بررسی جذب کادمیوم از محلول‌های آبی توسط سرباره ذغال سنگ اصلاح شده

بتول ذاکری

چکیده

حذف ترکیبات سمی از محیط زیست بسیار مهم است. فرآیند جذب سطحی به عنوان یک روش موثر وکارا برای حذف فلزات سنگین از پساب ها در نظر گرفته شده است. کارآیی این روش بستگی به انتخاب جاذب مناسب دارد. در این مطالعه، مدل سازی ایزوترم های جذب یون های کادمیوم از محلول های آبی بررسی شده است. نمونه‌های اصلاح شده با سود یک نرمال و دو نرمال سرباره ذغال سنگ حاصل از معدن ذغال سنگ شهرستان زرند استان کرمان به‌عنوان جاذب در نظر گرفته شد. از محلول فلزی کادمیوم با غلظت های ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر به‌عنوان عنصر جذب شونده استفاده گردید. نتایج نشان داد داده های آزمایش ازهر دو مدل لانگ‌مویر و فروندلیچ تبعیت می‌کنند. با افزایش غلظت کادمیوم راندمان جذب کاهش و ظرفیت جذب افزایش یافته است. بنابراین این جاذب می‌تواند به‌عنوان جاذبی مناسب جهت حذف کادمیوم از محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: جذب سطحی، کادمیوم، سرباره ذغال سنگ

مقدمه

رشد روز افزون بشر، صنایع تولیدی،ماشینی شدن و استفاده از سموم وکودها به منظور بالا بردن سطح زیر کشت محصولات منجر به افزایش آلودگی‌های محیط زیست و منابع طبیعی از جمله آب‌ها شده است.این آلودگی‌ها شامل فلزات سنگین و سمی حاصل از پساب کارخانه‌ها و صنایع تولیدی می‌باشند که اثرات خطرناکی در بدن موجودات زنده به جای می‌گذارند.فلزات سنگین از جمله رایج‌ترین آلاینده‌هایی هستند که در پساب فاضلاب های صنعتی دیده می شوند. این فلزات نسبت به تجزیه مقاوم اند از این جهت نیاز به روش هایی برای حذف ویا جداسازی آن‌ها از محلول آبی است. یکی از این فلزات کادمیوم است که از طریق فاضلاب صنایع وارد منابع آب شده‌و باعث آسیب های کبدی، ریوی، عصبی، فشار خون، نقص جنینی، سرطان زایی و جهش زایی و...می‌شود. منابع اصلی آلودگی کادمیم شامل منابع انسانی و منابع طبیعی می‌باشد. به طور طبیعی سالانه حدود ۲۵۰۰۰ تن کادمیم وارد محیط می‌شود که در اثر هوازدگی سنگ ها،آتش سوزی جنگل‌ها،آتشفشان‌ها، فعالیت بشر، شیرابه زباله های صنعتی، کودهای فسفاته و ... می‌باشد.روش‌هایی که برای حذف این فلزات مورد مطالعه قرار گرفته شامل، رسوبدهی با هیدروکسید یا سولفید، اسمز معکوس، تعادل یونی، الکتروفلوتاسیون، روش‌های بیولوژیکی و جذب روی مواد جاذب می‌باشد که مورد آخر یعنی فرایند جذب نسبت به روش‌های دیگر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است و نتایج مثبت زیادی در این زمینه به دست آمده است. تاریخچه مطالعه جذب در تصفیه آب و فاضلاب سابقه طولانی (۱۸۸۳ در آمریکا) دارد. جذب، یک روش فیزیکی با مزیت هایی مانند: راندمان بالا، مقرون به صرفه بودن، طبیعی، آسان و قابل دسترس می‌باشد و به طور کلی یک گزینه کارآمد در مقابل بقیه روش‌ها می باشد. هر جامدی که تمایل به جذب محیط سیال روی سطحش را داشته باشد جاذب است.جذب بیشتر به صورت غیر انتخابی عمل می‌کند. جاذب‌ها دارا منشاهای معدنی،آلی و بیولوژیکی می‌باشند. جاذب‌های مختلف ومتنوعی برای جذب کادمیم از محلول های آبی صورت گرفته است. Li-Huawang,Chun-I Lin (۲۰۰۸)، از خاکستر پوست برنج برای جذب عناصر سنگین استفاده نمودند و دریافتند خاکستر پوست برنج(۹۸درصدجذب)، نسبت به کربن فعال جاذب بهتری برای فلز کادمیم می‌باشد. Neubauer و همکاران)۲۰۰۰) نشان دادند، سیدروفر دس فری اکسامین بی، جذب کادمیم را روی مونت موری لونایت تشدید کرد ولی از جذب این عنصر روی کائولینایت جلوگیری می‌کند. شیروانی و همکاران (۲۰۰۶)، افزایش جذب کادمیم را روی دو نوع کانی مهم خاک‌های مناطق خشک ونیمه خشک (سپیولایت و پالگورسکایت) در حضور سیدروفر را گزارش کردند. قربانی و یونسی (۱۳۸۷) جذب زیستی یون‌های کادمیم از محلول آبی با استفاده از بیومس ساکارومایسس سرویسیه در مقایسه با تحقیقی که آبیار و همکاران از باکتری اکروموباکتر به عنوان جاذب یون‌های کادمیوم استفاده کرده اند به نتیجه بهتری رسیدند که جلبک ها دارای کارایی جذب بالاتری نسبت به قارچ و باکتری ها می‌باشند. معتمدی و همکاران (۱۳۹۳) دریافتند نانورس جاذب بسیار خوبی برای حذف کادمیم از محیط‌های آبی حتی در غلظت‌های بالا می باشدآن‌ها بیان کردند که با افزایش pH و زمان تماس راندمان جذب افزایش یافته و در ۲۰ دقیقه اول به حداکثر خود می‌رسد که افزایش زمان بعداز این تأثیری بر جذب ندارد. اکافور و همکاران در سال ۲۰۱۲ در نیجریه حذف کادمیم از محلول‌های آبی توسط پوست آناناس انجام دادند.در مطالعه ای توسط پاتل در سال ۲۰۱۳ در هند، حذف کادمیم از محلول های آبی توسط دو نوع پوسته نخود فرنگی و برنج انجام گرفت. سعیدی و همکاران (۱۳۸۸) جذب کادمیم توسط ذغال ساخته شده از پوست گردو و بادام را بررسی نمودندآن‌ها دریافتند، بیشترین میزان حذف کادمیم مربوط به کربن پوست گردو و به میزان ۹۸ درصد بود. جاودانی و همکاران (۲۰۱۳) روی خاکستر ذغال سنگ کار کردند و دریافتند که کانی زئولایت سنتز یافته از ذغال سنگ به میزان ۸۴% از کادمیم را به خود جذب کرده بود.

در این پژوهش برای اولین باراز جاذب سرباره ذغال سنگ به منظور حذف یون های کادمیم از محلول‌های آبی استفاده شد.

مواد وروش ها

یک نمونه سرباره ذغال سنگ از ضایعات کارخانه ذغال سنگ واقع در شهرستان زرند تهیه شد. بعد از اطمینان از خالص بودن آن از هر گونه عنصر سنگین،با آسیاب پودر شده و سپس از الک ۲۳۰ مش عبور داده شد.

محلول مادر (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از نمک کادمیوم تهیه گردد و سپس از این محلول، محلول‌های مورد نیاز ساخته شدند. در این روش ۱/۰ گرم از جاذب‌ها با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده با غلظت مشخص بعد از انتقال به لوله‌های سانتریفیوژ (فالکون)، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۲۴ ساعت شیک خواهند شد. پس از تعادل، محلول‌ها سانتریفیوژ شده و بعد از صاف کردن محلول رویی، مقدار کادمیوم جذب شده از تفاوت بین غلظت اولیه این عناصر و غلظت نهایی موجود در محلول محاسبه شد. در این آزمایش از یک شاهد که در واقع تیمار بدون سرباره است نیز استفاده می‌گردد. برای هر سطح، یک نمونه شاهد بدون جاذب هم لازم است. هر آزمایش در سه تکرار انجام خواهد گرفت. غلظت‌ها توسط دستگاه جذب اتمیک اندازه‌گیری شدند. برای مدل سازی ایزوترم جذب یون‌های کادمیوم از مدل‌های لانگ‌مویر و فروندلیچ استفاده شد. مدل ایزوترم جذب لانگ‌مویر مربوط به جذب تک لایه‌ای است و فرض می‌شود مکان‌های سطح جاذب دارای انرژی یکسانی می باشند معادله لانگ‌مویر بصورت زیر می باشد:

$$qe = (qm * b * Ce)/(1 + bCe) \quad (۱)$$

که دراین رابطه q_e مقدار یون‌های جذب شده ((mg/gr
q_m بیشنه ظرفیت جذب یون‌های جذب شده((mg/gr
b ثابت تعادلی جذب لانگ‌مویر ((mg/gr
C_e غلظت تعادلی یون‌های فلزی ((mg/l

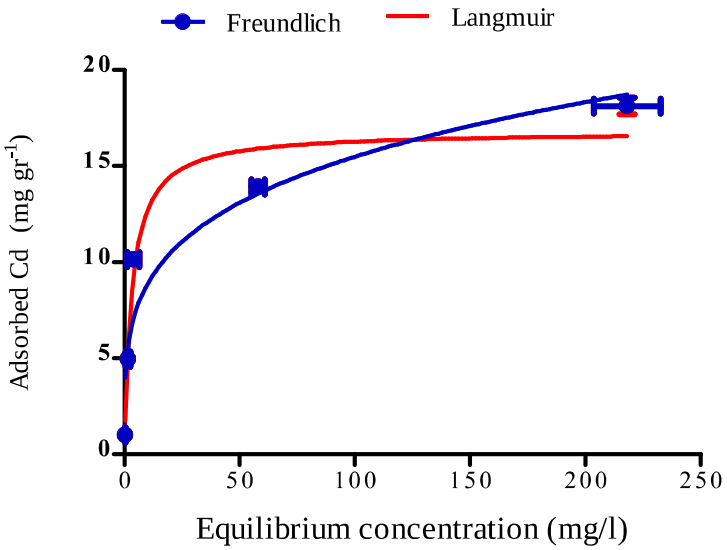
ایزوترم جذب چند لایه برای سطوح ناهمگن توسط معادله ایزوترم فروندلیچ بصورت رابطه :

$$Qe=K_F.Ce^{1/n} \quad (۲)$$

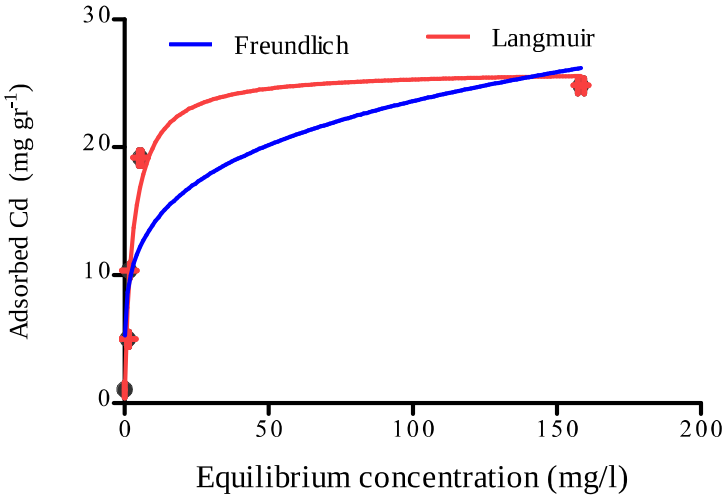
که: Ceغلظت تعادلی یونهای فلزی ((mg/l
Qeمقدار یونهای جذب شده ((mg/gr
K_F و n ثابت های فروندلیچ و به ترتیب شاخص‌های ظرفیت شدت جذب می باشند.

نتایج و بحث

داده‌های جذب تعادلی یون‌های کادمیم با ایزوترم‌های جذب لانگ‌مویر و فروندلیچ مطابقت دارند (شکل ۱ و شکل ۲). بهترین مدل جذب برای سرباره اصلاح شده با سود یک نرمال مدل لانگ‌مویر بوده که دارای ضریب همبستگی ۹۵/۰ وکمترین (۴/۱) SEE می‌باشد.همچنینداده‌های جذب کادمیوم در حضور سرباره اصلاح شده با سود دو نرمال با مدل لانگ‌مویر برازش بهتری پیدا کردند (R^2=۹۶/۰) و (SEE=۱.۸۴۳). در فرآیند جذب، غلظت اولیه یون های کادمیم نقش مهمی برای غلبه بر مقاومت انتقال جرم بین فاز مایع و فاز جامد را به عهده دارند. با زیاد شدن غلظت تا ۴۰۰ شدت جذب به تدریج کم شده و به مقدار ثابتی رسیده است. بنابراین همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می شود، مقدار جذب یون‌های کادمیوم با افزایش غلظت کاهش می یابد به طوریکه ظرفیت جذب سرباره با افزایش غلظت کادمیوم در محلول افزایش یافته اما با روند کاهشی.

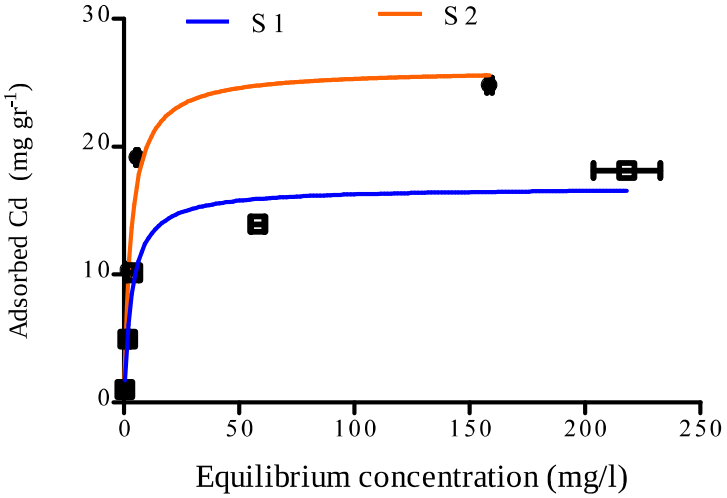


شکل ۱- همدماهای جذب لانگمویر و فروندلیچ برازش داده شده بر داده‌های حاصل از جذب کادمیوم توسط سرباره ذغال سنگ اصلاح شده با سود ۱ نرمال



شکل ۲- همدماهای جذب لانگمویر و فروندلیچ برازش داده شده بر داده‌های حاصل از جذب کادمیوم توسط سرباره ذغال سنگ اصلاح شده با سود ۲ نرمال

در شکل شماره ۳ مقایسه ای بین تاثیر نرمالیته سود بر جذب کادمیوم صورت گرفته است. بررسی فرایند جذب کادمیوم ابتدا در حضور سرباره بدون اصلاح کردن صورت گرفت. نتایج نشان‌دهنده جذب خیلی کم کادمیوم توسط این نمونه بود. بنابراین به منظور تغییر در ساختار سلولی سرباره و رسیدن به یک ساختار با دوام با ظرفیت جذب بالا برای فلز کادمیوم از سود ۱ نرمال و ۲ نرمال استفاده شد. نتایج نشان داد هر چه غلظت محلول سود بیشتر باشد تخریب سطح جاذب آشکارتر و قدرت جذب بالاتری خواهد داشت. نتایج نشان داد، حداکثر ظرفیت جذب سرباره ذغال سنگ یک نرمال برای کادمیم در غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر، ۸۱/۱۶ میلی گرم در گرم بوده و حداکثر ظرفیت جذب در سرباره دو نرمال در غلظت ۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ۰۶/۲۶ ، میلی گرم بر گرم بوده است.



شکل ۳- مقایسه همدمای جذب لانگمویر برازش داده شده بر داده‌های حاصل از جذب کادمیوم توسط سرباره ذغال سنگ اصلاح شده با سود ۱ نرمال و ۲ نرمال

نتیجه گیری

سرباره ذغال سنگ از قابلیت بالایی برای حذف وجذب عنصر کادمیوم از محلول‌های آبی برخوردار است.

منابع

سعیدی،م. جمشیدی،ا. عابسی،ع. و بیات،ج. ۱۳۸۸. جذب کادمیم محلول از آب توسط زغال ساخته شده از پوست گردو و بادام ومقایسه آن با کربن فعال گرانولی .فصلنامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، دوره ۲۰، شماره ۲، صفحه‌های ۱۶ تا ۲۲.

قربانی،ف. و یونسی، ح. ۱۳۸۷. جذب زیستی یون‌های کادمیم از محلول‌های آبی با استفاده از بیوماس ساکاروماسیس سرویسیه. مهندسی آب و فاضلاب، جلد ۶۸، صفحه‌های ۳۳ تا ۳۹.

معتمدی، ف.، معضد، ه.، جعفرزاده حقیقی‌فرد، ن. و امیری، م. ۱۳۹۳. بررسی سینتیک و ایزوترم جذب کادمیم از محلول‌های آبی توسط نانورس‌ها. فصلنامه علمی-پژوهشی آب و فاضلاب، دوره ۲۵، شماره ۳، صفحه‌های ۱۱۸ تا ۱۲۶.

Abyar H., Safahieh A., Zolgharnein H. and Zamani I. ۲۰۱۲.Cadmium biosorption by Achromobacter piechaudii isolated from Persian Gulf sediments. Jornal of Oceanography, ۳(۱۰),۱۹-۲۵.

Javadian H.,Ghorbani F., Tayeby H. and Hosseini S.M. ۲۰۱۴. Study of the adsorption of Cd (II) from aqueous solution using zeolite-based geopolymer, synthesized from coal fly ash; kinetic, isotherm and thermodynamic studies.Arabian Journal of Chemistry, ۲: ۱-۱۳.

Neubauer U., Nowack B., Furrer G. and Schulin R. ۲۰۰۰. Heavy metal sorption on clay minerals affected by the siderophoredesferrioxamine B. Environmental Science and Technology, ۳۴: ۲۷۴۹-۲۷۵۵.

Okafor P., Okon P., Daniel E. andEbenso E. ۲۰۱۲.Adsorption Capacity of Coconut (Cocosnucifera L.) Shell for Lead, Copper, Cadmium and Arsenic from Aqueous Solutions.Int. J. Electrochemical Science, ۷: ۱۲۳۵۴-۶۹.

Patel, K.P., Tank, S., Patel, K.M. and Patel, P. ۲۰۱۳.Removal of Cadmium and Zinc ions from aqueous solution by using two types of husks. APCBEE Procedia, ۵: ۱۴۱-۱۴۴.

Shirvani M., Shariatmadari H., Kalbasi M., Nourbakhsh F. and Najafi B. ۲۰۰۶. Sorption of cadmium on palygorskite, sepiolite and calcite: Equilibria and organic ligand affected kinetics Colloids and Surfaces A, ۲۸۷: ۱۸۲-۱۹۰.

Wang L.H. and Lin C.I. ۲۰۰۸. Adsorption of chromium (III) ion from aqueous solution using rice hull ash. Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers, ۳۹: ۳۶۷-۳۷۳.

Abstract

Removal of toxic compounds from the environment is very important. The efficiency of this method depends on the selection of appropriate absorbent. In this study, the modeling of adsorption isotherms of cadmium ions from aqueous solutions has been investigated. Modified samples of coal ash with ۱N and ۲N NaOH was selected as

absorbent from coal mining of Zarand city, Kerman province. Then, metal solution of Cd with concentrations of ۱۰, ۵۰, ۱۰۰, ۲۰۰, ۳۰۰ and ۴۰۰ mg/l was used as absorbed element. The results showed that data were fit with Langmuir and Freundlich models. With increasing concentrations of Cd, the absorption efficiency decreased and the absorption capacity increased. Thus, the absorbent can be used as an suitable absorbent for the removal of Cd from aqueous solutions.