



بررسی کارایی حذف نیترات در آب شرب با استفاده از نانو ذره آهن و تعیین شرایط بهینه

نویسندگان: محمد ملکوتیان* کامیار یغمائیان** مهسا طاهر گورایی***

* نویسنده مسئول: استاد مرکز تحقیقات بهداشت محیط و گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی

کرمان تلفن ۰۳۴۱-۳۲۲۰۰۸۲ Email:m.malakootian@yahoo.com

**دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

***دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان

چکیده

سابقه و اهداف: یون نیترات از جمله مهم ترین آلاینده های منابع آبهای سطحی و زیرزمینی می باشند که در اثر ورود فاضلابهای خام انسانی، صنعتی و فاضلابهای کشاورزی وارد منابع آبی می شوند. یون نیترات شاخص وقوع آلودگی آبهای زیرزمینی است. بالا بودن غلظت این یون در آب علاوه بر سمیت آن می تواند آلودگی میکروبی به همراه داشته باشد. به طوری که افزایش غلظت نیترات در آب از طریق طعم و مزه قابل تشخیص نیست. هدف از انجام کار تعیین کارایی حذف نیترات در آب شرب با استفاده از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی و بررسی شرایط بهینه است.

روش بررسی: این مطالعه از نوع تحلیلی - کاربردی است و در این مطالعه برای تهیه نانو ذره آهن صفر ظرفیتی از بوروهیدرید سدیم و کلروفریک به نسبت ۱ به ۳ استفاده شد.

سپس متغیرهایی از قبیل pH(۴،۶،۸،۱۰) و زمان تماس (۶۵،۶۰،۵۵،۵۰،۴۵،۴۰،۳۵،۳۰،۲۵،۲۰،۱۵،۱۰،۵) دقیقه و غلظت نانو ذره آهن (۱۰،۱۵،۳۰،۴۵،۶۰) g/l و غلظت نیترات (۲۵،۳۵،۵۰،۷۵،۱۰۰،۲۰۰،۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰) mg/l مورد بررسی قرار گرفت. و طبق متداول ترین ایزوترمها و سنتیک های جذب میزان جذب و دینامیک واکنش نیترات تعیین شد.

یافته ها: حداکثر حذف نیترات در PH برابر ۴ و زمان تماس ۶۰ دقیقه، تحت تاثیر غلظت نانو ذره آهن ۱۵ g/l با غلظت اولیه نیترات ۵۰ mg/l به ترتیب برابر با ۹۰٪، ۹۹/۱٪، ۹۵٪، ۷۰٪ بدست آمد. ایزوترم فروند لیخ ($R^2=0/978$) و لانگمیر نوع ۲ ($R^2=0/978$) بیشترین تطابق را با داده های این مطالعه نشان داد. همچنین آنالیز سینتیک نشان داد که جذب نیترات توسط نانو ذره آهن صفر ظرفیتی مطابق سینتیک درجه ۲ انجام شده است ($R^2=0/989$).

نتیجه گیری: یافته ها نشان دادند که میزان حذف نیترات با کاهش pH و افزایش زمان تماس افزایش می یابد. با افزایش غلظت نانو ذره درصد حذف افزایش یافت. همچنین با افزایش غلظت نیترات درصد حذف کاهش یافت. بنابراین جهت میزان حذف بیشتر نیترات بایستی شرایط بهینه آزمایش تعیین گردند.

واژه های کلیدی: نیترات، نانو ذره، آهن، آب

طوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال دهم

شماره: دوم

تابستان ۱۳۹۰

شماره مسلسل: ۳۲

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۴/۹

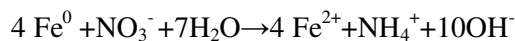
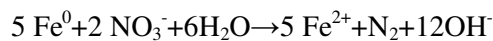
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸



مقدمه

آلودگی آبهای زیر زمینی به نیترات یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی در برخی از نواحی دنیا است (۱). منابع آلوده کننده آبهای زیر زمینی و سطحی به نیترات شامل منابع طبیعی و انسان ساخت می باشد. منابع انسان ساخت شامل ورود فاضلابهای خام انسانی، صنعتی و کشاورزی است (۱). به دلیل حلالیت بسیار بالای نیترات، این ترکیب به آسانی به درون خاک و سفره های آب زیرزمینی نفوذ می کند. در مناطقی که دارای نرخ بارندگی کم و پوشش گیاهی ضعیف است آلودگی آبها به نیترات چشمگیر تر است (۲). اگر مقدار یون نیترات موجود در آب آشامیدنی بیشتر از حد مجاز باشد می تواند سبب بیماریهایی مانند متهموگلوبینا در کودکان، اختلال در تیروئید، گواتر، افزایش فشار خون و سرطان معده شود (۳). بنا به اعلام سازمان حفاظت محیط زیست امریکا USEPA و رهنمود سازمان بهداشت جهانی WHO، حداکثر غلظت مجاز نیترات بر حسب ازت ۱۰ mg/l و بر حسب نیترات ۵۰ mg/l برای سیستم آبرسانی عمومی پذیرفته شده است (۳). تاکنون روش های مختلفی برای حذف یون نیترات از آب آشامیدنی به کار رفته است که متداولترین آنها شامل فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می باشد که تمامی روشهای مذکور علاوه بر این که اثرات جانبی بر روی آب دارند، در مقیاس های بزرگتر، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشند (۴). امروزه استفاده از تکنولوژی نانو جهت حذف برخی آلاینده های مهم از جمله یون نیترات از منابع آبی رو به افزایش است، احیای نیترات به روش دینتریفیکاسیون شیمیایی توسط نانو ذرات آهن صفر

ظرفیتی (ZVI) به دلیل واکنش سریع و بازده بالا، فراوانی، ارزانی در تجزیه یونهای نیترات و نیتريت از منابع آبی رو به گسترش است (۵). وقتی که نانو ذره آهن Fe^0 بر روی آب حاوی یونهای نیتريت و نیترات اثر داده می شود مطابق واکنشهای زیر تولید آهن دو ظرفیتی (Fe^{2+}) و گاز آمونیوم (NH_4^+) یا N_2 می نماید. گازهای تولید شده در محیط آزاد می شوند و با استفاده از فرایندهای تصفیه از منابع آبی حذف می گردند (۶).



در مطالعه ای که توسط چن و همکاران در سال ۲۰۰۵ در کشور چین انجام شد حذف نیترات را در یک راکتور بستر سیال دارای آهن صفر ظرفیتی بررسی نمودند که طی مطالعه آنها حذف یون نیترات تحت شرایط بهینه همانند pH، زمان ماند هیدرولیکی و دوز آهن مصرفی، به میزان ۸۷ درصد مشاهده شد (۷). Huan و همکارانش در سال ۲۰۱۰ در کشور آلمان عمل تصفیه نیترات را بوسیله نانو ذره آهن در حالت های مختلف مورد بررسی قرار دادند در pH های کنترل شده (۲، ۳، ۴) مقدار ۹۵ درصد نیترات حذف شد (۸). اسلان و همکاران (۲۰۰۶) در کشور ترکیه حذف نیترات و آفت کش ها را از آبهای آلوده با استفاده از دینتریفیکاسیون مورد مطالعه قرار دادند. یک راکتور بیولوژیکی مستغرق در این مطالعه برای حذف نیترات از آب آشامیدنی مورد استفاده قرار گرفت و مقدار اولیه نیترات ۴۸٪ کاهش پیدا نمود (۹). اسکامن و همکاران (۲۰۰۳) حذف نیترات از منابع آب روستایی افریقای جنوبی را مورد مطالعه قرار دادند در این مطالعه نشان داده شد که ترکیبات حاوی آهن یک روش



تهیه گردید، در مرحله بعد متغیر هایی از قبیل زمان تماس، PH، مقدار جاذب و غلظت نیترات مورد بررسی قرار گرفت. جهت تنظیم pH از محلول سود (NaOH) یک نرمال و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. پس از تعیین حالتهای بهینه با استفاده از سیستم صاف سازی که شامل پمپ خلاء، ارلن بوخنر به همراه صافی غشایی ۰/۴۵ میکرومتر، نمونه ها صاف گردید.

انجام آزمایشات در شرایط ناپیوسته:

۱. بررسی تاثیر زمان تماس بر میزان جذب:

در بررسی اثر زمان تماس مقدار ۱۰ گرم از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی در مجاورت ۲۵۰ میلی لیتر از محلول با غلظت اولیه ۵۰ mg/l نیترات در PH برابر ۷ قرار داده شد و سپس هر یک از نمونه در فواصل زمانی (۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵) دقیقه مورد آنالیز قرار گرفتند.

۲. بررسی تاثیر pH بر میزان جذب:

پس از تنظیم pH در محدوده بین ۱۰-۴ مقدار ۱۰ گرم از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی به ۲۵۰ میلی لیتر از نمونه نیترات با غلظت ۵۰ mg/l و زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه قرار داده شد. در pH های مختلف عمل نمونه گیری و آنالیز نیترات انجام و pH بهینه تعیین شد.

۳. بررسی تاثیر دوز نانو ذره آهن صفر ظرفیتی بر میزان جذب:

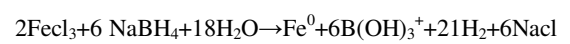
در این مرحله به منظور تعیین مقدار بهینه نانو ذره آهن صفر ظرفیتی به هر کدام از بشر های ۲۵۰ میلی لیتری حاوی محلول نیترات با غلظت ۵۰ mg/l با تنظیم pH بهینه برابر با ۴ و زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه مقادیر مختلف نانو ذره آهن با غلظت های (۱۰، ۶۰، ۴۵، ۳۰، ۱۵) g/l اضافه گردید.

برای حذف نیترات است و همچنین مشخص شد که هرچه اندازه نانو ذره کوچکتر باشد واکنش پذیری نانو ذرات با یون نیترات بیشتر بوده و در نتیجه میزان درصد حذف بیشتر می شود (۱۰) هدف از این تحقیق بررسی امکان حذف نیترات توسط نانو ذره آهن از آب آشامیدنی تحت متغیرهای مورد بررسی pH، زمان تماس، غلظت نانو ذره آهن و غلظت نیترات می باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع تحلیلی-کاربردی است و تمامی آزمایشات در شرایط ناپیوسته (batch) انجام گرفته است.

الف: تهیه نانو ذره آهن صفر ظرفیتی: نانو ذرات آهن طبق روش بیان شده توسط Glavee و همکاران به صورت زیر تهیه شد (۱۱):



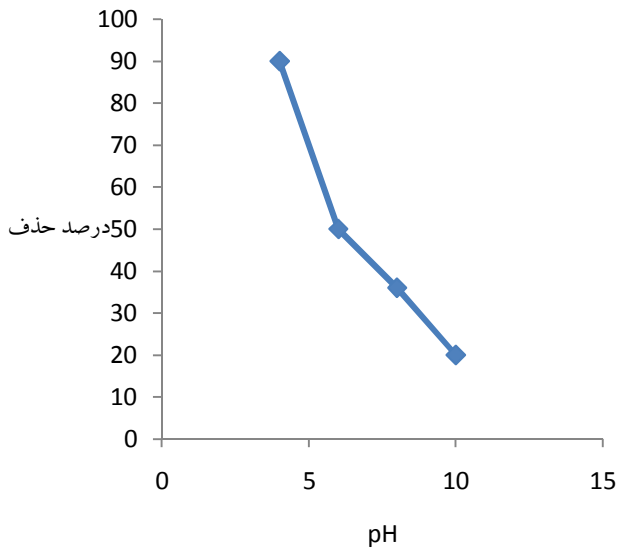
جهت تولید نانو ذره آهن صفر ظرفیتی ابتدا از بوروهیدرید سدیم و کلوروفریک به نسبت ۱ به ۳ یک قسمت بوروهیدرید سدیم و سه قسمت کلوروفریک وزن نموده سپس محلول ساخته شده را در یک بشر ۲۰۰ CC بر روی هم ریخته و پس از ۲۰ دقیقه زمان تماس از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد سپس به مدت ۴۸ ساعت در فضای محیط قرار گرفته تا خشک شود. ضمناً جهت رسوب ذرات سیاه رنگ نانو ذره آهن صفر ظرفیتی از چسب نشاسته می توان استفاده کرد.

ب: آماده سازی محلول سنتتیک: جهت ساخت محلول سنتتیک از ترکیب نیترات پتاسیم مرک آلمان (KNO₃) استفاده شد. محلول استوک ۱۰۰۰ mg/l نیترات تهیه شد. سپس غلظتهای مختلف (۲۵، ۳۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰) mg/l از آن



با افزایش زمان تماس میزان حذف نیز افزایش یافت. به طوری که در زمان تماس ۶۰ دقیقه میزان حذف نیترات ۹۹/۱٪ مشاهده شد.

نتایج حاصل از تاثیر pH های مختلف بر میزان حذف نیترات مطابق شکل ۲ می باشد با افزایش pH میزان حذف نیترات کاهش یافت. به طوری که در pH های ۴ تا ۱۰ میزان حذف حدود ۷۰ درصد کاهش یافت. در pH برابر ۴ میزان حذف نیترات ۹۰٪ مشاهده شد.



شکل ۲: تاثیر pH های مختلف بر میزان جذب نانو ذره آهن صفر ظرفیتی با مقدار ۱۰ g/l با غلظت اولیه نیترات ۵۰ mg/l در مدت زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه

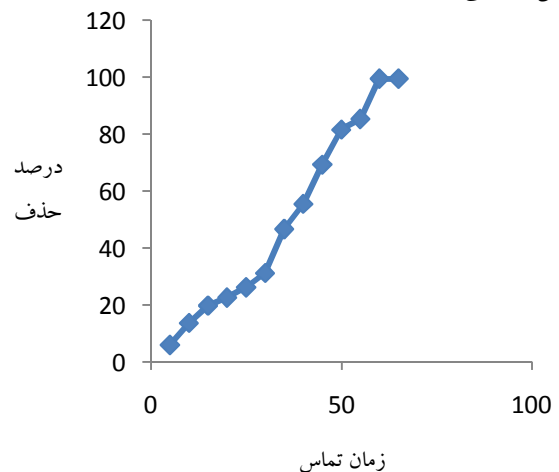
نتایج حاصل از تاثیر مقادیر مختلف نانو ذره بر میزان حذف نیترات مطابق شکل (۳) می باشد.

نتایج نشان داد که با افزایش میزان جذب از ۱۰ g/l به ۱۵ g/l کارایی حذف نیترات به میزان ۳۰ درصد افزایش می یابد ولی اضافه نمودن مقادیر بیشتری از غلظت جذب تاثیر چندانی بر افزایش

۴. بررسی تاثیر غلظتهای مختلف نیترات بر میزان جذب: در این مرحله به منظور تعیین مقدار بهینه غلظت نیترات به هر کدام از بشرهای ۲۵۰ میلی لیتر حاوی محلول نیترات با غلظتهای mg/l (۲۵، ۳۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰) در PH بهینه برابر با ۴ و زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه و غلظت بهینه نانو ذره آهن صفر ظرفیتی بهینه ۱۵ g/l اضافه گردید و غلظت بهینه مواد جاذب و جذب شونده با توجه به کارایی نانو ذره آهن تعیین گردید. کلیه پارامترهای مورد بررسی با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری UV مدل (Shimadzu-1800) در طول موج بین ۲۲۰-۵۱۰ نانومتر تعیین گردیدند.

یافته ها

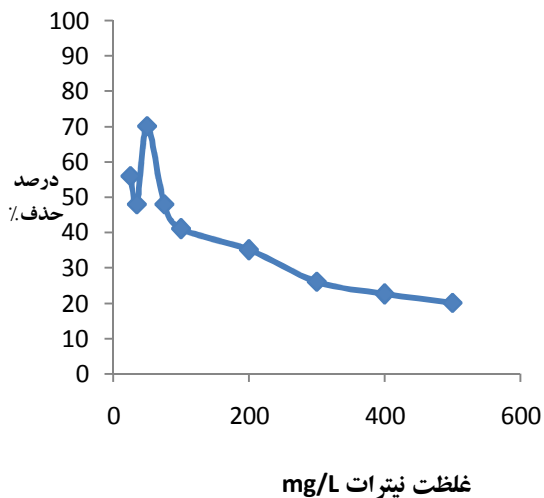
نتایج حاصل از تاثیر زمان تماس بر میزان حذف نیترات مطابق شکل (۱) می باشد.



شکل ۱: تاثیر زمانهای تماس مختلف بر میزان جذب نانو ذره آهن صفر ظرفیتی با مقدار ۱۰ g/l، غلظت اولیه نیترات PH=۷ در ۵۰ mg/l

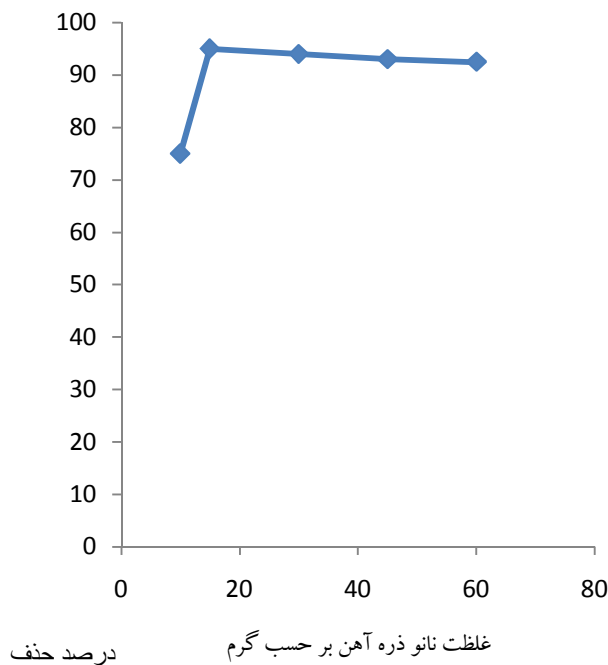


نتایج حاصل از تاثیر غلظتهای مختلف نیترات بر میزان حذف نیترات مطابق شکل (۴) می باشد.



شکل ۴: تاثیر غلظت های مختلف ماده جذب شونده بر میزان جذب نانو ذره آهن صفر ظرفیتی در pH بهینه برابر ۴ با مقدار بهینه ۱۵g/l در مدت زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه با افزایش غلظت نیترات میزان حذف کاهش یافت. به طوری که در غلظت ۵۰mg/l میزان حذف نیترات ۷۰٪ مشاهده شد. غلظت ۱۵g/l بوده که برابر ۹۵ درصد است. بررسی نتایج ایزوترمهای جذب، در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

میزان حذف نخواهد داشت. به طوری که بالاترین میزان حذف مربوط به غلظت ۱۵g/l بوده که برابر ۹۵ درصد است.



شکل ۳: تاثیر مقادیر مختلف نانو ذره آهن بر میزان جذب نانو ذره آهن صفر ظرفیتی در pH بهینه برابر ۴ با غلظت نیترات ۵۰mg/l در مدت زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه

جدول ۱: نتایج محاسبات ایزوترمهای سینتیک مورد بررسی در جذب نیترات توسط نانو ذره آهن صفر ظرفیتی در شرایط بهینه

| نتایج | پارامترهای سینتیک | سینتیک |
|-------|-------------------|----------------|
| ۰/۰۱۶ | | سینتیک درجه یک |
| ۰/۲۶۱ | | |
| ۰/۸۶۹ | | |
| ۰/۰۰۸ | | سینتیک درجه دو |
| ۶/۱۳ | | |
| ۰/۹۸۹ | | |


جدول ۲: نتایج محاسبات ایزوترمهای معمول مورد بررسی در جذب نیترات توسط نانو ذره آهن صفر ظرفیتی در شرایط بهینه

| نتایج | پارامتر ایزوترم | نوع ایزوترم |
|-------|-----------------|---------------|
| ۱/۲۴ | | فروندلیخ |
| ۰/۸۱۳ | | |
| ۰/۹۸۸ | | |
| ۷/۰۴ | | لانگمیر نوع ۱ |
| ۰/۰۱۶ | | |
| ۰/۸۶۱ | | |
| ۶/۹ | | لانگمیر نوع ۲ |
| ۰/۰۱۶ | | |
| ۰/۹۷۸ | | |
| ۵/۶۲ | | لانگمیر نوع ۳ |
| ۰/۰۲۱ | | |
| ۰/۷۴۴ | | |
| ۰/۱۱۴ | | لانگمیر نوع ۴ |
| ۰/۱۴ | | |
| ۰/۷۴۴ | | |

بحث و نتیجه گیری

با استفاده از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی حذف شد. همچنین در

۱۵ دقیقه اول میزان حذف نیترات قابل توجه بوده ولی با افزایش

زمان تماس این میزان حذف افزایش یافته است. در زمان ماند

هیدرولیکی کوتاه مواد غیر گازی مانند نیتريت

الف: اثر زمان تماس بر کارایی حذف نیترات:

در مطالعه حاضر در زمان تماس ۶۰ دقیقه بیشترین میزان حذف

نیترات مشاهده شد. در زمان تماس بهینه ۶۰ دقیقه، ۹۹/۱٪ نیترات



ج: اثر دوزاژ نانو ذره آهن صفر ظرفیتی بر کارایی حذف نیترات: در مطالعه حاضر در غلظت ۱۵ g/l نانو ذره آهن صفر ظرفیتی بیشترین میزان حذف نیترات مشاهده شده است. با افزایش غلظت جذب درصد حذف نیز افزایش یافت به طوری که با افزایش میزان جذب از ۱۰ به ۱۵ g/l میزان حذف نیترات ۳۰٪ افزایش می یابد ولی اضافه نمودن مقادیر بیشتر تاثیر چندانی نخواهد داشت. با اینکه هرچه نسبت سطح به حجم نانو ذره بیشتر واکنش پذیری بیشتر می شود ولی انتقال یونهای نیترات بر سطح ZVI یک مرحله محدود کننده است. نتایج مطالعه با تحقیقاتی که Choe و همکاران در سال ۲۰۰۰ در کشور چین انجام گرفت مطابقت دارد به طوری که در مطالعه آنها مشخص شد که کارایی حذف نیترات با افزایش دوزاژ آهن صفر ظرفیتی افزایش پیدا می کند و این درصد حذف با افزایش مقدار جذب از ۱ گرم در لیتر به ۱۰ گرم در لیتر حدود ۶۰ درصد افزایش یافت (۱۷، ۱۸).

د: اثر غلظتهای مختلف نیترات بر کارایی حذف:

با افزایش غلظت نیترات میزان حذف کاهش یافت به طوری که در غلظت بهینه ۷۰،۵۰ mg/l درصد حذف نیترات در اثر تماس مقدار بهینه نانو ذره آهن صفر ظرفیتی مشاهده شد. به دلیل اینکه انتقال یونهای نیترات بر سطح نانو ذره آهن محدود کننده است در نتیجه در غلظت پایین نیترات انتقال یون نیترات بر سطح نانو ذره با راندمان بالاتری صورت می گیرد. نتایج مطالعه با تحقیقاتی که توسط Sohn و همکاران در سال ۲۰۰۶ در کشور چین انجام گرفت مطابقت دارد به طوری که در مطالعه آنها

آمونیم (NH_4NO_2) و نیترات آمونیم (NH_4NO_3) تشکیل می شوند که تولید محصول نهایی آمونیم گازی شکل را در زمان تماس بالا کاهش می دهد. به طور خطی با افزایش زمان تماس میزان حذف نیترات افزایش می یابد (۱۴، ۱۳، ۴). طبق مطالعه انجام شده توسط Cheng و همکاران در سال ۲۰۰۰ در کشور تایوان بعد از مدت زمان ۶۰ دقیقه واکنش حدود ۸۰٪ از نیترات حذف شد که از نتیجه حاصل از تحقیق کمتر می باشد. با توجه به اینکه در ۱۵ دقیقه اول میزان حذف قابل توجهی از نیترات توسط ZVI بدست آمده است که مطابق با نتایج مطالعه حاضر است (۱۴، ۱۳، ۴).

ب: اثر pH بر کارایی حذف نیترات:

در مطالعه حاضر در pH های ۴-۶ بیشترین میزان حذف نیترات مشاهده شد. در PH بهینه برابر ۴، ۹۰٪ نیترات با استفاده از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی حذف شد. آهن صفر ظرفیتی الکترون دهنده بسیار قوی است و پتانسیل احیاء پایینی نسبت به دیگر فلزات دارد به همین دلیل در PH های پایین اکسیدهای آهن که دارای بار مثبت هستند لیگاند های آنیونی را بیشتر جذب می کنند و زمانی که PH محلول بالاتر از نقطه ایزو الکتریک باشد اکسیداسیون سطح شروع شده و تبدیل به بار منفی می شود که می تواند کمپلکس های سطحی با کاتیونها تشکیل دهد (۱۵، ۱۶). نتیجه مطالعه با تحقیقات انجام شده که توسط Huang و همکاران در سال ۲۰۰۴ در کشور کره انجام شد همخوانی دارد بطوریکه در مطالعه آنها مشخص گردید که در pH برابر ۴ حذف نیترات توسط نانو ذره آهن صفر ظرفیتی به ۹۵ درصد رسید (۱۵، ۱۶).



نتیجه گیری: بنابراین می توان گفت که حذف نیترات با نانو ذره آهن صفر ظرفیتی به دلیل ساده بودن سیستم، هزینه پایین و کارایی بالای حذف از دیدگاه مهندسی و اقتصادی بسیار مطلوب و حائز اهمیت است.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری و از طریق مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان در قالب طرحهای مصوب پایان نامه دانشجویی انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

مشخص شد که کارایی حذف با افزایش غلظت نیترات کاهش پیدا می کند (۱۹،۲۰).

ه: بررسی نتایج ایزوترمها بر کارایی حذف نیترات:

با توجه به نتایج بدست آمده، حذف نیترات با استفاده از نانو ذره آهن صفر ظرفیتی بیشتر از مدل‌های ایزوترم لانگمیر نوع ۲ و سینتیک درجه دوم پیروی می نماید، که این نتایج با مطالعات انجام شده توسط Zhang در سال ۲۰۰۴ در کشور اسپانیا و همچنین مطالعه Ahn و همکاران که در سال ۲۰۰۷ در کشور آمریکا انجام شد تطابق دارد (۲۱،۲۲).

References

- 1-Della Rocca C, Belgiorno V, Meric S. Overview of in-situ applicable nitrate removal processes. *Desalination* 2007; 204(1-3): 46-62.
- 2-Bhatnagar A, Kumar E, Sillanpaa M. Nitrate removal from water by nano-alumina Characterization and sorption studies. *Chemical Engineering journal* 2010; 163:317-323.
- 3-Till B A, Weathers LJ, Alvarez PJ. Fe (0)-supported autotrophic denitrification *Environmental Science & technology* 1998; 32(5): 634-639.
- 4-Yang G C, Lee HL. Chemical reduction of nitrate by nanosized iron: kinetics and pathways. *Water research* 2005; 39(5): 884-894.
- 5-Noubactep C, Care S. On nanoscale metallic iron for groundwater remediation. *Journal of Hazardous Materials* 2010; 182(1-3): 923-927.
- 6-Li X D, Elliott W, Zhang XW. Zero-valent iron nanoparticles for abatement of environmental pollutants: Materials and engineering aspects. *Critical reviews in solid state and materials sciences* 2006; 31(4): 111-122.
- 7-Chen YM, Li CW, Chen SS. Fluidized zero valent iron bed reactor for nitrate removal. *Chemosphere* 2005; 59(6): 753-759.
- 8-Huang YH, Zhang TC. Effects of low PH on nitrate reduction by iron powder water *Res* 2004; 38: 2631-2642.
- 9-Su Kru A, Aysen T. Nitrate and pesticides removal from contaminated water using biodenitrification reactor process. *biochemistry* 2006; 41:882-886.
- 10- Schoeman JJ, Steyn A. Nitrate removal with reverse Osmosis in a rural area in South Africa. *Desalination* 2003; 15: 15-26.
- 11-Rodriguez Maroto JM, Garcia Herruzo F, Garcia Rubio A, et al. Kinetics of the chemical reduction of nitrate by zero-valent iron. *Chemosphere* 2009; 74(6): 804-809.
- 12-Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering*. 4th ed. Esfahan: water and wastewater Publishing. 1991:1197-1202
- 13-Shin KH, Cha DK. Microbial reduction of nitrate in the presence of nanoscale zero-valent iron. *Chemosphere* 2008; 72(2): 257-262.



- 14-Li J, Li Y, Meng Q. Removal of Nitrate by zero-valent iron and pillared bentonite. *Journal of Hazardous Materials* 2010; 174(1-3): 188-193.
- 15-Choe S, Liljestrand HM, Khim J. Nitrate reduction by zero-valent iron under different pH regimes. *Applied Geochemistry* 2004; 19(3): 335-342.
- 16-Jiang Z L, Zhang W, Qiong DU, et al. Nitrate reduction using nanosized zero-valent iron supported by polystyrene resins: Role of surface functional groups. *Water research* 2011; 23(8): 1-8
- 17-Liou YH, Lo SL, Lin CJ, et al. Chemical reduction of an unbuffered nitrate solution using catalyzed and uncatalyzed nanoscale iron particles. *Journal of Hazardous Materials* 2005; 127(1-3): 102-110.
- 18- Park H, Yeon KH, Park YM, et al. Reduction of nitrate by nanoscale zero-valent iron supported on mesoporous silica beads. *Journal of Water and Environment Technology* 2008; 6(1): 35-42.
- 19-Sun Y P, Li XQ, Zhang WX, et al. A method for the preparation of stable dispersion of zero-valent iron nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2007; 308(1-3): 60-66.
- 20-Liou YH, Lo SL, Lin CJ, et al. Effect of precursor concentration on the characteristics of nanoscale zerovalent iron and its reactivity of nitrate. *Water research* 2006; 40(13): 2485-2492.
- 21-Li C W, Chen YM, Yen WS. Pressurized CO₂/zero valent iron system for nitrate removal. *Chemosphere* 2007; 68(2): 310-316.
- 22-Kassaei M Z, Motamedi E, Mikhak A, et al. Nitrate removal from water using iron nanoparticles produced by arc discharge vs. reduction. *Chemical Engineering Journal* 2011; 166: 490-495.



The Efficiency of Nitrate Removal in Drinking Water Using Iron Nano-Particle: Determination of Optimum Conditions

Malakootian M*(Ph.D)Yaghmaian K**(Ph.D) Tahergorabi M*(MS.c)***

**Corresponding Author: Professor, Department of Environmental Health Engineering, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.*

***Associate professor, Department of Environmental Health Engineering, Tehran university of Medical Sciences, Tehran, Iran.*

****MS.c Student in Environmental Health Engineering, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran.*

Abstrat

Background: Nitrate ion is among the most important pollutants of surface and underground water which enters into aquatic resources through domestic, industrial and agricultural wastewater. Nitrate ion is an indicator of underground water pollution. In addition to its toxicity, high concentration of this ion in water can cause microbial contamination. High concentration of nitrate in water is not recognizable through tasting or smelling. The aim of this research was to study the efficiency of nitrate removal in drinking water using zero-valence iron nano-particle (Fe^0) and also determination of the optimum conditions.

Methods: In this study, the ratio of sodium boro-hydride and chloro-ferric (1: 3)w/w was used to prepare zero-valence iron nano-particle. Then, effect of factors such as pH (4, 6, 8, 10), exposure time (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 and 65 min), concentration of iron nano-particle (10, 15, 30, 45 and 60 g/l) and concentration of nitrate (25, 35, 50, 75, 100, 200, 300, 400 and 500 mg/l) were studied. Absorption level and nitrate reaction dynamics were determined according to the most common isotherms and absorption kinetic.

Results: Nitrate removal at pH 4, exposure time of 60 min, 15 g/l of iron nano-particle and initial nitrate concentration of 50 mg/l were recorded as 90%, 99.1, 95 and 70% respectively. Freundlich isotherm ($R^2=0.988$) and Langmuir type 2 ($R^2=0.978$) had the highest correlation to the studied factors. Also, kinetic analysis showed that nitrate absorption by zero-valence iron nano-particle was done according to grade 2 kinetic ($R^2=0.989$).

Conclusions: Findings revealed that nitrate removal level increased as pH decreased and exposure time and concentration of zero-valence iron nano-particle increased. Also, as nitrate concentration increased, removal percentage decreased. Therefore, to remove higher levels of nitrate, optimal experimental conditions should be determined.

Keywords: Iron nano-particle, Nitrate removal, Drinking water