سیمان پر کرده است. کوارتزهای نوع اخیر که به صورت کلسدونی هستند، در تجزیه‌های شیمیایی از انواع اولیه قابل تفکیک نمی‌باشند.

– مقدار MgO، CaO، Na_2O و TiO_2 در سنگ‌های تودهٔ ساب ولکانیک گنبده بسیار نازل و کم است. میانگین این مواد در نمونه‌های آنالیز شده به ترتیب ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۲۰ و ۰/۲۳ درصد می‌باشد (جدول ۱). افزون بر این، تغییرات کمّی این مواد در مقابل افزایش SiO_2 نامنظم و غیریکنواخت است (شکل ۹ a و ۹ c). مهم‌ترین محل حضور CaO و Na_2O در فلدسپارهای پلاژیوکلاز است که مقدار آن‌ها منحصر به معدودی فنوکریستال‌هایی است که در متن برخی سنگ‌ها پراکنده است. مقدار CaO و تغییرات کمّی آن در مقابل سیلیس با تغییرات کمّی MgO از هم‌خوانی متوسطی برخوردار می‌باشد که حضور ماده اخیر را می‌توان به کانی‌های نادری مثل بیوتیت و امثال آن در زمینه سنگ ارتباط داد. مقدار TiO_2 با توجه به عدم گستردگی قابل ذکر کانی‌های آهن و منیزیم و هم‌چنین زمینه‌های جانشینی در فلدسپارهای ارتوکلاز، به طور نسبی از درصد بالاتری برخوردار می‌باشد. تغییرات آهن در مقابل تغییرات SiO_2، با ناهنجاری زیاد همراه است (شکل ۹ d). توضیح این‌که: منبع اصلی آهن در توده، پیریت‌هایی است که در بخش خاکستری رنگ به وفور وجود داشته و تقریباً دست نخورده باقی مانده‌اند. در بخش‌های قهوه‌ای کم‌رنگ تا کرم که در واقع بخش‌های هوازدهٔ توده می‌باشد، پیریت به









شکل ۹– نمودار تغییرات اکسیدهای مختلف در برابر افزایش مقدار SiO_2 در سنگ‌های توده. تغییرات مقادیر CaO و MgO(a ۹)و Na_2O، TiO_2 (c ۹) در مقابل افزایش مقدار SiO_2، نامنظم و غیر یکنواخت بوده ولی در مجموع با هم همخوانی دارند، لیکن تغییرات مقدار آهن (d ۹) از ناهنجاری زیاد برخوردار است. تغییرات Al_2O_3 و K_2O (b ۹) نیز نامنظم و غیریکنواخت است که در نهایت سیر نزولی نشان می‌دهد.

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
نمونه / اکسید	۶۳-۱	۶۳-۲	۶۳-۳	۶۳-۴	۱۲-۱	۵۵-۲	۳	۵	۲۳
SiO_2	۶۱/۴۰	۶۲/۷۲	۶۲/۲۸	۶۳/۴۵	۶۷/۸۴	۶۶/۵۹	۶۷/۰۷	۷۲/۶۷	۶۸/۶۳
TiO_2	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۹
AL_2O_3	۱۵/۳۶	۱۸/۰۸	۱۶/۲۱	۱۶/۹۶	۱۶/۰۰	۱۵/۳۲	۱۶/۷۹	۱۲/۶۸	۱۵/۳۷
Fe_2O_3	۲/۶۶	۲/۰۸	۱/۹۱	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۰۱
MgO	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳
CaO	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
Na_2O	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۵
K_2O	۱۲/۲۹	۱۳/۸۲	۱۳/۹۳	۱۳/۹۹	۱۲/۹۸	۱۶/۰۰	۱۳/۹۴	۱۱/۹۸	۱۳/۳۰
SO_3	۵/۱۴	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۰۹	n.d	۰/۰۲	۰/۵۲
BaO	۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۸۲	۰/۹۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۲
*SrO	۵۴	۳۱	۱۲۵	۴۱۸	۱۳۵	۳۱	۱۵	۶۸	۱۹
L.O.I	۲/۴۸	۱/۵۸	۱/۹۸	۱/۳۴	۰/۹۷	۰/۴۰	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۳۸

– داده‌ها برحسب درصد * SrO برحسب PPm

جدول ۱– نتیجه تجزیه شیمیایی ۹ نمونه دستی از سنگ‌های توده ساب ولکانیک گنبده،

Fe_2O_3 تبدیل و آن‌هم به سرعت دچار فروشستگی گردیده و از بین رفته است. این هوازدگی در محدوده‌ای حداکثر تا چند ده سانتی‌متر انجام می‌شود.

- به‌طور معمول عوامل آلکالی‌نیتی عمده در سنگ‌های آذرین Na_2O، و K_2O است. بیشترین مقدار اکسیدهای این عناصر در سنگ‌های توده ساب ولکانیک گتهده به ترتیب ۰/۲۵ و ۱۶ درصد است (جدول ۱ و شکل‌های ۹b و ۹c). بدین ترتیب یک عامل اصلی آلکالی‌نیتی در سنگ‌های متعارف یعنی Na_2O در مقادیر یاد شده، نقشی در آلکالی‌نیتی سنگ‌های مورد مطالعه نداشته و کم بودن آن‌ها با فراوانی K_2O جبران می‌گردد.

- سنگ‌های توده گتهده، به علت درصد بالای K_2O به ظاهر در ردهٔ سنگ‌های پتاسیک و یا اولترا پتاسیک قرار می‌گیرند. ویژگی تعیین کننده این سنگ‌ها براساس تعاریف ارائه شده Peccerillo (1992) و Wilson (1988) نسبت مولی K_2O/Na_2O حدود ۱ تا ۳ و مقدار MgO بیش از ۳ درصد وزنی است. در حالی که K_2O/Na_2O در سنگ‌های مورد بررسی بین ۵۵ تا ۸۰ و درصد وزنی MgO حداکثر ۰/۰۸ درصد است. بدین ترتیب قراردادن این سنگ‌ها در رده سنگ‌های پتاسیک یا اولترا پتاسیک صحیح نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

ضمن مطالعات پترولوژیکی در مقاله حاضر مشخص گردید که اجزاء اصلی در توده ساب ولکانیک گتهده، به ترتیب فراوانی SiO_2، Al_2O_3 و K_2O بوده و در جمع ۹۰ تا ۹۵ درصد و مقدار MgO, Na_2O و CaO، در جمع کمتر از ۰/۵ درصد وزنی توده را تشکیل می‌دهند. هم‌چنین مقدار نسبتاً بالای Fe_2O_3 (حداکثر ۲/۶۶ درصد)، مربوط به پیریت و لیمونیت حاصل از اکسیداسیون آن است. با توجه به ترکیب شیمیایی فوق، انتظار می‌رود که ماگمای مادر تودهٔ مورد مطالعه به یکی از دو طریق زیر تشکیل شده باشد:

- از ماگمای بسیار تفریق یافته‌ای که طی مکانیسم selective segregation، از اکسیدهای کلسیم، منیزیم، سدیم و آهن تقریباً به طور کامل تخلیه گردیده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که سنگ‌های قلیایی موجود در گستره طالقان از منشاء ماگمایی الیوین- بازالتی است (محمدی، ۱۳۷۵). از سوی دیگر: روند تغییرات K_2O در مقابل MgO, CaO, Na_2O و FeO در سنگ‌های ولکانیک قلیایی گستره طالقان به گونهٔ دیگری است که مشابهتی با نسبت این مواد در توده گتهده ندارد. هم‌چنین از تفریق چنین ماگماهایی انتظار می‌رود که توده‌های آذرین سدیک متبلور گردد. بنابراین فرضیه، تفریق انتخابی ماگما و تشکیل ماگمای جدیدی که در آن مقدار K_2O تا ۱۶ درصد افزایش و مجموع درصد وزنی سایر اکسیدها به کمتر از ۰/۵ درصد کاهش یابد، در مورد توده گتهده مصداق پیدا نمی‌کند.

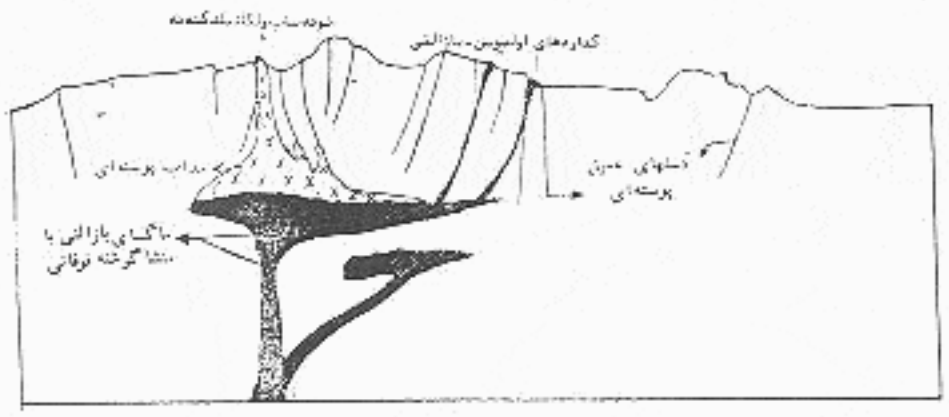
- با توجه به ماهیت گرانیتوئیدی سنگ‌های مورد بررسی در گتهده، تشکیل ماگمای این گونه سنگ‌ها از طریق فرآیندهای ذوب پوسته‌ای (crustal melting) و آناتکسی (anatexis) پوستهٔ سیالیک، بیشتر قابل توجیه می‌باشد. از دیدگاه Wilson (1988) در این گونه موارد دمای لازم، از ماگمای قلیایی مربوط به لیتوسفر فوقانی تامین می‌گردد. این ماگمای داغ (^{oC} 800-900) می‌تواند پس از جای‌گیری در مجاورت پوسته سیالیک، سبب ذوب کانی‌هایی چون کوارتز و آلکالی فلدسپارها، از جمله فلدسپارهای پتاسیک را فراهم نماید. مذاب سیلیسی حاصل به سبب وزن مخصوص کمتر، می‌تواند از طریق گسل‌ها و شکستگی‌های ژرف به سطح زمین راه یابد.

در ستون زمین‌شناسی گستره طالقان، سازندهای ماسه‌سنگی زایگون، لالون و شمشک گسترش داشته که احتمالاً در بعضی نقاط از ماهیت آرکوزی برخوردارند (Dedual and Meyer, 1966)، در همین ارتباط، ترکیب شیمیایی یک نمونه آرکوز (Pettijohn et al., 1987) با ترکیب شیمیایی سنگ‌های توده گتهده مقایسه گردید (جدول ۲). مقایسه این دو، تشابهات زیادی را از نظر ترکیب شیمیایی نشان می‌دهد.

	LOI	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	SiO_2
۱- آرکوز (Pettijohn et al., 1987)	..	۵/۸	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/۷	۷/۱۵	۰/۶	۷۶/۶
۲- توده ساب ولکانیک گتهده	۰/۹۵	۱۳/۵۷	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۶۹	۱۵/۰۷	۰/۴۱	۶۵/۷۱

جدول ۲- مقایسه ترکیب شیمیایی یک نمونه ماسه سنگ آرکوزی اقتباس شده از Pettijohn et al. 1987 و میانگین ترکیب شیمیایی توده ساب ولکانیک گتهده.

به این ترتیب وجود ماگمای قلیایی در گستره طالقان می‌تواند باعث ذوب بخش‌های ژرف سازندهای ماسه‌سنگی یاد شده در بالا گردیده و موجبات تشکیل ماگمای گرانیتوئیدی غنی از پتاسیم و فقیر از سدیم، کلسیم و منیزیم را فراهم آورده باشد (شکل ۱۰). این ماگمای نسبتاً سبک (buoyant) از طریق شبکه گسلی از پیش یاد شده در این مقاله، بالا آمده و در سطح منجمد گردیده است (صفارزاده، ۱۳۷۵). لازم به ذکر است که افزایش K_2O در توده آذرین گتهده را می‌توان به فرآیند متاسماتیسم پتاسیک (K-metasomatism) شدیدی نسبت داد که طی مراحل بعدی بر توده تأثیر گذارده است.



شکل ۱۰- نمایش شماتیک الگوی تکتونوماگمایی توده ساب ولکانیک گتهده، طالقان.

کتابنگاری

ایران‌منش، م. ح.، و ارژنگ روش، ب.، ۱۳۶۵- گزارش مقدماتی اکتشاف ذخایر فلدسپات در منطقه طالقان (جنوب روستای گته‌ده)، گزارش منتشر نشده سازمان زمین شناسی کشور، ۲۷ صفحه.
شیخی کاریزکی، ح.، ۱۳۷۳- نشریه شماره ۱۳ طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران: فلدسپات و فلدسپاتوئید، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶ صفحه.
صفارزاده، ا.ه.، ۱۳۷۵- بررسی ژنز و تحولات ژئوشیمیایی پیروکلاستیک‌های سازند کرج در گته‌ده، طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۵۰ صفحه.
عابدیان، ن.، خوب بخت، ا.، و عشق آبادی، م.، ۱۳۶۷- گزارش مطالعات نیمه تفصیلی فلدسپات پتاسیم گته‌ده (منطقه طالقان)، گزارش منتشر نشده سازمان زمین‌شناسی کشور (همراه با نقشه)، ٤١ صفحه.
محمدی، ب.، ۱۳۷۵- پتروگرافی، پترولوژی و پتانسیل اقتصادی سنگ‌های آذرین خروجی منطقه طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین- دانشگاه شهید بهشتی، ۲۳۰ صفحه.

References

Dedual, E., 1967- Zur Geologie des mittleren und unteren Karaj- Tales, Zentral- Elburz (Iran): Mitt. Geol. Inst. ETH. Univ., Zurich, n.s, no. 76, 123 pp.

Deer, W., A., Howie, R. A and Zussman, J., 1992- An Introduction to the Rock- Forming Minerals (2nd ed.). Longman Scientific and Technical; Harlow, Essex, 696 pp.

Middlemost, E. A. K., 1987- Magmas and Magmatic Rocks: An Introduction to Igneous Petrology. Longman Inc., New York, 266 pp.

O'Conor, J. T., 1965- A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap. 525-B, 79-84.

Peccerillo, A. 1992- Potassic and ultrapotasssic rocks: Compositional characteristiec, petrogenesis, and geologic significance. Episodes, 151 243-251.

Pettijohn, F. J.; Potter, P. E. and Siever, R., 1987- Sand and Sandstone (2nd ed.). Springer- Verlag, New York, 553 pp.

Streckeisen, A. L., 1976- To each plutonic rock its proper name, Earth- Sci. Rev., 12,1- 33.

Wilson, B. M., 1988- Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach. Unwin Hyman Ltd., London, 466 pp.

* گروه زمین‌شناسی- دانشکده علوم - دانشگاه تهران
* Geology Department, Faculty of Science, University of Tehran.