مجله علوم پزشکی زانکو/ دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ تابستان ۱۳۹۶/ ۳۲-۲۰

مقاله پژوهشی
(Originalpaper)

بررسی کارایی حذف نیترات به وسیله‌ی خاک رس قرمز اصلاح شده با EDTA از محلول های آبی در حضور مداخله‌گرهای آنیونی

محمد حسن احرامپوش[۱]، محمد تقی قانعیان[۲]، رسول خسروی[۳*]

۱- استاد، مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی ، یزد، ایران

۳- عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران * شماره تماس: ۰۵۶۳۲۳۸۱۲۲۴ دورنگار: ۰۵۶۳۲۳۸۱۱۳۲ khosravi.r89@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: حذف نیترات از محیط‌های آبی، توسط یک فرآیند مؤثر و مقرون به صرفه، امری ضروری می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی حذف نیترات از محلول‌های آبی، توسط یک جاذب جدید در حضور آنیون‌های مداخله‌گر انجام شد.

مواد و روش‌کار: این مطالعه به صورت تجربی و در آزمایشگاه انجام شد. مشخصات جاذب توسط آزمون BET، SEM و FTIR تعیین گردید. اثر متغیر pH و دوز جاذب، مورد بررسی قرار گرفت همچنین اثر تداخل یونی آنیون‌های سولفات، فسفات، کلراید و فلوراید بر راندمان حذف نیترات تعیین شد. برای تعیین غلظت نیترات از اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۲۰nm و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

یافته‌ها: فرآیند اصلاح جاذب سبب شده است که سطح ویژه‌ی جاذب از ۱/۸۸ m^2/g به ۲/۸۸ m^2/g برسد. تصاویر SEM نشان داد که ناهمواری سطح جاذب پس از فرآیند اصلاح، افزایش یافته است. گروه‌های عاملی مختلفی بر روی سطح جاذب، توسط آزمون FTIR مشخص شد. بالاترین راندمان حذف نیترات، بدون اثر مداخله‌گرها در pH برابر با ۲ و در دوز ۱۰ g/l برابر با ۹۴/۶۹٪ به‌دست آمد همچنین معلوم شد که آنیون‌های تک‌ظرفیتی، اثر مداخله‌ای بیشتری نسبت به آنیون‌های چندظرفیتی بر حذف نیترات توسط جاذب دارند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج مشخص می‌شود که خاک رس اصلاح شده با EDTA می‌تواند؛ با راندمان نسبتا زیادی نیترات را جذب نماید. غلظت و ظرفیت آنیون‌های مداخله‌گر ، نقش مهمی در اثر تداخلی آنها در فرآیند جذب سطحی دارد.

واژه‌های کلیدی: نیترات، جذب سطحی، تصفیه، خاک رس

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

مقدمه

آلودگی منابع آبی با ترکیبات نیتروژنه از قبیل نیترات، نیتریت و آمونیوم، یک مشکل جهانی در حال افزایش است (۱). منابع مختلفی از قبیل زائدات انسانی، کودهای کشاورزی، شیرابه های لندفیل و پساب‌های انسانی از عمده منابع آلوده‌کننده‌ی محیط به نیترات می‌باشند (۲). حلالیت بالای نیترات در داخل محیط‌های آبی و عدم آگاهی انسان‌ها، سبب آلودگی های زیست محیطی به‌وسیله‌ی نیترات در سرتاسر جهان شده است. وجود نیترات در داخل محیط‌های آبی می‌تواند؛ سبب مشکلات زیست محیطی از قبیل رشد اورگانیسم‌ها و جلبک‌ها و به دنبال آن کاهش DO محیط و اوتریفیکاسیون شود همچنین موجب مشکلات سلامتی از قبیل مت هموگلوبینما در کودکان (بچه آبی) و تولید ترکیبات سرطان‌زای نیتروزآمین در بدن گردد (۱،۳،۴). با توجه به مشکلات سلامتی مرتبط با نیترات، سازمان بهداشت جهانی حداکثر غلظت مجاز آن در آب آشامیدنی را برابر با ۴۵ mg/l بر حسب نیترات تعیین نموده است (۵).

نیترات یک یون پایدار است و حلالیت بالایی دارد که حذف آن از محیط‌های آبی، توسط روش‌های متداول از قبیل انعقاد، لخته سازی یا سبک سازی با آهک مشکل می‌باشد (۶). بنابراین روش‌های مختلفی از قبیل رزین‌های تبادل یونی، احیای شیمیایی، الکترودیالیز، دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی، اسمزمعکوس و نانوفیلتراسیون برای حذف نیترات مورد استفاده قرار گرفته است (۷). در این میان، روش بیولوژیکی نیازمند افزایش منبع کربن برای انجام فرآیند دنیتریفیکاسیون است و دفع لجن ناشی از بیومس جز معایب این سیستم‌ها می‌باشد. روش تبادل یونی نیازمند احیاء و تجدید رزین و همچنین دفع پساب حاصل از احیاء می‌باشد. در احیای الکتروشیمی، الکترودها به راحتی غیر فعال می‌شوند. اسمز معکوس نیز هزینه راهبری بالایی دارد. احیای کاتالیستی موجب تولید محصولات جانبی خطرناک، از قبیل نیتریت و آمونیوم می‌شود. در این میان فرآیند جذب سطحی نسبت به سایر تکنیک‌ها، دارای برتری‌هایی از قبیل هزینه‌ی کم، راهبری راحت و طراحی ساده می‌باشد (۸). جاذب‌های مختلفی از قبیل نانوفیبرهای سلولزی کاتیونی (۹)، نانوکامپوزیت Fe3O4/ZrO2/Chitosan (۳)، سیلیکا (۱۰)، رزین‌های ساخته شده از ساقه‌ی گندم و پنبه (۱) آلومینای اشباع شده با فلزات (۲)، گرافن (۴)، رزین‌های تبادل یونی (۶)، نانوکمپوزیت زغال زیستی/MgO (۱۱) و زغال زیستی (۱۲) توسط محققین مختلف به منظور حذف نیترات از محیط‌های آبی مورد بررسی قرار گرفته است.

استفاده از جاذب‌های معدنی طبیعی از قبیل خاک رس، برای حذف نیترات با توجه به فراوانی و کم هزینه بودن، مورد توجه محققین مختلف از جمله Cengeloglu (۱۳)، Ozturk (۱۴) و Mena-Duran (۱۵) قرار گرفته است. خاک رس یکی از مواد فراوان در طبیعت و بسیار ارزان قیمت می‌باشد همچنین با توجه به کانی تشکیل دهنده، دارای خصوصیات متفاوتی است. در این مطالعه از خاک رس قرمز که در مناطق اطراف شهرستان اردبیل وجود دارد به عنوان جاذب اولیه‌ی حذف نیترات استفاده شده است همچنین به منظور بهبود ساختار جاذب و تغییر گروه‌های عاملی آن، از EDTA به عنوان عامل اصلاح کننده‌ی خاک بهره گرفته شده است. روش‌های مختلفی برای بهبود ساختار و اصلاح خصوصیات جذبی رس، مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله‌ی آن می توان به استفاده از مواد اسیدی، هیدروکسیل فلزات و سورفاکتانت به منظور تغییر ساختار معدنی یا آلی اشاره نمود. اصلاح سطح خاک رس توسط EDTA و جایگزین کردن این

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

ملکول‌ها در سایت‌های رس، سبب تغییر خاصیت هیدروفیلی به اورگانوفیل/هیدروفوب می‌شود که نتیجه‌ی آن افزایش بین لایه‌های روی سطح جاذب، لایه‌ای شدن و افزایش تخلخل می‌باشد. جاذب خروجی از مرحله‌ی اصلاح با EDTA، به عنوان اورگانورس شناخته می‌شود. فرآیند اصلاح رس توسط EDTA، تبادل کاتیون بین گروه عاملی سورفاکتانت با کاتیون‌های روی سطح رس می‌باشد (۱۶). Abdollahzadeh و همکاران در مطالعه‌ی خود، برای حذف اسید هیومیک از محیط‌های آبی، از نانورس اصلاح شده با EDTA استفاده کردند (۱۶). در مطالعه‌ی حاضر علاوه بر بهینه سازی فرآیند جذب سطحی نیترات توسط خاک رس قرمز اصلاح شده با EDTA، خصوصیات خاک رس قرمز اولیه و اصلاح شده با EDTA و همچنین اثر تداخل یونی بر روی فرآیند جذب نیترات مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌کار

آماده سازی و اصلاح جاذب

در ابتدا خاک رس قرمز (Red clay, RC) به منظور حذف رنگ اضافی، چندین مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک گردید؛ سپس به منظور اصلاح، خاک رس قرمز آماده شده به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در تماس با EDTA قرار گرفت تا خاک رس قرمز اصلاح شده با EDTA (EDTA-RC) به دست آید. بعد از این مدت، EDTA-RC چندین بار با آب بدون یون شسته شد تا EDTA اضافی حذف گردد؛ سپس در دمای ۶۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت درون آون گذاشته شد تا رطوبت آن گرفته شود.

بهینه سازی فرایند جذب و بررسی اثر تداخل یونی

این تحقیق به صورت ناپیوسته در ارلن‌هایی به حجم ۱۰۰ cc و بر روی شیکر انجام گرفت. برای تهیه‌ی غلظت‌های مختلف نیترات، از محلول نیترات پتاسیم تهیه شده از شرکت مرک استفاده گردید. بعد از آماده شدن جاذب‌ها، برای انجام آزمایش‌ها ابتدا مقدار 50 cc نمونه با غلظت مشخص توسط استوانه مدرج برداشته و داخل ارلن ریخته شد همچنین در صورت نیاز به تنظیم pH ، با استفاده از HCl و NaOH یک نرمال، pH تنظیم گردید؛ سپس دوز مشخصی از جاذب وزن و به نمونه‌ی داخل ارلن اضافه شد. در این مرحله سریعا ارلن بر روی شیکر گذاشته شد و سرعت شیکر تنظیم گردید. پس از زمان تماس مشخصی، نمونه از روی شیکر برداشته شد و جهت سنجش مقدار نیترات باقی مانده، مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی بهینه سازی فرآیند جذب، دو متغیر مهم اثر pH اولیه‌ی محلول با دامنه ۱۱-۲ (۱۱ و۸ - ۷-۶-۴-۲) و اثر دوز جاذب g/l ۱۰-۱ (g/l ۱-۲-۴-۶-۸-۱۰) مورد بررسی قرار گرفت؛ سپس اثر تداخل یونی در حضور آنیون‌های مهم سولفات، فسفات، کلراید و فلوراید در دامنه غلظتی متداول در منابع آبی مورد بررسی شد. غلظت‌های انتخابی آنیون‌ها با توجه به مقادیر غلظتی معمول آنها در محیط‌های آبی بود و نقش هر کدام در غلظت‌های مختلف، بر روی راندمان حذف نیترات، توسط جاذب جدید مورد آزمایش قرار گرفت. برای اطمینان از تکرار نتایج، هر مرحله از آزمایش دو بار تکرار و میانگین نتایج گزارش شد.

روش‌های آنالیز

در این آزمایش سنجش مقدار نیترات از روش اسپکتروفتومتری با استفاده از اسپکتروفتوم UV/VIS T80+ Spectrometer در طول موج ۲۲۰ نانومتر و اندازه‌گیری سایر آنیون‌ها نیز بر اساس روش‌های ارائه شده در کتاب استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب (۱۷) انجام شد. جهت بررسی خصوصیات جاذب‌های مورد استفاده از جمله سطح ویژه، عوامل فعال و

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

مشاهده‌ی ساختار میکروسکوپی از آزمایش‌های BET (Brunauer–Emmett–Teller)، FTIR (Fourier Transform Infrared spectroscopy) و SEM (scanning electron microscope) استفاده شد.

جهت تعیین درصد حذف و ظرفیت جذب نیترات به ترتیب از معادلات ۱ و ۲ استفاده شده است:

$$= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \quad \text{(رابطه ۱)}$$

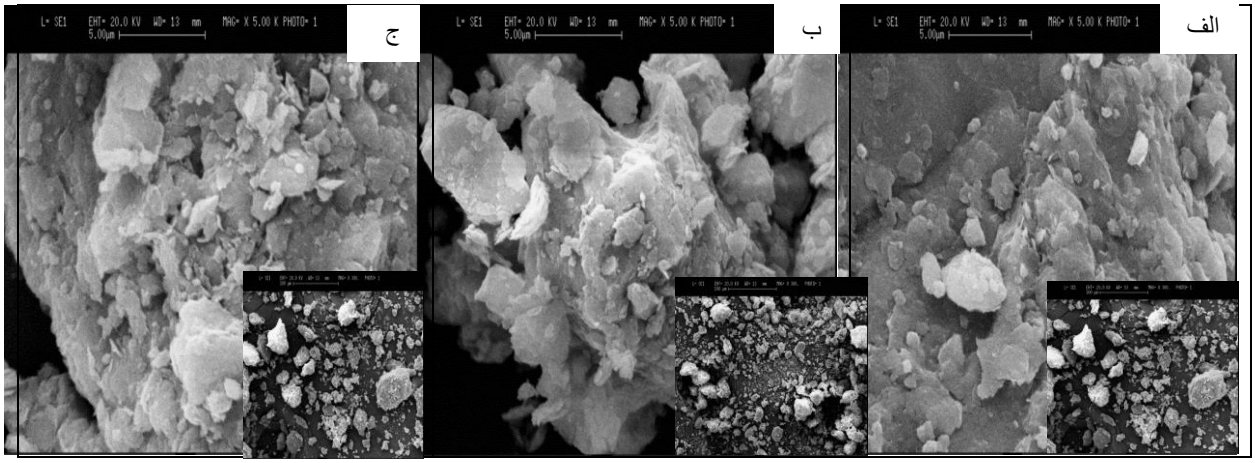
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{M} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

C0 غلظت اولیه‌ی نیترات (mg/l) ، Ct غلظت باقیمانده‌ی نیترات (mg/l) در زمان t، V حجم محلول (L) ، M جرم جاذب (g) می باشد.

یافته‌ها

خصوصیات جاذب

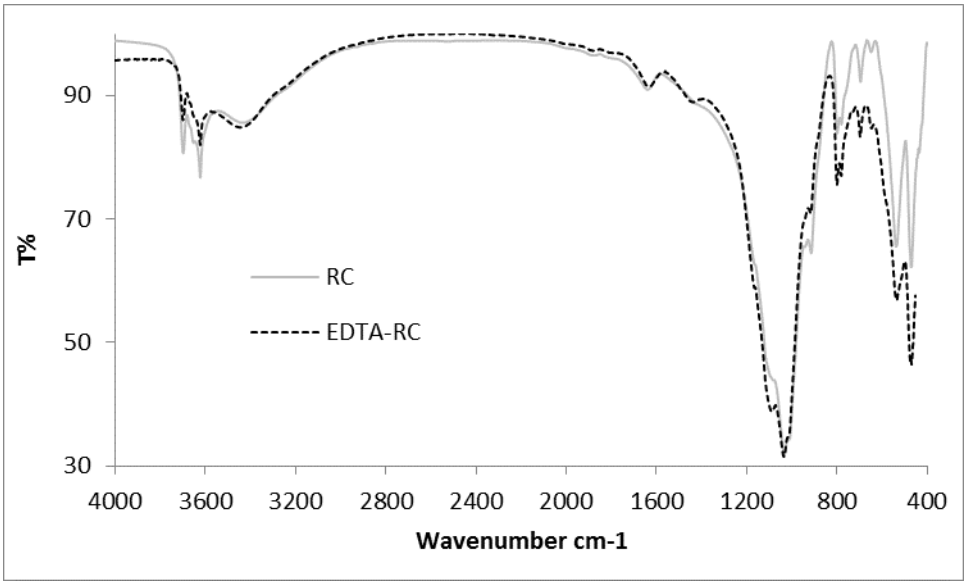
آزمایش BET نشان داد که سطح ویژه‌ی خاک رس قرمز برابر با ۱/۸۸ m^2/g بوده که پس از اصلاح با EDTA به ۲/۸۸ m^2/g رسیده است همچنین با این آزمایش مشخص شد که حجم حفرات نیز، پس از فرایند اصلاح افزایش یافته است. شکل ۱ بیانگر تصاویر SEM در دو بزرگنمایی می‌باشد. شکل ۱ الف، RC را نشان می‌دهد؛ در این تصاویر ساختار یکپارچه و کم تخلخل سطح جاذب به طور واضح قابل مشاهده و قابل مقایسه با سطح ناهموار EDTA-RC (شکل ۱ ب) است. شکل ۱ ج، سطح EDTA-RC را بعد از فرایند جذب نشان می دهد که ناهمواری‌ها و خلل و فرج بر روی این سطح نیز نمایان می‌باشد.



شکل ۱: تصاویر SEM در بزرگنمایی های مختلف:
الف. RC، ب. EDTA -RC قبل از فرایند جذب سطحی و ج. ERTA-RC پس از فرایند جذب سطحی

برای تعیین گروه‌های عاملی و تأثیر فرآیند اصلاح بر روی گروه‌های عاملی موجود بر سطح جاذب، از آزمایش FTIR استفاده شده است. شکل ۲ نشان دهنده ی طیف FTIR مربوط به RC و EDTA-RC می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که گروه‌های عاملی زیادی از جمله باند C-O در دامنه‌ی ۱۲۰۰ تا ۸۰۰، باند Al-O و Si-O در دامنه‌ی ۸۵۰ تا ۴۰۰ و باند O-H در دامنه‌ی ۴۰۰۰ تا ۳۶۰۰ وجود دارد. شکل ۲ نشان می‌دهد که فرآیند اصلاح سبب تغییر گروه‌های عاملی موجود بر روی سطح جاذب شده است.

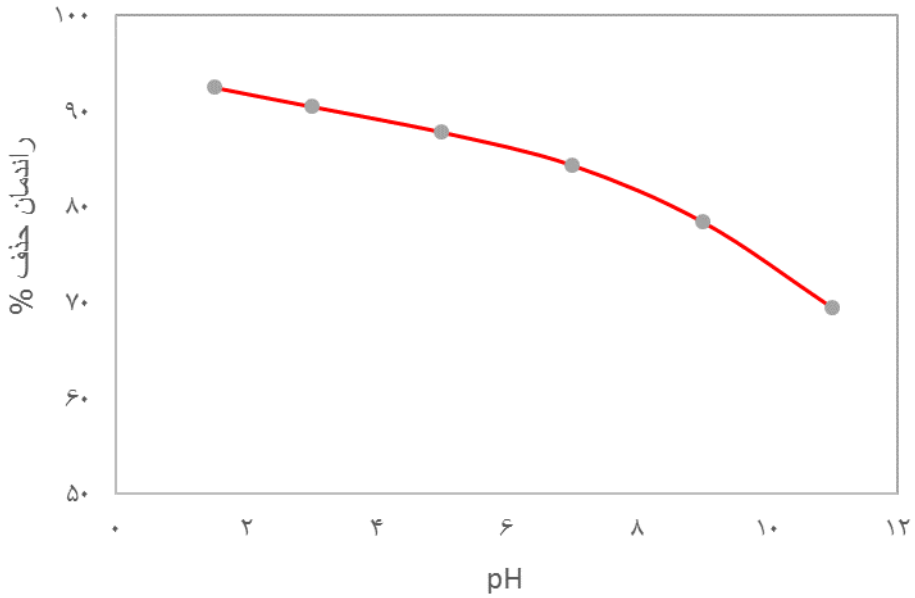
[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]



شکل ۲: طیف FTIR مربوط به RC و EDTA-RC

اثر pH محلول

شکل ۳ اثر pH اولیه‌ی محلول را بر روی راندمان حذف نیترات توسط EDTA-RC نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است؛ با افزایش pH محلول از ۲ به ۱۱، راندمان حذف نیترات توسط EDTA-RC روند کاهشی دارد. در این آزمایش مشخص شد که در pH برابر با ۲، راندمان حذف نیترات ۹۲/۳۸٪ به دست آمده است که با افزایش pH به ۱۱، راندمان حذف به ۶۹/۳۹٪ رسیده است. این نتایج نشان می‌دهد که pH بهینه‌ی فرآیند جذب ۲ می‌باشد.



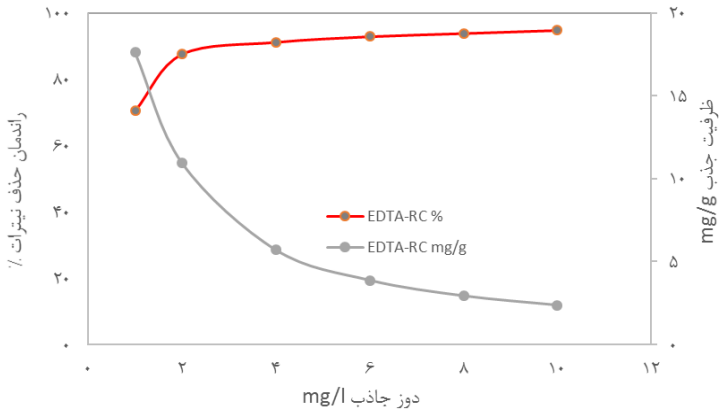
شکل ۳: اثر pH اولیه محلول

(غلظت اولیه نیترات ۲۵mg/l، زمان تماس ۶۰ دقیقه، دوز جاذب ۱g/l، سرعت اختلاط ۱۵۰ دور بر دقیقه)

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

اثر دوز جاذب

نتایج اثر دوز جاذب بر روی راندمان حذف نیترات و ظرفیت، در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج این بخش از آزمایش نشان داد که با افزایش دوز جاذب، راندمان حذف افزایش و ظرفیت جذب آن کاهش می‌یابد؛ به طوری‌که ظرفیت جذب برای دوز ۱ g/l برابر با ۱۷/۵۹ mg/g بوده و در دوز جاذب ۱۰g/l، ظرفیت جذب آن به۲/۳۶ mg/g کاهش یافته است. راندمان حذف فرآیند در دوز جاذب ۱ g/l نیز برابر با ۷۰/۳۹ ٪ بوده و با افزایش میزان دوز به ۲ g/l، راندمان حذف با شیب تندی به ۸۷/۴۹ ٪رسیده است امّا بعد از این دوز، راندمان حذف با شیب ملایمی افزایش یافته است؛ به طوری‌که در دوز ۱۰g/l ، راندمان حذف به ۹۴/۶۹ ٪رسیده است.

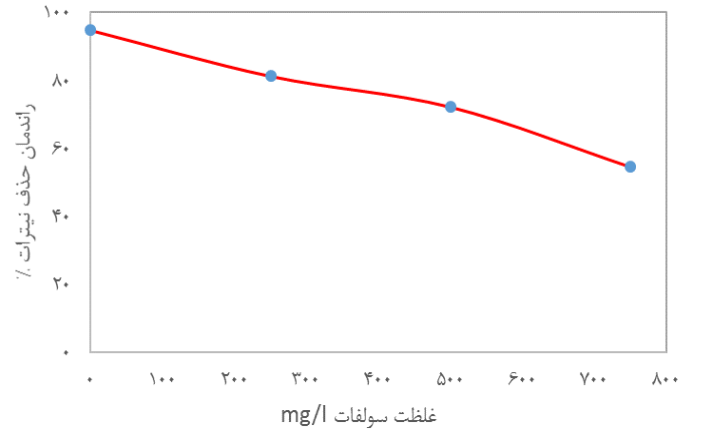


شکل ٤: اثر دوز جاذب

(غلظت اولیه نیترات ۲۵mg/l، زمان تماس ٦۰ دقیقه، pH=۲، سرعت اختلاط ۱۵۰ دور بر دقیقه)

اثر تداخل یونی

شکل ۵ اثر تداخل یون سولفات بر روی راندمان حذف نیترات را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود؛ با افزایش غلظت یون سولفات از ۰ mg/l به ۷۵۰ mg/l ، راندمان حذف از ۹۴/۶۹٪ به ۵۴/۴۸٪ رسیده است.

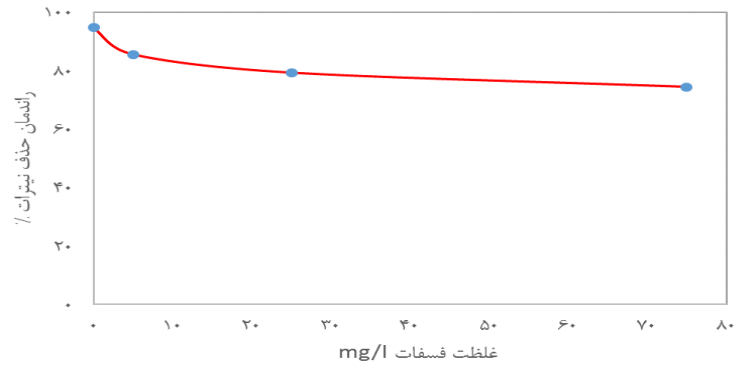


شکل ۵: اثر وجود حضور یون سولفات

(pH=۲، غلظت نیترات برابر با ۲۵mg/l ، سرعت ۲۵۰rpm، دوز ۱۰g/l ، زمان ٦۰ دقیقه)

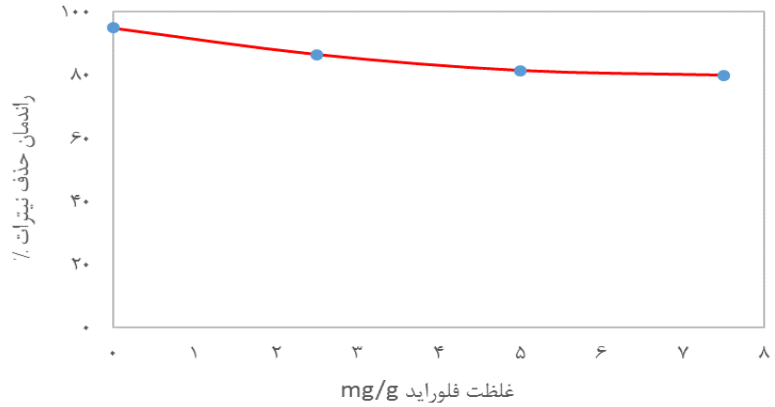
[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

شکل ۶ اثر تداخل یون فسفات را بر روی راندمان حذف نیترات، توسط EDTA-RC نشان می‌دهد. در این شکل مشخص می‌شود که با افزایش یون فسفات در محلول، راندمان حذف نیترات روندی کاهشی را نشان می‌دهد؛ به طوری‌که راندمان حذف در غلظت ۷۵ mg/l به ۷۴/۳۹ ٪ رسیده است.



شکل ٦: اثر وجود حضور یون فسفات
(pH=۲، غلظت نیترات برابر با ۲۵mg/l ، سرعت ۲۵۰rpm، دوز ۱۰g/l ، زمان ٦۰ دقیقه)

شکل ۷ اثر تداخل یون فلوراید را بر روی راندمان حذف نیترات، توسط EDTA-RC نشان می‌دهد. در این شکل، روند کاهشی راندمان حذف نیترات با افزایش غلظت یون فلوراید قابل مشاهده می‌باشد. راندمان حذف نیترات در صورت عدم حضور فلوراید برابر با ۹۴/۶۹٪ بوده و در حضور غلظت ۷/۵ mg/l از فلوراید به ۷۹/۶۹٪ رسیده است.

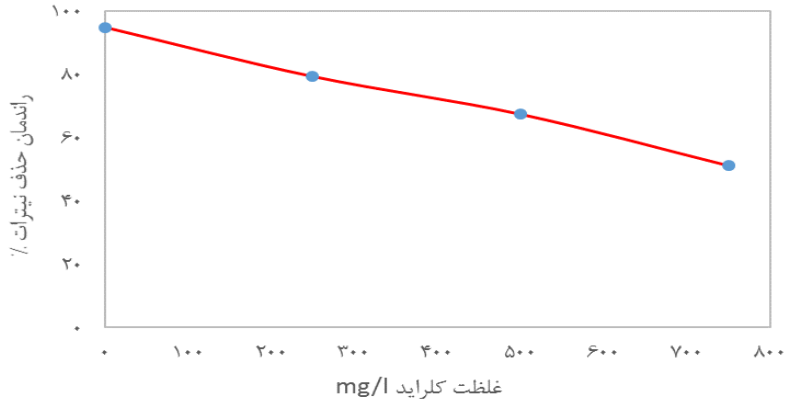


شکل ۷ : اثر وجود حضور یون فلوراید
(pH=۲، غلظت نیترات برابر با ۲۵mg/l ، سرعت ۲۵۰rpm، دوز ۱۰g/l ، زمان ٦۰ دقیقه)

اثر تداخل یون کلراید در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود؛ با افزایش غلظت یون کلراید در محلول حاوی نیترات، راندمان حذف نیترات توسط جاذب کاهش می‌یابد. به طوری‌که در صورت عدم حضور کلراید، راندمان حذف برابر با ۹۴/۶۹٪ بوده است و با افزایش غلظت

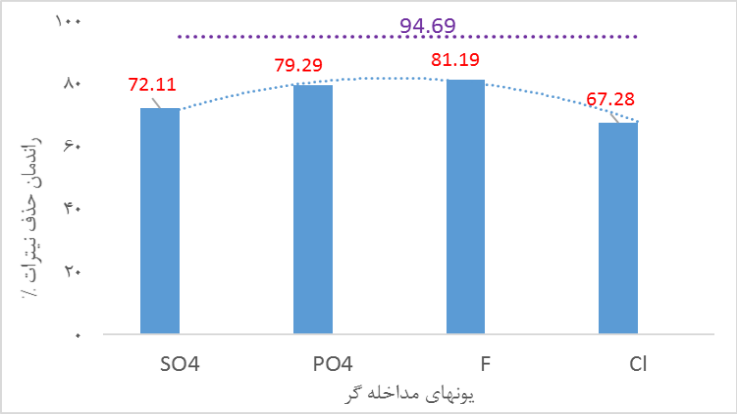
[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

کلراید به mg/l ۷۵۰ ، راندمان حذف به ٪۵۱/۰۴ کاهش یافته است.



شکل ۸: اثر وجود حضور یون کلراید
(pH=۲، غلظت نیترات برابر با ۲۵mg/l ، سرعت ۲۵۰rpm، دوز ۱۰g/l ، زمان ۶۰ دقیقه)

شکل ۹ مقایسه‌ی اثر تداخل یونی آنیون‌های مختلف را در غلظت های متوسط بر روی راندمان حذف نیترات نشان می‌دهد. با توجه به شکل، یون کلراید بیشترین اثر بر روی راندمان حذف را دارد و کمترین اثر در حضور یون فلوراید قابل مشاهده می‌باشد همچنین مشخص می‌شود که آنیون‌های مداخله‌گر استفاده شده با غلظت بالاتر، سبب کاهش بیشتری در راندمان حذف نیترات شده‌اند؛ به طوری‌که کلراید و سولفات بیشترین اثر را بر روی راندمان حذف داشته‌اند و حضور فلوراید که با غلظت پایین تر نسبت به سایر آنیون‌ها مورد استفاده قرار گرفته؛ کمترین کاهش راندمان نیترات را در پی داشته است. به طورکلی، حضور هر یک از آنیون‌ها در غلظت های متداول داخل آب، در کنار یون نیترات سبب کاهش راندمان حذف نیترات شده است.



شکل ۹: مقایسه اثر مداخله ای آنیون های مختلف سولفات
با غظلت ۵۰۰ mg/l ، فسفات با غظلت ۲۵ mg/l، فلوراید با غظلت ۵ mg/l و کلراید با غظلت ۵۰۰ mg/l

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به آزمون BET مشخص می شود که سطح ویژه RC بسیار پایین می باشد و با اصلاح آن توسط EDTA، افزایش می‌یابد امّا این افزایش ویژه بعد از فرآیند اصلاح چندان چشمگیر نیست. بنابراین می توان گفت؛ جذب فیزیکی نیترات بر روی سطح جاذب به تنهایی نمی‌تواند عامل اصلی جذب باشد بلکه وجود گروه‌های عاملی که با آزمون FTIR تایید شده؛ نقش اصلی در فرایند جذب را داشته است. گروه‌های عاملی موجود بر روی سطح جاذب می‌تواند برای جذب گروه‌های نیتراته مطلوب و محل‌هایی مناسب برای جذب آن باشد (۱۵). تغییرات ایجاد شده در مورفولوژی جاذب، پس از فرآیند اصلاح نشان می‌دهد؛ میزان تخلخل افزایش چشمگیری پیدا نکرده است که این نتایج نیز موید آزمون BET می‌باشد امّا ساختار روی سطح کاملا تغییر یافته؛ حالت یکنواختی و یکپارچگی خود را از دست داده و به سطحی ناهموار تبدیل شده است. تغییرات ایجاد شده، نشان‌دهنده‌ی اثر EDTA بر روی سطح جاذب می‌باشد.

یکی از مهمترین پارامترهای اثرگذار روی فرآیند جذب، pH محیط می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در pH های اسیدی راندمان حذف نیترات بالاتر از pH های بازی است. آزمایش pHzpc نشان داد؛ اصلاح جاذب با EDTA ، pHzpc را از ۸ به ۷/۵ کاهش داده است که با نتایج پژوهش Repo و همکاران (۲۰۱۳) نیز همخوانی دارد؛ با این تفاوت که در مطالعه‌ی Repo و همکاران، از کیتوزان اصلاح شده با EDTA به منظور حذف کاتیون کبالت استفاده گردید همچنین این محققین بیان کردند؛ اصلاح جاذب به وسیله EDTA، موجب کاهش pHzpc جاذب می‌شود. این امر سبب ایجاد سطح جاذب دارای بار مثبت در pH های بسیار پایین‌تر می‌گردد (۱۸). در نتیجه با توجه به اینکه نیترات یک آنیون و دارای بار منفی می‌باشد؛ بهترین شرایط جذب آن، مثبت بودن سطح جاذب مورد نظر است. بنابراین در pH های پایین تر از pHzpc، سطح جاذب دارای بار مثبت و برای جذب آنیون‌هایی از جمله نیترات مطلوب می‌باشد همچنین می‌توان گفت که در pH های پایین‌تر، بار منفی روی سطح جاذب و رقابت آنیون‌ها یا عمل دفع روی سطح جاذب کاهش می‌یابد و شرایط برای جذب نیترات دارای بار منفی بهتر می‌شود. افزایش بار مثبت روی سطح جاذب در pH های اسیدی، به دلیل کشش نیروهای الکترواستاتیکی برای جذب آنیون نیترات مطلوب می‌باشد (۱۴). نتایج مطالعه‌ی سایر محققین از جمله Cho و همکاران (۱۹) و Islam و همکاران (۲۰) نیز نشان داد که بالاترین راندمان حذف نیترات در pH های اسیدی رخ می‌دهد.

یکی دیگر از پارامترهای اثرگذار بر روی فرآیند جذب، مقدار جاذب مورد استفاده می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش دوز جاذب، راندمان حذف نیترات افزایش می‌یابد و ظرفیت جذب روندی معکوس را نشان می‌دهد همچنین سطح در دسترس برای جذب آلاینده افزایش می‌یابد؛ در نتیجه کارایی حذف بیشتر می‌شود امّا با افزایش مقدار دوز جاذب، نسبت ماده‌ی جذب شونده به مقدار جاذب کاهش می‌یابد که این امر سبب کاهش ظرفیت جذب می‌شود (۲۱،۲۲). نتایج پژوهش Cengeloglu و همکاران (۱۳) نیز روند مشابهی را نشان می‌دهد. در این آزمایش بالاترین راندمان حذف نیترات برای غلظت mg/l ۲۵، ۹۴/۶۹٪ به دست آمد. این درصد حذف در صورت عدم حضور آنیون‌های مداخله‌گر متداول در داخل آب حاصل شده است. برای بررسی راندمان حذف نیترات در حضور آنیون‌های مهم داخل آب و اثر این آنیون‌های مداخله‌گر بر راندمان حذف نیترات توسط خاک رس قرمز اصلاح شده با EDTA، غلظت های

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

مختلف آنیون های سولفات، فسفات، کلراید و فلوراید مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج مطالعات سایر محققین از جمله Keranen و همکاران (۲۳) و Islam و همکاران (۲۰) نشان داد که پارامترهای غلظت، عدد اتمی و ظرفیت هر آنیون در میزان تمایل جاذب برای جذب آنها مؤثر می‌باشد. در مطالعه‌ی Islam و همکاران مشخص شد که ترتیب اثرآنیون‌های مداخله‌گر بر جذب نیترات (از اثرگذارترین به کم اثرترین آنیون)، عبارت است از: کربنات، بی کربنات، فسفات، کلراید و سولفات. این آنیون‌ها سبب کاهش جذب نیترات شد (۲۰). نتایج پژوهش Kernan و همکاران نیز نشان داد که اثر فسفات و سولفات بر روی میزان جذب نیترات توسط خاک اره‌ی اصلاح شده‌ی درخت کاج بسیار چشمگیر می‌باشد امّا اثر فسفات از سولفات بالاتر بود. این محققین بیان کردند که تمایل جاذب به آنیون سه ظرفیتی فسفات نسبت به جذب نیترات تک ظرفیتی بیشتر است (۲۳). در مطالعه‌ی حاضر مشخص شد که در غلظت‌های یکسان، حضور یون کلراید نسبت به سولفات اثر بیشتری بر راندمان حذف نیترات داشته است. این نتیجه نشان می‌دهد که EDTA-RC تمایل بیشتری به جذب آنیون‌های تک ظرفیتی نسبت به دو ظرفیتی دارد و مشخص می‌شود که پارامتر ظرفیت، نقش مؤثرتری نسبت به عدد اتمی در تداخل جذب نیترات داشته است. این مسئله حاکی از آن است که جذب نیترات در آب‌های حاوی سولفات بهتر از آب‌های حاوی کلراید انجام خواهد شد همچنین با مقایسه‌ی تداخل یون فلوراید و فسفات که با غلظت‌های متفاوت (غلظت استفاده شده از یون فسفات ۵ برابر یون فلوراید می‌باشد.) مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ اثر تداخل یون فسفات در کاهش راندمان نیترات، ۲٪ بیشتر از یون فلوراید می‌باشد. این نتیجه نیز مؤید تمایل بیشتر جاذب به آنیون‌های تک ظرفیتی بوده و نشان می‌دهد که عدد اتمی و یا وزن مولکولی نقش کمتری در میزان جذب دارد. نتایج تحقیق Keranen و همکاران (۲۳) نشان داد؛ اثر مداخله‌ای فسفات بر روی حذف نیترات توسط رزین تبادل یونی خاک اره‌ی اصلاح شده‌ی درخت کاج بیشتر از سولفات می باشد که این موضوع با نتایج مطالعه‌ی حاضر تطابق ندارد. با مقایسه‌ی نتایج این پژوهش با مطالعه‌ی Keranen و همکاران مشخص می‌شود که فرآیند مطالعه‌ی حاضر، جذب سطحی و مطالعه‌ی محققین مذکور، تبادل یونی بوده است. این مسئله نشان می‌دهد که پارامتر ظرفیت آنیون در فرآیند تبادل یونی در رده‌ی بعدی نسبت به عدد اتمی قرار دارد.

نتایج مطالعه‌ی حاضر حاکی از آن است که اصلاح خاک رس قرمز با EDTA، سبب افزایش اندک سطح ویژه‌ی جاذب می‌گردد ولی سبب تغییر ساختار یکپارچه و گروه‌های عاملی روی سطح جاذب می‌شود. بهینه سازی فرآیند جذب نشان داد که نیترات در pH های اسیدی، بهتر جذب می‌شود همچنین اثر تداخل یونی نشان داد که با افزایش غلظت مداخله‌گرها، راندمان حذف نیترات کاهش می‌یابد و ظرفیت آنیون مداخله‌گر اثر مهمی در میزان تداخل آن آنیون دارد. به طور کلی نتایج آزمایش جذب، گویای آن است که EDTA-RC می‌تواند راندمان نسبتا بالایی در حذف نیترات داشته باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد که در این پژوهش همکاری داشته‌اند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارند.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

References:

1. Xu X, Gao B, Yue Q, Li Q, Wang Y. Nitrate adsorption by multiple biomaterial based resins: Application of pilot-scale and lab-scale products. Chem Eng J. 2013; 234: 397-405.
2. Jain S, Bansiwal A, Biniwale RB, Milmille S, Das S, Tiwari S, et al. Enhancing adsorption of nitrate using metal impregnated alumina. J Environ Chem Eng. 2015; 3(4-A): 2342-9.
3. Jiang H, Chen P, Luo S, Tu X, Cao Q, Shu M. Synthesis of novel nanocomposite Fe3O4/ZrO2/chitosan and its application for removal of nitrate and phosphate. Appl Surf Sci. 2013; 284: 942-9.
4. Ganesan P, Kamaraj R, Vasudevan S. Application of isotherm, kinetic and thermodynamic models for the adsorption of nitrate ions on graphene from aqueous solution. J Taiwan Inst Chem Eng. 2013; 44(5): 808-14.
5. Milmile SN, Pande JV, Karmakar S, Bansiwal A, Chakrabarti T, Biniwale RB. Equilibrium isotherm and kinetic modeling of the adsorption of nitrates by anion exchange Indion NSSR resin. Desalination. 2011; 276(1-3): 38-44.
6. Hekmatzadeh AA, Karimi-Jashni A, Talebbeydokhti N, Kløve B. Adsorption kinetics of nitrate ions on ion exchange resin. Desalination. 2013; 326: 125-34.
7. Nunell GV, Fernandez ME, Bonelli PR, Cukierman AL. Nitrate uptake improvement by modified activated carbons developed from two species of pine cones. J Colloid Interface Sci. 2015; 440: 102-8.
8. Hu Q, Chen N, Feng C, Hu W. Nitrate adsorption from aqueous solution using granular chitosan-Fe^{3+} complex. Appl Surf Sci. 2015; 347: 1-9.
9. Sehaqui H, Mautner A, de Larraya UP, Pfenninger N, Tingaut P, Zimmermann T. Cationic cellulose nanofibers from waste pulp residues and their nitrate, fluoride, sulphate and phosphate adsorption properties. Carbohydr Polym. 2016; 135: 334-40.
10. Chen F, Wu Q, Lü Q, Xu Y, Yu Y. Synthesis and characterization of bifunctional mesoporous silica adsorbent for simultaneous removal of lead and nitrate ions. Sep Purif Technol. 2015; 151: 225-31.
11. Zhang M, Gao B, Yao Y, Xue Y, Inyang M. Synthesis of porous MgO-biochar nanocomposites for removal of phosphate and nitrate from aqueous solutions. Chem Eng J. 2012; 210: 26-32.
12. Wang Z, Guo H, Shen F, Yang G, Zhang Y, Zeng Y, et al. Biochar produced from oak sawdust by Lanthanum (La)-involved pyrolysis for adsorption of ammonium (NH4(+)), nitrate (NO3(-)), and phosphate (PO4(3-)). Chemosphere. 2015; 119: 646-53.
13. Cengeloglu Y, Tor A, Ersoz M, Arslan G. Removal of nitrate from aqueous solution by using red mud. Sep Purif Technol. 2006; 51(3): 374-8.
14. Öztürk N, Bektaş TE. Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials. J Hazard Mater. 2004; 112(1-2): 155-62.
15. Mena-Duran CJ, Sun Kou MR, Lopez T, Azamar-Barrios JA, Aguilar DH, Dominguez MI, et al. Nitrate removal using natural clays modified by acid thermoactivation. Appl Surf Sci. 2007; 253(13): 5762-6.
16. Abdoallahzadeh H, Alizadeh B, Khosravi R, Fazlzadeh M. Efficiency of EDTA modified nanoclay in removal of humic acid from aquatic solutions. J Mazandaran Univ Med Sci. 2016; 26(139): 111-25.
17. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
18. Repo E, Koivula R, Harjula R, Sillanpää M. Effect of EDTA and some other interfering species on the adsorption of Co(II) by EDTA-modified chitosan. Desalination. 2013; 321: 93-102.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

19. Cho D-W, Chon C-M, Kim Y, Jeon B-H, Schwartz FW, Lee E-S, et al. Adsorption of nitrate and Cr(VI) by cationic polymer-modified granular activated carbon. Chem Eng J. 2011; 175: 298-305.
20. Islam M, Patel R. Physicochemical characterization and adsorption behavior of Ca/Al chloride hydrotalcite-like compound towards removal of nitrate. J Hazard Mater. 2011; 190(1-3): 659-68.
21. Khosravi R, Fazlzadehdavil M, Barikbin B, Taghizadeh AA. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by granular and powdered Peganum Harmala. Applied Surface Science. 2014;292:670-7.
22. Fazlzadeh M, Rahmani K, Zarei A, Abdoallahzadeh H, Nasiri F, Khosravi R. A novel green synthesis of zero valent iron nanoparticles(NZVI) using three plant extracts and their efficient application for removal of Cr(VI) from aqueous solutions. Adv Powder Technol. 2017; 28(1): 122-30.
23. Keränen A, Leiviskä T, Hormi O, Tanskanen J. Removal of nitrate by modified pine sawdust: Effects of temperature and co-existing anions. J Environ Manage. 2015; 147: 46-54.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]

Original paper

Investigation of Nitrate Removal from Aqueous Solution by EDTA Modified Red Clay in Presence of Anionic Interferences

Mohammad Hasan Ehrampoush[1], Mohammad Taghi Ghaneian[2], Rasoul Khosravi[3*]

1. Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

*3. Member of Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran (Corresponding author) Phone number: 05632381224, Fax:05632381132 , Mail: khosravi.r89@gmail.com

Abstract

Background and Objective: removal of nitrate from aqueous solutions by an efficient and cost-effective process is essential. The aim of this study was to evaluate nitrate removal from aqueous solutions by a new adsorbent and investigation of ionic Interference.

Material and Methods: This experimental study was carried out in the laboratory. Adsorbent characteristics were investigated by BET, SEM and FTIR methods. PH solution and adsorbent dosage were the main variants that were examined and ionic interaction of sulfate, phosphate, chloride and fluoride on nitrate removal was also determined. For nitrate determination was used spectrophotometer at 220 nm. Data analysis was performed by Excel software

Results: Adsorbent modification process led to increase specific surface aria from 1.88m2/g to 2.88m2/g. SEM images sowed that adsorbent morphology has become more uneven. FTIR spectrum determine more functional groups on adsorbent surface. Highest efficiency was achieved 94.69% by pH 2 and 10 g/l adsorbent without ionic interference. The ionic interference investigation results showed that monovalent anions had more effect on nitrate removal than multivalent anions.

Conclusion: The results showed the EDTA modified red clay is efficient adsorbent for nitrate removal. Anion concentration and their valence had most important rule in their interference in adsorption process.

Keywords: Nitrate, Adsorption, Treatment, Clay

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-02]