

حذف نیترات از محلول‌های آبی با استفاده از نانو ذرات آلومینیا و تعیین ایزوترم‌های جذب

حافظ گلستانی فر^۱، سیمین ناصری^۲، امیرحسین محوی^۳، محمد هادی دهقانی^۴، انور اسدی^۱

نویسنده مسئول: تهران، میدان انقلاب، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط naserise@tums.ac.ir

پذیرش: ۹۰/۰۴/۱۵ دریافت: ۹۰/۰۱/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: نیترات از جمله منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی و عامل ایجاد بیماری متهموگلوبینمیا در نوزادان و نیز تشکیل ترکیبات سرطان‌زا در نیتروزآمین است. هدف از این پژوهش بررسی کارایی نانو ذرات آلومینیا در حذف نیترات از محلول‌های آبی و تعیین ایزوترم‌های جذب است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق یک مطالعه تجربی - توصیفی بوده است که در مقیاس آزمایشگاهی به صورت ناپیوسته و در شرایط آزمایشگاهی دمای 25°C انجام گرفت. ساختار نانو ذرات آلومینیا با تکنیک‌های پراکنش پرتو ایکس *TEM* مشخص گردید. غلظت باقی‌مانده نیترات به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۲۷۵ nm و ۲۲۰ nm اندازه‌گیری شد. پارامترهای مختلفی از جمله دوز اولیه Al_2O_3 (۰-۰.۲۵ g/L)، غلظت اولیه محلول (300 mg/L - 50 mg/L)، زمان تماس (۰-۳۰۰ min) و $\text{pH}=5$ مورد بررسی قرار گرفت. همچنین محلول‌های جذب نیترات بر روی نانو آلومینیا تعیین شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش زمان تماس، غلظت اولیه و pH کارایی حذف نیترات افزایش می‌یابد. به نحوی که در زمان 60 min و غلظت اولیه 50 mg/L ، کارایی حذف نیترات 60% بود. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف نیترات بر روی جاذب مورد استفاده در این تحقیق از معادله ایزوترمی لانگمیر $R^2 > 0.982$ پیروی می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که می‌توان از نانو ذرات آلومینیا به عنوان جاذب موثر در جهت حذف غلظت‌های بالای نیترات از محلول‌های آبی استفاده نمود.

واژگان کلیدی: آب‌های زیرزمینی، نیترات، نانو ذرات آلومینیا، ایزوترم‌های جذب

-
- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 - ۲- دکترای شیمی، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 - ۳- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 - ۴- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

مطالعات انجام شده توسط Bhatnagar و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند استفاده از نانو آلومینا برای مکانهایی که غلظت نیترات بالاست می‌تواند به عنوان یک گزینه معقول باشد؛ و جذب نیترات با استفاده از نانو آلومینا از مدل ایزوترمی لانگمیر تبعیت می‌نماید (۱۸). مطالعات انجام شده توسط Luk و Yeung در سال ۲۰۰۲ تحت عنوان کاهش شیمیایی نیترات از منابع آب زیرزمینی با استفاده از گرانول آلومینیوم نشان داد پودر آلومینیوم به عنوان گزینه قابل قبول برای حذف نیترات از محلول‌های آبی است (۱۹). جذب به عنوان یکی از روش‌های موثر برای حذف آلاینده‌ها به دلیل هزینه پایین، طراحی و بهره‌برداری آسان آنست. جاذب‌های مختلفی امروزه برای حذف نیترات از آب مورد استفاده گرفته است (۲۰). در سال‌های اخیر نانوتکنولوژی به عنوان یکی از تکنولوژی‌های جذاب برای تصفیه آب ظاهر شده است. مزایای استفاده از مواد نانو شامل سطح زیاد، واکنش‌پذیری بالا، ساخت در محل و پتانسیل بالای استفاده در تصفیه آب است (۱۸). بنابراین اهداف این مطالعه شامل تعیین ایزوترم‌های جذب، تاثیر غلظت، pH زمان تماس در حذف نیترات توسط جاذب نانو آلومینا است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گردید. دستگاه اسپکتروفوتومتری (Perkin-Elmer Lambda 25 UV/VIS) با سل ۱-cm برای سنجش غلظت نیترات (NO_3^-) استفاده گردید. از دستگاه جارتست برای به هم زدن محلول‌های مختلف و برای تنظیم pH نمونه‌ها از pH متر (Metronom827) استفاده گردید.

مواد

کلیه معرف‌ها با خلوص آزمایشگاهی از شرکت مهرگان صنعت-تهران خریداری گردید و بدون هیچ گونه تصفیه ای مورد استفاده قرار گرفت. نانو آلومینای گاما (نانو پودر) Al_2O_3 با خلوص ۹۹٪ سطح ویژه بیشتر از $160 \text{ m}^2/\text{g}$ (BET)، چگالی 9 g/cm^3 و قطر

آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به نیترات یکی از مشکلات محیطی در بسیاری از مناطق دنیا از جمله ایران است (۱). نیترات از طریق تجزیه و فساد پسماندهای انسانی و حیوانی، تولیدات صنعتی و رواناب حاصل از کشاورزی وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود (۲). از مهم‌ترین منابع آلودگی نیترات استفاده از کودهای ازته است که در کشاورزی و برای حاصل خیزی زمین استفاده می‌شود. این کودها در اثر تجزیه شدن و انحلال در آب‌های باران و کشاورزی در زمین جاری شده و نهایتاً به قسمت عمقی زمین فرو می‌رونند. بنابراین می‌تواند آب‌های سطحی و زیرزمینی را تحت تاثیر قرار دهد (۳) مقادیر زیاد نیترات در آب آشامیدنی باعث بروز بیماری بچه آبی (متهموگلوینیما) در نوزادان، هم‌چنین افزایش احتمال بروز سرطان بر اثر تشکیل نیتروزومامین‌ها می‌شود (۴ و ۵). سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) حداقل غلظت نیترات را بحسب ازت 10 mg/L و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران 45 mg/L بر حسب نیترات تعیین نموده است (۶ و ۷). تکنولوژی‌های متداول برای حذف نیترات شامل تبادل یون (۸) دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی (۹) اسمز معکوس، الکترودیالیز (ED) (۱۰) و کاهش شیمیایی (۱۱) است.

سیستم‌های تصفیه فیزیکوشیمیایی نظری تبادل یونی، اسمز معکوس، الکترودیالیز هزینه بهره‌برداری بالای دارند و تولید لجن می‌نمایند که دفع آن مشکل است (۱۲). روش دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی نیازمند مراقبت زیاد و تامین سوبسترای آلی است. علاوه بر این که فرایندهای میکروبی به کندی و بعضی در مقایسه با احیاء شیمیایی ناقص هستند (۱۳). برخی فلزات نظری منگنز، منیزیم، روی، کادمیوم، آهن، پودر آلومینیوم، قلع و سرب نیترات را احیاء می‌نمایند (۱۴). در سال‌های اخیر آهن عنصری و نانو ذره آهن به طور گسترش برای کاهش غلظت نیترات مورد استفاده قرار گرفته است (۱۵ و ۱۶). اما به هر حال این تکنولوژی‌ها دارای محدودیت‌هایی است، از جمله استفاده از آهن فلزی با چالش‌هایی مانند دوز بالا، زمان واکنش طولانی، وجود شرایط بی‌هوایی و غیر فعال شدن سطح آهن در اثر رسوب هیدروکسید آهن مواجهه است (۱۷).

استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گردید (۲۱). برای آنالیز داده‌های آزمایشگاهی از نرمافزار Excel استفاده گردید.

مطالعات جذب نیترات

جهت تعیین مدل‌های ایزوترمی، مقدار $g/250$ از جاذب به محلول‌های نیترات با غلظت‌های mg/L ۳۰۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ اضافه شد. محلول‌های مورد نظر بر روی همزن با rpm ۱۶۰ قرار داده شد و بعد از گذشت زمان 24 h غلظت‌های باقی‌مانده نیترات به روش اسپکتروفوتومتری تعیین مقدار گردید. در این تحقیق داده‌های تجربی تعادل جذب با مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت. معادله خطی ایزوترم لانگمیر به صورت معادله ۲ است.

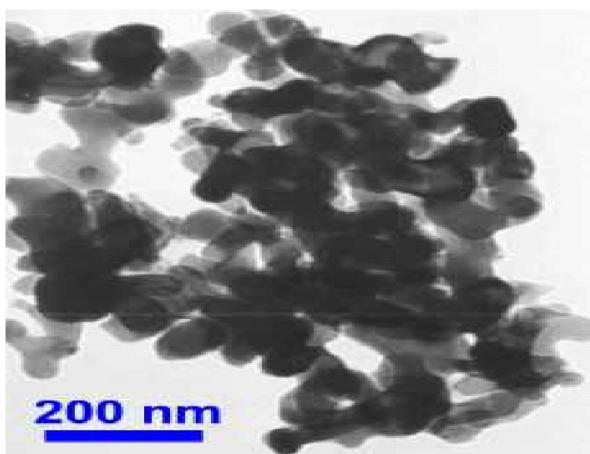
$$\frac{C_e}{C_{e_0}} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (2)$$

q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب بر حسب C_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب mg/g q_m نشان‌دهنده ظرفیت جذب و b ثابت لانگمیر است که از رسم نمودار q_e/q_e در مقابل C_e به دست می‌آیند. معادله ایزوترم جذب فروندلیچ به صورت معادله ۳ است.

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} (\log C_e) \quad (3)$$

C_e غلظت تعادل mg/L q_e ظرفیت جذب در زمان تعادل بر حسب mg/g و n ثابت‌های فروندلیچ است.

شکل ۱: عکس TEM از نano ذره آلومینا



۲۰ nm از شرکت نانو پارس لیما خریداری گردید. مرفوژری جاذب با استفاده از اسکن میکروسکوپی الکترونی (TEM) مدل Cam Scan MV2300 مشخص گردید.

روش انجام آزمایشات

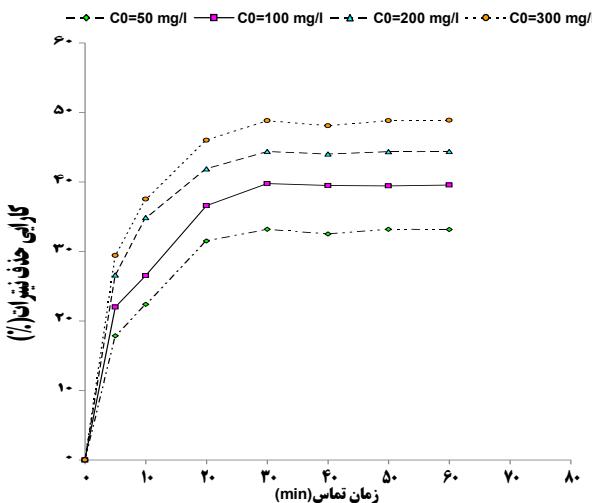
جذب نیترات بر روی نانوآلومینا در محیط ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد بررسی در این پژوهش شامل دوز اولیه Al_2O_3 ۰/۰۵g، غلظت اولیه نیترات mg/L ۳۰۰، 200 ، 100 ، 50 ، 110 pH ۴،۵،۷،۹،۱۱، زمان min ۵-۶۰ ایزوترم‌های جذب است.

دلیل انتخاب چهار غلظت نیترات به خاطر آلدگی آب‌های زیرزمینی بسیاری از مناطق در رنج غلظت مورد نظر است. برای تهیه محلول نیترات از نمک کاملاً محلول نیترات پتاسیم (KNO_3) به صورت روزانه و با استفاده از آب مقطر دوبار تقطیر استفاده گردید. محلول‌های نیترات تهیه شده در غلظت‌های مشخص در ظروف به حجم mL ۲۵۰ تهیه شد و سپس مقدار مشخص از جاذب با توجه به نسبت جاذب به آلاینده (R) وزن گردید و در ظروف ریخته شد. سپس با استفاده از دستگاه جارتست اختلاط در نمونه‌های حاوی جاذب و محلول نیترات انجام شد و سرعت همزن در rpm ۱۶۰ تنظیم گردید. برای تعیین غلظت نیترات در انتهای هر آزمایش در ابتدا جداسازی نانو ذرات از محلول نیترات، از سانتریفوژ با دور rpm ۵۰۰۰ به مدت 10 min و سپس از فیلتر غشایی μ ۰/۲۲ عبور داده شد. غلظت نیترات باقی‌مانده در طول موج‌های UV و 275 در هر دو روش با استفاده از اسپکتروفوتومتری UV اندازه‌گیری شد. غلظت آلومینیوم به روش اسپکتروفوتومتری اریوکروم سیانین R آزمایش و تعیین مقدار گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات ناپیوسته، ایزوترم‌های جذب و ظرفیت جذب تعیین گردید. جهت تعیین ظرفیت جذب از رابطه زیر استفاده شد:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{M} \quad (1)$$

که در این رابطه C_0 و C_e به ترتیب غلظت اولیه و نهایی نیترات در محلول (mg/L) و V حجم محلول (L) و M جرم جاذب (g) است.

کلیه روش‌های مورد استفاده بر اساس کتاب روش‌های



شکل ۲: تاثیر زمان تماس به روی کارایی حذف نیترات (در مقدار اولیه ۲۵ g/۰ نانو آلومینا و pH=۵)

جذب بر حسب mg/g از جاذب برای نیترات در زمان تماس ۶۰ min اتفاق می‌افتد. نتایج تاثیر زمان تماس در غلظت‌های مختلف نیترات (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ mg/L) در شکل ۲ نشان داده شده است.

بررسی تاثیر pH

pH یکی از فاکتورهای مهمی است که بر خصوصیات سطحی و بار سطحی جاذب در فرایند جذب تاثیر می‌گذارد. شکل ۳ نتایج حاصل از تاثیر pH را در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ mg/L تا نیترات نشان می‌دهد. راندمان حذف نیترات با افزایش pH تا حد ۵ بیشتر می‌گردد و بعد از نقطه ۵ راندمان حذف کاهش می‌یابد و pH = ۵ نقطه بهینه برای جذب است. این نشان‌دهنده نقش مهم pH در جذب نیترات توسط نانو آلومینا است.

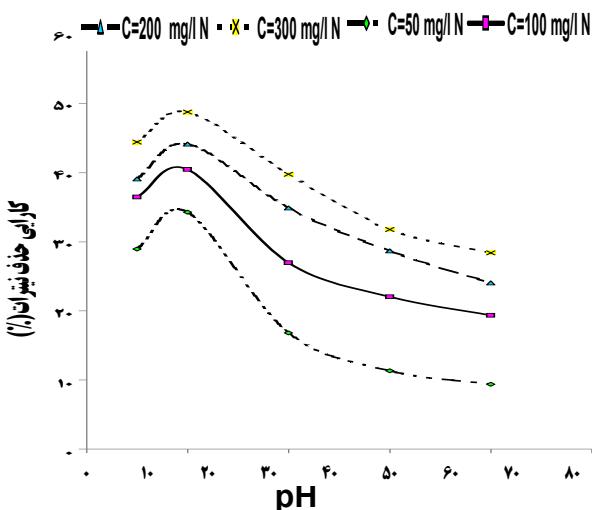
بحث مشخصات جاذب مورد استفاده

براساس عکس‌های TEM (شکل ۱) مشخص گردید که نانو ذره در محلول به صورت کروی و میانگین قطر آن ۲۰ nm است. این ذرات کروی تمایل به چسبیدن به هم‌دیگر و تشکیل

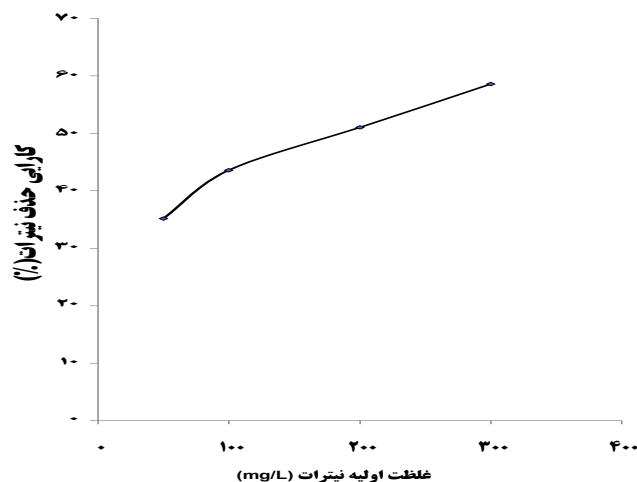
حالت زنجیره مانند دارند.

تاثیر زمان تماس

همان طور که در شکل ۲ آمده با افزایش زمان تماس کارایی حذف افزایش می‌یابد و بیشترین کارایی حذف در لحظات اولیه رخ می‌دهد. بنابراین از روی شکل مشخص می‌شود که ماکریم حذف نیترات در ۳۰ min اول مشاهده شد و در زمان تماس ۶۰ min روند ثابتی خواهد داشت. بنابراین ظرفیت



شکل ۳: تاثیر pH محلول بر روی کارایی حذف نیترات (در حضور ۲۵ g/mL جاذب، زمان تماس ۶۰ min)

شکل ۴: تاثیر غلظت اولیه نیترات بر روی کارایی حذف نیترات (در حضور $g\text{ Al} / 50\text{ g}$ جاذب، $\text{pH}=5$)

آلومینا $g\text{ Al} / 50\text{ g}$ از جاذب به دست آمد. نتایج حاصل از مطالعات ایزووترمی نشان داد که حذف نیترات از معادله ایزووترمی لانگمیر ($R^2 > 0.982$) پیروی می‌کند. همچنین با توجه به جدول ۱ مقدار $1/\text{mg/L}$ در رابطه فرودنیچ 0.61×10^{-3} به دست آمد بنابراین می‌توان گفت که سطح جاذب حالت ناهمگنی دارد. با توجه به شکل مشخص می‌گردد که با افزایش غلظت تعادلی نیترات ظرفیت تعادلی جذب به تدریج افزایش پیدا می‌کند. نتایج حاصل از مطالعات ایزووترمی در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است.

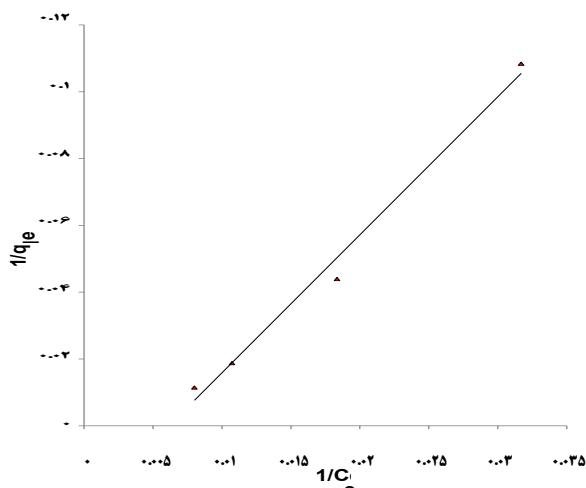
غلظت آلومینیوم باقیمانده در محلول
در طی واکنش نانو آلومینا و نیترات یون آلومینیوم می‌تواند وارد محلول شود. بنابراین در این مطالعه به بررسی تشکیل یون

تأثیر غلظت اولیه نیترات

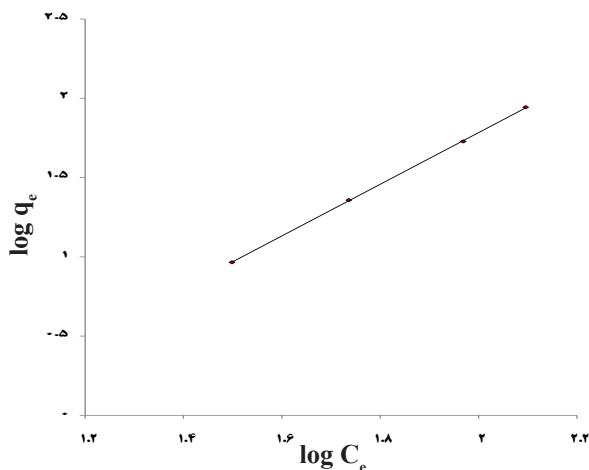
نتایج حاصل از تاثیر غلظت اولیه نیترات در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است با افزایش غلظت اولیه نیترات از 50 mg/L به 300 mg/L راندمان حذف نیترات افزایش می‌یابد. با توجه به شکل مقدار راندمان حذف نیترات در غلظت‌های اولیه 50 mg/L , 100 mg/L , 200 mg/L , 300 mg/L به ترتیب برابر با 41.2% , 49.3% , 53.3% و 55.3% تعیین شده است. بنابراین هر چه قدر غلظت نیترات بالا باشد راندمان حذف بهتر است.

مطالعات ایزووترمی

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات ناپیوسته ایزووترم‌های جذب و ظرفیت جذب تعیین گردید. حداقل ظرفیت نانو



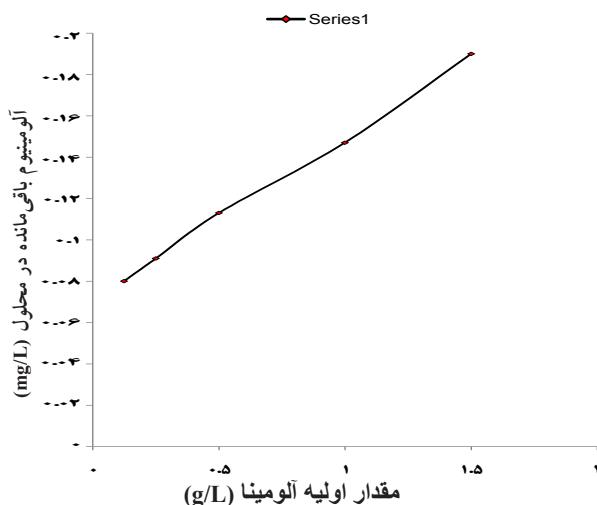
شکل ۵: نتایج حاصل از مدل ایزووترمی لانگمیر برای مطالعه حاضر

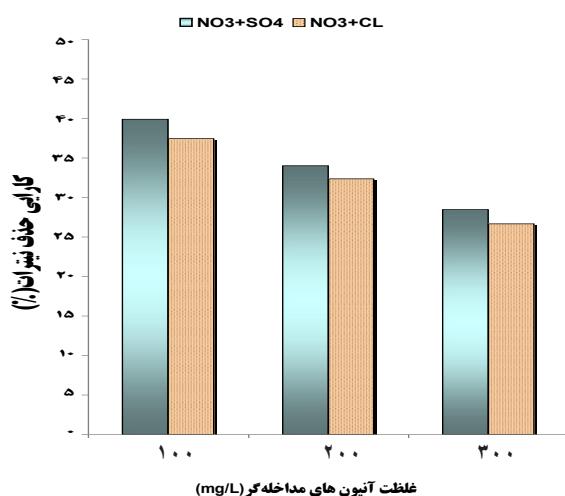


شکل ۶: نتایج حاصل از مدل ایزوترمی فروندیج برای مطالعه حاضر

تأثیر آنیون‌های مداخله‌گر بر جذب نیترات توسط نانو آلومینا تاثیر آنیون‌های مداخله‌گر کلراید و سولفات در حذف نیترات توسط نانو آلومینا در غلظت اولیه 100 mg/L 100% نیترات و غلظت یون مداخله‌گر $200-300 \text{ mg/L}$ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۸). مشاهده شد با افزایش غلظت یون‌های مداخله‌گر کارایی حذف نیترات کاهش می‌یابد، به نحوی که در حضور کلراید درصد حذف نیترات $35-38\%$ و در حضور سولفات در صد حذف بین $30-40\%$ است. در حضور کلراید در صد حذف $10-15\%$ و در حضور سولفات درصد حذف $10-15\%$ کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد که این آنیون‌ها می‌توانند در غلظت‌های بالا بر کارایی حذف نیترات توسط نانو آلومینا مداخله کنند.

آلومینیوم به عنوان محصول جانبی واکنش و ارتباط آن با مقدار غلظت اولیه نانو آلومینا پرداخته شد. نتایج نشان داد که مقدار تشکیل یون آلومینیوم با غلظت‌های اولیه نانو آلومینا $0/125 \text{ g/L}$, $0/25$, $0/15$, $0/05$, $0/08$, $0/113$, $0/147$, $0/091$ بعد از 60 min و اکنش به ترتیب $0/02 \text{ mg/L}$ بوده است. با افزایش مقدار نانو آلومینا مقدار آلومینیوم باقی‌مانده بیشتر است. به عبارتی دیگر نشان می‌دهد که در دوزهای بالاتر مقادیر نزدیک به حداقل سطح آلدگی آلومینیوم ($0/2 \text{ mg/L}$) است (۶). نتایج غلظت آلومینیوم باقی‌مانده در محلول آن در شکل ۷ نشان داده شده است.

شکل ۷: تأثیر غلظت اولیه نانو آلومینا بر میزان تولید آلومینیوم به عنوان محصول جانبی واکنش (غلظت اولیه نیترات 100 mg/L , $pH=5$, 100% نیترات, زمان 60 min)

شکل ۸: اثر آئیون‌های مداخله‌گر در حذف نیترات (غلظت اولیه نیترات 60 min , $\text{pH}=5$, 100 mg/L , دوز 1 g/L)

و به حداقل خود می‌رسد جذب نیترات در دقایق اولیه با سرعت زیاد صورت گرفته و با گذشت زمان تماس مقدار جذب کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند به دلیل کاهش غلظت نیترات محلول و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب باشد(۱۸). مطالعه انجام شده توسط Mortazavi در سال ۱۳۸۸ نشان داد کاهش قابل توجه نیترات در طی چند min تماس با پودر میزبانم تحت شرایط هوایی و غلظت اولیه نیترات $50-400 \text{ mg/L}$ قابل دستیابی است (۲۲). در مطالعه‌ای که توسط Choe و همکاران در سال ۲۰۰۴ با استفاده از آهن صفر ظرفیتی به منظور حذف نیترات انجام شد، زمان رسیدن به تعادل در حضور غلظت اولیه 100 mg/L NO_3^- و مقدار آهن صفر ظرفیتی 22 g/L برابر با 8 ساعت تعیین شد که در مقایسه با نانو آلومینیا خیلی بیشتر است (۲۳). هم‌چنین در این تحقیق مشخص شد که pH محلول در دست یابی به حداقل میزان حذف بسیار موثر است. بدین صورت که در $\text{pH}=5$ کارایی حذف نیترات افزایش می‌یابد و pH بهینه است.

آزمایش بر روی نمونه‌های آب زیرزمینی در جدول ۲ نتایج آزمایشات بر روی نمونه‌های طبیعی مربوط به مناطقی که مقادیر متفاوتی از نیترات در آب‌های زیرزمینی آنها گزارش شده است. همان طورکه در جدول مشخص است نانو آلومینیا قادر به حذف 40% نیترات موجود در آب‌های زیرزمینی می‌گردد و مقدار آلومینیوم باقی‌مانده در تمام موارد کمتر از حد استاندارد است. نانو آلومینیا در غلظت‌های بالای نیترات دارای کارایی حذف بالاتری است.

بحث

در این مطالعه مشخص شد که کاهش قابل توجه نیترات در یک محلول سنتیک در طی تماس با نانو آلومینیا تحت شرایط هوایی برای دامنه وسیعی از غلظت‌های اولیه نیترات $50-300 \text{ mg/L}$ قابل دستیابی است. نتایج حاصل از آزمایشات نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان تماس، مقدار جذب افزایش می‌یابد

جدول ۱: پارامترهای محاسبه شده برای مدل‌های ایزوترمی

لانگمیر				فروندلیچ				جاذب	پارامتر	نانوآلومینیا
R _L	R ²	b(L/mg)	q _m (mg/g)	R ²	n	K _f	مقدار			
۰/۰۰۳	۰/۹۸۲	۴/۱۱	۰/۲۴	۰/۹۵۲	۰/۶۱	۰/۰۳۵				

جدول ۲: آزمایش بر روی نمونه‌های آب زیرزمینی (۵ pH، دوز ۱ L/g، زمان ۶۰ min)

نمونه‌های آب زیرزمینی	غلظت نیترات اولیه (mg/L)	غلظت نیترات باقی‌مانده (mg/L)	حذف نیترات در محلول (%)	آلومینیوم باقی‌مانده در محلول (mg/L)
۱	۹۷	۶۱/۱۱	۳۷	۰/۰۶
۲	۱۰۷	۶۶/۳۴	۳۸	۰/۰۷۶
۳	۱۱۶	۷۰/۷۶	۳۹	۰/۰۶۴
۴	۱۰۲	۶۵/۲۸	۳۶	۰/۰۸۳
۵	۱۰۳	۷۷/۶۰	۴۱	۰/۰۶۹
۶	۱۱۰	۶۶	۴۰	۰/۰۸۸

مولکول‌های نیترات اشغال می‌گردد بنابراین با گذشت زمان حذف نیترات کاهش می‌یابد (۲۶).

همچنین نتایج حاصل از مطالعات ایزووترمی نشان داد که حذف نیترات بر روی جاذب مورد استفاده در این تحقیق از معادله ایزووترمی لانگمیر پیروی می‌کند؛ و با افزایش غلظت تعادلی نیترات ظرفیت تعادلی جذب به تدریج افزایش پیدا می‌کند که دلیل این امر را می‌توان به دلیل دسترسی آسان محل‌های جذب در لحظات اولیه فرایند اشاره کرد. بنابراین با افزایش غلظت اولیه نیترات محل‌های جذب اشباع شده و سطح اشباع شده دیگر محل‌های جذب بیشتری برای دسترسی جذب وجود نخواهد داشت (۲۴ و ۱۸). همچنین در این تحقیق مقدار q_m بر حسب mg/g جاذب ۲۴٪ به دست آمد. در مطالعات انجام شده توسط آمیت بات ناگار مقدار جذب نیترات با نانو آلومینیا مقدار $q_m = 4 \text{ mg/g}$ جاذب به دست آمد و حذف نیترات از معادله ایزووترمی لانگمیر تبعیت می‌نماید (۱۸). مطالعه انجام شده توسط Rahmani و همکاران در سال ۱۳۸۹ نشان دادن حذف نیترات با استفاده از پامیس اصلاح شده با منیزیم با افزایش pH ۵/۵ > pH کاهش می‌یابد (۱۸). همچنین مطالعه انجام شده توسط Rahmani و همکاران در سال ۱۳۸۹ نشان داد حذف نیترات با استفاده از پامیس اصلاح شده با منیزیم با افزایش pH کاهش می‌یابد (۲۵). همچنین با افزایش غلظت اولیه نیترات کارایی حذف زیاد می‌شود. به نحوی که استفاده از نانو آلومینیا برای جاهایی که غلظت نیترات بالاست، می‌تواند مفید باشد.

در غلظت‌های پایین کارایی حذف نیترات با استفاده از نانو آلومینیا در مقایسه با گرانول آلومینیوم پایین است. مطالعه انجام شده توسط Luk و Yeung در سال ۲۰۰۲ نشان داد کارایی حذف نیترات با استفاده از پودر آلومینیوم در غلظت‌های کمتر از ۱۰۰ mg/L در مقایسه با نانو آلومینیا بالاست (۱۹). افزایش راندمان حذف با افزایش غلظت اولیه نیترات را می‌توان به دلیل افزایش نیروی رانش با افزایش غلظت اولیه نیترات توضیح داد (۱۸). کارایی حذف نیترات در لحظات اولیه بیشتر است این پدیده به دلیل وجود محل‌های خالی زیاد در لحظات اولیه بر روی جاذب است و با گذشت زمان این محل‌ها توسط

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد کلراید و سولفات می‌تواند بر کارایی حذف نیترات توسط نانوآلومینیا مداخله کند. در نمونه‌های واقعی کارایی حذف نیترات با استفاده از نانو آلومینیا

پایین است و نمی‌تواند به عنوان یک گزینه قابل قبول باشد و استفاده از نانو آلومنا می‌تواند برای مکان‌هایی که میزان نیترات در آب بالاست و عمل تصفیه ممکن نباشد مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح پژوهشی با عنوان ".....در سال در دوره کارشناسی ارشد، مصوب دانشگاه علوم پزشکی..... است که با حمایت مالی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران اجرا گردیده است. لازم می‌دانیم در اینجا از این واحد دانشگاهی جهت همکاری صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی نماییم.

منابع

1. Almasri MN, Kaluarachchi JJ. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds. *Journal of Hydrology*. 2004;295(1-4):225-45.
2. Kraft GJ, Stites W. Nitrate impacts on groundwater from irrigated-vegetable systems in a humid north-central US sand plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2003;100(1):63-74.
3. Jahed Khanik GR, Mahdavi M, Ghasri A, Saeednia S. Investigation of nitrate concentrations in some bottled water available in Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2008;1(1):45-50 (in Persian).
4. Ward MH, dekok TM, Levallois P, Brender J, Gulis G, Nolan BT, et al. Drinking-water nitrate and health-recent findings and research needs. *Environmental Health Perspectives*. 2005;113(11):1607-14.
5. Liao CH, Kang SF, Hsu YW. Zero-valent iron reduction of nitrate in the presence of ultraviolet light, organic matter and hydrogen peroxide. *Water Research*. 2003;37(17):4109-18.
6. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Drinking water - Physical and chemical specifications. 5th ed. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI); 2009. Report No.: 1053.
7. Agrawal GD, Lunkad SK, Malkhed T. Diffuse agricultural nitrate pollution of ground waters in India. *Water Science and Technology*. 1999;39(3):67-75.
8. Kim J, Benjamin MM. Modeling a novel ion exchange process for arsenic and nitrate removal. *Water Research*. 2004;38(8):2053-62.
9. Nuhogl A, Pekdemir T, Yildiz E, Keskinler B, Akay G. Drinking water denitrification by a membrane bioreactor. *Water Research*. 2002;36(5):1155-66.
10. Rautenbach R, Kopp W, Hellekes R, Peters R, Van Opbergen G. Separation of nitrate from well water by membrane processes (reverse osmosis/electrodialysis reversal). *Aqua*. 1986;5:279-82.
11. Peel JW, Reddy KJ, Sullivan BP, Bowen JM. Electrocatalytic reduction of nitrate in water. *Water Research*. 2003;37(10):2512-9.
12. Kesseru P, Kiss I, Bihari Z, Polyak B. Biological denitrification in a continuous-flow pilot bioreactor containing immobilized *Pseudomonas butanovora* cells. *Bioresource Technology*. 2003;87(1):75-80.
13. Kapoor A, Viraraghavan T. Nitrate removal from-drinking water - Review. *Journal of Environmental Engineering*. 1997;123(4):371-80.
14. Shrimali M, Singh KP. New method of nitrate removal from water. *Environmental Pollution*. 2001;112(3):351-59.
15. Hunter WJ. Use of vegetable oil in a pilot-scale denitrifying barrier. *Journal of Contaminant Hydrology*. 2001;53(1-2):119-31.
16. Ahn SC, Oh SY, Cha DK. Enhanced reduction of nitrate by zero-valent iron at elevated temperatures. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;156(1-3):17-22.
17. Choe S, Chang Y-Y, Hwang K-Y, Khim J. Kinetics of reductive denitrification by nanoscale zero-valent iron. *Chemosphere*. 2000;41(8):1307-11.
18. Bhatnagar A, Kumarp E, Sillanpää M. Nitrate removal from water by nano-alumina: Characterization and sorption studies. *Chemical Engineering Journal*. 2010;163(3):317-23.
19. Luk GK, Au-Yeung WC. Experimental investigation on the chemical reduction of nitrate from groundwater. *Advances in Environmental Research*. 2002;6(4):441-53.
20. Islam M, Mishra PC, Patel R. Physicochemical characterization of hydroxyapatite and its application towards removal of nitrate from water. *Journal of Environmental Management*. 2010;91(9):1883-91.
21. APHA. Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association (APHA); 2005.
22. Mortazavi B, Ramavandi B, Mousavi GR. Study of Nitrate Removal from Water Resources using Magnesium Powder. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;3(1):11-8.
23. Choe S, Liljestrand HM, Khim J. Nitrate reduction by zero-valent iron under different pH regimes. *Applied Geochemistry*. 2004;19(3):335-42.
24. Janoš P, Buchtová H, Rýznarová M. Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash. *Water Research*. 2003;37(20):4938-44.
25. Rahmani AR, Solaimany Aminabad M, Asgari Gh, Barjasteh Askari F. Removal of nitrate by MgCl₂-modified Pumice and zero-valent magnesium from aqueous solutions. *Iranian Journal of Health and Environment*.

2011;3(4):461-74.

26. Song X, Cheng X, Yang X, Lic D, Linghu R. Correlation between the bond dissociation energies and impact sensitivities in nitramine and polynitro benzoate molecules with polynitro alkyl groupings. Journal of Hazardous Materials. 2008;150(2):317-21.

Nitrate Removal from groundwater Resources using Nano-Gamma-Alumina and Determining the Adsorption Isotherms

Hafez Golstanifar , *Simin Nasser , Amir Hossin Mahvi, Mohamad Hadi Dehghani, Anvar Asadi

Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 09 April 2012 ; Accepted: 06 July 2012

ABSTRACT

Background and Objectives: The contamination of nitrate (NO_3^-) in groundwater resources causes two adverse health effects: induction of “blue-baby syndrome” (methemoglobinemia), especially in infants, and the potential formation of carcinogenic nitrosamines. The aim of this research is to investigate nitrate removal from groundwater using alumina nanoparticles and to determine the adsorption isotherms.

Materials and Methods: This analytical-descriptive study was carried out at lab-scale, under batch conditions, and at room-temperature. The structure of alumina nanoparticles was determined using XRD, SEM, and TEM techniques. The concentration of nitrate in the solutions was determined by spectrophotometer at wavelengths of 220 and 275 nm. In addition, we investigated the impact of the important operational parameters including initial dose of Al_2O_3 (0.06-0.25 g/l), initial concentration of the solution (50- 300 mg/l), contact time (5-60 min), and pH (3-9). Moreover, we used Freundlich and Langmuir isotherm models to calculate equilibrium constant.

Results: It was found that nitrate removal efficiency increased as we increased contact time, initial concentration and pH in batch system. A maximum of 60% nitrate removal was achieved under following conditions: 60 min contact time, pH 5, and initial nitrate concentration of 300 mg/l as N. The obtained results showed that the adsorption of nitrate by Nano-Gamma-Alumina follows Langmuir isotherm equation with a correlation coefficient equal to 0.982.

Conclusion: Overall, our findings showed that the alumina nanoparticles can be used as an effective adsorbent to remove NO_3^- from aqueous solutions.

Keywords: Alumina Nanoparticles, Nitrate Removal efficiency, Adsorption Isotherm

*Corresponding Author: naserise@tums.ac.ir
Tel: +98 21 88989133 , Fax: +98 21 88989133