مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقاله شماره ۱۰

موضوع:

بررسی امکان استفاده از زئولیتهای طبیعی ایران جهت حفظ و افزایش رطوبت خاک و نیز تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی برای مصارف کشاورزی و صنعتی

تألیف:

حسین کاظمیان[۱] و حسین فقیهیان[۲]

چکیده

ساختمان، بافت و ترکیب شیمیائی زئولیتهای طبیعی و فرمهای اصلاح شده آنها که از خانواده آلومینوسیلیکاتهای هیدراته حاوی کاتیونهای قلیایی و قلیایی خاکی اند، آنها را منابع بالقوه مهمی در زمینه‌های گوناگون من جمله پدیده تبادل یون، جذب و واجذب گازها و استفاده بعنوان کاتالیست در صنایع نفت و پتروشیمی نموده است.گونه‌هایی از آنها بدلیل ساختمان خاص کاندیدای مناسبی برای تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی به حساب می آیند.

در ایران علیرغم وجود منابع و ذخایر عظیم این ماده معدنی، تاکنون کارهای علمی و تحقیقاتی قابل توجه‌ای در جهت بررسی امکان استفاده از آنها در زمینه‌های مختلف فوق الذکر بعمل نیامده است .در این مقاله سعی خواهد شد تا ضمن مرور مختصر تعدادی از مقالات منتشره در رابطه با کارهای انجام شده بر روی زئولیتهای طبیعی در زمینه استفاده از آنها در جذب و حذف کاتیونهای سنگین مضر و نیز یون آمونیوم از فاضلابهای شهری و صنعتی در سایر کشورها، قسمتی از کار تحقیقاتی انجام شده بر روی سه نمونه زئولیت طبیعی موجود در مناطق سمنان، فیروزکوه،و میانه گزارش شده و نتایج حاصل از بررسی میزان جذب کاتیونهای آمونیوم، نقره، سرب، کادمیوم، نیکل و روی بوسیله این نمونه‌ها ارائه گردیده و مورد بحث قرار گیرد.

۱- آزمایشگاه‌های تحقیقاتی جابربن حیان، سازمان انرژی اتمی ایران

۲- دپارتمان شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

مقدمه

زئولیتها آلومینو سیلیکاتهای معدنی کریستالین و هیدراته فلزات قلیایی و قلیایی خاکی با شبکه سه بعدی هستند (۱). اسکلت باز آنها شامل کانالها و حفراتی حاوی کاتیونها و مولکولهای آب است و به علت تحرک این کاتیونها، پدیده تبادل یون که یکی از ویژگیهای زئولیتهاست میسر میگردد. از خصوصیات بارز زئولیتها قابلیت آنها در دهیدراسیون برگشت پذیر و نیز تبادل کاتیونها بدون تغییر ساختمانی است(۲).

دهیدراسیون برگشت پذیر بهمراه جذب مایعات و گازها دلایلی محکم بر تشکیل چارچوب زئولیتها از خلل و فرج میباشد. تجزیه و تحلیل ساختاری بکمک روشهای پراش سنجی اشعه ایکس و پراش سنجی نوترنی این موضوع را تأیید میکنند(۳).

از نقطه نظر کریستالوگرافی فرمول سلول واحدیک زئولیت را میتوان بصورت زیر بیان کرد (۴):

$$M_{x/n}[(Al_2O_3)_x\ (SiO_2)_y] \cdot W\ H_2O$$

که در این فرمول M کاتیون قلیایی یا قلیایی خاکی با ظرفیت n است و W تعداد ملکولهای آب و $(x + y)$ مبین تعداد چهار وجهی‌های سلول واحد میباشد، در حقیقت ترکیب داخل کروشه پیکره اصلی را تشکیل میدهد.

زئولیتها بطور کلی شامل دو دسته طبیعی ومصنوعی (سنتزی) که که امروزه تقریباً" اکثر گونه‌های طبیعی بفرم سنتزی نیز تهیه شده‌اند. اولین گونه زئولیت طبیعی در حدود دو قرن پیش توسط یک معدن شناس سوئدی بنام کرونستد(Cronstedt) کشف و ثبت شده‌است (۵). همچنین نخستین نوع زئولیت سنتزی بوسیله دالتر(Dolter) در سال ۱۸۹۰ گزارش شده است (۶). حضور کاتیونها و سهولت تعویض آنها پدیده بسیار حائز اهمیت تبادل یونی را باعث میشود. برای اولین بار موضوع تعویض یونی زئولیتها بوسیله ایچورن(Eichhorn) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت(۷)و از آن پس از آنها در مقیاس صنعتی و در نقش سختی گیرآب مورد استفاده واقع گردیدند(۸).

ابعاد حفرات وکانالهای هر زئولیت از مشخصه‌های آن میباشد که باعث ایجاد پدیده جذب گزینشی، یعنی جذب یک یون یا مولکول خاص در حضور گونه‌های دیگر میشود.اگر چه انواع مصنوعی زئولیتها بدلایلی از جمله درجه خلوص بالا، قابل دسترس بودن و نیز اندازه حفرات قابل تغییر و تنظیم بکمک شرایط ویژه سنتز بر انواع طبیعی برتری دارند ولی بدلیل کشف منابع و ذخایر عظیم و نسبتاً" خالص انواع گونه‌های طبیعی در اقصی نقاط جهان و نیز بدلیل ارزانی و عدم انحصار آنها در دست شرکتها و کمپانیهای بزرگ، نظر بسیاری از محققین رشته‌های مختلف علوم و همچنین صنایع گوناگون را بخود جلب کرده است و نتایج بسیار امیدبخشی را بدنبال داشته است(۹).

از نقطه نظر منشاء، زئولیها در محیطهای آتشفشانی (تحت شرایط هیدروترمال)، در بستر دریاچه‌های نمکی و نیز در لایه‌های رسوبی یافت میشوند (۱۰).فراوانترین انواع زئولیتهای طبیعی شامل کلینوپتیلولیت (Clinoptilolite)، آنالسیم (Analsim)، لامونیت(Lamunite) ،فیلیپسیت(Phillipsite)، موردنیت(Mordenite) و هیولاندیت(Heulandite) هستند که از نظر جغرافیایی در کشورهایی چون ایالات متحده آمریکا، مکزیک، بلغارستان ،ایتالیا، روسیه، کوبا و... دارای ذخایر قابل توجه‌ای میباشند (۱۱). در کشور ما نیز گزارشهای اکتشافی متعددی در رابطه با وجود این دسته از کانسارهای اقتصادی مختصراً به چاپ رسیده است(۱۲).

با وجود تعدد انواع گونه‌های طبیعی و مصنوعی شناخته شده تاکنون تنها تعداد کمی از آنها کاربردصنعتی پیدا کرده اند و از نقطه نظر اقتصادی و تجاری مورد توجه واقع شده‌اند که از آن جمله میتوان از زئولیتهای سنتزی ZSM-5, Zeolon, F, Gamma, Y, X, L, A و W و زئولیتهای طبیعی کلینوپتیلولیت، موردنیت‌شابازیت و اریونیت نام برد (۹).

بطور کلی سه عامل مهم ساختمان شیمیائی، فراوانی و قابلیت دسترسی، و نیز ارزش اقتصادی تعین کننده زمینه‌های کاربردی تجاری زئولیتهاست. عامل مهم در پایداری ساختمانی از جهات مختلف حرارتی‌شیمیائی و فیزیکی ترکیب شیمیائی زئولیت است، بر این اساس هر چه درصد سیلیس نمونه بالا تر باشد پایداری بیشتری نسبت به دما و محیط‌های فعال شیمیائی از خود نشان میدهد (۱۳).

زئولیتها تاکنون در صنایع مختلفی اعم از صنایع نفت و پتروشیمی بعنوان کاتالیزور، در جداسازی و تخلیص گازها بکمک پدیده غربال مولکولی، انرژی خورشیدی، صنایع آتش‌نشانی، صنایع نسوز و سرامیک، صنایع شوینده بعنوان جایگزین فسفاتها، صنایع کشاورزی بعنوان حاصلخیز کننده و افزاینده رطوبت خاک، در دامپروری بدلیل جذب گازهای موجود در معده حیوانات وکمک به هضم راحتتر، و از همه مهمتر در تصفیه و پاکسازی فاضلابهای شهری ،صنعتی، و هسته ای از آلاینده‌های مضری نظیر فلزات سنگین و سمی ،آمونیاک ،و رادیو ایزوتوپهایی مانند سزیم و استرانسیم کاربرد تجاری پیدا کرده اند(۱۴).

در رومانی با افزودن توفهای زئولیتی از نوع کلینوپتیلولیت به حوضچه‌های پرورش ماهی به میزان ۲ تن در هکتار در مدت زمان ۱۰۰ روز به میزان ۱۵٪ افزایش تولید مشاهده کرده‌اند، همچنین با اضافه کردن ۲۵ تا ۱۰۰ تن زئولیت بر هکتار زمینهای زیرکشت سیب زمینی بین ۳۰٪ تا ۷۰٪ افزایش تولید داشته اند (۱۵).در ایتالیااثرات کوتاه مدت افزودن توفهای زئولیتی از نوع فیلیپسیت به خاکهای زراعی به نسبت ۱/۱۰۰ و تغییر میزان کاتیونهای در دسترس، افزایش درصد رشد گیاهان بررسی شده است. بعنوان مثال میزان کاتیون پتاسیم از ۴۲۰ PPMبه ۷۱۰PPM وکلسیم از ۴۷۷۰PPM به ۵۰۳۶ PPM و سدیم از ۳۲۹ PPM به PPM ۴۷۶ افزایش نشان داده‌اند(۱۶). همچنین در کشور رومانی از توفهای حاوی کلینوپتیلولیت پس از فعال کردن بوسیله اسید کلریدریک ۲ نرمال بمدت ۲ ساعت ودر دمای ۲۰ درجه و با نسبت جامد به مایع برابر با ۱/۴ در فرایند Coagulation در تصفیه آب جهت حذف ذرات کلوئیدی و سایر آلوده کننده‌ها و میکروارگانیزم‌های

موجود در آب استفاده کرده اند که نتایج حاصل بسیار امیدوار کننده بوده است (۱۷) .استفاده از توفهای کلینوپتیلولیت در فرایند فیلتراسیون تصفیه آبهای آشامیدنی در رومانی در مقایسه با فیلترهای شن کوارتزی (Quartz Sand Filters) باعث کاهش هزینه‌های تصفیه به میزان ۲۰-۳۰ ٪ مقدار اولیه شده است(۱۸). ناسا(NASA) سازمان ملی هوا- فضای آمریکا در برنامه پیشرفته حمایت و پشتیبانی زندگی طولانی در فضا(ALS) برای بازیابی فاضلابهای متعدد انسانی واز جمله ادرار جهت جذب و حذف یون آمونیوم به هدف کاهش نیاز به ارسال آب بیشتر به فضا از زئولیتها به عنوان یکی از مبادله کننده‌هایی که تمایل زیادی به جذب آمونیوم دارد استفاده کرده است(۱۹).در روسیه برای کاهش آلودگی روزافزون محیط اعم از آب ،خاک و هوا و ضرورت توسعه روشهای مناسب پاکسازی و تصفیه آنها با تغییر توفهای زئولیتی حاوی کلینوپتیلولیت به نوعی فرو مغناطیس و به دلیل قابلیت مغناطیس پذیری زئولیت اصلاح شده و ظرفیت کاتیونی بالا ازآن برای تصفیه محلولهای به شدت کدر و لجنها و همچنین خاک استفاده کرده اند و با افزودن ماده فرو مغناطیس تولید شده به خاک با تغییر نسبت آنها از ۱/۲۵ به حدود ۱/۱ بازیابی رادیوایزوتوپ استرانسیوم از ۴۵٪ به ۸۹٪ و بازیابی رادیوایزوتوپ سزیم از ۱۳٪ به ۵۶٪ افزایش نشان داده است (۲۰).در کشور اوکراین از کلینوپتیلولیت اصلاح شده با مقادیر زیادی اکسید منگنز برای حذف آهن و منگنز زدایی کامل آب چاههای آرتزین در زمانهای طولانی استفاده شده است (۲۱).در ترکیه برای حذف کرم از فاضلابهای صنعتی از کلینوپتیلولیت استفاده شده است (۲۲). در کشور اسلواکی نیز استفاده از توفهای کلینوپتیلولیتی برای تصفیه فاضلابهای ناشی از فعالیتهای معدنکاری گزارش شده است(۲۳). در مجارستان پس از استفاده زئولیت نوع کلینوپتیلولیت برای جذب یون آمونیوم از فاضلابهازئولیت اشباع شده را با محلول سدیم کلراید یا پتاسیم کلرایدشستشو داده و پس از جذب محلول حاصل از شستشو در اسید فسفریک، آمونیوم هیدرو فسفات تولید کرده و از آن بعنوان کود در مصارف کشاورزی استفاده کرده‌اند(۲۴).

آزمایشات

نمونه‌های مورد تحقیق طبق اصول علمی نمونه برداری از مناطق سمنان، فیروزکوه و میانه تهیه شده و پس از آسیاب کردن با استفاده از غربالهای استاندارد ASTM.E-11 دانه بندی شده وبه منظور جداسازی ناخالصی های محلول در آب به مدت ۲۴ ساعت در آب کاملا" دیونیزه و در دمای نزدیک به جوش رفلاکس گردید و سپس صاف شده ودر دمای ۱۰۰ درجه خشک ودر داخل دسیکاتور حاوی آمونیوم کلراید اشباع جهت ثابت ماندن فشار بخار نمونه در طی زمان آزمایشات نگهداری شد. اندازه ذرات بین ۵۰۰-۲۲۴ میکرون بعنوان نمونه اصلی مورد آزمایشات شیمیایی و سایر آزمایشات تعیین ساختمان قرار گرفت.

برای شناسایی نوع زئولیتها ابتدا تجزیه شیمیایی نمونه‌ها بر اساس روشهای توصیه شده بوسیله ماکسول(Maxwell) (۲۵) انجام پذیرفت. میزان کاهش کلی وزن (L.O.I) که در اینجا بعنوان آب نمونه

منظور میشود، در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد و بمدت ۴ ساعت در کوره الکتریکی اندازه گیری شد.پس از تجزیه شیمیایی و مشخص شدن ترکیب درصد عناصر موجود در نمونه‌ها به منظور تعیین نوع ساختمان از نقطه نظر کریستالوگرافی با استفاده از دستگاه پراش سنج اشعه ایکس (XRD) الگوهای پراش نمونه‌ها بدست آمد. با توجه به اینکه زئولیتهای هم خانواده از نظر ساختمانی بسیار بهم شبیه هستند، یکی از راههای مفید جهت تعیین دقیق گونه زئولیت استفاده از روشهای تجزیه حرارتی (TA) از قبیل تجزیه حرارتی وزنی(TGA) وتجزیه حرارتی دیفرانسیلی(DTA) میباشد، به این منظور منحنی‌های تجزیه حرارتی وزنی نمونه‌ها تهیه گردید. پس از طی مراحل شناسایی وتعیین ساختمان نمونه‌ها وبا توجه به مطالعات کتابخانه‌ای انجام شده، آنها کاندیدای بسیار مناسبی برای بررسیهای تبادل یون بمنظور جذب و حذف کاتیونهای مختلف من‌جمله آمونیوم و فلزات سنگین از فاضلابهای شهری و صنعتی تشخیص داده شده و آزمایشات متعدد مربوط به میزان گزینش پذیری نمونه‌ها نسبت به کاتیونهای مورد تحقیق در شرایط مختلف بعمل آمد.

ابتدا ظرفیت تبادل کاتیونی (Cation Exchange Capacity ,CEC) که یکی از مشخصه‌های هر مبادله کننده یونی نسبت به یونهای مختلف است را با قراردادن مقداری از نمونه در مجاورت محلول ۰/۱ نرمال نمک نیترات آمونیوم با نسبت مایع به جامد برابر با ۱/۲۵در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد وبه مدت ۷۲ ساعت برای حصول اطمینان از برقراری تعادل کاتیون بین دو فاز مایع و جامد و سپس صاف کردن نمونه وشستشو با مقادیر اضافی آب مقطر برای شستشوی کامل نمکهای نیترات اضافی و در نهایت استفاده از روش شناخته شده کجلدال برای بدست آوردن غلظت یون آمونیوم محاسبه کردیم و تعداد میلی اکیوالانهای کاتیون وارد شده به ازاء هر گرم زئولیت را بعنوان ظرفیت تبادل کاتیونی بدست آوردیم. دلیل استفاده از یون آمونیوم برای منظور فوق، بالا بودن میزان گزینش پذیری اکثر زئولیتهای طبیعی و سنتزی نسبت به این یون میباشد.علاوه بر ظرفیت تبادل کاتیونی تجربی با محاسبه حاصل جمع اکیوالانهای کاتیونهای قلیایی و قلیایی خاکی موجود در نمونه‌ها، ظرفیت کاتیونی تئوری یا حقیقی که نشانگر مجموع اکیوالانهای کاتیونی قابل تعویض در مبادله کننده است، محاسبه گردید .برای تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی کاتیونهای مختلف‌بر روی زئولیتهای مورد آزمایش بمیزان ۰/۱ گرم از نمونه را در یک ظرف پلی اتیلن درب دار قرار داده و ۱۰ میلی لیتر از محلول ۰/۱ نرمال نمک نیترات کاتیون مربوطه را افزوده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه در داخل شیکر با سرعت ۲۵۰ دور بر دقیقه بهم زده وپس از صاف کردن، محلول زیر صافی و همچنین نمونه زئولیت تحت آزمایش تجزیه شیمیایی واقع شده و تغییرات غلظت کاتیونها محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل میزان گزینش پذیری نمونه‌های زئولیت نسبت به کاتیونهای مورد آزمایش ظرفیت کاتیونی نمونه‌های مورد آزمایش برحسب میلی‌اکیولانهای کاتیون وارد شده به ازاء یک گرم زئولیت محاسبه گردید.همچنین پارامتر ضریب توزیع K_dکه از نقطه نظر محاسبات ترمودینامیک حائز اهمیت است بر طبق فرمول زیر محاسبه شده است که در مقالات دیگر نویسندگان ارائه گردیده است.

$$K_d = (C_i - C_f) / C_f * V / W$$

در این فرمول زیر C_i وC_f به ترتیب نمایانگرغلظت کاتیون قبل وبعد از انجام تبادل و V نشانه حجم محلول استفاده شده‌بر حسب میلی لیتر و W وزن نمونه زئولیت در آزمایش تعیین ضریب توزیع رابر حسب گرم نشان میدهد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصله از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها در جدول شماره(۱) نشان داده شده است ،نسبت سیلیس به آلومینیوم که یکی از مشخصه‌های آلومینوسیلیکاتهاست به ترتیب برای نمونه‌های سمنان، فیروزکوه و میانه بربر با ۴/۴۳، ۵/۰۵ ،و۵/۰۶ است .بالا بودن درصد سیلیس باعث افزایش پایداری حرارتی و شیمیایی و مکانیکی نمونه‌ها خواهد شد. این نتایج بهمراه الگوهای پراش سنجی اشعه ایکس نمونه‌ها که در شکلهای (۳-۱) آمده است‌نشانگر تعلق تمامی نمونه‌های مورد آزمایش به زیر گروه هیولاندیت از دسته زئولیتهای طبیعی است (۴). این گروه از زئولیتها شامل هیولاندیت،کلینوپتیلولیت، استیل بایت (*Stilbite*) و استلریت (Stellerite) میباشد که با توجه به یکسان بودن واحد ساختمانی ثانویه‌ای که شبکه آنها را تشکیل میدهد و در بسیاری از موارد بسته به شرایط تشکیل ممکن است از نظر ترکیب درصد عناصر موجود، شناسایی آنهابه کمک آنالیز شیمیایی و پراش‌سنجی اشعه ایکس (XRD) ممکن نباشد. به این منظور با استفاده از سایر روشهای مکمل نوع دقیق آنها را تعیین میکنند، یکی از این روشها استفاده از دستگاههای تجزیه حرارتی است. شکلهای (۶-۴) نمایانگر منحنیهای آنالیز حرارتی وزنی (TG) نمونه‌ها بهمراه مشتق اول آنها(DTG) میباشد. منحنی‌های حرارتی که مثل اثر انگشت برای هر نمونه مشخصه است در هر سه مورد پیکهای پهن کاهش وزن بین ۳۸۰-۵۰ درجه راکه مشخصه کلینوپتیلولیت است از خود نشان داده‌اند(۴).

ظرفیت کاتیونی تئوری یا حقیقی بترتیب برای نمونه‌های سمنان، فیروزکوه و میانه برابر با ۲/۰۹۶، ۲/۳۵۷ و۲/۳۳۵ میباشد که از جمع نمودن تعداد میلی اکیولان کاتیونهای موجود در نمونه‌های اصلی بدست آمده است. ظرفیت کاتیونی تجربی به روش شرح داده شده در بالا، بترتیب برابر ۱/۸۸، ۱/۸۹ و ۱/۵۷میلی اکیولان برگرم برای نمونه‌های سمنان، فیروزکوه و میانه بدست آمد. ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌ها نسبت به تعدادی از کاتیونهای سنگین که از نقطه نظر آلودگی منابع آب و خاک بسیار حائز اهمیت هستند نیز بروش توضیح داده شده در بخش روش کار محاسبه گردید که نتایج حاصل از آن در جدول شماره (۲) آورده شده است. چنانکه از محتوای جدول پیداست علاوه بر اندازه ذرات اصلی یعنی ۵۰۰-۲۲۴ میکرن دو سایز دیگر نیز برای بررسی اثر اندازه ذرات بر روی میزان تبادل آزمایش شده است. آزمایشات نشان داده‌اند که با کاهش اندازه ذرات مبادله کننده میزان تبادل افزایش نشان میدهد که این پدیده را با توجه به مکانیزم تبادل که از نوع نفوذی و با توجه به قوانین فیک (Fick's Laws) صورت میگیرد، توجیه میکنند.با توجه به نتایج‌موجود در جدول شماره (۲) و نیز نتایج حاصل از آزمایشات مربوط به یون آمونیوم نتیجه گیری میشود که‌بالا ترین میزان جذب

در هر سه نمونه مربوط به یون آمونیوم بوده وپس ازآن به ترتیب یونهای سرب، نقره،کادمیوم، روی و نیکل صرف نظر از نوع نمونه زئولیت بیشترین میزان جذب را نشان میدهند. در طی مراحل این تحقیق علاوه بر نتایج گزارش شده در این مقاله تست‌های مختلف دیگری نیز در بررسی پارامترهای متفاوت مؤثر بر میزان گزینش پذیری فرایند تبادل یونی نمونه‌های فوق صورت پذیرفته است که در مقالات دیگری در مجلات و سمینارهای داخلی و خارجی به چاپ رسیده است (۲۹-۲۶).

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق و با نگاهی کوتاه به نتایج ارئه شده توسط محققین سایر کشورها، استفاده از کلینوپتیلولیت مناطق یاد شده در فرایند تصفیه آبها اعم از فاضلابهای صنعتی و شهری و نیز در تصفیه آب شرب و در زمینه‌های مختلف کشاورزی و دامپروری توصیه میشود. همچنین بدلیل پیوستگی زمینه‌های مختلف تحقیقاتی مربوط به زئولیتها، ایجاد انجمن یا مؤسسه ای به منظور سیاستگذاری در زمینه اولویتهای پژوهشی این شاخه مهم پیشنهاد میشود.این کار در تمامی کشورهایی که ذخایر قابل توجهی از این ماده معدنی را دارند ازقبیل ایالات متحه آمریکا، کوبا، ایتالیا، بلغارستان ،روسیه ،ژاپن و... انجام گرفته است.

در پایان لازم میدانیم که استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد قنادی مراغه معاون محترم تحقیقات و توسعه هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران و همه همکارانی که در آزمایشگاههای تحقیقاتی جابربن حیان سازمان انرژی اتمی با ما همکاری کرده اند سپاسگذاری کنیم.

Sample	$\%SiO_2$	$\%Al_2O_3$	$\%Fe_2O_3$	$\%TiO_2$	%CaO	%MgO	$\%Na_2O$	$\%K_2O$	$\%P_2O_5$	%LOI	%Total
Semnan	64.4 ±0.31	12.80 ± 0.27	1.31 ± 0.03	0.31 ±0.01	2.37 ±0.13	1.15 ±0.02	1.13 ±0.01	2.64 ±0.05	0.21 ±0.01	13.19 ±0.08	99.55
Firouzkooh	67.24 ±1.40	11.71 ±0.20	0.58 0.20	0.42 ±0.01	3.04 ±0.02	1.16 ±0.01	1.19 ±0.01	1.48 ±0.03	no	13.47 ±0.17	100.43
Meyaneh	67.35 ±0.25	11.73 ±0.23	0.88 ±0.01	0.34 ±0.01	2.34 ±0.21	1.21 ±0.01	0.88 ±0.02	1.72 ±0.04	no	12.94 ±0.11	99.43

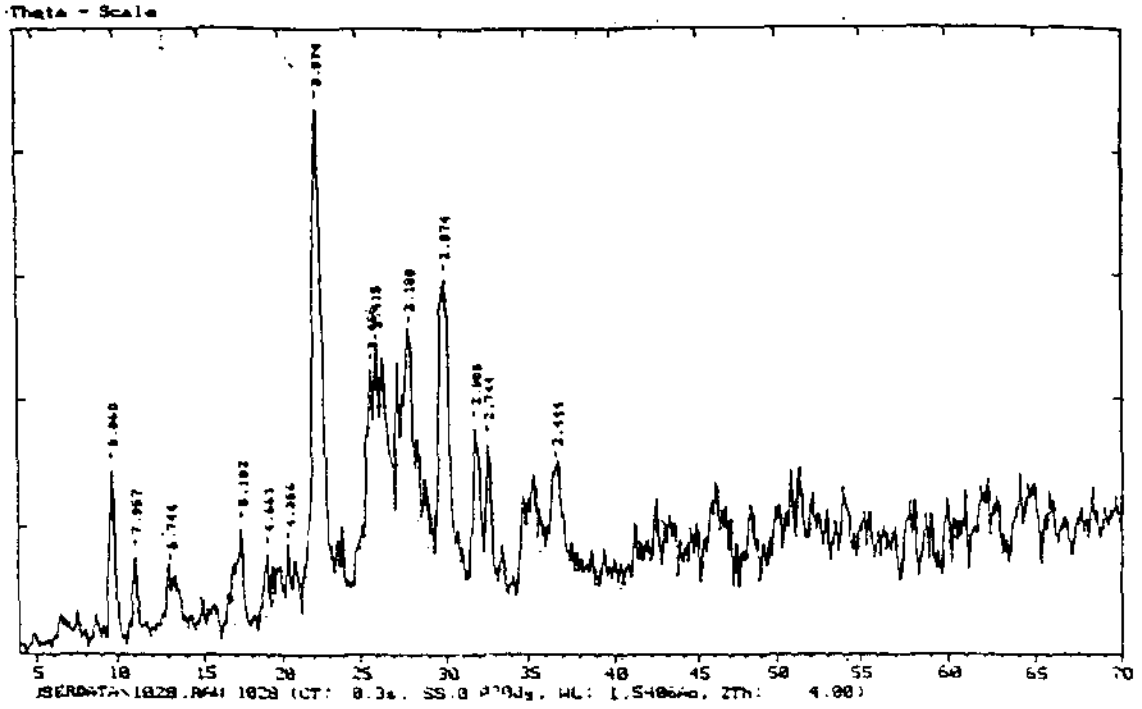
no= not observed

جدول شماره (۱). نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های زئولیت مورد آزمایش

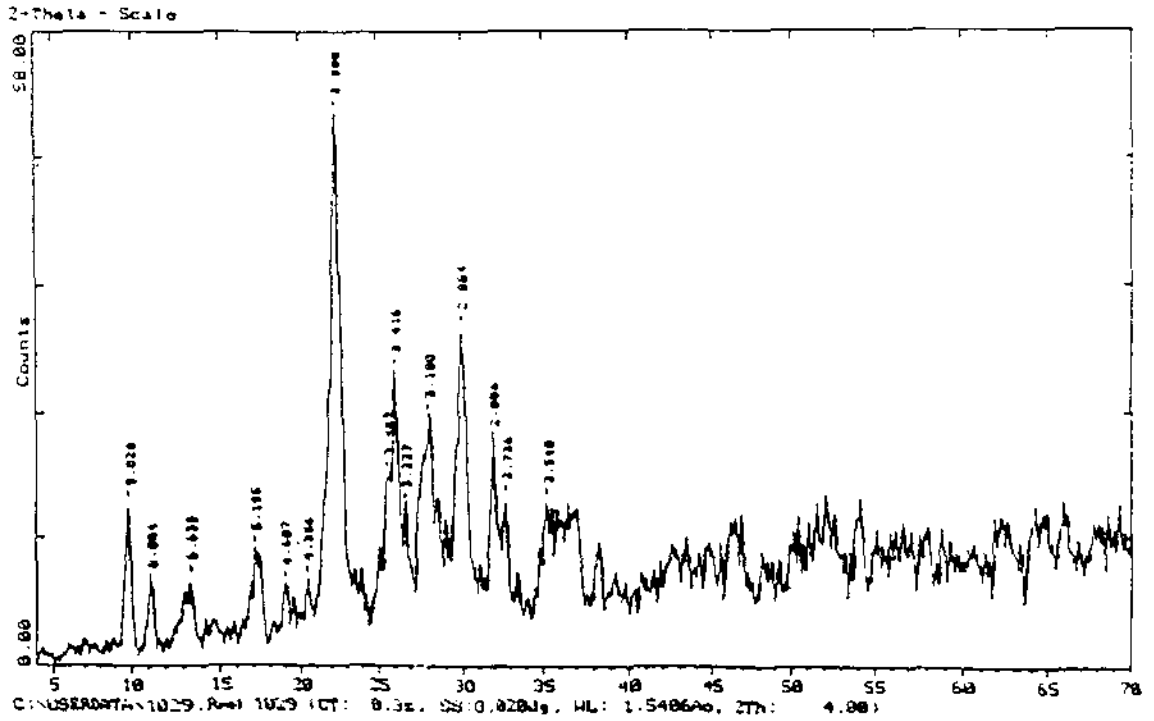
CEC (meq g^{-1})

Samples	Particle Size (μm)	Pb^{++}	Ag^{+}	Cd^{++}	Zn^{++}	Ni^{++}
Semnan	<224	0.64	0.65	0.44	0.27	0.18
	>224-500>	0.58	0.54	0.36	0.21	0.16
	>500-800>	0.46	0.41	0.28	0.19	0.14
Firouzkooh	<224	0.61	0.59	0.27	0.14	0.12
	>224-500>	0.58	0.52	0.22	0.11	0.10
	>500-800>	0.44	0.47	0.52	0.10	0.08
Meyaneh	>224	0.55	0.51	0.26	0.05	0.11
	>224-500>	0.48	0.45	0.21	0.04	0.08
	>500-800>	0.43	0.41	0.18	0.03	0.07

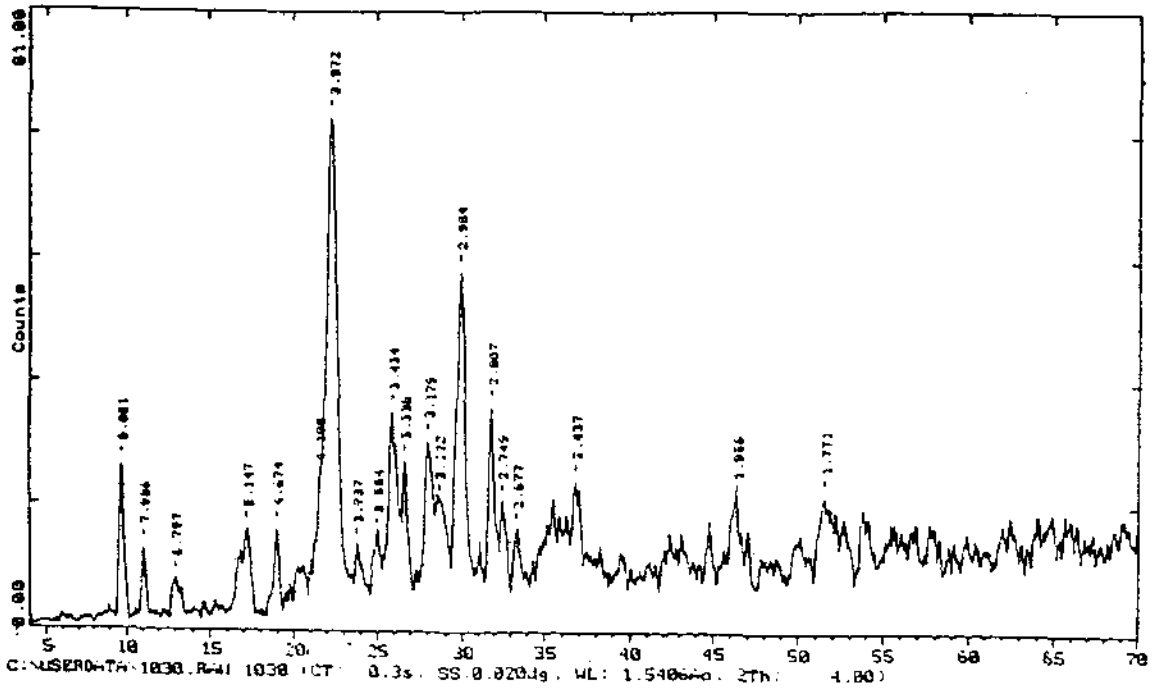
جدول شماره (۲). تأثیر اندازه ذرات بر ظرفیت کاتیونی نمونه‌ها نسبت به کاتیونهای مورد آزمایش



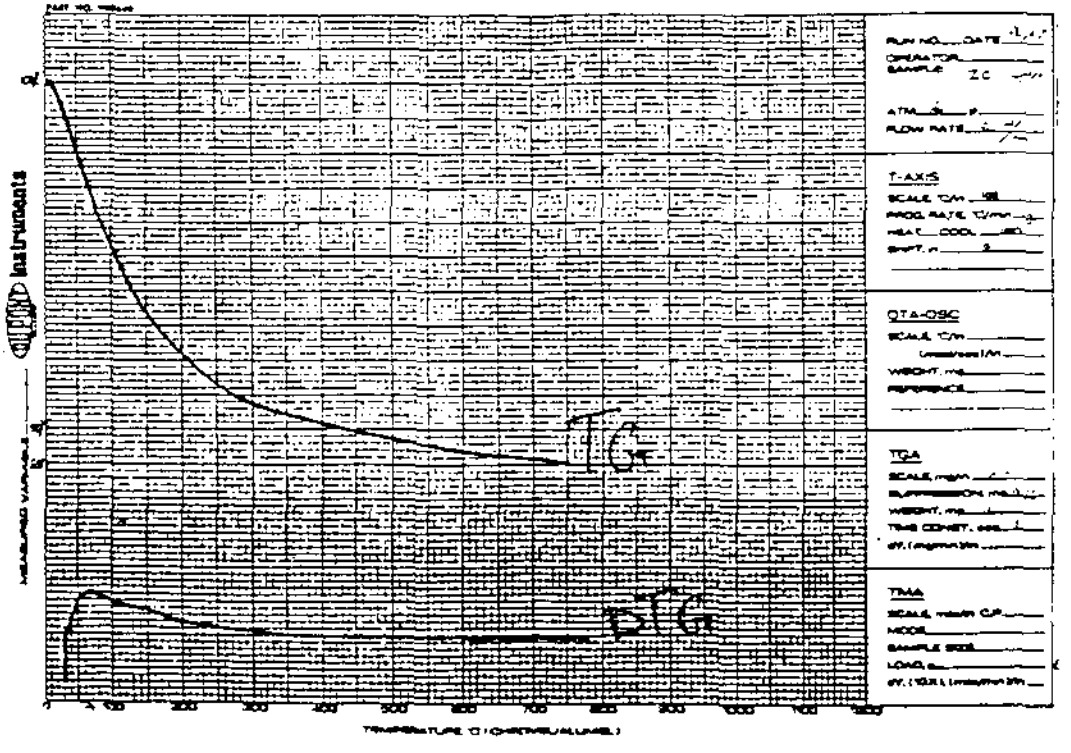
شکل شماره (۱). طیف اشعه ایکس نمونه سمنان



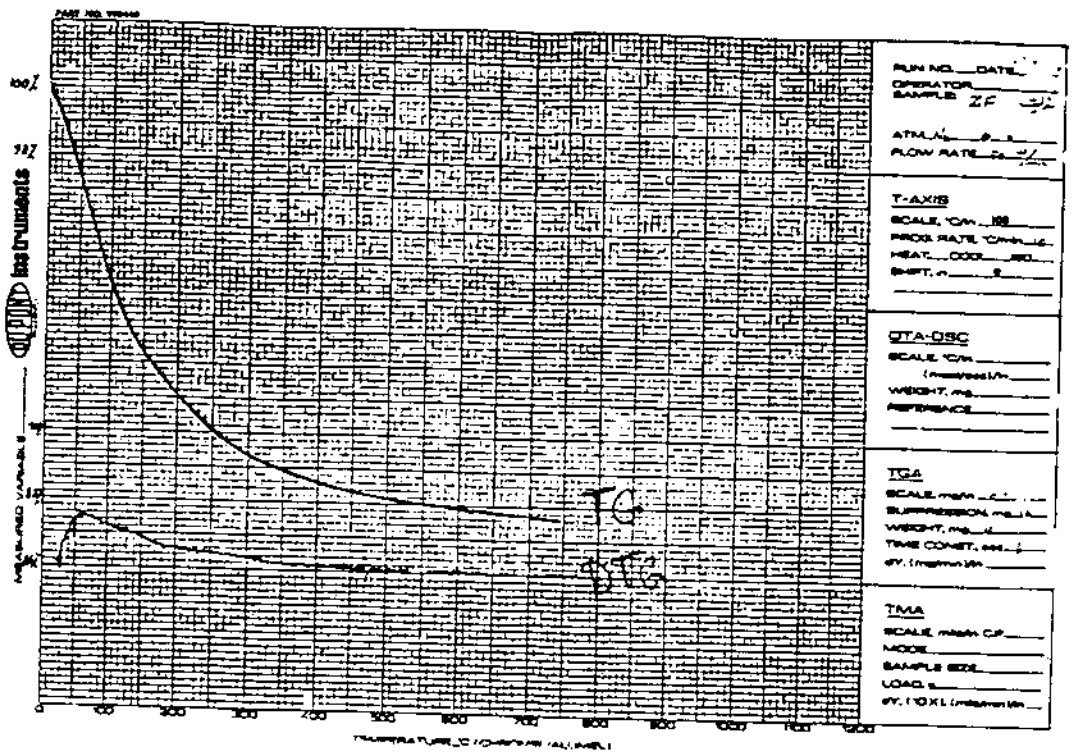
شکل شماره (۲). طیف اشعه ایکس نمونه فیروزکوه



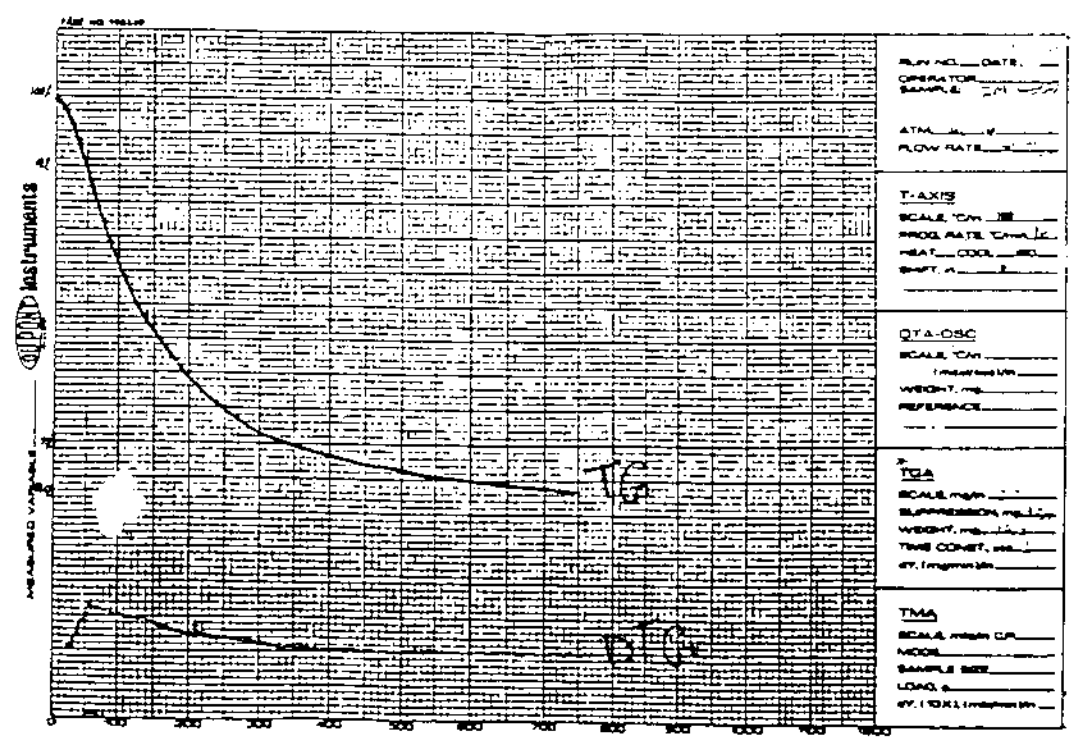
شکل شماره (۳). طیف اشعه ایکس نمونه میانه



شکل شماره (۴). منحنی حرارتی نمونه زئولیت سمنان



شکل شماره (۵). منحنی حرارتی نمونه زئولیت فیروزکوه



شکل شماره (۶). منحنی حرارتی نمونه زئولیت میانه

مراجع

1. Gottardy, G., Galli, E., "Natural Zeolites" Springer, Berlin (1985).
2. Mumpton, F.A.,and Fishman P.H., Anim. J. Sci., 45, 1188, (1977).
3. Taylor, W. H., Z. Kristallogr., 74, 1 (1930).
4. Breck , D. W., " Zeolite Molecular Sieves" John Willy Interscience, New York, (1974).
5. Cronstdt, A., Akad. Handl Stokholm, 18 , 120, (1756).
6. Dolter, C., " Uerb die Kunstliche Darstellung und die chemisch Constitution Einiieger Zeolithe", Neues Jahrb Min., 1, 118, (1890).
7. Eichhorn, H., Poggendroffs Annalen der Physik, 105, 126, (1858)
8. Van Reeuwijk, L., P., Am. Miner., 57, 499, (1972).
9. Barrie, M., Lowe, Educ. Chem., pp.15, January (1992).
10. Baldar ,N. A., and Whitting , L. D., Soil. Sci. Am. Proc., 23 ,235, (1968).
11. Taylor, W. H., Zeit. Krist ., 74, 1 (1930).

۱۲.خلقی، محمد حسین ،" زئولیتها و رخنمونهایی از آن در ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور"، (خرداد ۱۳۶۹).

13. Sand, L. B., and Mumpton, F. A., Eds. " Natural Zeolites", Pergamon, Oxford, 1978, pp.31.
14. Barrer, R. M., " Zeolite and Clay minerals as Sorbents and Molecular Sieves", Academic Press,London, (1978).
15. Bedelean , I., et.al. 5th International conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Naural Zeolites,Program and Abstract, Ischia, Naples, Italy, Sep.21-29, (1997), pp.60.
16. Buondonno, A., et.al., ibid., pp.84.
17. Burtica, G., et.al. , ibid., pp. 90.
18. Burtica, G., et.al., ibid., pp. 97.
19. Calindo, C. JR., et.al., ibid., pp. 154.
20. Nikashina, V., et.al., ibid., pp. 232.
21. Tarasevich, Yu. I., et.al., ibid., pp. 282.
22. Tortop, F., et.al., ibid., pp. 296.
23. Ulrich-obal, M., and Kolenc, M., ibid., pp. 304.
24. Kallo, D., Natural Zeolites'93, D. W. Ming ,and F. A. Mumpton, Eds., ICNZ,

Brockport, New York. 14420,(1995), pp.341-350.

25. Maxwell, J. A., " Rock and Mineral Analysis", Willy Interscience, New York, (1968).

26. Faghihian, H., et.al., 5th Int. Conf.Occu. Pro. Util. Nat. Zeo., Program and Abstract, Ischia, Naples, Itally,Sep. 21-29, (1997), pp. 145.

27. Kazemian, H., et,al. , ibid, pp. 189.

28. Faghihian, H., et.al., " The use of clinoptilolite.....", J. Appl. Rad. Is. In press (1998).

۲۹. کاظمیان، حسین .وهمکاران " ترسیم ایزوترمهای تبادل یون ....." خلاصه مقالات هشتمین سمینار شیمی تجزیه ایران"، ۱۷-۱۵ بهمن ۱۳۷۶، اهواز، ایران، صص ۳۹-۳۸.

USE OF IRANIAN NATURAL ZEOLITES AS SOIL AMENDMENTS, AND MUNICIPAL AND INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

H. Kazemian(1) , and H. Faghihian(2)

1.Jaber Ibn hayan Research Laboratories, Atomic Energy Organization of Iran.
2.Chem. Dept., Sci. Fac., Isfahan University.

Abstract

The structure , texture, and chemical composition of some certain hydrated alkaline and alkaline earth aluminosilicates; Natural Zeolites; and their processed derivatives make the promising candidates for the purification of municipal and industrial wastewater.

In Iran despite the abundent occurrences of natural zeolites, systematic investigation of these minerals are still scare. The objective of the present study is to determine the chemical formula and investigation the ion-exchange properties of three Iranian natural zeolites from Semnan (Zs), Meyaneh (Zm) , and Firuzkooh (Zf) regions for some heavy metal cations such as pb^{2+} , cd^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+},Ag^{+} and NH_4^{+} in point of view of municipal and industrial wastewater treatment and soil fertilyzing effects. This paper also reviews some studies that have been reported by other researchers in other countries in the world.