



Original Research Paper

Removal of iron from salt water entering the chlor-alkali membrane system using activated carbon adsorbent to reduce environmental damage*Shahab aldin Rastegarzadeh**Department of Chemical Engineering, Mahshahr Branch, Islamic Azad University, Mahshahr, Iran***Key Words**

Activated carbon
Iron ion (III)
Adsorption
Environment

Abstract

Introduction: Heavy metal ions have deadly and deadly effects on all life forms and enter the food chain through the disposal of waste in water channels. One of the most important heavy metals is iron. There are several methods used to remove heavy metal ions. The adsorption method is widely used due to its easy operation, low energy consumption, easy maintenance, high adsorption capacity and high efficiency. Activated carbon as an adsorbent with high adsorption capacity and low cost, has many applications in heavy metal removal processes. The purpose of this paper is to remove iron (III) ions from brine entering the chlorinated alcohol system using activated carbon adsorbent to reduce environmental damage.

Materials & Methods: In order to achieve this goal, after preparation of activated carbon adsorbent, and its contact with salt water of chlor-alkali unit containing iron (III) ion, the effect of adsorbent amount factors (0.5 to 2 g/l), contact time (15 to 120 minutes) and pH (3 to 9) were assessed.

Result: Based on the results of this study, pH = 7 was determined as the optimal pH and 90 minutes as the equilibrium time. with increasing the amount of adsorbent, the removal percentage increased and the maximum removal percentage of iron ions in the amount of 2 g / l of activated carbon adsorbent was obtained.

Conclusion: The effect of contact time, pH and the amount of activated carbon adsorbent on the process of iron ion removal was significant ($p < 0.05$).

* Corresponding Author's email: srastegarzadeh@yahoo.com

مقاله پژوهشی

حذف آهن از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلر آلکالی با استفاده از جاذب کربن فعال به منظور کاهش آسیب به محیط زیست

شهاب‌الدین رستگارزاده

گروه مهندسی شیمی، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

کلمات کلیدی

کربن فعال
یون آهن (III)
جذب سطحی
محیط زیست

چکیده

مقدمه: یون‌های فلزات سنگین اثرات مہلک و مرگ‌باری بر همه اشکال حیات دارند و از طریق دفع پسماندها در کانال‌های آب، وارد زنجیره غذایی می‌گردند. یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین، آهن است. روش‌های متعددی برای حذف یون‌های فلزات سنگین، مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش جذب سطحی به دلیل عملکرد آسان، مصرف انرژی کم، نگهداری آسان، ظرفیت جذب بالا و کارایی بالا به طور گسترده استفاده می‌شود. کربن فعال به عنوان یک جاذب با ظرفیت جذب بالا و قیمت پائین، کاربردهای بسیار فراوانی در فرآیندهای حذف فلزات سنگین دارد. هدف از انجام این مقاله، حذف یون آهن (III) از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلر آلکالی با استفاده از جاذب کربن فعال به منظور کاهش آسیب به محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور نیل به این هدف پس از تهیه و آماده‌سازی جاذب کربن فعال و تماس آن با آب نمک واحد کلر آلکالی حاوی یون آهن (III)، اثر عوامل مقدار جاذب (۰/۵ تا ۲ گرم بر لیتر)، زمان تماس (۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه) و pH (۳ تا ۹) بررسی شد. **نتایج:** براساس نتایج حاصل از این پژوهش، $pH=7$ به عنوان pH بهینه و زمان ۹۰ دقیقه به عنوان زمان تعادل تعیین گردید. با افزایش مقدار جاذب، درصد حذف افزایش یافت و حداکثر درصد حذف یون آهن در مقدار ۲ گرم بر لیتر جاذب کربن فعال به دست آمد. **نتیجه‌گیری و بحث:** اثر عوامل زمان تماس، pH و مقدار جاذب کربن فعال بر فرآیند حذف یون آهن معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

مقدمه

پیشرفت تکنولوژی و صنعت در جهان موجب رفاه، بهبود و بالا رفتن سطح زندگی جوامع بشری می‌گردد. توسعه روزافزون صنعت اگرچه مزایای بی‌شماری را با خود به همراه می‌آورد ولی ضایعات و آلاینده‌هایی را با خود به همراه می‌آورد که ورود این مواد به منابع آبی سبب آلودگی می‌گردد که زیان ناشی از آلودگی از طریق صدمات مستقیم نظیر اختلال در عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی صورت می‌گیرد. از انواع این آلاینده‌ها می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد (جهانگیری و همکاران، ۱۳۹۹). فلزات سنگین، عناصری هستند که دارای وزن اتمی بین ۶۳/۵ تا ۲۰۰/۶ و وزن مخصوص بزرگ‌تر از ۵/۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشند. یون‌های فلزات سنگین اثرات مہلک و مرگ‌باری بر همه اشکال حیات دارند و از طریق دفع پسماندها در کانال‌های آب، وارد زنجیره غذایی می‌گردند (Fu و Wang، ۲۰۱۱). فلزات به علت عدم تجزیه‌پذیری زیستی و توانایی ورود و تجمع در زنجیره‌های غذایی به‌عنوان تهدیدی برای سلامت موجودات زنده و مخرب ساختار اجتماعی محسوب می‌شوند (سینکاگریمی و همکاران، ۱۳۹۷). مقادیر هشدار دهنده‌ای از فلزات سنگین سمی به‌همراه پسماندهای صنایع مستقیماً در محیط زیست رها شده که اکوسیستم‌های طبیعی و سلامت عمومی بشر را به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، به‌مخاطره انداخته است (Khatri و همکاران، ۲۰۱۷). با وجود در نظر گرفتن قوانین سخت‌گیرانه بیشتر و دقیق‌تر در این زمینه، امروزه فلزات سنگین، به‌عنوان آلاینده‌های اولویت‌دار محیط زیستی مطرح بوده و در حال تبدیل شدن به یکی از جدی‌ترین مشکلات محیط زیستی می‌باشند. بنابراین، به‌منظور محافظت از انسان و محیط زیست، این فلزات سنگین باید حذف گردند (Fu و Wang، ۲۰۱۱). آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به‌دلیل تاثیر سوء این مواد سمی بر ارگانیسم‌های زنده، تبدیل به مسئله‌ای جهانی شده است (Burchett و MacFarlane، ۲۰۰۰). فلزات سنگین به‌دلیل پایداری بالا در محیط و تجمع در مخازن طبیعی و نهایتاً ورود به چرخه غذایی از اهمیت بوم‌شناختی زیادی برخوردارند (Loska و همکاران، ۲۰۰۴). یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین آهن می‌باشد. یون آهن چهارمین عنصر فراوان زمین است. وجود آهن در آب باعث بروز مشکلاتی مانند رنگ قرمز، بو و هم‌چنین ایجاد بستر مناسب جهت رشد باکتری‌ها در آب می‌شود (Khatri و همکاران، ۲۰۱۷). این فلز دارای اثرات نامطلوب بر محیط زیست و سلامت انسان می‌باشد و هم‌چنین وجود بیش از حد آن ممکن است منجر به مشکلات حیاتی مانند رشد ضعیف، نارسایی قلبی و دیابت شود (Sedighi و همکاران، ۲۰۱۴) و وجود آن در آب، حتی در غلظت‌های کم می‌تواند مشکلات بهره‌برداری و زیبایی‌شناختی را به‌وجود آورد. از جمله باعث لکه‌دار شدن و زنگ‌زدگی وسایل آشپزخانه، وسایل حمام و لباس‌های شسته شده و هم‌چنین باعث ظاهر متمایل به زرد آب و بو و طعم نامطبوع

در نوشیدنی‌ها و غذا می‌شود (Qasim و همکاران، ۲۰۰۵؛ Songyan و همکاران، ۲۰۰۹). این فلز در سختی آب سهیم بوده، منجر به کاهش فشار در پمپ‌ها، گرم‌کننده‌های آب و لوله‌ها شده و هم‌چنین باعث خوردگی و ترسیب در سیستم توزیع آب و کدورت می‌گردد (García-Mendieta و همکاران، ۲۰۰۹). غلظت بالای آهن در آب خام برای واحد تامین آب مشکل‌زا خواهد بود، چون محصول هیدرولیز سه تایی آهن می‌تواند فیلتر را مسدود، دوره شستشوی معکوس را کوتاه و فرکانس آن را افزایش دهد (Songyan و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این موارد، آهن رشد انواع میکروارگانیسم‌های مقاوم به کلر را در سیستم توزیع افزایش می‌دهد که باعث افزایش هزینه‌های تمیزسازی و استریزه کردن، علاوه بر مشکلات بو و طعم می‌شود (Vayenas و Tekerlekopoulou، ۲۰۰۹). سازمان بهداشت جهانی رهنمود ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر را برای جلوگیری از چنین مشکلاتی در سیستم‌های توزیع قرار داده است (Sedighi و همکاران، ۲۰۱۴؛ Songyan و همکاران، ۲۰۰۹؛ Vayenas و Tekerlekopoulou، ۲۰۰۹). ترکیبات آهن در آب به دو صورت یون دو ظرفیتی (فرو) و سه ظرفیتی (فریک) می‌باشد. ترکیبات آهن موجود در آب‌های سطحی بیش‌تر به صورت فریک می‌باشند، در واقع در اثر مجاورت آب با هوا، اکسیژن کافی موجود در آب، ترکیبات آهن را به‌طور کامل اکسید شده تبدیل می‌کند. ترکیبات فریک شکل کاملاً اکسید شده ترکیبات فرو می‌باشند که در صورت تماس با هوا، از حالت فرو به فریک تبدیل می‌گردد. Gadd و Shama (۲۰۱۰) نیز ظرفیت جذب خاک رس و کربن فعال در یک سیستم ناپیوسته برای حذف فلزات سنگین آهن، مس، روی، سرب، کروم و کادمیوم را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان تماس راندمان افزایش یافته و به مقدار ۹۶/۷ درصد می‌رسد اما با افزایش غلظت اولیه برای برخی فلزات این مقدار تا مقدار ۹۱ درصد کاهش می‌یابد. Radnia و همکاران (۲۰۱۳)، جذب یون‌های آهن دو ظرفیتی محلول در آب به‌وسیله جاذب کیتوزان که از پوست میگو تهیه شده را بررسی کردند و راندمان جذب ۹۲/۹٪ و حداکثر ظرفیت جذب را ۲۸۷ میلی‌گرم بر گرم بیان کردند و کیتوزان را به‌عنوان جاذب بالقوه مناسبی جهت حذف یون آهن دو ظرفیتی از محلول آبی معرفی کردند. پتروشیمی اروند در راستای آرمان‌های خودکفایی و توسعه صنعتی و با هدف تأمین مواد اولیه صنایع پایین‌دستی مورد نیاز بازارهای داخلی و خارجی در سایت سه منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر و در زمینی به مساحت ۱۰۸ هکتار احداث گردیده است. این مجتمع مجری مجموعه زنجیره‌ای کارخانه‌های کلرآلکالی، اتیلن دی کلراید و پلی وینیل کلراید و نیز واحدهای جانبی هم‌چون اسیدسولفوریک، واحد اکسیژن، واحد برج‌های خنک‌کننده، کارخانه شستشوی نمک و خطوط انتقال آب نمک می‌باشد. کارخانه کلرآلکالی ظرفیت تولیدی بالغ بر ۶۶۰،۰۰۰ تن در سال کاستیک (NaOH) بر مبنای کاستیک ۱۰۰٪ و معادل آن ۱/۳۲۰/۰۰۰ تن کاستیک ۵۰٪ را دارد. این واحد

جدول ۱: مشخصات آب نمک ورودی

پارامتر	مقدار
NaCl	۳۱۰ گرم بر لیتر
Mg	۷ میلی‌گرم بر لیتر
Na ₂ SO ₄	۲۶ میلی‌گرم بر لیتر
Free Chlorine	صفر
pH	۷/۹
Fe (III)	۲۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر

آزمایش بررسی زمان تماس: نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری از محلول آب نمک حاوی یون آهن (III) با غلظت ۲۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر در تماس با ۰/۵ گرم کربن فعال قرار داده و از دستگاه شیکر با سرعت هم‌زن ۱۰۰ دور در دقیقه، برای مخلوط کردن محلول‌ها و کربن فعال استفاده گردید. pH محلول‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری بر روی ۷ تنظیم گردید. دمای دستگاه شیکر بر روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. محتویات نمونه پس از گذشت زمان ۱۵ دقیقه از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ عبور، سپس به ظرف مخصوص نمونه‌برداری انتقال و پس از درج شماره نمونه، مقدار یون آهن (III) آن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای سایر نمونه‌ها، همین مراحل با گذشت زمان ۱۵ دقیقه دوم تا ۱۵ دقیقه هشتم تکرار شد. سپس نمونه‌ها به ظروف مخصوص نمونه‌برداری انتقال و پس از درج شماره نمونه، مقدار یون آهن (III) آن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Mobasherpour و همکاران، ۲۰۱۱).

آزمایش بررسی pH: نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری از محلول آب نمک حاوی یون آهن (III) با غلظت ۲۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر در تماس با ۰/۵ گرم کربن فعال قرار داده و از دستگاه شیکر با سرعت هم‌زن ۱۵۰ دور در دقیقه، برای مخلوط کردن محلول‌ها و جذب کربن فعال استفاده گردید. به‌منظور بررسی تاثیر pH، محلول‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری با pHهای ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ تهیه گردید. دمای دستگاه شیکر بر روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. سپس نمونه‌ها به ظروف مخصوص نمونه‌برداری انتقال و پس از درج شماره نمونه و گذشت زمان ۹۰ دقیقه، مقدار یون آهن (III) آن با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Mobasherpour و همکاران، ۲۰۱۱).

آزمایش بررسی میزان جذب: نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری از محلول آب نمک حاوی یون آهن (III) با غلظت ۲۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب در تماس با ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ گرم کربن فعال قرار داده و از دستگاه شیکر با سرعت هم‌زن ۱۵۰ دور در دقیقه، برای مخلوط کردن محلول‌ها و کربن فعال استفاده گردید. pH محلول‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری بر روی ۷ تنظیم گردید. دمای دستگاه شیکر بر روی ۲۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. سپس نمونه‌ها به ظروف مخصوص نمونه‌برداری انتقال و پس از درج شماره نمونه و گذشت زمان ۹۰ دقیقه، با استفاده از دستگاه جذب اتمی مقدار یون آهن (III) اندازه‌گیری شد (Mobasherpour و همکاران، ۲۰۱۱).

به دو خط تولید تقسیم شده که هرکدام ۵۰٪ از تولید کل را بر عهده دارد. خوراک این واحد آب نمک با غلظت ۳۱۰-۳۰۰ گرم بر لیتر است که برای تولید آب نمک ۱/۱۹۶/۰۰۰ تن در سال شسته شده از واحد استحصال و شستشوی نمک به دست می‌آید. در سیستم کلر الکالی، روش‌های مختلفی در تولید کلر وجود دارد که شامل سل‌های الکترولیز از یک طرف و سل‌های ممبران از طرف دیگر می‌باشد. در سیستم‌های ممبران وجود آهن موجب آسیب به ساختار غشایی شده، بنابراین نیاز است تا روشی مناسب در این خصوص مطالعه گردد که بالاترین راندمان و پایین‌ترین هزینه و آسیب به محیط‌زیست را داشته باشد. وجود یون‌های آهن موجب ایجاد مقاومت الکتریکی و کاهش راندمان سیستم می‌گردد. در واقع مساله مورد نظر در این موضوع کنترل آهن در سیستم الکترولیز غشایی می‌باشد. آهن از منابع مختلفی وارد سیستم می‌شود که شامل ساختار خوراک مورد نظر، فرایندهایی که در محل خوراک انجام می‌گیرد. بنابراین، به‌منظور حذف و جداسازی یون آهن سه ظرفیتی نیاز است تا روش مناسبی اتخاذ گردد. هدف از انجام این پژوهش، حذف یون آهن (III) از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلر الکالی توسط جذب کربن فعال به‌منظور کاهش آسیب به محیط زیست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

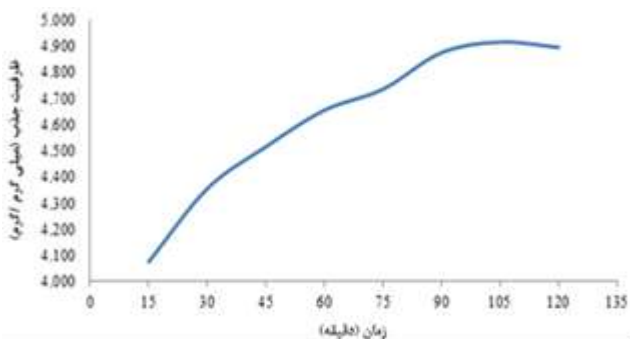
تحقیق "حذف آهن از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلر الکالی با استفاده از جذب کربن فعال به‌منظور کاهش آسیب به محیط‌زیست" در تابستان ۱۳۹۵، در پتروشیمی اروند، واقع در منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر انجام شد. در این پژوهش برای بررسی کارایی جذب کربن فعال در جذب یون آهن، تعداد ۶۰ نمونه از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلر الکالی تهیه و به آزمایشگاه مرکزی پتروشیمی اروند انتقال داده شدند. سپس تأثیر فاکتورهای مختلف زمان تماس، pH و مقدار جذب بر روی کارایی جذب کربن فعال در حذف یون آهن از آب نمک ورودی به سیستم، در قالب آزمایشات جذب بررسی گردید. هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین آن‌ها با یکدیگر مقایسه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گردید هم‌چنین برای رسم نمودارها، از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

تهیه جاذب: کربن فعال پودری، که ماده اولیه آن از چوب خام است از شرکت مرک آلمان خریداری شد. اندازه ذرات جاذب بین ۳۲۵ تا ۴۲۵ میکرون انتخاب شد. سپس جاذب توسط آب مقطر و مواد پاک‌کننده چربی کاملاً شسته و در آن در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت خشک شد (Memon و همکاران، ۲۰۰۷).

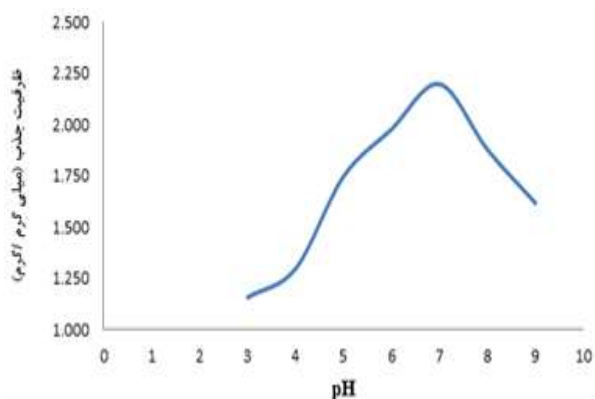
بررسی مشخصات آب نمک ورودی به واحد کلر الکالی پتروشیمی اروند: مشخصات آب نمک ورودی به واحد کلر الکالی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

۹۰ دقیقه و کم‌ترین درصد حذف و ظرفیت جذب در زمان ۱۵ دقیقه می‌باشد. کارایی جاذب کربن فعال در زمان تعادل، برای حذف یون آهن در زمان ۹۰ دقیقه با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از زمان‌های دیگر بود ($p < 0.05$). با توجه به این‌که از زمان ۹۰ دقیقه میزان درصد حذف تقریباً ثابت بوده و از این زمان به بعد افزایش محسوسی در درصد حذف یون آهن (III) مشاهده نگردید این زمان به‌عنوان زمان تعادل انتخاب گردید. در واقع در زمان ۹۰ دقیقه تمامی سایت‌های جاذب به‌وسیله یون‌های آهن (III) اشباع گردیده و پس از این زمان جذبی صورت نمی‌گیرد.

بررسی اثر تغییرات میزان pH: تأثیر pH اولیه محلول بر روی درصد حذف و ظرفیت جذب در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود در محیط اسیدی مقدار درصد حذف و ظرفیت جذب پایین بوده و با افزایش مقدار pH ظرفیت جذب و درصد حذف افزایش یافته است. بیش‌ترین درصد حذف و ظرفیت جذب در $pH = 7$ برابر ۷ و کم‌ترین درصد حذف و ظرفیت جذب در $pH = 3$ می‌باشد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، بیش‌ترین میزان حذف یون آهن با استفاده از جاذب کربن فعال، در pH با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از pH‌های دیگر بود ($p < 0.05$). بنابراین pH به‌عنوان pH بهینه انتخاب گردید.



شکل ۲: نمودار تاثیر زمان بر ظرفیت جذب



شکل ۴: نمودار تاثیر pH بر ظرفیت جذب

محاسبه میزان درصد حذف و ظرفیت جذب: به‌منظور محاسبه درصد حذف یون آهن (III) با استفاده از جاذب کربن فعال از رابطه ۱ استفاده گردید (ملکوتیان و خزایی، ۱۳۹۳):

$$\%R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 10$$

رابطه (۱):

$R =$ درصد حذف یون آهن (III)، $C_0 =$ غلظت اولیه یون آهن (III) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، $C_t =$ غلظت ثانویه یون آهن (III) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

همچنین به‌منظور محاسبه میزان جذب در هر بازه زمانی، از رابطه ۲ (Hekmatzadeh و همکاران، ۲۰۱۳) استفاده گردید.

$$q_t = \frac{C_0 - C_t}{m} \times V$$

رابطه (۲):

و به‌منظور محاسبه میزان جذب تعادلی از رابطه ۳ استفاده (Hekmatzadeh و همکاران، ۲۰۱۳) گردید.

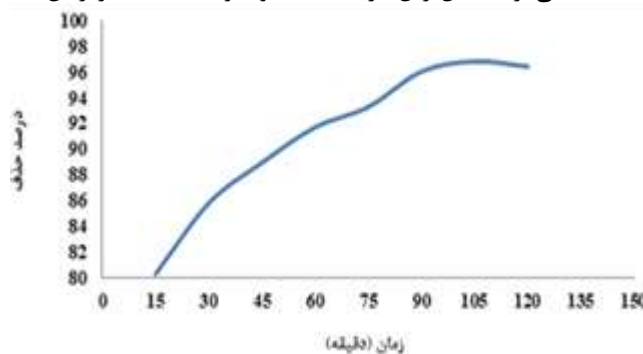
$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V$$

رابطه (۳):

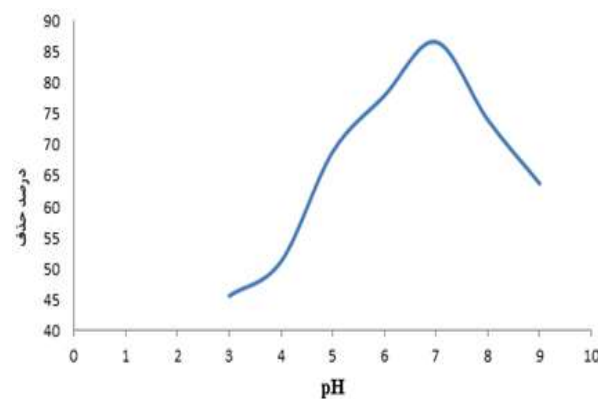
$q_e =$ ظرفیت جذب تعادلی بر حسب میلی‌گرم بر گرم، $q_t =$ ظرفیت جذب یون آهن (III) در زمان مورد بررسی بر حسب میلی‌گرم بر گرم، $V =$ حجم محلول یون آهن (III) لیتر، $m =$ جرم جاذب بر حسب گرم می‌باشد.

نتایج

بررسی اثر زمان تماس: تأثیر تغییرات زمان بر روی درصد حذف و ظرفیت جذب در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. همان‌طور‌که مشاهده می‌گردد بیش‌ترین درصد حذف و ظرفیت جذب در زمان

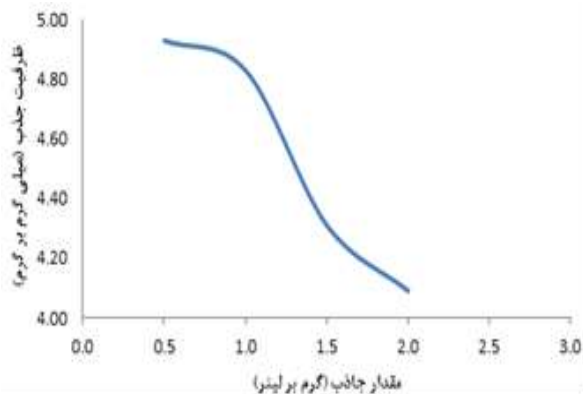


شکل ۱: نمودار تاثیر زمان بر درصد حذف



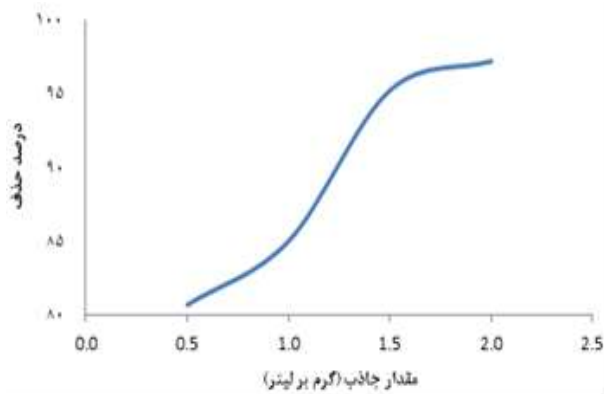
شکل ۳: نمودار تاثیر pH بر درصد حذف

گرم جاذب کربن فعال به دست آمد. هم‌چنین با افزایش مقدار جاذب، درصد حذف افزایش یافت و حداکثر درصد حذف یون آهن با اختلاف معنی‌داری در مقدار ۲ گرم بر لیتر جاذب کربن فعال به دست آمد ($p < 0.05$).



شکل ۶: نمودار تاثیر مقدار جاذب بر ظرفیت جذب

بررسی اثر تغییرات میزان جاذب کربن فعال: تأثیر مقدار جاذب کربن فعال بر روی درصد حذف و ظرفیت جذب در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بیش‌ترین درصد حذف در مقدار ۲ گرم بر لیتر و کم‌ترین درصد حذف در مقدار ۰/۵



شکل ۵: نمودار تاثیر مقدار جاذب بر درصد حذف

بحث

و ظرفیت جذب در $\text{pH}=3$ می‌باشد و pH بهینه در جذب یون آهن (III) با استفاده از جاذب کربن فعال $\text{pH}=7$ می‌باشد. Goher و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی حذف یون‌های آلومینیوم، آهن و منگنز از پسماندهای صنعتی با استفاده از کربن فعال گرانول نیز $\text{pH}=7$ را به عنوان pH بهینه بیان کردند. در pH ‌های پائین، غلظت یون H^+ در محیط زیاد بوده و هم‌چنین سطح جاذب دارای بار مثبت است. بنابراین رقابت بین یون‌های فلزی و H^+ محیط در جذب بر روی سطح جاذب از یک طرف و دافعه ایجاد شده یون‌های فلزی و نیز ذرات جاذب دارای بار مثبت از سوی دیگر سبب کاهش جذب توسط جاذب کربن فعال می‌گردد. کاهش جذب در pH ‌های بالا نیز به علت افزایش یون‌های Na^+ در محیط و رقابت با یون‌های آهن (III) می‌باشد. هم‌چنین با افزایش pH رسوب یون‌های فلزی به صورت OH^- در نتیجه تراکم یون‌های هیدروکسید مشاهده و سبب کاهش درصد جذب می‌شود که این نتایج با نتایج پژوهش‌های Pyrzynska و Stafiej (۲۰۰۷) و Zhou و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. با افزایش مقدار جاذب کربن فعال، درصد حذف یون آهن افزایش یافت. در واقع با افزایش مقدار جاذب، نواحی سطحی بیش‌تری از جاذب در دسترس یون آهن قرار می‌گیرد و تعداد جایگاه‌های فعال جاذب در محلول پساب افزایش می‌یابد و در نتیجه راندمان حذف یون آهن افزایش و درصد حذف افزایش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش مقدار جاذب کربن فعال، ظرفیت جذب کاهش یافت. علت کاهش ظرفیت با افزایش مقدار جاذب این است که با افزایش جرم جاذب در محلول، برخی از جایگاه‌های فعال جاذب، به دلیل موانع فیزیکی و فضایی مسدود شده و جایگاه‌های فعال جاذب در دسترس کاهش می‌یابد. حداکثر درصد حذف یون آهن در مقدار ۲ گرم بر لیتر جاذب کربن فعال به دست آمد که این نتایج با نتایج گزارش Onundi و همکاران (۲۰۱۰) و Ghoniem و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. در

به دلیل مشکلات عمده حضور فلزات سنگین در محیط زیست، روش‌های مختلفی برای تصفیه پساب حاوی فلزات سنگین در سال‌های اخیر توسعه یافته است. تکنیک جذب یون‌های آلاینده بر روی سطح جاذب، به علت عملکرد آسان، نگهداری ساده، ظرفیت جذب زیاد، مصرف انرژی کم، کارایی بالا و هزینه کم، برای تصفیه آب و پساب به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش، از جاذب کربن فعال برای حذف یون‌های آهن (III) از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلرآلکالی به منظور کاهش آسیب به محیط‌زیست استفاده شد. به منظور بررسی عملکرد کربن فعال در شرایط مختلف، آزمایش‌ها ابتدا در سیستم ناپیوسته انجام شد. نتایج نشان داد درصد حذف و ظرفیت جذب با گذشت زمان افزایش می‌یابد که علت این امر افزایش احتمال برخورد یون‌های فلزی با نقاط فعال روی جاذب کربن فعال می‌باشد. Bernard و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنعتی توسط کربن فعال تهیه شده از پوسته نارگیل و Aji و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کاربرد کربن فعال در حذف آهن و منگنز از آب سد آلابو در میدوگوری نیز به همین نتایج دست یافتند. حداقل مقدار جذب در زمان ۱۵ دقیقه و حداکثر مقدار جذب در زمان ۹۰ دقیقه حاصل گردید. این مهم یعنی زمان بهینه تماس می‌تواند نقش مهمی در طراحی سیستم‌های تصفیه فاضلاب صنایع و کارایی اقتصادی این سیستم‌ها داشته باشد. زمان تماس یک فاکتور بسیار مهم برای کسب موفقیت در کاربرد عملی یک جاذب و بیانگر سرعت جذب فلزات است. با بررسی نتایج حاصل از بررسی اثر تغییرات میزان pH آب نمک ورودی بر میزان جذب یون آهن (III) مشخص گردید، حداکثر درصد حذف و ظرفیت جذب در $\text{pH}=7$ و حداقل درصد حذف

- iron-manganese systems. Microporous and Mesoporous Materials. Vol. 118, pp: 489-495.
8. **Ghasemi, M.; Ghoreyshi, A.; Younesi, H. and Khoshhal, S., 2015.** Synthesis of a high characteristics activated carbon from walnut shell for the removal of Cr (VI) and Fe (II) from aqueous solution: single and binary solutes adsorption. Iranian Journal of Chemical Engineering (IJChE). Vol. 12, No. 4, pp: 28-51.
 9. **Ghoniem, M.M.; El-Desoky, H.S.; El-Moselhy, K.M.; Amer, A.; AboEl-Naga, E.H.; Mohamedein, L.I. and Al-Prol, A.E., 2014.** Removal of cadmium from aqueous solution using green marine algae, *Ulva lactuca*. Egypt. J. Aquat. Res. Vol. 40, No. 3, pp: 235-242.
 10. **Goher, M.E.; Hassan, A.M.; Abdel-Moniem, I.A.; Fahmy, A.H.; Abdo, M.H. and El-Sayed, S.M., 2015.** Removal of aluminum, iron and manganese ions from industrial wastes using granular activated carbon and Amberlite IR-120H. Egypt J Aquat Res. Vol. 41, pp: 155-164.
 11. **Hekmatzadeh, A.A.; Karimi-Jashni, A.; Talebbeydokhti, N. and Klove, B., 2013.** Adsorption kinetics of nitrate ions on ion exchange resin. Desalination. Vol. 326, pp: 125-134.
 12. **Khatiri, N.; Tyagi, S. and Rawtani, D., 2017.** Recent strategies for the removal of iron from water: A review. J of Water Process Engineering. Vol. 4, No. 19, pp: 291-304.
 13. **Loska, K.; Wiechula, D. and Korus, I., 2004.** Metal contamination of farming soils affected by industry. Environment International. Vol. 30, pp: 159-165.
 14. **MacFarlane, G.R. and Burchett, M.D., 2000.** Cellular distribution of Cu, Pb and Zn in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). Viler. Aquat. Vol. 68, pp: 45-59.
 15. **Memon, S.Q.; Memon, N.; Khuhawar, M.Y. and Bhangar, M. I., 2007.** Sawdust-A green and economical sorbent for the removal of cadmium (II) ions. J. of Hazardous Materials. Vol. 139, pp: 116-121.
 16. **Mobasherpour, I.; Salahi, E. and Pazouki, M., 2011.** Removal of nickel (II) from aqueous solutions by using nano-crystalline calcium hydroxyapatite. Journal of Saudi Chemical Society. Vol. 15, pp: 105-112.
 17. **Onundi, Y.B.; Mamun, A.A.; Khatib, M.F. and Al Ahmed, Y.M., 2010.** Adsorption of copper, nickel and lead ions from synthetic semiconductor industrial wastewater by palm shell activated carbon. Int. J. Environ. Sci. Technol. Vol. 7, No. 4, pp: 751-758.
 18. **Qasim, S.R.; Motley, E.M. and Zhu, G., 2005.** Water works engineering, planning, design and operation. Printice Hall PTR. 175 p.
 19. **Radnia, H.; Ghoreyshi, A.A.; Younesi, H. and Najafpour, G.H., 2013.** Adsorption of Fe (II) ions from aqueous phase by chitosan adsorbent. Desalination and Water Treatment. Vol. 26, No. 8, pp: 845-854.
 20. **Sedighi, M.; Ghasemi, M.; Mohammadi, M. and Hassan, S.H., 2014.** A novel application of a neuro fuzzy computational technique in modeling of thermal cracking of heavy feedstock to light olefin. RSC Adv. Vol. 102, No. 4, pp: 90-97.
 21. **Shama, S.A. and Gad, M.A., 2010.** Removal of Heavy metals (Fe (III), Cu (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III) and Cd (II)) from aqueous solutions by using hebbra clay and activated carbon. Portugaliaa Electrochimia Acta. Vol. 28, No. 4, pp: 231-239.
 22. **Songyan, Q.; Fang, M.; Peng, H. and Jixian, Y., 2009.** Fe (II) and Mn (II) removal from drilled well water: A case study from a biological treatment unit in Harbin. Desalination. Vol. 245, pp: 183-193.
 23. **Stafiej, A. and Pyrzynska, K., 2007.** Adsorption of heavy metal ions with carbon nanotubes. Sep. Purif. Technol. Vol. 58, pp: 49-52.
 24. **Tekerlekopoulou, A.G. and Vayenas, D.V., 2007.** Ammonia, iron and manganese removal from potable water using trickling filters. Desalination. Vol. 210, pp: 225-235.
 25. **Zhou, X.; Xue, X. and Jiang, W., 2011.** Study on adsorption of heavy metal ion in metallurgical wastewater by sepiolite. In: 2nd International Conference on Environmental Science and Development IPCBEE. Vol. 4, pp: 100-103.
- این پژوهش حداکثر درصد حذف در شرایط $pH=7$ ، زمان ۹۰ دقیقه و مقدار ۲ گرم بر لیتر جاذب کربن فعال، مقدار ۹۷/۲۴ درصد حاصل گردید. Ghasemi و همکاران (۲۰۱۵) با به دست آوردن راندمان جذب ۹۶/۲ درصد جاذب کربن فعال سنتز شده از پوست گردو جهت حذف آهن، Goher و همکاران (۲۰۱۵) با به دست آوردن راندمان جذب ۹۹/۲ درصد کربن فعال گرانولی در بررسی حذف آهن از پسماندهای صنعتی و Shama و Gadd (۲۰۱۰) با به دست آوردن راندمان جذب ۹۹/۹۹ درصد جاذب کربن فعال در حذف آهن، کربن فعال را به عنوان جاذبی مناسبی برای حذف یون آهن معرفی کردند. به دلیل مشکلات عمده حضور فلزات سنگین در محیط زیست، روش های مختلفی برای تصفیه پساب حاوی فلزات سنگین در سال های اخیر توسعه یافته است. تکنیک جذب یون های آلاینده بر روی سطح جاذب، به علت عملکرد آسان، نگهداری ساده، ظرفیت جذب زیاد، مصرف انرژی کم، کارایی بالا و هزینه کم، برای تصفیه آب و پساب به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش از جاذب کربن فعال برای حذف آهن از آب نمک ورودی به سیستم غشایی کلرآلکالی استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که کربن فعال، می تواند جاذب بالقوه مناسبی برای حذف یون آهن می باشد.

منابع

۱. جهانگیری، م.؛ محمدی، غ. و ولایتزاده، م.، ۱۳۹۹. اندازه گیری فلزات سنگین آهن و روی در عضله ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) در گروه های مختلف طولی در صید آب های شمال غربی خلیج فارس. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۹۱ تا ۲۰۰.
۲. سینکا کریمی، م. ح.؛ سلگی، ع. و حسین زاده، ا.، ۱۳۹۷. تعیین تفاوت در حساسیت گونه های مختلف کرم خاکی به سرب با استفاده از سطوح پیش پراکسیداسیون لیپیدی و آنتی اکسیدانی کل. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۲۶۱ تا ۲۶۸.
۳. ملکوتیان، م. و خزایی، ع.، ۱۳۹۳. مقایسه کارایی نانوذرات آهن صفر ظرفیتی و ترکیبات منگنزی در حذف یون کادمیوم از محیط های آبی. مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام. دوره ۲۲، شماره ۲، صفحات ۹۳ تا ۱۰۳.
4. **Aji, M.M.; Gutti, B. and Highina, B.K., 2015.** Application of activated carbon in removal of iron and manganese from alau dam water in mainuguri. Colomb J Life Sci. Vol. 17, No. 1, pp: 35-39.
5. **Bernard, E.; Jimoh, A. and Odigure, J., 2013.** Heavy metals removal from industrial wastewater by activated carbon prepared from coconut shell. Res J Chem. Vol. 8, No. 3, pp: 3-9.
6. **Fu, F. and Wang, Q., 2011.** Removal of heavy metal ions from wastewaters A review, Environmental Management. Vol. 92, No. 3, pp: 407-418.
7. **García-Mendieta, A.; Solache-Ríos, M. and Olguín, M.T., 2009.** Evaluation of the sorption properties of a Mexican clinoptilolite-rich tuff for iron, manganese and