



جذب استرانسیم از محلول‌های آبی به‌وسیله‌ی پلی ۱- نفتول اصلاح شده با کبالت فروسیانید

حسین قاسمی مبتکر^۱، طاهر یوسفی^{۲*}، فائزه اردستانی^۲، رامین یآوری^۱، حمید رضا معظمی^۱، علی حقیقی اصل^۲

^۱. پژوهشکده‌ی چرخه سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران

^۲. دانشگاه سمنان، دانشکده مهندسی شیمی، سمنان، ایران

چکیده

در این کار، پلی ۱- نفتول به روش شیمیایی تهیه و با ترکیب کبالت فروسیانید اصلاح شد. محصول بدست آمده پس از مشخصه‌یابی با تکنیک‌های مختلف برای جذب یون‌های استرانسیم به روش ناپیوسته (پیمانه‌ای) در محیط آبی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از مشخصه‌یابی با طیف‌سنجی تبدیل فوری- زیرقرمز (FTIR) موفقیت‌آمیز بودن تشکیل پلی ۱- نفتول و اصلاح آن با کبالت فروسیانید را تأیید نمود. برای پلی ۱- نفتول اصلاح‌شده با کبالت فروسیانید، یک قله ی تیز با شدت بالا در 2085 cm^{-1} قابل مشاهده است، که این قله مشخصه‌ی پیوند $\text{C}\equiv\text{N}$ بوده و وجود کبالت هگزاسیانوفرات در پلیمر را تأیید می‌نماید. مقدار بیشینه جذب استرانسیم تحت شرایط بهینه حدود 100 میلی‌گرم یون استرانسیم بر گرم جاذب برآورد شد. بررسی اثر غلظت اولیه و دما بر میزان جذب بررسی شد. ظرفیت جذب جاذب با افزایش غلظت اولیه یون فلزی تارسیدن به یک مقدار ثابت به تدریج افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که فرایند جذب گرماگیر و خود بخود می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پلی ۱- نفتول، پلیمر اصلاح شده، استرانسیم، جذب، کبالت فروسیانید.

Abstract

In this work poly 1-naphtol was prepared through chemical method and modified with cobalt ferrocyanid particles. The sample was characterized with different techniques, and utilized for Sr(II) removal from aqueous solution in batch mode. The FTIR studies confirmed the successful synthesis and modification of poly 1-naphtol. The sharp peak in 2085 cm^{-1} for modified sample indicated the $\text{C}\equiv\text{N}$ band and presence of cobalt ferrocyanide in polymer. The maximum Sr(II) adsorption was 100 mg/g . The effects of initial concentration and temperature on adsorption capacity was studied. The results showed that removal capacity was increased with increasing of concentration and become constant finally. The results also showed the adsorption was endothermic spontaneous.

Keyword: poly 1-naphtol, modified polymer, strontium, adsorption, cobalt ferrocyanide

۱. مقدمه

$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و ۲۵۰ ml محلول فروسیانید ۰/۱ مولار از نمک $[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{K}_3$ تهیه شد.

آن گاه برای ساخت نانوکامپوزیت ابتدا مقدار معینی از محلول کبالت و هگزاسیانوفرات برداشته و با هم مخلوط شد، سپس از محلول آمونیوم پروکسی دی‌سولفات به آن اضافه شد و در انتها چند میلی لیتر از محلول ۱- نفتول برداشته و به صورت قطره قطره به محلول فوق در حال بهم زدن اضافه شد تا محلول بنفش رنگی بدست آمد. بعد از گذشت ۲ ساعت محلول موردنظر از کاغذ صافی عبور داده شد. پس از فیلتراسیون رسوب شست‌وشو و در مدت یک روز در دمای محیط خشک و مشخصه‌یابی شد.

۲.۲ بررسی جذب (۵)

آزمایش‌های جذب در دماهای مختلف کنترل شده در تکاننده با دمای کنترل شده، با مخلوط کردن مقدار دقیقی از جاذب (۵/۰ گرم) با محلول‌های یون استرانسیم با غلظت معین در بطری‌های پلی‌اتیلن انجام شد (۵) (حجم محلول ۲۰ CC). غلظت اولیه و نهایی یون فلزی در محلول‌ها از طریق طیف سنجی نشر اتمی- پلاسما جفت شده القایی OES-ICP اندازه‌گیری شد. مقدار جذب از رابطه ی زیر محاسبه شد.

$$q = \frac{V(C_i - C_f)}{m} = \frac{\text{مقدار میلی گرم ماده جذب شده}}{\text{مقدار گرم جاذب}}$$

که در آن q ظرفیت جذب جاذب (میلی گرم بر گرم)، V حجم محلول در تماس با جاذب (لیتر)، C_i و C_f (میلی گرم بر لیتر) به ترتیب غلظت اولیه و نهایی یون فلزی در محلول و m وزن جاذب (گرم) است.

۳. نتایج

۱.۳ طیف تبدیل فوریه- زیرقرمز FT-IR

طیف FTIR پلیمر اصلاح شده و اصلاح نشده در شکل ۱ نشان داده شده است. در این دو نمونه برای حلقه ی فوران، جذب مربوط به پیوند C-C در 1580 cm^{-1} و به علاوه دو جذب دیگر در 1070 cm^{-1} مشاهده می‌شود، که دارای یک قله در 1290 cm^{-1} برای ارتعاشات متقارن و یک قله در 1060 cm^{-1} برای ارتعاشات نامتقارن پیوند C-C می‌باشد. برای حلقه‌های

پایدارترین ایزوتوپ پرتوزای استرانسیم، استرانسیم -۹۰ با نیمه عمر ۲۸/۱ سال است که می‌تواند مشکلاتی برای سلامتی انسان ایجاد می‌کند (۱). استرانسیم شباهت زیادی به کلسیم دارد و می‌تواند در استخوان‌های بدن جایگزین این عنصر شود (۲). مقدار مجاز این ایزوتوپ در هر لیتر از آب آشامیدنی برابر با ۱۰ بکرل است و پرتو بتا از خود گسیل می‌کند. استرانسیم طبیعی در قالب چهار ایزوتوپ پایدار Sr-84 ، Sr-86 ، Sr-87 و Sr-88 که بی‌ضرر برای سلامتی انسان هستند وجود دارد. استرانسیم ۹۰ خطرناک‌ترین ایزوتوپ پرتوزای استرانسیم است، اغلب در مخازن پسماند های هسته‌ای و مراکز هسته‌ای پیدا شده است (۳). در حال حاضر مهم‌ترین کاربرد استرانسیم در شیشه‌های رنگی تلویزیون، حذف اکسیژن در لوله‌های الکترونی و هم چنین تولید آهنربا و تصفیه ی روی و سرب از محلول‌ها است. تنفس هوا یا گرد و غبار، خوردن غذا، آب آشامیدنی یا تماس با خاک آلوده به استرانسیم باعث ورود آن به بدن انسان می‌شود. جذب استرانسیم در بدن موجب کم‌خونی و کم بود اکسیژن می‌شود و به ماده ی ژنتیکی سلول‌ها آسیب‌زده و منجر به سرطان می‌شود (۲). روش‌های مختلفی برای حذف فلزات از پسماندهای آبی مانند رسوب گیری شیمیایی، گیاه پالایی، استخراج باحلال، اسمز معکوس، تقطیر، الکترودیالیز، تبخیر و جذب بکار گرفته شده است. از بین فرآیندهای پیش گفته برای حذف فلزات از محلول‌های آبی، فرایند جذب به دلیل عملکرد آسان، اقتصادی بودن، انعطاف‌پذیری و قابلیت بازیابی جاذب دارای برتری است (۴). بنابراین در کار حاضر از فرایند جذب با استفاده از جاذب کامپوزیتی پلی ۱-نفتول /کبالت فروسیانید برای جذب یون‌های استرانسیم از محیط های آبی استفاده شد.

۲. روش کار

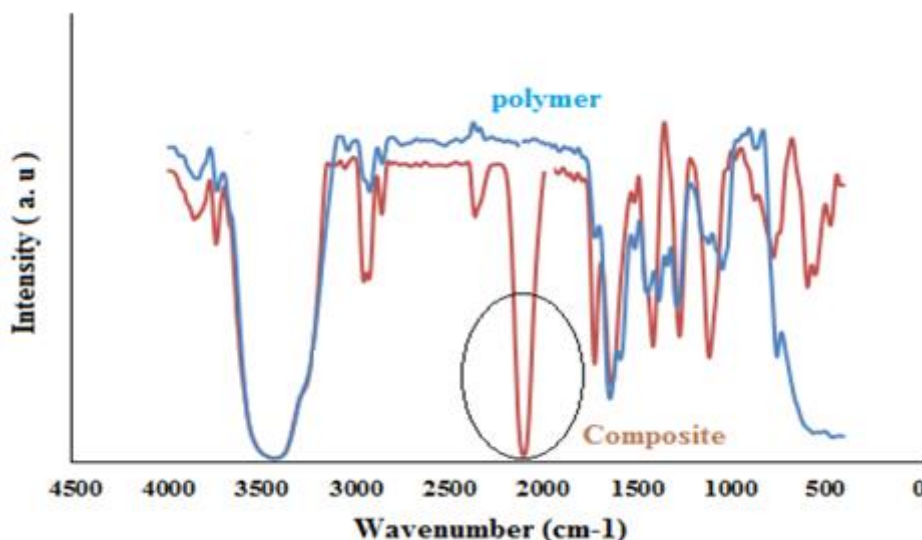
کلیه‌ی مواد شیمیایی استفاده شده در این پروژه ساخت شرکت مرک آلمان است.

۱.۲ سنتز نانوکامپوزیت پلی ۱-نفتول / کبالت هگزا سیانوفرات در محیط قلیایی

برای تهیه‌ی محلول ۰/۱ مولار ۱- نفتول، $1/4417$ گرم از مونومر ۱- نفتول با محلول پتاسیم هیدروکسید ۰/۱ مولار به حجم رسید. ۱۰۰ ml محلول ۰/۵ مولار آمونیوم پروکسی دی سولفات تهیه شد. ۲۵۰ ml محلول ۰/۱ مولار کبالت، از نمک

۱- نفتول اصلاح شده با کبالت فروسیانید، یک پیک تیز با شدت بالا در 2085 cm^{-1} قابل مشاهده است، که این پیک مشخصه پیوند $\text{C}\equiv\text{N}$ بوده و وجود کبالت هگزاسیانوفرات در پلیمر را تأیید می‌نماید.

نفتالین، جذب مربوط به پیوند C-C در 1630 cm^{-1} مشاهده می‌شود. علاوه بر این، حضور گروه نفتول در انتهای زنجیره‌ی پلیمر توسط پیوند گروه OH در $3600\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ و جذب در 1750 cm^{-1} برای گروه کیتون مشخص می‌شود. برای پلی



شکل ۱. طیف مادون قرمز پلی ۱- نفتول و پلی ۱- نفتول اصلاح شده با کبالت فروسیانید.

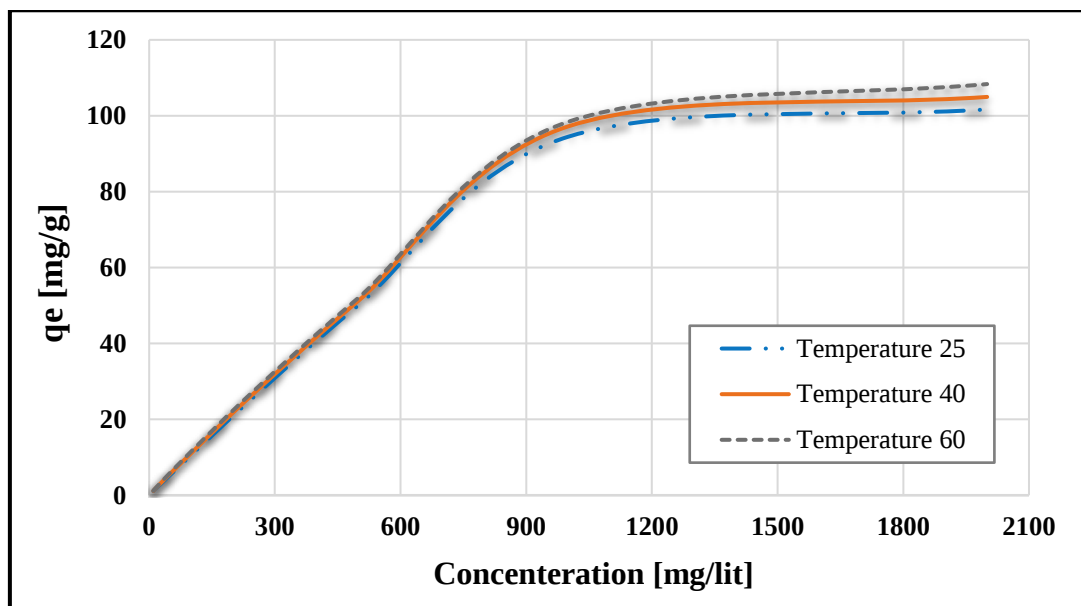
دسترسی بیش‌تر جاهای فعال جاذب جهت کی لیت شدن با یون‌های فلزی (برای تبادل یون با یون موردنظر) است و هم چنین ثابت شدن ظرفیت جذب، به دلیل اشباع شدن جایگاه‌های فعال جاذب می‌باشد.

هم چنین همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش دما میزان جذب استرانسیم افزایش یافته است. این افزایش میزان جذب یون فلزی با دما نشان‌دهنده گرماگیر بودن فرآیند جذب است. لازم به ذکر است مقدار بیشینه جذب حدود ۱۰۰ میلی گرم بر گرم جاذب برآورد شد.

۲.۳ جذب، اثر غلظت اولیه و دما

به منظور بررسی جذب و اثر غلظت اولیه ی یون فلزی بر میزان جذب، محلول استرانسیم با غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر با تنظیم دما در ۲۵، ۴۰ و ۶۰ درجه ی سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج این آزمایش‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.

همان طور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود، ظرفیت جذب جاذب با افزایش غلظت اولیه ی یون استرانسیم به تدریج افزایش یافته تا به مقدار ثابتی می‌رسد. افزایش ظرفیت جذب به دلیل



شکل ۲. اثر غلظت اولیه ی یون استرانسیم بر میزان جذب در دماهای مختلف.

۴. نتیجه‌گیری

پلیمر پلی ۱- نفتول به روش اکسایش شیمیایی تهیه و با کبالت فروسیانید به منظور تقویت جذب آن برای یون‌های استرانسیم اصلاح شد. حضور کبالت فروسیانید در پلیمر علاوه بر افزایش مقاومت آن باعث افزایش ظرفیت جذب نیز می‌شود. نمونه تهیه شده با طیف‌سنجی تبدیل فوریه-زیر قرمز (FTIR) مشخصه‌یابی شد که نتایج حاکی از موفقیت آمیز بودن تشکیل پلیمر و اصلاح آن با کبالت فروسیانید بود. جذب استرانسیم روی کامپوزیت تهیه شده به روش پیمانه‌ای در غلظت اولیه و دمای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جاذب تهیه شده دارای ظرفیت جذب حدود ۱۰۰ میلی‌گرم یون استرانسیم بر گرم جاذب است. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش دما میزان جذب یون استرانسیم افزایش می‌یابد، که این، نشان دهنده گرماگیر بودن فرآیند جذب است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئولین پژوهشکده مواد و سوخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران که امکانات انجام این تحقیق را فراهم آورده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

1. Luo, X., Zhang, G., Wang, X., & Gu, P. (2013). Research on a pellet co-precipitation micro-filtration process for the treatment of liquid waste containing strontium. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 298(2), 931–939.
2. Murthy, Z. V. P., & Parmar, S. (2011). Removal of strontium by electrocoagulation using stainless steel and aluminum electrodes. *Desalination*, 282, 63–67.
3. Kasimtseva, N. V. (2010). Removal of arsenic and strontium from aqueous solution using ironoxide coated zeolitized tuff.
4. Guerra, D. L., & Airoidi, C. (2009). Adsorption of Thorium(IV) on Chemically Modified Amazon Clays, 20(6), 1164–1174.
5. Ivan, M., Tetiana, T., Hanna, V., Mu, N., Igo, M., Adsorption of Sr(II) cations onto phosphated mesoporous titanium dioxide: Mechanism, isotherm and kinetics studies, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 7, Issue 6, December 2019, 103430.