

جذب انتخابی La(III) و Ce(III) از محلول ساختگی حاوی یونهای فلزی با استفاده از رزین Amberlite XAD-4 آغشته به سیانکس ۳۰۲

حنیف رفعتی^۱؛ محمد نوع پرست^۲؛ علیرضا خانچی^۳

۱- دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران؛ h_rafati61@yahoo.com

۲- دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران

۳- سازمان انرژی اتمی ایران

(دریافت ۱۲ دی ۱۳۸۵، پذیرش ۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۶)

چکیده

جذب لانتانیم (III) و سرییم (III) به همراه برخی از یونهای فلزی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. سیانکس ۳۰۲ [بیس ۴و۴-تری متیل پنتیل] مونو تیو فسفینیک اسید) به عنوان فاز ثابت و رزین پلیمری استایرن دی وینیل بنزن Amberlite XAD-4 به عنوان ماده پایه در مطالعات کروماتوگرافی استخراجی لانتانیدها و یونهای فلزی استفاده شد. در این بررسی مقدار سیانکس آغشته شده بر روی رزین معادل ۴۰/۸۸٪ بدست آمد. اثر پارامترهای مختلف مانند زمان، غلظت اسید، دما و pH فاز آبی ارزیابی و شرایط مطلوب جذب بررسی شد. همچنین منحنی‌های جذب یونهای مختلفی مانند Fe(III) ، Al(III) و Mn(II) به عنوان تابعی از اسیدیته محلول توسط آزمایش‌های غیرپیوسته (Batch) و با استفاده از Cyanex 302/XAD-4 مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که pH فاز آبی محلول تأثیر بسیار مهمی در جذب لانتانیدها و یونهای دیگر دارد. رزین رفتار جذب مناسبی برای استخراج لانتانیدها از خود نشان داد، بطوریکه میزان جذب برای لانتانیم و سرییم به ترتیب ۹۷ و ۷۰ درصد بدست آمد.

کلمات کلیدی

کروماتوگرافی استخراجی، رزین‌های آغشته شده به حلال، لانتانیدها، La(III) ، Ce(III) ، رزین Amberlite XAD-4، سیانکس ۳۰۲.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر تغلیظ و جداسازی عناصر خاکی نادر^۱ با افزایش تقاضا برای این عناصر و ترکیب‌های آنها اهمیت دو چندانی یافته است. از آنجاکه مصارف این عناصر در بسیاری موارد منحصر به فرد است و همچنین با توجه به محدودیت ذخایر قابل استخراج، قیمت این عناصر نیز رو به افزایش بوده و اهمیت استخراج و جداسازی این عناصر ارزشمند بیش از هر زمان دیگری نمود پیدا کرده است. جدول ۱ قیمت اکسید برخی از این عناصر در سال ۲۰۰۴ را نشان می‌دهد [۱].

جدول ۱: قیمت اکسید عناصر خاکی نادر به همراه درصد خلوص آنها در سال ۲۰۰۴ [۱].

محصول (اکسید)	خلوص (%)	قیمت (\$/Kg)
سریم	۹۶/۰۰	۱۹/۲
سریم	۹۹/۵۰	۳۱/۵
اربیوم	۹۶/۰۰	۱۵۵
اروبیوم	۹۹/۹۹	۹۹۰
گادولیم	۹۹/۹۹	۱۳۰
هولمیم	۹۹/۹۰	۴۴۰
لانتانیم	۹۹/۹۹	۲۳
لوتیم	۹۹/۹۹	۳۵۰۰
نئودیمیم	۹۵/۰۰	۲۸/۵
ساماریوم	۹۹/۹۰	۳۶۰
ساماریوم	۹۹/۹۹	۴۳۵
اسکاندیم	۹۹/۹۹	۶۰۰۰
ایتربیوم	۹۹/۰۰	۳۴۰
ایتربیوم	۹۹/۹۹	۸۸

از مهمترین کاربردهای این عناصر می‌توان به ساخت کاتالیست‌های پتروشیمی، صنایع آهن و فولاد، صنایع هسته‌ای، ساخت داروهای ضد سرطان در پزشکی، تصفیه و پالایش نفت خام و تولید ابرمغناطیس‌ها و ابررساناها اشاره کرد.

استخراج و جداسازی لانتانیدها از یکدیگر به علت شباهت بسیار زیاد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به عنوان یکی از مشکل‌ترین عملیات به شمار می‌رود. جذب انتخابی^۲ یکی از روشهایی است، که به منظور بدست آوردن سیستم جدایش با کارایی انتخاب پذیری بالا توسعه یافته است [۲]. کروماتوگرافی استخراجی^۳ یک روش ساده و مؤثر برای استخراج و جداسازی مقدماتی بسیاری از یون‌های فلزی است. در واقع کروماتوگرافی استخراجی (EXC)، نوع خاصی از کروماتوگرافی مایع-مایع است که از به هم پیوستن انتخاب‌پذیری استخراج با حلال و

ویژگی فرآیند چندمرحله‌ای کروماتوگرافی با سادگی اداره کردن رزین‌های تبادل یونی تشکیل شده است [۳]. مواد کروماتوگرافی استخراجی معمولاً توسط آغشته‌سازی فیزیکی یک بنیان خنثی با یک استخراج کننده رقیق شده تهیه می‌شوند. این نوع سیستم ترکیبی از خصوصیات تبادل یونی با استخراج مایع-مایع است، که منجر به توسعه رزین‌های آغشته شده به حلال^۴ (SIR) شده است. از جمله مشکلات روش استخراج حلالی^۵ که به طور وسیعی در مقیاس صنعتی به منظور بازیابی بسیاری یونهای فلزی در مقادیر بیشتر از کیلوگرم مناسب است؛ تولید مقادیر زیادی از باطله ثانویه و به تولید حجم زیادی از شستشوگرهای تحریک‌پذیر^۶ می‌باشد؛ بویژه هنگامی که مقادیر یونهای فلزی در مقیاس گرم یا میلی‌گرم باشد.

آغشته‌سازی یک استخراج کننده آلی بر روی یک ماده پایه پلیمری مزایای بیشتری نسبت به استخراج معمولی دارد. به عنوان مثال (i) رزین‌های آغشته شده بین تکنولوژی‌های تبادل یونی و استخراج با حلال با مهیا کردن خصوصیات انتخاب پذیری استخراج کننده‌ها با سادگی عملیات تجهیزات تبادل یونی جامد مانند بستر ثابت ستون و بسترهای مایع ارتباط برقرار می‌کند. (ii) سادگی فاز جداکننده ناشی از حذف مشکلات امولسیون پایدار؛ (iii) سادگی آماده‌سازی SIR و (iv) انتخاب وسیع مواد شیمیایی با انتخاب‌پذیری مطلوب [۲].

یک SIR "ایده آل" باید دارای خصوصیات زیر باشد: (i) روان پذیری خوب استخراج کننده در فاز رزین و تحرک مناسب فلز بین فاز آبی و فاز رزین؛ (ii) دارا بودن ظرفیت محدود کننده بالا؛ (iii) عامل انتخاب‌پذیری یون بسیار بالا و (iv) دارا بودن پایداری فیزیکی و شیمیایی مناسب و اتلاف کم استخراج کننده. رزین‌های با تخلخل بالا^۷ که دارای یک ساختار محکم سه بعدی می‌باشند، به دلیل داشتن سطح مخصوص بالا مناسب‌ترین حالت برای یکپارچه کردن مقادیر زیادی استخراج کننده می‌باشند. پایداری مکانیکی بالا و تورم نسبتاً پائین حلال در حین فرآیند آغشته‌سازی از دیگر موارد آنها می‌باشد. رزین‌های Amberlite XAD بیشترین انتخاب و بیشترین استفاده تجاری را دارند [۴].

انواع مختلف استخراج کننده‌های اسیدی ارگانوفسفر مانند Cyanex272, D2EHPA, Cyanex301 و Cyanex302 به طور گسترده‌ای برای تغلیظ و جداسازی عناصر خاکی نادر مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۵, ۶, ۷]. مطالعات نشان داده است که سیانکس ۳۰۲ برای استخراج و جداسازی عناصر نادر مزایای بسیاری دارد، شامل ترکیب پایدار، میزان pK_a بالاتر از دیگر

جدول ۲: خصوصیات رزین استفاده شده Amberlite XAD-4 [۴].

متوسط قطر روزنه (nm)	سطح مخصوص (m ² /gr)	حجم خلل و فرج (cm ³ /gr)	تخلخل (cm ³ /cm ³)	ساختار شیمیایی رزین پلیمری
۵	۷۸۰	۰/۹۷۴	۰/۵۱۳	استایرن دی وینیل بنزن، آروماتیک (هیدروفوبیک) XAD-4

پودر اکسید لانتانیم (La₂O₃) و نیترات سریم (Ce(NO₃)₃.6H₂O) با خلوص ۹۹/۹٪ از شرکت Merck تهیه شد و برای تهیه محلول‌های ۱۰۰۰ ppm از هرکدام مورد استفاده قرار گرفت. همچنین پودر برخی از فلزات مانند سولفات آهن، آلومینیم و منگنز برای تهیه محلول‌های مورد نیاز از شرکت Merck تهیه شد.

۲-۲- لوازم و دستگاه‌ها

شیکر^{۱۳} حمام آب با حداکثر قدرت ۳۰۰ rpm و تنظیم‌کننده دما برای آزمایش‌های آغشته‌سازی و همچنین آزمایش‌های تعادلی استفاده شد. pH متر مدل pH-Meter 765 Calimatic برای اندازه‌گیری pH محلول استفاده شد. همچنین دستگاه آنالیز عنصری نشری ICP-AES محصول شرکت Varian مدل AX Turbo ۱۵۰ برای تعیین دقیق مقادیر لانتانیدها و یونهای فلزی موجود در نمونه‌ها به کار رفت.

۲-۳- فرآیند آغشته‌سازی^{۱۴}

رزین‌های کروماتوگرافی استخراجی، با آغشته‌کردن سیانکس ۳۰۲ بر روی رزین تمیز Amberlite XAD-4 تهیه شدند. در فرآیند آغشته‌سازی، از سیانکس ۳۰۲ به عنوان استخراج‌کننده و از اتانول به عنوان حلال استفاده شد. در ابتدا، آغشته‌سازی برای یک گرم از رزین خشک و تمیز Amberlite XAD-4 انجام داده شد؛ بدین صورت که یک گرم از رزین فوق را درون ۵ میلی‌لیتر از محلول اتانول حاوی سیانکس ۳۰۲ (با نسبت حجمی 1:1 = $\frac{\text{Cyanex 302}}{\text{ethanol}}$) قرار داده و آن را به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر حمام آب با دمای ۳۰±۰/۱°C و دور ۱۰۰ rpm قرار داده شد. سپس دانه‌های پلیمری توسط کاغذ صافی فیلتر شد و با آب مقطر خیلی خالص چندین بار شسته شد و در دمای ۵۰°C داخل oven به مدت ۲۴ ساعت

استخراج‌کننده‌های فسفری در مقابل تجزیه و واپاشی یا هیدرولیز، توانایی استخراج قوی‌تر از سیانکس ۲۷۲، انتخاب‌پذیری بهتر از سیانکس ۳۰۱، میزان حل شونده‌گی بسیار پائین در آب (۳ mg/L) و مخصوصاً دارا بودن فاکتور جداسازی بالا برای عناصر نادر سنگین ($\beta_{\text{Gd-Lu}} = 3.44$) [۸].

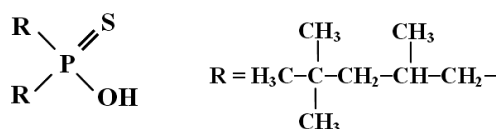
جیا^۸ و همکاران [۹] استخراج Tm³⁺ توسط سیانکس ۳۰۲ از محلول اسید کلریدریک با رزین‌های استخراجی را مورد بررسی قرار داده‌اند. مودولا^{۱۰} [۱۰] و هیل^{۱۱} [۱۱] نیز به بررسی جداسازی Am و Eu با استفاده از سیانکس ۳۰۱ و دیگر حلالها مانند TBP و TOPO به کمک روش استخراج با حلال پرداخته‌اند. جذب یونهای فلزی با استفاده از رزین‌های محتوی اسیدهای ارگانوفسفر توسط بسیاری گزارش شده است. به عنوان مثال کابای^{۱۱} و همکاران [۱۲] با استفاده از رزین‌های پلیمری Amberlite XAD-2, XAD-4, XAD-7, XAD-8 محتوی سیانکس ۳۰۲، به استخراج Cu(II) و Cd(II) از محلول اسید فسفریک پرداخته‌اند. در جایی دیگر، یانگ^{۱۲} و همکاران [۱۳] با استفاده از آغشته‌کردن D2EHPA بر روی Amberlite XAD-2، جداسازی روی و مس از محلول سولفوریکی را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

در این مقاله SIR با آغشته‌کردن سیانکس ۳۰۲ بر روی رزین پلی استایرن Amberlite XAD-4 به منظور جذب برخی لانتانیدها (III) مورد ارزیابی قرار گرفته است. آزمایشات به صورت غیرپیوسته (batch) برای جذب La(III) و Ce(III)، Al(III)، Fe(III) و Mn(II) انجام و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۲- آزمایش‌های تجربی

۲-۱- معرف‌ها و مواد شیمیایی

استخراج‌کننده سیانکس ۳۰۲ bis[2,4,4-(trimethylpentyl)monothiophosphinic acid از شرکت Cytec کانادا تهیه شد و بدون خالص‌سازی بیشتر مورد استفاده قرار گرفت. ساختار شیمیایی سیانکس ۳۰۲ مطابق گسترده زیر است.



رزین Amberlite XAD-4 با اندازه ۲۰-۵۰ مش (ASTM) از شرکت Fluka تهیه شد. خصوصیات فیزیکی این رزین پلیمری در جدول ۲ آورده شده است.

$$K_d = \frac{\mu\text{gr of element} / \text{gr of resin}}{\mu\text{gr of element} / \text{ml of solution}} = \left[\frac{C_0 - C}{C} \right] \times \frac{V}{M}$$

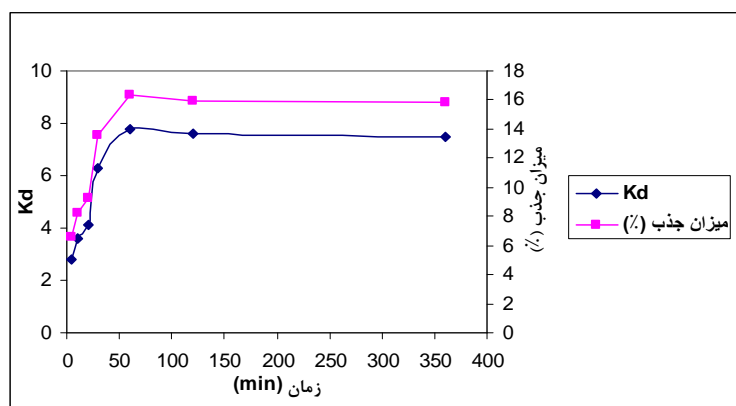
در این رابطه، C_0 و C به ترتیب غلظت اولیه و تعادلی یون‌های موجود در فاز آبی، V حجم فاز آبی (ml) و M وزن رزین خشک بکاررفته (gr) می‌باشد. برای تعیین K_d آزمایش‌های تعادلی به طرق مشابهی صورت گرفت. مقدار ضریب توزیع K_d در واقع مشخص کننده قدرت رزین در جذب یون‌ها می‌باشد. بدین ترتیب که K_d بزرگتر نشان‌دهنده جذب بیشتر می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین مقادیر ضریب توزیع بر حسب تغییرات زمان در حالت عادی

به منظور بررسی تأثیر زمان بر روی جذب La(III) و Ce(III) ، آزمایش‌های ناپیوسته مطابق روش توضیح داده شده با $0/5$ گرم از رزین کروماتوگرافی $\text{Cyanex 302} / \text{XAD} - 4$ انجام شد. نتایج این بررسی در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

همان‌گونه که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان، ضریب توزیع و میزان جذب افزایش یافته و این افزایش معمولاً بعد از زمان یک ساعت ثابت می‌شود. پس می‌توان زمان یک ساعت را برای در تماس بودن دو فاز کافی دانست. از دیگر نکات مهمی که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، کمی میزان جذب در این شرایط می‌باشد؛ به طوریکه حداکثر جذب برای La(III) $0/16$ ، و Ce(III) $0/21$ درصد بدست آمد.



شکل ۱: تغییرات مقادیر ضریب توزیع و میزان جذب La(III) بر حسب زمان در دمای 25°C

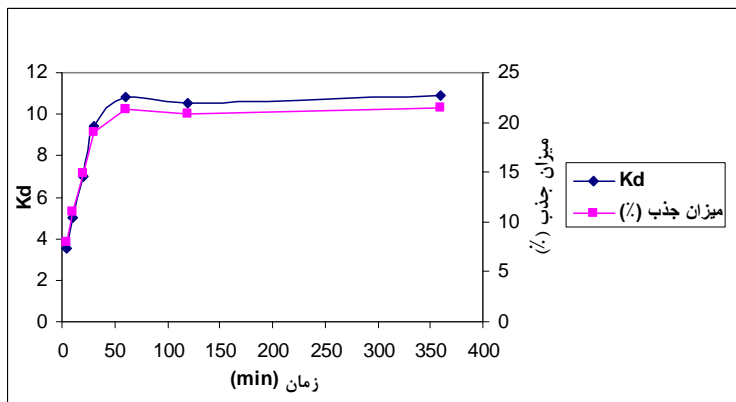
خشک شد. پس از آن رزین‌های آغشته شده را روی کاغذ صافی ریخته و زیر نور مشاهده شد که رزین شُره نمی‌کرد و توانایی نگهداری کامل سیانکس را بر روی خود دارد. بنابراین نتیجه گرفته شد که عامل کمپلکس کننده سیانکس 302 کافی بوده و نسبت حجمی $1:1 = \frac{\text{Cyanex 302}}{\text{ethanol}}$ مطلوب به نظر می‌رسد.

پس از آنکه نسبت حجمی سیانکس به اتانول تأیید شد، 60 گرم از رزین Amberlite XAD-4 تمیز را درون 150 میلی‌لیتر سیانکس 302 و 150 میلی‌لیتر اتانول قرار داده و مانند روش فوق عمل شد.

پس از خشک شدن رزین‌ها، آنها را وزن کرده تا با استفاده از اختلاف وزن آنها قبل و بعد از تعادل درصد وزنی استخراج کننده باردار شده بر روی رزین محاسبه شود. وزن رزین بعد از آغشته‌سازی $117/03$ گرم بود که میزان سیانکس جذب شده بر روی آن تقریباً $40/88$ (w/w) بدست آمد.

۲-۴- مطالعات ضریب توزیع

جذب لانتانیدها (III) از محلول با در تماس قرار دادن 20 ml از محلول 5 ppm از آنها با $0/5$ گرم رزین کروماتوگرافی تهیه شده داخل شیکر حمام آب و در دمای 25°C مورد بررسی قرار گرفت. بعد از جداسازی فازها توسط کاغذ صافی، غلظت یونهای مورد نظر در فاز آبی توسط ICP-AES تعیین شد. میزان لانتانید جذب شده بر روی رزین از اختلاف غلظت محلولها بدست آمد. ضریب توزیع K_d یون‌های جذب شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۳]:



شکل ۲: تغییرات مقادیر ضریب توزیع و میزان جذب Ce(III) بر حسب زمان در دمای ۲۵°C

استخراج با حلال که فرآیند استخراج به کمک استخراج کننده و با تشکیل کمپلکس انجام می‌شود نقش چندانی ندارد.

۳-۴- اثر تغییرات pH در مقادیر ضرایب توزیع

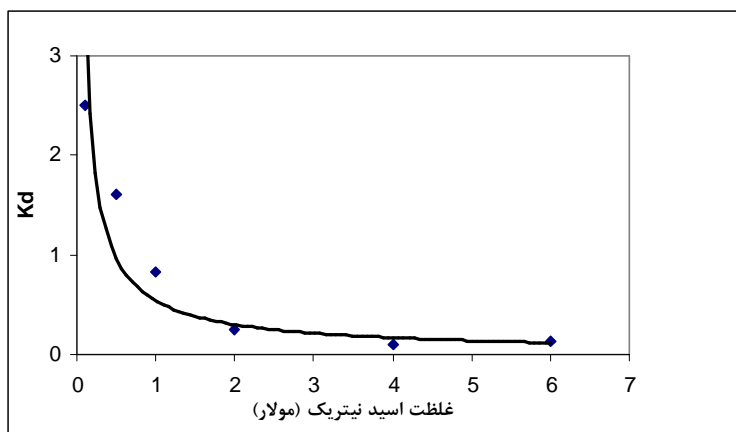
pH فاز آبی نقش بسیار مهمی بر روی فعالیت سیانکس ۳۰۲ دارد. دانگی و یانگ نشان داده‌اند که افزایش pH فاز آبی باعث کاهش کشش سطحی و افزایش کارایی سطحی و فصل مشترک مولکولی در سیانکس می‌شود؛ به طوریکه یونیزاسیون گروه‌ها در یک لایه نازک (غشاء) سطح اسیدی در pH بالا رخ داده و منجر به کاهش شدید انسجام (همچسبیدگی) جانبی بین مولکول‌های سطحی می‌شود، و این کاهش موجب کشش سطحی می‌شود [۸]. همچنین با افزایش pH فاز آبی، حل شونده سیانکس ۳۰۲ در فاز آبی افزایش می‌یابد، که موجب افزایش در کارایی فصل مشترک می‌شود.

۳-۲- تعیین مقادیر ضریب توزیع در مولاریته‌های مختلف اسید

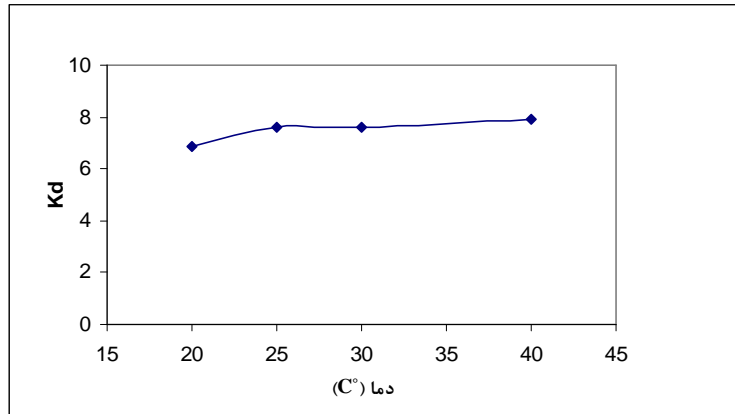
به منظور بررسی تأثیر غلظت اسید در جذب لانتانیم، و بررسی نقش محیط اسیدی در میزان فعالیت سیانکس ۳۰۲، آزمایش‌ها در محلول‌های ۰/۱، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۶ مولار اسید نیتریک انجام شد. نتایج این آزمایش در شکل ۳ آورده شده است. همانگونه که در شکل کاملاً واضح است با افزایش میزان غلظت اسید، مقدار K_d و میزان جذب به شدت پائین می‌آیند. پس می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استخراج کننده سیانکس ۳۰۲ در غلظت‌های اسیدی بالا توانایی جذب لانتانیم را نداشته و می‌توان از اسید به عنوان یک شوینده مناسب برای بازیابی لانتانیدها از سیانکس استفاده کرد.

۳-۳- اثر تغییرات دما در مقادیر ضرایب توزیع

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش دما روند معنی‌دار و اختلاف چندانی در میزان K_d و جذب لانتانیم وجود ندارد. به طور کلی، دما در اکثر فرآیندهای مشابه



شکل ۳: تغییرات مقادیر ضریب توزیع La(III) در غلظت‌های مختلف اسید و در دمای ۲۵°C



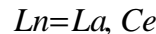
شکل ۴: تغییرات مقادیر ضریب توزیع La(III) بر حسب دما

با افزایش غلظت بیشتر از ۱۰ ppm به شدت کاهش می‌یابد که این را می‌توان ناشی از اشباع‌شدگی رزین دانست. از روی این آزمایش‌ها می‌توان به مقدار رزین لازم برای جذب یونهای مورد نظر پی برد.

۳-۶- تأثیر pH بر روی میزان جذب یونهای فلزی Al(III)، Fe(III) و Mn(II) و مقایسه با لانتانیدها

به دلیل آنکه در بیشتر محلول‌های حاصل از لیچینگ اسیدی لانتانیدها، یون‌های دیگری نیز وجود دارد که معمولاً در استخراج لانتانیدها مزاحمت ایجاد می‌کنند، به بررسی برخی از آنها پرداخته شد. یونهای Fe(III)، Al(III) و Mn(II) به عنوان یکی از فراوان‌ترین یونهای همراه با لانتانیدها شناخته شدند. از آنجائیکه pH فاز آبی بیشترین تأثیر را در استخراج لانتانیدها به کمک سیانکس ۳۰۲ داشت، این یونها نیز در این شرایط و در محیط بافر استات مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۷ میزان جذب یونهای فلزی و لانتانیدها را نشان می‌دهد.

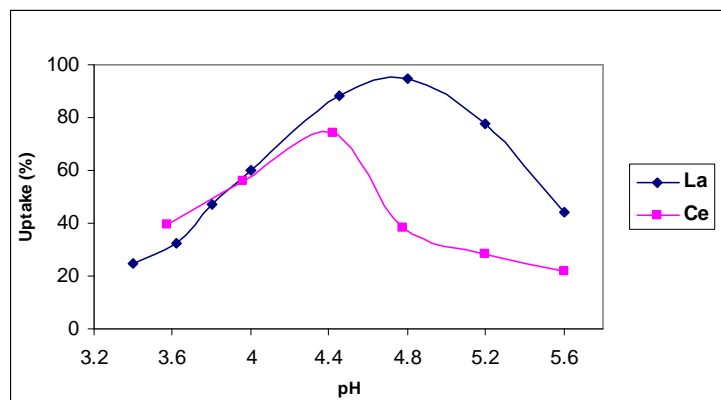
از آنجائیکه سیانکس ۳۰۲، یک استخراج‌کننده کاتیونی از نوع ارگانوفسفر اسیدی می‌باشد، فرآیند استخراج توسط آن شدیداً تحت تأثیر pH فاز آبی است. زیرا یون‌های H^+ در این فرآیند شرکت می‌کنند. فرآیند استخراج لانتانیدهای سه ظرفیتی (Ln^{3+}) توسط سیانکس به صورت زیر بیان می‌شود:



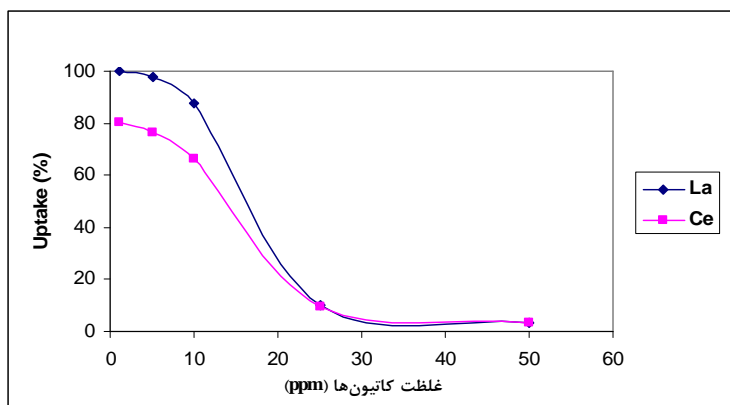
با کاهش غلظت یون هیدروژن (یعنی با افزایش pH)، تعادل واکنش از چپ به راست تغییر نموده و لذا استخراج انجام می‌شود. پس مهمترین عامل در فرآیند استخراج توسط سیانکس ۳۰۲ را می‌توان pH محلول دانست که باعث افزایش واکنش‌پذیری و تشکیل کمپلکس با یون مربوط می‌شود.

۳-۵- بررسی تغییرات غلظت بر روی مقادیر ضرایب توزیع

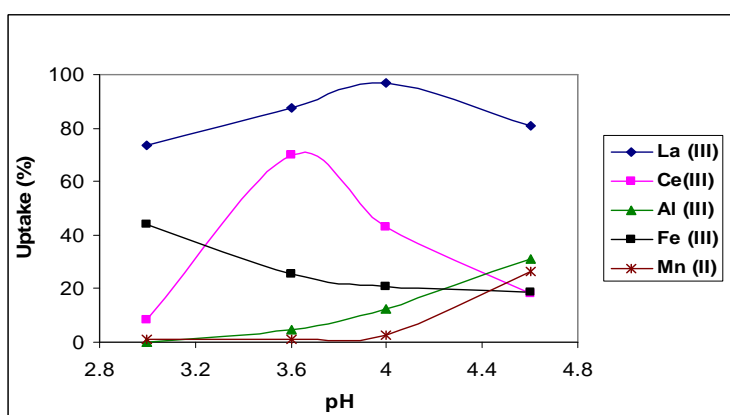
شکل ۶ میزان جذب لانتانیدها در ۰/۵ گرم رزین کروماتوگرافی را بر حسب تغییرات غلظت مورد بررسی قرار می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، میزان جذب لانتانیدها



شکل ۵: تغییرات درصد جذب La(III) و Ce(III) بر حسب تغییرات pH



شکل ۶: تغییرات درصد جذب La(III) و Ce(III) بر حسب تغییرات غلظت



شکل ۷: تغییرات درصد جذب La(III)، Ce(III)، Al(III)، Fe(III) و Mn(II) بر حسب تغییرات pH در محلول بافر استات

۲- زمان یک ساعت برای تماس دو فاز کافی به نظر می‌رسد.

۳- افزایش غلظت اسید، جذب لانتانیدها از محیط را به شدت کاهش داده و تقریباً به صفر می‌رساند.

۴- عامل دما، تأثیر چندانی بر جذب لانتانیدها ندارد.

۵- مهمترین عامل در جذب لانتانیدها توسط سیانکس ۳۰۲، pH فاز آبی می‌باشد. زیرا با افزایش pH، سیانکس H^+ آزاد کرده و با لانتانیدها واکنش می‌دهد. pH بهینه برای بازیابی لانتانیدها حوالی ۳/۶ می‌باشد. در این شرایط، میزان بازیابی لانتانیم ۹۷ و سریم ۷۰ درصد بدست آمد.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری و مساعدت اعضای محترم آزمایشگاه‌های تحقیقاتی جابر بن حیان سازمان انرژی اتمی ایران به ویژه آقایان دکتر سید جواد احمدی، دیلمی و یآوری و اعضای گروه آنالیز آقایان دکتر اشتری و بهزاد تشکر و قدردانی می‌شود.

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، سیانکس ۳۰۲ جذب بسیار پایینی نسبت به یونهای فلزی $Fe(III)$ ، $Al(III)$ و $Mn(II)$ از خود نشان داده است. البته آلومینیم و منگنز با افزایش pH جذب بیشتری از خود نشان دادند که در حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد می‌باشد و آهن نیز با افزایش pH میزان جذب کمتری پیدا می‌کند. در اینجا pH بهینه برای بازیابی لانتانیدها را می‌توان حوالی ۳/۶ دانست؛ زیرا جذب لانتانیدها در این حوالی حداکثر و جذب عناصر مزاحم حداقل است و در این شرایط می‌توان با استفاده از سیانکس ۳۰۲ به استخراج و جداسازی لانتانیدها از عناصر مزاحم فوق پرداخت.

۴- نتیجه‌گیری

۱- آزمایش‌های انجام شده و نتایج حاصل از آن نشان می‌دهد که سیانکس ۳۰۲ یک استخراج کننده ارگانوفسفر انتخاب‌پذیر و مناسب برای استخراج و جداسازی لانتانیدها می‌باشد و به کمک آن می‌توان لانتانیم و سریم را از محلول حاوی آهن، آلومینیم و منگنز بازیابی کرد.

۶- مراجع

- [1] Hedrick, J.B.; 2004, *Rare Earths, U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*, Vol. 1, pp. 60.1 – 60.16.
- [2] Saha, B., Gill, R.J, Bailey, D.G., Kabay, N., Adra, M.; 2004; “*Sorption of Cr(VI) from Aqueous by Amberlite XAD-7 Resin Impregnated With Aliquat 336*”, *Reactive & Functional Polymers*, Vol. 60, p. 223.
- [3] Dietz, M.L., Horwitz, E.P., Bond, A.H.; 1999; “*Extraction Chromatography: Progress and Opportunities*”, American Chemical Society, Chapter 16.
- [4] Juang, R.S.; 1999; “*Preparation, Properties and Sorption Behavior of Impregnated Resins Containing Acidic Organophosphorus Extractants*”, *Proc. Natl. Sci. Coun. ROC (A)*, Vol. 23, No 3, p 353.
- [5] Hasan, Z.M., Yoshitaka, M.; 1997; *Talanta*. Vol. 44, p 365.
- [6] Saleh, M.I., Bari, M.F., Saad, B.; 2002; “*Solvent Extraction of Lanthanum (III) from Acidic Nitrate-Acetato Medium by Cyanex 272 in Toluene*”, *Hydrometallurgy*, Vol. 63, p. 75.
- [7] Chen, J., Veltkamp, A.C., Booij, A.S.; 2002; *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Vol. 253, p. 31.
- [8] Dongbei, W., Ying, X., Deqian, L., Shulan, M.; 2005; “*Interfacial behavior of Cyanex 302 and Kinetics of Lanthanum Extraction*”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 290, p. 235.
- [9] Jia, Q., Wang, Z.H., Li, D.Q., Niu, C.J.; 2004; “*Adsorption of Heavy Rare Earth(III) With Extraction Resin Containing Bis(2,4,4-trimethyl pentyl) mono thiophosphinic Acid*”, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol.374, p. 434.
- [10] Modolo, G., Odoj, R.; 1998; “*The Separation of Trivalent Actinides from Lanthanides by Dithiophosphinic Acides from HNO₃ Acid Medium*”, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 271-273, p. 248.
- [11] Hill, C., Madic, C., Baron, P., Ozawa, M., Tanak, Y.; 1998; “*Trivalent Minor Actinides/Lanthanides Separation, Using Organophosphinic Acids*”, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 271-273, p. 159.
- [12] Kabay, N., Mustafa, D., Ekinci, H.; 1998; “*Extraction of Cd(II) and Cu(II) from Phosphoric Acid Solution by Solvent-Impregnated Resin (SIR) Containing Cyanex 302*”, *Reactive & Functional Polymers*, Vol. 38, p. 219.
- [13] Juang, R.S., Su, J.Y.; 1992; “*Separation of Zinc and Copper from Aqueous Sulfate Solution Using Bis(2-ethylhexyl)phosphoric Acid-Impregnated Macroporous Resin*”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 31, p. 2779.
- [14] Ansari, S.A., Pathak, P.N., Husain, M.; 2006; “*Extraction Chromatographic of Metal Using N, N, N', N'-tetraoctyl Diglycolamide as the Stationary Phase*”, *Talanta*, Vol. 68, p 1273.

آخر نویسی

-
- ¹ Rare Earth Elements
² Selective Adsorption
³ Extraction Chromatography
⁴ Solvent Impregnated Resin
⁵ Solvent Extraction
⁶ Inflammable
⁷ Macroporous
⁸ Jia
⁹ Modola
¹⁰ Hill
¹¹ Kabay
¹² Jang
¹³ Shaker
¹⁴ Impregnation Process