

بررسی تأثیر غلظت سدیم بی کربنات بر افزایش ظرفیت جذب پوسته شلتوک در حذف کادمیوم از محیط آبی

زمان شامحمدی حیدری، هادی معاضد*، نعمت ا... جعفرزاده حقیقی** و ناهید پوررضا***

گروه آبیاری - دانشگاه زابل

*گروه آبیاری و زهکشی - دانشگاه شهید چمران اهواز

**گروه بهداشت محیط - دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

***گروه شیمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

پست الکترونیکی: Zaman41L@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم بی کربنات بر افزایش ظرفیت پوسته شلتوک در جذب کادمیوم در غلظت‌های پایین، مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر راندمان جذب در pH برابر ۶ اتفاق افتاد و زمان تعادل جذب ۱/۵ ساعت به دست آمد. نتایج آزمایشات شیمیایی همراه با عکسبرداری از انواع مختلف جاذب اصلاح شده، توسط میکروسکپ الکترونی نشان داد که رابطه مناسبی بین تعداد خلل و فرج جاذب و راندمان جذب وجود دارد. همچنین حداکثر بازده جذب کادمیوم توسط پوسته شلتوک ۹۹/۱٪ و در زمان تعادل ۱/۵ ساعت، ۹۷/۶٪ به دست آمد که مربوط به استفاده از جاذب اصلاح شده توسط محلول با غلظت ۳. سدیم بی کربنات، می باشد.

واژه‌های کلیدی: پوسته شلتوک، کادمیوم، محلول، سدیم بی کربنات

مقدمه

تأثیر قابل توجهی ندارند [۱] بهتر است برای حذف کادمیوم در غلظت‌های پایین، از روش‌های جذب استفاده شود. با توجه به گران بودن قیمت تجاری کربن، به ویژه در سطح وسیع، محققین جایگزین‌های متعدد دیگری را مطالعه کرده و استفاده از آن‌ها را پیشنهاد نموده‌اند. از آن جمله می‌توان به پیت [۲]، ضایعات کشاورزی و جنگلداری [۳ و ۴] و دیگر جاذب‌های شیمیایی [۵ و ۶] اشاره نمود.

در صورتی که غلظت فلزات سنگین در محیط آبی، بالا باشد، می‌توان با استفاده از ته نشین‌کننده‌ها، مانند هیدرواکسیدها یا کربوهیدرات‌ها، استفاده از فیلتر و استفاده از مبادله‌کننده‌های یونی به صورت ترکیبی، آن‌ها را از محلول جدا کرد. اما این شیوه‌ها دارای راندمان بالایی نبوده و برای غلظت‌های کمتر از حدود ۱۰۰ ppm،

۲۰/۲۴، ۱۶/۱۸ میلی‌گرم بر گرم و کاهش زمان تعادل از ۱۰ ساعت برای پوسته شلتوک خام، به ۲، ۴ و ۱ ساعت به ترتیب برای شلتوک اصلاح شده توسط اپی کلروهیدرین (ERH)، شلتوک اصلاح شده توسط NaOH (NRH) و شلتوک اصلاح شده توسط محلول سدیم بی‌کربنات (NCRH) منجر شود. در این گزارش با توجه به این که هزینه‌های تهیه بی‌کربنات سدیم کمتر از ۳۰ درصد هزینه‌های تهیه اپی کلروهیدرین می‌باشد این ماده به عنوان محلول اصلاحی ارجح پیشنهاد شده است. این تحقیق با هدف کاهش غلظت کادمیوم از آب‌های نامتعارف مورد استفاده در آب آبیاری مزارع منطقه خوزستان انجام شده است. از جمله آب‌های نامتعارف، زه آب‌های کشاورزی می‌باشند که کماکان مورد استفاده کشاورزان قرار می‌گیرند. با توجه به این که حداکثر مجاز غلظت کادمیوم در آب آبیاری ۵۰ ppb می‌باشد، در مطالعه حاضر، غلظت ورودی محلول‌های کادمیوم برای آزمایشات جذب، ۱۰۰ ppb در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

ابتدا پوسته شلتوک خام از کارخانه‌های محلی در اطراف شهر اهواز تهیه شد و با استفاده از الک‌های شماره ۳۰ و ۴۰، اندازه‌های بین ۴۲۵ تا ۶۰۰ میکرون (متوسط هندسی قطر ذرات، ۵۰۵ میکرون) برای آزمایش انتخاب گردید. ذرات شلتوک با آب فراوان و سپس با استفاده از مایع ظرفشویی به خوبی شسته شد و در کوره تحت درجه حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۳ ساعت خشک گردید.

روش اصلاح یا فعال‌سازی شیمیایی جذب

در این مرحله از آزمایش هر یک از نمونه‌های تهیه شده مجدداً با مایع ظرفشویی و آب فراوان شسته شده و نهایتاً

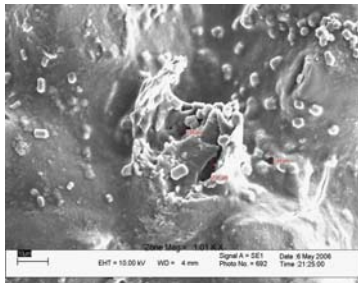
مطالعات مربوط به جذب فلزات سنگین با استفاده از بقایای گیاهی عمدتاً از دهه ۱۹۷۰ شروع شد. در این زمینه می‌توان به طور مشخص به مطالعات لارسن و شروپ [۷] که در آن از کربن فعال کاه برای حذف کادمیوم استفاده گردیده، اشاره کرد. مطالعات در این دوره عمدتاً به صورت استفاده از بقایای گیاهی خام و ذغال آن صورت گرفته است.

از اواخر دهه ۹۰ میلادی بود که مطالعات جذب با استفاده از بقایای گیاهی شاهد تحول دیگری شد به طوری که به جای استفاده از روش فعال‌سازی فیزیکی (ذغال جذب)، از فعال‌سازی شیمیایی یا اصلاح شیمیایی آن استفاده گردید. در این روش، ضمن افزایش ظرفیت جذب و کاهش زمان تعادل، هزینه‌های فعال‌سازی به مراتب کمتر از روش فعال‌سازی فیزیکی است. در این خصوص می‌توان به طور مشخص به مطالعات آجمل و همکاران [۸] اشاره نمود که بر اساس آن بازده جذب توسط پوسته شلتوک اصلاح شده به وسیله فسفات با غلظت ۱ مولار بسیار بیشتر از پوسته شلتوک خام است.

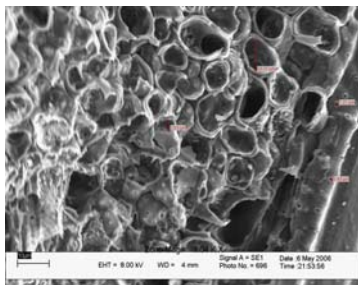
سیسار و همکاران [۹] استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده را به عنوان یک جاذب طبیعی فلزات سنگین برای فلز کادمیوم و سرب، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده توسط آن‌ها نشان داد که پوسته شلتوک اصلاح شده با محلول ۰/۷۵ مولار NaOH نسبت به پوسته شلتوک خام از ظرفیت جذب بیشتری برای هر دو کاتیون فلز برخوردار است. همچنین مطالعات ایزوترم نشان داد که مدل لانگمویر از مطابقت بیشتری نسبت به مدل فراندلیچ برخوردار است.

تحقیقات اپندرا و ماناس [۱۰] بر روی جذب کادمیوم از محلول آبی با استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده نشان داد که اصلاحات ساده و کم هزینه شیمیایی می‌تواند به افزایش ظرفیت جذب از ۸/۵۸ میلی‌گرم بر گرم توسط پوسته شلتوک خام (RRH) به ۱۱/۱۲،

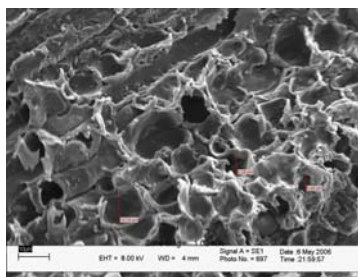
سدیم بی کربنات با غلظت‌های مختلف، در شکل ۱-الف تا ۱-د نشان داده شده است.



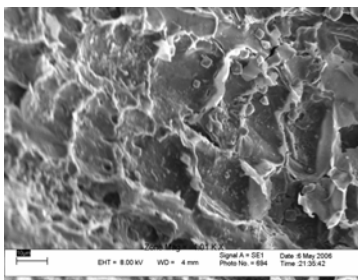
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۱- اسکن با استفاده از میکروسکپ الکترونی با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط

محلول ($NaHCO_3$)

(الف) ۰/۱ مولار (NCRH1)

(ب) ۰/۳ مولار (NCRH3)

(ج) ۰/۵ مولار (NCRH5)

(د) ۰/۷ مولار (NCRH7)

با آب مقطر یون‌زدایی شده، تمیز گردید. سپس در کوره در حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک نموده و بلافاصله آزمایشات لازم به عمل آمد.

برای تهیه جاذب، مقدار ۱۰۰ گرم از پوسته شلتوک خشک شده را با ۲ لیتر محلول بی کربنات سدیم ۰/۱ مولار به مدت ۴ ساعت مخلوط نموده، سپس از قیف بوختر عبور داده شد. جهت حذف مازاد کربنات سدیم از پوسته شلتوک اصلاح شده، پوسته شلتوک چندین بار با آب مقطر بدون یون شستشو گردید. جاذب به دست آمده در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خشک گردید و در دمای اتاق در یک بطری در بسته نگهداری شد. این کار برای محلول‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ مولار سدیم بی کربنات نیز تکرار شد به طوری که ۴ نوع جاذب مورد نظر هر کدام به میزان ۱۰۰ گرم تهیه گردید. جاذب‌های NCRH5، NCRH3، NCRH1 و NCRH7 نامگذاری شد.

در مرحله بعد، بخشی از نمونه‌ها برای انجام آزمایشات جذب نگهداری و بخشی دیگر، تحت عکسبرداری توسط میکروسکپ الکترونی^۱ (SEM) قرار گرفت. پس از عکس‌برداری از ۴ نوع جاذب NCRH1، NCRH3، NCRH5 و NCRH7، با شمارش تعداد خلخل و فرج و نیز اندازه‌گیری قطر موثر تخلخل ایجاد شده در سطوح مورد بررسی هر یک از جاذب‌ها، مشخصات آماری داده‌ها تعیین گردید.

همچنین با استفاده از دستگاه SEM، انواع جاذب‌ها از نظر کیفی نیز تجزیه گردیدند. نتایج نشان داد که ترکیب مواد موجود در پوسته‌های شلتوک اصلاح شده به صورت سیلیکا (۲۶/۹۵٪)، کربن (۲۱/۱۱٪) و اکسیژن (۵۱/۹۶٪) می‌باشند.

وضعیت تخلخل به وجود آمده توسط محلول

روش تهیه محلول یون فلزی

ابتدا محلول کادمیوم استاندارد (تیترازول کادمیوم $CdCl_2$) ساخت شرکت مرک آلمان تهیه و محتوی آن در یک بالن حجمی یک لیتری رقیق گردید و بدین ترتیب محلول با غلظت ۱۰۰۰ ppm ساخته شد و طی مراحل مختلف و هر بار بر حسب نیاز، حجم معینی از محلول کادمیوم با غلظت ۱۰۰ ppb ساخته شد. در این تحقیق از دستگاه جذب اتمی روش اتم ساز نوع کوره^۱ برای اندازه‌گیری غلظت کادمیوم استفاده شده است.

تعیین pH بهینه جذب کادمیوم

جهت تعیین pH بهینه جذب کادمیوم، تعداد ۶ ارلن انتخاب نموده و به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک ۰/۱ مولار نگهداری گردیده و سپس با آب شهر و در نهایت با آب بدون یون کاملاً شسته شد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول کادمیوم (با غلظت ۱۰۰ ppb) به هر یک از ارلن‌ها منتقل شد و به هر کدام، مقدار ۱ گرم از جاذب NCRH1 ریخته شده و pH آن‌ها به ترتیب در ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ تنظیم گردید. سپس ارلن‌های حاوی محلول بر روی شیکر، به مدت ۱۲ ساعت با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه قرار داده شد. مجدداً pH آن‌ها اندازه‌گیری و تغییرات احتمالی یادداشت گردید. با استفاده از قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی واتمن صاف گردیده و محلول صاف شده، در قوطی‌های پلاستیکی که قبلاً کاملاً شسته شده بود ریخته، با افزودن مقدار معینی از اسید نیتریک، pH آن‌ها به زیر ۲ رسید و بلافاصله برای اندازه‌گیری مقدار کادمیوم باقی‌مانده در محلول، آزمایشات جذب انجام شد. این کار برای سه نوع جاذب دیگر نیز تکرار گردید.

لازم به ذکر است که تعداد ۶ نمونه آب و ۶ نمونه محلول کادمیوم با غلظت ۱۰۰۰ ppm نیز تهیه نموده و pH آن‌ها را به ترتیب در ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ تنظیم کرده، ۱۲ ساعت روی شیکر گذاشته تا به عنوان شاهد صفر و صد در آزمایشات جذب مورد استفاده قرار گیرند.

آزمایشات جذب سینتیک^۲

تعداد ۷ ارلن را که قبلاً اسیدشویی شده بود، ابتدا با آب شهر و سپس با آب بدون یون کاملاً شسته و ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول فلز کادمیوم با غلظت ۱۰۰ ppb در آن ریخته شد. در هر کدام از ارلن‌ها، مقدار ۱ گرم از جاذب NCRH1 ریخته و pH آن‌ها روی عدد ۶ که از نتایج آزمایشات قبلی به دست آمده بود، تنظیم گردید. محلول‌ها روی شیکر گذاشته شد و سرعت شیکر روی ۱۸۰ دور در دقیقه برای زمان‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۴۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه تنظیم گردید و بعد از زمان‌های سپری شده، نمونه‌ها به ترتیب از روی شیکر برداشته شد. با استفاده از قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی واتمن، نمونه‌ها را در قوطی‌های پلاستیکی که قبلاً کاملاً شسته شده بود صاف گردیده، با افزودن مقدار معینی از اسید نیتریک، pH آن‌ها به زیر ۲ رسید و بلافاصله برای اندازه‌گیری مقدار کادمیوم در محلول اقدام گردید. این کار برای جاذب‌های، NCRH3، NCRH5 و NCRH7 نیز تکرار شد.

نتایج و بحث

تجزیه شیمیایی جاذب‌ها نشان داد که پوسته‌های شلتوک اصلاح شده به طور میانگین، هر کدام دارای ترکیبی از سیلیکا (۲۶/۹۵٪)، کربن (۲۱/۱۱٪) و اکسیژن (۵۱/۹۶٪)

آزمایشات اپندرا و ماناس [۱۰]، برابر ۱۰ میلی گرم در لیتر یعنی ۱۰۰ برابر غلظت اولیه در آزمایشات مطالعه حاضر بوده است. همان گونه که اشاره شد، آزمایشات نشان داد که پوسته شلتوک اصلاح شده توسط سدیم بیکربنات ۰/۳ مولار (NCRH3)، بیشترین بازده جذب کادمیوم را در pH های مختلف، داشته است. دلیل آن را می توان مربوط به تعداد و خصوصیات تخلخل ایجاد شده بر روی سطح جاذب دانست. عکس برداری با میکروسکپ الکترونی نشان داد که تعداد خلل و فرج ایجاد شده بر روی سطح جاذب NCRH3، بطور معنی داری از سایر جاذبها بیشتر است.

شکل ۲ همچنین نشان می دهد که افزایش pH

از ۳ تا ۵ منجر به افزایش قابل توجه مقدار جذب کادمیوم گردیده است. این افزایش سریع در راندمان جذب را می توان ناشی از دو عامل دانست. یکی این که در pH پایین، یونهای H^+ موجود در محلول که برای جذب سطحی با یون مثبت کادمیوم رقابت می کنند به اندازه کافی وجود دارند. دوم این که برای هر یون فلزی قابل هیدرولیز، یک دامنه pH بحرانی، جایی که راندمان جذب فلز از یک مقدار خیلی کم به یک مقدار ماکزیمم می رسد، وجود دارد. به این مقدار آستانه جذب سطحی گفته می شود [۱۰] آستانه جذب برای جاذبهای مختلف NCRH1، NCRH3، NCRH5، NCRH7 و NCRH3 تا ۵ بود. از pH5 تا pH8، تغییرات در میزان جذب به ویژه در مورد وارنیه های NCRH1، NCRH3 و NCRH7 محسوس نبود که می توان دلیل آن را مربوط به محدوده خنثایی pH در محلول آبی دانست. در pH کم، یون H^+ به عنوان یک رقیب برای جذب کادمیوم ظاهر شده و مقدار جذب کادمیوم را کاهش می دهد. از طرفی در pH بالا نیز یون OH^- باعث تشکیل رسوب کادمیوم به شکل $Cd(OH)_2$ می شود. در این مطالعه، pH بالاتر از ۸ مطالعه

می باشند. در هیچ کدام از آزمایشات، عنصر کادمیوم دیده نشد. بنابراین پوسته شلتوک مورد آزمایش فاقد کادمیوم جذب شده اولیه بود. از طرفی انتظار می رود با تشکیل گروه های هیدرواکسیل^۱ سطحی اتم های سیلیکون در سطح تمایل داشته باشند تا شکل چهار وجهی شان را با اکسیژن هماهنگ نگهدارند. آنها هماهنگی خود را در دمای اتاق با اتصال به گروه های هیدرواکسیل تک ظرفیتی و تشکیل گروه های سیلانول^۲ کامل می کنند، این گروه ها هستند که به پوسته شلتوک خاصیت جذب سطحی می دهند [۱۱].

مطالعه pH

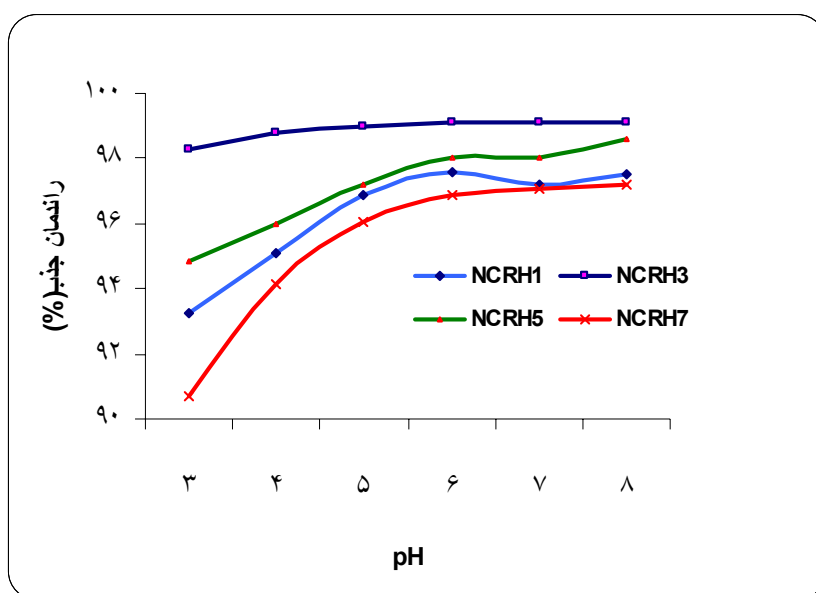
شکل ۲ نشان می دهد که صرف نظر از این که پوسته شلتوک با چه میزان از سدیم بی کربنات اصلاح شده باشد، با تغییر pH از ۳ تا ۸ حذف کادمیوم توسط جاذب از حداقل ۸۶/۹ برای جاذب NCRH7 تا حداکثر ۹۹/۱ درصد برای NCRH3 افزایش می یابد. مطالعات اپندرا و ماناس [۱۰] نشان می دهد که حداکثر میزان جذب کادمیوم توسط پوسته شلتوک اصلاح شده با سدیم بی کربنات ۰/۵ مولار، در pH برابر ۶/۷ اتفاق افتاده و بازده جذب آن بین حداقل ۴۶ و حداکثر ۹۷ درصد به ترتیب برای pH3 تا pH7 است. به بیان دیگر تغییر در راندمان جذب با افزایش pH در مطالعات یاد شده معنی دار است، در حالی که در مطالعه حاضر تغییرات pH با تغییرات اندک مقدار جذب همراه بود. این نکته به ویژه در مورد وارنیه NCRH3 بیشتر به چشم می خورد. شاید بتوان دلیل اصلی اختلاف بین میزان راندمان حذف در مطالعات حاضر با مطالعات یاد شده را در مقدار غلظت اولیه محلول کادمیوم دانست. غلظت اولیه کادمیوم در

1- Hydroxyl groups

2- Silanol groups

سیستم کادمیوم- پوسته شلتوک، pH بهینه ۶، به دست آمد که این نتیجه با نتایج تحقیقات ماتیلانگان و ویرارغوان [۱۱] مطابقت دارد ولی با مطالعات اپندرا و ماناس [۱۰] مطابقت ندارد.

نشد زیرا بررسی‌ها نشان می‌دهد که pH بالای ۶/۵ می‌تواند زمینه‌های تشکیل رسوب کادمیوم را فراهم نماید [۱۲]. همچنین جیمز و همکاران [۱۳] مقادیر مختلف pH بالاتر از ۷ را که در آن کادمیوم به شکل $Cd(OH)_2$ رسوب می‌کند مشاهده نموده‌اند. در مطالعه حاضر، برای

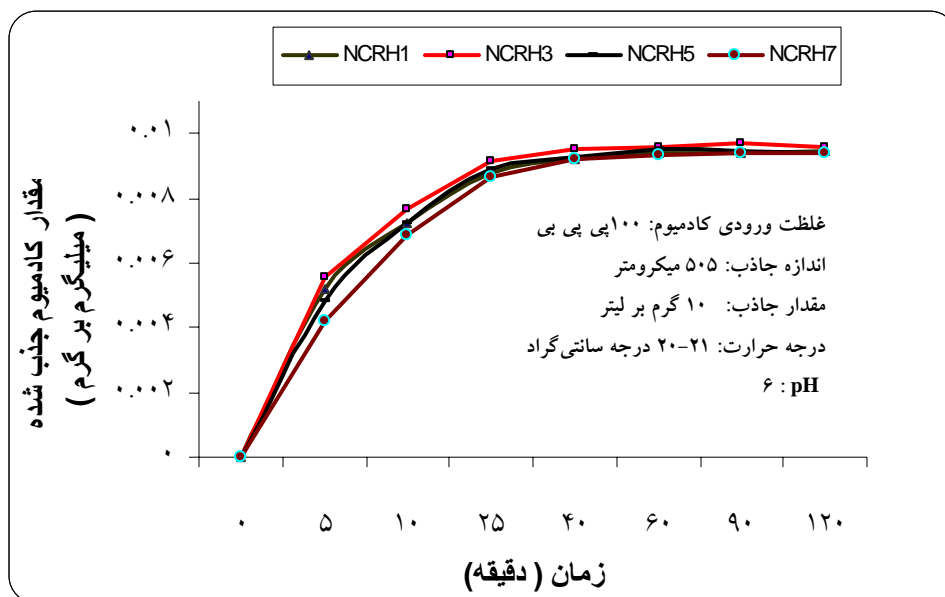


شکل ۲- تأثیر pH بر راندمان جذب یون کادمیوم با استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده

مطالعات اپندرا و ماناس [۱۰] مشابه بود. تنها غلظت اولیه محلول کادمیوم در این تحقیق به ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت. بنابراین می‌توان یکی از علل اصلی افزایش زمان تعادل را مربوط به کاهش غلظت ورودی محلول کادمیوم دانست [۱۴]. بنابراین در زمان تعادل به دست آمده (۱/۵ ساعت)، راندمان جذب برای جاذب‌های NCRH1، NCRH3، NCRH5، و NCRH7 به ترتیب برابر ۹۴٪، ۹۷/۱٪، ۹۴/۴٪، و ۹۳/۸٪ می‌باشد که کمی با راندمان جذب حداکثر (زمان ماند ۱۲ ساعت) تفاوت دارد.

مطالعات جذب کینتیک

تغییرات مقدار جذب با زمان در شکل ۳ نشان می‌دهد که در ۵ دقیقه اول بیش از ۴۰ درصد غلظت کادمیوم کاهش یافته است ولی با گذشت زمان، شدت حذف کادمیوم به مراتب کاهش می‌یابد به طوری که بعد از ۱/۵ ساعت، شدت جذب تقریباً ثابت می‌شود و این موضوع در مورد همه جاذب‌ها صادق است. زمان تعادل به دست آمده در آزمایشات اپندرا و ماناس [۱۰]، برابر ۱ ساعت گزارش شده است که با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر تفاوت دارد. همه شرایط آزمایش به ویژه زمانی که از واریته NCRH5 استفاده شد، با شرایط آزمایش در



شکل ۳- تأثیر زمان تماس بر جذب کادمیوم با استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده

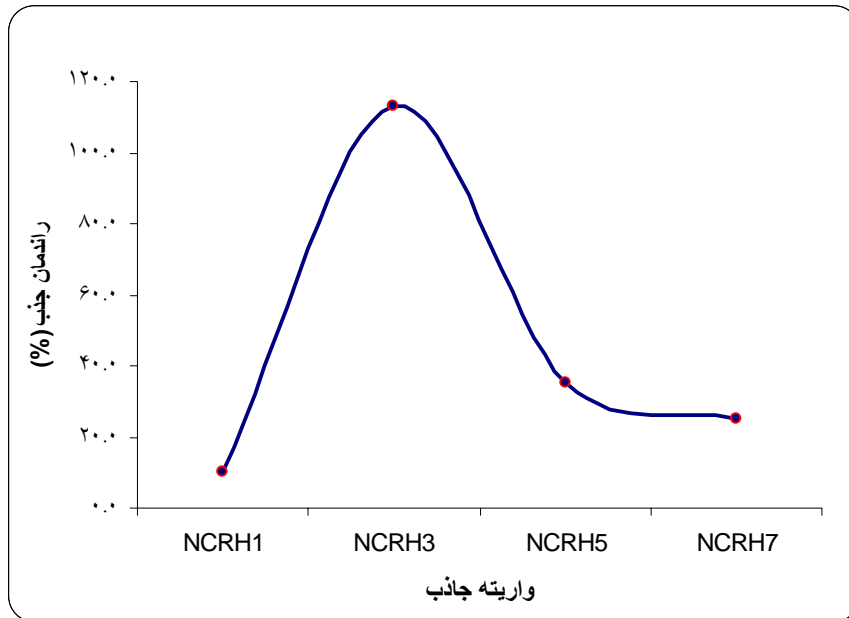
شکل ۴ تصاویر گرفته شده از دستگاه میکروسکپ الکترونی نشان می‌دهد که به جز واریته NCRH1، بقیه واریته‌ها تقریباً به طور کامل تحت تأثیر محلول بی‌کربنات قرار گرفته و تخریب شده‌اند ولی بزرگ‌نمایی بیشتر تصاویر حاکی از آن است که علاوه بر افزایش معنادار تعداد خلل و فرج ریز در واریته NCRH3 نسبت به سایر جاذب‌ها، عمق این خلل و فرج نیز بسیار بیشتر از عمق خلل و فرج سایر جاذب‌ها است.

تأثیر غلظت محلول سدیم بی‌کربنات بر خلل و فرج‌ها

مشخصات آماری وضعیت تخلخل در واریته‌های اصلاحی پوسته شلتوک توسط محلول سدیم بی‌کربنات در جدول ۱ ارائه شده است. شمارش تعداد کل خلل و فرج نشان داد که پوسته شلتوک اصلاح شده توسط محلول ۰/۳ مولار سدیم کربنات (NCRH3) دارای بیشترین تعداد خلل و فرج یعنی بیش از ۳ برابر واریته NCRH5، ۴ برابر واریته NCRH7 و ۱۱ برابر واریته NCRH1 می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات آماری وضعیت خلل و فرج جاذب‌های پوسته شلتوک اصلاح شده توسط محلول سدیم بی‌کربنات

NCRH7	NCRH5	NCRH3	NCRH1	مشخصات آماری
۲۵	۳۵	۱۱۳	۱۰	تعداد تخلخل (N)
۱۳/۱	۱۳/۲	۴/۵	۷	میانگین قطر تخلخل، D (میکرون)
۰/۸	۰/۹	۱۱/۹	۰/۹	حداکثر قطر موثر (میکرون)
۷/۷	۶/۵	۰/۸	۲/۴	حداقل قطر موثر (میکرون)
۵/۶	۴/۹	۳/۵	۱/۸	انحراف از معیار
۷۲/۹	۷۶	۷۷/۶	۷۶/۲	ضریب تغییرات (%)
۴/۱۷	۲۵/۱۱	۵/۳۸	۳/۲۵	N/D



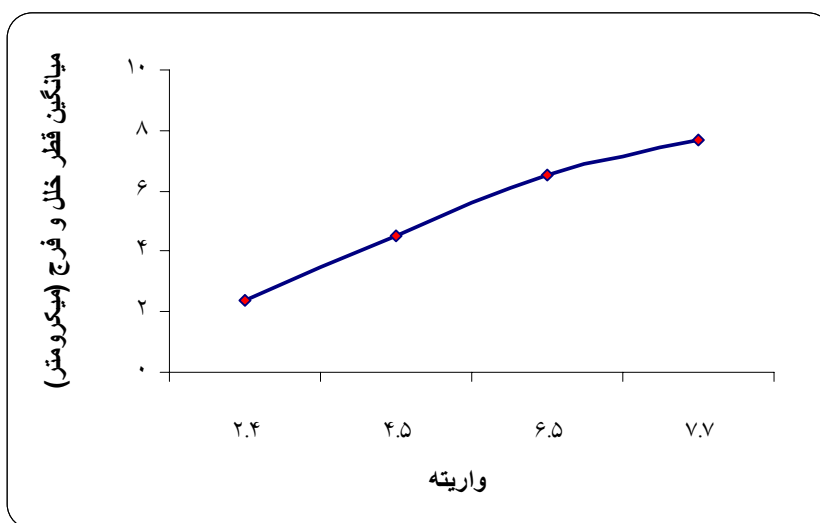
شکل ۴- تأثیر غلظت محلول سدیم بی‌کربنات بر تعداد خلل و فرج پوسته شلتوک

محلول افزایش می‌یابد (شکل ۵). حداقل قطر خلل و فرج در همه واریته‌ها تقریباً برابر می‌باشد ولی حداکثر قطر موثر خلل و فرج به جز واریته NCRH1 که به طور معنی‌داری کوچک است (۷ میکرومتر)، در بقیه جاذب‌ها بزرگ بوده و بین حدود ۱۲ تا ۱۳ میکرومتر می‌باشد.

تأثیر غلظت محلول سدیم بی‌کربنات بر اندازه

تخلخل

اندازه‌گیری قطر خلل و فرج واریته‌های مختلف جاذب نشان داد که متوسط قطر خلل و فرج با افزایش مولاریته

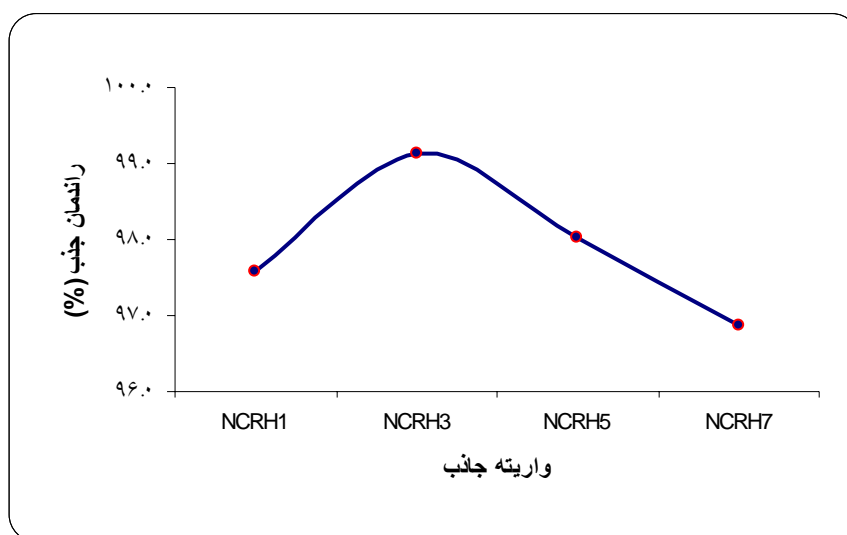


شکل ۵- تأثیر محلول سدیم بی‌کربنات بر قطر خلل و فرج در پوسته شلتوک

تأثیر غلظت محلول سدیم بی کربنات بر بازده جذب

در شکل ۶، راندمان جذب کادمیوم برای جاذب‌های مختلف در pH برابر با ۶ نشان داده شده است. بازده جذب در جاذب NCRH7 کمترین مقدار (۹۳/۸ درصد) و در واریته NCRH3 بیشترین مقدار جذب یعنی ۹۹/۱ درصد می باشد. در جاذب NCRH1 بازده جذب ۹۷/۶ درصد و در NCRH5 بازده جذب به ۹۴/۴ درصد

می‌رسد. همان طور که در شکل ۴ نیز مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد خلل و فرج در جاذب اصلاح شده توسط سدیم بی کربنات ۰/۳ مولار (NCRH3) اتفاق افتاده است که می‌تواند نشان دهنده تأثیر تعداد خلل و فرج بر افزایش بازده جذب باشد. ولی به نظر می‌رسد که بتوان رابطه مناسبی بین تأثیر قطر و تعداد خلل و فرج با بازده جذب برقرار نمود.



شکل ۶- تأثیر غلظت محلول سدیم بی کربنات بر راندمان جذب کادمیوم توسط پوسته شلتوک

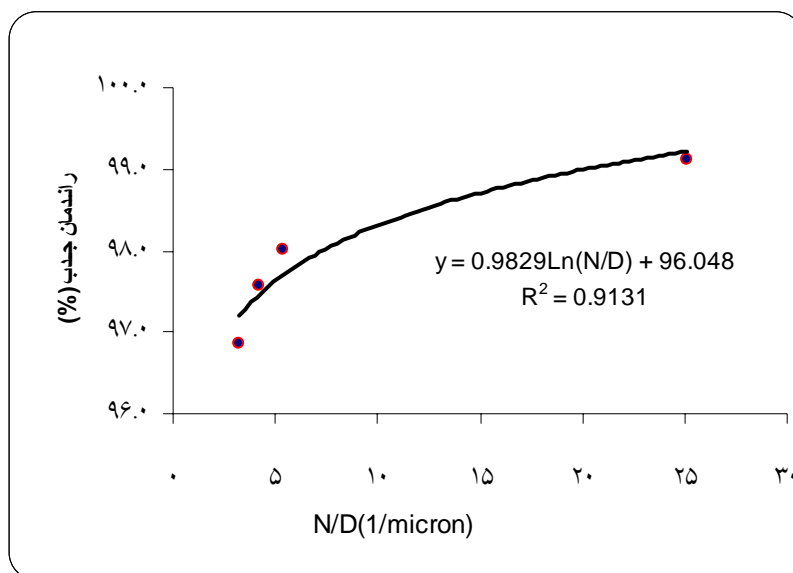
بررسی رابطه خلل و فرج جاذب با راندمان جذب

همان‌گونه که در جدول ۱ و اشکال ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، افزایش غلظت محلول نه تنها بر روی تعداد بلکه بر روی قطر خلل و فرج سطحی جاذب تأثیرگذار می‌باشد به همین دلیل با بررسی رابطه راندمان جذب با فاکتورهای مختلف جاذب اصلاح شده، از جمله N ، D و (N/D) معلوم شد که رابطه بین مقدار جذب با نسبت تعداد تخلخل به میانگین قطر خلل و فرج (N/D) از ضریب همبستگی بهتری در مقایسه با سایر پارامترها بر خوردار است. برای این کار با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۰) و آنالیز رگرسیونی تخمین منحنی در سطح

اطمینان ۹۵٪، راندمان جذب در مقابل N/D ترسیم گردیده و در شکل ۷ نشان داده شده است. شکل ۷ نشان می‌دهد که هرچه نسبت تعداد خلل فرج به میانگین قطر تخلخل بیشتر باشد راندمان جذب به صورت یک منحنی لگاریتمی افزایش پیدا می‌کند. نکته حایز اهمیت این است که اگر نسبت N/D را برابر ۱ در نظر بگیریم، این موضوع در جاذب پوسته شلتوک خام که به طور طبیعی می‌تواند یک یا دو خلل و فرج در اثر ترک‌های احتمالی کوچک (با قطر ۱ میکرون) داشته باشد دور از انتظار نیست، مطابق رابطه به دست آمده، بازده جذب ۹۶٪ خواهد بود. زیرا نسبت تعداد خلل

اختلاف معنی‌داری بین جاذب‌های مختلف با ظرفیت‌های متفاوت وجود ندارد. این موضوع در مقایسه راندمان‌های جذب در جاذب‌های مختلف فوق نیز قابل مشاهده است.

و فرج به قطر خلل و فرج برابر ۱ می‌شود و در نتیجه لگاریتم ۱ برابر صفر می‌شود. این بدان معنی است که زمانی که غلظت‌های ورودی کادمیوم بسیار پایین باشد،



شکل ۷- نمودار رابطه بین میزان تخلخل و بازده جذب پوسته شلتوک

مراجع

- [1] Matheichal, J.T., Yu, Q. and Feltham, J., Cu(II) Binding by E. Radiata biomaterial. Environ. Technol. 18 (1997) 25- 34.
- [2] McKay, G. and Porter, J.F., Equilibrium parameters for the sorption of copper, cadmium and zinc ions onto peat. J. Chem. Technol Biotechnol. 69 (1997) 309-320.
- [3] Deshkar, A.M. and Dara, S.D., Sorbtion of mercury by Tectona grandis bark. Asian Environ. 10, 4 (1998) 3-11.
- [4] Maranon, A. and Sastre, H., Heavy metal removal in packed beds using apple wastes. Bioresource Technology, 38 (1991) 39-43.

نتیجه‌گیری کلی

۱- با افزایش غلظت محلول اصلاحی سدیم بی‌کربنات، مقدار تخریب سطحی پوسته شلتوک افزایش پیدا می‌کند ولی شرایط بهینه زمانی اتفاق می‌افتد که از غلظت ۰/۳ مولار آن استفاده گردد.

۲- پوسته شلتوک اصلاح شده توسط ۰/۳ مولار سدیم بی‌کربنات می‌تواند در حذف کادمیوم از محیط آبی در غلظت‌های پایین به عنوان جاذب مناسب به کار برده شود.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت مالی سازمان آب و برق خوزستان انجام گرفته است. بدین وسیله از جناب آقای مهندس خواجه ساهوتی و کارکنان دفتر استاندارد و تحقیقات سازمان تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

- [10] Upendra, K. and Manas, B., Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk *Bioresource Technology*, (2005) 1-5.
- [11] Mathialagan, T., Viraraghavan, T. and Cullimore, D.R., Adsorption of Cadmium from Aqueous by Edible Mushrooms, (2003).
- [12] Mathialagan, T. and Viraraghavan, T., Adsorption of Cadmium from aqueous solutions by perlite (2002) 45-49.
- [13] James, J. and Rao, M.S., Reaction product of lime and silica from rice husk ash. *Cement and Concrete Research*, 16 (1986) 67-73.
- [۱۴] جودکی، مجید، جذب کادمیوم از فاضلاب صنعتی با استفاده از قارچ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۳۷۶، ۱۱-۱۵.
- [5] Kapoor, A., Viraraghavan, T. and Cullimore, D.R., Removal of heavy metals using the fungus *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* 70 (1999) 95-104.
- [6] Peternel, W.S., Winkler Hechenleitner, A.A. and Gomez Pineda, E.A., Adsorption of Cd(II) and Pb(II) onto functionalized formic lignin from sugar cane bagasse. *Bioresource Technology*, 68 (1999) 95-100.
- [7] Larson, V.J. and Schierup, H.H., The use of straw for removal of metals from wastewater. *J. Environ. Qual.* 10 (1981) 188-193.
- [8] Ajmal, M., Rao, R.A., Anwar, S., Ahmad, J. and Ahmad, R., Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater *Bioresource Technology*, 86 (2002) 147-149.
- [9] Ce'sar, R.T.T., Se'rgio, L.C.F. and Marco, A.Z.A., Use of modified rice husks as a natural solid adsorbent of trace metals: characterisation and development of an on-line preconcentration system for cadmium and lead determination by FAAS, *Microchemical Journal* 77 (2004) 163-175.