



بررسی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از نانولوله های کربنی تک جداره و چند

جداره فعال از محلول های آبی

نویسندگان: محمد تقی قانعیان^۱ علی اصغر نجف پور^۲ محمد حسن احرامپوش^۳ حبیب الله اسماعیلی^۴ حسین علیدادی^۲ قربان سلیمانی خمارتاش^۵ محسن امرالهی^۶

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲. دانشیار مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۳. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۴. دانشیار گروه آمار، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۵. نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید

صدوقی یزد تلفن: ۰۹۱۵۵۵۸۴۱۰۹ Email: ms88solaymani@yahoo.com

۶. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

چکیده

مقدمه: فلزات سنگین از جمله آلاینده های مهمی هستند که امروزه غلظت آن ها در محیط زیست با گسترش شهرها و توسعه صنایع افزایش یافته است. یکی از مهمترین فلزات سنگین، کروم است و به صورت اکسیدهای سه و شش ظرفیتی در صنایعی مانند آبکاری، شیشه، سرامیک، دباغی و چرم کاربرد دارد. کروم شش ظرفیتی دارای مخاطرات بهداشتی اثبات شده ای مانند سرطانزایی است. هدف از این مطالعه بررسی مقایسه ای کارآیی نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی است.

روش بررسی: این تحقیق یک مطالعه تجربی است که در آن اثر غلظت اولیه کروم، pH، جرم جاذب و زمان واکنش بر حذف کروم شش ظرفیتی توسط جاذب نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال مورد بررسی قرار گرفته است. برای تهیه جاذب، نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال از پژوهشگاه صنعت نفت ایران (R.I.P.I) تهیه شد. مطالعه روی نمونه های سنتزی حاوی غلظت های ۰/۵، ۱ و ۲ میلی گرم در لیتر کروم شش ظرفیتی انجام گرفت. غلظت مقادیر کروم شش ظرفیتی به روش جذب اتمی تعیین گردید.

یافته ها: با توجه به نتایج، با افزایش زمان تماس و افزایش غلظت آلاینده، ظرفیت جذب (q_e) افزایش و با افزایش pH و افزایش جرم جاذب ظرفیت جذب (q_e) کاهش یافته است. داده های این تحقیق نشان داد که بهترین ظرفیت جذب (q_e) کروم شش ظرفیتی توسط نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه با pH مساوی ۳ و غلظت آلاینده ۲ میلی گرم بر لیتر و مقدار جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر به ترتیب برابر با ۳/۹۴ و ۳/۷۴ میلی گرم بر گرم بدست آمد و بر اساس نتایج بدست آمده کارایی نانولوله های کربنی تک جداره بهتر از چند جداره بوده است، با اینحال اختلاف معنی داری بین نتایج حذف این دو نوع جاذب مشاهده نشده است.

نتیجه گیری: نانولوله های کربنی تک جداره فعال نسبت به چند جداره فعال جاذبی مؤثرتر در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی می باشند.

واژه های کلیدی: نانولوله های کربنی، جذب سطحی، کروم شش ظرفیتی، محلول آبی

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد می باشد.

طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دوازدهم

شماره: چهارم - ۱۳۹۲

(ویژه نامه بهداشت محیط)

شماره مسلسل: ۴۲

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۵/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲۶



مقدمه

فلزات سنگین زمانی که به وسیله انسان مصرف می شوند، اغلب اثرات زیان آوری دارند، مواد سمی تجمع یافته به طور پیوسته غلظتشان زیاد می شود و ممکن است بیشترین فراوانی را در یک بافت ویژه داشته باشند. البته آلودگی به فلزات سنگین تنها از طریق مصرف فرآورده های دریایی سلامت انسان را تهدید نمی کند، بلکه قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین شامل آرسنیک، سرب و جیوه حتی از طریق ظروف لعابی، مواد غذایی، آفت کش و علف کش ها سلامت افراد خانواده را تحت تاثیر قرار می دهد. فلزات سنگین از جمله آلاینده های زیست محیطی بوده که مواجهه انسان با بعضی از آنان از طریق آب و مواد غذایی می تواند مسمومیت های مزمن و بعضاً حاد و خطرناکی ایجاد کنند (۱).

حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می گردد. تاثیرات فلزات سنگین روی انسان مختلف بوده و عمده ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است (۲). کروم یک فلز سنگین و بسیار سمی است و در صنایعی مانند آبکاری فلزات، تولید شیشه، سرامیک، دباغی چرم، تولید رنگ و دستگاه های خنک کننده کاربرد فراوانی دارد. حذف و بازیافت کروم از فاضلاب های صنایع به دلیل کمیاب و در نتیجه گران قیمت بودن کروم و همچنین خطرات زیست محیطی این فلز حائز اهمیت است. به طور کلی کروم را می توان با دو روش شیمیایی و زیستی حذف کرد (۳). کروم ۶ ظرفیتی در غلظت بیش از ۵۰ میکرو گرم بر لیتر باعث خطرات عمده ای نظیر سرطان ریه،

پوست و صدمات جبران ناپذیری به کلیه، کبد و حتی دیگر عوارض آلرژیک می گردد. (۴) حداکثر میزان مجاز کروم در آب مصرفی بر اساس موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر می باشد (۵) بر اساس استاندارد EPA ماکزیمم غلظت کروم در آب آشامیدنی ۰/۱ میلی گرم بر لیتر می باشد (۶). میزان جذب این فلز در موجودات بستگی به ظرفیت آن دارد، به گونه ای که میزان جذب کروم شش ظرفیتی در آب آشامیدنی ۹ برابر بیشتر از میزان جذب کروم سه ظرفیتی است (۷). در غلظت های بالا تمام ترکیبات کروم سمی هستند و بنابراین ضرورت دارد فاضلاب های محتوی این ماده قبل از تخلیه به محیط زیست تصفیه شوند. کروم شش ظرفیتی به صورت CrO_4^{2-} و $Cr_2O_7^{2-}$ در طبیعت یافت می شود و در مقایسه با کروم سه ظرفیتی بسیار سمی، سرطانزا و جهش زا می باشد (۸). سازمان جهانی بهداشت سرطانزا بودن کروم شش ظرفیتی در انسان را تأیید کرده است (۹). آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) کروم شش ظرفیتی را در گروه ۱ سرطانزا برای انسان قرار داده است (۱۰) سازمان جهانی بهداشت نیز حد مجاز کروم (VI) در آب آشامیدنی را ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر تعیین نموده است (۸). بر خلاف آلاینده های آلی که اغلب به صورت بیولوژیکی تجزیه شده و به فرم های بی خطر تبدیل می شوند، فلزات سنگین نظیر کروم (VI) پتانسیل تبدیل شدن به اجزای بی خطر را ندارند (۱۱). روش های مختلفی نظیر فرآیندهای الکترودیالیز، ترسیب شیمیایی، اسمز معکوس و تبادل یون جهت حذف کروم (۱۲، ۱۳) توسعه یافته اند که برای دیگر فلزات سنگین نیز کاربرد دارند. این گونه فرآیندها به دلیل هزینه نسبتاً بالا، عدم



(R.I.P.I) به صورت آماده تهیه شد. در این بررسی محلول کروم شش ظرفیتی (1000 mg/L) از طریق حل کردن دی کرومات پتاسیم در آب دوبار تقطیر تهیه شد، جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و کروم (VI) از شیکر روتومیکس ساخت شرکت بهداد با شدت اختلاط 120 دور در دقیقه استفاده شد. غلظت کروم (VI) در نمونه های استاندارد و مجهول با استفاده از دستگاه جذب اتمی ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد. جهت جداسازی ذرات جاذب از محلول آبی، نمونه ها در طی زمانهای مختلف واکنش، با استفاده از پمپ خلا و فیلتر 0.2 میکرون جدا شده و مقدار باقیمانده کروم (VI) با استفاده از روش فوق تعیین شد. جهت تنظیم pH از pH متر مدل schott 824 و محلولهای اسید نیتریک یک نرمال استفاده شد. در این مطالعه تأثیر جرم جاذب، pH، غلظت اولیه کروم (VI) و زمان واکنش در راندمان حذف کروم (VI) بررسی شد.

یکی از فاکتورهای مهم در آزمایشات جذب، پارامتر ظرفیت جذب (q_e) بوده و نشان دهنده میزان مطلوبیت جاذب می باشد. در این تحقیق جهت مقایسه کارایی جاذب مورد نظر با سایر جاذب ها، پارامتر (q_e) با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$q_e = \frac{V}{M} \times (C_0 - C_e) \quad (1)$$

که در آن:

q_e : جرم کروم جذب شده به ازای واحد جرم جاذب (mg/g)

V : حجم مفید راکتور (L)

M : مقدار جرم جاذب (g)

C_0 : غلظت اولیه کروم (mg/L)

حذف کامل کروم و همچنین دفع مواد زائد ناشی از آن ها دارای محدودیت هایی می باشد (۱۴). فرآیند جذب سطحی از دیگر روش های معمول مورد استفاده برای حذف کروم است. جذب سطحی، فرآیند تجمع مواد در فصل مشترک بین دو فاز است. کربن فعال از مؤثرترین جاذب های مورد استفاده در فرآیند جذب کروم می باشد، با توجه به بالا بودن هزینه های مربوط به تهیه و احیاء کربن فعال (۱۵)، در سال های اخیر استفاده از فن آوری نانو، به ویژه نانولوله های کربنی (۱۶) و نانوذرات (۱۷) برای حذف آلاینده های محیط زیست افزایش روز افزونی پیدا کرده است. ویژگی منحصر به فرد نانوذرات، حذف فلزات سنگین با راندمان بالا و تنوع زیاد این مواد است (۱۸). نانولوله های کربنی می توانند برای تشکیل غشاهایی با تخلخل نانومتری و دارای قابلیت جداسازی آلودگی ها، به طور یکنواخت هم راستا شوند. تخلخل های نانومتری نانولوله ها این فیلترها را از دیگر فناوری های فیلتراسیون بسیار انتخاب پذیرتر نموده است. همچنین نانولوله های کربنی دارای سطح ویژه بسیار بالا، نفوذپذیری زیاد و پایداری حرارتی و مکانیکی خوبی هستند هدف از انجام این مطالعه بررسی کارایی نانو نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال شده در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول آبی و تعیین پارامترهای مختلف جذب بوده است.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه تجربی است، کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده محصول مرک آلمان بوده و نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال از پژوهشگاه صنعت نفت ایران



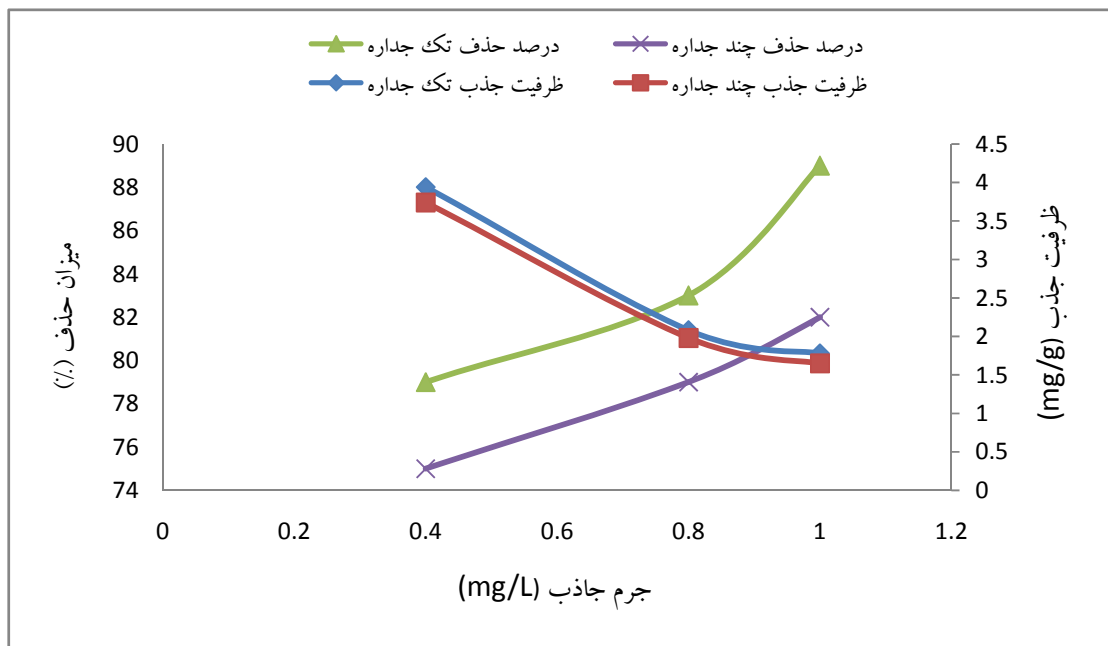
مطلوبترین جرم جاذب ۰/۴ گرم در لیتر برای حذف کروم (VI) می باشد.

غلظت اولیه آلاینده از عواملی است که در فرایند جذب آلاینده ها باید مورد توجه قرار گیرد. تاثیر غلظت اولیه کروم بر کارایی حذف در $pH=3$ و وجرم جاذب ۰/۴ گرم در لیتر از محلول با غلظت های ۰/۵، ۱، و ۲ میلی گرم در لیتر کروم شش ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود با افزایش غلظت کروم از ۰/۵ به ۲ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف کاهش و ظرفیت جذب افزایش یافته است.

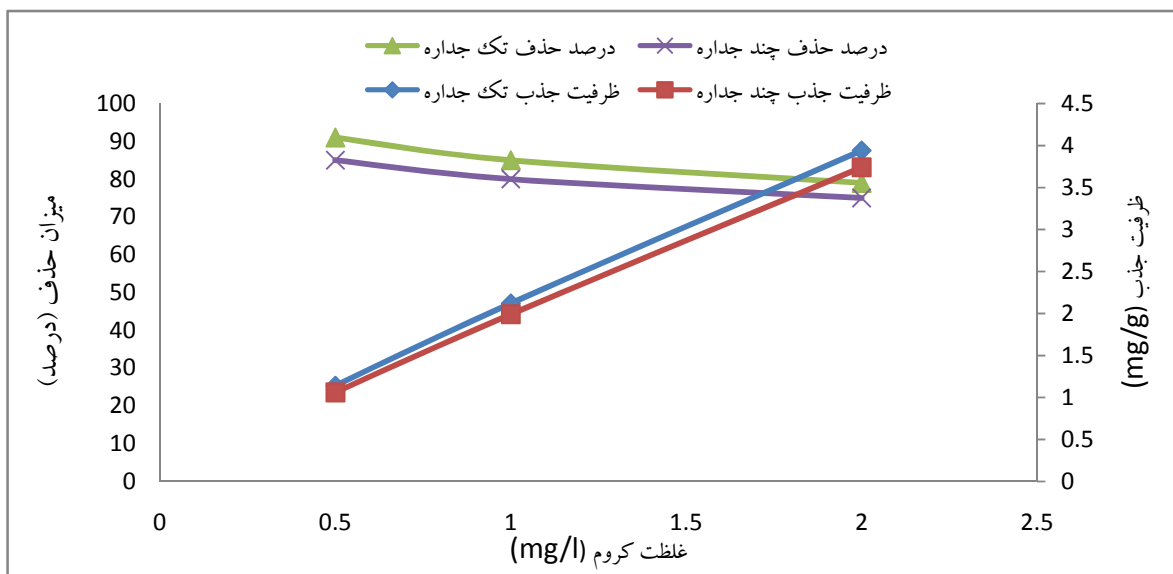
C_e : غلظت باقیمانده آلاینده بعد از آزمایش (mg/L) می باشد.

یافته ها

تأثیر جرم جاذب بر حذف کروم و ظرفیت جذب این آلاینده توسط نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره از محلول کروم ۲ میلی گرم در لیتر در شکل ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده با افزایش جرم جاذب، درصد حذف افزایش و ظرفیت جذب کاهش می یابد. بطوریکه ظرفیت جذب (Q_e) برای جرم جاذب ۰/۴ گرم در لیتر، برای نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال در زمان ۱۲۰ دقیقه و $pH=3$ به ترتیب برابر با ۳/۹۴ و ۳/۷۴ میلی گرم بر گرم و برای جرم جاذب ۱ گرم در لیتر ۱/۶۵ و ۱/۷۸ میلی گرم بر گرم بوده است. با توجه به نتایج



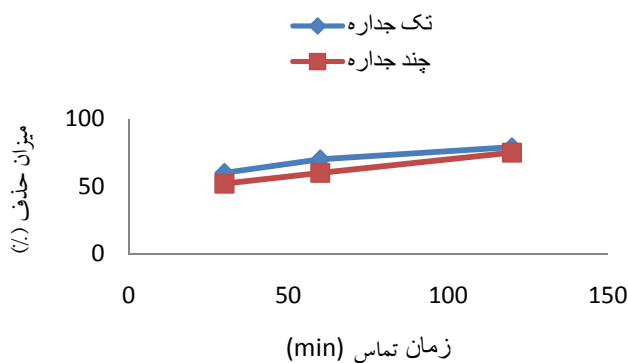
شکل ۱: تاثیر جرم جاذب بر حذف کروم و ظرفیت جذب (Q_e) نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال ($pH=3$) زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، غلظت کروم ۶ ظرفیتی ۲ میلی گرم بر لیتر)



شکل ۲: تاثیر غلظت آلاینده بر حذف آلاینده و ظرفیت جذب (q_e) نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال (جرم جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر، pH=۳، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه)

۶۰، ۱۲۰ دقیقه در pH=۳ برای غلظت ۲ میلی گرم در لیتر کروم (VI) و جاذب ۰/۴ گرم در لیتر ظرفیت جذب به ترتیب برابر با ۳/۰۱، ۳/۵۲، ۳/۹۴ و در نانولوله های چند جداره تحت شرایط مشابه ۲/۶، ۳/۰۱ و ۳/۷۴ میلی گرم بر گرم بدست آمده است. نتایج در شکل ۳ (الف و ب) قابل مشاهده می باشد.

جهت بررسی تأثیر زمان تماس، زمان های ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. بررسی اثر زمان واکنش بر روند جذب نشان داد که با افزایش زمان تا ۱۲۰ دقیقه ظرفیت جذب (q_e) و درصد حذف یون های کروم (VI) توسط جاذب افزایش می یابد. با توجه به نتایج در نانولوله های کربنی تک جداره در زمان ۳۰

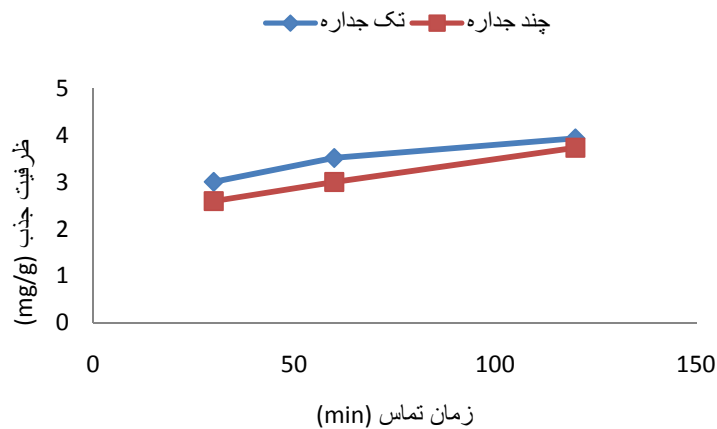


شکل ۳ (الف): تاثیر زمان تماس بر حذف کروم با نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال (غلظت کروم ۲ میلی گرم بر لیتر، جرم جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر، pH=۳)



برای زمان ۳۰ دقیقه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس جدول ۱، با کاهش pH از ۵ به ۳ در هر دو نوع جاذب ظرفیت جذب (q_e) و درصد حذف آلاینده افزایش یافته است.

به منظور بررسی تاثیر pH بر ظرفیت جذب نانولوله های کربنی و درصد حذف کروم شش ظرفیتی در حضور جاذب مورد نظر، داده های حاصل از آزمایش تحلیل و مقادیر ظرفیت جذب (q_e)



شکل ۳ (ب): تاثیر زمان تماس بر ظرفیت جذب (q_e) نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال (غلظت کروم ۲ میلی گرم بر لیتر، جرم جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر، $pH=3$)

جدول ۱: تاثیر pH بر ظرفیت جذب و درصد حذف کروم با نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال (غلظت کروم ۲ میلی گرم بر لیتر، جرم جاذب ۰/۴ گرم بر لیتر، زمان ۳۰ دقیقه)

pH	نوع جاذب					
	نانولوله های کربنی چند جداره			نانولوله های کربنی تک جداره		
	C_e (mg/L)	R_e (%)	q_e (mg/g)	C_e (mg/L)	R_e (%)	q_e (mg/g)
۳	۰/۹۶۱	۵۱/۹۵	۲/۶	۰/۷۹۶	۶۰/۲	۳/۰۱
۵	۱/۱۷۶	۴۱/۲	۲/۰۶	۰/۹۸۲	۵۰/۹	۲/۵۴



بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش جرم جاذب، درصد حذف کروم افزایش و ظرفیت جذب کاهش می‌یابد. افزایش جرم جاذب منجر به افزایش نقاط فعال سطحی و افزایش تعداد مکانهای فعال جذب می‌شود. با افزایش جرم جاذب، سطح تماس میان جاذب و آلاینده افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش میزان جذب می‌شود در مطالعه ای در سال ۲۰۰۹ توسط Hu و همکاران در مورد جذب کروم ۶ ظرفیتی با نانولوله های کربنی چند دیواره خام انجام شد اثر غلظت اولیه کروم، pH، دما، مقدار MWCNT بررسی شد. در این مطالعه حذف کروم ۶ ظرفیتی از محلول آبی با افزایش pH کاهش پیدا کرد و با افزایش مقدار MWCNT و دما حذف کروم ۶ ظرفیتی افزایش پیدا کرد. و داده های جذب کروم و نانولوله های کربنی چند دیواره از مدل ایزوترم لانگمیر و فروندلیچ تبعیت نمود (۱۹).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش غلظت کروم از ۰/۵ به ۲ میلی گرم در لیتر، میزان درصد حذف کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که جاذبها دارای تعداد محل های فعال محدودی می باشند، بنابراین در غلظت های بالا، محل های فعال جذب توسط آلاینده، سریعتر اشباع شده و موجب کاهش کارایی فرآیند می-شود. مطالعه انجام شده توسط غنی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که کارایی حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش غلظت اولیه آلاینده کاهش می‌یابد (۵). Owlad و همکاران در سال ۲۰۱۰ نیز در بررسی خود در مورد حذف کروم شش ظرفیتی توسط کربن فعال دریافتند که افزایش غلظت اولیه کروم منجر به

اشباع شدن مکان های فعال جذب شده و افزایش غلظت آلاینده منجر به کاهش میزان جذب آن می‌شود (۲۰). این مطالعه نشان داد که با افزایش زمان تماس، میزان جذب افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش احتمال تماس آلاینده با سطح جاذب می باشد. میزان جذب در زمانهای اولیه زیاد بوده ولی بعد از مدتی کاهش می‌یابد که نشان دهنده این است که واکنش به حالت تعادل رسیده است. نتایج مطالعه Singh و همکاران (۲۰۰۸) بر روی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از نانوذرات آهن صفر ظرفیتی انجام دادند، نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس بین جاذب و کروم شش ظرفیتی کارایی حذف افزایش می‌یابد (۲۱). Zhang و همکاران در سال ۲۰۱۰ در مورد حذف کروم به وسیله کربن فعال مشتق شده از جلبکها نیز به نتایج مشابهی در مورد زمان تماس دست یافتند و پی بردند که با افزایش زمان تماس میزان جذب تا رسیدن به نقطه تعادل بصورت صعودی افزایش یافته و بعد از زمان تعادل روند صعودی در مقایسه با قبل از رسیدن به نقطه تعادل کاهش قابل توجهی پیدا کرده که نشان دهنده اشباع شدن مکانهای فعال جاذب بود (۲۲).

نتایج مطالعه نشان داد که با کاهش pH، میزان درصد حذف افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش یونهای HCrO_4^- و CrO_4^{2-} می باشد که با افزایش این یونها در محیط جذب راحتتر انجام می‌شود. در مطالعه ای Hu و همکاران نیز به نتایج مشابهی دست یافته اند (۱۹).

در مطالعه حاضر کارایی نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال شده به عنوان یک جاذب جدید در حذف کروم شش



نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره فعال شده جاذبی مناسب برای حذف کروم می باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده کارایی نانولوله های کربنی تک جداره فعال شده نسبت به چند جداره فعال شده بالاتر می باشد که علت آن جذب راحتتر آلاینده بر روی سطح جذب در نانولوله های کربنی تک جداره می باشد، با اینحال اختلاف معنی داری بین نتایج حذف در این دو نوع جاذب مشاهده نشده است.

ظرفیتی بررسی گردید. هر چند تا کنون هیچ مطالعه ای در زمینه حذف کروم با این جاذب انجام نشده است ولی در رابطه با جاذب نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره خام مطالعات مشابهی توسط Hu و همکاران (۱۹) و Moradi و همکاران (۲۳) در مورد حذف کروم و فلزات سنگین انجام شده است که نتایج بدست آمده از مطالعات آنها نشان داد نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره جاذبی مؤثر در حذف فلزات سنگین به ویژه کروم شش ظرفیتی می باشد. مطالعه حاضر نشان داد که

References

- 1- Neagu V, Mikhalovsky S. Removal of hexavalent chromium by new quaternized crosslinked poly (4-vinylpyridines). *J Hazard Mater* 2010;183(1-3): 533-40.
- 2-Arulkumar M, Thirumalai K, Sathishkumar P, Palvannan T. Rapid removal of chromium from aqueous solution using novel prawn shell activated carbon. *Chem Eng J*2012;185-186: 178– 86.
- 3-Gupta VK, Rastogi A. Sorption and desorption studies of chromium (VI) from nonviable cyanobacterium *Nostoc muscorum* biomass. *J Hazard Mater* 2008; 154(1-3): 347-54.
- 4-APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21th ed, USA: Washington, D.C ;2005: 3-68.
- 5-Ghanizadeh GH, Ghaneian MT, Asgari GH, et al. Removal of Excess Cr (VI) from Water by Adsorption onto Bone Char. 13th National conference of Environmental Health: kerman , Iran. 2010;44 [Persian].
- 6- Mahmoud ME, Osman MM, Hafez OF, et al. Removal and preconcentration of lead (II), copper (II), chromium (III) and iron (III) from wastewaters by surface developed alumina adsorbents with immobilized 1-nitroso-2-naphthol. *J Hazard Mater* 2010;173(1-3): 349–57.
- 7- WHO. *Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1: Recommendations*. 3rd ed. Geneva: World Health Organization ; 2004: 29-30.
8. Demirbas E, Kobya M, Senturk E, et al. Adsorption kinetics for the removal of Chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes. *Water SA* 2004; 30 (4): 533-9.



- 9- Raj C, Anirudhan TS. Chromium (VI) adsorption by sawdust: kinetics and equilibrium. *Indian J Chem Techn* 1997; 4: 228–36.
- 10- Cieslak-Golonka M . Toxic and mutagenic effects of chromium (VI). *Polyhedron* 1996;15(21): 3667-89.
11. ISIRI , Quality standards of drinking water . Institute of Standards and Industrial Research of Iran; (1053). 1997.
- 12- Hyun-Doc C, Jung-Min C, Kitae B, et al. Influence of cationic surfactant on adsorption of Cr(VI) onto activated carbon. *J- Hazard- Mater* 2009; 161(2-3): 1565-8.
- 13- browski D, Hubicki Z, Podkocielny P, et al. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion exchange method. *Chemosphere* 2004; 56(2): 91-106.
- 14- Vijayaraghavan K, Ting Teo T, Balasubramanian R, et al. Application of Sargassum biomass to remove heavy metal ions from synthetic multi-metal solutions and urban storm water runoff. *J Hazard Mater* 2009; 164(2-3): 1019–23.
- 15-Selvi K, Pattabhi S, kadirvelu K. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon. *Bioresource Technol* 2001; 80(1): 87-9.
- 16- Gupta VK, Agarwal S, Saleh TA. Chromium removal by combining the magnetic properties of iron oxide with adsorption properties of carbon nanotubes. *Water Res* 2011; 45(6): 2207 -12.
- 17- Liu T, Wang Z-L, Zhao L, et al. Enhanced chitosan/Fe₀-nanoparticles beads for hexavalent chromium removal from wastewater. *Chem Eng J* 2012; 189-190: 196– 202.
- 18-Afkhami A, Madrakian T, Amini A, et al. Effect of the impregnation of carbon cloth with ethylene diamine tetraacetic acid on its adsorption capacity for the adsorption of several metal ions. *J Hazard Mater* 2008; 150(2): 408–12.
- 19- Hu J , Wang SW, Shao DD, et al. Adsorption and Reduction of Chromium(VI) from Aqueous Solution by Multiwalled Carbon Nanotubes . *The Open Environ Poll Toxicol J* 2009; 1: 66-73.
- 20-Owlad M, Aroua MK, Daud WMAW. Hexavalent chromium adsorption on impregnated palm shell activated carbon with poly ethyleneimine . *Bioresource Technol* 2010; 101(14): 5098–103.
- 21- Singh R , Misra V, Pratap Singh R . Removal of Cr(VI) by Nanoscale Zero-valent Iron (nZVI) From Soil Contaminated with Tannery Wastes. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 88(2): 210-4.



- 22- Zhang H- , Tang Y, Cai D, et al . Hexavalent chromium removal from aqueous solution by algal bloom residue derived activated carbon: Equilibrium and kinetic studies . J Hazard Mater-2010; 181(1-3): 801-8.
- 23- Moradi O , Zare K , Yari M. Interaction of some heavy metal ions with single walled carbon nanotube . Int J Nano Dim 2011; 1(3): 203-20.



Survey of Chromium (VI) Removal By Using Oxidized Multi and Single Walled Carbon Nano Tubes from Aqueous Solution

Ghaneian MT(Ph.D)¹, Najafpoor AA(Ph.D)², Ehrampoush MH(Ph.D)³, Esmayli H(Ph.D)⁴, Alidadi H (MS.c)²
Solaymani Khomartash GH(MS.c)⁵, Amrolahi M(MS.c)⁶

1. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran. .
2. Associate Professor, Health Sciences Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of, Mashhad University of Medical Sciences, Iran.
3. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.
4. Associate Professor, Department of statistic, Mashhad University of Medical Sciences, Iran
5. Corresponding Author: MS .c student in Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences ,Yazd, Iran.
6. MS.c of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences ,Yazd, Iran

Abstract

Introduction: The heavy metals are the most important pollutant that their concentration in environment is increasing with cities and industrials developing. One of this metals is chromium that in the trivalent and hexavalent oxidation state used in industries such as electroplating, glass, ceramic, tannery and leather. Hexavalent chromium has proven several health hazards such as a carcinogenicity. The aim of this study was survey the efficacy of oxidized multi walled and single walled carbon nano tubes in removal of hexavalent chromium from aqueous solution.

Methods: This study was experimental which investigated the effect of initial chromium concentration, pH, adsorbent dose and reaction time on removal of chromium by oxidized multi and single walled carbon nano tubes. Oxidized carbon nano tubes were purchased from Research Institute of Petroleum Industry (R.I.P.I). The study performed on the synthetic samples contain 0.5, 1 and 2 mg/l concentration of chromium(VI). The unknown concentration of hexavalent chromium detected by atomic absorption spectrophotometry.

Results: According to the results, adsorption capacities (q_e) increased with increasing of initial Cr(VI) concentrations and reaction time and decreased with increasing adsorbent dose and increasing of pH. Maximum adsorption capacities of Hexavalent chromium by OSWCNTs and OMWCNT at 120 minutes, pH=3, initial Hexavalent chromium concentration 2mg/l and adsorbent dose 0.4g/l were obtained 3.94 and 3.74 mg/g respectively.

Conclusion: Oxidized single walled Carbon Nano tubes (SWCNTs) is more efficient than oxidized multi walled carbon nano tubes (MWCNTs) in removal of hexavalent chromium from aqueous solutions.

Keywords: Carbon nano tubes, adsorption, hexavalent chromium, aqueous solution