جذب سطحی نیکل از محلول‌های آبی توسط لیکا

سمیه بختیاری [۱]، حکیمه عباسلو [۱]
۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان

چکیده
در سال‌های اخیر به‌دلیل خطرات جدی فلزات سنگین بر سلامت انسان و اکوسیستم‌های طبیعی به آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین توجه ویژه‌ای مبذول شده است و به همین دلیل روش‌های متعددی به‌منظور حذف فلزات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. جذب سطحی بیش از سایر روش‌ها برای حذف فلزات سنگین به‌خصوص با استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت مورد توجه بوده است. در این مطالعه، توانایی جاذب لیکا در حذف نیکل از آب بررسی شد. مقدار جذب نیکل توسط لیکا از ۸/۰ تا ۷/۳ میلی‌گرم بر گرم در مقادیر اولیه نیکل (۱۰۰-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) متفاوت بود. حداکثر مقدار جذب نیکل ۹۲ درصد شد. داده‌های حاصل از جذب به‌خوبی با معادله لانگمویر و فروندلیچ برازش یافتند. بر اساس این نتایج، لیکا به‌عنوان یک جاذب در دسترس و ارزان قیمت جهت حذف نیکل پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، لیکا، نیکل.

مقدمه
فلزات سنگین یکی از آلاینده‌های پایدار غیر قابل تجزیه بیولوژیکی هستند که به‌وسیله فرایندهای طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی در محیط زیست رها شده، به‌طور خودبه خود و طبیعی تخریب پذیر نبوده و به شدت برای گیاهان، حیوانات و انسان‌ها سمی هستند. فلزات سنگین ممکن است به‌وسیله اجزاء تشکیل دهنده خاک، رسوبات و فاز جامد جذب و ذخیره شده، در محلول‌های آبی حل شده و یا به‌وسیله جانداران جذب و تجمع یابند و نهایتاً وارد زنجیره غذایی انسان شوند. بنابراین برای هر کدام از فلزات سنگین حدی تعیین شده که بالاتر از آن می‌تواند سمی وخطرناک باشد. امروزه سازمان‌هایی که حفاظت از محیط زیست را بر عهده دارند با وضع قوانینی از ورود بی رویه این عناصر به طرق مختلف به محیط زیست جلوگیری می‌کنند(Stratton, ۱۹۸۷).
روش‌های متعددی چون ترسیب، انعقاد، لخته‌سازی، سل‌های الکتروشیمیایی، تبادل یونی، استخراج با حلال، اسمز معکوس و جذب سطحی جهت حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی پیشنهاد شده‌اند (Elouear et al, ۲۰۰۸). ولی هریک از این فرایندها محدودیت هایی از نظر فنی و اقتصادی دارند.
جذب سطحی یکی از رایجترین روش‌هاست که جهت حذف فلزات سنگین با استفاده از جاذب‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر، توجه ویژه‌ای به استفاده از جاذب‌های ارزان قیمتی مانند کانی‌های رسی معطوف شده است و مطالعات مختلف قابلیت بالای این جاذب‌های طبیعی را در حذف عناصر سنگین از آب نشان داده‌اند. لیکا یک نوع رس منبسط شده است که در کوره‌های گردان و در حرارت حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، از انبساط نوع خاصی از خاک رس تولید می‌شود (Noori, ۲۰۱۴). بررسی مطالعات گذشته نشان‌دهنده قابلیت زیاد لیکا در حذف برخی از ترکیبات سمی از آب است (Amiri et al., ۲۰۱۱; Haque et al., ۲۰۰۸; Dordio et al., ۲۰۱۰). هدف از انجام این مطالعه، بررسی قابلیت لیکا در حذف فلز سنگین نیکل از محلول‌های آبی بود.

مواد و روش‌ها
از لیکا به عنوان جاذب، از نمک‌های $NiCl_2.2H_2O$ و $CaCl_2$ خریداری شده از شرکت مرک به ترتیب به‌عنوان ماده جذب شونده و الکترولیت استفاده گردید. جاذب مورد نظر به منظور یکنواختی در اندازه ذرات، پس از آسیاب شدن، از الک ۲۷۰ مش عبور داده شد. ۱/۰ گرم جاذب را توزین نموده و به فالکون انتقال داده و ۱۰ سی‌سی از هر غلظت جذب‌شونده نیکل به آن اضافه شد. پس از تهیه سوسپانسیون ۱ درصد از جاذب و جذب شونده (محلول ۰۱/۰ مولار $CaCl_2$ حاوی غلظت‌های ۱۰۰-۰ میلی‌گرم بر لیتر نیکل) به میزان سه تکرار برای هر غلظت، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد شیک گردیدند و پس از شیک، سانتریفیوژ و محلول رویی جهت اندازه‌گیری نیکل باقیمانده در محلول با استفاده از دستگاه اتمیک جمع‌آوری شد. مقدار کادمیوم جذب شده از تفاوت مقدار نیکل اولیه و نیکل باقیمانده در محلول محاسبه شد.
معادلات متعددی جهت بیان ریاضی رابطه بین مقدار جذب یک ترکیب به‌وسیله فاز جامد و غلظت آن در محلول در حالت تعادل مورد استفاده قرار میگیرد که معروف‌ترین آن‌ها معادلات لانگمویر و فروندلیچ میباشند.

معادله لانگمویر
معادله لانگمویر جهت جذب بر روی سطوح کاملاً یکنواخت همراه با قابلیت چشم‌پوشی از بر هم کنش بین مولکول‌های جذب شونده به کار میرود.

برای یک جذب شونده، معادله لانگمویر به صورت معادله ۱ است:

(۱)

$$\frac{x}{m}=\frac{v_m k c_e}{1+kc_e}$$

فرم خطی معادله لانگمویر نیز به شکل زیر میباشد:

(۲)

$$\frac{c_e}{x/m}=\frac{1}{kv_m}+\frac{c_e}{v_m}$$

که در آن:

C_e: غلظت جذب شونده در محلول تعادلی (mg/L)

x/m: مقدار ماده جذب شده به ازای واحد جرم جاذب (mg/g)

m: جرم جاذب (mg)

V_m: ظرفیت جذب

معادله فروندلیچ

معادله فروندلیچ، یک مدل تجربی است که جهت توصیف جذب در سیستم‌های محلول استفاده میشود. فرمول آن به صورت معادله ۳ است:

(۳)

$$\frac{X}{M}=K_f C_{e^{1/n}}$$

شکل خطی معادله فروندلیچ نیز به صورت زیر میباشد:

(۴)

$$\log\frac{x}{m}=\log k_f+\frac{1}{n}\log C_e$$

k_f: شاخص ظرفیت جذب

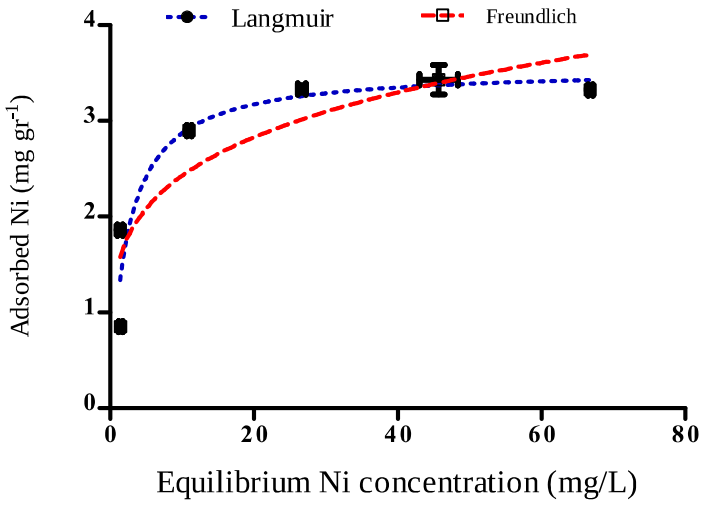
n/۱: شاخص شدت جذب

پارامترهای دیگر این ایزوترم در مدل لانگمویر توصیف شده‌اند.

با ترسیم log(x/m) در مقابل $\log C_e$ یک خط راست حاصل میشود که شیب و عرض از مبدأ آن به ترتیب برابر با n/۱ و k_f است.

نتایج و بحث

ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ برازش داده شده بر روی داده های حاصل از آزمایش‌های جذب در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار جذب نیکل با افزایش غلظت تعادلی افزایش پیدا کرده است.



شکل ۱ - ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ برازش داده شده بر جذب نیکل توسط لیکا

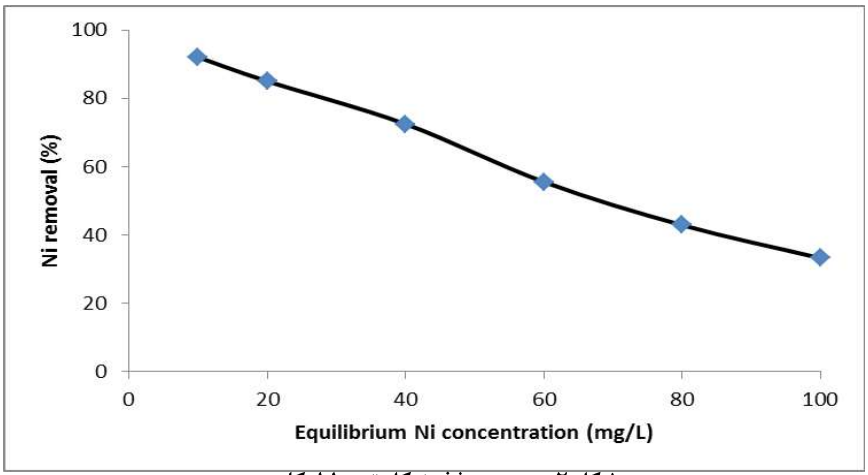
ضرایب حاصل از برازش مدل‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. هر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ برازش خوبی بر داده‌های حاصل از جذب نیکل داشتند. بهترین مدل جذب، مدل لانگمویر R^2= ۸۹/۰ می‌باشد. ضریب n مدل فروندلیچ که معیار شدت جذب

است کمتر از ۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده جذب غیر خطی بر روی سطوح غیر همگن می‌باشد که با افزایش پوشش سطح، انرژی جذب به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد. ثابت K_F معادله فروندلیچ نیز معیاری از قدرت جذب است. حداکثر مقدار جذب نیکل توسط این جاذب ۵۴/۳ میلی‌گرم بر گرم محاسبه گردید. محمدی و همکاران (۱۳۹۱)، حداکثر نیکل جذب شده توسط جاذب فعال را ۵۹/۴ گزارش نمودند.

جدول ۱ - ثابت‌ها و ضرایب تبیین برازش یافته از مدل‌های لانگمویر و فروندلیچ بر داده‌های حاصل از جذب نیکل بر روی لیکا

معادله	مقادیر +خطای استاندارد
لانگمویر	
$Q_{max}(mgr/gr)$	۱۳/۰+۵۴/۳
$K_L(gr/mgr)$	۰۸/۰±۴۲/۰
R^2	۸۹/۰
SEE	۳۴/۰
فروندلیچ	
K_F	۱۶/۰±۴۵/۱
N	۰۳/۰±۲۲/۰
R^2	۸/۰
SEE	۴۵/۰

با افزایش مقدار اولیه نیکل، جذب کاهش یافته است که این امر ناشی از اشباع شدن مکان‌های تبادلی جذب توسط جذب شوند با افزایش غلظت اولیه است.



شکل ۲- درصد حذف نیکل توسط لیکا

منابع

محمدی، م. و شامحمدی، ش. ۱۳۹۲. مقایسه جاذب‌های کربن فعال، خاک اره، پوسته فندق و پوسته بادام در حذف نیکل از محیط آبی. مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، صفحه‌های ۷۱ تا ۷۸.

Amiri H., Jaafarzadeh N., Ahmadi M., Mart´nez S.S., ۲۰۱۱. Application ofLECAmodified with Fenton in arsenite and arsenate removal as an adsorbent. Desalination ۲۷۲, ۲۱۲-۲۱۷.

Dordio A., Carvalho A.J.P., Teixeira D.M., Dias C.B., Pinto A.P., ۲۰۱۰. Removal of pharmaceuticals in microcosm constructed wetlands usingTyphaspp. and LECA. Bioresour. Technol. ۱۰۱ (۳): ۸۸۶-۸۹۲.

Elouear,Z.,Bouzid,J.,Boujelben,N.,Fe ki,M.,Montiel,A.۲۰۰۸, The use of exhausted olive cake ash (EOCA) as a low cost adsorbant for removal of toxic ions from aqueous solutions. Fuel, vol. ۸۷, pp.۲۵۸۲-۲۵۸۹

Haque N., Morrison G., Cano-Aguilera I., Gardea-Torresdey J.L., ۲۰۰۸. Iron-modified light expanded clay aggregates for the removal of arsenic (V) from groundwater. Microchem. J. ۸۸, ۷-۱۳.

Noori M., Kazemian H., Ghahramani E., Amrane A., Zarrabi M., ۲۰۱۴. Defluoridation of water via Light Weight Expanded Clay Aggregate (LECA): Adsorbent characterization, competing ions, chemical regeneration, equilibrium and kinetic modeling, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, ۴۵: ۱۸۲۱-۱۸۳۴.

Stratton G. W. ۱۹۸۷. The effect of pesticides and heavy metals towards phototrophic microorganisms. Pp. ۷۱-۱۴۷. *In*: Hodgson, E. (Ed.), Review in Environmental Toxicology. Vol. ۳. Elseview, New York.

Abstract

Environmental pollution with heavy metals has received substantial attention due to its serious threat to the human health and the natural ecosystems. For this purpose, several methods were investigated for removal of heavy metals. Adsorption has received much attention to remove metal ions, especially using low cost adsorbent. In this study, the ability of light expanded clay aggregate to remove Ni^{++} from polluted water was studied. The amount of adsorbed Ni (II) exposure to Leca increased from ۰.۸ to ۳.۷ mg/g in different levels of Nickle (۱۰-۱۰۰ mg/L). The maximum removal efficiency for Ni was ۹۲%. In this study, adsorption process of Nickle was fitted with Freundlich and langmuir adsorption isotherm. According to the results, Leca is recommended as a low cost and available adsorbent to remove Nickle from industrial wastewater.