

## بررسی عوامل موثر بر کارایی نانو ذرات روی اکسید در حذف کادمیوم از محلول‌های

### آبی

نویسندگان: محمدحسن احرامپوش<sup>۱</sup>، محمد حسین سلمانی<sup>۲</sup>، سلمان زارعی<sup>۳</sup>، اصغر ابراهیمی<sup>۴</sup>  
محسن عسکری شاهی<sup>۵</sup>، مهدی صفدری<sup>۶</sup>

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

۲. دانشجوی دکترای شیمی تجزیه و مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۳. نویسنده مسئول؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد تلفن تماس: ۰۹۱۸۷۴۵۱۶۹۸ Email: ab.salmanzare@gmail.com

۴. دانشجوی دکترای بهداشت محیط و مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۵. استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

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

### چکیده

**مقدمه:** کادمیوم یک فلز سنگین با سمیت بسیار بالا می‌باشد که به عنوان ماده‌ای سرطانزا شناخته شده است. بنابراین لازم است که برای حفظ سلامت انسان‌ها و حفاظت از محیط زیست یون کادمیوم اضافی در پساب‌های صنعتی قبل از تخلیه آن به آب سطحی و زیرزمینی حذف گردد. لذا در این مطالعه کارایی نانو ذرات روی اکسید در حذف کادمیوم از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفته است.

**روش بررسی:** این تحقیق یک مطالعه تجربی - آزمایشگاهی می‌باشد. آزمایشات جذب به صورت ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از نانو ذرات روی اکسید انجام شد و اثر غلظت اولیه کادمیوم، مقدار جاذب، pH و زمان تماس بر روی راندمان حذف بررسی شد. مقدار کادمیوم باقی مانده با استفاده از دستگاه جذب اتمی Varian AA20 ساخت کشور استرالیا اندازه گیری شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

**یافته‌ها:** در این مطالعه نتایج نشان داد که زمان تماس بهینه برای حذف یون کادمیوم ۱۵ دقیقه بدست آمد و با افزایش جرم جاذب و زمان تماس راندمان حذف کادمیوم افزایش و با افزایش غلظت اولیه کادمیوم از ۵ به ۲۵ میلی گرم در لیتر راندمان حذف از ۸۶/۶ به ۶۰/۵ کاهش می‌یابد. همچنین مشخص گردید که با افزایش غلظت اولیه کادمیوم میزان جذب افزایش می‌یابد. حداکثر کارایی جذب در pH برابر با ۷ به میزان ۸۹/۶٪ بدست آمد.

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج بدست آمده نانو ذرات روی اکسید کارایی مناسبی در حذف کادمیوم از محیط‌های آبی دارد. و می‌تواند در تصفیه فاضلاب حاوی یون کادمیوم استفاده شود. هر چند که عملکرد آن بستگی زیادی به قدرت یونی و تداخل دیگر فلزات موجود در فاضلاب دارد.

**واژه‌های کلیدی:** کادمیوم، فلزات سنگین، جذب سطحی، نانو ذرات

این مقاله بر گرفته از پایان نامه دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می‌باشد.

## طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال سیزدهم

شماره: سوم

مرداد و شهریور ۱۳۹۳

شماره مسلسل: ۴۵

تاریخ وصول: ۱۳۹۱/۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۲

**مقدمه**

فرآیند سریع صنعتی شدن و افزایش استفاده زیاد از فلزات سنگین در دو دهه گذشته به طور اجتناب ناپذیری منجر به افزایش این فلزات در محیط‌های آبی شده است (۱،۲). ورود این گونه ترکیبات از طریق فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی و ... شرایطی را به وجود آورده که همواره تهدیدی برای سلامتی انسان‌ها به شمار می‌رود (۳). بنابراین حذف این آلاینده‌ها از دیدگاه بهداشت عمومی و کنترل آلودگی محیط زیست بسیار ضروری است (۴-۷). کادمیوم یک فلز سنگین با سمیت بسیار بالا است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) و آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) به عنوان ماده‌ای سرطان‌زا شناخته شده است (۸). این آلاینده به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری، وارد زنجیره غذایی می‌شود و در اعضای بدن موجودات زنده بخصوص در کبد و کلیه تجمع می‌یابد و موجب اختلال در عملکرد آنها می‌شود. کادمیوم باعث اختلال در متابولیسم کلسیم، آسیب به اسکلت بدن، پوکی استخوان و ایجاد سنگ کلیه می‌گردد (۹، ۱۰). تاکنون روش‌های مختلفی از جمله ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، جداسازی غشایی، تبخیر، احیاء الکتروشیمیایی، انعقاد و لخته سازی، شناورسازی، تصفیه بیولوژیکی و غیره برای حذف و بازیافت فلزات سنگین از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۱-۱۳). اما این تکنولوژی‌های تصفیه محدودیت‌های عمده‌ای دارند که شامل دفع محلول غلیظ، انرژی بالای مورد نیاز، هزینه سرانه و بهره برداری و نگهداری بالا، دفع لجن تولید شده و حجم بالای آن، حذف نامطلوب، نیاز به تجهیزات گران قیمت و

غیره می‌باشد، که استفاده از این روش‌ها در مقیاس صنعتی مشکل ساز است (۱۴-۱۶). تحقیقات نشان داده است که روش جذب به خصوص برای فاضلاب‌های با غلظت متوسط و یا کم فلزات سنگین بسیار موثر بوده و همچنین به عنوان یک روش عالی برای تصفیه موثر فاضلاب صنایع به کار می‌رود (۱۷). از مزایای مهم آن هزینه کم، قابل دسترس بودن، کارآیی بالا و کاربری آسان می‌باشد (۱۸).

روش جذب سطحی هر چند به طور طبیعی توانایی زیادی دارد، ولی از مقاومت در برابر انتقال جرم به صورت گسترده به خاطر اندازه ذرات جاذب محدود می‌شود. که می‌توان با استفاده از فناوری نانو تکنولوژی بر این محدودیت غلبه کرد (۱۹).

فناوری نانو در راستای کاهش اثرات سوء آلودگی‌های زیست محیطی، می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی سازگار با محیط زیست مطرح شود. نانو مواد دارای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کلیدی مانند نسبت سطح به حجم بالا، واکنش‌پذیری بالا، پتانسیل کاتالیزوری بهتر، عدم مقاومت در برابر نفوذ داخلی می‌باشند (۲۰). از آنجا که سطح بیشتری از جاذب به ازای هر واحد جرم جاذب وجود دارند، پس از تصفیه مواد زائد کمتری تولید خواهد شد چون این ذرات به طور فعال برای جذب استفاده شده‌اند (۲۱). این ویژگی‌ها می‌تواند به بهبود فناوری‌های موجود در تصفیه فاضلاب کمک کند (۱۹). نانو مواد به دلیل داشتن مساحت سطحی ویژه بالا و عدم مقاومت در برابر نفوذ داخلی، جاذب سطحی بسیار کارآمدی برای جذب سریع یون‌های فلزات سنگین و مولکول‌های آلی از محلول‌های آبی می‌باشند (۲۲).



تهیه گردید. همچنین برای تعیین اثر pH و جرم جاذب، اثر پنج pH مختلف (۷، ۶، ۵، ۴، ۳) و دو جرم مختلف (۱۰، ۵ gr/l) از نانوذرات روی اکسید طی فرآیند جذب مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین اثر متغیر زمان تماس، آزمون ها در زمان های (۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰، ۳۰، ۱۵) و در سه غلظت مختلف از کادمیوم (۱۵، ۱۰، ۵ mg/l) انجام گردید.

مقدار باقی مانده کادمیوم در نمونه های استاندارد و مجهول با استفاده از روش طیف سنجی جذب اتمی (AA) با استفاده از دستگاه جذب اتمی varian ساخت کشور استرالیا در طول موج ۲۲۸/۸ نانومتر در شرایط جذب اتمی استاندارد اندازه گیری شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد.

#### یافته ها

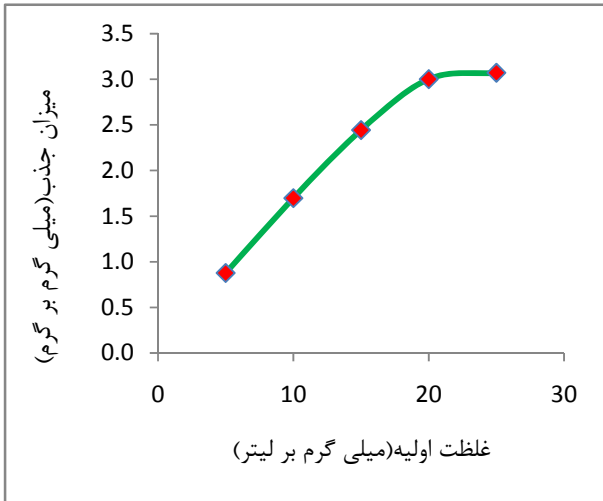
از عوامل موثر در فرایند جذب، pH می باشد. در این تحقیق، اثر pH بر روی فرایند جذب کادمیوم توسط نانوذرات روی اکسید در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، در pH اسیدی راندمان جذب پایین تر است ولی همان گونه که در شکل ۱ مشاهده می گردد به طور کلی، راندمان جذب کادمیوم با افزایش pH افزایش می یابد، به طوری که با تغییر pH از ۴ به ۵ راندمان جذب کادمیوم به شدت افزایش پیدا می کند و با افزایش مجدد pH تا ۷ راندمان جذب کادمیوم از یک روند افزایش تدریجی برخوردار است.

دومین عاملی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت، غلظت اولیه آلاینده بود. تأثیر این عامل بر کارایی حذف در  $pH=7$  و جرم جاذب ۵ گرم در لیتر و در محلول هایی با غلظت های

روی اکسید به عنوان ترکیبی ماده سازگار با محیط زیست، در صنعت کاتالیست، سنسورهای گاز، سلول های خورشیدی استفاده می شود. همچنین روی اکسید به عنوان یک ماده جاذب، عمدتاً برای از بین بردن  $H_2S$  به کار گرفته شده است. روی اکسید می تواند به عنوان یک فتوکاتالیست کم هزینه جایگزینی برای  $TiO_2$  در تخریب مواد آلی از محلول های آبی باشد (۲۳). اخیراً محققان به این نتیجه دست یافته اند که روی اکسید نانو ساختار می تواند در حذف فلزات سنگین کارآمد باشد (۲۴). لذا در این مطالعه کارایی نانو ذرات روی اکسید در حذف کادمیوم از محلول های آبی مورد بررسی قرار گرفت و عوامل موثر بر فرایند حذف مطالعه شد.

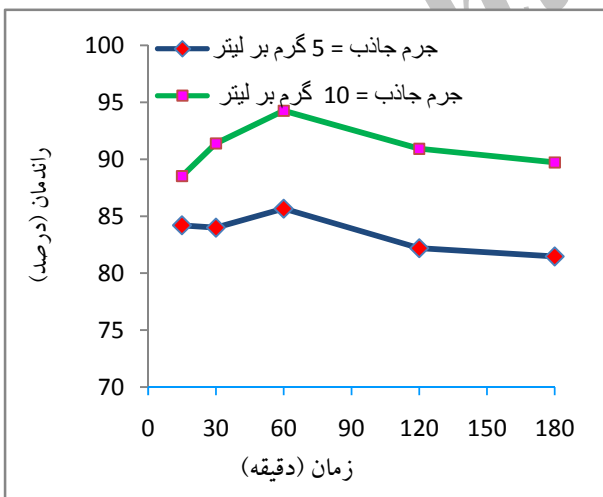
#### روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه تجربی است که به صورت ناپیوسته (Batch) انجام شد. در این بررسی ابتدا محلول کادمیوم (۱۰۰۰ mg/l) از طریق حل کردن کادمیوم نیترات در آب دو بار تقطیر تهیه شد. از این محلول برای تهیه غلظت های مورد نیاز برای انجام آزمایش و ساختن استانداردها، استفاده گردید. جهت تنظیم pH از محلول های اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال استفاده گردید. اندازه گیری pH با pH متر مدل Mi151 انجام شد. برای اختلاط و تماس مناسب جاذب و کادمیوم، از هم زن با شدت اختلاط ۱۵۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد استفاده گردید. جهت جداسازی ذرات جاذب از محلول آبی در طی زمانهای مختلف واکنش، از فیلتر ۰/۲ میکرون sartorius ساخت کشور آلمان استفاده گردید. برای تعیین میزان تاثیر غلظت اولیه آلاینده بر فرایند جذب، پنج غلظت مختلف کادمیوم (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ mg/l)



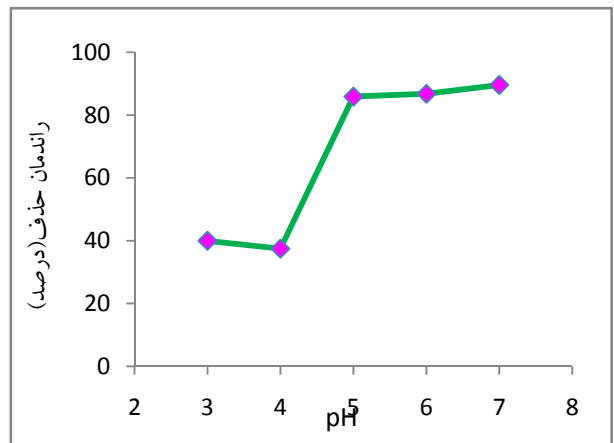
شکل ۳: تعیین اثر غلظت اولیه آلاینده بر میزان جذب ( sorbent )  
 (t=3h و pH=7 و mass =5 g/L)

سومین عامل مورد بررسی، جرم جاذب می‌باشد. جهت بررسی تاثیر جرم جاذب در این مطالعه، از جرم‌های ۵ و ۱۰ گرم در لیتر استفاده شد که نتایج آن در شکل (۴) آمده است. نتایج نشان داد که افزایش دوز جاذب از ۵ به ۱۰ گرم بر لیتر در غلظت اولیه و pH ثابت راندمان حذف بیشتر می‌شود.

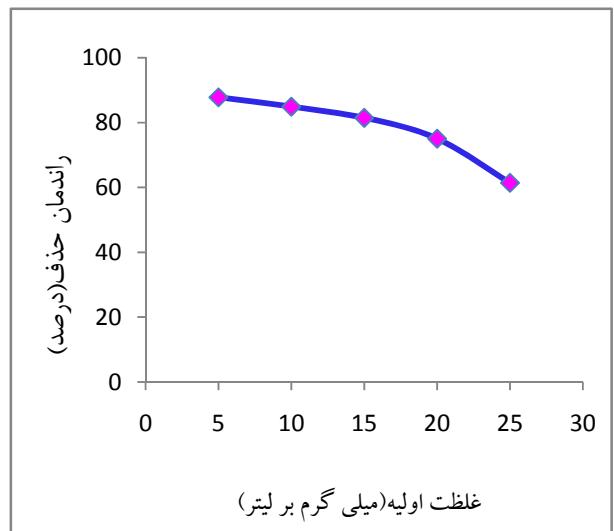


شکل ۴: تغییرات اثر جرم جاذب بر راندمان جذب (C<sub>0</sub>=15 mg/l و pH=7) در زمان‌های مختلف

۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵ mg/l کادمیوم مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همانطور که در این دو شکل مشاهده می‌شود با افزایش غلظت کادمیوم از ۵ به ۲۵ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف کاهش یافته ولی با این حال میزان جذب افزایش یافته است.



شکل ۱: تعیین اثر pH محلول بر راندمان حذف کادمیوم (C<sub>0</sub>=10 mg/L و sorbent mass =5 g/L و t=3h)



شکل ۲: تعیین اثر غلظت اولیه آلاینده بر راندمان حذف ( sorbent )  
 (t=3h و pH=7 و mass =5 g/L)

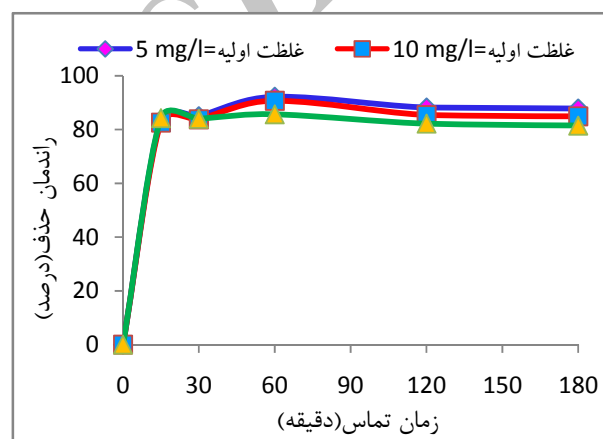


### بحث و نتیجه گیری

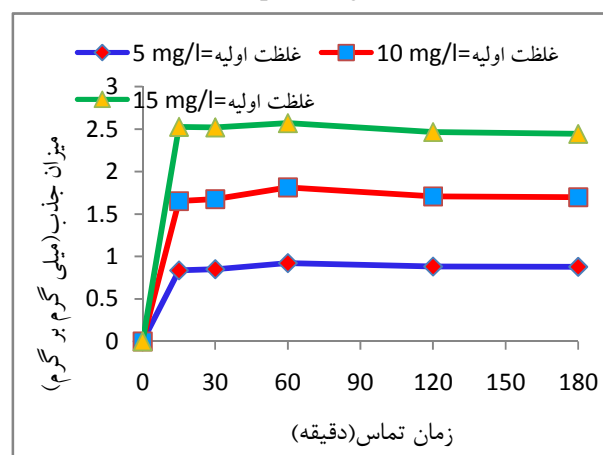
عوامل مختلفی مانند pH، غلظت اولیه آلاینده، زمان تماس و جرم جاذب وجود دارد که بر روی فرایند جذب تاثیر می گذارند. لذا در این مطالعه اثر عوامل فوق بر روی فرایند جذب یون کادمیوم بر روی نانوذرات روی اکسید مورد بررسی قرار گرفت.

pH یکی از مهمترین عوامل موثر در فرایند جذب می باشد. زیرا باعث تغییر حالت یونی فلزات، یونیزاسیون و شارژ سطح جاذب می شود که این حالت بر روی واکنش بین جاذب و ماده جذب شونده تاثیر می گذارد. در این مطالعه مشاهده شد (شکل ۱) که راندمان حذف در pH اسیدی پایین تر است. دلیل کاهش راندمان در pH اسیدی این است که در pH اسیدی بار مثبت بر روی جاذب ایجاد می شود و یک نیروی دافعه الکترواستاتیک بین جاذب و یون کادمیوم به وجود می آید و همچنین مقدار یون های هیدروژن در محلول افزایش یافته و در رقابت با یون کادمیوم بر روی جاذب قرار می گیرد و در نتیجه راندمان حذف کادمیوم کاهش پیدا می کند (۲۵). با این حال با افزایش pH، غلظت یون های هیدروژن کم شده و این امر سبب افزایش جذب یون کادمیوم می شود. در این مطالعه نشان داده شد که با افزایش pH، راندمان حذف کادمیوم افزایش می یابد. با تغییر pH از ۴ به ۵ راندمان حذف کادمیوم به شدت افزایش پیدا می کند و با افزایش مجدد pH تا ۷ راندمان حذف کادمیوم افزایش تدریجی دارد. در مطالعه Saif و همکاران و همچنین Rafatullah و همکاران نیز چنین نتایجی به دست آمد که نشان دهنده تشابه مطالعه حاضر با مطالعه آنان دارد (۲۶، ۲۷).

چهارمین عامل، زمان تماس می باشد. بنابراین جهت بررسی تأثیر زمان تماس، زمان های ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ دقیقه در نظر گرفته شد. بررسی اثر زمان واکنش بر روند جذب نشان داد که در کمتر از ۱۵ دقیقه جذب یون های کادمیوم توسط جاذب به حالت تعادل می رسد. با توجه به نتایج شکل (۵)، راندمان حذف کادمیوم در زمان ۱۵ دقیقه برای غلظت های ۵ و ۱۰ و ۱۵ میلی گرم در لیتر و در مقدار جاذب ۵ گرم به ترتیب برابر با ۸۳/۶٪، ۸۱/۸٪ و ۷۴/۸٪ بوده است.



شکل ۵: تعیین اثر زمان تماس بر راندمان حذف (sorbent mass = 5) (pH=7 و g/L)



شکل ۶: تعیین اثر زمان تماس بر میزان جذب (sorbent mass = 5) (pH=7 و g/L)



زمان مورد نیاز برای تعامل بین ماده جاذب و جذب شونده یک عامل موثر است که باید در مطالعات جذب بررسی شود. نتایج این مطالعه نشان داد (شکل‌های ۵ و ۶) که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف کادمیوم افزایش پیدا می‌کند که ناشی از آن است که با افزایش زمان، یون کادمیوم فرصت بیشتری برای تماس با سطح جاذب دارد. در ابتدا، با گذشت زمان میزان جذب افزایش می‌یابد ولی بعد از مدتی میزان جذب تغییر قابل توجهی پیدا نمی‌کند که نشان دهنده به حالت تعادل رسیدن واکنش است. افزایش سرعت جذب در زمان‌های اولیه به این علت است که جایگاه‌های فعال بیشتر و گروه‌های عامل بیشتری در زمان‌های اولیه در دسترس می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زمان تعادل برای این جاذب در حدود ۱۵ دقیقه می‌باشد. در طی یک مطالعه که توسط Kosa و همکاران در سال ۲۰۱۲ با عنوان حذف فلزات سنگین با استفاده از نانولوله‌های کربنی اصلاح شده با ۸-هیدروکسی کینولین صورت گرفت، نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس بین جاذب و کادمیوم راندمان حذف افزایش پیدا می‌کند و بعد از آن تغییر چندانی نمی‌کند. همچنین بیشترین مقدار جذب در همان ۱۰ دقیقه اول صورت می‌گیرد (۳۱). در مطالعه Saif و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز نتایج مشابهی به دست آمد. آنان پی بردند که با افزایش زمان راندمان حذف نیز افزایش پیدا می‌کند تا به نقطه تعادل برسد که در مطالعه آنان این تعادل در زمان ۱۸۰ دقیقه به دست آمد و بعد از آن تغییر چشمگیری حاصل نشد (۲۶).

نتایج بدست آمده نشان داد، که راندمان حذف کادمیوم توسط نانوذرات روی اکسید در این مطالعه وابستگی زیادی به pH دارد

نتایج مطالعه نشان داد (شکل‌های ۲ و ۳) با افزایش غلظت کادمیوم از ۵ به ۲۵ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف کاهش یافته ولی با این حال میزان جذب افزایش یافته است. که این کاهش راندمان حذف در غلظت‌های بالا، به این علت است که جایگاه‌های فعال جذب که روی سطح جاذب قرار دارند توسط آلاینده اشباع شده‌اند. و افزایش میزان جذب به این دلیل است که در غلظت‌های اولیه بالاتر مقدار بیشتری از یون کادمیوم در دسترس است که به نوبه خود ممکن است نیروی محرکه بیشتری برای حرکت یون‌ها از محلول به درون جاذب ایجاد کند. در نتیجه برخورد بین یون‌های کادمیوم و جایگاه‌های فعال افزایش می‌یابد (۲۵). نتایج این بخش از مطالعه نیز با مطالعه Salim و همکاران و Gupta و همکارانش مطابقت دارد (۲۵، ۲۸).

جرم جاذب از عوامل دیگری است که در آزمایشات جذب مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاصله از این تحقیق (شکل ۴) حاکی از آن است که با افزایش جرم جاذب از ۵ به ۱۰ گرم بر لیتر، راندمان حذف یون کادمیوم افزایش می‌یابد. بطوری که در زمان تماس ۶۰ دقیقه و  $pH=7$ ، با تغییر جرم نانوذرات روی اکسید از ۵ به ۱۰ گرم بر لیتر راندمان حذف یون کادمیوم از ۸۵/۶۷٪ به ۹۴/۲۷٪ افزایش پیدا کرد. دلیل افزایش راندمان حذف کادمیوم این است که افزایش جرم جاذب باعث می‌شود که تعداد جایگاه‌های فعال جذب در محلول افزایش پیدا کرده و در نتیجه سطح تماس میان جاذب و آلاینده افزایش یافته و باعث افزایش راندمان حذف آلاینده می‌شود. در مطالعه Atar و همکاران و همچنین Ding و همکارانش نتایج مشابهی به دست آمد (۲۹، ۳۰).



بستگی زیادی به قدرت یونی و تداخل دیگر فلزات موجود در فاضلاب دارد.

### تقدیر و تشکر

این مطالعه یک پایان نامه تحقیقاتی بوده است و در اینجا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از کارشناسان محترم آزمایشگاه سرکارخانم پروانه طالبی، محبوبه شیرانیان، زهرا دهقانی و سمیه شیخعلی‌شاهی و تمام کسانی که به طریقی در این تحقیق ما را یاری نموده‌اند کمال تشکر را داشته باشند.

و به طور کلی، راندمان جذب کادمیوم با افزایش pH افزایش می‌یابد، و با تغییر pH از ۵ به ۷ راندمان جذب کادمیوم از یک روند افزایش تدریجی برخوردار است. این روند نشان دهنده این است که نانوذرات روی اکسید در محدوده از pH ۵ و بالاتر از آن، توان حذف بالایی از یون کادمیوم را دارند. با توجه به اینکه فاضلاب‌های حاوی یون کادمیوم دارای pH در همین محدوده می‌باشند، بنابراین نانوذرات روی اکسید می‌تواند در تصفیه فاضلاب حاوی یون کادمیوم استفاده شود. هر چند که عملکرد آن

### References

- 1- Amuda O, Giwa AA, Bello I. Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon. *Biochemical Engineering Journal* 2007;36(2):174-81.  
Available from: <http://www.farsipaper.ir/e661fc217a794e6ba67e844b818f5d6c>
- 2-Bahadir T, Bakan G, Altas L, et al. The investigation of lead removal by biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. *Enzyme and microbial technology* 2007;41(1):98-102.  
Available from: <http://www.farsipaper.ir/e661fc217a794e6ba67e844b818f5d6c>
- 3-Sen Gupta S, Bhattacharyya KG. Immobilization of Pb (II), Cd (II) and Ni (II) ions on kaolinite and montmorillonite surfaces from aqueous medium. *Journal of environmental management* 2008;87(1):46-58.
- 4-Hasan S, Talat M, Rai S. Sorption of cadmium and zinc from aqueous solutions by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Bioresource technology* 2007;98(4):918-28.[Persan]
- 5-Ngomsik AF, Bee A, Siaugue JM, et al. Nickel adsorption by magnetic alginate microcapsules containing an extractant. *Water Research* 2006;40(9):1848-56.
- 6-Pan B, Zhang Q, Du W, et al. Selective heavy metals removal from waters by amorphous zirconium phosphate: Behavior and mechanism. *Water Research* 2007;41(14):3103-11.
- 7-Maleki A, Mahvi A, Zazouli M, et al. Aqueous cadmium removal by adsorption on barley hull and barley hull ash. *Asian Journal of Chemistry* 2011;23:1373-6.
- 8-WHO. Nordic Council of Ministers: Cadmium Review 2003.



- 9-Morais S, Costa FG, de Lourdes Pereira M. Heavy Metals and Human Health. Environmental Health – Emerging Issues and Practice 2012;227- 46.
- 10-WHO. Air Quality Guidelines for Europe. Genre WHO Regional Publications; 2000.
- 11-Layla A, Ahmed A. Removal of Heavy Metals From Waste Water By Date Palm Tree Wastes. Engineering and Technology Journal 2010;28:119-24.[Persan]
- 12-Osman H, Badwy R, Ahmad H. Usage of some agricultural by-products in the removal of some heavy metals from industrial wastewater. Journal of Phytology 2010;2(3):51-62.
- 13-Özer A, Özer D, Dursun G, et al. Cadmium (II) adsorption on *Cladophora crispata* in batch stirred reactors in series. Waste Management 1999;19(3):233-40.
- 14-Abdel-Halim S, Shehata A, El-Shahat M.. Removal of lead ions from industrial waste water by different types of natural materials. Water Research 2003;37(7):1678-83.
- 15-Popuri SR, Vijaya Y, Boddu VM, et al. Adsorptive removal of copper and nickel ions from water using chitosan coated PVC beads. Bioresource Technology 2009;100(1):194-9.
- 16-Afnidar, Hamda S, Erdawati. Removal of ion cadmium(II) from water onto chitosan magnetite nanocomposite (cmns) in fixed beds. Proceedings of the Third International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS) 2010. 672-83.
- 17-Kumar Singh K, Singh U, Yadav A. Abatement of toxic heavy metals from highway runoff using sawdust as adsorbent. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 2011;3(1):338-48
- 18-Dhir B, Kumar R. Adsorption of heavy metals by *Salvinia* Biomass and agricultural residues. International Journal of Environmental Research 2010;4(3):427-32.
- 19-Setshedi K, Ren J, Aoyi O, et al. Removal of Pb (II) from aqueous solution using hydrotalcite-like nanostructured material. International Journal of the Physical Sciences 2012;7(1): 63 - 72.
- 20-Dhermendra K, Behari J, Prasenjit S. Application of nanoparticles in waste water treatment. World Applied Science Journal 2008;3(3):417-33.
- 21-Pradeep T. Noble metal nanoparticles for water purification: A critical review. Thin Solid Films 2009;517(24):6441- 78.
- 22-Zhang S, Cheng F, Tao Z, et al. Removal of nickel ions from wastewater by Mg (OH)<sub>2</sub>/MgO nanostructures embedded in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> membranes. Journal of alloys and compounds 2006;426(1):281-5.





- 23-Aminifar A, Soltaninezhad M. Study nanostructures of semiconductor zinc oxide (ZnO) as a photocatalyst for the degradation of organic pollutants in water and wastewater. 1<sup>st</sup> National Conference on Nano Science & Nano Technology: 2011:Yazd,Iran
- 24-Hua M, Zhang S, Pan B, et al. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review. *Journal of Hazardous Materials* 2012;211– 212:317– 331
- 25-Gupta V, Nayak A. Cadmium removal and recovery from aqueous solutions by novel adsorbents prepared from orange peel and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles. *Chemical Engineering Journal* 2012;180:81-90.
- 26-Saif MMS, Kumar NS, Prasad M. Binding of cadmium to Strychnos potatorum seed proteins in aqueous solution: Adsorption kinetics and relevance to water purification. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 2012; 94:73-9.
- 27-Rafatullah M, Sulaiman O, Hashim R, et al. Removal of cadmium (II) from aqueous solutions by adsorption using meranti wood. *Wood Science and Technology* 2012:1-21.
- 28-Salim M, Son L, Muneke Y. Silica ceramic as potential adsorbent of cadmium removal from aqueous solutions. *Research Journal of Environmental Sciences* 2008;2(3):185-96.
- 29-Atar N, Olgun A, Wang S. Adsorption of cadmium (II) and zinc (II) on boron enrichment process waste in aqueous solutions: Batch and fixed-bed system studies. *Chemical Engineering Journal* 2012;192:1-7.
- 30-Ding Y, Jing D, Gong H, et al. Biosorption of aquatic cadmium (II) by unmodified rice straw. *Bioresource Technology* 2012;114:20-5.
- 31-Kosa SA, Al-Zhrani G, Abdel Salam M. Removal of heavy metals from aqueous solutions by multi-walled carbon nanotubes modified with 8-hydroxyquinoline. *Chemical Engineering Journal* 2012;181-182:159-68.



## Evaluations of Effective Factors on Efficiency Zinc Oxides Nanoparticles in Cadmium Removal from Aqueous Solution

Ehrampoush MH(Ph.D)<sup>1</sup>, Salmani MH(M.Sc)<sup>2</sup>, Zarei S(M.Sc)<sup>3</sup>, Ebrahimi A(MS.c)<sup>4</sup>, Askari Shahi M(Ph.D)<sup>5</sup>  
Safdari M(M.Sc)<sup>6</sup>

1. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

2. Ph.D student in Analytical chemistry and Instructor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

3. Corresponding Author: M.Sc student in Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

4. Ph.D student in Environmental Health and Instructor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

5. Assistant Professor, Department of Epidemiology and Vital Statistics, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

6. M.Sc student in Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

### Abstract

**Introduction:** Cadmium is a heavy metal with high toxicity and is best known as a carcinogen element. For protecting human health and environment it is necessary to remove excess Cadmium from industrial wastewater before discharging it to surface and ground water. In this study the efficiency of Zinc Oxides Nanoparticles in Cadmium removal from aqueous solution was evaluated.

**Methods:** This is a laboratory experimental study. Adsorption tests were performed in a batch reactor in a laboratory scale using zinc oxide nanoparticles and the effect of initial cadmium concentrations, adsorbent dose, pH, and contact time on the removal efficiency was studied. The residual cadmium concentration in the solution was determined using flame atomic absorption spectroscopy Varian AA20 made in Australia. Finally for designing graphs, we used Excel software.

**Results:** The results indicated that the adsorption process is affected by different parameters such as initial pollutant concentrations, adsorbent dose, pH, and contact time and Cadmium removal efficiency increases with increasing adsorbent dose and reaction time and decreases with increasing initial concentration of Cadmium. Therefore, it is observed that by raising the initial Cadmium concentration, the adsorption rate increases. The maximum efficiency of adsorption in pH=7 amounted to 89.6%.

**Conclusion:** It is concluded that Zinc Oxide nanoparticles have proper efficiency in removal of Cadmium from aqueous solutions and can be used in the treatment of wastewater that contains ion Cadmium. However, its efficiency is deeply dependent on ion strength and the interaction of other metals in wastewater.

**Keywords:** Cadmium, Heavy metals, Adsorption, Nanoparticles