محور مقاله: آلودگی خاک و آب و سلامت محصولات کشاورزی

ایزوترم‌های جذب روی و نیکل از محلول آبی به وسیله کربن نانوتیوب

هایده شاهون وند[۱]، شهریار مهدوی[۲]، محبوبه ضرابی[۳]، نادره امینی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

[۲] دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

[۳] استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

[۴] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

چکیده

هدف این مطاله حذف یون‌های روی و نیکل توسط ذره کربن نانوتیوب از محلول آبی بود. اثرات غلظت جاذب، pH، زمان و دما به منظور تعیین شرایط بهینه مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین میزان حذف یون نیکل در غلظت ۴ میلی‌گرم بر لیتر کربن نانوتیوپ برابر ۴۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر کربن نانوتیوپ برابر ۴۶/۴۹ میلی‌گرم بر گرم بود. بیشترین حذف نیکل با کربن نانوتیوب در pH ۸ معادل ۴۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم و در یون روی در همان pH برابر ۴۹/۴۵۲ میلی‌گرم بر گرم، نیکل در زمان ۲۰ دقیقه برابر ۳۷/۷۶ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در زمان ۲۰ دقیقه برابر ۴۲/۶۱ میلی‌گرم بر گرم و نیکل در دمای ۳۵ درجه برابر ۲۷/۷۳ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در دمای ۱۵ درجه برابر ۴۱/۶۷ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. ایزوترم جذب یون نیکل و روی با نانوکربن به معادله فروندلیچ با ضریب همبستگی به ترتیب برابر R^2=۰/۹۹، ۰/۹۸ R^2=بهترین برازش را داشت. بطوریکه در یون نیکل ضریب جذب (kf) و شدت برهم کنش بین جاذب و جذب شونده (n) به ترتیب برابر با ۰/۶۱۱و ۰/۴۴ و در یون روی نیز ضریب جذب (kf) و شدت برهم کنش بین جاذب و جذب شونده (n) به ترتیب برابر با ۱/۰۱۷ و ۰/۴۲ بودند. ظرفیت جذب پس از اعمال شرایط بهینه به ترتیب برای روی و نیکل ۵۴/۸ و ۱۸/۲ میلی‌گرم بر گرم بدست آمد که نشان دهنده راندمان جذب بیشتر روی توسط کربن نانوتیوپ بود.

کلمات کلیدی: حذف، روی، نیکل، محلول آبی، کربن نانوتیوب

مقدمه

یکی از آلاینده‌ها ی مهم، محیط زیست فلزات سنگین هستند. از جمله روش‌های ورود فلزات سنگین به آب‌های طبیعی انحلال سنگ‌ها، مواد معدنی و تخلیه فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی می‌باشد. تماس با فلزات سنگین می‌تواند سبب اختلالات عصبی، پیری سلولی، نارسایی کبدی و کلیوی و سرطانزایی شود (لوفبر و ادورس، ۲۰۱۰)[۱]. بر این اساس فلزات سنگین شامل کادمیم، مس، جیوه، سرب، نیکل و روی در لیست اولویت‌دار آلاینده‌های خطرناک می‌باشند (لوفبر و ادورس[۲] ۲۰۱۰). با توجه به اینکه مقادیر ناچیز این یون‌ها، با مواد آلی طبیعی تشکیل کمپلکس داده حتی مقادیر کم آن‌ها دارای اثرات سمی می‌باشد؛ بنابراین برای محافظت از انسان و محیط زیست حذف آن‌ها از آب آشامیدنی ضروری است (هاویم[۳]و همکاران، ۲۰۱۰). نانوتیوب کربن[۳] (CNTs) شکل خاصی از کربن است. خصوصیات بدیعی دارند کـه آن‌هـا را در کاربردهای نانوتکنولوژی مفید می-سازد. آن‌ها قدرت فوق العاده و خصوصیات الکتریکی منحصر به فردی دارند و هادی الکتریکی و گرمایی خوبی نیز هسـتند. ذرات نـانو دارای دو خصوصیت کلیدی هستند که آن‌ها را جاذب‌های ویـژه‌ای ساخته است: ۱- آن‌ها سطح وسیع‌تری نسبت به ذرات حجیم دارند ۲- ذرات نانو همچنین با گروه‌های شیمیایی مختلفی جهت افزایش ترکیب آن‌ها با ترکیبات هدف کار می‌کند (شاهی بندری، ۱۳۹۱). هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی راندمان حذف روی و نیکل از محلول آبی توسط کربن نانوتیوب و تعیین ظرفیت جذب برای این فلزات بود.

*ایمیل نویسنده مسئول: haidashahonvand@gmail.com

[2] Lefebvre and Edwards

[3] Haoym

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح کاربردی توسعه‌ای در آزمایشگاه شیمی خاک پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ملایر در سال ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش‌های انجام شده شامل چهار مرحله می‌باشند: بررسی اثر pH، بررسی اثر غلظت جاذب، بررسی اثر دما، بررسی اثر مدت زمان تماس و مطالعات ایزوترم جذب بودند و به عنوان پارامترهای متغیر مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل ۱- نمایی از آزمایشگاه و مراحل انجام کار

الف) بررسی اثر مقدار pH بر روی جذب

یکی از عوامل مهم در جذب فلزات سنگین pH می‌باشد. به همین منظور محلول استوک ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر از نمک‌های نیتراتی نیکل و روی در pH تنظیمی ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ تهیه شد. وزن نانوهای جاذب اکسید CNT، ۰/۰۲۵ گرم و حجم محلول ۲۵ سی‌سی، دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان تعادل ۲۴ ساعت اعمال گردید و سرعت سانتریفیوژ (شتاب ثقل) برابر با ۷۵۴/۶۵ g انجام شد و محلول رویی صاف شده میزان جذب فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی (*Contr AA 700*) اندازه‌گیری شد و pH بهینه جهت مطالعات ایزوترمی بدست آمد (تمامی مراحل آزمایش در سه تکرار انجام شد).

ب) بررسی اثر غلظت جاذب بر روی جذب

غلظت‌های مختلف جاذب برای کربن نانوتیوب ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم بر لیتر اعمال گردید و سایر شرایط از جمله میزان محلول جذب شونده ۲۵ سی‌سی، دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد، پهاش طبیعی محلول و مدت زمان آزمایش ۲۴ ساعت اعمال شد.

پ) بررسی اثر دما بر میزان جذب

تمامی شرایط مشابه قبل و در زمان تعادل ۲۴ ساعت نمونه‌ها در انکوباتور با دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

ج) بررسی اثر مدت زمان تماس

در این مرحله تمامی شرایط آزمایش مشابه قبل (۰/۰۲۵ گرم جاذب، ۲۵ سی‌سی محلول، دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و تنها مدت زمان تماس جاذب با محلول در سری زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۱۴۴۰ دقیقه اعمال گردید.

د) بررسی ایزوترم جذب

آزمایش‌های ایزوترم جذب فلزات سنگین در غلظت‌های مختلف شامل: غلظت محلول نیکل و روی شامل: ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و نسبت جاذب به محلول ۰/۰۲۵ گرم بر ۲۵ میلی‌لیتر، زمان تعادل ۲۴ ساعت، پهاش بهینه تنظیم و دمای آزمایش ۲۵ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردید.

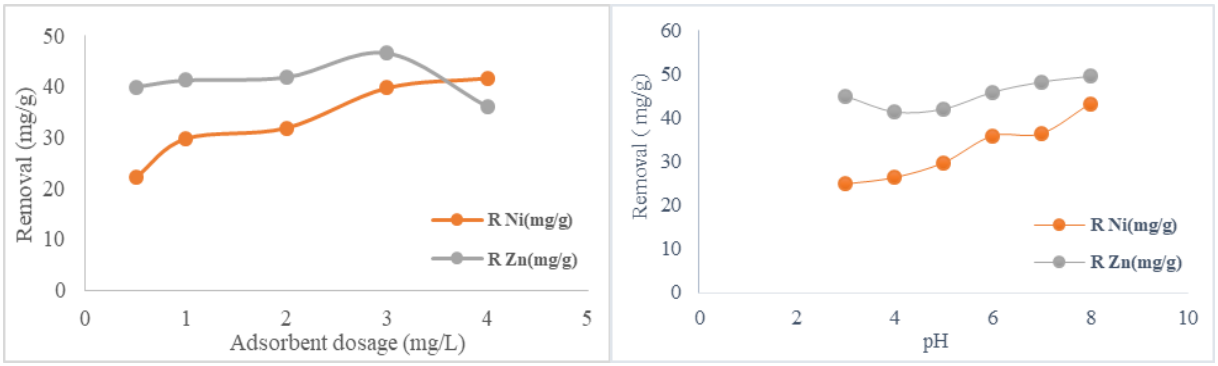
نتایج و بحث

الف) اثرpH

به منظور تعیین pH بهینه، طیف وسیعی از pH ۳ تا ۸ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در یون نیکل بالاترین میزان جذب pH توسط جاذب کربن نانوتیوب در پهاش ۸ برابر ۴۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم و در یون روی در پهاش ۸ برابر با ۴۹/۴۵ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. نمودار آن‌ها در شکل ۲ آمده است.

ب) اثر غلظت جاذب بر روی جذب

نتایج نشان داد که اثر غلظت جاذب در یون نیکل بالاترین میزان جذب غلظت توسط جاذب کربن نانوتیوب در غلظت ۴ میلی‌گرم بر لیتر برابر ۴۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم و در یون روی در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۴۶/۴۹ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. نمودار آن‌ها در شکل ۲ آمده است.



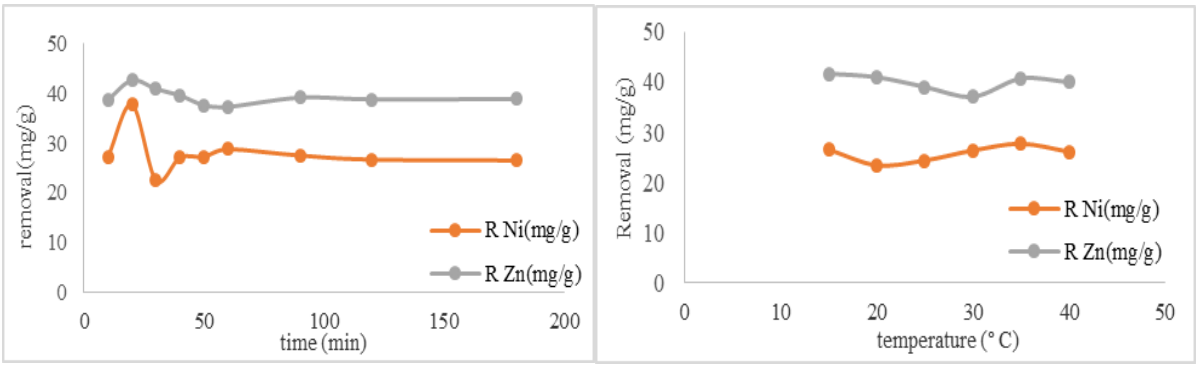
شکل۲- اثر pH و غلظت بر حذف نیکل و روی توسط جاذب کربن نانوتیوپ

پ) اثر دما بر میزان جذب

نتایج نشان داد بهینه‌های اثر دما در یون نیکل بالاترین میزان جذب دما توسط جاذب کربن نانوتیوب در دمای ۳۵ درجه برابر ۲۷/۷۳ میلی‌گرم بر گرم و در یون روی در دمای ۱۵ درجه برابر با ۴۱/۶۷ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. نمودار آن‌ها در شکل ۳ زیر آمده است.

ج) اثر مدت زمان تماس

نتایج نشان دادند که بهینه مدت زمان در یون نیکل بالاترین میزان جذب مدت زمان تماس توسط جاذب کربن نانوتیوب در زمان ۲۰ دقیقه برابر ۳۷/۷۶ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در زمان ۲۰ دقیقه برابر با ۴۲/۶۱ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. نمودار آن‌ها در شکل ۳ در زیر آمده است.



شکل ۳- اثر دما و زمان در حذف نیکل و روی با کربن نانوتیوپ

د) ایزوترم جذب

در این مرحله با اعمال شرایط بهینه (pH، دما، غلظت و زمان) ایزوترم‌های جذب انجام شد. زمان و پهاش محلول براساس زمان و پهاش بهینه تنظیم گردید و دمای آزمایش (همان دمای بهینه انتخابی از مرحله قبل) ۲۵ درجه سانتی گراد انتخاب گردید (شکل ۴). نتایج نشان داد ایزوترم جذب یون

نیکل و روی توسط جاذب- نانوکربن، به معادلات لانگ مویر و فروندلیچ برازش یافتند. در خصوص نیکل فقط معادله فروندلیچ قادر به توجیه فرآیند جذب بود که ثابت‌های آن در جدول ۱ ارایه شده است. با توجه به جدول۱ یون روی-جاذب نانوکربن، دو معاله خطی لانگمویر و فروندلیچ به دست آمد و با توجه به این معادلات، در معادله لانگمویر، سه پارامتر حداکثر جذب (Q_{max}) برابر با ۶۱/۳۴ میلی‌گرم بر گرم، میزان کمی قدرت پیوندهای مکان های جذب (k_l) برابر با ۸/۴۷ لیتر بر میلی‌گرم و ضریب همبستگی (R_2) برابر با ۰/۹۵ همچنین در معادله فروندلیچ پارامتر ضریب جذب (kf) برابر با۱/۰۱۷، شدت برهم کنش بین جاذب و جذب شونده (n) برابر با ۰/۴۲ و ضریب همبستگی (R_2) برابر با ۰/۹۸ درصد بودند.

جدول۱- یون روی- جاذب نانوکربن

معادله	R2	KL	g_{max}	k_f	n	حداکثرجذب از نقطه آخر ایزوترم
معادله لانگمویر	۰/۹۵	۸/۴۷	۶۱/۳۴	--------	--------	۵۴/۸۰
معادله فروندلیچ	۰/۹۸	--------	--------	۱/۰۱۷	۰/۴۲	۵۴/۸۰
معادله فروندلیچ	۰/۹۹	--------	--------	۰/۶۱۱۲	۰/۴۴۵۶	۱۸/۲۲

شکل۴- ایزوترم جذب یون روی و نیکل با جاذب نانوکربن

نتیجه گیری

در این پژوهش حذف یون‌های روی و نیکل از محلول آبی به وسیله کربن نانوتیوب شامل غلظت‌های؛ مختلف جاذب برای کربن نانوتیوب ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی‌گرم بر لیتر مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های انجام شده شامل چهار مرحله: بررسی اثر PH، بررسی اثر غلظت جاذب، بررسی اثر دما، بررسی اثر مدت زمان تماس به منظور تعیین شرایط بهینه بود. بیشترین میزان حذف یون نیکل در غلظت ۴ میلی‌گرم بر لیتر جاذب برابر ۴۱/۵۵ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر برابر با ۴۶/۴۹ میلی‌گرم بر گرم، جذب نیکل با نانوتیوب در پهاش ۸ برابر ۴۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در پهاش ۸ برابر با ۴۹/۴۵ میلی‌گرم بر گرم، جذب نیکل در زمان ۲۰ دقیقه برابر ۳۷/۷۶ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در زمان ۲۰ دقیقه برابر با ۴۲/۶۱ میلی‌گرم بر گرم و جذب نیکل در دمای ۳۵ درجه برابر ۲۷/۷۳ میلی‌گرم بر گرم و یون روی در دمای ۱۵ درجه برابر با ۴۱/۶۷ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. ایزوترم‌های فروندلیچ در فلزات روی و نیکل روند جذب را بهتر توجیه کرد. با توجه به ایزوترم‌های جذب ظرفیت جاذب مذکور به ترتیب برای روی و نیکل ۵۴/۸ و ۱۸/۲ میلی‌گرم بر گرم جاذب بدست آمد.

منابع

شاهی بندری، م.ح. ۱۳۹۱. کاربردهای نانوتکنولوژی در تصفیه آب‌های سطحی، زیرزمینی و پساب‌ها. فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۱، تابستان ۹۱.

Lefebvre, DD., Edwards, CD. 2010. Decontaminating heavy metals using photosynthetic microbes In: Shah V, editor.Emerging Environmental Technologies. Vol 2. New York.

HaoYM, Man C., Hu, ZB. (2010). Effective Removal of Cu (II) ions from aqueous solution by amino - functionalized magnetic nanoparticles.J Hazard Mater. 184 (1-4): 392-9.

Topic for submission: Soil and Water Pollution and Crop Health

Adsorption Isotherms of zinc and nickel by carbon nanotube in an aqueous solution

Shahonvand*[1], H., Mahdavi[2], S., Zarabi[3], M., Amini[4], N.

[1]M. Sc. Student of water Resources, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

[2] Associate Prof. of Soil Science, Soil Science Department t, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

[3] Assistant Prof. of soil science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

[4]Graduated M. Sc. Of Soil Science, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran

Abstract

The purpose of this study was the removal of zinc and nickel by carbon nanotube from aqueous solution. Effect of adsorbent concentration, PH, time and temperature for determine optimization condition investigated. Maximum nickel ion elimination in 4 mg/lit carbon nanotube equal to 41.55 mg/g and nickel in 3 mg/lit nanotube carbon equal to 46.49 mg/g. Maximum nickel ion removal by nanotube carbon in PH=8 was equal to 43.25 mg/g and in zinc ion in PH=8 equal to 49.452 mg/g. about time effect, in t=20 min maximum removal was equal to 37.76 mg/g and zinc ion in t=20 min was equal to 42.61 mg/g. in temperature effect, nickel removal in T=35° c equal to 27.73 mg/g and zinc ion in T=15° c equal to 41.67 mg/g. Adsorption isotherm correlation coefficients of nickel and zinc ion with carbon-nanotube in Freundlich model were R^2=0.9841 and R^2= 0.9944, respectively had the best fitness. Adsorption coefficient for nickel (kf) and interaction between adsorbate and adsorbent (n) were 0.611 and 0.44. For zinc ion the kf and n were 1.017, 0.42. The adsorption capacities after applying the optimal conditions, for zinc and nickel were 54.8, 18.2 mg/g, respectively which represented the more adsorption efficiency of zinc by carbon- nanotube carbon.

Keywords: removal, zinc, nickel, aqueous solution, carbon nanotube carbon.

*Corresponding author, Email: haidashahonvand@gmail.com