

## بررسی کارایی ستون حاوی پلی اکریلونیتریل پوشش داده شده با نانو ذرات اکسید آهن در حذف نیترات

مهسا جهانگیری راد<sup>۱</sup>، رامین نبی زاده<sup>۲</sup>، جعفر نوری<sup>۳\*</sup>، مسعود یونسیان<sup>۲</sup>، فرامرز معطر<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** نیترات از جمله آنیون‌های موجود در آب است که به لحاظ بهداشت عمومی دارای اهمیت زیادی است. فعالیت‌های مختلف انسانی در کنار منابع طبیعی ناشی از انحلال کانی‌های حاوی این نمک در ورود آن به منابع آبی نقش بسزایی دارد. هدف این تحقیق بررسی کارایی حذف نیترات از محیط آبی توسط ستون حاوی پلی اکریلونیتریل پوشش داده شده با نانو ذرات اکسید آهن است. روش بررسی: پلی اکریلونیتریل عامل‌دار شده و پوشش داده شده با نانوذرات آهن سنتز گردید و بعنوان ماده جاذب درون ستونی شیشه‌ای ریخته شد. مخزن محلول نیترات در قسمت بالایی ستون تعبیه گردید. محلول نیترات ( $100 \text{ mg/L}$ ) از داخل مخزن توسط میکروست در دبی‌های ۲، ۵ و  $7 \text{ mg/L}$  وارد ستون شد و کارایی حذف مورد بررسی قرار گرفت. میزان جذب همچنین در حضور میزان متفاوت جاذب (ارتفاع‌های مختلف) ۱۵، ۲۰ و  $30 \text{ cm}$  مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که داده‌ها از فرمول توماس پیروی نموده و بر طبق آن نمودار نقطه شکست نیز ترسیم گردید. همچنین نتایج نشان داد ستون در دبی‌های پایین موثرتر عمل کرده است. هرچه میزان جریان افزایش یافته زمان نقطه شکست کم شده است. در ارتفاع‌های پایین‌تر از ستون بدلیل زمان کم جهت تماس نیترات با جاذب، نقطه شکست از ۹ به ۴ h کاهش یافت هنگامی که دبی ورودی از ۲ به  $7 \text{ mL/min}$  افزایش یافت. نتیجه‌گیری: ستون حاوی جاذب در حذف نیترات موثر عمل کرد. در ارتفاعات بیشتری از ستون حذف بالاتر بود. داده‌ها از فرمول توماس تبعیت کردند. داده‌های حاصل از ستون جذب با رگرسیون لجستیک هماهنگی بالایی نشان دادند.

**واژگان کلیدی:** پلی اکریلونیتریل، نانوذرات اکسید آهن، ستون جاذب، نیترات

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

۲- استاد دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۳- (نویسنده مسئول): استاد گروه محیط زیست و انرژی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

nourijafar@gmail.com

## مقدمه

نیترا ت یکی از آنتی‌بیوتیک‌های معدنی است که در نتیجه اکسیداسیون نیتروژن عنصری حاصل می‌شود. این ماده یکی از عناصر ضروری جهت سنتز پروتئین در گیاهان است و نقش مهمی را در چرخه نیتروژن ایفا می‌کند. فاضلاب‌های شهری، صنعتی، مواد دفعی حیوانی و گیاهی در شهرهای بزرگ که حاوی نیتروژن آلی هستند به خاک دفع می‌گردند (۱). در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک نیتروژن آلی به آمونیم و در پی فرآیندهای دیگر به نیتريت و سپس نیترا ت تبدیل می‌شود لایه سطحی خاک نیز قادر به حفظ و نگهداری این دو ترکیب نبوده و در نتیجه نیترا ت و نیتريت به آب‌های زیرزمینی وارد می‌گردند (۲). بنابراین چاه‌های آب شرب از سوی منابع متمرکزی همچون سیستم‌های دفع فاضلاب خانگی و فضولات حیوانات و منابع غیر متمرکزی همچون پارک‌ها و چمنزارها به صورت طبیعی دچار آلودگی می‌گردند (۳). خطر اولیه آب شرب آلوده به نیترا ت هنگامی آشکار می‌گردد که باکتری‌های موجود نیترا ت را به نیتريت تبدیل کنند. نیتريت آهن موجود در سلول را اکسید کرده و به متهموگلوبین تبدیل می‌نماید که مانع از انتقال اکسیژن هموگلوبین می‌شود (۳). این عمل باعث ایجاد شرایطی در بدن می‌گردد که به متهموگلوبینما معروف است. آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) استاندارد  $10 \text{ mg/L}$  (برحسب نیتروژن) نیترا ت را به عنوان حداکثر سطح آلودگی منابع آب شرب به این آلاینده در نظر می‌گیرد. بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی (WHO) حداکثر میزان مجاز نیترا ت در آب  $50 \text{ mg/L}$  (برحسب نیترا ت) بیان گردیده است (۴).

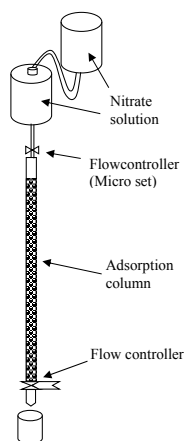
همچنین مجموع نسبت غلظت نیترا ت به مقدار توصیه شده و نسبت غلظت نیترا ت به میزان توصیه شده نباید از یک بیشتر باشد (۵). علاوه بر بیماری متهموگلوبینما که در اثر وجود نیترا ت و نیتريت در آب آشامیدنی ایجاد می‌گردد می‌توان یکی دیگر از اثرات آن که در پی احیاء نیترا ت به نیتريت و ترکیب آن به سایر ملکول‌ها همچون آمین‌های نوع دوم و آمیدها و در نهایت تشکیل نیتروز آمین اشاره نمود که این ترکیب به عنوان

سرطانزای احتمالی شناخته شده است. نیترا ت دارای حلالیت زیادی در آب و بدون بو و مزه است و به سختی قابل حذف است (۵).

در مبحث تصفیه آب، فرایند جذب بدلیل راحتی استفاده در بهره‌برداری و سادگی طراحی تاسیسات بعنوان یک فرایند مناسب در نظر گرفته می‌شود. همچنین این فرایند می‌تواند بسیاری از آلاینده‌های آلی و معدنی را حذف یا کاهش داده و بنابراین جهت کنترل آلاینده‌ها در طیف وسیعی استفاده شده است (۶). فرایند جذب در حذف انواع مختلفی از آنیون‌های معدنی مانند فلوراید (۷)، نیترا ت (۸)، برومات (۹) و پرکلرات (۱۰) از آب بسیار موثر بوده است. لازم به ذکر است که انتخاب ماده مناسب جهت حذف آلاینده‌های خاص برای دستیابی به شرایط بهینه حذف بسیار مهم است. طیف وسیعی از مواد متداول و غیر متداول جهت حذف نیترا ت از آب با استفاده از فرایند جذب استفاده شده است. از جمله این گونه جاذب‌ها می‌توان به جاذب‌های با پایه کربنی، جاذب‌های رسی، جاذب‌های با پایه هیدروکسی آپاتیت، جاذب‌های با پایه ژئولیت، جاذب‌های با پایه کیتوزان و نیز استفاده از زئولیت کشاورزی و صنعتی بعنوان جاذب اشاره نمود (۷-۱۰).

یکی از موادی که به عنوان پایه‌ای جهت پوشش با نانوذرات بسیار مورد استفاده قرار گرفته پلی اکریلونیتریل (PAN) و دیگر ترکیبات آن است. پلی اکریلونیتریل ممکن است ساختار کریستالی داشته باشد. ساختار کریستالی PAN ویژگی‌های فیزیکی مهمی همچون نامحلول بودن در آب و مقاومت در حلال‌های آلی را به آن می‌دهد (۱۱). مواد زیادی جهت تولید نانو فیبرهای کربنی به کار می‌روند که PAN به دلیل در صد بالای کربن موجود در آن یکی از متداول‌ترین این مواد است (۱۱). با توجه به حضور احتمالی آنیون نیترا ت در غلظت‌های بالاتر از حد مجاز در آب‌های زیرزمینی و در نظر گرفتن این نکته که چاه‌ها و منابع آب‌های زیرزمینی بخشی از آب شرب مصرفی را تامین می‌نمایند، در این تحقیق کارایی پلی اکریلونیتریل عامل‌دار شده و پوشش داده شده با نانوذرات اکسید آهن به عنوان جاذب جهت حذف نیترا ت مورد مطالعه قرار گرفت.

۵ و ۷ mL/min وارد ستون شد و کارایی حذف مورد بررسی قرار گرفت. میزان جذب همچنین در حضور میزان متفاوت جاذب (ارتفاع‌های مختلف) ۱۰، ۱۵، و ۲۰ cm مورد بررسی قرار گرفت و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. جهت بررسی غلظت نیترات باقیمانده پس از عبور از ستون اسپکتروفتومتر UV استفاده گردید (دستورالعمل C-۴۵۰۰)(۱۲).



شکل ۱: شماتیک ستون جاذب به کار رفته

### روش بررسی فرایند جذب

جهت بررسی فرایند جذب در بستر با ستون ثابت از فرمول توماس استفاده گردید (۴).

$$\ln(C_0/C_e - 1) = (K_{th} q_0 M/Q) - (k_{th} C_0 t)$$

که در فرمول بالا  $C_0, C_e$  به ترتیب غلظت‌های ورودی و خروجی نیترات از ستون در زمان مشخص،  $q_0$  حداکثر میزان جذب و  $M$  جرم جاذب،  $Q$  میزان دبی ورودی (mL/h) و  $K_{th}$  ثابت سرعت توماس است (mL/mg.h).

رگرسیون لجستیک یکی از ابزارهای آماری است که به منظور مدل‌سازی و تحلیل داده‌ها از آن استفاده شده است. شکل کلی این مدل به صورت زیر است (۱۳):

$$\log \frac{P}{1-P} = \alpha + \sum \beta x$$

$\beta$  ضریب برآوردشده مدل برای متغیر مستقل مربوطه و  $P$  احتمال تاثیر یا عدم تاثیر در میزان نیترات خروجی  $C/C_0$  است. که در این مطالعه به این صورت تعیین می‌شود که اگر

### مواد و روش‌ها

سستز پلی اکریلونیتریل عامل داده شده و پوشش داده شده با نانوذرات آهن

هیدروکسیل آمین هیدورکلراید (۱۶g)، کربنات سدیم (۱۲g) و ۰/۴ g از پودر پلی اکریلونیتریل به یک بطری شیشه‌ای ۲۵۰ mL که حاوی ۱۰۰ mL آب مقطر بود اضافه و مخلوط گردید. واکنش در دمای ۷۰°C برای مدت ۱۲۰ min ادامه یافت. بعد از واکنش باقیمانده فیلتر گردید و خشک شد. جهت پوشش دادن  $Fe_2O_3$  بر روی PAN عامل‌دار شده ۰/۲ g از  $Fe_2O_3$  و ۱۰۰ mL از آب مقطر درون لوله در بسته‌ای ریخته شد. محلول در دمای ۷۰°C برای مدت ۱۲۰ min مخلوط گردید. سپس باقیمانده حاصل فیلتر گردید و در oven در دمای ۶۰°C خشک گردید. PAN عامل‌دار شده و پوشش داده شده با نانوذرات آهن به عنوان جاذب استفاده گردید.

تعیین مشخصات جاذب مورد استفاده (پلی اکریلونیتریل عامل دار شده و پوشش داده شده با نانوذرات آهن)

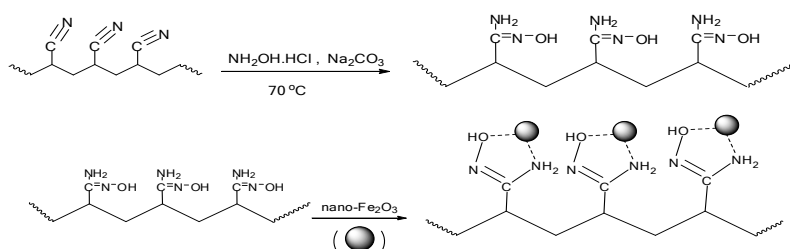
گروه‌های عاملی و نانو ذرات اکسید آهن موجود بر PAN توسط اسپکتروفتومتر FTIR مشخص گردید. دستگاه طیف‌سنج FTIR دستگاهی با تکنیک بالا است که برای آنالیزهای سریع مواد از این دستگاه استفاده می‌گردد و نتیجه به سرعت روی صفحه نمایشگر این دستگاه منعکس می‌شود. از این روش برای تعیین طول موج‌های مختلف نور پیوندهای شیمیایی استفاده می‌شود. این دستگاه برای هر ماده طول موج متفاوتی را ارائه می‌دهد بطوری‌که دقت این دستگاه فراتر از دستگاه‌های تعیین تشخیص اثر انگشت افراد است.

بررسی کارایی ستون حاوی نانو ذرات اکسید آهن در حذف نیترات

ستون جذب همانند آنچه در شکل ۱ نشان داده شده تهیه گردید. قطر داخلی ستون شیشه‌ای ۰/۵ cm و قسمت انتهایی آن با پشم شیشه پوشانده شد. مخزن محلول نیترات در قسمت بالایی ستون تعبیه گردید و به منظور جلوگیری از افت فشار و تغییر دبی از دو مخزن استفاده شد. محلول نیترات (۱۰۰ mg/L) از داخل مخزن توسط میکروست در دبی‌های ۲،

### یافته‌ها

شکل ۲ نشان دهنده واکنش هیدروکسیل آمین هیدروکسیل آمین هیدروکلراید با گروه‌های نیتریل موجود در پلی آکریلونیتریل (PAN) است. ماده بدست آمده در ادامه با نانوذرات اکسید آهن پوشش داده شد.

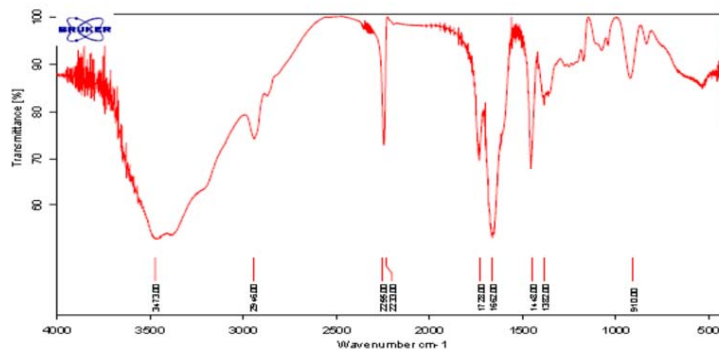


شکل ۲: واکنش هیدروکسیل آمین هیدروکلراید با گروه‌های نیتریل موجود در پلی آکریلونیتریل (PAN) و پوشش نانوذرات اکسید آهن بر روی ماده حاصله

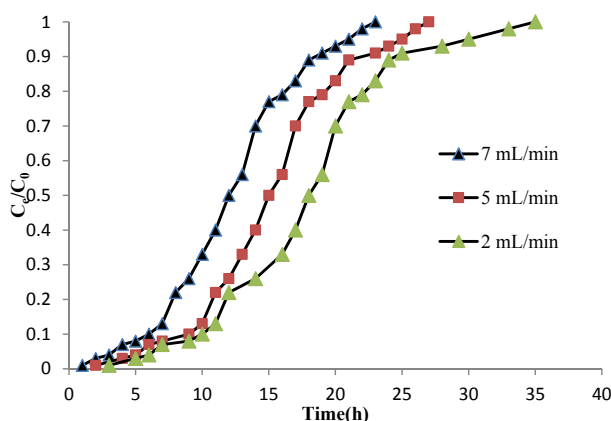
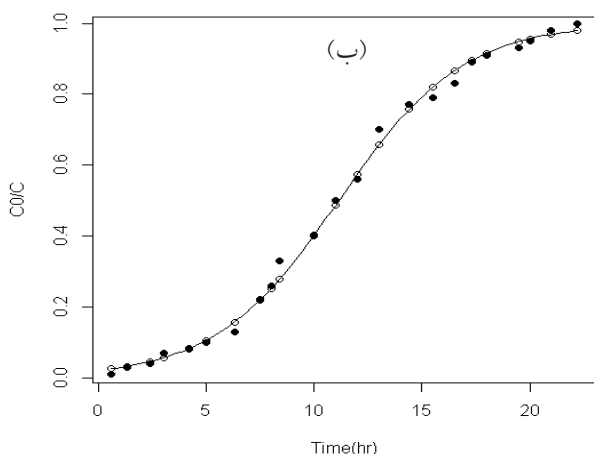
را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد (منحنی نقطه شکست). همانطور که مشخص است، ستون در دبی‌های پایین‌تر بسیار بهتر عمل کرده بطوریکه در دبی ورودی ۷ mL/min زمان شکست  $C_e/C_0 = 0.05$  حدود ۱ h است و هنگامی که دبی ۲ mL/min عبور نمود، این زمان به حدود ۷ h افزایش یافت. جدول ۱ نمودار مربوطه و پارامترهای حاصل از فرمول توماس را برای دبی‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به اینکه یکی از عوامل تاثیرگذار بر میزان جذب در ستون‌های ثابت ارتفاع ستون حاوی مواد جاذب است در سه ارتفاع مختلف (۵، ۱۰ و ۱۵ cm) مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های ۵ (الف - ج) نمودار لجستیک مربوط به ارتفاع ستون در حذف نیترات را نشان می‌دهد.

زمان تاثیرگذار باشد، این مقدار برابر یک و در غیر این صورت عدد صفر را می‌گیرد. در این نوع از رگرسیون از نسبت برتری odds که نسبت  $(p/(1-p))$  است، استفاده می‌شود و برای به دست آوردن مدل لجستیک از این رابطه باید از آن لگاریتم گرفت.

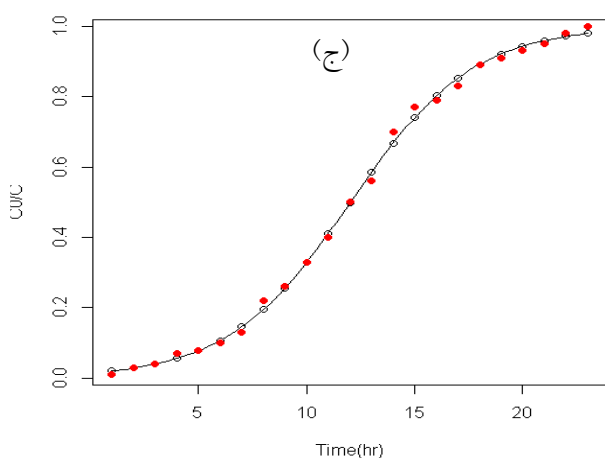
شکل ۳ نشان‌دهنده FTIR مربوط به پلی آکریلونیتریل عامل دار شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود پیوندهای نیتریلی در طول موج  $2238 \text{ cm}^{-1}$ ، کربونیل  $1728 \text{ cm}^{-1}$  و گروه‌های اتری در  $1229-1070 \text{ cm}^{-1}$  قابل تشخیص هستند. پیوندهای کربونیل و اتر ناشی از مونومرهای متیل آکریلات هستند. آنالیز FTIR مربوط به پلی آکریلونیتریل عامل دار شده تمام ویژگی‌های مربوط به پلی آکریلونیتریل به انضمام حلقه‌هایی در  $910 \text{ cm}^{-1}$  و  $1662$  را نشان می‌دهد که مربوط به حضور  $C=N$  و  $N-O$  در پلی آکریلونیتریل عامل دار شده است. علاوه بر این شدت قله نیتریل در پلی آکریلونیتریل عامل دار شده کاهش یافته که نشان‌دهنده حضور گروه‌های آمیدکسیم بر روی PAN است. اثر میزان جریان ورودی برای سه دبی ۲، ۵ و ۷ mL/min مورد بررسی قرار گرفت و شکل ۴ غلظت نیترات خروجی



شکل ۳: FTIR پلی آکریلونیتریل عامل دار شده و پوشش داده شده با نانوذرات اکسید آهن



شکل ۴: منحنی نقطه شکست نیترات در دبی های مختلف عبوری از ستون جاذب



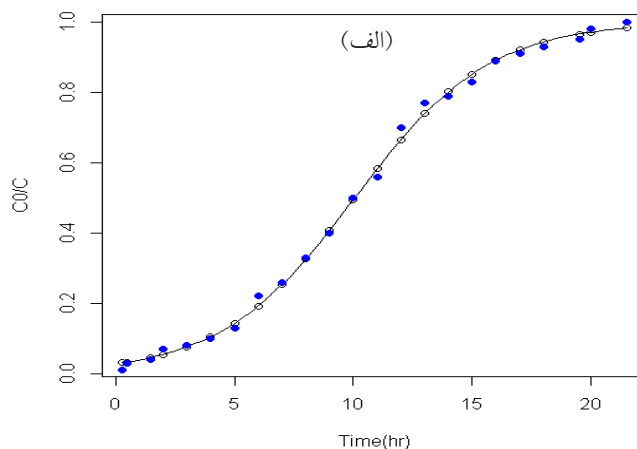
جدول ۱: جدول مربوط به پارامترهای مربوط به فرمول توماس در جذب نیترات

| پارامترهای مربوط به فرمول توماس |                          |                       | میزان دبی عبوری |
|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|
| R <sup>2</sup>                  | K <sub>th</sub> (L/mg h) | q <sub>0</sub> (mg/g) |                 |
| ۰/۹۸۷                           | ۰/۰۰۵۴                   | ۱۱/۶۵                 | ۲               |
| ۰/۹۹۱                           | ۰/۰۰۶۴                   | ۲۴/۳۸                 | ۵               |
| ۰/۹۹                            | ۰/۰۰۷۱                   | ۲۵/۸۹                 | ۷               |

شکل ۵: نمودار مربوط به آنالیز لجستیک اثر ارتفاع ستون جاذب در حذف نیترات (الف ۵، ب ۱۰ و ج ۱۵ cm)

### بحث

دبی های ۲، ۵ و ۷ mL/min از ستون عبور داده شده تا آنجایی که غلظت نیترات خروجی به ۵۰ mg/L (غلظت ورودی) رسید. همانطور که مشخص است، ستون در دبی های پایین تر بسیار بهتر عمل کرده بطوری که در دبی ورودی ۷ mL/min زمان شکست  $C_e/C_0 = 0.05$  حدود ۱ h است و هنگامی که دبی ۲ mL/min عبور نمود، این زمان به حدود ۷ h افزایش یافت. علت این امر (۱) کاهش در زمان ماند نیترات و در نتیجه کاهش تماس با جاذب و (۲) عدم زمان کافی جهت پخش یون نیترات در منافذ جاذب است. بنابراین در دبی های بالا، محلول بدون



احتمال میزان نیترات در خروجی ستون بیشتر شده و این مقدار را می توان با قرار دادن زمان در رابطه بالا و آنتی لگاریتم گرفتن از  $Y$  محاسبه نمود.

با افزایش ارتفاع ستون (اشکال ۵) میزان حذف نیترات افزایش یافته و این بدلیل در دسترس بودن مکان های بیشتری جهت جذب است. در ارتفاع های پایین تری از ستون بدلیل زمان کمتر جهت جذب نیترات زمان نقطه شکست از ۳ به ۱ h رسید. همانطور که ملاحظه می گردد بیشتر حذف نیترات در ۱۰ اولیه رخ داده است. در تحقیقی که جهت بررسی کارایی ستون حاوی رس در حذف فلوراید انجام گرفت، با کاهش ارتفاع ستون از ۱۵ به ۵ cm میزان حذف فلوراید ۴۰٪ کاهش یافت (۱۶).

Hosseini و همکاران بر روی کارایی ستون حاوی نانو ذرات آهن و مس جهت احیاء نیترات مطالعه ای انجام داده اند. آنها در تحقیقشان بهترین شرایط احیاء نیترات را در انتهای ستون در شرایطی که غلظت آهن - مس حدود ۸ g/L و غلظت نیترات و روی ۱۰۰ mg/L بود عنوان نمودند (۱۷).

### نتیجه گیری

در تحقیق حاضر فرایند جذب نیترات توسط جاذب در ستون پر شده از جاذب مورد بررسی قرار گرفت. اثر دبی ورودی به ستون و ارتفاع ستون بر حذف نیترات آزمایش گردید. از فرمول توماس جهت بررسی رفتار ستون استفاده شد. نتایج نشان داد که داده ها از فرمول توماس پیروی نموده و بر طبق آن نمودار نقطه شکست نیز ترسیم گردید. همچنین نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع ستون بدلیل دسترسی به مکان های بیشتر جهت جذب میزان حذف افزایش می یابد. در ارتفاع های پایین تر از ستون بدلیل زمان کم جهت تماس نیترات با جاذب، نقطه شکست از ۳ به ۱ h کاهش یافت. زمان نقطه شکست در حالتی که جریان ورودی از ۲ به ۷ mL/min افزایش یافت، کاهش نشان داد. جهت بررسی ارتباط غلظت خروجی نیترات از ستون در زمان های مختلف از رگرسیون لجستیک استفاده گردید و معادلات مربوطه محاسبه شد.

اینکه به تعادل در حضور جاذب باشد، ستون را ترک می کند. ضریب سینتیکی واکنش و ظرفیت جذب ستون از طریق رسم نمودار  $\ln[(C_0/C_e)-1]$  در برابر  $t$  بدست آمد. پارامترهای به دست آمده در جدول ۱ نشان داده شده است. ثابت سرعت توماس به میزان دبی ورودی بستگی دارد. ظرفیت جذب برای دبی های مختلف نشان داده شده است. دبی های بالا به دلیل کاهش مقاومت انتقال جرمی، جذب افزایش یافته است. مدل توماس بر پایه واکنش برگشت ناپذیر میان جاذب و ماده جذب شونده استوار است. در این مدل مقاومت میان جرمی (سطح جاذب جامد) و مقاومت محلول عبوری نادیده گرفته می شوند. این بدان معناست که میزان جذب توسط واکنش سطحی بین ماده جذب شونده و سطح جاذب کنترل می گردد (۱۴). همانطور که در جدول ۱ مشخص است هرچه میزان دبی ورودی بیشتر شود ظرفیت جذب افزایش داشته است.

با توجه به فرمول توماس و از نسبت دبی خروجی به ورودی حداکثر میزان جذب ۱۱/۶ mg/g جاذب در دبی mL/min ۲ به دست آمد.

در تحقیقی که توسط Golestanifar و همکاران انجام شد حذف نیترات توسط نانو آلومینا ۰/۲۴ mg/g جاذب به دست آمد (۱۵).

نتایج مربوط با آنالیز آماری و عرض از مبدا و ضریب متغیر زمان به دست آمده از رگرسیون لجستیک در هر ارتفاع محاسبه گردید. بر این اساس برای ارتفاعات ۵، ۱۰ و ۱۵ cm، معادلات مربوطه به ترتیب صورت زیر خواهد بود:

$$Y = -3/56 + 0/354 * \text{time}$$

$$Y = -3/868 + 0/347 * \text{time}$$

$$Y = -4/232 + 0/352 * \text{time}$$

که در معادلات بالا  $Y$  میزان نیترات خروجی به ورودی  $(C_e/C_0)$  است.

مقدار  $P$  value برای متغیر های موجود در معادلات بالا کمتر از ۰/۰۵ بوده و نشان از معناداری ضرایب مدل است. معادلات بالا رابطه میان غلظت خروجی نیترات  $(C_e/C_0)$  را در برابر زمان نشان می دهند. همانطور که مشخص است با افزایش زمان

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه مقطع دکتری با عنوان بررسی کارایی پلی اکریلونیتریل عامل دار شده و پوشش داده شده با نانو ذرات اکسید آهن در حذف نیترات و فلوراید در

سال ۹۳ است. نویسندگان لازم می دانند از تمام کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کرده اند به ویژه پرسنل مرکز تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران تشکر نمایند.

## منابع

- 1- Burow KR, Nolan BT, Rupert MG, Dubrovsky NM. Nitrate in groundwater in the United States, 1991-2003. *Environmental Science and Technology*. 2010;44(13):4988-97.
- 2- DeZuane J. *Handbook of Drinking Water Quality*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1997.
- 3- Kostraba JN, Gay EC, Rewers M, Hamman RF. Nitrate levels in community drinking waters and risk of IDDM: an ecological analysis. *Diabetes Care*. 1992;15(11):1505-508.
- 4- Kapoor A, Viraraghavan T. Nitrate removal from drinking water-review. *Journal of Environmental Engineering*. 1997;123(4):371-80.
- 5- Rao P, Puttanna K. Nitrates, agriculture and environment. *Current Science*. 2000;79(9):1163-69.
- 6- Faust SD, Aly OM. *Adsorption Process for Water Treatment*. Michigan: Butterworth; 1987.
- 7- Wajima T, Umeta Y, Narita S, Sugawara K. Adsorption behavior of fluoride ions using a titanium hydroxide-derived adsorbent. *Desalination*. 2009;249(1):323-30.
- 8- Namasivayam C, Sangeetha D. Removal and recovery of nitrate from water by ZnCl<sub>2</sub> activated carbon from coconut coir pith, an agricultural solid waste. *Indian Journal of Chemical Technology*. 2005;12(5):513-21.
- 9- Bhatnagar A, Choi Y, Yoon Y, Shin Y, Jeon B-H, Kang J-W. Bromate removal from water by granular ferric hydroxide (GFH). *Journal of Hazardous Materials*. 2009;170(1):134-40.
- 10- Parette R, Cannon FS. The removal of perchlorate from groundwater by activated carbon tailored with cationic surfactants. *Water Research*. 2005;39(16):4020-28.
- 11- Perepelkin KE, Klyuchnikova NV, Kulikova NA. Experimental evaluation of man-made fibre brittleness. *Fibre Chemistry*. 1989;21(2):145-48.
- 12- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
- 13- Hosmer DH, Lemeshow S. *Applied Logistic Regression*. 2nd ed. Danvers (Ma): John Wiley & Sons; 2004.
- 14- Samatya S, Kabay N, Yüksel Ü, Arda M, Yüksel M. Removal of nitrate from aqueous solution by nitrate selective ion exchange resins. *Reactive and Functional Polymers*. 2006;66(11):1206-14.
- 15- Golstanifar H, Nasserri S, Mahvi AH, Dehghani MH, Asadi A. Nitrate Removal from groundwater resources using nano-gamma-alumina and determining the adsorption isotherms. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2013;5(4):457-68 (in Persian).
- 16- Chen Y-M, Li C-W, Chen S-S. Fluidized zero valent iron bed reactor for nitrate removal. *Chemosphere*. 2005;59(6):753-59.
- 17- Hosseini SM, Ataie-Ashtiani B, Kholghi M. Nitrate reduction by nano-Fe/Cu particles in packed column. *Desalination*. 2011;276(1):214-21.



## Efficiency Assessment of Fixed Bed Adsorption Column for the Removal of nitrate using PAN-oxime-nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

M. Jahangiri-rad<sup>1</sup>, R. Nabizadeh<sup>2</sup>, J. Nouri<sup>1\*</sup>, M. Yunesian<sup>2</sup>, F. Moattar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of environment and energy, Science and research branch, Islamic azad university, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of environmental health engineering, Tehran university of medical sciences, Tehran, Iran

Received: 20 September 2014 ; Accepted: 14 December 2014

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Nitrate is one of the dissolved anions having great health importance in water. Human activities and natural sources are considered as the main roots of nitrate intrusion in to water bodies. The main objective of this paper was to study nitrate removal by packed bed column filled with (PAN)-oxime-nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Materials and Methods:** PAN-oxime-nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were synthesized and used as an adsorbent in glass column for the removal of nitrate from aqueous solution. Nitrate solution tank was set above the prepared column. The effect of factors, such as flow rate (2, 5, and 7 mL/min) and bed depth (5, 10, and 15 cm) were studied.

**Results:** It was found that the data fit well with Thomas model and breakthrough curve was designed accordingly. The column performed well at lowest flow rate. As the flow rates and time increased, earlier breakthrough was observed. The column breakthrough time ( $C_e/C_0 = 0.05$ ) was reduced from 9 to 4 h, as the flow rates increased from 2 to 7 mL/min.

**Conclusion:** fixed-bed using PAN-oxime-nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> exhibited good removal of nitrate. The adsorption studies showed that at longer bed depth, better removal of nitrate would be achieved. Thomas model was suitable for the normal description of breakthrough curve at the experimental condition. The data also were in good agreement with logistic regression.

**Keywords:** PAN, nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, adsorption column, nitrate

---

\*Corresponding Author: [nourijafar@gmail.com](mailto:nourijafar@gmail.com)

Tel: +98 -----