مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
بهار ۱۳۹۳؛۶(۱):۱۷۶-۱۶۹

Journal of North Khorasan University of Medical Sciences
Spring2014;6(1): 169-176

مقاله پژوهشی

حذف کروم شش ظرفیتی از محلولهای آبی با استفاده از زئولیت کلینوپتیلولیت

غلامرضا مصطفایی[۱]، روح ا.. دهقانی[۲]، ناهید ناصری*[۳]، علی پاسبان[۴]، حسین اکبری [۵]

[۱] مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان ایران
[۲] استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان ایران
[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران
[۴] دانشجوی دکتری بهداشت محیط، مربی عضو هیأت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران
[۵] مربی، گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان ایران
***نویسنده مسئول:** کاشان، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط
پست الکترونیک: nahid_nas2009@yahoo.com

وصول:۹۱/۱۱/۷ اصلاح:۹۱/۱۲/۱۳پذیرش:۹۱/۱۲/۲۱

چکیده

زمینه و هدف: *مطالعه حاضر با توجه به مخاطرات فراوان فلز سنگین کروم در محیط زیست از جمله سرطان پوست و ریه و آسیب های کلیوی و کبدی با هدف بررسی حذف Cr(VI) توسط زئولیت های کلینوپتیلولیت از محلولهای آبی انجام پذیرفت.*

مواد و روش کار: *در این مطالعه از زئولیت های کلینوپتیلولیت با اندازه های ۲cm برای حذف کروم شش ظرفیتی از آب استفاده می کند. برای تهیه محلول کروم شش ظرفیتی از دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) و آب مقطر دوبار تقطیر استفاده شد. غلظت باقیمانده کروم بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر مورد اندازه گیری قرار گرفت.*

یافته ها: *نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت کروم ظرفیت جذب افزایش می یابد ولی زمان رسیدن به تعادل کاهش می یابد. با کاهش pHاز ۱۰ تا ۴ میزان جذب افزایش می یابد. همچنین بهترین زمان برای تماس با زئولیت ۷۰ دقیقه می باشد. در این آزمایش زئولیت خام نزدیک با ۴۵ درصد جذب، دارای بالاترین مقدار جذب کروم بود و میزان جذب زئولییت های اصلاح شده کمتر از ۱۰ درصد بود.*

نتیجه گیری: *بطور کلی نتایج حاصله بیانگر آن است که زئولیت کلینوپتیلولیت خام برای حذف کروم شش ظرفیتی روشی با راندمان بالا می باشد.*

واژه های کلیدی: *کروم، جذب، محلول آبی، زئولیت اصلاح شده*

مقدمه

در میان فلزات سنگین که در پساب های صنعتی وجود دارد کروم یکی از آلاینده های مهم موجود در آب و فاضلاب می باشد که حذف آن از آب های آلوده اهمیت دارد [۳،۱]. استفاده بی رویه و تخلیه پساب این صنایع به محیط زیست مخاطرات فراوانی را برای انسان و اکوسیستم در پی خواهد داشت [۴]. کروم در دو حالت معمول اکسیداسیون، Cr(IV) و Cr(III) در طبیعت وجود دارد. کروم (VI) برای بیشتر میکروارگانیسم ها سمی (در غلظت های بالاتر از ۰/۰۵ mg/L) است. از طرفی می تواند خاصیت سرطانزائی برای موجودات زنده را داشته باشد. این ترکیب باعث تحریک و خوردگی پوست در انسان نیز می گردد. کروم (VI) در آب خیلی محلول بوده و می تواند در pH مختلف آنیون های دو ظرفیتی مثل کرومات(CrO_4^{2-})، دی کرومات ($Cr_2O_7^{2-}$) و هیدروژن کرومات ($HCrO_4^-$) را تشکیل دهد [۱،۲].

زئولیت ها مواد معدنی طبیعی دارای CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی) بالا،[۱۵] مساحت سطح زیاد (صدها مترمربع بر گرم) و ساختار توری مانند می باشد. بیش از ۴۰ نوع زئولیت طبیعی در جهان وجود دارد که کلینوپتیلولیت از

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

متداول ترین آنهاست. این زئولیت با دارا بودن ساختار توری مانند دارای وسیعترین ابعاد حفره ای به اندازه ۷/۲ – ۴/۴ آنگستروم می باشد. زئولیت ها با منشأ طبیعی و مصنوعی دارای توانایی جذب بالایی برای آبهای آلوده می باشد [۴-۳].

روشهای مختلف حذف کروم شامل تصفیه شیمیایی، استخراج با حلال، تبادل یون، جذب، فیلتراسیون غشایی، تکنولوژیهای تصفیه الکتروشیمیایی، فرایند های بیولوژیکی و اخیراً روشهای فتوکاتالیستی می باشند [۷-۵]. تعدادی از روشهای بالا معایبی مثل غیر اقتصادی بودن، عدم حذف کامل کروم، افزایش نیاز به ترکیبات شیمیایی و تولید لجن یا مواد زائد که نیازمند تصفیه بعدی می باشند را دارا هستند. در سال های اخیر روشهای شیمیایی مثل احیا با سدیم متابی سولفیت یا SO_2 و ترسیب با آهک به صورت گسترده برای حذف کروم ۶ ظرفیتی استفاده گردیده است. اما این روش علاوه بر نیاز به مواد شیمیایی اضافی برای احیای کامل Cr(VI) باعث تشکیل لجن در حجم بالا و آزاد شدن دی اکسید سولفور می گردد که از مشکلات مرتبط با این روش می باشد [۸،۶]. نگرانی های عمومی در مورد ورود فلزات سنگین به محیط زیست باعث تقویت تحقیق های جدید در زمینه حذف فلزات سنگین و توسعه روشهای جدید گردیده است. از طرف دیگر روش های فتوکاتالیستی به منظور احیای کرومات از روشهای جدید، دوستدار محیط زیست و کاملاً جذاب در محیط های آبی می باشند. این روش ها نیازمند شرایط بهره برداری متوسط بوده که بر اساس تحت تابش قرار گرفتن نیمه هادی ها (SC) و در نتیجه تولید جفت الکترون- حفره می باشند [۹]. تعدادی از کاتالیست های نیمه هادی مثل ZnO، ZnS، TiO_2، WO_3 و CdS به صورت گسترده برای احیای فتوکاتالیستی Cr(VI) به Cr(III) مورد استفاده قرار گرفته اند. در میان این کاتالیست ها WO_3 کمتر در دسترس می باشد و CdS خود تولید فلز سمی کادمیوم می کند. اما ZnO می تواند در درجه حرارت اتاق تحت انرژی کم برانگیخته گردد و از مهمترین ویژگیهای آن غیر سمی بودن آن است که بسیار مورد توجه قرار گرفته است[۱۰،۶]. مطالعه حاضر با هدف تعیین کارایی زئولیت کلینوپتیلولیت در حذف کروم شش ظرفیتی از پساب می باشد فرایند جذب با استفاده از زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت خام و اصلاح شده در راکتور بسته اجرا شد. همچنین اثر pH، زمان تماس و غلظت کروم به عنوان متغیرهای مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند.

روش کار

مطالعه حاضر یک مطالعه بنیادی-کاربردی است و به صورت سیستم بسته در محل آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان انجام پذیرفت. زئولیت هایی که در این تحقیق استفاده شده است زئولیتی طبیعی است که از میانه (استان آذربایجان شرقی) بدست آمده است. ترکیب شیمیایی زئولیت بوسیله تجهیزاتXRF Oxford (ED2000) تعیین شده است. برای تعیین خصوصیات معدنی نمونه زئولیت از shimadzu X-ray diffractometer (XRD; model: XD-5A) استفاده و شکل و قالب سطح نمونه ها بوسیله سیستم اسکن کننده الکترونی میکروسکوپی (model: XL-30, Philips)(SEM) گرفته شده است.

ظرفیت تبادل کاتیونی کل (CEC) و ظرفیت تبادل کاتیونی خارجی (ECEC) زئولیت خاورمیانه ای بوسیله روش Haggerty و Bowman اندازه گیری شده است [۱۱]. تمام مواد شیمیایی از قبیل کروم سدیم، کلرید سدیم، سولفات آلومونیم و سولفات فریک از نوع Merck آلمان استفاده شده است.

آماده سازی جاذب ها: زئولیت ها قبل از اصلاح، در محدوده ۰/۲۵ mm – ۰/۲۱ خرد- و غربال (ASTM با اندازه غربال شماره ۶۰ تا ۷۰) شدند. سپس نمونه- زئولیت ها چند بار با آب شیر برای پاک کردن گل و گرد و غبار شسته شده و بعد از آن برای حل کردن نمکها آن را به مدت ۲۴ ساعت در آب دیونیزه شده قرار می دهیم. برای اینکه مواد آلی موجود در نمونه ها حذف شوند به مدت ۲۴ ساعت در فور در دمای $۲۵۰^{O}C$ خشک شدند [۱۲]. سپس برای اشباع مکانهای جذب زئولیت با سدیم زئولیت با محلول ۲ مولار کلرید سدیم به وسیله یک همزن با سرعت ۱۵۰rpmدر درجه حرارت اتاق برای ۷۲ ساعت برای اشباع مکانهای تبادل با یونهای سدیم مخلوط شدند [۱۳]. آنیونهای کلرید ممکن است از تغییرات زئولیت تأثیر پذیرد و خصوصیاتش بعد از فیلتراسیون تغییر کند، لذا

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

زئولیت چندین بار با آب دیونیزه شده برای از بین بردن یونهای کلرید باقیمانده شسته شد [۱۴] و برای اطمینان از عدم وجود کلرور در نمونه های اصلاح شده، از آزمایشات آرژانتومتری (Argentometric) استفاده شد [۱۲]. سپس نمونه ها در هوای آزاد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

برای آماده سازی زئولیت های با سولفات آلومینیوم ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$) و سولفات فریک ($Fe_2(SO_4)_3$)، ۵۰g زئولیت کلینوپتیلولیت در ۱۰۰۰mL محلول سولفات آلومینیوم یا فریک ۰/۰۷۵M ریخته شد.

این ترکیب را متناوباً با همزن با سرعت ۱۵۰rpm به مدت ۲۴ ساعت مخلوط کرده و سپس برای کاهش هدایت الکتریکی چند بار با آب دیونیزه شستشو داده شد. در پایان هم زئولیت های اصلاح شده در هوای آزاد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. بعد از تبدیل زئولیت به شکل کاتیون آن با محلول کلریدسدیم و ریختن زئولیت کاتیونیک به محلول نمک فلزی، پیوند سدیمی با Al^{3+} یا Fe^{3+} در محلول آبی جایگزین شده و زئولیت اصلاح شده سه ظرفیتی شکل می گیرد.

واکنش یونهای اصلاح شده سه ظرفیتی از قبیل Al^{3+} و Fe^{3+} (شعاع یونی Al^{3+} و Fe^{3+} به ترتیب ۶۴/. و Å ۰/۵۱) با یونهای Na^+ زئولیت کلینوپتیلولیت (با منافذ Å ۷ و نسبت سیلیکا به آلومینیوم ۴/۷۲) می تواند به صوت تئوریکی چنین نوشته شود: [۱۷-۱۶].

$$Al^{3+}\ \text{یا}\ Fe^{3+}\ (\text{محلول}) + 3Na^+\ (\text{زئولیت}) \dashrightarrow Al^{3+}\ \text{یا}\ Fe^{3+}\ (\text{زئولیت}) + 3Na^+\ (\text{محلول})$$

آماده سازی محلول: این مطالعه در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد و از زئولیت های کلینوپتیلولیت برای حذف کروم شش ظرفیتی از آب استفاده گردید. محلول های کروم شش ظرفیتی طبق کتاب استاندارد متد با استفاده از نمک دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) و آب مقطر دو بار تقطیر تهیه شد. محلول های کروم در غلظتهای مشخص (غلظت ۱۰۰ mg/L) در ظروف یک لیتری تهیه شد و سپس مقدار مشخص از جاذب (Batch) در محیط ناپیوسته (R) با توجه به نسبت جاذب به آلاینده انتخاب گردید. همه آزمایشها در ارلن به حجم ۲۵۰ میلی لیتر انجام شد. برای کاهش pH در انجام آزمایش از اسید سولفوریک استفاده شد و برای افزایش pH از هیدروکسید سدیم استفاده شد.

آزمایشات جذب: با استفاده از دستگاه همزن اختلاط در نمونه های حاوی جاذب و محلول کرومات انجام شد و سرعت همزن ۳۹۸ دور در دقیقه تنظیم گردید. بعد از زمان تماس مشخص (۷۰ دقیقه) و جذب کروم در سطح جاذب، محلول از فیلتر غشایی با ۰/۲۲ میکرومتر عبور داده و غلظت کروم باقیمانده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (DR 5000) در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. درصد حذف کروم از طریق اختلاف بین غلظت اولیه و نهایی محاسبه گردید. داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار Excel و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها

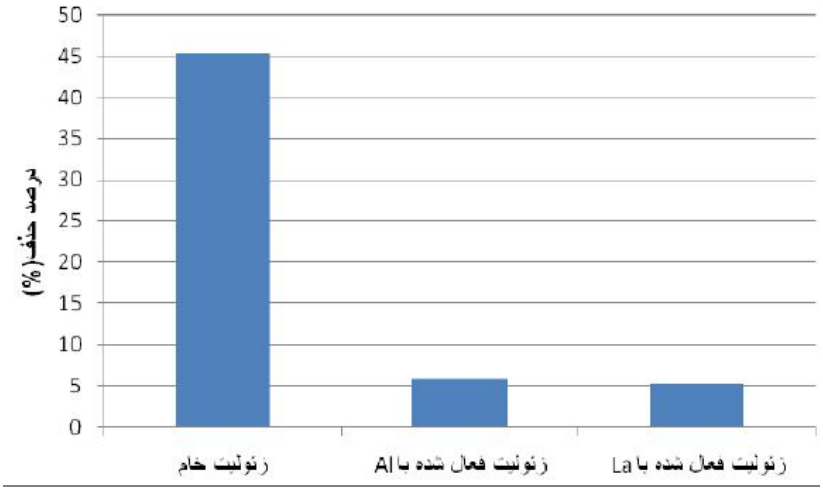
آزمایش های اولیه جذب کروم که در ظروف پلاستیکی ۵۰mL با غلظت جاذب (زئولیت خام و اصلاح شده با Al^{3+} و La^{3+}) ۵ g/L و کروم با غلظت ۱۰۰mg/L در زمان تماس ۷۰ دقیقه در شکل ۱ خلاصه شده است. با توجه به نتایج مشاهده شد که زئولیت اصلاح شده کمترین جذب را داشت.

اما در مقایسه با آن زئولیت خام با جذب نزدیک به ۴۵درصد، دارای بالاترین مقدار جذب کروم بود و میزان جذب زئولیت های اصلاح شده کمتر از ۱۰ درصد بود.

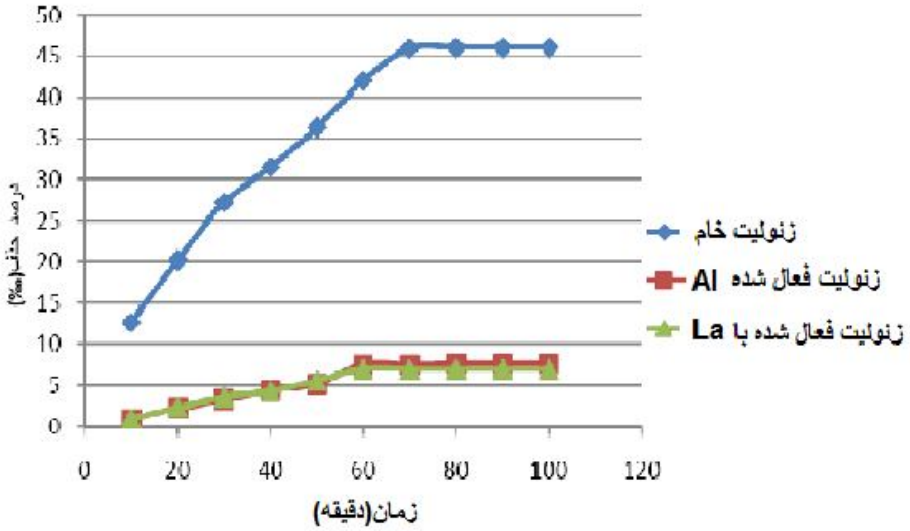
تأثیر زمان تماس بر جذب: برای بررسی تأثیر زمان تماس بر جذب کروم دوره های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفت. در شکل ۲ مشاهده می شود که زمان تماس ۷۰ دقیقه برای رسیدن به شرایط تعادل در جذب کروم کافی است و بعد از این زمان دیگر افزایشی در میزان جذب دیده نمی شود.

تأثیر غلظت در عملکرد جذب: برای تعیین تأثیر غلظت کروم در جذب آن مخلوط محلول کروم و جاذب ها (زئولیت خام و اصلاح شده با Al^{3+} و Fe^{3+}) با غلظت اولیه کروم در محدوده mg/L(۱۰۰-۳۰) در همزن با سرعت

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

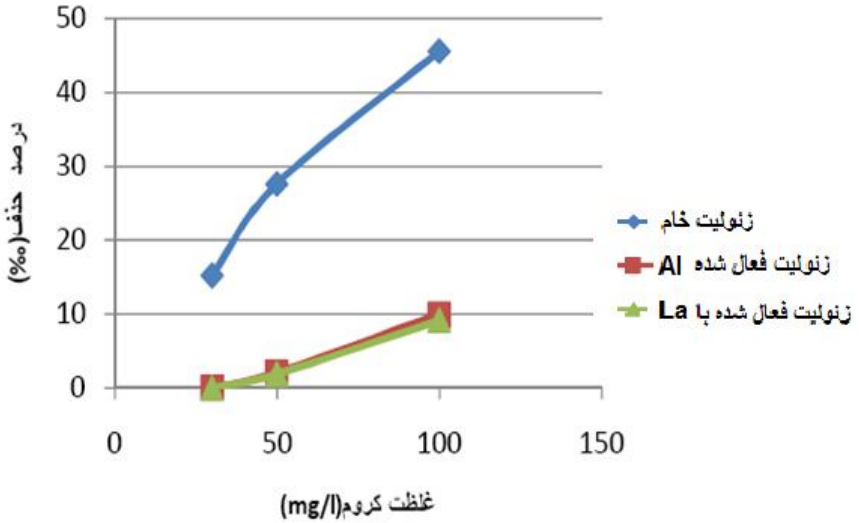


شکل ۱: جذب کروم با جاذب های مختلف

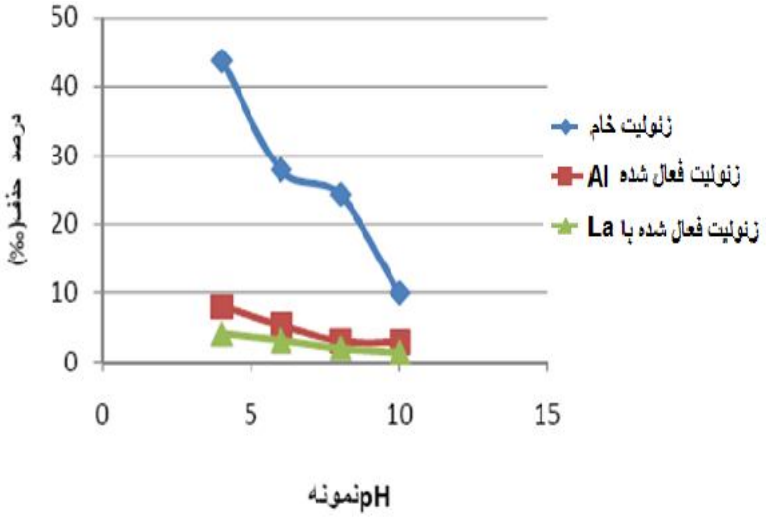


شکل ۲: تأثیر زمان تماس بر جذب کروم

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]



شکل ۳: تأثیر غلظت کروم در جذب با توجه به نوع جاذب



شکل ۴:تأثیر pH در جذب کروم با توجه نوع جاذب

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

۱۵۰rpm به مدت ۴۰ دقیقه مخلوط شد. نتایج در شکل۳ وجود دارد. همانگونه که انتظار می رفت با افزایش غلظت کروم درصد حذف افزایش یافت و بیشترین حذف در زئولیت های خام وجود داشت.

تأثیر pH در جذب: آزمایشات در ۵۰mL محلول آبی و با دوز جاذب ۵g/L (زئولیت خام و اصلاح شده با Al^{3+} و Fe^{3+}) انجام شد. در این مطالعه pH از ۴ تا ۱۰ متغیر بود. افزایش pH با کاهش جذب کروم همراه بوده است. تأثیر pH در شکل ۴ نشان داده شده است.

بحث

آنالیزها نشان داد زئولیت خام دارای ظرفیت جذب بالاتری برای کروم نسبت به نوع اصلاح شده است. همچنین در pH بالای ۸ جذب کروم در سطح جاذب کاهش می یابد. همان طور که مشاهده می شود با کاهش pH از ۴ تا ۶ حداکثر جذب (۴۶%) را داریم ولی با افزایش pH از ۸ تا ۱۰ کاهش میزان جذب مشاهده می شود. دلیل این افزایش و کاهش را pH_{zero}(zero point charge) تعیین می گردد. pH_{zero} زئولیت کلینوپتیلولیت ۸ می باشد. در مطالعات دیگر میزان جذب کروم در کاهش pH از ۶ تا ۸ افزایش می یابد [۱۶]. که این مطلب به دلیل تمایل کمتر کرومات ها به جذب در pH بالاتر رقابت قوی بین هیدروکسید ها با آنیون ها کروم برای مکان های جذب می باشد، بویژه که بیشتر آنیون ها هیدروکسید در pH بالاتر از ۶ وجود دارد.

با توجه نتایج این آزمایش می توان گفت که در pH های کمتر از ۴ میزان جذب افزایش می یابد و در نتیجه می توان گفت ظرفیت جذب زئولیت افزایش یافته است، این در حالی است که در pH طبیعی pH تاثیر چشمگیری بر میزان جذب ندارد و می توان گفت pH در محدوده ۶ تا ۱۰ برای جذب در این نوع زئولیت شبیه هم عمل می کنند.

با افزایش pH و غلظت اولیه کروم میزان حذف کروم کاهش پیدا می کند. بنابراین راندمان در pH های اسیدی بالاتر نسبت به خنثی و بازی خواهد بود [۱۹-۱۷]. در مطالعات دیگر احیای فتوکاتالیتیکی Cr(VI) به Cr(III) مصرف کننده پروتون در شرایط اسیدی و تولید کننده هیدروکسیل در شرایط قلیایی می باشد. بنابراین درصد احیای Cr(VI) با افزایش pH کاهش می یابد pH های اسیدی و بازی برای کاتالیست مضر بوده و ZnO در pH های خیلی بالا و پایین حل خواهد شد. این نتایج توسط محققین دیگر هم اثبات گردیده است [۲۲-۲۰].

با توجه نتایج این آزمایش می توان گفت که در pH های کمتر از ۴ میزان جذب افزایش می یابد و در نتیجه می توان گفت ظرفیت جذب زئولیت افزایش یافته است، این در حالی است که در pH طبیعی pH تاثیر چشمگیری بر میزان جذب ندارد و می توان گفت pH در محدوده۶ تا ۱۰ برای جذب در این نوع زئولیت شبیه هم عمل می کنند.

اگرچه زئولیت کیلینوپتی لولایت ظرفیت و توانایی کمی را در ارتباط با جذب کروم از خود نشان داده اما مطالعه حاضر نشان داد با کاهش pH راندمان حذف کروم متوسط زئولیت های طبیعی نیزافزایش می یابد. با افزایش pH و غلظت اولیه کروم میزان حذف کروم کاهش پیدا می کند. بنابراین راندمان در pH های اسیدی نسبت به خنثی و بازی بالاتر خواهد بود. در مطالعه ای دیگراحیای فتوکاتالیتیکی Cr(VI) به Cr(III) مصرف کننده پروتون در شرایط اسیدی و تولید کننده هیدروکسیل در شرایط قلیایی می باشد. بنابراین درصد احیای Cr(VI)با افزایش pH کاهش می یابد pH های اسیدی و بازی برای کاتالیست مضر بوده و ZnO در pH های خیلی بالا و پایین حل خواهد شد. این نتایج توسط محققین دیگر هم اثبات گردیده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود زمان بهینه تماس ۷۰ دقیقه می باشد. در بررسی های دیگر محققین زمان رسیدن به تعادل کامل را ۲۴ ساعت گزارش کرده اند. همچنین در دو تحقیق دیگر مناسب ترین زمان تماس را ۱۲۰ دقیقه اعلام کرده اند [۲۵-۲۳].

کامپوس[1] و همکاران در تحقیقی نشان دادند که با افزایش غلظت فلوراید میزان ظرفیت جذب افزایش پیدا کرد. و با افزایش غلظت کروم راندمان، جذب توسط جاذب افزایش پیدا می کند اما زمان رسیدن به تعادل کم می شود و حجم آب کمتری تصفیه می گردد [۲۶]. که نتایج آن با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

1 -Campos

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که زئولیت کلینوپتیلولیت خام دارای راندمان پایین در حذف کروم می باشند و روش اقتصادی برای حذف کروم می باشد. بطور کلی می توان گفت با توجه غلظت های کروم منابع آب های زیرزمینی می توان از زئولیت های کلینوپتیلولیت ایرانی جهت حذف کروم استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان جهت حمایت مالی (شماره طرح ۹۰۷۹) و کارشناسان آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان به خاطر کمک های بی دریغشان اعلام می دارند.

References

1. Khalil LB, Mourad WE, Rophael MW, Photocatalytic reduction of environmental pollutant Cr(VI) over some semiconductors under UV/visible light illumination, Applied Catalysis B: Environmental, 1998; 17: 267-73.
2. Chakrabarti S, Chaudhuri B, Bhattacharjee S, Ray AK, Dutta BK, Photo-reduction of hexavalent chromium in aqueous solution in the presence of zinc oxide as semiconductor catalyst, chemical Engineering Journal 2009; 153: 86-93.
3. Gupta S, Babu BV, Adsorption of Chromium (VI) by a Low-Cost Adsorbent Prepared from Tamarind Seeds, Proceedings of International Symposium & 59th Annual Session of IIChE in association with International Partners (CHEMCON-2006), GNFC Complex, Bharuch 2006.
4. Nameni M, Alavi Moghadam MR, Arami M, Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by wheat bran. Int J Environ Sci Tech. 2008; 5(2): 161-8[Persian]
5. Fu F, Wang Q, Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, journal of Environmental Management 2010; 92: 407-418.
6. Nameni M, Alavi Moghadam MR, Arami M, Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by wheat bran. Int. J. Environ. Sci. Tech. 2008; 5(2): 161-168[Persian]
7. Rahmani AR, Norozi R, Samadi MT, Afkhami A, Hexavalent Chromium Removal from Aqueous Solutionby Produced Iron Nanoparticles, Iran. J. Health & Environ. 2009; 1(2): 67-74[Persian]
8. Ku Y, Jung I-L, Photocatalytic reduction of Cr(VI) in aqueous solution by UV irradiation with the precens of titanium dioxide. Wat. Res. 2001; 35: 135-142
9. Gherbi R, Nasrallah N, Amrane A, Maachi R, Trari M, Photocatalytic reduction of Cr(VI) on the new hetero-system CuAl2O4/TiO2, Journal of Hazardous Materials 2011; 186: 1124–1130.
10. Shao D, Wang X, Qiaohui F, Photocatalytic reduction of Cr(VI) to Cr(III) in solution containing ZnO or ZSM-5 zeolite using oxalate as model organic compound in environment, Microporous and Mesoporous Materials. 2009; 117: 243–248.
11. Haggerty.G.M. and Bowman.R.S. Sorption of Chromate and other inorganic anions by organo-zeolite, Environmental Science and Technology, 1994, 28, p~452-458.
12. Koh.S.M, Dixon.J.B, Preparation and Application of Organo-minerals as Sorbents of Phenol, Benzene and Toluene, Applied Clay Science, 2001, 18, p~111-122.
13. Prikryl.J.D and Pabalan.R.T; Sorption of Uranium (6+) and Neptunium (5+) By Surfactant-Modified Natural Zeolites; Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 1999.Vol. 556.
14. Li .Z, Robert.B, Kirk.J, Enhanced Reduction of Chromate and Pelletized Surfactant-Modified Zeolite/Zerovalent Iron, Environ.Sci.Technol. 1999; 33: 4326-4330.
15. Ghiaci.M,. Abbaspour A, Kia R., Seyedeyn-Azad.F, Equilibrium Isotherm Studies for the Sorption of Benzene, Toluene and Phenol onto Organo-zeolites and As-synthesized MCM-41, Sep. Purif. Technol. 2004, 40, 217 – 229.
16. Leyva-Ramos R, Jacobo-AzuaraA, Diaz-Flores PE, Guerrero-Coronado RM, Mendoza-Barron J, Berber- Mendoza MS. Adsorption of chromium(VI) from an aqueous solution on a surfactant-modified zeolite, J Hazard Mater. 2008; 134: 1-5.
17. Iwata T, Ishikawa M, Ichino R, Okido M, Photocatalytic reduction of Cr(VI) on TiO2

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

film formed by anodizing, Surface and Coatings Technology 2003; 169–170(0): 703-706.
18.Meichtry JM, Brusa M, Mailhot G, Grela MA, Litter MI, Heterogeneous photocatalysis of Cr(VI) in the presence of citric acid over TiO2 particles: Relevance of Cr(V)–citrate complexes, Applied Catalysis B: Environmental 2007; 71(1–2): 101-107.
19.Yoon J, Shim E, Bae S, Joo H, Application of immobilized nanotubular TiO2 electrode for photocatalytic hydrogen evolution: Reduction of hexavalent chromium (Cr(VI)) in water, Journal of Hazardous Materials 2009; 161(2–3): 1069-1074.
20.Chakrabarti S, Chaudhuri B, Bhattacharjee S, Ray AK, Dutta BK, Photo-reduction of hexavalent chromium in aqueous solution in the presence of zinc oxide as semiconductor catalyst, chemical Engineering Journal 2009; 153: 86-93.
21.Shao D, Wang X, Qiaohui F, Photocatalytic reduction of Cr(VI) to Cr(III) in solution containing ZnO or ZSM-5 zeolite using oxalate as model organic compound in environment, Microporous and Mesoporous Materials 2009; 117: 243–248.
22.Wesolowski DJ, Bénézeth P, Palmer DA. ZnO solubility and Zn21 complexation by chloride and sulfate in acidic solutions to 290°C with in-situ pH measurement. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1998; 62: 971-984.
23.Haggerty GM, Bowman SR, Sorption of chromate and other inorganic anions by organo.zeolite. Environ Sci Technol. 1994; 28: 452-58.
24.Li Z. Influence of solution pH and ionic strength on chromate uptake by surfactant modified zeolite, J Environ Eng. 2004; 130: 1-4
25.Ghiaci M, Kiaa R, Abbaspur A, Seyedeyn-Azad F, Adsorption of chromate by surfactant-modified zeolites and MCM-41 molecular sieve, Separation and Purification Technol. 2004; 40: 285-95[Persian]
26.Campos V, Morais LC, Buchler PM. Removal of chromate from agues solution using treated natural zeolite, Environ Geol. 2007; 52: 1521-25.

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]

Original Article

Removal of Chromium (VI) From Aqueous Solution by Zeolite Clinoptilolite

Mostafaei GH[1], Dehghani RA[2], Naseri N[3]*, Paseban A[4], Akbari H[5]

[1] Faculty Member, School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
[2] Faculty Member, School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
[3]MScStudent, School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
[4] Ph.D Student, Faculty Member, School of Health, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnourd, Iran
[5] Faculty Member, School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

* **Corresponding author:** School of Health, Kashan University of Medical Sciences, Environmental Health Department
E.mail: nahid_nas2009@yahoo.com

Abstract

Backgrounds and Objectives: *Since chromium is considered as a major risk in skin ,lung cancer, kidney and liver disorders , so the aim of present study was investigation to the removal of Cr(VI) using zeolite clinoptilolite from aqueous solution.*

Material & Methods: *In this study, the adsorption of Cr(VI) from aqueous solution has been studied onto pretreated zeolite clinoptilolite by using batch test. Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) was used as the aqueous source of Cr(VI) and stock solution prepared by distilled water. Residual concentrations of Cr(VI) were measured by spectrophotometer at 540nm.*

Results: *The results showed that with increasing Cr(VI) concentration removal capacity increased but decrease the time of equilibrium. Whit decreasing pH of 4 to 10, removal efficiency increased. Also time for contact zeolite was 70 minute. In overall, among the aforementioned Pretreated Zeolites (i. e., Al3+ and Fe3+ -modified zeolites), raw zeolite whit adsorption 45‰ was particularly found to create adsorption media with high capacity and specificity for Cr(VI).*

Conclusion: *In general, it can be concluded that raw zeolite clinoptilolite economical method to remove for Cr(VI) from groundwater but don't removal efficiency method.*

Key words: *Adsorption, Aqueous solutions, Zeolite Clinoptilolite*

Submitted:26 Jan 2013
Revised:3 Mar 2013
Accepted: 11 Mar 2013

[Downloaded from journal.nkums.ac.ir on 2026-11-14]