Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

بررسی حذف کروم از محیط‌های آبی با استفاده از کربن فعال حاصل از پوست بادام

سعید دمیرچی[۱*]، حسین غفوریان[۲]، فرناز رفیعی[۳]، فریبا ملکیان[۴]

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۳

© نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی ۱۳۹۵، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل‌ونقل دریایی است.

چکیده

کروم شش ظرفیتی یکی از فلزات سنگین و آلاینده منابع آبی است که در پساب صنایع مختلفی ازجمله آبکاری‌ها، دباغی‌ها، رنگرزی‌ها، تولید منسوجات، معدنکاری‌ها و صنایع کودسازی وجود دارد. با توجه به خصوصیات سمی و خطرناک این فلز، حذف آن به‌وسیله یک روش مؤثر و سازگار با محیط‌زیست، امری ضروری هست. جداسازی آلاینده‌های سمی از محیط‌زیست از طریق کاربرد کربن فعال با حفره‌های نانو در زمره فناوری‌های سبز محسوب می‌شود. هدف از این تحقیق تعیین میزان جذب کروم به‌وسیله کربن فعال حاصل از پوست بادام در غلظت‌های (ppm) ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ و زمان‌های ماندگاری مختلف از ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه است. آزمایش‌های تعیین ایزوترم‌ها به‌صورت ناپیوسته در غلظت‌های مختلف و میزان کربن فعال بیولوژیکی (از ۰/۱ تا ۰/۳ گرم) و کروم در pH موردنظر تنظیم گردید. اندازه‌گیری کروم مطابق استاندارد به‌وسیله دستگاه جذب اتمی انجام شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیقات و تنظیم pH برابر ۶ با افزایش غلظت اولیه کروم، میزان جذب افزایش یافت و همچنین با افزایش زمان نیز میزان جذب افزایش پیدا کرد به‌نحوی‌که حداکثر جذب ۶۹/۷٪ در محدوده زمانی ۱۲۰ دقیقه رخ داد. نتایج حاکی است که گلوله‌های آلژینات سدیم حاوی کربن فعال تهیه‌شده از پوست بادام جاذب خوبی برای حذف کروم از محیط‌های آبی هست.

واژگان کلیدی: کربن فعال، بیولوژیکی، کروم، پوست بادام.

۱. کارشناس برنامه ریزی سیستم کیفیت اداره کل امور دریانوردان، Saieddamirchi@Yahoo.Com

۲. استاد دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳. دانشیار دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۴. کارشناس ارشد شیمی و مربی دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

تخلیه فلزات سنگین به محیط یکی از تحدیدها و دغدغه‌های مهم دهه‌های اخیر جوامع گردیده است (Pehlivan, Altun,2006). وجود فلزات سنگین سمی در آب‌های سطحی و زیرزمینی موجب به خطر افتادن سلامتی موجودات زنده شده است (نشاط صفوی، ۱۳۹۰). از میان فلزات سنگین مختلف، کروم شش ظرفیتی یک آلاینده بسیار شایع و سمی هست (Agarwa et al,2006) که از راه پساب صنایع مختلفی ازجمله آبکاری‌ها، دباغی‌ها، رنگرزی‌ها، تولید منسوجات، معدنکاری‌ها و صنایع کود سازی وارد منابع آب می‌شود (Dubey, Gopal,2007; Alvarez et,. al,2006). آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا حد مجاز کروم ۶ ظرفیتی در استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی را ۰/۱ mg/l و برای آب آشامیدنی ۰/۰۵mg/l تعیین کرده است (Dubey, Gopal,2007; Alvarez et al,2006; Pawlowski, 1992).

ترکیبات کرومی معمولاً به‌صورت کروم ۳ ظرفیتی و کروم ۶ ظرفیتی در محیط وجود دارند .کروم ۳ ظرفیتی به‌عنوان یک عنصر ضروری برای بدن انسان به‌ویژه برای متابولیسم گلوکز بوده و دارای سمیت بسیار پایین‌تر از کروم شش ظرفیتی است. همچنین برای گیاهان و حیوانات به‌عنوان یک عنصر جزئی ضروری در نظر گرفته می‌شود (Dubey, Gopal,2007; Di Natale et al,2007). کروم ۶ ظرفیتی سمی است و در صورت استنشاق آن توسط انسان می‌تواند سبب سوراخ کردن جداره‌های بینی، التهاب مجاری تنفسی و جگر، تنگی نفس، برونشیت، التهاب ریه و همچنین سبب افزایش خطر ابتلا به سرطان گردد. تماس پوستی با کروم سبب آلرژی، آماس پوست، پوست مردگی و از بین بردن پوست می‌گردد (Bayat, 2002).

ازآنجاکه کروم ۶ ظرفیتی توسط آژانس بین‌المللی تحقیقات بر روی سرطان و همچنین توسط EPA در گروه مواد سرطان‌زا طبقه‌بندی‌شده، موردتوجه ویژه محققین قرار گرفته است (Levankumar et al,2009). اگر کروم توسط بدن انسان جذب شود، خاصیت تجمعی داشته و می‌تواند در غلظت‌های مشخصی آسیب‌های جدی به بدن انسان وارد نماید، به‌طوری‌که اگر غلظت در بدن به ۰/۱ mg/l از وزن بدن انسان برسد می‌تواند سبب مرگ انسان شود است (Schneider et al,2007). روش‌های متعددی برای جداسازی یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی وجود دارد که از آن میان می‌توان به جداسازی شیمیایی، جداسازی غشایی، تصفیهٔ الکتروشیمیایی، فیلتراسیون، تبادل یونی، ترسیب شیمیایی، تعویض یون، جذب سطحی و اسمز معکوس اشاره کرد. روش جذب سطحی با کربن فعال با توجه به کارایی و کاربرد آسان آن از پرکاربردترین روش‌ها معرفی شده است (Shafaei, et al,2007; Esalah, et al,2000; Cardoso, et al,2004). با توجه به اهمیت افزایش روزافزون آلودگی منابع آب به فلزات سنگین و ضرورت حذف این عناصر از منابع آبی و پیش‌بینی بازده بالای سیستم کربن فعال بیولوژیکی در حذف فلزات سنگین، این تحقیق صورت گرفت. هدف از انجام این تحقیق تعیین میزان راندمان کربن فعال حاصل از پوست بادام در حذف کروم در زمان‌ماند ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و غلظت‌های مختلف (ppm) ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) از مرک تهیه شد و از ترکیب کلسیم‌دار به نام کلسیم کلرید (CaC_{12}) استفاده گردید. کربن فعال با حفره‌های نانو با توزیع میکرو، مزو و ماکرو از ۱ الی ۵۰ نانومتر و سدیم آلژینات ($NaC_6H_7O_6$) در آزمایشگاه تهیه شد.

۲-۱-۱ کربن فعال

در سال‌های اخیر استفاده از جاذب‌های کم‌هزینه و متنوع به‌جای کربن فعال تجاری موردتوجه محققان قرار گرفته است. در این تحقیق نیز با توجه به رونق کشاورزی در نقاط مختلف کشور و تنوع محصولات زراعی و باغی، استفاده از زائدات جانبی تولیدی در این بخش برای حذف آلودگی‌ها از آب‌های آلوده مدنظر قرار گرفت. به همین منظور کربن تهیه‌شده از پوست بادام برای حذف کروم از آب مورد استفاده قرار گرفت و قدرت جذب و بازده حذف کروم بررسی شد.

برای تهیه کربن فعال از پوست بادام، نخست پوست بادام به اندازه‌های ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متری خرد شده و به مدت ۲۴ ساعت در عامل فعال‌ساز اسید فسفریک خوراکی ساخت کمپانی Union با خلوص ۸۵٪ قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت از عامل فعال‌ساز خارج کرده و با قرار دادن در کوره به مدت یک ساعت تحت دمای ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد، به کربن تبدیل شد. پس از عملیات کوره، کربن فعال با آب دیونیزه شستشو داده شد تا به pH ۶ رسید. این روش تهیه کربن فعال از مواد در سایر تحقیقات نیز به‌طور تقریباً مشابه مورد استفاده قرار گرفته است (نشاط صفوی، ۱۳۹۰ و مهربان، ۱۳۸۷). کربن فعال حاصل پس از خرد کردن، آسیاب شد و از الک ۸۰ مش عبور داده شد تا کربن فعال با حفره‌های نانو به دست آمد. خصوصیات کربن فعال پوست بادام به شرح جدول (۱) می‌باشد.

۲-۱-۲- تهیه گلوله‌های سدیم آلژینات

محلول ۱٪ جرم به حجم (W/V) از سدیم آلژینات با انحلال یک گرم از آن در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر تهیه شد. سدیم آلژینات با استفاده از همزن دستی در مدت ۲۰ دقیقه به‌طور آهسته در آب حل شد و محلول ژل‌مانندی تولید گردید. همین‌طور با قرار دادن محلول بر روی هیتر با درجه حرارت ملایم حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد سدیم آلژینات در آب حل شد. محلول ۰/۵ مولار کلرید کلسیم با انحلال ۱۳/۸۷۳ گرم کلرید کلسیم در ^{cc}۲۵۰ آب تهیه گردید (نشاط صفوی، ۱۳۹۰).

محلول کلرید کلسیم توسط روش همگن‌کردن در بالن ژوژه تهیه شد و سپس ژل حاوی آلژینات سدیم توسط سرنگ انسولین به‌صورت

جدول (۱): خصوصیات کربن فعال پوست بادام

پارامتر	سطح ویژه (m^2/g)	سطح ویژه تک‌نقطه‌ای (m^2/g)	چگالی (g/cm^3)	رطوبت (٪)	اندازه ذرات (mm)	حجم تخلخل‌های بسته (cm^3/g)
کربن فعال	۱۳/۵۸۰۷	۱۵/۸۶۰۵	۱/۸۰۶۵	ناچیز	۰/۵ -۰/۶۵	۰/۱۷۵۱

Archive of SID
www.SID.ir

قطره‌قطره وارد گردید. در این حالت قطر گلوله‌های به‌دست‌آمده در حدود ۲ الی ۳ میلی‌متر است. با توجه به اینکه با کوچک شدن قطر گلوله‌ها میزان جذب افزایش می‌یابد، در این تحقیق برای تهیه گلوله از سرنگ که سوزن آن با سر نمونه‌بردار پلاستیکی (سمپلر) تعویض شده بود استفاده شد. گلوله‌های مذکور پس از صاف شدن چندین بار با محلول کلرید کلسیم ۰/۵ مولار و آب دو بار تقطیر شسته شد و در دمای اتاق نگهداری و خشک گردید. سپس توسط آون مجدداً خشک شد تا وزن آن ثابت گردید. قطر گلوله‌ها پس از خشک شدن در حدود ۰/۷ میلی‌متر به دست آمد. این نوع گلوله جاذب، گلوله GM-92 نام‌گذاری شد.

۲-۱-۳- تثبیت کربن فعال در گلوله‌های آلژیناتی

ابتدا ۰/۱ گرم نانو پودر کربن در یک گرم پودر آلژینات سدیم به‌صورت خشک مخلوط شد، سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر به آن اضافه شد و با استفاده از همزن دستی در مدت ۲۰ دقیقه و در دمای اتاق حدود ۲۵درجه سانتی‌گراد، ژل آلژینات سدیم که کربن فعال در آن تثبیت شده بود به دست آمد. سدیم آلژینات همراه با نانو پودر کربنی با استفاده از همزن دستی در مدت ۲۰ دقیقه به‌طور آهسته در آب حل گردید و در این عملیات محلول ژله‌ای سیاه‌رنگی به‌دست آمد. تثبیت کربن فعال با میزان ۰/۲ و ۰/۳ گرم از نانو پودر کربن نیز انجام شد و گلوله جاذب تهیه‌شده با ۰/۱ گرم نانو پودر کربن GM-VK-92 نام‌گذاری گردید. گلوله‌های جاذب تهیه‌شده با ۰/۲ گرم نانو پودر کربن GM-HR-92 و با ۰/۳ گرم نانو پودر کربن GM-MN-92 نام‌گذاری شد.

۲-۱-٤- تهیه نمونه آب آلوده به کروم

محلول ۱۰۰۰(ppm) کروم با استفاده از کرومات پتاسیم به فرمول ($K_2Cr_2O_7$) ساخت کمپانی مرک آلمان تهیه شد. غلظت‌های ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ (ppm) از محلول کروم در ارلن‌های ^{cc}۱۰۰ ساخته شد. جهت بررسی اثر غلظت آلاینده‌ها یا فلزات، میزان جذب فلز کروم با استفاده از چهار نوع گلوله جاذب GM-92، GM-VK-92، GM-HR-92 و GM-MN-92 در غلظت‌های ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ (ppm) بررسی شد.

۲-۱-۵- تهیه نمونه‌ها و اندازه‌گیری

سینتیک واکنش در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. بدین نحو که جهت انجام آزمایش‌های مربوط به تعیین ایزوترم‌ها، وزن مشخصی از کربن فعال به حجم مشخصی (۱۰۰ میلی‌لیتر) از محلول ساخته‌شده حاوی کروم با غلظت مشخص موجود در ارلن مایرها اضافه شد. برای هر غلظت مشخص از کروم (ppm)۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ به‌طور جداگانه مقادیر مختلف کربن فعال (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ گرم) اضافه شد. سپس ارلن‌ها روی شیکر در دمای ۲۵ درجه و سرعت ۳۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. ارلن‌ها به مدت‌زمان‌های مختلفی از ۱۵ دقیقه تا ۲ ساعت با سرعت ۳۰ دور در دقیقه در شیکر تکان داده شدند که پس از هر بار میزان کروم باقی‌مانده مورداندازه‌گیری قرار می‌گرفت.

روش جذبی مورداستفاده در این آزمایش‌های سیستم ناپیوسته بود. میزان غلظت کروم در تمامی محلول‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی VARIAN مدل AA240 سنجیده شد. با بررسی منابع مختلف در خصوص pH و با توجه به اینکه بیشترین میزان جذب محدود در pH، ۶ به‌دست آمده بود، pH بهینه برای این تحقیق در pH = 6 سنجیده شد. برای محاسبه درصد جذب از فرمول (۱) استفاده شده است.

$$Y= (Ci – Ce)/Ci * 100 \qquad (۱)$$

که در آن درصد جذب Y، غلظت اولیه محلول Ci، غلظت نهایی محلول Ce می‌باشند.

و برای محاسبه ظرفیت جذبی از فرمول (۲) استفاده شده است.

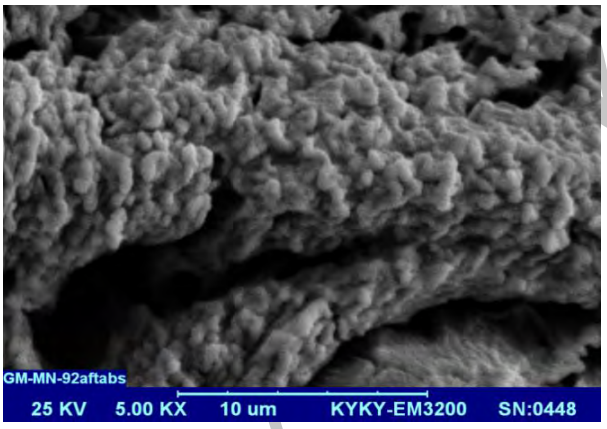
$$Y= (Ci – Ce)* V/M \qquad (۲)$$

غلظت اولیه محلول Ci، غلظت نهایی محلول Ce، جرم جاذب خشک M، جرم محلول V هست.

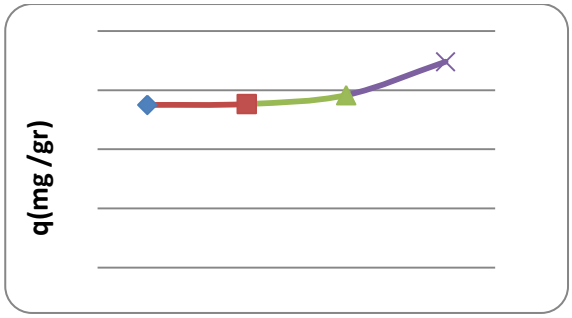
۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳-۱- نتایج بررسی رابطه بین میزان جذب کروم و افزایش کربن فعال

نتایج ظرفیت جذبی (Q) گلوله‌های آلژیناتی ساده و گلوله‌های تهیه‌شده با کربن فعال در نمودار (۱) نشان داده است که با افزایش میزان کربن فعال، ظرفیت جذب کروم تا (mg/gr) ۶/۱ افزایش یافته است و توسط جاذب GM-MN-92 (جاذب حاوی ۰/۳ گرم کربن فعال) بیشترین جذب انجام شده است که عکس آن پس از جذب در شکل (۱) که توسط دستگاه SEM (میکروسکوپ الکترونیکی) تهیه شده، نمایش داده شده است.



شکل (۱): گلوله جاذب GM-MN-92، بعد از جذب با بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر با دستگاه SEM پس از خشک شدن نمونه‌ها

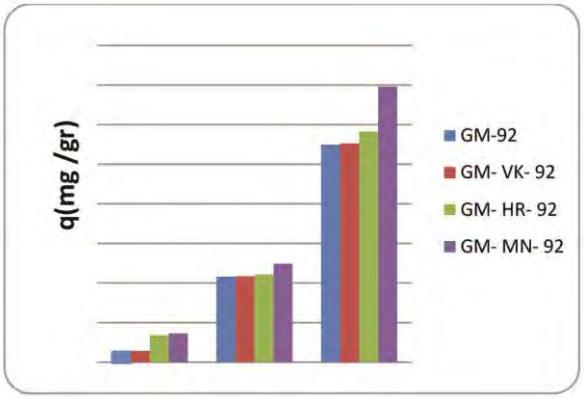


نمودار (۱): رابطه بین میزان جذب کروم و افزایش کربن فعال

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۳- نتایج بررسی رابطه بین میزان جذب کروم و افزایش غلظت

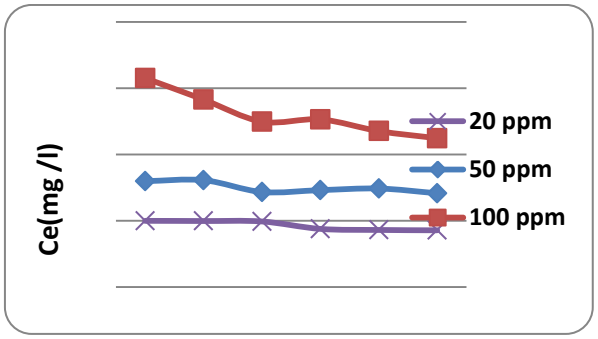
نتایج دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی در نمودار (۲) نشان می‌دهد که با افزایش میزان غلظت محلول‌های کروم، میزان جذب افزایش یافته است و همچنین با بررسی میزان کربن فعال در غلظت‌های مختلف نیز دریافت که با افزایش میزان کربن فعال در تهیه گلوله‌های جاذب، میزان جذب (درصد جذب و ظرفیت جذب) افزایش پیداکرده و بیشترین میزان حذف کروم در غلظت (ppm)۱۰۰ انجام شده است.



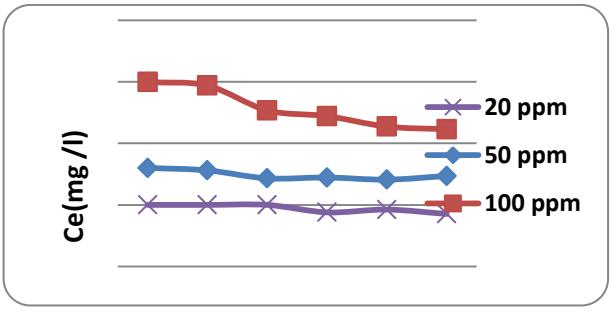
نمودار (۲): رابطه بین میزان جذب کروم و افزایش غلظت

۳-۳- نتایج بررسی رابطه افزایش زمان و میزان جذب کروم در بستر جاذب و غلظت‌های مختلف

نتایج حاصل از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی در نمودارهای (۳، ۴، ۵ و ۶) نشان می‌دهد با افزایش عامل زمان، میزان جذب عنصر کروم در غلظت‌های مختلف در گلوله‌های جاذب حاوی کربن فعال افزایش می‌یابد و

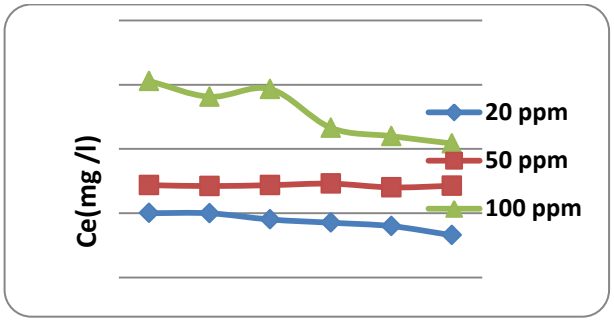


نمودار (۳): سینتیک جذب کروم برحسب زمان در بستر جاذبGM-92

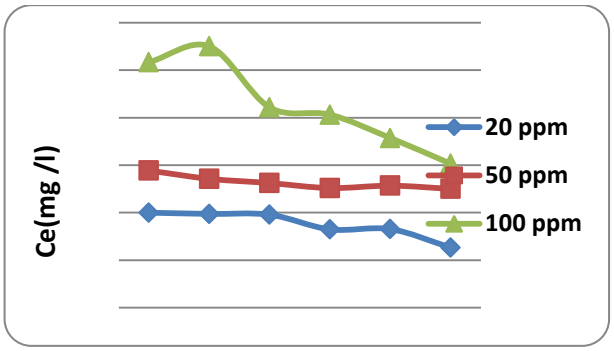


نمودار (٤): سینتیک جذب کروم برحسب زمان در بستر جاذب GM-VK-92

همچنین بیشترین میزان حذف کروم با ۶۹/۷٪ در دقیقه ۱۲۰ و در غلظت (ppm)۱۰۰ بوده و گلوله‌های جاذب GM-MN-92 که حاوی ۰/۳ گرم کربن فعال پوست بادام است، اتفاق می‌افتد.



نمودار (۵): سینتیک جذب کروم برحسب زمان در بستر جاذب GM-HR-92



نمودار (۷): سینتیک جذب کروم برحسب زمان در بستر جاذب GM-MN-92

٤- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج بررسی‌ها بر روی میزان جذب کاتیون‌های فلزی همچون کروم به‌وسیله گلوله‌های جاذب آلژیناتی و کربن فعال در تحقیقات پیشین و پژوهش حاضر نشان‌دهنده میزان ظرفیت جذب بالای این جاذب برای کاتیون‌های مثبت فلزی است. در این تحقیق افزایش ظرفیت جذب آلژینات مورد بررسی قرار گرفت و همان‌طور که نتایج نشان داد با افزایش کربن فعال میزان ظرفیت جذب جاذب به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد، ضمن اینکه مقدار کربن فعال استفاده‌شده در این روش نیز بسیار ناچیز است که این روش را در مقایسه با استفاده مستقیم از کربن فعال بسیار اقتصادی می‌سازد. همچنین با توجه به اینکه بیشترین میزان جذب در دقیقه ۱۲۰ و در غلظت (ppm) ۱۰۰ می‌باشد و امکان افزایش جذب در زمان‌ها و غلظت‌های بالاتر نیز وجود دارد، پیشنهاد می‌شود کربن فعال در غلظت‌های بالاتر و زمان تماس بیشتر بررسی شود و برای جذب سایر کاتیون‌های فلزی نیز مطالعات لازم صورت پذیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

مراجع

۱- نشاط صفوی، م. ۱۳۹۰، تهیه یک نانو بیو جاذب جدید کروی جهت جداسازی کادمیوم و کروم با استفاده از آلژینات سدیم و کربن فعال حاصل از لیمو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی.

۲- مهربان، م. ۱۳۸۷، امکان‌سنجی تهیه یک جاذب جدید جهت جداسازی کادمیوم با استفاده از آلژینات سدیم و نانو پودر کربن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون‌دریایی.

3- Agarwal GS, Bhuptawat HK, Chaudhari, S.2006. Biosorption of aqueous chromiumVI by Tamarindus indica seeds. Bioresource Technology,97(7):949-956.

4- Albadarin, AB. Mangwandi, C. Al-Muhtaseb, AaH. Walker GM, Allen, SJ, Ahmad MNM. 2001.Kinetic and thermodynamics of chromium ions adsorption onto low-cost dolomite adsorbent, Chemical Engineering Journal,179: 193-202.

5- Alvarez,P.C, Blanco, M, Granda. 2006. The adsorption of chromium (VI) from industrial wastewater by acid and base-activated lignocellulosic residues. Journal of Hazardous Material,409(6): 60-67.

6- Bayat, B.2002.Comparative study of adsorption properties of Turkish fly ashes: II. The case of chromium (VI) and cadmium (II). Journal of Hazardous Materials,95(3):275-290.

7- Cardoso,V.d.A.2004.The ionic exchange process of cobalt, nickel and copper (II) in alkaline and acidlayered titanates Colloid surface. Journal of Physicochemical Engineering, 248(8): 145-149.

8- Chapman, D. 1996.Water quality assessments. Seccond edition, London, UK:E & FN Spon:448-451.

9- Crist, R.H, Martin, J.R, Chanko, J. and Crist, D.R. 1996.Uptake of metals on peat moss. an ion-exchange process, Environ. Sci Technol, 30:2456-2461.

10- Di Natale. F, Lancia. A, Molino A, Musmarra D, 2007. Removal of chromium ions form aqueous solutions by adsorption on activated carbon and char, Journal of Hazardous Materials,145: 381-390.

11- Dubey, SP, Gopal, K.2007. Adsorption of chromium(VI) on low cost adsorbents derived from agricultural waste material: A comparative study. Journal of Hazardous Materials, 145: 465-470.

12- Esalah, J.O. M.E. Weber, J.H. Vera.2000. Removal of lead, cadmium and zinc from aqueous solutions by precipitation with sodium di-(n-octyl) phosphinate Canadian. Journal of Chemistry, 78: 948-954.

13- Levankumar, L, Muthukumaran, V, Gobinath MB. 2009. Batch adsorption and kinetics of chromium (VI) removal from aqueous solutions by Ocimum americanum L, seed pods, Journal of Hazardous Materials, 161: 709-713.

14- Pawlowski, L.1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. In: Arnold E. Greenberd, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton (eds). Journal of Water environment t federation. 18th ed, Alexandria, 1025-1030.

15- Pehlivan, E, Altun.TR.2006.Biosorption of chromium(VI) ion from aqueous solutions using walnut, hazelnut and almond shell. Journal of Hazardous Materials,155:378-383.

16- precipitation with sodium di-(n-octyl) phosphinate Canadian. Journal of Chemistry, 78, 948-954.

17- Schneider, RM,Cavalin, CF, Barros, MASD,Tavares, CRG.2007. Adsorption of chromium ions in activated carbon, Chemical Engineering Journal Bansal M, Singh D, 132:355-366.

18- Shafaei, A, F.Z, Ashtiani, T, Kaghazchi. 2007. Equilibrium studies of the sorption of Hg (II) ions onto chitosan. Journal of Chemical Engineering,133(3): 311-331.

Archive of SID

www.SID.ir