



بررسی عملکرد جاذب زیستی در حذف فلزات سنگین(کروم و کادمیم) از فاضلاب صنعتی

زهرا زراعتکار^۱, علی شهیدی^۲, پریسان طاهریان,^۳ عباس خاسعی سیوکی^۴

- ۱- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه بیرجند
- ۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند
- ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بیرجند
- ۴- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

چکیده

افزایش آلودگی محیط زیست توسط فلزات سنگین سبب نگرانی‌های بسیار جدی به دلیل خصوصیات سرطانزاگی، تجزیه ناپذیری و تجمع بیولوژیکی آنها شده است. کادمیم یک فلز سنگین بسیار متداول در محیط زیست است. هدف از این مطالعه بررسی جذب کادمیم و کروم توسط جاذب‌های ساخته شده از سبوس گندم اصلاح شده به روش شیمیایی، پوست پسته، بادام، گردو، فندق، هسته زردالو، زغال پوسته گردو و بادام، خاک ارده، جاذب‌های دورریز پنبه، برگ زرشک، ساقه زرشک، ساقه جو، پوست موز اصلاح شده، گل گیاه تلخه، لجن دفعی، دانه گرانولی اسپند، لوفا و خاکستر استخوان از محیط آبی می‌باشد. نتایج مرور منابع نشان می‌دهد که جذب زیستی روش موثر برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنعتی می‌باشد. استفاده از ضایعات ارزان قیمت کشاورزی به منظور حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی نظیر فاضلاب‌های صنعتی و امکان استفاده مجدد از این آب‌ها در مصارف کشاورزی و کاهش خطر بحران آب در کشور بسیار راه گشای می‌باشد. این ضایعات کم ارزش، به مقدار فراوان در استان خراسان جنوبی و شهر بیرجند در دسترس بوده و به طور طبیعی میل ترکیبی قوی با فلزات سنگین دارند.

کلمات کلیدی: جذب زیستی، خراسان جنوبی، فلز سنگین، فاضلاب صنعتی، کادمیم، کروم.

An Evaluation of the Performance of Biological Adsorbents for the removal of heavy metals (chromium, and cadmium) from Industrial Wastewater

Zahra Zeraatkar^{1*}, Ali Shahidi², Parisan Taherian³. Abbas Khashee Seuki⁴

1-BSc, Water Resources Engineering, University of Birjand

2- Assistant Professor and Faculty member of Water Engineering, University of Birjand

3- MSc student in Irrigation and Drainage at the University of Birjand

4- Assistant Professor and Faculty member of Water Engineering, University of Birjand

Abstract

Increasing environmental pollution by heavy metals caused serious concerns due to the carcinogenic properties, atomic and their biological accumulation. Cadmium is a heavy metal that is very common in the environment. The purpose of this study was to evaluate the absorption of cadmium and chromium by absorber

*Corresponding Author's E-mail(rahab84.wre@gmail.com)

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند



کنگره استحصال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

made of wheat bran modified by chemical methods, pistachio shell, almond, walnut, hazelnut, apricot kernel, walnut and almond shell charcoal, sawdust, absorbent cotton waste, barberry leaves, Barberry twig, Barley stalk peel, plant flowers crap, sludge waste, bulk grain antibacterial, Lofa and bone ash from an aqueous place. The results of literature review show that biological absorption is an effective way to remove heavy metals from industrial wastewater. Using cheap agricultural wastes in order to remove heavy metals from aqueous environments such as industrial wastewaters and using them again agriculture can be promising. These low value wastes, abundant in South Khorasan, Birjand show a natural strong tendency to combine with heavy metals.

Keywords: Biological absorption, heavy metal, industrial waste.

الف - مقدمه

یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی به فلزات سنگین است (Yan et al, 2003; Nriagu, 1988). از آنجا که فلزات سنگین سمیت زیادی دارند، تهدیدی جدی برای محیط زیست و سلامت انسان ها و حیوانات محسوب می شوند (Yun-guo, 2006; Sternbery et al, 2002). سمیت فلزات سنگین در موجودات زنده، ناشی از تمایل شدید این فلزات به واکنش با گوگرد و مختل کردن فعالیت آنزیم های حیاتی است. علاوه بر سمیت این فلزات، Gupta et al, 2001; Barid, 1995) خاصیت تجمع پذیری آنها در موجودات زنده اهمیت بهداشتی آنها را بیشتر نموده است (Mahvi et al, 2005). آلاینده به دلیل اثرات سوء بهداشتی و زیست محیطی، توجه متخصصین را به خود جلب کرده است (WHO, 1992). کروم از جمله های فلزی مختلف نظیر کروم، جیوه، کادمیم، نیکل، سرب به دلیل تجمع در بافت های موجودات زنده و خاصیت سمی دارای پتانسیل اثرات سوء متعدد فیزیولوژیکی بر انسان و سایر موجودات زنده هستند. خطرات مربوط به این نوع آلاینده ها از طریق آب آشامیدنی و سایر مسیرهای زنجیره غذایی منجر به مشکلات بهداشتی متعدد می شود. کادمیم و کروم از این فلزات است که در رأس فهرست آلاینده های سمی قرار دارد. کروم و ترکیبات آن در صنایع متعدد نظیر تولید قارچ کش ها، بازدارنده های خورده، صنایع چرم سازی، آبکاری الکتریکی، رنگ و رنگدانه سازی کاربرد دارد. آلاینده کروم در منابع آب ممکن است به صورت سه ظرفیتی یا شش ظرفیتی یافت شود. مقایسه سمی بودن کروم سه و شش ظرفیتی نشان می دهد که نوع شش ظرفیتی آن سمیت بیشتری نسبت به نوع سه ظرفیتی دارد. به طوری که کروم شش ظرفیتی مشکوک به سلطان زایی بوده و تماس با غلظت های بالای آن از طریق آب آشامیدنی سبب مخاطرات بهداشتی متعدد نظیر زخم پوستی، آسیب کبدی و تجمع خون در ریه می شود (صنعت آبکاری، ۱۳۹۱). از طرفی دیگر کادمیم نیز یکی از مهم ترین فلزات سنگینی است که در صنایع مختلف مانند صنایع الکتریکی، ارتباطات، هوا فضا، آبکاری، پلاستیک

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran

۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند



کمیته اضال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

سازی، باطری سازی، آلیاژسازی، رنگرزی، کودسازی و ساخت راکتورهای هسته‌ای کاربرد دارد. عوارض سوء بهداشتی کادمیم نظیر آسیب به کلیه و شش، سرطان‌های مختلف و فشارخون در انسان به اثبات رسیده است (Cruz et al, 2004; Yin et al, 1989). روش‌های مختلفی از جمله ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، جذب سطحی و اسمز معکوس به منظور حذف فلزات سنگین از پساب‌های صنعتی و بازیافت آب وجود دارد. در این میان ترسیب شیمیایی بیشترین کاربرد را در حذف فلزات سنگین دارد از آنجا که این روش رسوب زیادی تولید می‌کند و به دلیل هزینه بالا، مشکل تولید لجن حاصله از رسوبات شیمیایی و فرآیندهای پیچیده و کارایی پایین سبب خوداری صاحبان صنایع از کاربرد چنین روش‌هایی می‌شود. امروزه مطالعات وسیعی در راستای استفاده از جاذبهای زیستی شامل قارچها، باکتری‌ها، مخمرها و جلبکها برای حذف آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین صورت گرفته است (Volesky, 1990; Matheickal et al, 1996). جذب زیستی اصطلاحاً به حذف فلزات سنگین توسط جایگاه‌های تاثیر پذیر میکروارگانیسم‌های غیر زنده (باکتری، جلبک و قارچ) و زیستی توده‌های دیگر (نظیر گیاهان، سبوس، برنج، پوست میوه، پوست و برگ درختان) از محلول‌های آبی گفته می‌شود (بوسعیدی و همکاران، ۱۳۹۲). جذب زیستی مزیت‌های زیادی نظیر هزینه‌های پایین سرمایه‌گذاری، حذف انتخابی فلزات، قابلیت احیای جاذب، توانایی بازیابی فلزات، سینتیک سریع جذب و باز جذب و عدم تولید لجن دارد. تاکنون تحقیقات بسیاری منجر به انجام آزمایش‌هایی برای ارزیابی تأثیر این روش در حذف کادمیم و کروم شده است. ریوس و همکاران (Chen et al, 1993) در تحقیقی توانایی کاه جو و گندم را برای حذف کادمیم از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار دادند (2010). سو-هنگ مین و همکاران (1993) در مطالعه‌ای به بررسی جذب یون کادمیم از محلول‌های آبی توسط فیبر سرو کوهی قلیایی شده پرداختند (Alvarez et al, 2003). سیمینو و همکاران (1994) با استفاده از پوست فندق، حذف یون‌هایی مانند کادمیم، روی و کروم شش ظرفیتی را از محلول‌های آبی بررسی نمودند (Bable et al, 2003). ویکا (2006) امکان استفاده از پوست درخت کاج برای پالایش پساب حاوی یون فلزی سنگین کادمیم را مورد بررسی قرار داد (Ho et al, 2003). مالکوک و همکاران (2007) در مطالعه‌ای به بررسی جذب کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی توسط ضایعات (تفاله) کارخانه روغن زیتون پرداختند (Malkoc et al, 2007). تجربه کار و همکاران (2008) حذف کادمیوم از فاضلاب صنعتی با کرین تولید شده از گردو، فندق، بادام، پوست پسته و هسته زردآلو را مورد مطالعه قرار دادند (Tajrobehkar et al, 2008).

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



کنگره استحصال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

استفاده نمودند(Guo et al, 2002). گارگ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از باگاس نیشکر اصلاح شده با اسید، کروم شش ظرفیتی را از محلول های آبی حذف نمودند(Garg et al, 2009). کریکا و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی توانایی چوب پنبه را در حذف کادمیم از محلول های آبی مورد بررسی قرار دادند(Krika et al, 2011). سعیدی و همکاران (۱۳۸۸) جذب کادمیم از آب توسط زغال ساخته شده از پوست گردو و بادام را مورد مطالعه قرار دادند(سعیدی و همکاران، ۱۳۸۸). حیدری و خواجه (۱۳۸۹) اثر تغییرات جرم جاذب خاک اره را بر سینتیک جذب فلز کروم در محیط آبی مورد بررسی قرار دادند(حیدری و همکاران، ۱۳۸۹). غنی زاده و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از جاذب خاکستر استخوان اقدام به حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی نمودند(غنی زاده و همکاران، ۱۳۹۲). سلمانی ندوشن و همکاران (۱۳۹۲) کارایی جاذب ساقه جو در حذف یون کادمیوم از محلول های آبی با روش جریان پیوسته را مورد بررسی قرار دادند(سلمانی ندوشن و همکاران، ۱۳۹۲). کیوانی نرگور و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای به بررسی حذف کادمیوم از پساب ها توسط پوست موز اصلاح شده و سبوس گندم اصلاح شده به روش شیمیایی پرداختند(کیوانی نرگور و همکاران، ۱۳۹۱). قانعیان و همکاران (۱۳۹۱) از پودر گل گیاه تلخه در حذف کروم شش ظرفیتی از فاضلاب مصنوعی استفاده کردند(قانعیان و همکاران، ۱۳۹۱). محمدی و همکاران (۱۳۹۱) کارایی جذب فلز کروم شش ظرفیتی توسط لجن دفعی فاضلاب های شهری را مطالعه کردند(محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). تقی زاده و همکاران (۱۳۹۱) بررسی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از دانه گرانولی اسپند از فاضلاب سنتیک را مورد بررسی قرار دادند(تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۱). جلیل نژاد فالیزی و همکاران (۱۳۹۲) حذف کادمیم از پساب با استفاده از جاذب طبیعی لوفا را مورد بررسی قرار دادند(جلیل نژاد فالیزی و همکاران، ۱۳۹۲). بوسعیدی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی از دورریز پنبه، ساقه و برگ زرشک برای حذف کروم از محلول های آبی (۱۳۹۲) استفاده نمود(بوسعیدی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به مرور منابع و تحقیقات انجام شده به منظور حذف فلزات سنگین از پساب، مشاهده شد جذب سطحی روش موثر برای حذف فلزات سنگین از پساب ها است و همچنین بیومس ها می توانند به عنوان جاذب برای حذف فلزات سنگین به کار روند. جستجو برای جاذب های کم هزینه با دسترسی بالا می تواند جذب سطحی را به روش مناسبی برای تصفیه پساب ها تبدیل کند.



ب-مواد و روش‌ها

کروم ششمین عنصر جدول تناوبی و بیست و یکمین عنصر پوسته زمین از نظر فراوانی است. معمول ترین و پایدارترین حالت های اکسیداسیون کروم به صورت $^{+3}$ و $^{+6}$ است(اسدی و همکاران، ۱۳۹۰). کروم شش ظرفیتی برای بیشتر میکرو ارگانیزم‌ها سمی (در غلظت‌های بالاتر از 0.05 میلی گرم در لیتر) است. کروم شش در آب خیلی محلول بوده و می‌تواند. در pH مختلف آنیون‌های دو ظرفیتی مثل CrO_4^{2-} و $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ و آنیون یک ظرفیتی HCrO_4^- (Ratshkilel Bdehd (زارع و همکاران، ۱۳۹۱). برای تهیه جاذب‌ها ابتدا آن‌ها در دمای محیط خشک شده و آسیاب می‌شوند. برای سنجش میزان کروم از اسپکتروفوتومتر استفاده می‌گردد. تمام آزمایشات به صورت ناپیوسته، بر روی شیکر مکانیکی با سرعت 100 دور در دقیقه و با استفاده از ظروف آزمایشگاهی(ارلن مایر) با حجم 500 میلی لیتر در دمای آزمایشگاه(22 درجه سانتی گراد) انجام گرفت. آزمایش‌ها برای غلظت‌های 1 تا 150 میلی گرم بر لیتر انجام شدند. بررسی زمان تعادل جذب نیز در زمان تماس‌های 5 تا 120 دقیقه، برای جاذب با، 4 مقدار پیش گفته انجام گرفتند. در این آزمایش‌ها، درصد حذف کروم (R) از رابطه (1) ، ظرفیت جذب لجن دفعی (q) از رابطه (2) و فاکتور بدون بعد یا ضریب جدادسازی نیز با استفاده از رابطه (3) محاسبه شدند.

$$R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (2)$$

$$q_e = \frac{V}{M} \times (C_0 - C_e) \quad (3)$$

که C_0 غلظت اولیه کروم در محلول، C_e غلظت کروم در محلول پس از رسیدن به تعادل، V حجم محلول، m وزن جاذب مصرفی، q_e میزان آلینده جذب شده در واحد جرم جاذب(g/g) می‌باشد.

کادمیوم فلزی نرم به رنگ سفید نقره‌ای براق، زود گدار، با جرم اتمی $112/41$ گرم، نقطه جوش 767 درجه سانتی گراد و نقطه ذوب $320/9$ درجه سانتی گراد بوده و از لحاظ بیولوژیکی غیر ضروری و دارای قدرت سمی بالا می‌باشد همچنین، در قسمت‌های مختلف بدن رسوبر می‌کند. مهمترین مصرف کادمیوم به علت مقاومت بسیار زیاد آن در مقابل خوردگی، در آبکاری فولاد است. همچنین به عنوان روکش آهن، مس، برنز و سایر آلیاژ‌ها به منظور حفاظت در مقابل خوردگی به کار

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



کنگره استحصال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

می رود. مقدار این مجاز آن در آب آشامیدنی ۱۰/۰ میلی گرم بر لیتر تعیین گردیده است (Romero-Gonzalez et al, 2005). برای تهیه جاذب ها ابتدا آنها را پس از پاکسازی در هوای محیط و در معرض نور خورشید خشک می کنند. سپس با آسیاب برقی خرد و از الکهای با مش ۱۰ و ۱۶ عبور داده تا اندازه ذرات در محدوده ۱/۱۹ تا ۲ میلیمتر قرار گیرند. جاذب های سایز بندی شده را با آب مقطر شستشو و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در داخل انکوباتور نگهداری تا خشک و رطوبت آن گرفته شد و به وزن ثابت رسیدند سپس میزان PH، دوز جاذب، غلظت اولیه فلزات، میزان جذب بر روی جاذب اندازه گیری شد. جهت تحلیل نتایج جذب و بررسی ایزوترم های جذب ۳ مدل لانگمیر، فرونالدیچ و بت بررسی شدند راندمان جذب، مقادیر ۹ و کارایی حذف طبق روابط (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شدند.

$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \quad (1)$$

$$q = \frac{(C_0 - C)}{m} \quad (2)$$

$$q = \frac{(C_0 - C_s)V}{m} \quad (3)$$

q میزان یون فلزی جذب شده در واحد جرم جاذب (mg / g)، C غلظت باقیمانده فلز در محلول (mg / L)، C_0 غلظت یون فلزی قبل از جذب (mg / L)، m جرم جاذب (g) و V حجم محلول (L) می باشد.

ج-نتایج و بحث

مرور منابع نشان داد که با استفاده از دور ریز پنبه، ساقه و برگ زرشک، ساقه برنج، پودر گل گیاه تلخه و خاکستر استخوان بالاترین میزان جذب کروم را دارند(بوسعیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ قانعیان و همکاران، ۱۳۹۱؛ غنی زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ Guo et al, 2002). همچنین استفاده از جاذب های پوسته بادام و گردو، ساقه جو و کربن حاصل از پوسته گردو، فندق، بادام، پوست پسته و هسته زردآلو ظرفیت جذب بالای در حذف یون های فلزی از محلول های آبی دارند، بنابراین با توجه به هزینه پایین این جاذب های طبیعی، می توان از آن ها به عنوان گزینه هایی در به حداقل رساندن غلظت کادمیوم در پساب استفاده نمود(سعیدی و همکاران، ۱۳۸۸؛ سلمانی ندوشن و همکاران، ۱۳۹۲؛ Tajrobehkar et al, 2008). حذف کادمیم به عواملی مانند PH، غلظت یون کادمیم، نوع و غلظت جاذب بستگی دارد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان حذف کادمیم در PH نهایی محلول در محدوده ۶/۵ تا ۷ می باشد. افزایش زدایش یون های کادمیم در این بازه به علت این

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



کنگره استحصال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

واقعیت است که غلظت یون‌های H^+ موجود در محلول با افزایش PH کاهش می‌یابد و شانس رقابت با یون‌های کادمیم را برای جذب بر روی سایت‌های سطحی جاذب‌ها ندارند. تجربه کار و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند در PH‌های پایین در دامنه اسیدی رقابت زیادی برای گروه‌های حاوی اکسیژن بر روی کربن تولید شده از پوسته گردو، فندق، بادام، پوسته پسته و هسته زرد آلو توسط یون فلزی و یون هیدروژن وجود دارد که نتیجه آن جذب کمتر فلز است علاوه بر آن توانایی خیس شدن سطح جاذب‌های ذکر شده در میزان جذب آنها موثر است. با افزایش غلظت محلول، بازدهی جذب افزایش یافته در حالی که کارایی حذف (%) کاهش می‌یابد. علت این پدیده آن است که در غلظت اولیه کم محلول، سطح و دسترسی سایت‌های جذبی زیاد بوده و در نتیجه یون‌های کادمیم به راحتی جذب می‌شوند. در غلظت‌های اولیه بالاتر، سایت‌های جذبی در دسترس محدود‌تر شده و این مسئله موجب کاهش درصد جذب یون‌های کادمیم می‌گردد (Chen et al, 2010). سعیدی و همکاران (۱۳۸۸) با آزمایش حذف کادمیم با استفاده از جاذب پوست گردو و بادام نشان دادند که با افزایش غلظت جاذب تا یک مقدار بهینه، میزان جذب یون محلول کادمیم افزایش یافته و پس از آن میزان جذب کاهش می‌یابد. علی‌رغم نتایج مطلوب در حذف کادمیم در نمونه‌های ساخته شده از آب مقطر، نمونه‌های اسپایک شده (از قبل آموده شده) آب شهر نتایج امیدوار کننده‌ای را نشان نمی‌دهد. به طوری که بیشترین میزان حذف با استفاده از کربن فعال آزمایشگاهی به میزان ۳۲ درصد به دست آمد. دلیل این امر را احتمالاً در وجود برخی آنیون‌ها و کاتیون‌های حاضر در آب شهر می‌توان جست و جو کرد که در رقابت با کادمیم موفق‌تر عمل کرده و جذب بیشتری داشته‌اند و همین امر موجب کاهش محسوسی در میزان حذف کادمیم شده است، آن‌ها همچنین با آزمایش حذف کادمیم با زغال حاصل از پوست گردو و بادام نشان دادند بیشترین میزان حذف کادمیم در pH نهایی محلول در محدوده ۶/۵ تا ۷ می‌باشد. عوامل موثری بر میزان جذب کروم و در نتیجه بازیافت پساب وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به اسیدیته pH محیط، غلظت اولیه کروم، نوع و غلظت جاذب اشاره کرد. نتایج نشان داد که در pH‌های پایین میزان حذف کروم بیشتر می‌باشد. علت این پدیده به تاثیر pH بر بار سطحی جاذب و آلائینده جذب شونده مرتبط است. بوسعیدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که بالاترین میزان جذب کروم توسط جاذب‌ها در $pH=2$ اتفاق می‌افتد. تقی زاده و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که در pH پایین تر، کارایی حذف کروم شش ظرفیتی بیشتر می‌باشد و در pH بالاتر، جذب کروم به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. این

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



کمیته اصلی آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ سال ۲۹

محققان نشان دادند که بیشترین حذف کروم در pH برابر ۱/۵ اتفاق افتاده است و پس از آن، راندمان حذف تا pH برابر ۳

به سرعت کاهش یافته است و سپس به یک پایداری نسبی رسیده است.

حذف کروم با استفاده از جاذب خاکستر نشان داد جذب این آلاینده توسط خاکستر استخوان شدیداً به pH محیط وابسته است، به طوری که با افزایش pH از ۳ به ۹، میزان جذب از ۹۱ به ۷۷٪ کاهش می‌یابد. دلیل افزایش راندمان در pH پایین این است که در شرایط اسیدی شکل غالب کروم شش ظرفیتی HCrO_4^- بوده و سطح جاذب دارای بار مثبت می‌باشد. با بالا رفتن pH به علت تغییر شکل HCrO_4^- به $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ و CrO_4^{2-} ظرفیت جذب کاهش می‌یابد. در pH پایین میزان یون‌های مثبت H^+ اطراف جاذب افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه یون‌های با بار منفی $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ بیشتر به سمت جاذب حرکت کرده و میزان جذب بیشتر می‌شود. نتایج نشان داد که زمان تعادل فرآیند جذب و همچنین بازده جذب به منزله مشخصه‌های اقتصادی، بیشترین اهمیت را برای توسعه تکنولوژی‌های تصفیه آب بر پایه جاذب‌های طبیعی دارد (غمی زاده و همکاران، ۱۳۹۲). میزان جذب کروم با افزایش غلظت اولیه کروم کاهش می‌یابد زیرا سطح جاذب با افزایش غلظت اولیه کروم اشباع می‌شود. با افزایش مقدار جاذب تا حد معینی میزان حذف کروم افزایش می‌یابد و بعد از آن به مقدار ثابتی می‌رسد و دلیل آن افزایش سایتها فعال در دسترس و مساحت سطح بیشتر می‌باشد. همچنین با افزایش زمان تماس، میزان جذب افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش احتمال برخورد کروم با سطح جاذب می‌باشد. در حالت کلی در فرایند حذف کروم میزان جذب در زمان‌های اولیه افزایش ولی بعد از مدتی کاهش می‌یابد که نشان دهنده این است که واکنش به حالت تعادل رسیده است (Aydin et al, 2008). نتایج حاصل از آزمایش میزان غلظت جاذب نیز بر تأثیر آن بر حذف کروم اشاره دارد. سلمانی ندوشن و همکاران (۱۳۹۰) با آزمایش حذف کادمیم با استفاده از جاذب ساقه جو نشان دادند که با افزایش غلظت یون کادمیم تعداد بیشتری جایگاه‌های جذب در ساختار جاذب توسط یون کادمیم اشغال می‌شوند و همین امر موجب می‌شود تا با افزایش غلظت یون کادمیم، ماکریم جذب یون کادمیم در واحد جرم جاذب افزایش یابد. کیوانی نرگور و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از جاذب پوست موز اصلاح شده نشان دادند که پوست موز های اصلاح شده با محلول اسیدی ظرفیت جذب بیشتری نسبت به پوست موز های اصلاح شده با محلول بازی به کادمیم دارد. با افزایش دوز جاذب میزان جذب یون فلزی در واحد جرم جاذب کاهش یافت ولی راندمان جذب افزایش داشته است. این پدیده به این صورت قابل توجیه است که بعضی از جایگاه های جذب اشباع نشده باقی می‌مانند. همچنین نشان دادند در pH

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۱۳۹۳ بهمن ماه ۳۰ و ۲۹



کمیته اصلی آبخیزداری دانشگاه بیرجند

پایین مقادیر یون های H_3O^+ با یون های فلزی برای جذب در جایگاههای جذب رقابت می نمایند و با اشغال سایت های جذب باعث کمتر شدن ظرفیت جاذب در جذب فلز می شوند. قانعیان و همکاران (۱۳۹۱) با آزمایش حذف کروم با استفاده از جاذب گل گیاه تلخه نشان دادند که با افزایش دوز جاذب میزان حذف کروم افزایش یافته است. افزایش دوز جاذب منجر به افزایش نقاط سطحی فعال و افزایش تعداد مکان های فعال جذب شده می شود. با افزایش مقدار جاذب سطح تماس میان جاذب و ماده جذب شونده افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش میزان جذب می شود. دلیل این امر آن است که جاذبها دارای تعداد محل های فعال محدودی می باشند. البته کارایی این فرایند گاهی در غلظت های بالا کاهش می یابد. در غلظت های بالا، محل های فعال جذب توسط آلاینده، سریع تر اشباع شده و موجب کاهش کارایی فرآیند می شود. البته سرعت اختلاط نیز بر کارایی حذف کروم اثرگذر است. محمدی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی جذب کروم شش ظرفیتی نشان دادند که میزان اختلاط بهینه در تمامی غلظت ها در ۲۰۰ دور بر دقیقه به دست می آید. کاهش جذب در سرعت های پایین را می توان ناشی از عدم ایجاد شرایط اختلاط کامل دانست. این موضوع موجب کاهش میزان تماس مناسب جاذب و جذب شونده می شود. البته کاهش میزان جذب در سرعت های بالاتر از سرعت بهینه می تواند به علت ایجاد پدیده گردابی باشد. جلیل نژاد فالیزی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از جاذب لوفا نشان دادند برای یک جرم ثابت با افزایش زمان تماس، کارایی جذب کادمیم افزایش می یابد ظرفیت جذب به تریج با افزایش زمان تماس افزایش یافته و بعد از رسیدن به زمان تعادل (۱ ساعت) تقریباً ثابت می شود تغییرات در مقدار جذب را می توان به این مسئله ربط داد که در ابتدای آزمایش به علت خالی بودن تمامی سایت های سطح جاذب نرخ جذب اولیه بالا می باشد در حالیکه با افزایش زمان تماس به علت کاهش تعداد سایت های سطحی خالی بر روی لوفا مقدار جذب یون های کادمیم کاهش می یابد.

نتایج حاصل از جاذب پوست گردو و بادام نشان دادند که روش حذف یون کادمیم از نظر تکنو لوژی مورد تأیید و نسبت به روش های متداول دارای صرفه اقتصادی است. بنابراین می توان از پوسته گردو و بادام به عنوان یک ماده اولیه ارزان قیمت در تصفیه آب و پساب صنعتی استفاده کرد. با توجه به این که در بخش های تصفیه آب به علت عدم دسترسی به امکانات کامل تصفیه صنعتی آب عملاً در بسیاری از مناطق کشور آب شرب مصرفی تصفیه کامل نمی شود و بخش فاضلاب های صنعتی تخلیه شده به منابع آب و خاک از حداقل ویژگی های لازم فاضلاب تصفیه شده نیز برخوردار نیستند. جا دارد امکان ساخت واحد های خانگی تصفیه آب و همچنین به کارگیری فرآورده های پوسته گردو و بادام به عنوان جاذب و

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



کمیته اصلی آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

February 18-19, 2015 Birjand, Iran

۳۰ و ۲۹ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

مکمل در تصفیه فاضلاب صنعتی مورد توجه قرار گیرد(سعیدی و همکاران، ۱۳۸۸). جاذب سیوس گندم به عنوان یک جاذب طبیعی ارزان ، موثر و در دسترس می تواند برای پاک سازی یون های فلزی در پساب های صنعتی، کشاورزی و شهری مورد استفاده قرار گیرد . درصد جذب یون های فلزی به نوع جاذب های طبیعی بستگی دارد ، به طوری که این جاذب ها می توانند با توجه به یون های مختلف موجود در پساب عملکرد و بازدهی متفاوتی داشته باشند(کیوانی نرگور و همکاران، ۱۳۹۱). جاذب پوست گردو، بادام، فندق، پوسته پسته و هسته زردآلو می توانند به عنوان یک جاذب خوب برای عناصر سنگین عمل نمایید. این جاذب ها بالاترین جذب را در مورد یون کادمیوم از خود نشان می دهند. مقدار جاذب ها و تصفیه یون فلزی وابسته به مقدار جاذب بوده و با افزایش مقدار جاذب می توان مقدار بیشتری از یون های فلزی را تصفیه نمود. این زائدات ناشی از خشکبار می تواند به عنوان یک جاذب کم هزینه و در دسترس برای حذف سرب از پسابهای آلوده استفاده شوند(Tajrobehkar et al, 2008). نتایج تحقیق استفاده از جاذب خاک اره نشان داد که این جاذب ، نسبتاً از ظرفیت جذب خوبی برای حذف کروم بر خوردار است . با افزایش جرم جاذب، زمان تعادل افزایش می یابد. همچنین استفاده از ضایعات چوب به منظور حذف فلز سنگین کروم از پساب بسیار راه گشاست و این ضایعات ارزان قیمت به مقدار فراوان در دسترس بوده و به طور طبیعی میل ترکیبی قوی با فلزها دارند(حیدری و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از دورریز پنبه، ساقه و برگ زرشک نشان می دهد که استفاده از ضایعات ارزان قیمت کشاورزی به منظور حذف فلز های سنگین و سایر آلاینده ها از محیط های آبی نظیر فاضلاب های صنعتی، می تواند در راستای امکان استفاده مجدد از این آب ها در مصارف کشاورزی و کاهش خطر بحران آب در کشور، بسیار راه گشاید. با توجه به ارزان بودن و در دسترس بودن زرشک در منطقه خراسان جنوبی استفاده از این جاذب ها پیشنهاد می شود(بوسعیدی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج بدست آمده، نشان داد که ساقه جو یک جاذب ارزان و فراوان ، توانایی حذف یون کادمیوم از محلول های آبی دارد . ظرفیت جذب به غلظت ودبی ورودی یون کادمیوم وابسته است. بنظر می رسد که روش جریان پیوسته برای حذف آلاینده ها آب و فاضلاب در مقیاس صنعتی با ارزش می باشد برای بکارگیری این روش در تصفیه صنعتی لازم است تا مدل دقیق و بهینه شده در اختیار باشد. از نتایج بدست آمده می توان با توجه به مقدار آلودگی محلول مورد تصفیه، مقدار جاذب را محاسبه کرد و با اعمال این شرایط بهترین درصد حذف را بدست آورد(سلمانی ندوشن و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج نشان داد پوست موز اصلاح شده با محلول بازی و آب قطر کارایی بالاتری برای جذب سطحی کادمیوم دارد و از این جاذب با توجه به قیمت و سادگی

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



کنگره استحصال آب و آبخیزداری دانشگاه بیرجند

تهیه و اصلاح آن می توان جهت حذف فلزات سنگین از محیط های آبی به خصوص فاضلاب ها بھر گرفت اما این جاذب در استان خراسان جنوبی به دلیل عدم کشت این محصول در این ناحیه زیاد کارایی ندارد و استفاده نمی شود(کیوانی نرگور و همکاران، ۱۳۹۱). حذف کروم توسط پودر گل گیاه تلخه نشان داد که این جاذب توانایی خوبی در حذف کروم در فاضلاب سنتیک دارد. همچنین جاذب مناسب و ارزان برای حذف فلز سنگین کروم می باشد و مطالعه بر روی کارایی آن جهت حذف سایر آلاینده های زیست محیطی توصیه می گردد(قانعیان و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج پژوهش استفاده از جاذب لجن دفعی نشان داد زیست جرم خشک شده حاصل از لجن فعال دفعی فاضلاب بهداشتی، قادر به حذف کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی می باشد. بنابراین با توجه به قیمت ارزان و میزان در دسترس بودن لجن دفعی، می توان از ظرفیت جذب متوسط در میان سایر جاذب های بر پایه زیستی و دوز جاذب بالای مورد نیاز صرف نظر کرده و این جاذب را به عنوان یک جاذب مناسب برای جذب کروم شش ظرفیتی در مقایسه با سایر جاذب ها معرفی نمود(محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعات حاصل از حذف کروم با استفاده از دانه گرانولی اسپند نشان داد که این جاذب بالاترین جذب را در مورد فلز سنگین کادمیوم از خود نشان می دهد. جاذب مورد مطالعه در مقایسه با برخی از جاذب ها مانند خاکستر استخوان دارای سطح وسیع تری بوده و نیز دارای ظرفیت بیشتری برای حذف کادمیوم می باشد(تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۱). ظرفیت مناسب لوفا بدون نیاز به اصلاح، به عنوان جاذب طبیعی در حذف کادمیوم از محلول های آبی به خوبی نشان داده شد. از آنجایی که اسفنج لوفا خاص مناطق شمالی به ویژه مازندران است امکان استفاده از این جاذب ارزان قیمت در استان خراسان جنوبی میسر نمی باشد. همچنین پیشنهاد می شود جذب کادمیوم با جاذب لوفا در ستونی با سایز بزرگتر، مورد بررسی قرار گیرد و تاثیر دما در جذب کادمیوم با جاذب لوفا نیز مطالعه شود. میزان حذف یون کادمیوم این جاذب در مقایسه با دیگر جاذب های زیستی قابل توجه بوده که زمینه را برای مطالعات تکمیلی فراهم می آورد(جلیل نژاد فالیزی و همکاران، ۱۳۹۲). براساس یافته های پژوهش حذف کروم با خاکستر استخوان می توان چنین نتیجه گیری نمود که این جاذب یک ماده ارزان و در دسترس است و همانند سایر جاذب ها با داشتن سطح جذب مناسب پتانسیل مناسبی برای جذب کروم دارد. از آنجایی که استفاده از یک جاذب منوط به تعیین تاثیر تمامی فاکتورها نظیر درجه حرارت، اثر متقابل سایر آنیون ها و کاتیون ها می باشد لذا لازم است مطالعات تکمیلی جهت توسعه استفاده از این جاذب توسط سایر محققین انجام شود(غنى زاده و همکاران، ۱۳۹۲).



۵- منابع

- اسدی، ا.، دهقانی، م.ه.، زارع، م.ر.، رحمانی، آ.، گلستانی فر، ح.، مجله علوم پزشکی خراسان شمالی، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۳۷-۱۴۰.
- بوسعیدی، ن.، پایان نامه دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۶۸-۹۰.
- تقی زاده، ع.ا.، خدادادی، م.، شهریاری، ط.، دری، ح.، زعفرانیه، م.، خسروی، ر.، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱ صفحات ۱۷۳ تا ۱۸۰.
- جلیل نژاد فالیزی، ن.، شهیدی، ع.، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، سال ۱۳۹۲، صفحات ۴۴-۵۶.
- زارع، م.، حمیدیان، ح.، پور باقره، اشرفی، س.، وزیری، ل.، نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۱۹۳-۱۹۴.
- سعیدی، م.، جمشیدی، ا.، عایسی، ع.، بیات، ج.، نشریه آب و فاضلاب، شماره ۲، سال ۱۳۸۸، صفحات ۱۶-۲۲.
- سلمانی ندوشن، م.، احرام پوش، م.ح.، مسعودی، ح.، فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، شماره ۲، سال ۱۳۹۲، صفحات ۱۵-۲۴.
- شامحمدی حیدری، ز.، خواجه، م.، محیط شناسی، شماره ۵۶، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۶۱-۶۸.
- صنعت آپکاری، شماره ۶۶، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۴۷-۵۰.
- قانعیان، م.ت.، احرامپوش م.ح.، دهواری، م.، جمشیدی، ب.، امراللهی، م.، فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱ صفحات ۱۹-۲۸.
- غی زاده، ق.، قانعیان، م.ت.، عسگری، ق.، مجله دانشگاه علوم پزشکی قم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۷-۱۶.
- محمدی، ف.، هاشمی نژاد، ه.، تائی، ا.، نشریه آب و فاضلاب، شماره ۱، سال ۱۳۹۱، صفحات ۳۴-۴۳.
- کیوانی نرگور، پ.، پهلوان زاده، ح.، پایان نامه کارشناسی مهندسی شیمی-طراحی فرآیند های صنایع نفت، سال ۱۳۹۱، صفحات ۴۱-۶۰.
- Aydin,H., Y.,Bulut, and C.,Yerlikaya. 2008. Removal of copper(II) from aqueous solution by adsorption of Hg (II) with thin chitosan membranes, J. Colloid Interface Sci. 263, Pp. 542–547.
- Alvarez, E., Sanchez, A., and Querol, X., (2003). “Purification of metal electroplating waste waters using zeolites.” J. Water Res. (37), 4855–4862.
- Bable , S.T , A. , Kurniawan , 2003 . A research study on Cr removal from contaminated waste water using natural zeolite J Ion Exchange b ; 14 : Pp.289-92
- Barid, C.(1995). Environmental chemistry, W. H. Freeman and Company.
- Butter, T.J., Evison, L. M., Hancock, I. C., and et al. (1998). “The removal and recovery of Cadmium from dilute aqueous solutions by biosorption and electrolysis at laboratory scale.” Wat. Res., 32 (2), 400-406.
- Babel,S.T., A.,Kurniawan .2003. A research study on Cr (VI) removal from contaminated wastewater .
- [8]Malkoc, E., Nuhoglu, Y., 2007. Potential of tea factory waste for chromium(VI) removal from aqueous solutions: Thermodynamic and kinetic studies. Separation and Purification Technology. 54:291-298.
- Chen, Y. and Li, F., (2010). “Kinetic study on removal of copper(II) using goethite and hematite nano-photocatalysts.” J. Colloid and Interface Science .(347), 277-281.
- Cruz, C., V. C., Costa, A. C. A., Henriques, C.A., and Luna, A.S. (2004). “Kinetic modeling and equilibriu studies during cadmium biosorption by dead Sargassum Sp. Biomass.” Bioresource Technol, 91 (3), 249-257.
- Garg,U.K.,Kaur,M.P.,Sud,S.,and Garg, V.K.,2009. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by adsorption on treated sugarcane bagasse using response surface methodological approach. Desalination. 249: 475-479.

کنگره استحصال آب و آبخیزداری

Water Harvesting and Watershed Management Congress



February 18-19, 2015 Birjand, Iran



۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرونی

Gupta, V. K., Shivastava, A. K., and Hain, N. (2001). "Biosorption of chromium (VI) from aqueous solution by green algae Spirogyra species." *Wat. Res.*, 35 (17), 4079-4085.

Guo, Y., Qi, J., Yang, Sh, K., Wang, Z., and Xu, H., 2002. Adsorption of Cr(VI) on micro- and mesoporous rice husk-based active carbon Materials Chemistry and Physics. 78: 132-137

Guibal, E., Roulph, C., and Cloirec, P.L. (1992). "Uranium biosorption by a filamentous fungus Mucor miehei: plt effect on mechanisms and performances of Uptake." *Wat. Res.*, 26 (8), 39-45

Hutton, M., and Symon, C. (1986). "Quantities of cadmium, lead, mercury and arsenic entering the environment from human activities." *Sci. Tital. Environ.*, 57, 129-150.

Ho , K.Y , Mckay , g , and Yeung , KL (2003) selective adsorbent from orderd mesoporous silica " Langmuir , 19(7) , 3019-3024

Kapoor, A., Viraghavan, T., and Cullimore, D.R. (1999). "Removal of heavy Metals using the fungus Aspergillus niger." *Bioresource Technol.*, 70 (10), 95-104.

Krika,F.,Azzouz,N.,and Chaker Ncibi,M.,2011.Adsorptive removal of cadmium from aqueous solution by cork biomass: Equilibrium, dynamic and thermodynamic studies. *Arabian Journal of Chemistry*. 59: 1-7.

Matheickal, J. T., and Yu, Q.(1996). "Biosorption of lead from aqueous solution by marine alga Ecklonia Montgomery, D.C. (2000). Design and analysis of experiments, 6th Ed., John Wiley and Sons, N.Y.

Mahvi, A.H., Naghipour, D., Vaezi, F., and Nazmara, S. (2005). "Teawaste as an adsorbent for heavy metal removal from industrial wastewaters." *American J. of Applied Sciences*, 2, 272-275

Nriagu, J.O.(1988). "Asilent epidemic of environmental Metal Poisoning." *Environ. Pollution*, 50, 139-161.

Yan, G., and Viraraghavan, T. (2003). "Heavy metal removal from a queous Solution by fungus Mucor rouxii." *Wat. Res.*, 37 (18), 4486-4496.

Romero-Gonzalez, J., Peralta-Videa, J. R., Rodriguez,E., Ramirez, S. L., Gardea-Torresdey, J. L."Determination of thermodynamic parameters of Cr (VI) adsorption from aqueous solution onto Agave lechuguilla biomass", *J. Chem. Thermodyn.* 37: 343.347, (2005).

Sternbery S. P., and Dorn, R.W. (2002) "Cadmium removal using Cladophora in batch, semi- batch and flow reactors." *Bioresource Technol.*, 81 (3), 249-255.

Tajrobehkar, sh., Ansari, M., Kazemipour, M., Reihani Kermani, H,"Removal of lead, Cadmium from industrial Wastewater by carbon developed from walnut,hazelnut,almond, pistachio shell, and apricot stone" *J. Colloid and Interface Science .150 (2008)*, 322-327.

Volesky, B. (1990). Biosorption of heavy metals, CRC press, Boca Raton. USA.

Wilde, E.W., and Benemann, J.R. (1993). "Bioremoval of heavy metal by the use of micro- algae." *Biotech. Adv.*, 11 (4), 781-812.

WHO. (1992). Guidelines for drinking water quality, 2nd Ed., World Health Organization, USA

Yun- guo, L. (2006). "Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living Aspergillus nigar Trans." *Nonferrous Met. Soc. China*, 16 (3), 681-686.

Yin, J., and Blanch, H.W. (1989). "Abio-mimetic Cadmium adsorbet: design, synthesis, and characterization." *Bioeng.*, 34 (2), 180-188.