

Characterization of Some Iranian Natural Zeolites

Faghihian, H.

Department of Chemistry, University of Isfahan, Isfahan, Iran

E-mail: H.faghih@sci.ui.ac.ir

Maccizadeh, M. A.

Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Key words: *Zeolites, Thermal Methods, XRD.*

Abstract: Zeolites are hydrated crystalline aluminosilicates of alkali and alkaline earth cations. Their three dimensional framework consist of $[\text{SiO}_4]^-$ and $[\text{AlO}_4]^-$ tetrahedra. Beside their low price and abundance, three main properties of zeolites i.e: adsorption, ion exchange and catalytical properties promote their versatile industrial applications. In Iran, lack of a systematic and comprehensive research on the characterization of natural zeolites causes these valuable minerals to be relatively unknown. The aim of this research is to characterize some of the Iranian natural zeolites by means of thermal analysis methods including thermogravimetry (TG), and derivative thermogravimetry (DTG). In some cases, X-ray diffractometry and chemical analysis were used as complementary methods.

پژوهشی

شناسایی تعدادی از زئولیت‌های طبیعی ایران

حسین فقیهیان - محمدعلی مکی زاده

گروه شیمی دانشگاه اصفهان - گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان

(دریافت مقاله ۱۳۸۰/۵/۶ دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۱/۷/۱۰)

چکیده: زئولیت‌ها آلومینوسلیکاتهای آبدار فلزات قلیانی و قلیانی خاکی هستند که شبکه سه بعدی آنها متشکل از چهار وجهی های $[AlO_4]^{5-}$ و $[SiO_4]^{4-}$ است. سه خاصیت عمده زئولیت‌ها شامل توانایی جذب گازها، بخاراها و آبگونها، دارا بودن خاصیت تبادل یونی و تواناییهای مناسب در واکنش‌های کاتالیزوری، کاربردهای صنعتی متفاوتی را برای آنها ایجاد کرده است. عواملی همچون فراوانی و قابلیت دسترسی و ارزان بودن قیمت آنها زمینه‌های کاربرد تجاری و صنعتی فراوانی برای زئولیت‌های طبیعی فراهم آورده است. متأسفانه در کشور ما گونه‌های طبیعی زئولیتی به درستی شناسایی نشده‌اند و شناسنامه دقیقی در مورد پراکندگی و فراوانی این کانی‌های با ارزش وجود ندارد. در این کار تحقیقاتی تلاش شده است تا رخدادهای متفاوتی از زئولیت‌ها که در مناطق مختلف کشور یافت شده‌اند مورد شناسایی قرارگیرند. روش اصلی شناسایی در این پژوهش روش گرانی سنجی گرمایی (Thermogravimetry, TG) یا گرانی سنجی گرمایی مشتقی (Derivative Thermogravimetry DTG) و روش پراش پرتو X (XRD) است.

واژه‌های کلیدی: زئولیت - روشهای گرمایی، XRD

مقدمه

واحدهای اصلی سازنده زئولیت‌ها، چهار وجهی‌های $[SiO_4]^{4-}$ و $[AlO_4]^{5-}$ بود که از اتصال این چهار وجهی‌ها به یکدیگر ساختار زئولیت حاصل می‌شود به نحوی که هر اکسیژن بین دو چهاروجهی مشترک است. به‌علاوه هر Si^{4+} که با Al^{3+} جایگزین شده است یک بار منفی در شبکه حاصل می‌شود که بوسیله کاتیونی با بار معادل خنثی خواهد شد. بیشترین نسبت جایگزینی یون Al^{3+} به جای یون Si^{4+} برابر با $Al/Si = 1$ است. ایجاد شبکه‌های زئولیتی با تشکیل حفره و کانالهایی که کاتیونها و ملکولهای آب را در خود جای می‌دهد، همراه است. در ساختار همه زئولیت‌های طبیعی، ملکولهای آب وجود دارند. بنابراین با گرم کردن زئولیت‌ها، ملکولهای آب از شبکه زئولیت خارج می‌شوند. میزان آب خارج‌شده و نیز دمای خروج آب از ویژگیهای هر زئولیت محسوب می‌شود. هر قدر ملکولهای آب در شبکه با پیوندهای محکمتری نگه داشته شده باشند، دمای آزادسازی آب بیشتر است. فرایند آب‌دهی یک فرایند گرماگیر است. چنانچه گرمادهی نمونه منظم باشد، با استفاده از روش گرانی‌سنجی گرمایی (TG) یا گرانی‌سنجی گرمایی مشتقی (DTG) می‌توان میزان آب رها شده و دمای آن و یا میزان گرمای لازم برای واکنش آب‌دهی را اندازه‌گیری کرد که این اساس روش گرماسنجی روبشی تفاضلی است (Differential Scanning Calorimetry, DSC). با استفاده از اطلاعات حاصل از این بررسی‌ها می‌توان نوع زئولیت را شناسایی کرد.

شناسایی نمونه‌های جدید

به منظور دستیابی به اطلاعات معنی‌دار و قابل قبول، آزمایشهایی باید روی نمونه‌ای انجام شود که ترکیب و خصوصیات آن منعکس‌کننده کل ماده مورد نظر باشد. هنگامی که کل ماده بزرگ و ناهمگن باشد انتخاب نمونه مورد بررسی باید به گونه‌ای صورت‌گیرد که نماینده کل ماده باشد. در نمونه‌برداری علمی در سه مرحله زیر صورت می‌گیرد:

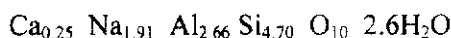
الف- شناسایی کیفی کل ماده که نمونه‌برداری از آن باید صورت پذیرد.

ب- تهیه یک نمونه بزرگ از کل ماده به نحوی که نماینده کل توده باشد.

ج- همگن نمودن نمونه بزرگ و تقسیم آن به نمونه‌های کوچکتر

در این پژوهش، پس از بررسی ابعاد ذخایر زئولیتی، از بخشهای مختلف آن نمونه‌هایی که با انجام آزمایشهای مقدماتی احتمال زئولیت بودن آن وجود داشت برداشت شدند (بسیاری از گونه‌های زئولیتی با استفاده از شکل ظاهری و نیز واکنش ندادن با اسید کلریدریک قابل تشخیص‌اند). پس از جدا کردن ناخالصی‌های مشهود، نمونه‌ها را به صورت پودر درآورده و آنگاه ناخالصی‌های مغناطیسی موجود با یک میله مغناطیسی جدا شدند. پودر باقیمانده را چند بار با آب مقطر شستشو دادیم تا ناخالصی‌های محلول در آب از آن جدا شوند. از پودر همگن بدست آمده مقداری برای آزمایشهای بعدی برداشت شد.

۱- نمونه منطقه جنوب تهران: در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب تهران نمونه‌هایی از زئولیت طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام مراحل نمونه‌برداری و خالص‌سازی، با استفاده از روش‌های کلاسیک و دستگاهی، نمونه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت و فرمول شیمیایی آن به دست آمد. سپس با به کارگیری روشهای گرمایی و پراش پرتو X (XRD) منحنی‌های گرمایی نمونه و الگوی پرتو X نمونه تهیه شد. با اطلاعات به دست آمده، معلوم شد که نمونه از نوع ناترولیت است که فرمول مدل واحد نمونه به صورت زیر است:

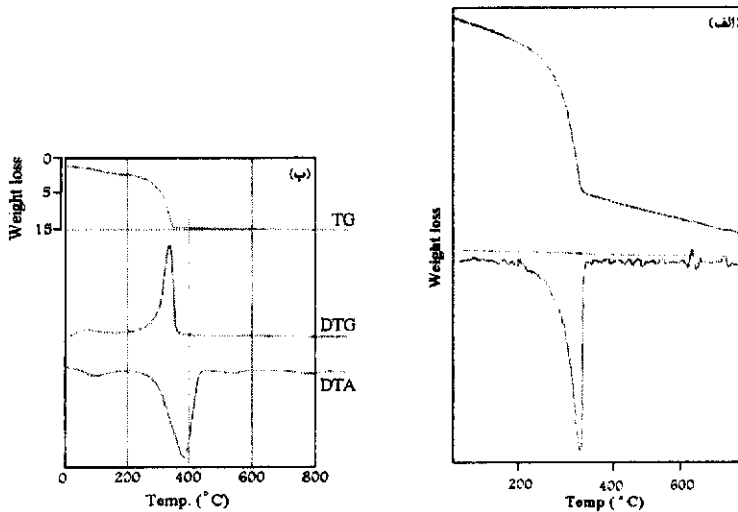


اطلاعات به دست آمده از خطوط طیفی XRD در جدول ۱ و منحنی‌های گرمایی آن را در شکل ۱ می‌توان دید. ناترولیت زئولیتی است که در حفره‌ها و شکافهای سنگهای آذرین یافت می‌شود. این زئولیت با محلولهای گرمایی یا حتی سطحی، دیرتر از کانیهای زئولیتی دیگر تشکیل می‌شود و همراه با زئولیت‌هایی از قبیل آنالسیم، استیلیت، شابازیت، هولاندیت و لامونتایت یافت می‌شود.

۲- نمونه گودنه ملا احمد: تاکنون گزارشی از وجود زئولیت طبیعی در این منطقه داده نشده‌است. با مطالعه و بررسی‌های اولیه زمین‌شناسی منطقه واقع در جاده اصفهان-نائین نمونه‌های پراکنده‌ای جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پراش پرتو X همراه با خطهای پراش نمونه مرجع مزولیت در جدول ۲ نشان داده شده است. در منحنی‌های گرمایی نمونه در شکل ۲ نیز سه قله سرشتی مزولیت دیده می‌شوند.

جدول ۱ اطلاعات حاصل از خطوط طیفی XRD نمونه جنوب و نمونه مرجع [۴].

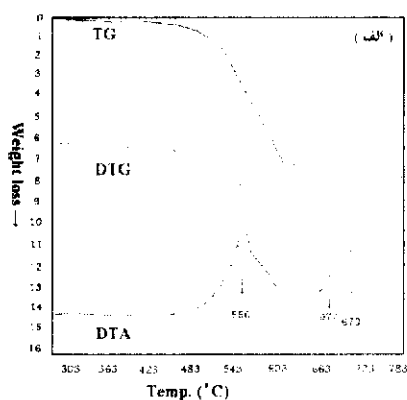
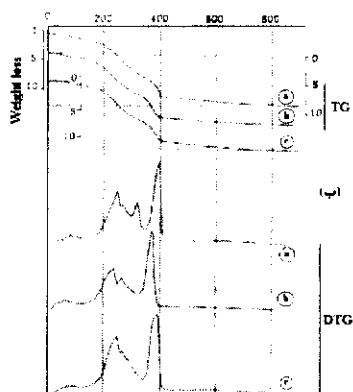
نمونه مورد آزمایش		نمونه مرجع [۴]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۶/۵۲	۱۰۰	۶/۵۲	۵۹
۵/۱۸۸	۲۹	۵/۱۸۹	۱۰۰
۴/۶	۲۶	۴/۶۶	۲۵
۴/۵۸	۲۵	۴/۵۷	۱۶
۴/۱۵	۵۰	۴/۳۹	۴۰
۴/۱۰	۲۲	۴/۳۵	۴۷
۳/۱۹	۱۵	۴/۱۵	۲۲
۳/۰۳	۶	۴/۱۰	۱/۶
۲/۱۸۶	۴۱	۳/۱۹	۳۲
۲/۸۴	۲۰	۳/۱۵	۳۷
۲/۴۹	۵	۲/۸۶	۶۲
۲/۴	۹	۲/۸۴	۵۵
۲/۳۹	۷	۲/۵۷	۱۲
۲/۱۸	۱۴	۲/۴۴	۱۶
۱/۸۹	۴	۲/۴۱	۱۵
۱/۷۰	۹	۲/۱۹	۱۲/۵



شکل ۱ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه جنوب تهران، (ب) نمونه مرجع [۱].

جدول ۲ اطلاعات حاصل از خطوط طیفی XRD نمونه گردنه ملا احمد و نمونه مرجع [۴]

نمونه مورد آزمایش		نمونه مرجع [۴]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۶/۵۸	۶۴/۲	۶/۶۰	۶۰/۰
۵/۸۸	۴۰/۳	۶/۱۵	۱۰/۰
۵/۴۱	۱۰/۱	۵/۹۰	۶۲/۰
۴/۷۰	۱۰۰/۰	۵/۴۰	۱۰/۰
۴/۶۱	۲۹/۲	۴/۷۲	۴۲/۰
۴/۴۶	۳۲/۳	۴/۶۲	۳۰/۰
۴/۳۵	۲۸/۲	۴/۴۱	۵۵/۰
۴/۱۸	۶۲/۱	۴/۳۷	۴۵/۰
۴/۱۳	۱۲/۸	۴/۲۱	۳۰/۰
۳/۲۱	۱۸/۲	۴/۱۵	۱۸/۰
۳/۱۵	۴۹/۵	۳/۱۵	۸/۰
۲/۹۷	۱۳/۲	۳/۹۳	۱۰/۰
۲/۹۳	۱۶/۴	۳/۳۰	۸/۰
۲/۸۸	۱۹/۵	۳/۱۵	۳۸/۰
۲/۸۵	۱۱/۳	۳/۰۰	۳۰/۰
۲/۶۸	۹/۱	۲/۹۸	۴/۰
۲/۴۲	۴۴/۲	۲/۴۴	۴۵/۰
۲/۱۹	۳۰/۱	۲/۸۹	۱۰۰/۰
		۲/۸۶	۷۰/۰
		۲/۴۶	۱۶/۰
		۲/۲۰	۱۵/۰



شکل ۲ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه گردنه ملا احمد، (ب) نمونه مرجع [۱].

۳- نمونه منطقه طالقان: نتایج پراش پرتو X این نمونه در جدول ۳ ارائه شده است. این خطها در زئولیت استلرات دیده شده است [۲].

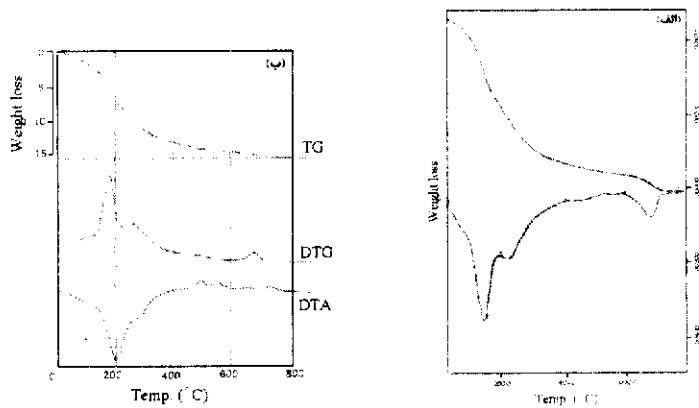
منحنی‌های گرمایی نمونه یک قله پهن در گستره 200°C - 150°C را نشان می‌دهد. منحنی گرمایی با این ویژگی در استلرایت مشاهده شده است که تعلق نمونه را به نوع زئولیت استلرایت تأیید می‌کند. زئولیت امیسایت که یک نمونه نادر زئولیتی است، و برای اولین بار در سال ۱۹۷۹ شناسایی شده است نیز دارای منحنی گرمایی مشابهی است [۱]. ولی خطوط طیفی XRD نمونه شباهت چندانی به امیسایت ندارد. در طیف گرمایی نمونه قله دیگری در حدود دمای 700°C مشاهده شد که به ناخالصی کلسیت مربوط می‌شود. منحنی گرمایی نمونه منطقه طالقان و نمونه مرجع [۱] در شکل ۳ آمده‌اند.

۴- نمونه منطقه قله خرگوشی: این منطقه در شرق مرداب گاوخونی قرار دارد. منحنی‌های گرمایی این نمونه دارای سه قله پهن در گستره 200 ، 310 و 400°C است. این منحنی با منحنی‌های گرمایی مرجع [۱] در شکل ۴ آمده‌اند، و حضور لامونتایت را در نمونه مورد آزمایش تأیید می‌کند. طیف پراش XRD نمونه با شدت‌هایی نسبت آنها در جدول ۴ نشان داده شده است. این خطوط در نمونه مرجع لامونتایت مشاهده می‌شود [۱، ۲].

۵- نمونه منطقه کرکس: این نمونه از رخنمون‌هایی منطقه کوهستان کرکس نزدیک به روستای حسن‌آباد شناسایی و تهیه شد. در منحنی گرمایی آن قله مربوط به آب‌دهی زئولیت در دو ناحیه $210/0^{\circ}\text{C}$ و $373/3^{\circ}\text{C}$ دیده می‌شود. مقایسه این منحنی با منحنی گرمایی مرجع [۱] وجود اسکولاسایت را تأیید می‌کند (شکل ۵). خطوط طیفی XRD نمونه با نمونه مرجع موجود در حافظه دستگاه مقایسه و مشخص شد که نمونه اسکولاسایت است (شکل ۶).

جدول ۳ اطلاعات حاصل از خطوط طیفی XRD نمونه طالقان و نمونه مرجع [۱]

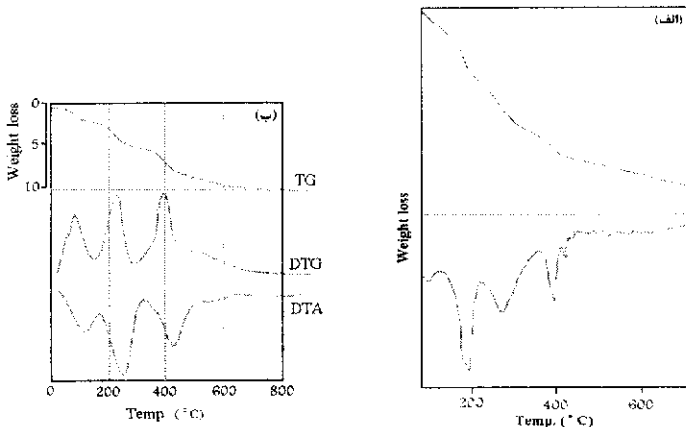
نمونه مورد آزمایش		نمونه مرجع [۱]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۶٫۳۸	۱۲٫۱	۹٫۰۳	۱۰۰
۵٫۴۳	۹٫۴	۶٫۳۷	۱۰
۵٫۴۱	۱۲٫۱	۵٫۴۴	۱۲
۵٫۲۸	۱۰۰٫۰	۵٫۴۱	۳
۴٫۶۴	۳۰٫۲	۵٫۳۸	۴
۴٫۲۸	۸٫۸	۴٫۶۵	۱۵
۴٫۰۴	۱۹٫۱	۴٫۴۷	۲
۳٫۷۴	۱۱٫۲	۴٫۶۶	۴۵
۳٫۳۹	۸٫۶	۴٫۰۱	۶
۳٫۱۷	۱۸٫۴۰	۳٫۷۳	۵
۳٫۰۲	۱۴٫۶	۳٫۴۸	۳
۳٫۰۰	۱۶٫۴	۳٫۳۹	۷
۲٫۷۷	۲۱٫۶	۳٫۱۸	۷
۲٫۵۶	۱۴٫۱	۳٫۱۰	۳
۲٫۳۵	۱۵٫۳	۳٫۰۲	۲۳
		۳٫۰۶	۱۰
		۲٫۸۷	۲
		۲٫۷۷	۸
		۲٫۵	۴
		۲٫۴۵	۱
		۲٫۳۵	۲



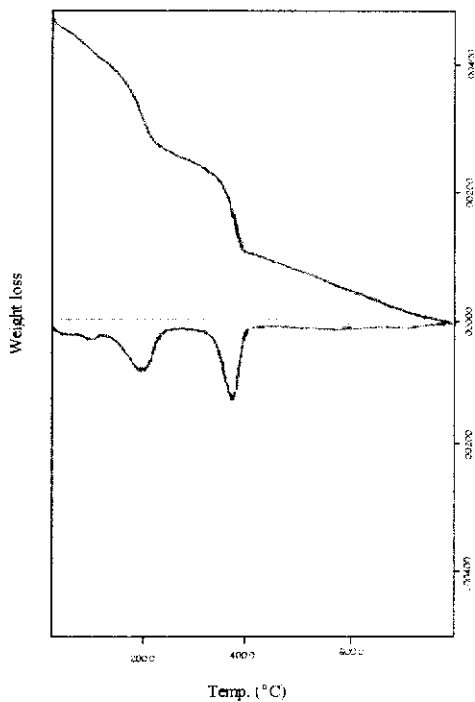
شکل ۳ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه منطقه طالقان، (ب) نمونه مرجع [۱]

جدول ۴ اطلاعات حاصل از خطوط طیفی XRD نمونه قلعه خرگوشی و نمونه مرجع [۱]

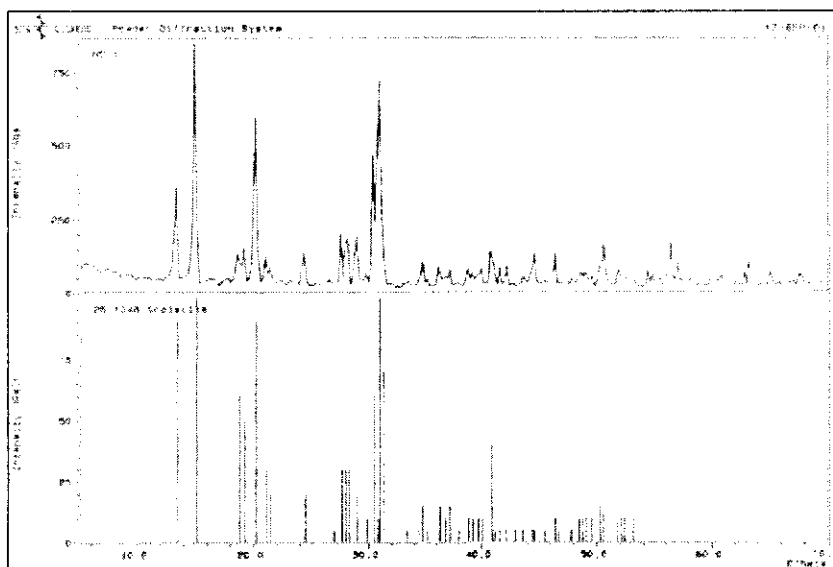
نمونه مورد آزمایش		نمونه مرجع [۱]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۶/۸۲	۴۴/۳	۹/۴۳	۷۸
۶/۱۸	۱۴/۴	۶/۸۲	۵۶
۵/۰۴	۱۲/۱	۶/۱۸	۹
۴/۴۸	۲۸/۳	۵/۰۴	۱۸
۴/۱۶	۱۰۰/۰	۴/۷۵	۱۶
۳/۷۶	۸/۱	۴/۴۹	۳۲
۳/۶۳	۲۴/۲	۴/۱۵	۱۰۰
۳/۵۰	۶۸/۱	۳/۷۶	۸
۳/۴۰	۱۱۸	۳/۶۵	۴۲
۳/۲۹	۳۴/۴	۳/۵۰	۹۴
۳/۱۹	۱۱/۲	۳/۴۰	۲۶
۲/۹۴	۱۲/۳	۳/۳۵	۳۴
۲/۸۷	۲۹/۱	۳/۲۶	۶۳
۲/۶۴	۱۰/۱	۳/۱۹	۴۵
۲/۵۷	۱۳/۲	۳/۰۳	۴۵
۲/۴۳	۱۸/۴	۲/۸۷	۳۸
۲/۳۶	۱۲/۱	۲/۸۶	۳۸
		۲/۵۵	۳۴
		۲/۴۳	۴۳
		۲/۳۵	۲۳
		۲/۱۵	۲۸



شکل ۴ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه قلعه خرگوشی (ب) نمونه مرجع [۱].



شکل ۵ نحی گرمای (TG,DTG) نمونه منطقه کرکس



شکل ۶ خطوط طیفی XRD نمونه منطقه کرکس و مقایسه آن با نمونه مرجع موجود در

حافظه دستگاه

۶- نمونه منطقه وئین: این منطقه در شمال شرقی گرمسار قرار دارد. منحنی‌های گرمایی این نمونه ویژگی‌های زیر را نشان می‌دهد:

— قلهٔ گرماگیر اول که در $28/7^{\circ}\text{C}$ آغاز و در دمای $457/7^{\circ}\text{C}$ به پایان می‌رسد، و کاهش وزنی معادل $12/89\%$ را نشان می‌دهد. این کاهش وزن به زئولیت نوع کلینوپتیلولایت مربوط می‌شود.

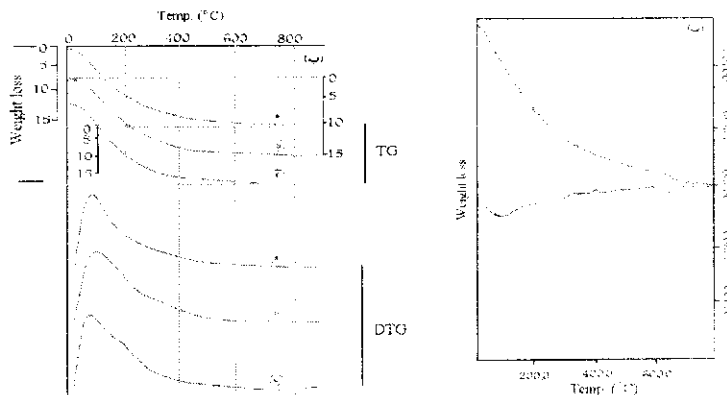
— قلهٔ گرماگیر از $483/3^{\circ}\text{C}$ آغاز و به $710/7^{\circ}\text{C}$ پایان می‌یابد، و درصد کاهش وزن $3/29\%$ نشان‌دهندهٔ ناخالصی کربناتی است. با توجه به کاهش وزن کم این قلهٔ گرماگیر، مشخص شد که ناخالصی کربناتی درصد زیادی را تشکیل نمی‌دهد. منحنی‌های گرمایی نمونه و مرجع [۱] در شکل ۷ و نیز اطلاعات به دست آمده از طیف XRD نمونه و مقایسه آن با نمونهٔ مرجع [۲] در جدول ۵ دیده می‌شود. وجود خطوط طیفی مشترک در این نمونه و نمونهٔ مرجع نیز نوع زئولیت کلینوپتیلولایت را تأیید می‌کند.

۷- نمونه منطقه سمنان: این نمونه از رخنمون‌های منطقه آبگرم سمنان بدست آمد و منحنی گرمایی آن نشان‌دهنده فاز زئولیتی کلینوپتیلولایت است. در این منحنی، قلهٔ اصلی کاهش وزن، از دمای $28/7^{\circ}\text{C}$ آغاز می‌شود و تا $411/0^{\circ}\text{C}$ پایان می‌یابد. میزان کاهش وزن $13/82\%$ است. این قله با نمونهٔ مرجع [۱] مقایسه شد و وجود کلینوپتیلولایت را در نمونه نشان داد (شکل ۸). همچنین اطلاعات طیف XRD نمونهٔ جدول ۵ و مقایسهٔ آن با نمونهٔ مرجع، حضور خطوط طیفی مربوط به کلینوپتیلولایت را تأیید می‌کند.

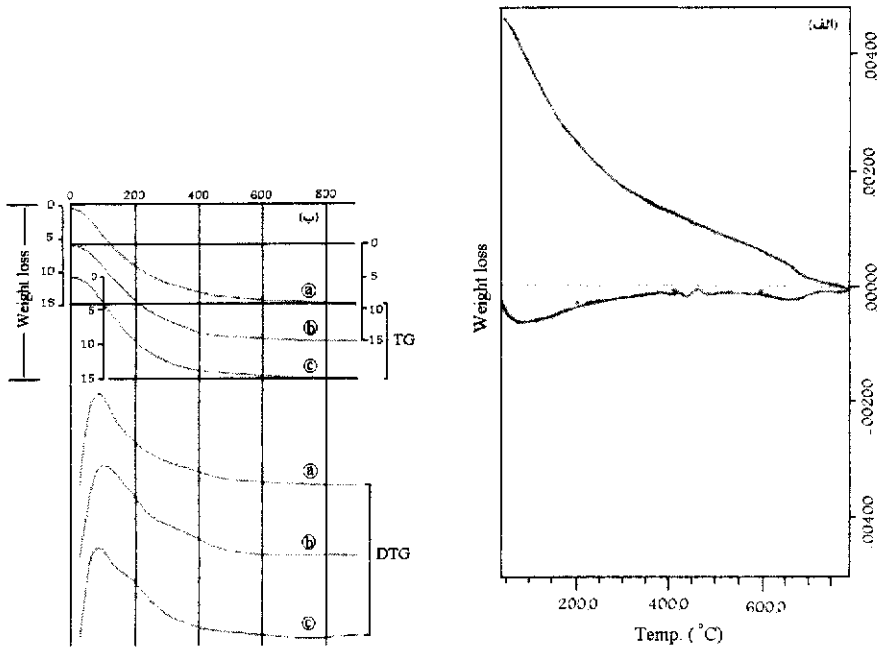
۸- نمونه منطقه فیروزکوه: این نمونه از منطقه‌ای بنام افگر در اطراف فیروزکوه برداشت شد. در منحنی گرمایی این نمونه، قلهٔ آب‌دهی از دمای $28/7^{\circ}\text{C}$ تا $549/3^{\circ}\text{C}$ گسترده شده است، و با میزان آب‌دهی $14/73\%$ نشان‌دهندهٔ وجود فاز زئولیتی از نوع کلینوپتیلولایت است (شکل ۹).

جدول ۵ اطلاعات حاصل از خطوط طیفی XRD سه نمونه کلینوپتیلولایت و نمونه مرجع

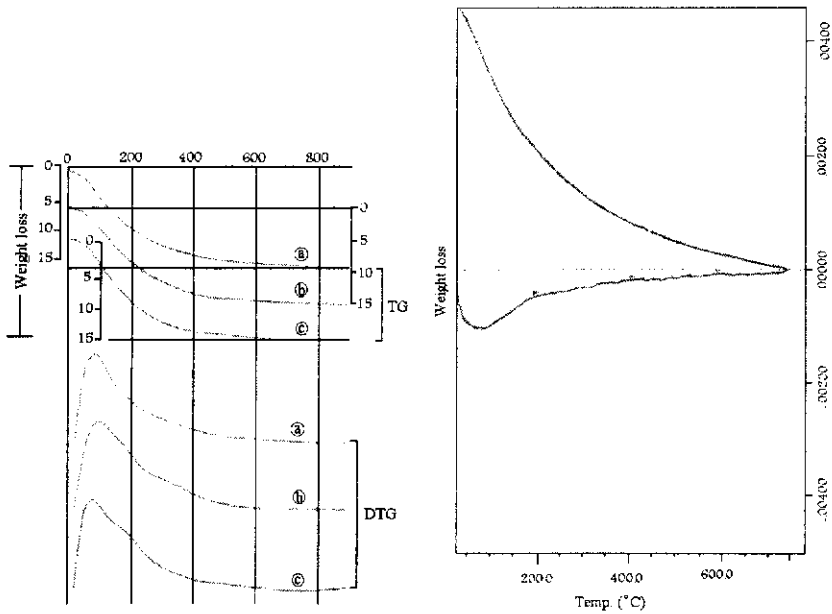
نمونه منطقه گرمسار		نمونه منطقه فیروزکوه		نمونه منطقه سمنان		نمونه مرجع [۱]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۸/۹۸	۵۲	۹/۰۳	۴۸	۹/۰۲	۶۴	۸/۹۵	۱۰۰
۷/۹۵	۱۶	۷/۹۲	۲۲	۷/۹۲	۲۰	۷/۹۳	۱۳
۶/۷۳	۱۳	۶/۷۹	۱۳	۶/۷۷	۱۴	۶/۷۸	۹
۵/۲۴	۱۶	۵/۲۷	۱۵	۵/۲۳	۱۵	۵/۹۴	۳
۵/۱۱	۱۸	۵/۱۰	۱۹	۵/۱۲	۲۰	۵/۵۹	۱۵
۳/۹۶	۱۰۰	۳/۹۷	۱۰۰	۳/۹۷	۱۰۰	۳/۲۴	۱۰
۵۵۲	۲۴	۳/۵۵	۱۶	۳/۵۵	۱۶	۵/۱۲	۱۲
۳/۱۷	۴۴	۳/۴۱	۳۶	۳/۴۲	۳۴	۴/۶۵	۱۹
۲/۹۷	۴۳	۳/۱۷	۳۲	۳/۱۷	۳۲	۴/۳۵	۵
۲/۷۹	۴۱	۲/۹۷	۴۲	۲/۹۷	۴۳	۳/۹۷	۶۱
۲/۷۲	۱۰	۲/۷۹	۲۵	۲/۸۰	۲۶	۳/۹۵	۳
		۲/۷۳	۱۳	۲/۷۰	۱۲/۵	۳/۹۰	۴۸
						۳/۷۳	۶
						۳/۴۲	۱۸
						۳/۳۹	۱۲
						۳/۱۷	۱۶
						۲/۹۹	۱۸
						۲/۹۷	۴۷
						۲/۷۹	۱۶
						۲/۷۳	۱۶



شکل ۷ منحنی های گرمایی (الف) نمونه منطقه گرمسار (ب) نمونه مرجع [۱].

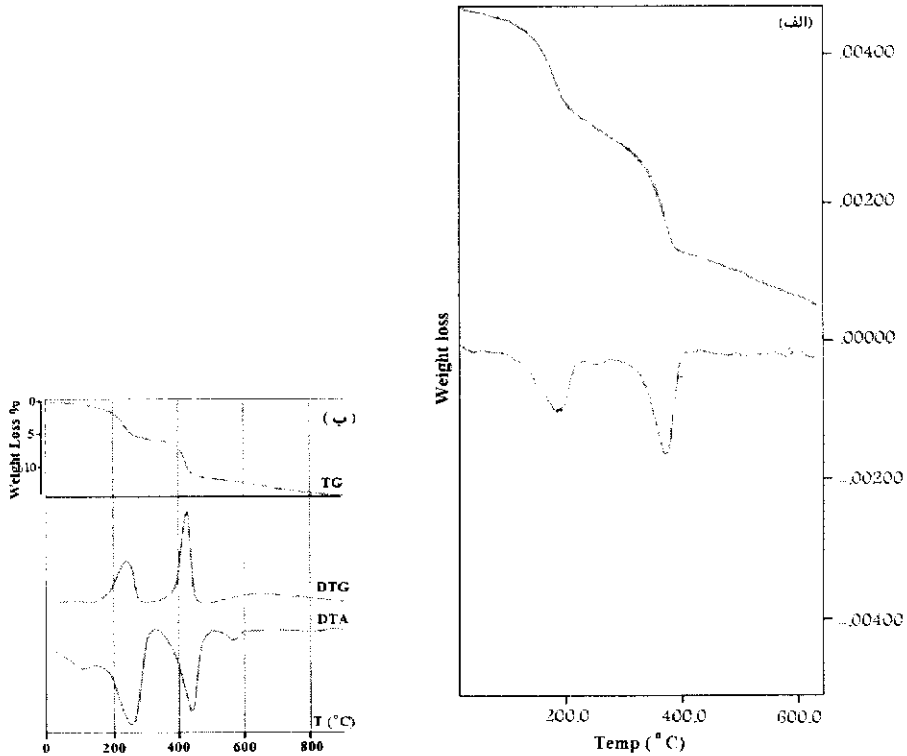


شکل ۸ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه منطقه سمان، (ب) نمونه مرجع [۱].



شکل ۹ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه منطقه فیروزکوه، (ب) نمونه مرجع [۱].

۹- نمونه منطقه اردستان: این نمونه از منطقه جنوب اردستان به دست آمد. در منحنی گرمایی آن دو قله شاخص زئولیتی دیده می‌شوند. بیشینه دمای قله اول $197/3^{\circ}\text{C}$ است و $6/38$ درصد کاهش وزن نشان می‌دهد، و بیشینه دمای قله دوم در $380/7^{\circ}\text{C}$ دیده شد که با $6/22$ درصد کاهش وزن همراه بود. وجود این دو قله بیانگر وجود فاز زئولیتی نسبتاً خالص در نمونه است که شباهت زیادی؛ طیف اسکولاسایت دارد (شکل ۱۰). طیف XRD نمونه در جدول ۶ آمده است. خطوط طیفی با مرجع مقایسه شده است. وجود خطوط طیفی متعدد نشان دهنده حضور اسکولاسایت است.



شکل ۱۰ منحنی‌های گرمایی (الف) نمونه منطقه اردستان، (ب) نمونه مرجع [۲].

جدول ۶ خطوط طیفی XRD نمونه منطقه اردستان و نمونه مرجع [۲]

نمونه منطقه اردستان		نمونه مرجع [۲]	
d (Å)	%I/I ₀	d (Å)	%I/I ₀
۶/۶۲	۲۵/۳	۶/۵۹۰	۹۰
۵/۸۷	۱۰۰/۰	۵/۸۴۸	۱۰۰
۵/۷۶	۲/۱۴	۴/۷۲۲	۶۰
۵/۸۵	۱۸/۳	۴/۶۰۸	۵۰
۴/۷۵	۴۹/۵	۴/۳۸۷	۹۰
۴/۶۱	۳۳/۸	۴/۲۰۸	۳۰
۴/۲۲	۱۸/۹	۴/۱۴۴	۲۰
۴/۱۵	۹/۸	۳/۶۳۳	۲۰
۳/۶۷	۶/۲	۳/۳۰۴	۵
۳/۲۴	۱۱/۴	۳/۲۲۱	۳۰
۳/۲۲	۱۴/۳	۳/۱۸۱	۳۰
۳/۱۹	۲۱/۸	۳/۱۵۱	۳۰
۳/۱۶	۱۶/۴	۳/۶۷۸	۲۰
۳/۰۹	۱۱/۱	۳/۶۷۱	۱۰
۲/۹۹	۱۴/۳	۲/۹۸۷	۱۰
۲/۹۳	۴۲	۲/۹۲۹	۶۰
۲/۸۹	۸۸/۶	۲/۹۰۰	۱۰
۲/۸۵	۴۴/۴	۲/۸۸۲	۱۰۰
۲/۵۸	۱۵/۲	۲/۸۵۱	۷۰
		۲/۶۸۴	۵
		۲/۶۰۸	۵
		۲/۵۷۵	۱۵
		۲/۵۷۹	۱۵
		۲/۴۷۴	۱۰
		۲/۴۴۰	۱۰
		۲/۴۱۶	۱۵
		۲/۳۱۵	۱۰
		۲/۲۹۱	۱۰
		۲/۲۶۷	۱۰
		۲/۲۴۸	۱۰

برداشت

باتوجه به بررسی به عمل آمده، به نظر می‌رسد که تنوع و پراکندگی گونه‌های مختلف زئولیتی در ایران بسیار زیاد است. تاکنون بیش از ۴۰ گونه زئولیت طبیعی در جهان شناخته شده‌اند که با بررسی کامل‌تر و باتوجه به وضعیت زمین‌شناسی کشور احتمال شناسایی کلیه این گونه‌ها در ایران وجود دارد. زئولیت‌های طبیعی باتوجه به ساختار و ترکیب شیمیایی متفاوت دارای کاربردهای متفاوتی هستند. باتوجه به پراکندگی، ذخیره‌های بالا و خلوص نسبتاً بالای زئولیت‌های طبیعی ایران، از آنها می‌توان بعنوان ذخایر ارزشمند استفاده نمود. فقدان اطلاعات علمی کافی در مورد نوع زئولیت‌ها و خواص آنها سبب شده است تا از این ذخایر باارزش بهره‌برداری مفید صورت نگیرد. لذا باید تلاش مستمری صورت گیرد تا زئولیت‌های طبیعی ایران شناسایی و خواص آنها بررسی و به استفاده‌کنندگان معرفی شوند. هدف اصلی این تحقیق آغازی بر این تلاش است.

مراجع

1. Gottardi G., Galli E., *Natural Zeolites*, Springer-Verlag (1985) p. 318.
2. Ballmoss R.V., *Collection of simulated XRD patterns for zeolites*, Butterworth & Gilfor (1984).
3. Alberti A., Hentschel G., *Amicite-A new zeolite*, Neues jahrab Miner. Monatsh (1979) pp. 41-488.
4. Tracy M.M.J., Higgin J.B., Von Balloms R., *Collection of simulated for Zeolites*, Library of Congress Cataloging-in-Publication data (1996).
5. Breck D.W., *Zeolites Molecular Sieves*, John Willy-inter Science, New York (1974).