ارزیابی خصوصیات مهم فیزیکی سه نوع فیلتر زئولیتی به منظور حذف فلزات سنگین فاضلاب

(دریافت ۸۰/۵/۱ پذیرش ۸۱/٤/۱۰)

سید حسن طباطبائی* مسعود توسلی** عبدالمجید لیاقت***

امروزه وجود آلاینده‌های بیشمار از قبیل فلزات سنگین، تهدیدی برای سلامتی بشر به شمار می‌آید. یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی، تصفیه فاضلاب‌های صنعتی است که شامل فلزات‌سنگین نظیر سرب، مس، کروم، کادمیم، نیکل، آهن، روی، منگنز و جیوه می‌باشد[۲].

این فلزات به صورت محلول در آب و خاک وارد شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک می‌شوند. فرآیندهای معمول حذف فلزات سنگین، نظیر: ته‌نشینی شیمیایی، تبادل یونی، الکترولیز، فرآیندهای غشایی، فرآیند تبخیر، بستر سیال ماسه‌ای [۵]، جذب زیستی و جذب سطحی توسط کربن فعال، یا کارآیی لازم را ندارند، به طوری که جوابگوی قوانین سخت زیست محیطی وضع شده نیستند، و یا هزینه آنها بالا است. (بخصوص وقتی برای محلول‌های رقیق به کار می‌روند). این دو عامل موجب شده است تا در دهه اخیر تحقیقات وسیعی جهت توسعه و اصلاح روش‌های موجود یا روشی که مشکلات فوق را حل نماید، صورت گیرد [٦]. زئولیت‌ها جامدات بلورین با منافذ ریزند که روزنه‌ها، حفره‌ها و کانال‌های با ابعاد ۳ تا ۱۰ آنگستروم دارند و آن‌ها را غربال ملکولی نیز نام نهاده‌اند[٤]. زئولیت‌ها تاکنون در صنایع مختلفی اعم از صنایع نفت و پتروشیمی به عنوان کاتالیزور در جداسازی و تخلیص گازها به کمک پدیده غربال مولکولی، انرژی خورشیدی، صنایع آتش‌نشانی، صنایع نسوز و سرامیک، صنایع شوینده به عنوان جایگزین فسفات‌ها، صنایع کشاورزی به عنوان حاصلخیز کننده و افزاینده رطوبت خاک، در دامپروری به دلیل جذب گازهای موجود در معده حیوانات و کمک به هضم راحت‌تر، و از همه مهمتر در تصفیه و پاکسازی فاضلاب‌های شهری، صنعتی، و هسته‌ای از آلاینده‌های مضری نظیر فلزات سنگین و سمی، آمونیاک و رادیو ایزوتوپهایی مانند سزیم و استرانسیم کاربرد تجاری پیدا کرده‌اند[٤]. معادن سرشار زئولیت در کشور ما با قیمت بسیار مناسب قابل دسترسی است [۲].

در این تحقیق آزمایشات فیزیکی شامل اندازه گیری ضریب آبگذری، رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری بر روی سه نمونه زئولیت طبیعی ایران (دو نمونه کلینوپتیلولیت و یک نمونه آنالسیم) می‌باشد. آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی در دمای ۵± ۲۰ درجه سانتی‌گراد، در سه تکرار و مجموعا ۱۰۸ آزمایش انجام شده است. برای انجام آزمایشات ضریب آبگذری، دستگاه اندازه‌گیری با روش بار ثابت ساخته شد [۱ و ۳]. این آزمایش برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی یک نمونه خاک دست خورده به کار رفته است. در حدود ۵ سانتی متر زئولیت با اندازه ذرات مورد نظر در داخل دستگاه قرار داده شد. به منظور جلوگیری از حرکت ذرات در موقع آزمایش از یک لایه ژئوتکستایل و یک لایه توری در کف و یک لایه در بالای نمونه استفاده شد. قبل از انجام آزمایش، با جریان آب، از زیر نمونه شستشو شد و ذرات ریز و خرد شده زئولیت از بالای دستگاه خارج گردید و سپس جریان آب از بالا برقرار شد. اندازه‌گیری رطوبت با استفاده از روش اتو و اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری با استفاده از روش وزنی در استوانه‌هائی به قطر ۵ و ارتفاع ۵/۲ سانتی‌متر انجام پذیرفت [۱].

* دانشجوی دکتری آبیاری، گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
** کارشناس ارشد زمین‌شناسی و مدیر امور آب شهرضا
*** استادیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

بر اساس نتایج آزمایشات، میزان ضریب آبگذری با کاهش قطر ذرات کاهش می‌یابد، که این خصوصیت در تمام نمونه‌ها صادق است. دلیل این امر اندازه خلل و فرج درشت[1] میباشد. به عبارت دیگر هر چه خلل و فرج درشت بیشتر باشد، اندازه ضریب آبگذری نیز بیشتر خواهد بود.(شکل ۱). در اندازه ذرات بزرگ میزان ضریب آبگذری کلینوپتیلولیت ۱ بیشتر از بقیه بوده و آنالسیم در ردیف بعدی قرار دارد. علت این امر تفاوت در شکل خرد شدگی ذرات است، زیرا ذرات آنالسیم دارای درصد سیلیس بیشتری می‌باشد. ذرات خرد شده دارای تیزی است و این امر اولا باعث فرورفتن آنها در یکدیگر شده و ثانیاً افت انرژی مسیر را زیاد می‌کند. کاهش میزان خلل و فرج ریز[2]، عملا باعث کاهش ضریب آبگذری می‌شود.

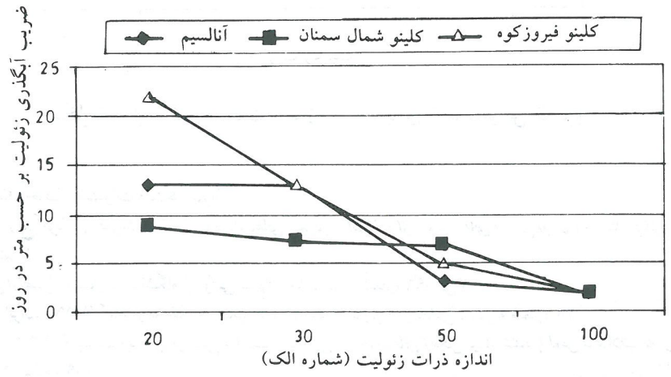
حداکثر میزان ضریب آبگذری در کلینوپتیلولیت۱ در حدود ۲۲ متر در روز اندازه‌گیری شده است. این ضریب در نمونه آنالسیم، ۱۳متر در روز و در نمونه کلینوپتیلولیت ۲، ۸/۵ متر در روز به دست آمده است. با کوچک شدن اندازه ذرات روند عمومی کاهش این ضریب در تمام نمونه‌ها مشاهده می‌شود و نهایتا در اندازه الک ۱۰۰، این ضریب در سه نمونه یکسان شده و به حدود ۲ متر در روز می‌رسد. دلیل این مسئله آنست که با کوچکتر شدن قطر ذرات، اهمیت شکل ذرات در ضریب آبگذری کاسته می‌شود و فقط اندازه خلل و فرج ماکرو اهمیت پیدا می‌کند که تقریباً در اندازه‌های ریز (الک ۱۰۰ به بعد) در سه نمونه برابر بوده و لذا انتظار می‌رود که ضریب آبگذری نیز با هم برابر باشد.

میزان رطوبت وزنی با کاهش قطر ذرات افزایش می‌یابد و در حقیقت نسبت عکس دارد. علت آن، افزایش سطح مخصوص ذرات با کوچک شدن قطر ذرات است، زیرا با افزایش سطح مخصوص ذرات در اثر افزایش خلل و فرج ریز میزان جذب رطوبت هم بالا می‌رود. به عبارتی هر چه میزان خلل و فرج ریز افزایش یابد، میزان جذب رطوبت نیز افزایش می‌یابد (شکل۲). حداقل رطوبت وزنی در نمونه آنالسیم ۳۱/٦ درصد و حداکثر در نمونه‌های کلینوپتیلولیت ۹۷/٤ – ۸۸/۵ درصد اندازه‌گیری شده است. در شکل ۲ رابطه بین اندازه ذرات، نوع زئولیت و پتانسیل جذب رطوبت آورده شده است. میزان جذب رطوبت در نمونه‌های کلینوپتیلولیت بیشتر از نمونه آنالسیم است. دلیل این امر هم بالا بودن میزان سیلیس در نمونه آنالسیم نسبت به نمونه‌های کلینوپتیلولیت است.

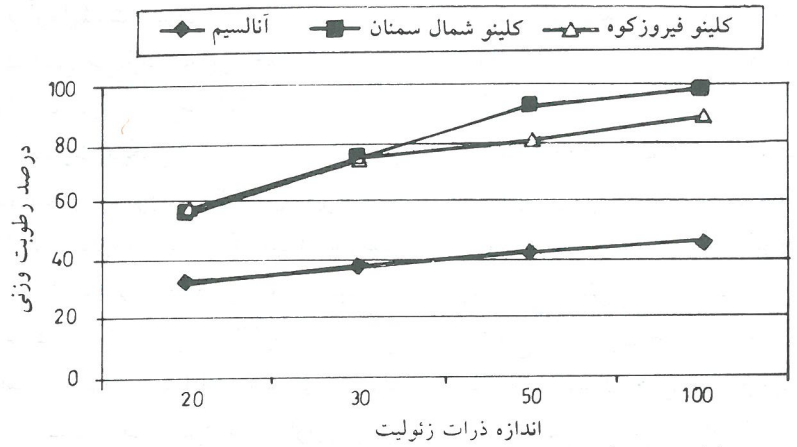
هم‌چنین نتایج آزمایش وزن مخصوص ظاهری نشان دهنده این است که با کوچکتر شدن قطر ذرات وزن مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد(شکل ۳). دلیل این امر نیز افزایش خلل و فرج کل[3] می‌باشد. به عبارتی هر چه میزان کل خلل و فرج افزایش یابد، میزان وزن مخصوص

[1] - Macroprozite
[2] -Microprozite

[3] -Prosity

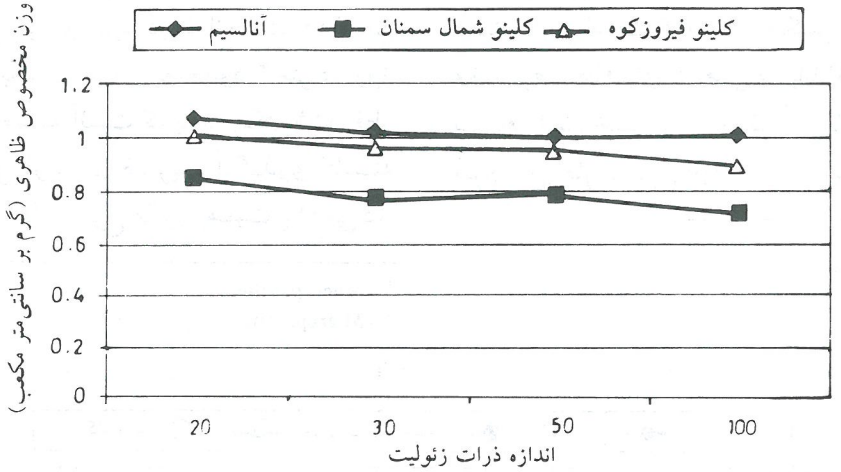


شکل ۱- رابطه نوع زئولیت، اندازه ذرات با ضریب آبگذری.



شکل ۲-رابطه نوع زئولیت، اندازه ذرات با درصد رطوبت وزنی.

ظاهری کاهش می‌یابد. بدیهی است هر چه میزان خلل و فرج (تخلخل) نمونه‌ها بیشتر شود، سهم وزن ذرات جامد در حجم واحد کمتر شده و بالطبع وزن مخصوص ظاهری کاهش می‌یابد. میزان وزن مخصوص ظاهری آنالسیم بیشتر از دو نمونه دیگر و حدود ۱/۰۷گرم بر سانتی‌مترمکعب بوده و وزن مخصوص ظاهری نمونه کلینوپتیلولیت۱ بیشتر از کلینوپتیلولیت۲ است. این امر نیز به دلیل بالا بودن درصد سیلیس در نمونه آنالسیم نسبت به دو نمونه دیگر و همچنین بالا بودن سیلیس نمونه کلینوپتیلولیت۱ نسبت به کلینوپتیلولیت۲ می‌باشد. اختلاف دو منحنی آنالسیم و کلینوپتیلولیت۱ کم بوده و این نیز به دلیل نزدیکی درصد سیلیس در این دو نوع زئولیت است.



شکل۳- رابطه نوع زئولیت، اندازه ذرات با وزن مخصوص ظاهری.

منابع و مراجع

۱. بای بوردی، م. (۱۳۷۲)، *"فیزیک خاک"*، انتشارات دانشگاه تهران

۲. طباطبائی، س. ح. (۱۳۷۹)، *"رفع آلودگی فلزات سنگین فاضلاب‌های شهری با استفاده از زئولیت‌های طبیعی ایران"*، سمینار دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۳. علیزاده، ا. (۱۳۷۰)، *"زهکشی اراضی"*، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ دوم، شماره ۹۶، ص۴۲۳

٤. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، (۱۳۷۷)، *"مجموعه مقالات نهمین همایش ملی آبیاری و زهکشی"*، نشریه شماره ۳۸

۵. افیونی، م.، نوربخش، ف.، (۱۳۷۵) *"قابلیت جذب برخی عناصر سنگین در خاک‌های آهکی تیمار شده با لجن فاضلاب به وسیله گیاه سورگوم"*، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲۰، صفحه ۹-٤.

6. Gadd, G. M., (1992). *"Biosorption"*, J. Chem. technol. Biotech., 55/13, 302-304.