

## حذف سرب از محلول آبی با استفاده از جاذبهای ارزان قیمت

زمان شامحمدی حیدری<sup>۱</sup>

(دریافت ۸۷/۶/۲۳ پذیرش ۸۸/۱۱/۱۱)

### چکیده

در این تحقیق حذف سرب از محیط آبی با استفاده از پوسته شلتوک، خاک اره و ساقه آفتابگردان مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا جاذبها تهیه شدند و سپس با استفاده از الک شماره ۳۰ و ۴۰، ذرات با اندازه متوسط ۵۰۰ میکرون از هر کدام به دست آمد. محلول سرب با غلظت ۲۵ میلی گرم در لیتر ساخته شد و آزمایشهای جذب انجام گردید. نتایج نشان داد که زمان تعادل برای پوسته شلتوک ۹۰ دقیقه و برای دو جاذب دیگر هر کدام ۱۲۰ دقیقه است. pH بهینه جذب برای هر سه جاذب برابر ۶ به دست آمد. همچنین نتایج آزمایشها نشان داد که با کاهش غلظت ورودی سرب از ۸۰ به ۱ میلی گرم در لیتر، راندمان جذب برای هر سه جاذب افزایش می یابد. به طوری که منحنی راندمان جذب برای جاذبهای مختلف، همگرا می شود. راندمان جذب با افزایش جرم نیز زیاد می شود. آزمایشهای ایزوترم جذب نشان داد که مدل تمکین از برازش بهتری نسبت به مدل های لانگمیر و فروندلیچ برخوردار است.

**واژه های کلیدی:** پوسته شلتوک، خاک اره، ساقه آفتابگردان، ایزوترم جذب تمکین، راندمان جذب، سرب

## Lead Removal from Aqueous Solutions Using Low-cost Adsorbents

Zaman Shamohammadi Heidari<sup>1</sup>

(Received Sep. 14, 2008 Accepted Jan. 31, 2010)

### Abstract

This study examines the removal of lead from an aqueous medium using rice husk, sawdust, and sunflower stem. For this purpose, sieves No. 30 and 40 were used to obtain particles with a mean size of 500 microns from each of the adsorbents. The Pb(II) solution was prepared with a concentration of 25 mg/liter before absorption tests were conducted. The results showed that the equilibrium time for rice husk was 90 min. while the same parameter for each of the other two adsorbents was 120 min. An optimal absorption pH of 6 hours was obtained for each adsorbent. The tests also showed that the absorption efficiency for each adsorbent increased as the input lead concentration was reduced from 80 to 1mg/liter, so that the absorption efficiencies for different adsorbents converged. Absorption efficiency also increased with mass. Isothermal adsorption tests showed that the Tomkin model had a better fitness than the Langmuir and Freundlich models.

**Keywords:** Rice Husk, Sawdust, Sunflower Stem, Temkin Adsorption Isotherm, Absorption Efficiency, Lead.

1. Assist. Prof. of Water Eng. Dept., College of Agriculture, University of Zabol, 0916 311 7275 zaman241@gmail.com

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل ۰۹۱۶۳۱۱۷۲۷۵ zaman241@gmail.com

استفاده نمودند [۹]. در تحقیق مذکور، تأثیر غلظتهای مختلف سدیم بی‌کربنات بر افزایش ظرفیت پوسته شلتوک در جذب کادمیم مورد بررسی قرار گرفت. حداکثر راندمان جذب در pH برابر ۶ اتفاق افتاد و زمان تعادل جذب ۱/۵ ساعت به دست آمد.

رستمی در سال ۱۳۸۰، کاربرد موی انسان در حذف سرب از محیط آبی را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان جذب مربوط به یون سرب، از ترکیب نیترات سرب به میزان ۳۸ میلی‌گرم بر گرم بود و راندمان جذب در این حالت برای غلظت ورودی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، برابر ۹۹ درصد به دست آمد [۶].

عبدل غنی و همکاران<sup>۷</sup> حذف سرب با استفاده از مواد ارزان قیمت را مورد مطالعه قرار دادند [۱۰]. آنها با استفاده از طیف سنجی IR، نتیجه گرفتند که پوسته شلتوک از ظرفیت مناسبی برای حذف فلز سرب از محیط آبی برخوردار است.

هدف اصلی در این تحقیق، معرفی جاذبهای ارزان قیمت برای حذف فلز سرب از محیط آبی و بررسی همگرایی راندمان جذب در غلظتهای کم بود.

## ۲- مواد و روشها

پوسته شلتوک از کارگاه برنج کوبی و خاک اره از کارگاه نجاری شهر اهواز جمع‌آوری شد و ساقه آفتابگردان از مزارع کشاورزی تهیه گردید. جاذبها خرد شده، از الک شماره ۳۰ و ۴۰ عبور داده شد به طوری که قطر میانگین ذرات به حدود ۵۰۰ میکرون رسید.

ذرات با آب فراوان و سپس با استفاده از مایع ظرفشویی به خوبی شسته شد و در گرمخانه تحت دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۵ ساعت خشک گردید [۱۰].

### ۱-۲- تعیین pH بهینه

تعداد ۶ ارلن به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک قرار گرفت و سپس با آب شهر و آب بدون یون کاملاً شسته شد. مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر فلز سرب در هر یک از ارلن‌ها ریخته شد. در هر کدام از ارلن‌ها، مقدار ۲ گرم از ساقه آفتابگردان ریخته شد و pH ارلن‌ها به ترتیب در ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ تنظیم گردید. محلولها بر روی شیکر، به مدت ۳ ساعت با سرعت ۲۲۵ دور در دقیقه قرار گرفتند. پس از آن مجدداً pH اندازه‌گیری شد و تغییرات یادداشت گردید. با استفاده از کیف شیشه‌ای و کاغذ صافی واتمن<sup>۸</sup> ۰/۴۵ میکرون، نمونه‌ها در قوطی‌های پلاستیکی که قبلاً کاملاً شسته شده بود، ریخته شد. با افزودن مقدار معینی از اسید نیتریک، pH نمونه‌ها به حدود ۲ رسید

سرب، فلزی نرم به رنگ خاکستری مایل به آبی و از جمله فلزات سنگین است. عدد اتمی سرب ۸۲، جرم اتمی آن ۲۰۷/۱۹ و وزن مخصوص آن ۱۱/۲۴ است. نقطه ذوب این فلز ۳۲۷/۵ و نقطه جوش آن ۱۷۴۰ درجه سلسیوس است. آلودگی ناشی از سرب در اثر فرایندهای ذوب و گداخت استخراج معدن و فعالیتهای دیگر به وجود می‌آید. سرب در صنایع ذوب فلزات، تولید باتری، جوشکاری، تعمیر رادیاتور اتومبیل، تولید رنگ و صنایع اسلحه‌سازی استفاده می‌شود [۱].

مواد ارزان قیمت به ویژه مواد زائد کشاورزی می‌توانند پتانسیل قابل توجهی برای حذف فلزات سنگین داشته باشند و از نظر محیط‌زیست نیز شرایط مساعدی را ایجاد نمایند [۲].

تحقیقات بوشر و همکاران<sup>۱</sup> در مورد خاک اره و نیز سان و همکاران<sup>۲</sup> در مورد ساقه آفتابگردان نشان داد که قسمت اعظم این مواد در حذف ترکیبات فلزی از فاضلاب مؤثراند [۳ و ۴].

ونکوباچار و همکاران<sup>۳</sup> از پوسته نارگیل برای جذب سرب از محلول آبی استفاده کرده و مشاهده کردند که جذب سرب تابعی از pH، زمان ماند و غلظت اولیه محلول است [۵].

ورما و همکاران<sup>۴</sup> جذب یون‌های مس دو ظرفیتی را از محلولهای آبی توسط پوسته شلتوک مورد مطالعه قرار دادند [۶]. نتایج تحقیق مذکور، اثر افزایش pH و افزایش غلظت یون فلز را در افزایش جذب نشان داد و در pH برابر ۷/۲، حداکثر جذب به دست آمد.

ونگ و همکاران<sup>۵</sup>، جذب سرب از پساب صنعتی توسط خاکستر پوسته شلتوک را مورد بررسی قرار دادند [۷]. آنها نشان دادند که جذب سرب از پساب صنعتی با افزایش میزان و زمان ماند، افزایش می‌یابد.

تارلی و همکاران<sup>۶</sup>، از پوسته شلتوک اصلاح شده به عنوان یک جاذب طبیعی فلزات سنگین برای جذب کادمیم و سرب استفاده نمودند [۸]. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که پوسته شلتوک اصلاح شده توسط ۰/۷۵ مول در لیتر NaOH نسبت به پوسته شلتوک خام از ظرفیت جذب بیشتری برای هر دو فلز برخوردار است. همچنین مطالعات ایزوترم نشان داد که مدل لانگمیر نسبت به مدل فروندلیچ از مطابقت بیشتری برخوردار است.

شامحمدی حیدری و همکاران، از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط محلول سدیم بی‌کربنات برای جذب کادمیم از محلول آبی

<sup>1</sup> Bousher et al.

<sup>2</sup> Sun et al.

<sup>3</sup> Vankobachare et al

<sup>4</sup> Verma et al.

<sup>5</sup> Wong et al.

<sup>6</sup> Tarley et al.

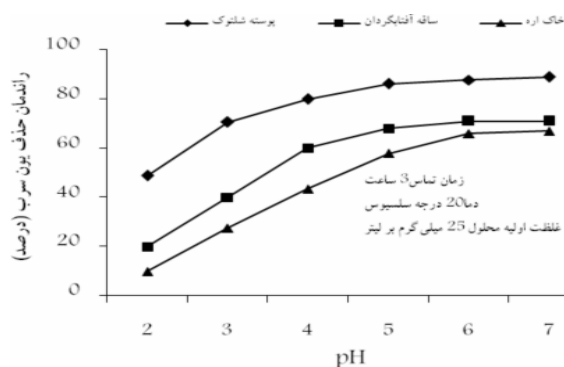
<sup>7</sup> Abdel-Ghni et al.

<sup>8</sup> Wattman

همچنین مدل‌های همدمای جذب لانگمیر<sup>۱</sup>، فروندلیچ<sup>۲</sup> و تمکین<sup>۳</sup> مورد بحث قرار گرفت.

### ۳-۱- اثر pH

pH محیطی که فرایند جذب در آن انجام می‌شود، تأثیر زیادی بر میزان جذب دارد [۱۱ و ۱۲]. شکل ۱ اثر pH محلول را بر مقدار جذب سرب نشان می‌دهد. با افزایش pH از ۲ به ۶، راندمان جذب برای هر سه جاذب افزایش می‌یابد. حداقل راندمان در pH برابر ۲ و حداکثر راندمان در pH برابر ۶ اتفاق می‌افتد. زیرا در pH های پایین‌تر یون‌های هیدروژن به‌عنوان رقیب کاتیون‌ها در جذب سطحی ظاهر می‌شوند [۱۱]. در pH برابر ۲ میزان یون  $H^+$  زیاد بوده و رقابت بیشتری برای جذب سطحی از خود نشان می‌دهد. راندمان جذب در پوسته شلتوک در تمام آزمایش‌ها بیشتر از راندمان جذب ساقه آفتابگردان و خاک اره است. دلیل آن را باید در وجود گروه‌های هیدروکسیلی سطحی، فسفات، سیلیکات و کربوکسیلات جستجو کرد [۹ و ۱۰]. شیب منحنی جذب در جاذب‌های ساقه آفتابگردان و خاک اره، از pH برابر ۲ تا pH برابر ۶ تقریباً یکسان است ولی در پوسته شلتوک از pH برابر ۲ تا pH برابر ۳ شدید بوده و از آن پس به یکباره شیب منحنی کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که در pH برابر ۶، اختلاف راندمان جذب در هر سه جاذب به حداقل می‌رسد. در هر صورت با افزایش مقدار pH، راندمان جذب، برای جاذب‌های مختلف افزایش یافته و همگرا می‌شود.



شکل ۱- تأثیر pH بر راندمان جذب یون دو ظرفیتی سرب توسط ساقه آفتاب گردان، پوسته شلتوک و خاک اره

### ۳-۲- مطالعات جذب سینتیک

شکل ۲ تغییرات مقدار جذب با زمان تماس را در pH برابر ۶ برای هر سه جاذب خاک اره، ساقه آفتابگردان و پوسته شلتوک نشان

و بلافاصله برای اندازه‌گیری مقدار سرب باقیمانده در محلول، آزمایش‌های جذب انجام شد. این کار برای دو جاذب دیگر نیز تکرار گردید.

### ۲-۲- آزمایش‌های جذب سینتیک

مقدار ۲ گرم از ساقه آفتابگردان در داخل محلول با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر فلز سرب ریخته و pH آن با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های قبلی، روی ۶ تنظیم گردید. محلولها بر روی شیکر با ۲۲۵ دور در دقیقه، برای مدت معین قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به‌ترتیب از روی شیکر برداشته شد و با استفاده از کیف شیشه‌ای و کاغذ صافی واتمن ۰/۴۵ میکرون، در قوطی‌های پلاستیکی که قبلاً کاملاً شسته شده بود، ریخته شد. با افزودن مقدار معینی اسید نیتریک، pH به حدود ۲ رسید و بلافاصله مقدار سرب باقی‌مانده در محلول اندازه‌گیری شد. این کار برای جاذب‌های پوسته شلتوک و خاک اره نیز تکرار شد.

### ۲-۳- آزمایش‌های راندمان جذب

در این سری از آزمایش‌ها، برای زمان ماند ۲ ساعت و pH برابر ۶، راندمان جذب برای هر سه جاذب، مورد مطالعه قرار گرفت. در مرحله اول، میزان جاذب ثابت و برابر ۲۰ گرم در لیتر در نظر گرفته شد و به ازای مقادیر مختلف غلظت اولیه سرب، راندمان جذب به‌دست آمد. در مرحله دوم برای محلول سرب با غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، راندمان جذب به ازای مقادیر مختلف جاذب اندازه‌گیری شد.

### ۲-۴- آزمایش‌های ایزوترم جذب

پس از شستشوی ظروف مورد نیاز با مایع ظرفشویی، آب فراوان و نهایتاً با آب بدون یون، آزمایش‌های ایزوترم جذب برای pH برابر ۶ و دمای ۲۰ درجه سلسیوس به‌صورت زیر انجام گرفت. هشت مقدار مختلف از ساقه آفتابگردان در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سرب به غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر ریخته شد و بر روی شیکر با سرعت ۲۲۵ دور در دقیقه قرار گرفت. پس از ۲ ساعت نمونه‌ها برداشته شدند. سپس نمونه‌ها، فیلتر شده و مقدار یون سرب آنها اندازه‌گیری گردید. این کار برای دو جاذب دیگر نیز تکرار شد.

### ۳- نتایج و بحث

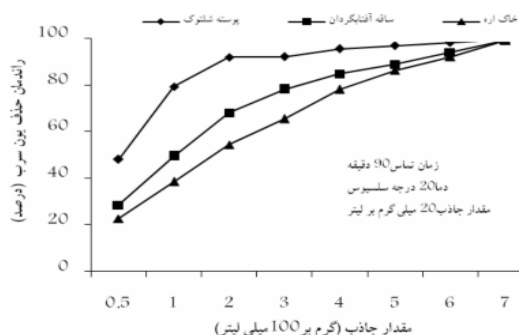
در این قسمت، پارامترهای مهم و مؤثر بر فرایند جذب سرب شامل pH، زمان ماند، غلظت اولیه محلول و مقدار جاذب بررسی شد.

1 Langmuir  
2 Freundlich  
3 Temkin

C و C<sub>f</sub> به ترتیب غلظت اولیه و غلظت تعادلی یون فلز در محلول برحسب میلی‌گرم در لیتر و E درصد راندمان جذب یون فلز است. بررسی شکل نشان می‌دهد که با کاهش غلظت اولیه محلول از ۸۰ به ۱ میلی‌گرم در لیتر، راندمان جذب برای جاذبهای خاک اره، ساقه آفتابگردان و پوسته شلتوک به ترتیب از ۱۱، ۸/۲ و ۱۷/۲ درصد، به ۹۸، ۹۶/۴ و ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد که هرچه غلظت محلول کمتر شود، راندمان جذب در هر سه جاذب به هم نزدیک می‌شود. همگرایی راندمان جذب در مورد افزایش غلظت نیز صادق است. با این تفاوت که در غلظتهای بالا، راندمان جذب به سمت صفر میل می‌کند در صورتی که در غلظتهای کم، به سمت جذب کامل میل می‌نماید [۱۱].

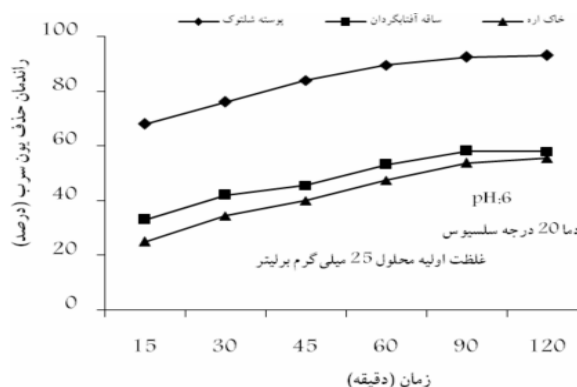
### ۳-۴- تأثیر مقدار جاذب بر راندمان جذب

شکل ۴ تأثیر جرم جاذب بر راندمان جذب یون سرب را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار جاذب از ۵ به ۷۰ میلی‌گرم در لیتر، راندمان جذب در هر سه جاذب افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد با افزایش جرم جاذب، سطح ویژه ازدیاد پیدا می‌کند و در نتیجه سهولت جذب بیشتر می‌شود. همچنین بررسی راندمان جذب نشان داد که ۴۰ گرم در لیتر جاذب پوسته شلتوک در شرایط بالا کافی است تا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر سرب را به‌طور کامل جذب نماید. در صورتی که حتی ۷۰ گرم در لیتر از جاذبهای ساقه آفتابگردان و خاک اره نیز نتوانست مقدار یون محلول فلز را به‌طور کامل جذب نماید. به عبارت دیگر ظرفیت جاذب پوسته شلتوک حدود دو برابر ظرفیت جاذبهای ساقه آفتابگردان و خاک اره بود. شکل ۴ نشان می‌دهد که حداقل اختلاف راندمان جذب بین جاذبهای به‌کار رفته به ترتیب در مقادیر ۷۰ و ۵ گرم در لیتر بود. بنابراین می‌توان گفت برای غلظت ثابت محلول سرب با افزایش مقدار جاذب، راندمان جذب پوسته شلتوک، ساقه آفتابگردان و خاک اره همگرا می‌شوند [۹].

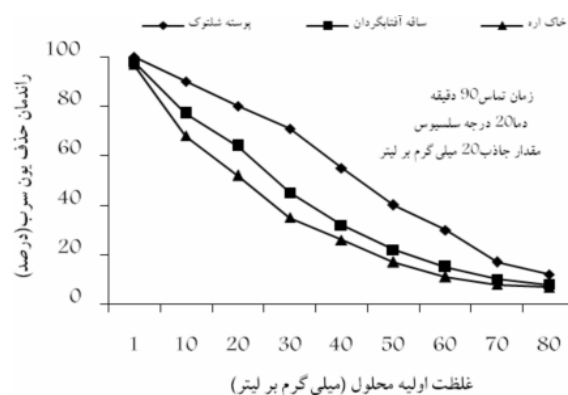


شکل ۴- تأثیر جرم جاذب بر راندمان جذب یون دو ظرفیتی سرب توسط ساقه آفتابگردان، پوسته شلتوک و خاک اره

می‌دهد. سرعت جذب در هر سه جاذب بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه بود ولی به تدریج سرعت جذب کاهش یافت تا سرانجام مقدار جذب در پوسته شلتوک پس از ۹۰ دقیقه و در دو جاذب دیگر پس از ۱۲۰ دقیقه به حالت تعادل رسید. راندمان جذب توسط پوسته شلتوک بین ۶۸ تا ۹۲/۹ درصد به ترتیب در زمان‌های ماند ۱۵ تا ۹۰ دقیقه متغیر بود. در حالی که در مدت ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه، تغییرات راندمان جذب در خاک اره و ساقه آفتابگردان، به ترتیب ۲۵ تا ۵۵ درصد و ۳۳ تا ۵۸ درصد بود.



شکل ۲- تأثیر زمان تماس بر راندمان جذب یون دو ظرفیتی سرب توسط ساقه آفتابگردان، پوسته شلتوک و خاک اره



شکل ۳- تأثیر غلظت ورودی محلول بر راندمان جذب یون دو ظرفیتی سرب توسط ساقه آفتابگردان، پوسته شلتوک و خاک اره

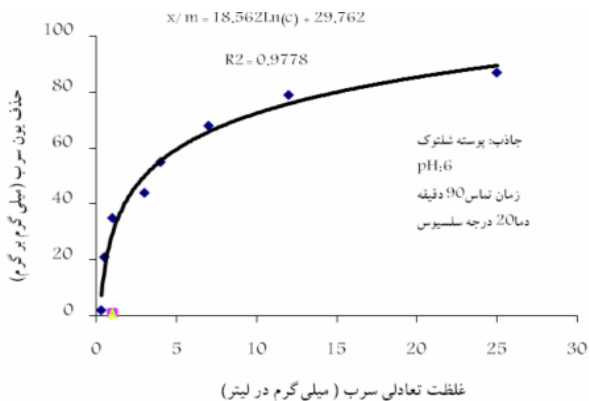
### ۳-۳- تأثیر غلظت اولیه بر راندمان جذب

شکل ۳ تغییرات راندمان جذب سرب توسط جاذب خاک اره، ساقه آفتابگردان و پوسته شلتوک را نشان می‌دهد. در این مطالعه راندمان جذب از رابطه ۱ محاسبه شده است.

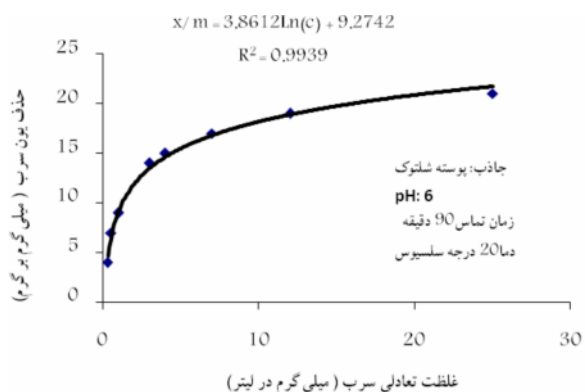
$$E = \left( \frac{C - C_f}{C} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در این رابطه

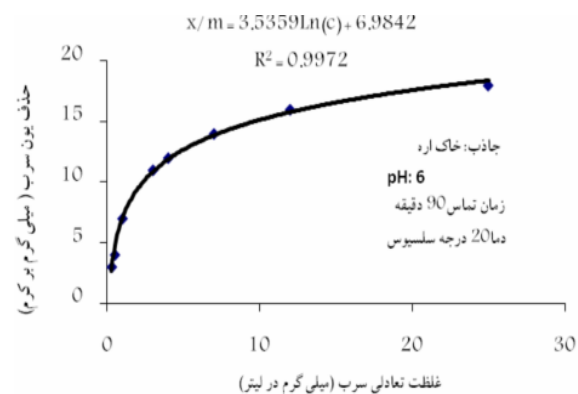
۳-۵- مطالعات ایزوترم



شکل ۵- مدل تمکین برای ایزوترم جذب سرب توسط پوسته شلتوک



شکل ۶- مدل تمکین برای ایزوترم جذب سرب توسط ساقه آفتابگردان



شکل ۷- مدل تمکین برای ایزوترم جذب سرب توسط خاک اره

۴- نتیجه گیری

- ۱- پوسته شلتوک می تواند به عنوان جاذب مناسب برای حذف سرب در محیط آبی استفاده گردد
- ۲- فرایند ایزوترم جذب سرب توسط پوسته شلتوک، از مدل تمکین پیروی می کند.

داده های حاصل از آزمایش های ایزوترم جذب با استفاده از روش همبستگی، تجزیه و تحلیل گردید. برای این کار، ابتدا مدل های ریاضی شامل مدل های توانی و لگاریتمی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۴ بر داده ها، برازش داده شد. سپس با استفاده از همبستگی غیر خطی و مدل های ایزوترم فروندلیچ و لانگمیر، پارامترهای مدل ها همراه با مشخصه های آماری آن به دست آمد. نتایج حاصل برای چهار مدل مورد بررسی، در سطح اعتماد ۹۵ درصد محاسبه شد. پس از بررسی مدل ها، با توجه به ضریب همبستگی، مدل لگاریتمی برای هر سه جاذب انتخاب گردید. جدول ۱ برازش مدل ها بر داده های آزمایش ایزوترم جذب را برای ساقه آفتابگردان، پوسته شلتوک و خاک اره نشان می دهد. اگرچه همه مدل های مورد مطالعه از ضریب تعیین خوبی برخوردار بودند ولی مدل لگاریتمی با ضریب تعیین ۰/۹۶۹، ۰/۹۷۶ و ۰/۹۹۲ به ترتیب برای پوسته شلتوک، ساقه آفتابگردان و خاک اره، از برازش بهتری برخوردار بود.

جدول ۱- برازش مدل های ریاضی و ایزوترم های جذب بر داده های آزمایش ایزوترم، برای جاذب های پوسته شلتوک، ساقه آفتابگردان و خاک اره

مدل های مورد استفاده	R <sup>2</sup>		
	ساقه آفتابگردان	پوسته شلتوک	خاک اره
لگاریتمی	۰/۹۷۶	۰/۹۶۹	۰/۹۹۲
توانی	۰/۸۲	۰/۹۳۳	۰/۸۸۷
لانگمیر	۰/۸۹	۰/۸۸۵	۰/۹۰۷
فروندلیچ	۰/۹۴۲	۰/۹۱۲	۰/۹۵۳

مدل لگاریتمی، در حقیقت همان مدل تمکین است [۱۰]. مدل تمکین به صورت رابطه ۲ معرفی گردید:

$$x/m = q_e = a + b \ln C \quad (2)$$

که در این رابطه

C غلظت ماده جذب شونده در حال تعادل در فاز مایع، q<sub>e</sub> مقدار یون ماده جذب شده در حالت تعادل در فاز جامد، a و b ضرایب مدل، x جرم ماده جذب شده بر روی جاذب بر حسب میلی گرم و m جرم ماده جاذب به کار رفته بر حسب گرم است.

مدل ایزوترم تمکین برای فرایند جذب سرب توسط جاذب های پوسته شلتوک، ساقه آفتابگردان و خاک اره به ترتیب در شکل های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است.

جذب در جاذبه‌های مختلف نیز کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر تفاوت بین جاذب قوی‌تر با جاذب ضعیف‌تر در غلظت‌های کم از بین می‌رود.

۳- راندمان حذف سرب توسط پوسته شلتوک، ساقه آفتابگردان و خاک اره با کاهش غلظت محلول، افزایش می‌یابد.  
۴- هرچه غلظت محلول سرب کاهش یابد، تفاوت بین راندمان

## ۵- مراجع

- 1- Inglezakis, V. J., Loizidou, M. D., and Grigoropoulou, H. P. (2002). "Equilibrium and kinetic ion exchange studies of  $Pb^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  and  $Cu^{2+}$  on natural clinoptilolite." *Water Res.*, 36, 2784-2792.
- 2- Kumar, U., and Bandyopadhyay, M. (2007). "Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk." *Biores. Technol.*, 97, 104-109.
- 3- Bousher, A., Shen, X., and Edyven, R.G.J. (1997). "Removal of colored organic mater by adsorption on to low- cost waste materials." *Water Resources*, 31(8), 2084- 2092.
- 4- Sun, G., and Xu, X.J. (1997). "Sun flower stalks as adsorption for color removal from textile wastewater." *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 36 (3), 808- 812.
- 6-Verma, N. (1994). "Bio scavenging Cu(II) ions from aqueous solution with rice bran." *Bioresource Tech*, 49, 277-278.
- 5- Vankobachar, C., and Bhattacharya, K. (1984). "Removal of Cadmium (II) by low cost adsorption." *J. Enviromental Engineering*, 110(1), 109-118.
- 7- Wong, K.K, Lee, C.K., Low, K.S and Haron, M. J. (2002). "Removal of Cu and Pb by tartaric acid modified rice husk from aqueous solution." *Chemospher*, 50, 23-28.
- 8- Tarley, C.R.T., Ferreira, S.L.G., and Arruda, M.A.Z. (2004). "Use of modified rice husks as a natural soild adsorption of Traka metals: Characterization and development of on-line preoconcentration system for cadmium and lead Determination by FASS." *J. of Microchemical*, 77, 163-75.
- 9- Shamohamadi Heidari, Z., and Moazed, H. (2008). "Convergence of adsorption efficiency of Cadmium by rice husk." *J. of Sciences, Shahid Chamran University*, 17, 126-136 (In Persian).
- 10- Abdel-Ghni, N. T., Hefni, M., and El-Chaghaby, G. A. F. (2007). "Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsoebents." *Int. J. Environ. Sci. and Tec.*, 4(1), 67-73.
- 11-Sprynskyy, M., Buszewski, B., Terzyk, A. P., and Jacek, N. (2006). "Study of the selection mechanism of heavy metal ( $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  and  $Cd^{2+}$ ) adsorption on clinoptiloite." *J. of Colloid Interface Sci.*, 304, 21-28.
- 12- Shamohommadi, Z., Moazed, H., Jaafarzade, N., and Haqhighat Jou, P. (2008). "Removal of low concentration of cadmimum from water using improved rice husk." *J. of Water and Wastewater*, 67, 27-33. (In Persian)