

زنولیت‌زایی در آندزیت‌های جنوب کهریزک

کمال‌الدین بازرگانی* و محمدصادق ربانی**
گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران*
گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه تهران و
محقق مشاور سازمان انرژی اتمی ایران**

چکیده

کوه اراده که در چهل کیلومتری جنوب تهران از نواحی جنوب کهریزک و در شمالی‌ترین نقطه ایران مرکزی واقع است، از سنگهای آتشفشانی عمدتاً از نوع اندزیت تشکیل یافته است. با مشاهدات صحرایی، آزمایشگاهی، استفاده از فنون TGA، FTIR، XRD و تجزیه شیمیایی، گونه‌های زنولیتی و کانیهای همراه آن در بستر آندزیتی مورد شناسایی قرار گرفته‌اند. زنولیت‌های منطقه مورد بررسی به ترتیب فراوانی شامل ناترولیت، تتراناترولیت، هویلاندیت، مزولیت، آنالسیم، تامسونیت‌داخیزدیت و استیلبیت می‌باشند. کانیهای دیگر که به همراه زنولیت‌ها در این ناحیه یافت شده‌اند به طور عمده عبارتند از کلسیت، کوارتز، کریستوبالیت، اوپال، کلریت، پیرولوزیت و آثاری از مالاکیت. نسبت Si/Al در زنولیت‌های منطقه از ۱/۱ تا ۲/۸ متغیر است. شواهد آزمایشگاهی و زمین‌شناختی نشان می‌دهد که تشکیل این زنولیت‌ها در محیط گرمایی صورت گرفته است. بعلاوه قرار گرفتن سنگهای آتشفشانی در دریاچه‌های قلیایی - نمکی موجب تشدید تشکیل زنولیت‌ها شده است.

مقدمه

زنولیت‌ها سیلیکات‌های آلومینیوم آبدار فلزات قلیایی و قلیایی خاکی با ساختار سه بعدی می‌باشند. این ترکیبات دارای قابلیت جذب و دفع برگشت پذیر آب و کاتیونها، بدون تغییر عمده در ساختار آنها هستند. بیش از ۴۰ گونه طبیعی از آنها شناسایی شده است و حدود ۱۰۰ گونه از زنولیت‌ها به طور مصنوعی در آزمایشگاه‌ها ساخته شده‌اند که معادل آنها در طبیعت یافت نشده است. کاربرد هر دو نوع زنولیت

طبیعی و مصنوعی به ترکیب شیمیایی و ساختار

بلورین آنها بستگی دارد [۱].

زنولیت‌های طبیعی در صنایع و کشاورزی، کاربردهای فراوانی یافته‌اند [۲]. به عنوان مصالح ساختمانی [۳]، افزودنی به سیمان [۴]، کاتالیزور در برخی از واکنشهای شیمیایی و در صنایع نفتی، در شوینده‌ها [۵] و در صنایع هسته‌ای برای رفع آلودگی‌های هسته‌ای به کار رفته‌اند. به عنوان مثال در رفع آلودگی محلولهای رادیوآکتیو بالا در حادثه

نیروگاه هسته‌ای تری‌مایل -آیلند آمریکا در سال ۱۹۷۹/۱۳۵۸ از ژئولیت‌ها استفاده شده است [۶]. در حادثه چرنوبیل نیز برای خارج کردن پسمانهای با رادیوآکتیویته پائین آبهای آلوده از ژئولیت‌های طبیعی استفاده شده است، [۷].

امروزه برای ژئولیت‌ها کاربردهای زیست‌محیطی متعددی یافته‌اند. در پالایش فاضلابها برای خارج کردن آمونیوم از محلول به کار می‌روند. ژئولیت‌ها را پس از این مصرف می‌توان با آب نمک‌دار بازیابی کرد و آمونیوم حاصل از فرایند بازیابی را در کشاورزی مورد استفاده قرار داد. ژئولیت‌ها، به طوری که اشاره شد، به عنوان خارج‌کننده رادیونوکلئیدها از آبهای آلوده به کار می‌روند. به طور کلی ژئولیت‌ها را در پسمانداری هسته‌ای می‌توان مصرف کرد و اخیراً از آنها برای جامدسازی و تثبیت پسمانهای خطرناک استفاده شده است. تحقیقات برای خارج کردن فلزات سنگین از پسابهای صنعتی، کشاورزی و آبهای معدنی در سازمانهای متعددی در جریان است. ژئولیت‌های طبیعی برای بهبود خاک‌کارایی بسیار بالایی دارند و خواص فیزیکی بسیاری از خاک‌ها به ویژه خاکهای ماسه‌ای را بهبود می‌بخشند.

بنا به گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور [۸] توفهای انوسن و شکاف سنگهای آتشفشانی دوران سوم (Tertiary) محیطهای مناسبی برای ژئولیت‌زایی در ایران شناخته شده‌اند. در این گزارش به وجود ژئولیت‌ها در آندزیت‌های واقع در مسیر جاده

تهران - قم اشاره شده است. بنا بر اطلاعات نویسندگان، محل مورد مطالعه، جنوب کهریزک، یکی از نواحی نمونه ژئولیت‌زایی در ایران می‌باشد.

تشکیل ژئولیت‌های آتشفشان‌زا (ولکانوژن) به طور کلی در دو بستر زمین‌شناسی شناخته شده است: در گدازه‌های فلاتی، عمدتاً بازالتی و در کمربندهای کوه‌زایی، (Orogenic) عمدتاً آندزیتی [۹]. ژئولیت‌های آتشفشان‌زایی بیشتر در بستر سنگهای قلیایی به ویژه بازالت‌ها گزارش شده است [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵] در حالیکه در منطقه مورد مطالعه، ژئولیت‌ها در بستر سنگهای اینترمدیت (آندزیت‌ها)^۱ دیده شده‌اند و تعداد کمی از نویسندگان، وجود ژئولیت‌ها را در آندزیت‌ها گزارش کرده‌اند، [۹، ۱۶، ۱۷ و ۱۸]. وجود ژئولیت‌ها با منشأ گرمابی (هیدروترمال) در رگه‌ها و بادامک‌ها گزارش شده است [۱۹ و ۲۰].

در این گزارش، پراکندگی ژئولیت‌ها و سایر کانیهای منطقه مورد مطالعه توضیح داده شده و تکوین (ژنز) آنها تفسیر شده است.

وضعیت زمین‌شناختی

منطقه مورد مطالعه را می‌توان از نظر زمین‌شناختی به دو بخش آتشفشانی و رسوبی تقسیم نمود:

^۱ - Andesites

سنگهای آتشفشانی. توفهای داسیتی - آندزیتی^۲ در غرب کوه اراده گسترده‌گی زیادی دارند و ضخامت آنها حدود ۱۴۰ متر است. این توفها دارای شیب کم و لایه لایه‌اند. روی آنها را توفهای از قرمز تا سفید رنگ ایگنمبریت^۳ پوشانده‌اند که حالت جریان‌ی دارند

ایگنمبریت‌ها دارای سه رشته درز و شکافند که در درزهای قائم آنها در بعضی از موارد رگه‌هایی از کلسیت^۴ به قطر حدود یک متر نیز دیده می‌شود. ایگنمبریت‌ها در بیشتر موارد به وسیله بازالت‌های اولیوین‌دار^۵ پوشانده شده‌اند. این مجموعه عمدتاً^۶ فاقد کانی‌های زئولیتی است.

بر روی مجموعه سنگهای آتشفشانی مزبور و یا در کنار آنها، اغلب آندزیت‌های زئولیت‌دار وجود دارند. این نوع از نظر اندازه و میزان فراوانی زئولیت‌ها از بقیه سنگهای منطقه مورد مطالعه متمایزند. همراه زئولیت‌ها در بعضی از موارد کلسیت، و در موارد کمتری اوپال^۶ و کلریت^۷ دیده می‌شود.

آندزیت‌های مزبور اغلب عاری از آمفیبول^۸ بوده و در آنها در بعضی از موارد کانیهای فرومنیزین^۹ از نوع اوژیت^{۱۰} و اولیوین^{۱۱} دیده می‌شوند.

در شمال غرب محمد آباد (نقشه ۱) در بعضی از موارد روی آندزیت‌های زئولیت‌دار و ایگنمبریت‌ها را آندزیت پیروکسن‌دار^{۱۲} پوشانده‌است که اغلب عاری از کانیهای زئولیتی است.

بیشتر ارتفاعات منطقه مورد مطالعه از سنگهای آتشفشانی تشکیل یافته‌اند که بطور عمده عبارتند از

آندزیت، آندزیت بازالت^{۱۳} و تراکی آندزیت^{۱۴}. در زیر سنگهای اخیر در جاده تهران-قم آگلومرای انفجاری نیز مشاهده شده که نشان دهنده انفجار قبل از خروج گدازه است.

سن نسبی سنگهای آتشفشانی منطقه با توجه به نقشه زمین‌شناسی چهارگوش شماره F۵ ایران (۱۳۶۵) [۲۱ و ۲۲] و برطبق نظر نویسندگان مقاله^{۱۵} ائوسن تعیین شده است.

دیواره‌های (dykes) متعددی، عمدتاً با ترکیب آندزیتی و عاری از کانیهای زئولیتی، مجموعه سنگهای آتشفشانی را قطع کرده‌اند.

نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه و نقشه ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ ایران و توالی قرار گرفتن آنها بر روی هم نشان می‌دهند که سنگهای آتشفشانی ایران مرکزی و منطقه مورد مطالعه از یک منشأ بوده و طبعاً

۲- Dacitic-andesitic tuffs.

۳- Ignimbrite.

۴- Calcite.

۵- Olivinite.

۶- Opal.

۷- Chlorite.

۸- Amphibole.

۹- Ferromagnesian.

۱۰- Augite.

۱۱- Olevine.

۱۲- Pyroxene.

۱۳- Andesi-basalt.

۱۴- Tracky-andeites.

آزمایش‌ها

سرگذشت هر دورا می‌توان یکی دانست.

روش نمونه‌برداری. بیش از بیست و پنج نمونه ژئولیتی یا ژئولیت‌دار از سنگهای آتشفشانی (ولکانیتی) در مساحتی به وسعت تقریبی ۵۰۰ کیلومترمربع از منطقه کوه اراده واقع در جنوب کهریزک، کیلومتر ۴۰ جاده قدیم تهران - قم، برداشت شده است. برداشت نمونه‌ها در سه پیمایش مسیرهای تعیین شده در (نقشه ۱) صورت گرفته است. پس از مطالعه پاراژنز نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ دوچشمی، نمونه‌ها در آزمایشگاه آرامی به وسیله چکش خرد و تاحد ممکن فازهای ناهمگن آن با چشم غیرمسلح جداسازی شده‌اند. سپس نمونه‌ها آسیاب شده و با الک‌های استاندارد حدود ۲۰۰ تا ۱۰۰ مش (۷۵ تا ۱۵۰ میکرون) غربال شده‌اند.

پراش پرتو ایکس. نمونه‌های پودر شده به وسیله طیف‌سنج XRD مدل Shimadzu، XD-۵A چشمه $Cu\ ka$ با طول موج $1.54058\text{\AA}$ آنکستروم بین زوایای ۴ تا ۶۴ درجه با سرعت ۱ درجه بر دقیقه شناسایی شده است.

سنگهای رسوبی. سنگها و سازندهای رسوبی در منطقه مورد مطالعه، گسترش خیلی محدود دارند و از قدیم به جدید عبارتند از:

الف: مارنهای ژیبس^۵ دار همراه با لایه‌های ماسه سنگی

ب: مارنهای ماسه‌ای^۶ حاوی قلوه سنگها

ج: مجموعه آبرفتی دوران چهارم (کوارترنری)

زمینه‌ساخت (تکتونیک)

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی در شمالی‌ترین محدوده ایران مرکزی واقع و جزء کوچکی از آن است. سنگهای آتشفشانی با شیب ملایم و در حدود ۱۵° در آن گسترده‌اند. سنگهای رسوبی به حالت دگرشیب روی سنگهای آتشفشانی قرار گرفته‌اند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که ناحیه مورد بررسی تحت اثر چین خوردگی شدید قرار نگرفته است. از طرف دیگر گسل‌های متعدد، اما نه عمده، در منطقه وجود دارد (نقشه ۱). یکی از این گسل‌ها باعث قرار گرفتن اندزیت‌های ژئولیت‌دار در کنار ایگنمبریت‌ها شده است. فعالیت این گسل‌ها بعد از انوسن شروع شده و تا نئوژن ادامه داشته است.

۵- Gypsum marls.

۶- Sand marls.

نتایج XRD و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

نتایج طیف XRD کلیه نمونه‌ها به همراه نتیجه طیف XRD تعداد منتخبی از نمونه‌های اسیدشویی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول نتایج آزمایشهای TGA و FTIR بر روی تعدادی از نمونه‌ها نیز آورده شده‌اند. نتایج آزمایشهای اخیر در توافق نزدیک با نتایج XRD بوده است. نتایج تجزیه شیمیایی بر روی ۷ نمونه انتخابی در جدول ۲ درج شده است. از مجموع ۱۶ نمونه، ۱۳ نمونه به طور عمده، به جز کلسیت، حاوی ناترولیت،^{۱۷} تتراناترولیت^{۱۸} و مزولیت^{۱۹} می‌باشند. هیولاندیت^{۲۰} و آنالسیم^{۲۱} (به مقدار کمتر) در اغلب نمونه‌ها دیده شده‌اند. آنالسیم به ویژه در نمونه‌های اسیدشویی شده به وضوح مشاهده شده است. با توجه به مقاومت کمتر ناترولیت‌ها در مقابل اسیدکلریدریک [۲۳]، به نظر می‌رسد مقدار آنالسیم در باقیمانده اسیدشویی تغلیظ شده و پیکهای مشخصی در طیف ایجاد می‌کنند. نمونه شماره ۹ دارای مقادیر تقریباً مساوی مزولیت و ناترولیت بوده و در اثر شستشو با اسیدکلریدریک حالت ژلاتینی پیدا می‌کند. تشکیل حالت ژلاتینی در نمونه‌های حاوی مزولیت نیز

تجزیه شیمیایی. مقدار آب موجود در ژولیت‌ها و همچنین CO₂ موجود در آنها با روش تجزیه گرما-وزنی به وسیله Du Pont 951 Thermogravimetric بر روی حدود ۱۰mg نمونه پودر شده، تحت اتمسفر نیتروژن با جریانی معادل ۵۰ml/min، از دمای اتاق تا حدود ۸۰۰°C و با سرعت ۱۰ درجه بر دقیقه اندازه‌گیری شده است. مقادیر آب موجود در ژولیت‌ها تا دمای ۳۵۰°C به آب ژولیتی نسبت داده شده است. کاهش وزن نمونه از دمای ۶۰۰°C تا ۷۵۰°C به متصاعد شدن CO₂ از نمونه نسبت داده شده است. طیف FTIR با روش تهیه قرص KBr از نمونه‌ها به وسیله طیف‌سنج Shimadzu ۴۳۰۰ بین ۴۰۰ تا ۵۰۰۰ cm⁻¹ با توان تفکیک ۲cm⁻¹ و با گردآوری (Accumulation) ۱۰ پیمایش در دمای اتاق صورت گرفته است. تجزیه شیمیایی به وسیله جذب اتمی مدل Varian Spectr AA/۲۰۰ انجام شده است. در نمونه‌هایی که طیف XRD آنها با پیکهای شاخص کلسیت موجود در نمونه‌ها همپوشانی داشته‌اند، نمونه‌ها با اسیدکلریدریک ۱۰٪ به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق شستشو داده شده و طیف XRD نمونه‌های شستشو داده شده با طیف XRD نمونه‌ها پیش از اسیدشویی مقایسه شده است. همین عمل برای مقایسه طیف‌های FTIR نمونه‌ها نیز صورت گرفته است. مقادیر CO₂ تعیین شده به روش تجزیه گرما-وزنی به مقدار کلسیت موجود در نمونه‌ها نسبت داده شده است.

۱۷- Natrolite.

۱۸- Tetranatrolite.

۱۹- Mesolite.

۲۰- Heulandite.

۲۱- Analcime.

کمال الدین بازرگانی و محمدصادق ربانی، ژئولیت‌زایی در آندزیت‌های جنوب کهریزک

جدول ۱- نتایج XRD, TGA, FTIR, مربوط به ژئولیت‌های ناحیه کهریزک

پروفیل	کد نمونه	آزمایش‌های انجام شده	نتایج
AA	۱	XRD, TGA, FTIR	Tet>Cal>Mes
AA	۱۸	XRD, TGA, FTIR	Tet-Nat-Ana
AA	۲	XRD	Cal>Heu>Cristobalite>Fel
AA	۳	XRD, TGA, FTIR	Cal>Nat>Ana
AA	۲۸	XRD, TGA	Nat>Pyrochroite
AA	۴	XRD	Cal>Nat>Ana
AA	۵	XRD	Nat-Tet>Cal
AA	۶	XRD	Nat>Cal
AA	۷	XRD, TGA, FTIR	Cal-Nat>Mes-Tho
AA	۷۸	XRD, TGA	Nat>>Ana
AA	۸	XRD	Nat>Heu>Cal
AA	۹	XRD	Nat-Mes
AA	۹۸	XRD, TGA	Nat>>Ana
AA	۱۰	XRD	Nat>Cal-Qua>
AA	۱۱	XRD	Polygorskite>Cal>Qua
CC	۱۲	XRD, TGA, FTIR	Cal-Nat>Mes>Sti
CC	۱۲۸	XRD	Ana>Nat>Heu
CC	۱۳	XRD, TGA, FTIR	Nat-Cal>Mes>Thomsonite
CC	۱۳۸	XRD	Nat>Ana-Heu-Dachiardite
CC	۱۴	XRD	Nat-Tet>>Gyp-Ana-Cal
CC	۱۵	XRD	Nat>>Cal>Ana
BB	۱۶	XRD, TGA	Sti

Nat= natrolite, Cal= calcite, Ana= analcime, Tet= tetranatrolite, Mes= mesolite, Sti= stilbite, Qua= quartz, Fel= feldspar, Heu= heulandite, A= acid treated

جدول ۲- تجزیه شیمیایی کانیهای ژئولیتی کهریزک

پروفیل	شماره نمونه	فرمولها
AA	۱	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.5}(\text{CaO})_{0.5}(\text{SiO}_2)_{2.4}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 1/3(\text{H}_2\text{O})$
AA	۳	$(\text{Na}_2\text{O})_{1.0}(\text{CaO})_{0.5}(\text{SiO}_2)_{2.5}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 3/8(\text{H}_2\text{O})$
AA	۷	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.7}(\text{CaO})_{0.3}(\text{SiO}_2)_{2.4}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 1/8(\text{H}_2\text{O})$
AA	۹	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.4}(\text{CaO})_{0.6}(\text{SiO}_2)_{2.4}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 1/9(\text{H}_2\text{O})$
CC	۱۲	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.8}(\text{CaO})_{0.2}(\text{SiO}_2)_{2.4}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 1/9(\text{H}_2\text{O})$
CC	۱۳	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.8}(\text{CaO})_{0.2}(\text{SiO}_2)_{2.4}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 2/3(\text{H}_2\text{O})$
BB	۱۶	$(\text{Na}_2\text{O})_{0.1}(\text{CaO})_{0.9}(\text{SiO}_2)_{5.5}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{1.0} \cdot 5/3(\text{H}_2\text{O})$

گزارش شده است [۱۵]. تنها نمونه‌ای که حاوی استیلبیت^{۲۲} بوده است نمونه شماره ۱۶ است که در ناحیه مرکزی پروفیل BB⁻ یافت شده است. تجزیه شیمیایی تعداد منتخبی از نمونه‌ها نسبت Si/Al را از ۱/۱، برای نمونه ۱۳، تا ۲/۸ برای نمونه ۱۶ (استیلبیت) نشان می‌دهد. نمونه‌هایی که تجزیه شیمیایی شده‌اند عمدتاً حاوی ناترولیت می‌باشند، اما نمونه ۱۱ تنها حاوی استیلبیت می‌باشد. در نمونه‌های ۷ و ۱۳ مقداری تامسونیت^{۲۳} نیز یافت شده است. وجود تامسونیت در اندزیت‌ها نیز گزارش شده است [۱۵].

ژئولیت‌ها و پارائزها

بادامک‌ها، رگه‌ها و رگچه‌های موجود در سنگهای آتشفشانی جنوب کهریزک اغلب حاوی کلسیت بوده و در موارد کمتری کلسیت به همراه ژئولیت دیده شده است. در موارد نادری نیز بادامک‌های این منطقه به وسیله کلسیت، ژئولیت‌ها و پیرولولزیت^{۲۴} پر شده‌اند. در بعضی از نقاط این منطقه رگه‌های کلسیتی به ضخامت ۲۵ سانتی‌متر هم می‌رسد، در حالیکه در همین نقاط ژئولیت‌ها با بافت عمدتاً اسفرولیتی^{۲۵} بادامک‌ها را پر کرده‌اند.

در موارد کمتری در بادامک‌ها، رگه‌ها و رگچه‌های موجود در اندزیت‌های منطقه مورد مطالعه کوارتز^{۲۶}، اوپال سفید شیری رنگ و قرمز به همراه ژئولیت‌ها دیده شده است. لازم به ذکر است که در

مواردی نیز بادامک‌ها یا بلور دانه‌های (ژئودهای) حاوی کوارتز، اوپال و کلسیت بدون ردّ ژئولیت‌ها دیده شده‌اند.

در فاصله یک کیلومتری به سمت غرب محل مزبور، بادامک‌ها حاوی کلسیت و کلریت بوده و اثرهایی از مالاکیت در آنها نیز دیده شده است.

تنوع ژئولیت‌ها و کانی‌های همراه در پروفیل AA⁻، در سنگهای اندزیتی زیادتر بوده و پارائزهای عمده آن بترتیب فراوانی عبارتند از کلسیت، ناترولیت، کوارتز، آنالسیم، هیولاندیت، تتراناترولیت، مزولیت، تامسونیت، کریستوبالیت^{۲۷}، آپال و پیرولولزیت.

در پروفیل BB⁻ تنوع و مقدار کانی‌های موجود در سنگهای اندزیتی بمراتب کمتر از پروفیل AA⁻ و CC⁻ بوده است. استیلبیت تنها در یک نمونه از پروفیل BB⁻ دیده شده است.

در پروفیل CC⁻ مقدار کانی‌های منگنز بخصوص پیرولولزیت گسترش و پراکندگی زیادتری دارند به طوری که در بعضی نقاط رگه‌ها و شکاف‌ها فقط از پیرولولزیت و کلسیت پر شده‌اند. بنظر می‌رسد

۲۲- Stilbite.

۲۳- Thomsonite.

۲۴- Pyrolusite.

۲۵- Spherulitic.

۲۶- Quartz.

۲۷- Crystobalite.

که در ولکانیت‌های^{۲۸} اسیدی منطقه، بخصوص در شمال پروفیل BB'، عمل کاتولینی شدن به شدت انجام گرفته است.

تکوین (Genesis)

از نظر تکوین ژئولیت‌های این منطقه با توجه به شواهد زیر دارای منشاء گرمایی هستند:

الف) ژئولیت‌های این حوزه اغلب پاراژنز کانی کلسیت درشت بلور می‌باشند.

ب) این ژئولیت‌ها در رگه‌ها، رگچه‌ها و بادامک‌ها یافت شده‌اند.

ج) ژئولیت‌های رشته‌ای، ناترولیت‌ها در ارتباط با رشد درون هم باسپیولیت^{۲۹} یا کلسیت دیده شده‌اند.

د) کانی‌های کلریتی همراه با ژئولیت مشاهده شده‌اند و این نوع دگرسانی به همراه کلسیت درشت بلور نیز دیده شده است.

ه) بافت اسفرولیتیک در ناترولیت‌های منطقه، به ویژه در غرب منطقه مورد مطالعه زیاد است.

از سوی دیگر با توجه به نقشه زمین‌شناسی مطالعه سنگ‌های جنوب کهریزک و مقایسه آنها با سنگ‌های جاده خاوران ملاحظه می‌شود که سنگ‌های ولکانیتی دو منطقه جنوب کهریزک و جاده خاوران نظیر یکدیگرند (نقشه ۲). اما در منطقه جاده خاوران نفوذی‌های جوانتر از انوسن وجود دارند که کانیهای ژئولیتی در آنها به ندرت مشاهده شده است. لذا آب‌های گرم (هیدروترمال‌ها) حاصل از سنگ‌های

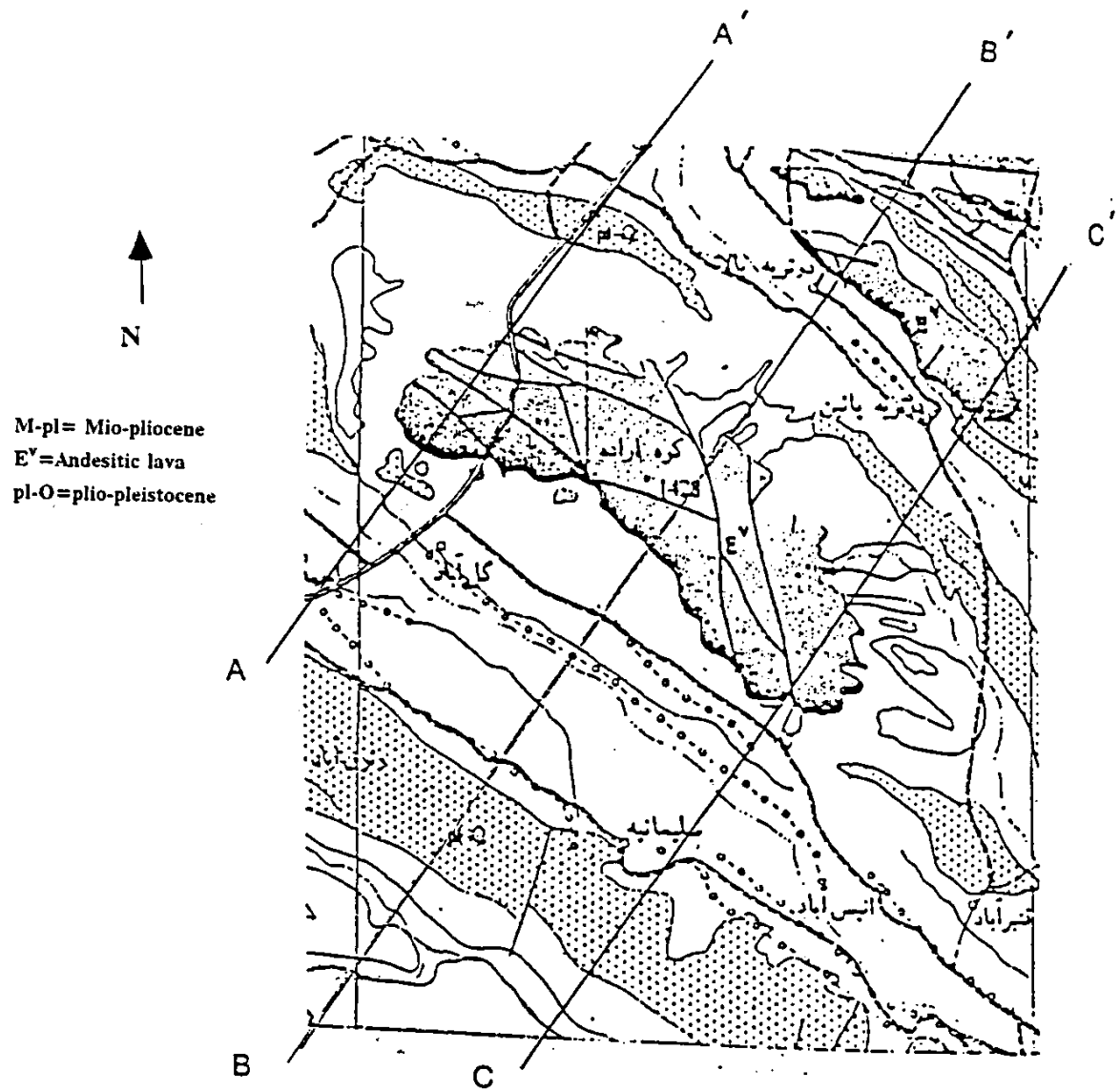
آتشفشانی محتملاً موجب ژئولیت‌زایی شده است. از سوی دیگر بعلت اینکه دریاچه‌های قلیائی از دوران چهارم (دوره کوارترنری) منطقه کهریزک و جنوب آنرا پوشش داده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که وجود محیط قلیایی و آب‌های شور در جنوب کهریزک ژئولیت‌زایی در این ناحیه را تشدید کرده است.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان در اجرای این طرح از حمایت‌های شورای پژوهشی دانشگاه در تصویب طرح، معاونت پژوهشی دانشگاه در حمایت مالی و از دانشکده علوم دانشگاه تهران و آزمایشگاه جابرین حیان سازمان انرژی اتمی در تامین امکانات صحرایی و آزمایشگاهی بهره‌مند بوده‌اند. بدینوسیله مراتب سپاسگزاری خود را اعلام می‌دارند.

۲۸- Volcanites.

۲۹- Sepiolite.



نقشه ۱- منطقه کوه اراده، گسترش و ولکانیک انوسن E^v (نقل از نقشه چهارگوش ۱:۲۵۰,۰۰۰ تهران)
سه پیمایش نمونه برداری A-A', B-B', C-C' در نقشه نشان داده شده است.

که در ولکانیت‌های^{۲۸} اسیدی منطقه، بخصوص در شمال پروفیل BB' عمل کائولینی شدن به شدت انجام گرفته است.

تکوین (Genesis)

از نظر تکوین زئولیت‌های این منطقه با توجه به شواهد زیر دارای منشاء گرمابی هستند:

الف) زئولیت‌های این حوزه اغلب پاراژنز کانی کلسیت درشت بلور می‌باشند.

ب) این زئولیت‌ها در رگه‌ها، رگچه‌ها و بادامک‌ها یافت شده‌اند.

ج) زئولیت‌های رشته‌ای، ناتروولیت‌ها در ارتباط با رشد درون‌هم باسپیلولیت^{۲۹} یا کلسیت دیده شده‌اند.

د) کانی‌های کلریتی همراه با زئولیت مشاهده شده‌اند و این نوع دگرسانی به همراه کلسیت درشت بلور نیز دیده شده است.

ه) بافت اسفروولیتیک در ناتروولیت‌های منطقه، به ویژه در غرب منطقه مورد مطالعه زیاد است.

از سوی دیگر با توجه به نقشه زمین‌شناسی مطالعه سنگهای جنوب کهریزک و مقایسه آنها با سنگهای جاده خاوران ملاحظه می‌شود که سنگهای ولکانیتی دو منطقه جنوب کهریزک و جاده خاوران نظیر یکدیگرند (نقشه ۲). اما در منطقه جاده خاوران نفوذی‌های جوانتر از ائوسن وجود دارند که کانیهای زئولیتی در آنها به ندرت مشاهده شده است. لذا آبهای گرم (هیدروترمال‌ها) حاصل از سنگهای

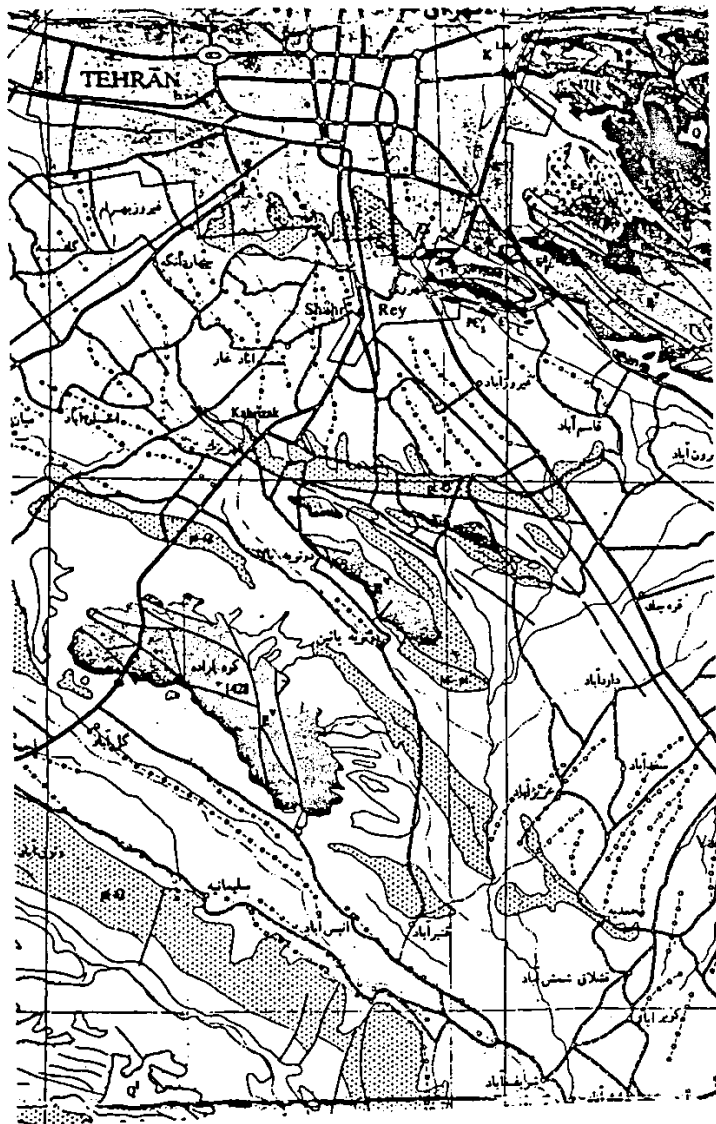
آتشفشانی محتملاً موجب زئولیت‌زایی شده است. از سوی دیگر بعلت اینکه دریاچه‌های قلیائی از دوران چهارم (دوره کوارترنری) منطقه کهریزک و جنوب آنرا پوشش داده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که وجود محیط قلیایی و آبهای شور در جنوب کهریزک زئولیت‌زایی در این ناحیه را تشدید کرده است.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان در اجرای این طرح از حمایت‌های شورای پژوهشی دانشگاه در تصویب طرح، معاونت پژوهشی دانشگاه در حمایت مالی و از دانشکده علوم دانشگاه تهران و آزمایشگاه جابربن حیان سازمان انرژی اتمی در تامین امکانات صحرایی و آزمایشگاهی بهره‌مند بوده‌اند. بدینوسیله مراتب سپاسگزاری خود را اعلام می‌دارند.

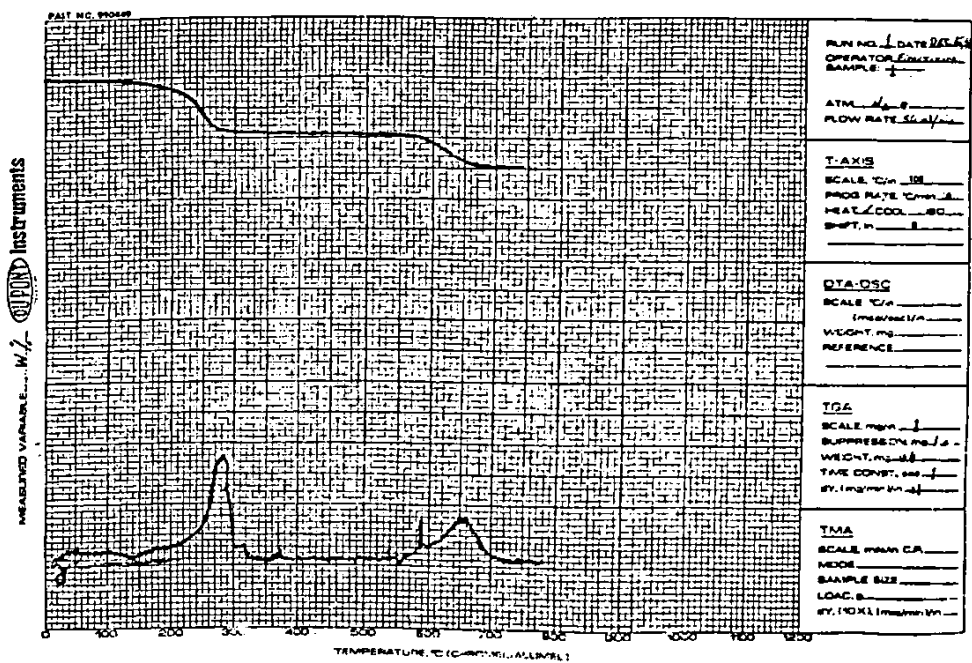
۲۸- Volcanites.

۲۹- Sepiolite.

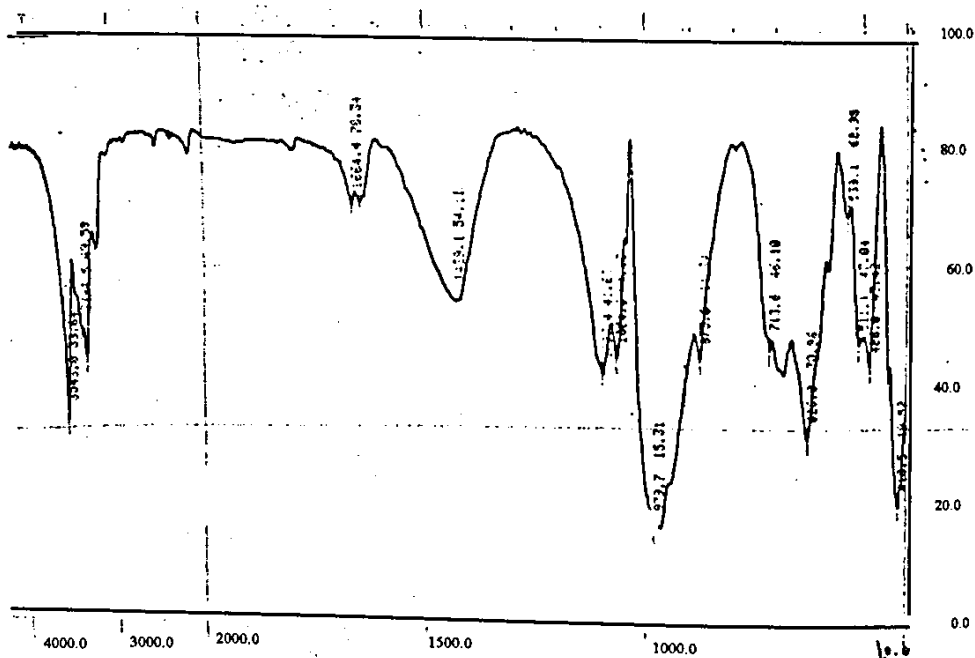


نقشه ۲- منطقه مورد مطالعه و وجود سنگهای درونی و ارتباط آن با سنگهای مورد مطالعه و ژئولیت‌دار

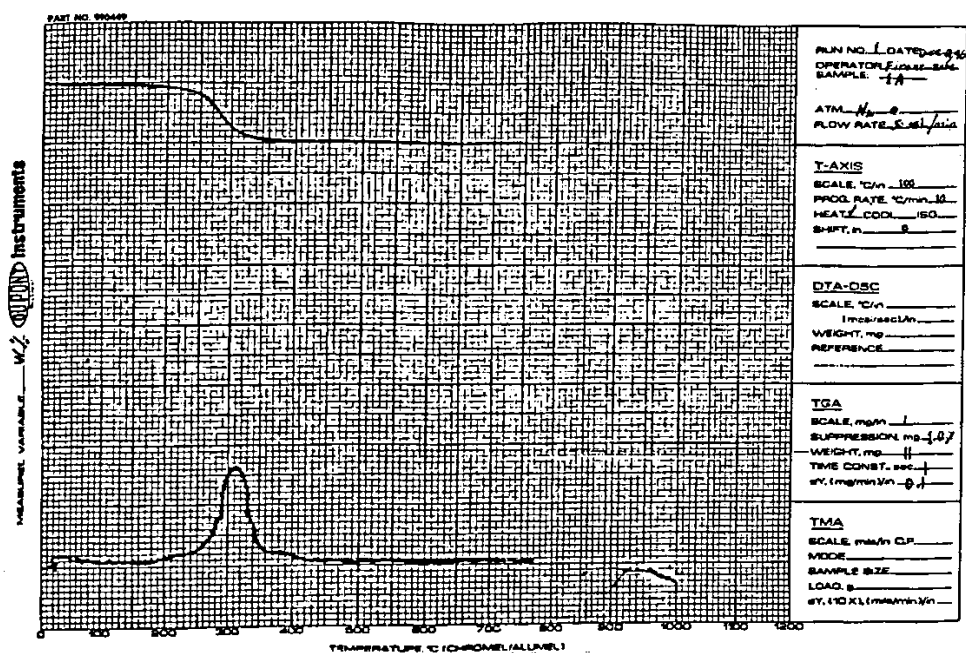
(از نقشه چهارگوش تهران ۱:۲۵۰,۰۰۰)



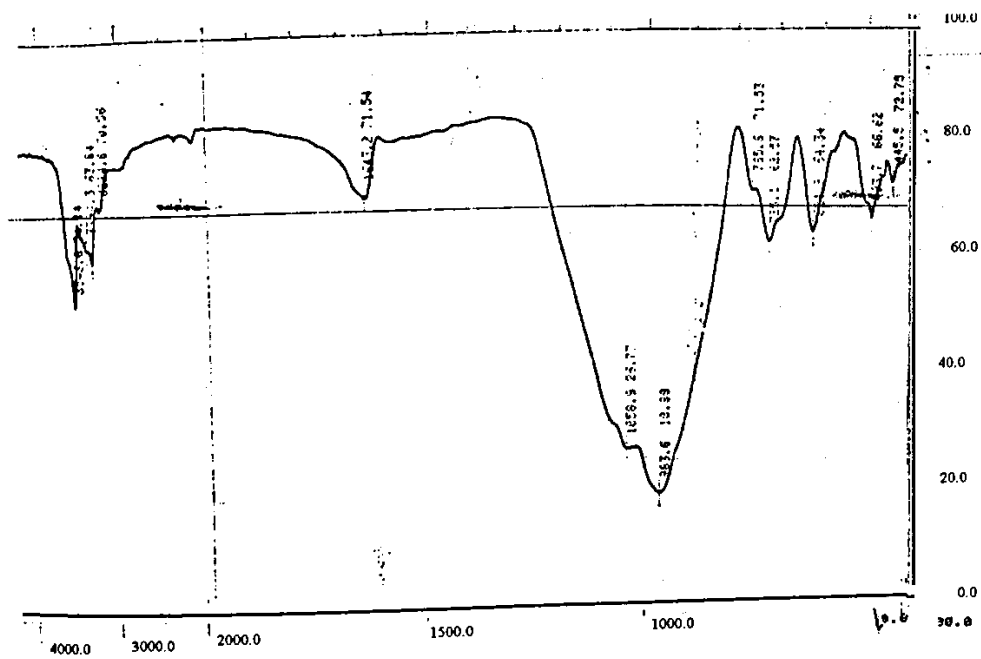
شکل ۱: TGA مربوط به نمونه شماره ۱



شکل ۲: طیف FTIR نمونه شماره ۱ بدون اسیدشوئی



شکل ۳- طیف TGA مربوط به نمونه شماره ۱A. پیک مربوط به خروج CO_2 در ناحیه بالاتر از ۵۵۰ درجه ناپدید شده است.



شکل ۴- طیف FTIR نمونه شماره ۱ با اسیدشوئی. پیک در ناحیه 1429 cm^{-1} مربوط به کلسیت ناپدید شده است.

References

1. Z.D. Hora, Mineralogy and Properties of Zeolites, Industrial Minerals in Environmental Applications symposium (1993).
2. W.G. Pond, Zeolites in animal nutrition and health: a review; Natural Zeolites '93, D.W. Ming and F.A. Mupton, eds., pp. 449-457, Int. Comm. Natural Zeolites, Brockport, New York 14420 (1995).
3. R. Aiello, Zeolitic tuffs as building materials in Italy: a review; Natural Zeolites '93, D.W. Ming and F.A. Mupton, eds., pp. 589-602, Int. Comm. Natural Zeolites, Brockport, New York 14420 (1995).
4. R. Serale, Zeolites '93, D.W. Ming and F.A. Mupton, eds., pp. 603-612, Int. Comm. Natural Zeolites, Brockport, New York 14420 (1995).
5. Z. Quanchang, Utilization of natural zeolites in China; Natural zeolites and its utilization, edited by No. 111 committee, JSPS (1994).
6. J. Lehto, Ion exchange in the nuclear power industry; Ion exchange processes: advances and application, edited by A. Dyer, pp. 39-53. Proceeding of the ion exchange, 93 conference (1993).
7. N.F. Chelishchev, Use of natural zeolites at Chernobyl; Natural Zeolites '93, D.W. Ming and F.A. Mupton, eds., pp. 525-532, Int. Comm. Natural Zeolites, Brockport, New York 14420 (1995).
- ۸-ع. حق‌پور، ه. تراز، ف. وحدتی‌دانشمند، تلفیق و بازنگری نقشه زمین‌شناسی چهارگوش شماره ۵۵ ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۶۵).
9. I. Kostov, Zoning in the development of the volcanogenic zeolites; N.Jb. Miner. Abh. 111, No. 3, pp. 264-278 (1969).
10. T.E.C. Keith and L.W. Staples Zeolites in Eocene basaltic pillow lavas of the Siletz River Volcanics, central coast Range, Oregon; Clays and Clay Mineral 33, No. 2, pp. 135-144 (1985).

11. D.G. Howard, R.W. Tschernich, J.V. Smith, and G.L. Klein: Boggsite, a new high-silica zeolite from Goble, Columbia County, Oregon; *Am. Miner.* 75. pp. 1200-1204 (1990).
12. Ch. Robert and B. Goffe, Zeolitization of basalts in subaqueous fresh water settings; Field observations and experimental study; *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57. pp. 3597-3612 (1993).
13. G.P.L. Walker, Zeolite zones and dike distribution in relation to the structure of basalts of eastern Iceland; *J. of Geology*, 68 No. 5; pp. 515-528 (1960a).
14. L.V. Benson and L.S. Teague, Diagenesis of basalts from the Pasco basin, Washington-I. Distribution and composition of secondary mineral phases; *J. of Sedimentary Petrology*, 52. No. 2; pp. 595-613 (1982).
15. G.P.L. Walker, The amygdale minerals in the Tertiary lavas of Ireland; III. Regional distribution.; *Mineralogical Magazine*, vol. 32; pp 503-527 (1960b).
16. C.E. Needham, Zeolites in Mexico; *Am Miner.* 23; pp. 285-287 (1938).
17. D. Pongiluppi, A new occurrence of Yugawaralite at Osilo, Sardinia, *Canad. Mineral.* 15, pp. 113-114 (1977).
18. M. Uada, Zeolitization in the Neogene formations of Japan; *Episodes*, 14, No. 3 pp. 242-245 (1991).
19. P.C. Chiramonti, D. Pongiluppi and G. Vezallini, Zeolites in shoshonitics of the north-eastern Azarbaijan (Iran), *Bull. Miner.* 102, pp. 386-390 (1979).
20. M.H. Emami, Explanatory text of the Qom quadrangle map 1:250,000, Geological Survey of Iran, Report No. E6, pp. 179 (Persia) (1991).
21. M. Berberian, et al Research on earthquake and the danger of earthquake-faults in Tehran and surroundings, (research and survey of earthquake of Iranland, Part 5), Geological Survey of Iran, Report No. 56; pp. 1316 (1983).
22. G.V. Tsitsishvili, Adsorption and catalytic properties of some Soviet natural zeolites; *Natural zeolites*, edited by L.B. Sand and F.A. Mupton, pp. 397-402, Pergamon Press Ltd (1978).

ZEOLITIZATION OF ANDESITES OF SOUTH KAHRIZAK

k. Bazargani, M.S. Rabbani***

*Department of Geology, faculty of Science Tehran University**

*Department of Chemistry, faculty of Science Tehran University and
research counsellor of the AEOI***

Abstract

The Zeolitization of andesites at Aradeh mountain of south Kahrizak was studied. The rocks of the mountain are principally from andesites. The field observations and laboratory experiments such as XRD, FTIR, TGA and chemical analysis were utilized to characterise the zeolitization and secondary minerals of the study area. The zeolites identified, in order of decreasing abundance, were natrolite, tetranatrolite, heulandite, mesolite, analcime, thomsonite, dachiardite and stilbite. The secondary minerals were principally calcite, quartz, cristobalite, opal, chlorite, pyrolusite and traces of malachite.

The Si/Al of the analysed zeolites varied from 1.1 to 2.8. The genesis of the zeolites was suggested to be hydrothermal. It is concluded that the zeolitization was repeated, in some parts, in saline alkaline lake environments during the quaternary period.

Key Words-andesite, fibrous zeolites, hydrothermal, Iran, Kahrizak, natrolite.

