

تأثیر غلظت بر بازده و زمان تعادل جذب سرب از محیط آبی توسط جاذب پوسته شلتوک

حسن جمالی ارمندی^۱

زمان شامحمدی حیدری^{۲*}

zaman241@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۵

این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات زمان تعادل و بازده جذب در غلظت های مختلف سرب انجام گرفت. برای این کار از جاذب پوسته شلتوک برای جذب سرب استفاده شد. آزمایش های جذب سینتیک برای تعیین زمان تعادل در غلظت های مختلف سرب انجام یافت. نتایج نشان داد که در غلظت های مختلف با افزایش زمان تماس، مقدار سرب جذب شده در واحد وزن جاذب افزایش می یابد و فرایند جذب در غلظت های ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب در مدت زمان های ۶۰، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۹۰، ۷۵ و ۶۰ دقیقه به تعادل می رسد. با کاهش غلظت محلول از ۵۰۰ به ۱ میلی گرم بر لیتر، بازده جذب افزایش یافت به طوری که حداکثر بازده جذب برابر ۹۸٪ در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. داده های آزمایش با استفاده از دو مدل سینتیک *Ho and et al* (۱۹۹۶) و *Lagergren* (۱۸۹۸) برازش داده شدند، نتایج نشان داد که جذب یون های سرب روی پوسته شلتوک از مدل *Ho and et al* پیروی می کند. نتایج حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم با مدل های *Langmuir* و *Freundlich* مطابقت داده شدند. نتایج نشان داد که مدل *Freundlich* داده ها را بهتر توصیف می نماید.

واژه های کلیدی: جذب، سرب، پوسته شلتوک، بازده، زمان تعادل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه زابل

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل* (مسئول مکاتبات)

مقدمه

توسعه صنایع در طول سال های اخیر باعث افزایش فلزات سنگین در محیط، به خصوص در محیط آبیان شده است. آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی به علت ورود فلزات سنگین به این منابع، نگرانی های زیادی را به وجود آورده است (۱). سرب در صنایع مختلفی از جمله صنایع تولید باتری، رنگ، فعالیت های معدنی، صنایع پالایش و ذوب سرب، رادیاتور سازی و بلورسازی به کار می رود و به همین دلیل مقدار زیادی از آن در پساب این گونه کارخانه ها دیده می شود (۲).

روش های مختلفی مانند ته نشینی با آهک، اسمز معکوس، تبادل یونی و جذب توسط کربن فعال برای کاهش مقدار سرب از پساب وجود دارد، ولی استفاده از این گونه روش ها در سطح وسیع هزینه های زیادی را ایجاد می کند. به همین دلیل استفاده از مواد ارزان قیمت، به ویژه بقایای کشاورزی در سال های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است (۳). همچنین تحقیقات زیادی روی حذف سرب از محلول آبی توسط برخی فرآورده های جنبی محصولات کشاورزی مانند برگ ذرت (۱)، خاک اره (۴)، خاکستر پوسته شلتوک (۵)، پوسته شلتوک اصلاح شده با اسید تارتاریک (۶)، پوشال غله (۷)، سبوس گندم (۸) و کربن فعال شده از زایدات کشاورزی (۹) انجام یافته است.

پوسته شلتوک به دلیل ساختار دانه ای، غیر قابل حل در آب می باشد و استحکام شیمیایی و دوام مکانیکی بالایی دارد (۱۰). بنابراین استفاده از پوسته شلتوک به عنوان یک جاذب، نه تنها کم هزینه و سهل الوصول است بلکه باعث کاهش آلودگی های محیط زیست نیز می شود.

Ajmal و همکاران (۲۰۰۳) ، با استفاده از پوسته شلتوک خام و پوسته شلتوک اصلاح شده توسط فسفات، جذب Ni(II) و Zn(II) را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که نیکل و کادمیم با استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط فسفات بهتر جذب می شود و میزان

جذب به زمان تماس، غلظت، دما، مقدار جاذب و pH محلول بستگی دارد (۱۱).

Wong و همکاران (۲۰۰۳)، از پوسته شلتوک اصلاح شده با اسید تارتاریک برای حذف سرب و مس از پساب استفاده نمودند. نشان داده شد که با کاهش اندازه ذرات جاذب میزان جذب یون های فلزی افزایش می یابد (۶).

شامحمدی حیدری (۱۳۸۶)، از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط محلول سدیم بی کربنات برای حذف کادمیم از محلول آبی استفاده نمود. همچنین بررسی بازده جذب برای تیمارهای مختلف و غلظت های ۰/۱ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر کادمیم نشان داد که با کاهش غلظت اولیه محلول، بازده جذب افزایش می یابد (۱۲).

عبدالغنی و همکاران (۲۰۰۷)، از پوسته شلتوک، چوب ذرت و خاک اره برای حذف سرب از محلول آبی استفاده کردند. زمان تعادل بعد از ۱۲۰ دقیقه حاصل شد. آن ها نشان دادند که با کاهش غلظت اولیه یون فلزی از ۵۰ میلی گرم بر لیتر به ۵ میلی گرم بر لیتر، بازده جذب سرب توسط جاذب های مختلف افزایش می یابد (۴).

مطالعات زیادی روی حذف فلزات سنگین توسط جاذب پوسته شلتوک انجام یافته است. این مطالعات، تاکنون روی متغیرهای سیستم شامل زمان تماس، مقدار جاذب، دمای محلول، غلظت اولیه یون فلزی، اندازه ذرات جاذب و حداکثر ظرفیت جذب جاذب ها تمرکز داشتند. در این تحقیق تغییرات زمان تعادل و بازده جذب در غلظت های مختلف مورد بررسی قرار می گیرد.

مواد و روش ها

پوسته شلتوک از کارخانه برنج کوبی محلی تهیه شد و از الک های ۳۰ و ۴۰ عبور داده شد تا قطر مؤثر ذرات به ۵۱۰ میکرون برای آزمایش رسید. سپس چندین دفعه با آب مقطر شستشو داده شده و در گرمکن با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت خشک شدند. در هر آزمایش ۱۰۰ میلی لیتر

مدل های جذب سینتیک شامل مدل Lagergren (۱۸۹۸) و مدل Ho و همکاران (۱۹۹۶) بر داده های حاصل از آزمایش برآزش داده شد.

معادله ۱ مدل Lagergren (۱۸۹۸) را نشان می دهد:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (1)$$

در این معادله q_e و q_t به ترتیب مقادیر یون جذب شده در زمان تعادل و زمان t می باشند و k_1 ثابت جذب در مدل Lagergren است. مقادیر k_1 از رسم $\text{Log}(q_e - q_t)$ در مقابل t محاسبه می شود (۱۵).

همچنین مدل Ho and et al به صورت خطی شده و به صورت معادله (۲) نشان داده شده است:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (2)$$

در این معادله k_2 ثابت جذب در مدل Ho و همکاران (g/mg min) می باشد. برای به دست آوردن ضرایب مدل Ho و همکاران $\frac{t}{q_t}$ در مقابل t رسم می شود. با رسم این منحنی خط راستی با شیب $\frac{1}{q_e}$ و عرض از مبدأ $\frac{1}{k_2 q_e^2}$ به دست می آید که از این طریق ثابت های مدل محاسبه می شود (۱۵).

۲- آزمایش های جذب ایزوترم

تعداد ۹ ارلن کاملاً شسته و داخل هر یک ۱۰۰ میلی لیتر محلول سرب با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر ریخته شد. سپس ۹ مقدار مختلف (۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۹، ۱ و ۱/۲ گرم) از جاذب پوستره شلتوک به ترتیب داخل ارلن ها ریخته شد و pH هر یک روی ۶ تنظیم گردید. سپس نمونه ها بر روی شیکر گذاشته شدند و پس از سپری شدن زمان معین (زمان تعادل به دست آمده از آزمایش های جذب

محلول یون فلزی با یک مقدار معین جاذب اختلاط داده شدند. محلول استوک یون سرب (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) مورد استفاده در این مطالعه به وسیله اختلاط نمک نیترات سرب (ساخت کارخانه Merck آلمان) با آب مقطر تهیه شد. برای تهیه محلول های سرب با غلظت های مختلف از این محلول استوک استفاده گردید. در تمامی آزمایش ها ترکیب محلول و جاذب روی یک شیکر با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه تکان داده شد (۱۳). در انتهای هر آزمایش پوستره شلتوک به وسیله کاغذ صافی واتمن از محلول جدا شده و غلظت سرب باقی مانده در محلول با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل AA 220 ساخت شرکت Varian استرالیا) اندازه گیری گردید. لازم به ذکر است که در کلیه آزمایش ها pH محلول با استفاده از اسید نیتریک و سود سوز آور تنظیم و pH محلول در هر مرحله توسط دستگاه pH متر (مدل PTR 79) اندازه گیری شد. کلیه آزمایش ها در دمای اتاق انجام یافت.

۱- آزمایش های جذب سینتیک

مدل های سینتیک جذب، علاوه بر تعیین سرعت جذب، قابلیت پیش بینی فرآیند جذب را (به ویژه در سیستم ستونی) با زمان دارد (۱۴). برای بررسی اثر زمان تماس بر حذف سرب از محیط آبی، ۱ گرم پوستره شلتوک توزین و داخل ۱۲ ارلن ریخته شد. سپس ۱۰۰ میلی لیتر محلول سرب با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به هر یک از ارلن ها اضافه و pH آن ها روی ۶ تنظیم شد (۳، ۷، ۱۲). محلول ها روی شیکر گذاشته شد و برای مدت زمان های ۵، ۱۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه به هم زده شد. بعد از سپری شدن زمان های اشاره شده، نمونه ها به ترتیب از روی شیکر برداشته شد. با استفاده از کاغذ صافی، پوستره شلتوک از محلول جدا و سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت باقی مانده سرب در محلول اندازه گیری شد. برای بررسی تأثیر غلظت اولیه سرب بر زمان تعادل مراحل فوق در غلظت های ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیز انجام گرفت.

در سال ۱۹۲۶ *Freundlich* جذب مواد را روی زغال چوب مورد بررسی قرار داد و مدل تجربی زیر را برای جذب مواد روی جاذب پیشنهاد کرد:

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log c_e + \log k \quad (۵)$$

n و k : ضرایب مدل *Freundlich* هستند که به ترتیب به ظرفیت جذب و شدت جذب جاذب نسبت داده می شود. بنابراین از رسم منحنی $\log q_e$ در برابر $\log C_e$ خط راستی به وجود می آید که دارای شیب $1/n$ و عرض از مبدأ k خواهد بود (۱۷).

نتایج و بحث

۱- نتایج آزمایش های جذب سینتیک

۱-۱ اثر زمان تماس و غلظت اولیه سرب

نمودار ۱ تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه بر بازده جذب سرب توسط پوسته شلتوک را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش زمان تماس، بازده جذب سرب از محلول آبی افزایش می یابد. برای غلظت های مختلف در زمان های اولیه، شدت جذب بسیار بالاست ولی با گذشت زمان تغییرات آهسته می شود تا سرانجام به یک مقدار ثابت می رسد، که زمان مربوط به آن را زمان تعادل گویند. زمان تعادل به ترتیب در غلظت های ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، ۶۰، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۹۰، ۷۵ و ۶۰ دقیقه به دست می آید. بعد از رسیدن به زمان تعادل، مقدار یون سرب جذب شده با گذشت زمان تغییر چندانی نکرد. همچنین نمودار ۱ نشان می دهد که با کاهش غلظت محلول از ۵۰۰ میلی گرم بر ۱ میلی گرم بر لیتر، بازده جذب در زمان های مختلف افزایش می یابد.

سینتیک)، نمونه ها از روی شیکر برداشته شد، نمونه ها فیلتر شده و مقدار سرب باقی مانده در محلول اندازه گیری شد.

دو مدل *Langmuir* (۱۹۱۶) و *Freundlich*

(۱۹۲۶) بر داده های حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم برازش داده شدند. ایزوترم های جذب شامل معادلاتی هستند که در حالت تعادل به کار می روند.

ایزوترم جذب *Langmuir* بیشتر از همه ایزوترم های جذب مورد استفاده قرار می گیرد. در این مدل فرض می شود که مناطق جذب واقع بر سطح جسم جاذب یکنواخت بوده و همگی دارای قدرت جذب یکسان هستند. ایزوترم *Langmuir* را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{ab} \cdot \frac{1}{c_e} + \frac{1}{b} \quad (۳)$$

که در آن :

C_e : غلظت ماده جذب شونده در حالت تعادل در فاز مایع (mg/L)

q_e : مقدار یون ماده جذب شده در حالت تعادل (mg/g)

a : ثابتی است که به پیوستگی محل های جذب و انرژی جذب بستگی دارد (L/mg)

b : حداکثر یون فلزی جذب شده برای تکمیل یک لایه، ثابتی است که به ظرفیت جذب بستگی دارد (mg/g).

q_e با استفاده از معادله زیر به دست می آید:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \cdot v \quad (۴)$$

C_0 : غلظت اولیه یون فلزی (mg/L)

C_e : غلظت محلول یون فلزی در زمان تعادل (mg/L)

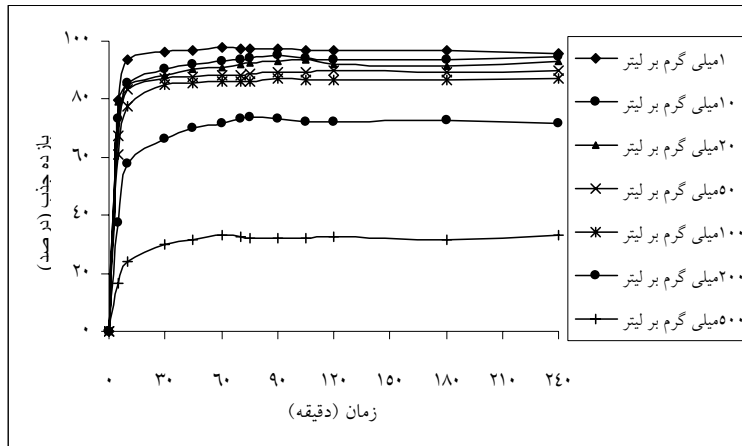
m : وزن جاذب (g)

v : حجم محلول (L)

رسم منحنی $\frac{1}{q_e}$ در مقابل $\frac{1}{c_e}$ ، خط راستی با شیب $\frac{1}{ab}$ و

عرض از مبدأ $\frac{1}{b}$ را نشان می دهد. بنابراین می توان a و b را

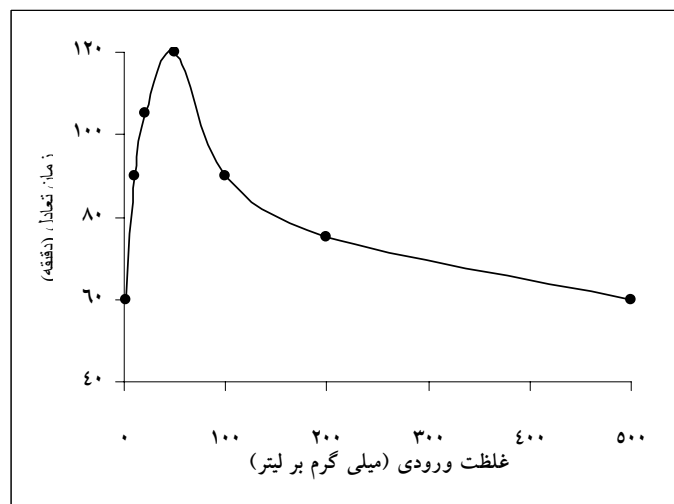
تعیین نمود (۱۶).



نمودار ۱- تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه بر بازده جذب سرب توسط پوسته شلتوک

می دهد که با افزایش غلظت محلول از ۵۰ به ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، زمان تعادل فرایند جذب کاهش می یابد. دلیل آن را می توان تجمع زیاد یون های سرب در اطراف جاذب و افزایش شانس برخورد فلز با جاذب دانست. بنابراین در این حالت به نظر می رسد عامل تعیین کننده زمان تعادل، ظرفیت جاذب باشد. این در حالی است که به نظر می رسد در غلظت های کم عامل تعیین کننده زمان تعادل غلظت یون موجود در محلول باشد.

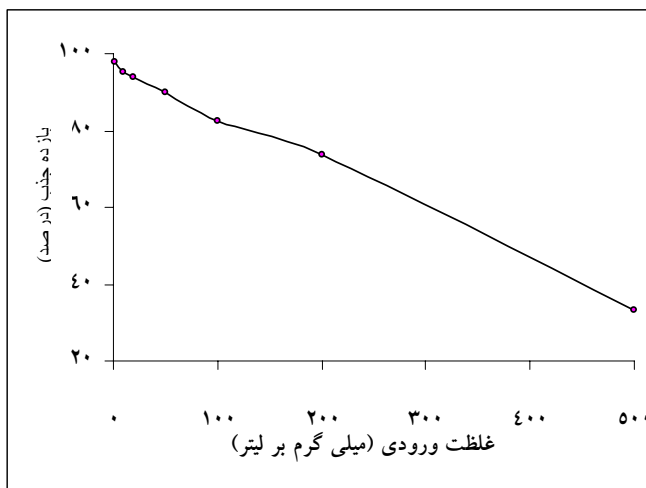
نمودار ۲ تغییرات زمان تعادل جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک را در غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، حداکثر زمان تعادل ۱۲۰ دقیقه و در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. با کاهش غلظت اولیه محلول، زمان به تعادل رسیدن کاهش می یابد. در غلظت های کم مقدار یون های فلزی موجود در محلول محدود می باشد، بنابراین در مدت زمان کمی جذب جاذب می شود، از این رو با کاهش غلظت یون فلزی در محلول، زمان به تعادل رسیدن فرایند جذب کاهش می یابد. همچنین نمودار ۲ نشان



نمودار ۲- اثر غلظت اولیه بر زمان تعادل جذب سرب توسط پوسته شلتوک

بازده جذب افزایش می یابد. به طوری که حداکثر بازده جذب (۹۸٪) در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمده است.

نمودار ۳ تغییرات بازده جذب سرب در غلظت های مختلف را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود با کاهش غلظت سرب از ۵۰۰ میلی گرم به ۱ میلی گرم بر لیتر،

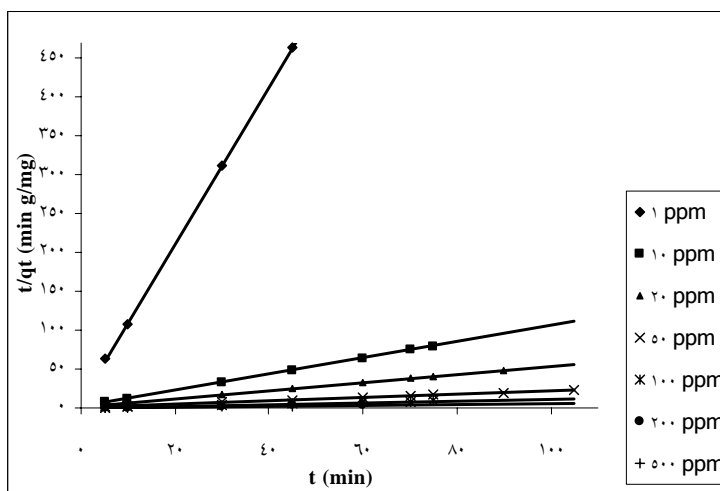


نمودار ۳- تغییرات بازده جذب در زمان تعادل با غلظت اولیه سرب

۱-۲- معادلات جذب سینتیک

جدول ۱ نیز ثابت های مدل *Lagergren* را برای غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود در تمامی غلظت ها مقدار یون برآورد شده توسط مدل ($Q_{e\text{ cal}}$) خیلی کمتر از مقادیر آزمایشی ($Q_{e\text{ exp}}$) است. همچنین مقادیر k_1 نشان می دهد که ضریب ثابت شدت جذب *Lagergren* بسیار کم می باشد.

دو مدل *Lagergren* (۱۸۹۸) و *Ho and et al* (۱۹۹۶) بر داده های حاصل از آزمایش های جذب سینتیک برازش داده شدند. برای تعیین ضرایب مدل *Lagergren* در غلظت های مختلف، $\log(q_e - qt)$ در مقابل t رسم شد که در نمودار ۴ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود شیب خط حاصل برای تمامی غلظت ها منفی می باشد، به عبارت دیگر با افزایش زمان، مقدار یون فلزی افزایش یافته و در نتیجه اختلاف ($q_e - q_t$) کاهش می یابد.



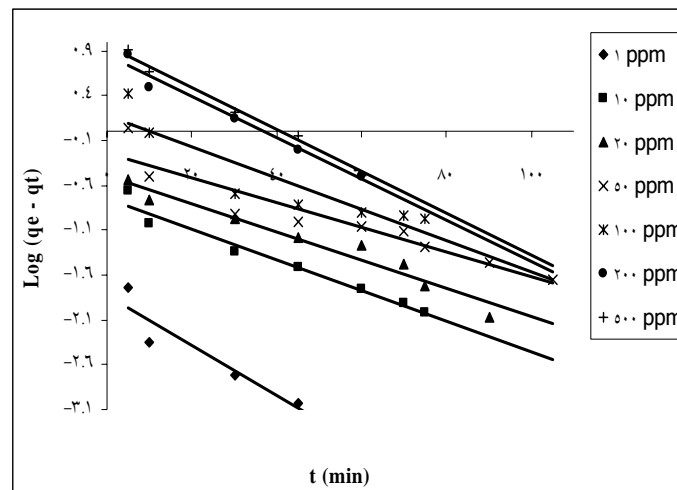
نمودار ۴- رسم خطی مدل *Lagergren* در غلظت های مختلف

جدول ۱- ثابت های مدل Lagergren برای جذب سرب روی جاذب پوسته شلتوک

R^2	$k_1(1/min)$	$q_{e cal} (mg/g)$	$q_{e exp} (mg/g)$	غلظت اولیه سرب (mg/l)
۰/۸۷۴۴	۰/۰۶۴۲	۰/۰۱۴۸	۰/۰۹۸۰	۱
۰/۸۶۶۸	۰/۰۳۹۳	۰/۱۷۷۸	۰/۹۴۹۸	۱۰
۰/۹۵۵۳	۰/۰۳۶۳	۰/۳۲۵۵	۱/۸۷۳۸	۲۰
۰/۸۸۴۲	۰/۰۳۱۷	۰/۵۷۶۳	۴/۴۸۸۰	۵۰
۰/۸۲۷۱	۰/۰۴۰۳	۱/۵۰۸	۸/۷۲۸۰	۱۰۰
۰/۹۷۲	۰/۰۵۲۷	۷/۰۱۴	۱۴/۶۳۲	۲۰۰
۰/۹۷۸۹	۰/۰۵۳۹	۹/۲۳۴۲	۱۶/۶۰۵	۵۰۰

که مشاهده می شود در تمامی غلظت ها مقدار یون برآورد شده توسط مدل ($q_{e cal}$) تقریباً برابر مقادیر آزمایشی ($q_{e exp}$) می باشد. از رسم منحنی t/q_t در مقابل t ، در غلظت های مختلف ضرایب مدل Ho و همکاران تعیین شدند. همچنین در تمامی غلظت ها ضریب همبستگی برای مدل Ho و همکاران بزرگ تر از ۰/۹۹۹ می باشد. بنابراین می توان چنین نتیجه گیری کرد که در تمامی غلظت ها مدل Ho و همکاران در مقایسه با مدل Lagergren داده ها را بهتر توصیف می کند.

در نمودار ۵ برای تعیین ضرایب مدل Ho و همکاران (۱۹۹۶) منحنی های t/q_t به صورت تابعی از زمان برای غلظت های مختلف نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود با کاهش غلظت اولیه محلول، شیب خط حاصل افزایش یافته و در نتیجه مقدار یون جذب شده کاهش می یابد و این موضوع، افزایش بازده جذب در غلظت های کم را تأیید می نماید. جدول ۲ نیز ثابت های مدل Ho و همکاران را برای غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه



نمودار ۵- رسم خطی مدل Ho and et al در غلظت های مختلف

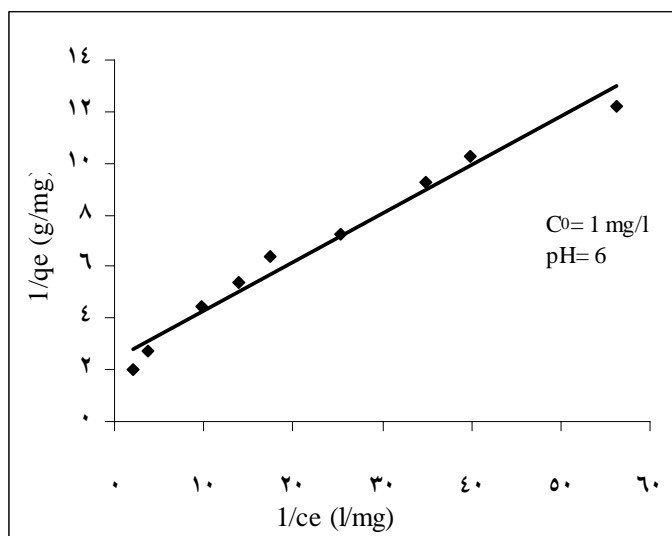
جدول ۲- ثابت های مدل Ho and et al برای جذب سرب روی جاذب پوسته شلتوک

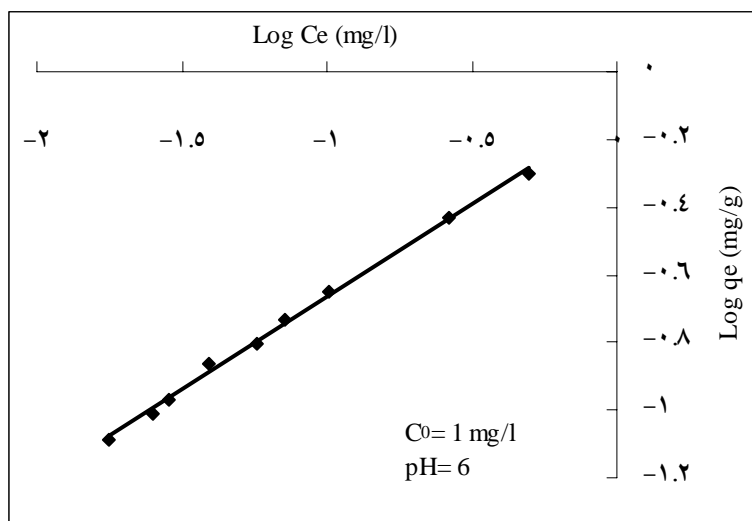
R^2	k_2 (g/mg min)	q_e cal (mg/g)	q_e exp (mg/g)	غلظت اولیه سرب (mg/l)
۰/۹۹۹۸	۱۰/۸۵۶	۰/۰۹۹۱	۰/۰۹۸۰	۱
۰/۹۹۹۹	۰/۶۹۴۲	۰/۹۵۶	۰/۹۴۹۸	۱۰
۰/۹۹۹۷	۰/۳۷۱۵	۱/۸۸۲	۱/۸۷۳۸	۲۰
۰/۹۹۹۹	۰/۱۷۵۴	۴/۵۱۰	۴/۴۸۸۰	۵۰
۰/۹۹۹۸	۰/۰۷۱۶	۸/۸۲۶	۸/۷۲۸۰	۱۰۰
۰/۹۹۹۹	۰/۰۱۱۱۳	۱۵/۳۸۴	۱۴/۶۳۲	۲۰۰
۰/۹۹۹۶	۰/۰۱۱۰۳	۱۷/۵۴۳	۱۶/۶۰۰۰	۵۰۰

۲- نتایج آزمایش های جذب ایزوترم

خطی مدل ایزوترم *Langmuir* و *Freundlich* را برای جاذب پوسته شلتوک نشان می دهد.

مدل های ایزوترم *Langmuir* و *Freundlich* بر داده های حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم برآزش داده شدند و ثابت های هر مدل همراه با ضرایب همبستگی آن ها در جدول ۳ نشان داده شده است. نمودار های ۶ و ۷ به ترتیب رسم

نمودار ۶- رسم خطی مدل ایزوترم *Langmuir* جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک



نمودار ۷- رسم خطی مدل ایزوترم *Freundlich* جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک

جدول ۳- نتایج حاصل از برازش مدل *Langmuir* برای جاذب پوسته شلتوک

مدل	معادله	b (mg/g)	a (L/mg)	n	k	R ²
<i>Langmuir</i>	$1/q_e = 0.187 (1/C_e) + 2.417$	۰/۴۱۳	۱۲/۸۹	-	-	۰/۹۷۶۵
<i>Freundlich</i>	$\text{Log}(q_e) = 0.547 \text{Log}(C_e) - 0.118$	-	-	۱/۸۲۸	۰/۷۶	۰/۹۹۶۹

نتیجه گیری

با کاهش غلظت اولیه محلول از ۵۰ میلی گرم به ۱ میلی گرم بر لیتر زمان به تعادل رسیدن فرایند کاهش می یابد. همچنین با کاهش غلظت اولیه سرب، بازده جذب در زمان تعادل افزایش می یابد به طوری که حداکثر بازده جذب در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به دست می آید. از این رو پوسته شلتوک (یک ماده زاید کشاورزی) می تواند به عنوان یک جاذب بالقوه برای حذف سرب از محلول آبی (به خصوص در غلظت های کم) مورد استفاده قرار گیرد. برازش مدل های جذب سینتیک بر روی داده های آزمایشی نشان داد که در تمامی غلظت ها مدل *Ho and et al* در مقایسه با مدل *Lagergren* داده ها را بهتر توصیف می کند. نتایج مطالعات ایزترم در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر نشان داد که برای جاذب پوسته شلتوک می توان از مدل *Freundlich* به عنوان مدل ایزوترم جذب استفاده نمود.

با توجه به مدل ایزوترم *Langmuir* حداکثر ظرفیت جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک ۰/۴۷۶ میلی گرم بر گرم به دست آمد.

ضریب *Freundlich* (n) باید دارای مقادیری باشد که در محدوده ۱ تا ۱۰ قرار گیرد تا به صورت جذب مطلوب شناخته شود (۱۸، ۱۹). با توجه به n به دست آمده (۱/۸۲۸) از برازش مدل *Freundlich* بر داده های جذب می توان چنین نتیجه گیری نمود که جذب یون های سرب روی جاذب پوسته شلتوک از مطلوبیت خوبی برخوردار است.

بررسی روابط نشان می دهد که ضرایب همبستگی مدل های ایزوترم *Langmuir* و *Freundlich* قابل قبول و نزدیک به هم می باشند. ضریب همبستگی مدل ایزوترم *Freundlich* ($R^2 = 0.9969$) بیشتر از مدل *Langmuir* ($R^2 = 0.9765$) است. بنابراین مدل ایزوترم *Freundlich* برای پیش بینی رفتار جذب سرب از محیط آبی توسط جاذب پوسته شلتوک انتخاب و معرفی می گردد.

chaff of hazardous material. B. 125: 266- 271.

8- Farajzade, N. A. and Monji, A. B. 2004. Adsorption characteristics of wheat barn towards heavy meta cation. *Separation and Purification Technology*, 38: 197- 207.

9- Periasamy, K. and Namasivayama, C. 1996. Adsorption of Pb (II) by peanut hull carbon from aqueous solution. *Separation Science and Technology*, 30 (10): 2223- 2237.

10- Olmez, H. 1988. Utilization of agricultural and industrial wastes in production of the cement. Ondokuz Mayıs University, Publ. No. 47.

11- Ajmal, M., Rao, R. A. K., Anwar, S., Ahmad, J. and Ahmad, R. 2003. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater. *Biores. Technol.*, 86(2): 147- 149.

۱۲- شامحمدی حیدری، ز. ۱۳۸۶ بررسی تأثیر غلظت

سدیم بی کربنات بر افزایش ظرفیت جاذب پوسته

شلتوک در حذف کادمیوم در حذف کادمیوم از

محیط آبی مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز،

شماره ۱۷، صفحه: ۱۲۶

13- Kumar, U. and Bandypadhyay, M. 2006. Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. *Bioresearch Technology*, 97: 104- 109.

14- Lagergren, S. 1898. About the theory so- called adsorption of soluble substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 24(4): 1- 39.

15- Ho, Y. S., Wase, D. A. and Forster, C. F. 1996. Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum

قدردانی

از کارشناسان آزمایشگاه های هیدرولیک و شیمی دانشگاه زابل و همچنین از مدیر محترم و کارشناسان محترم امور آزمایشگاه های منابع آب و خاک و رسوب سازمان آب و برق خوزستان جهت همکاری برای انجام این طرح تشکر و قدردانی می شود.

منابع

1- Babarinde, N. A. A., Babalola, J. O. and Sanni, R. A. 2006. Biosorption of lead ions from aqueous solution by maize leaf. *International Journal of Physical Sciences*, Vol. 1 (1), pp: 23- 26.

۲- کریمی، م. ۱۳۸۲. مسمومیت با سرب در کودکان.

مجله علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی

شهید صدوقی یزد. شماره ۲. صفحه: ۸۵- ۹۰.

3- Kumar, U. 2006. Agricultural products and by-products as low cost adsorbent for heavy metal removal from water and wastewater: A review. *Scientific Research and Essay*. Vol. 1(2): 33- 37.

4- Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M. and El-Chaghaby, G. A. F. 2007. Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbent. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 4(1): 67- 73.

5- Feng, Q., Lin, Q., Gong, F., Sugita, S. and Shoya, M. 2004. Adsorption of lead and mercury by rice husk ash. *J. Coll. Interf. Sci.*, Vol. 278: 1- 8.

6- Wong, K.K., Lee, C. K., Low, K. S. and Haron, M. J. 2003. Removal of Cu and Pb by tartaric acid modified rice husk from aqueous solution. *Chemosphere*, Vol. 50: 23- 28.

7- Han, R., Zhang, J., Zou, W., Shi, J. and Liu, H. 2005. Equilibrium biosorption isotherm for lead ion on

- 18- Raji, C. and Anirudhan, T. S. 1997. Chromium(VI) adsorption by sawdust carbon: Kinetic and equilibrium: Indian Journal of Chemical Technology, Vol. 4: 228- 236.
- 19- Rao, M. and Bhole, A. G. 2001. Chromium removal by adsorption using fly ash bagasse. Journal of Indian Water Works Association, XXXIII(1): 97- 100.
- moss peat. Environment Technology, Vol. 17: 71- 77.
- 16- Langmuir, I. 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. J. Am. Chem. Soc. 38: 2221- 2295.
- 17- Freundlich, H. M. 1906. Uber die adsorption in lasungen. Z. Phys. Chem. 57: 385- 470.