

تولید کربن فعال نی به منظور حذف کل جامدات محلول از آب آبیاری

معصومه فراستی^۱، جهانگیر عابدی کوپایی^۲، سعید برومند نسب^۳ و هادی معاضد^۴

* نویسنده مسئول: استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، Email: Farasati2760@gmail.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۱

چکیده

با توجه به توانایی بالای کشور ایران در تولید کربن فعال و همچنین عدم تولید این ماده به صورت پودرهایی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر و تولید بسیار نامرغوب به صورت گرانول در داخل کشور و همچنین نیاز وافر کشور به این ماده در صنایع مختلف و واردات زیاد این ماده مطابق با آمار گمرکی موجود، تولید کربن فعال با خواص جذبی مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تولید کربن فعال ماده اولیه گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق از گیاه نی که ماده ای ارزان و در دسترس می باشد، استفاده گردید. با اعمال فعال‌سازی فیزیکی (با گاز نیتروژن) بر این ماده، کربن فعال تولید شد و سپس خواص جذبی آن بر کاهش جامدات محلول آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب نمونه‌هایی از کربن و کربن فعال این گیاه با استفاده از کوره در آزمایشگاه و مقیاس پایلوت تولید شد. علاوه بر این اثر هر یک از متغیرهای فرایند نظیر نوع ماده جاذب (کربن، کربن فعال و ترکیب آنها)، جرم جاذب و غلظت نهایی جامدات محلول بر ظرفیت جذب، خواص جذبی و بازده تولید کربن و کربن فعال مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت شرایط عملیاتی بهینه تولید، تعیین گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که گیاه نی ماده ارزان قیمت با خواص فیزیکی مناسب برای تولید کربن فعال است و کربن فعال نسبت به کربن نی دارای قدرت جذب بیشتری می باشد.

کلید واژه ها: کربن فعال، فعال سازی فیزیکی، گیاه نی، کربن

مقدمه

الف- جذب سطحی فیزیکی که در آن نیروهای جذبی از نوع واندروالس، موجب جذب مولکول‌های محلول به سطح ماده جاذب می‌شوند.

ب- جذب سطحی یونی که بر اساس نیروهای الکترواستاتیکی موجود بین یون‌های متصل به گروه‌های عاملی سطح جامد و یون‌های متحرک محلول انجام می‌گیرد.

ج- جذب سطحی شیمیایی که ناشی از انجام یک واکنش شیمیایی بین جاذب و جذب شونده و تشکیل پیوندهای قوی است.

جاذب، فاز جامدی است که مواد شیمیایی بر روی آن جذب می‌شود. جاذب‌های مختلفی وجود دارند که می‌توانند برای جداسازی مواد آلاینده از آب و زه آب مورد استفاده قرار گیرند. این جاذب‌ها را به‌طور کلی می‌توان به سه گروه زیر تقسیم بندی نمود (۳):

۱- جاذب‌های طبیعی مانند انواع خاک رس، خاک دیاتومه و سیلیکاژل

بسیاری از مواد مایع و گازها دارای مقداری مواد ناخالصی هستند. در برخی موارد این ناخالصی‌ها شامل میکروب، باکتری، مواد سمی و آلوده‌کننده‌های دیگر می‌باشند که با وجود درصد بسیار کم، عملاً شرایط نامطلوبی را ایجاد می‌کنند، به‌طوری که طعم، بو، رنگ و خواص دیگر را تغییر می‌دهند. برای رسیدن به شرایط دلخواه در این گونه مایعات و گازها، بایستی ناخالصی‌ها حذف شوند. یکی از بهترین روش‌های حذف ناخالصی‌ها، حذف آنها به شیوه جذب سطحی می‌باشد، حتی در بسیاری مواقع تنها شیوه می‌باشد. از پدیده جذب می‌توان برای حذف بسیاری از مواد آلاینده از جمله مواد آلی، بو، طعم و همچنین کدورت در آب و زه آب به صورت‌های مختلف استفاده نمود. این روش در واقع جذب فیزیکی (چسبندگی) مواد شیمیایی بر سطوح برخی مواد جامد است که میزان کارایی آن به سطح ویژه موادی که مولکول‌های مواد آلاینده جذب آن می‌شوند، بستگی دارد. بر اساس نوع پیوند بین جاذب شونده و جاذب سه نوع جذب سطحی وجود دارد (۵ و ۲۰):

تا کنون مطالعات زیادی در زمینه حذف آلاینده‌ها با استفاده از کربن فعال صورت گرفته است. حذف مس و روی از پساب با استفاده از کربن فعال پوسته درخت گردو توسط بنسوده و همکاران^۱ مورد بررسی قرار گرفت. هر دو جاذب تهیه شده دارای ظرفیت حذف بالایی بودند. حصار^۲ جذب Ni(II) را از محلول شبیه‌سازی شده با استفاده از کربن فعال شده پوسته بادام مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که حداکثر حذف فلزات، $37/17$ میلی گرم بر گرم در $\text{pH}=5$ بود. (۱۲). در مطالعه‌ای حذف Cr(VI) با استفاده از کربن فعال به دست آمده از پوسته برنج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که حداکثر حذف کروم به وسیله پوسته برنج در $\text{pH} = 2$ صورت گرفت و جذب چند لایه‌ای روی سطح جاذب اتفاق افتاده از ایزوترم فروندلیچ تبعیت نموده است (۶). ال نمر و همکاران^۳ در تحقیقی توانایی کربن فعال تهیه شده از پوست انار را به منظور حذف کروم از پساب‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که حذف کروم سمی با کربن فعال به دست آمده از پوست انار یک تکنیک امید بخش است. (۱۱). همچنین زو و همکاران^۴ با اصلاح کربن فعال توسط ذرات نانو آهن بیان کردند که ذرات نانو آهن نقش مؤثری در جذب آرسنیک توسط کربن فعال دارند. اگر چه یون فسفات میزان جذب آرسنیک را کاهش داد اما یون‌های کلسیم و منیزیم میزان جذب آرسنیک توسط کربن فعال اصلاح شده با ذرات نانو را افزایش دادند (۲۳). با توجه به اینکه کربن فعال ماده‌ای گران به خصوص در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران می‌باشد و با توجه به تحقیقات گسترده‌ای که در سال‌های اخیر برای به دست آوردن مواد جاذب جایگزین ارزان و موجود در محیط، انجام گرفته تا استفاده از کربن فعال به حداقل برسد (۱۴، ۲۲، ۱۵ و ۱۷). لذا در این تحقیق نیز سعی گردید که از کربن تهیه شده از گیاه نی در کنار کربن فعال آن، جهت حذف جامدات محلول (TDS) آب بهره گرفته شود تا در صورت مناسب بودن میزان جذب، بتوان جایگزین مناسبی برای کربن فعال نیز معرفی نمود.

مواد و روش‌ها

برای رسیدن به اهداف این تحقیق، آزمایش‌هایی در دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گردید.

- آماده‌سازی مواد اولیه

برای آماده‌سازی مواد اولیه، گیاه نی از نزارهای اطراف دانشکده تهیه و پس از شستشو در هوای آزاد خشک گردید.

۲- جاذب‌های معدنی مانند آلومینای فعال یا آلومین و برخی اکسیدهای معدنی

۳- جاذب های آلی مانند انواع رزین‌ها که غالباً مولکول‌های بزرگی هستند.

جاذب‌های مختلف با توجه به خصوصیات فیزیکی‌شان می‌توانند آلاینده‌ها را بر سطح خود جذب کنند. مهمترین ویژگی فیزیکی آنها، سطح ویژه مربوط به ساختمان متخلخل آنهاست. یکی از جاذب‌های مورد مطالعه، کربن فعال می‌باشد. جذب به وسیله کربن فعال یک نوع جذب سطحی فیزیکی است که ناشی از ساختمان متخلخل و سطح زیاد کربن فعال در واحد وزنی کربن می‌باشد. این روش یکی از عملی‌ترین روش‌های قابل دسترس برای حذف مواد آلاینده و به ویژه ترکیبات آلی است که تا کنون شناخته شده‌اند. از خصوصیات مهم دیگر کربن فعال، توزیع اندازه آن است که بر ظرفیت جذب اثر دارد. کربن‌های فعال به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد (مساحت سطح داخلی بالا، تخلخل و قابلیت جذب گازها و مایعات شیمیایی) و همچنین قیمت پائین در مقایسه با جاذب‌های غیر آلی مانند ژئولیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند (۹و۷). با توجه به توانایی بالای کشور ایران به منظور تولید کربن فعال و همچنین عدم تولید این ماده به صورت پودرهایی با ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر، تولید بسیار نامرغوب به صورت گرانول در داخل کشور و نیاز وافر کشور به این ماده در صنایع مختلف و واردات زیاد این ماده مطابق با آمار گمرکی موجود، تولید کربن فعال با خواص جذبی مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تهیه کربن فعال از پوسته نارگیل، پوسته بادام زمینی، پوسته فندق، هسته‌های هلو، زردآلو، گیلاس، خرما، چوب‌های ذرت، نیشکر، ساقه و سیبوس برنج، خاک اره، دانه‌های انگور و غیره انجام گردیده است (۱۳، ۱۹، ۱۸، ۱۶). تولید کربن آلی شامل پیرولیز مواد خام اولیه و سپس فعال‌سازی مواد حاصله می‌باشد. در حین کربونیزاسیون اجزای غیر کربنی از قبیل هیدروژن و اکسیژن به صورت گاز از مواد اولیه خارج شده و کربن‌های آزاد نیز به صورت گروهی، بلورهای گرافیت تشکیل می‌دهند. این فرآیند معمولاً در دمایی کمتر از ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد در یک محیط حاوی جریان ورودی از اتمسفر صورت می‌گیرد. محصولات مرحله کربونیزاسیون دارای ظرفیت جذب خیلی کمی می‌باشند و احتمالاً این مسئله به دلیل کربونیزاسیون در دمای پائین و وجود ماده قیری باقیمانده در منافذ بین بلورها و روی سطح آنها می‌باشد. بعضی از محصولات کربونیزه شده را می‌توان با خارج ساختن مواد قیری به وسیله حرارت دادن در بخار یا تحت گاز و با عمل خالص‌سازی به کمک حلال و یا واکنش‌های شیمیایی فعال کرد. عمل فعال‌سازی باعث بزرگ شدن قطر حفره‌هایی می‌شود که در حین فرایند کربونیزاسیون ایجاد شده‌اند و همچنین باعث ایجاد تعدادی حفره ریز خواهد شد و بدین گونه می‌توان به یک ساختار حفره‌ای با مساحت سطح داخلی زیاد دست پیدا کرد.

1- Bansode et al.

2- Hasar

3-El Nemr et al.

4- Zhu et al.

– تهیه کربن و کربن فعال نی

برای تهیه کربن، ابتدا باید دمای بهینه تولید کربن آلی تعیین گردد. به منظور تعیین دمای مناسب، نمونه‌هایی از نی خشک شده را وزن نموده، سپس در کوره حرارتی (در مقیاس آزمایشگاهی) در دماهای مختلف ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ساعت گذاشته شد. پس از مدت زمان طی شده و سرد شدن، خاکستر به دست آمده وزن گردید. اختلاف وزن اولیه و نهایی درصد کربن آلی موجود در مواد مورد نظر را به دست داد. پس از تعیین دمای بهینه کربن آلی (دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد)، به منظور تهیه مقادیر بیشتر کربن آلی در دمای ۴۰۰ درجه، گیاه نی را در کوره در مقیاس پیلوت سوزانده و مقدار مورد نیاز تهیه گردید.

– مشخصات کوره مورد استفاده

کوره مورد استفاده متشکل از یک محفظه فولادی به طول و عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر می‌باشد. در این طرح سوخت کوره از طریق لوله کشی گاز تامین گردیده و به منظور ایجاد دمای یکسان در تمام نقاط کوره، فشار گاز توسط چهار عدد مشعل گاز که به فاصله مساوی در کف کوره تعبیه شده است، به صورت یکسان در تمام نقاط کف کوره توزیع می‌گردد.

– نحوه انجام آزمایش‌ها

پوسته‌ها به صورت دستی از طریق دریچه‌ای که به همین منظور در قسمت فوقانی کوره تعبیه شده است وارد کوره گردید و خاکستر حاصل پس از ۲۰ دقیقه سوختن در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و پس از سرد شدن، از طریق دریچه‌ای که در کف کوره قرار داشت، خارج گردید. دمای کوره توسط ترموکوپل و از طریق شکاف کوچکی که در دو طرف کوره ایجاد شده است، به طور مستمر تحت نظارت قرار گرفت و از طریق باز و بسته کردن دریچه‌های هوا و همچنین شیر گاز کنترل و تنظیم گردید (۱). خاکستر حاصل باید سیاه رنگ و دارای کربن زیاد و ساختاری بلوری باشد. به منظور تعیین دما و زمان بهینه تولید کربن فعال در مقیاس آزمایشگاهی، مقداری از نمونه‌ها را در کوره حرارتی افقی تحت اتمسفر خنثی (به دلیل دسترسی به گاز N_2 و عملکرد مشابه با H_2O و CO_2 از این گاز استفاده گردید) قرار داده و در مدت زمان‌های نیم ساعت و یک ساعت و دماهای ۷۰۰، ۸۰۰، ۹۰۰ و ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شد. در این تحقیق دمای ۷۰۰ درجه و زمان نیم ساعت به عنوان بهترین دما و زمان برای تولید کربن فعال به دست آمد. سپس نمونه‌ها در مقیاس پیلوت با استفاده از کوره و گاز نیتروژن سوزانده شد. بدین صورت که پس از تهیه کربن در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد، دمای کوره را افزایش داده تا اینکه

در دمای ۷۰۰ درجه گاز نیتروژن را به کوره وصل نموده و به مدت نیم ساعت دمای کوره روی ۷۰۰ درجه ثابت نگه داشته شد. پس از مدت زمان طی شده، دمای کوره کم کم کاهش یافته، اما همواره گاز نیتروژن وارد کوره شده تا اینکه دمای کوره با دمای محیط یکسان گردد. سپس کربن فعال تهیه شده را از کوره خارج نموده و جذب جامدات محلول توسط آن مورد بررسی قرار گرفت.

پس از تهیه نمونه‌های زغال فعال، با توجه به اهداف در نظر گرفته شده، آزمایش‌های متعددی به منظور بررسی اثر غلظت نهایی جامدات محلول، یافتن جرم بهینه جاذب و تعیین ظرفیت جذب انجام گردید. به منظور تعیین میزان جرم بهینه جاذب، آزمایش‌ها بر روی محلول با TDS اولیه ۳۲۰/۶۴ میلی‌گرم در لیتر و جاذب با جرم‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ گرم انجام گردید و میزان جذب جامدات محلول در هر حالت به دست آمد. پس از افزودن جاذب به محلول‌ها باید آنها را در شرایط یکسان هم زد. برای این منظور از دستگاه شیکر استفاده شد و بشرها به مدت دو ساعت (زمان بهینه) روی شیکر با سرعت ۱۵۰ دور بر دقیقه، قرار داده شدند. کلیه نمونه‌ها قبل از هر گونه اندازه‌گیری از صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند. پس از آن شوری محلول خروجی با EC متر اندازه‌گیری گردید و با استفاده از رابطه (۱)، جامدات محلول تعیین و میزان کاهش TDS توسط جرم‌های مختلف جاذب مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین میلی‌گرم جرم جذب شده جامدات محلول در یک گرم جاذب (q_e) از رابطه (۲) استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها در دمای محیط آزمایشگاه و حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد و در نهایت برای تحلیل داده‌ها از روابط زیر و نرم افزار اکسل استفاده گردید:

$$TDS = EC \times 640 \quad (1)$$

که در این رابطه TDS کل جامدات محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر EC هدایت الکتریکی بر حسب میلی‌موس بر سانتی‌متر می‌باشد.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (2)$$

در این رابطه: q_e میلی‌گرم جرم جذب شده کل جامدات محلول در یک گرم جاذب، C_0 غلظت اولیه ماده جذب شونده بر حسب میلی‌گرم در لیتر، C_e غلظت ثانویه ماده جذب شونده بر حسب میلی‌گرم در لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر، m جرم جاذب بر حسب گرم است.

نتایج و بحث

جدول‌های (۱) و (۲) مقادیر هر یک از پارامترهای مورد بررسی در آزمایش‌ها را نشان می‌دهد. شکل (۱) جذب جامدات محلول را روی کربن فعال و کربن نی نشان می‌دهد. همانطور که شکل (۱) نشان می‌دهد هر دو منحنی از روند صعودی تبعیت نموده‌اند. مقایسه دو منحنی نشان می‌دهد که ظرفیت جذب کربن فعال با افزایش غلظت تعادلی جامدات محلول نسبت به کربن، تغییرات گسترده‌تری داشته و در محدوده ۱۵۰۰/۵۷-۱۱۳/۶ میلی‌گرم بر گرم بوده در حالی که میزان جذب TDS در کربن در محدوده ۱۳۷۰/۴-۲۳۲ میلی‌گرم بر گرم بوده است.

میزان جذب کربن فعال بیشتر از کربن نی بوده و دارای قدرت جذب بیشتری بوده که ناشی از سطح ویژه زیادتر نسبت به کربن می‌باشد. این نتیجه از نتایج سایر محققان (۲۱ و ۲) تبعیت نموده است.

شکل (۲) تغییرات راندمان حذف TDS آب را با غلظت نهایی محلول نشان می‌دهد. همانطور که از شکل (۲) پیداست وابستگی جامدات محلول به کربن فعال بیشتر بوده و راندمان حذف افزایش یافته است. همانطور که مشاهده می‌شود راندمان حذف با افزایش میزان جذب از ۲۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم در هر دو منحنی افزایش یافته و در پایان ثابت گردیده است که این ناشی از پر شدن سایت‌های جاذب با افزایش میزان جاذب تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان بهینه غلظت نهایی برای حذف جامدات محلول در این آزمایش‌ها ۱۵۴۲/۴ و ۱۵۲۳/۲ میلی‌گرم بر لیتر با راندمان حذف ۷۰ و ۵۷ درصد برای جاذب‌های کربن فعال و کربن نی به ترتیب می‌باشد.

اثر میزان جاذب روی حذف TDS آب با تغییر میزان جاذب مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه آن در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که شکل (۳) نشان می‌دهد با افزایش جرم جاذب، راندمان حذف افزایش یافته است. راندمان حذف با افزایش میزان جاذب از ۲۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم در هر دو منحنی افزایش یافته و در پایان ثابت گردیده است که این ناشی از پر شدن سایت‌های جاذب با افزایش میزان جاذب تا ۱۶۰۰ میلی‌گرم می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان بهینه جاذب برای حذف جامدات محلول در این آزمایش‌ها ۱۶۰۰ میلی‌گرم با راندمان حذف ۷۰ و ۵۷ درصد برای جاذب‌های کربن فعال و کربن نی می‌باشد.

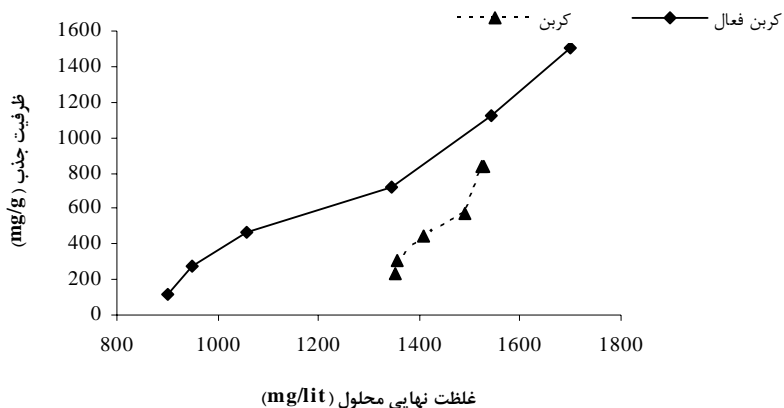
همان‌طور که می‌دانیم سطح ویژه یکی از پارامترهای تعیین‌کننده توانایی جذب ماده جاذب می‌باشد. کربن فعال تولید شده به دلیل سطح ویژه بیشتر، دارای خلل و فرج بیشتر و در نتیجه سطح تماس بالاتری با ماده جذب شونده خواهد داشت. نتایج این تحقیق و همچنین نتایج محققین دیگر (۴، ۱۲، ۱۱ و ۸) نشان داده‌است که کربن فعال تهیه شده دارای قدرت جذب زیادی بوده، میزان جذب و راندمان حذف بیشتری نسبت به کربن داشته است.

جدول ۱- رابطه بین ظرفیت جذب و راندمان حذف جامدات محلول از محلول

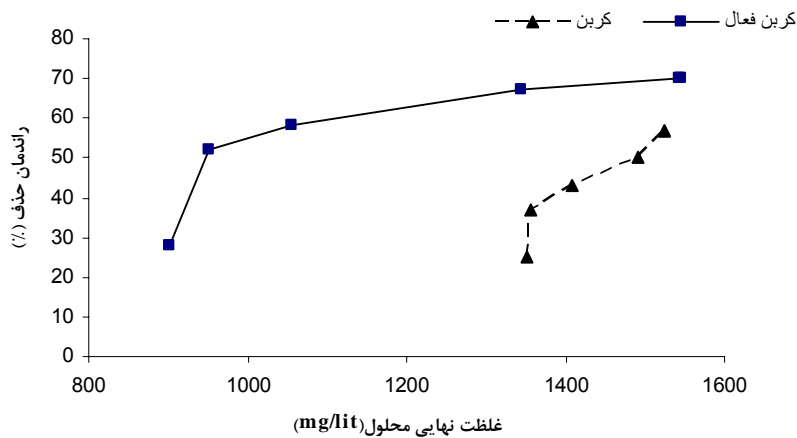
جاذب‌های مورد بررسی	ظرفیت نهایی محلول (mg/lit)	ظرفیت جذب (mg/g)	درصد (%)
کربن فعال نی	۹۰۱/۸	۱۱۳/۶	۲۸
	۹۵۰/۴	۲۷۷/۳۳	۵۲
	۱۰۵۶	۴۶۵/۶	۵۸
	۱۳۴۴	۷۱۶/۸	۶۷
	۱۵۴۲/۴	۱۱۲۸	۷۰
	۱۵۴۳/۲	۱۱۲۹	۷۰
کربن نی	۱۳۵۴۰/۴	۲۳۲	۲۵
	۱۳۵۶/۸	۳۰۸/۲۷	۳۷
	۱۴۰۸	۴۴۹/۶	۴۳
	۱۴۹۱/۲	۵۷۱/۸۳	۵۰
	۱۵۲۳/۲	۸۴۱/۶	۵۷
	۱۵۲۵	۸۴۰/۴	۵۷

جدول ۲- رابطه بین جرم جاذب و راندمان حذف

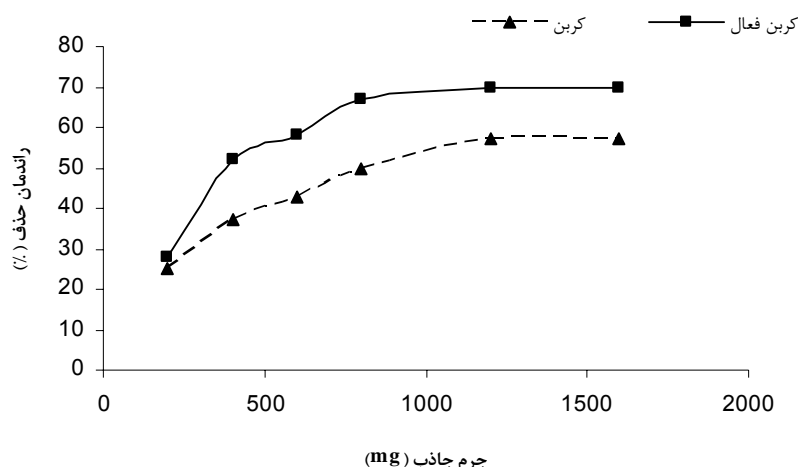
جاذب های مورد بررسی	جرم جاذب (mg)	درصد (%)
کربن فعال نی	۲۰۰	۵۸
	۴۰۰	۵۸
	۶۰۰	۵۶
	۸۰۰	۵۳
	۱۲۰۰	۵۲
	۱۶۰۰	۵۲
کربن نی	۲۰۰	۷۲
	۴۰۰	۷۰
	۶۰۰	۶۷
	۸۰۰	۵۸
	۱۲۰۰	۵۲
	۱۶۰۰	۲۸



شکل ۱- تغییرات ظرفیت جذب کربن فعال و کربن نی با غلظت نهایی محلول



شکل ۲- تغییرات راندمان حذف TDS آب با غلظت نهایی محلول



شکل ۳- تغییرات راندمان حذف TDS آب با افزایش جرم جاذب

نتیجه‌گیری

افزایش راندمان جذب است، چرا که با افزایش میزان جاذب سطح موجود برای جذب تبدلی که در اختیار ماده جذب شونده است، افزایش می‌یابد که در تحقیق حاضر این مطلب به خوبی مشخص گردید. بهترین راندمان حذف زمانی اتفاق افتاد که غلظت نهایی ۱۵۴۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر و جرم جاذب ۱۶۰۰ میلی‌گرم بود. راندمان حذف در کربن فعال و کربن نی به ترتیب ۷۰ درصد و ۵۷ درصد محاسبه شد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کربن فعال تهیه شده نی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کاهش جامدات محلول به جای کربن فعال تجاری باشد.

نتایج آزمایش بیانگر این نکته می‌باشد که جذب جامدات محلول به میزان قابل توجهی بستگی به مقدار و نوع جاذب مورد استفاده دارد. بهترین جاذب، کربن فعال با غلظت ۱۵۴۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. میزان جذب کربن فعال به غلظت نهایی TDS محلول وابسته بوده و بیشترین مقدار آن ۱۱۲۸ میلی‌گرم بر گرم در کربن فعال با غلظت ۱۷۰۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر گردید. همچنین بازدهی حذف TDS در هر دو جاذب به غلظت نهایی جامدات محلول و جرم جاذب بستگی داشت. تغییرات راندمان حذف با غلظت نهایی محلول روند نزولی داشت و با جرم جاذب روند صعودی داشت. افزایش جرم جاذب، یکی از پارامترهای مؤثر در

منابع

- عابدی کوپایی، ج. و فتحی، م. ع. ۱۳۸۲. بررسی خصوصیات مکانیکی پوشش بتنی کانال‌های آبیاری حاوی خاکستر پوسته شلتوک در محیط‌های سولفات. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۷، شماره ۲، صفحات ۲۷-۱۳.
- عسگری، ع.، نصری، س.، محوی، ا.، خیری، ا.، قصری، آ. و ف. واعظی. ۱۳۸۸. کارایی براده آهن در حذف آرسنات و آرسنیت از آب آشامیدنی. مجله آب و فاضلاب، جلد شماره ۷۱، صفحات ۱۸-۲۵.
- معاذ، ه. و آ. امینی نسب. ۱۳۸۴. حذف آمونیوم از محیط آبی (آب و پساب) به وسیله خاک‌های معدنی (زئولیت‌های کلینوپتی لولایت). طرح پژوهشی سازمان آب و برق خوزستان.
- Bansode, R.R., Losso, J. N., Marshall, W. E, Rao, R. M, and R. j. Portier.2003. Adsorption of metal ions by pecan shell-based granular activated carbons. Biores Technol, 89(2):115-119
- Benefield, L. D. and B. L. Weand.1982. Process chemistry for water and wastewater treatment. Prentice Hall. Inc., Englewood chapter 6:191-216.
- Bishnoi, N. R., Bajaj, M., Sharma, N. and A. Gupta.2004. Adsorption of Cr (VI) on activated rice husk carbon and activated alumina. Journal of Bioresource Technology, 91(3):305-307.

7. Brotrant, W. D. and R. V. Gary. 1994. The biological activated carbon process for water purification. *Water Engineering Management*, 141(12):22-25
8. Daniel, C. W. T., Sang Jing, Hu., Mei Yi, L., Weihua, Z. K., Lai, C. K. and M. C. Lo. Irene. 2007. Activated Carbon Produced from Waste Wood Pallets: Adsorption of Three Classes of Dyes. *Water Air Soil Pollut* 184(1-4):141-155.
9. Egbers, G., Ehler, P., Bainsczyk, G. and J. Janitza. 1983. Treatment textile effluent. *Melliand Tex. Berichte*, 12(5):350-360.
10. El-Hendawy, A. N. A., Samra, S. E., and B. S. Gigis. 2001. Adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs. *Colloids and Surfaces*, 180(3): 209-221.
11. El-Nemr, A., Khaled, A., El-Sikaily, A. and O. Abdelwahab. 2007. Removal of toxic chromium (VI) from aqueous solution by activated carbon developed from *Casuarina equisetifolia*. *Chem. Ecol*, 3(2):119-129.
12. Hasa, H. 2003. Adsorption of nickel (II) from aqueous solution onto activated carbon prepared from almond husk. *J Hazard Mater*, 97(1-3):49- 57.
13. Kadirvelu, K. and C. Namasivayam. 2003. Activated carbon from coconut coirpith as metal adsorbent: adsorption of Cd (II) from aqueous solution. *Advances in Environmental Research*, 7(2): 471-478.
14. Keerthinarayan, S. and M. Bandopadhyay. 1993. Sorption of lindane by wood charcoal. *Indian J. Technol*, 31:231-238.
15. Khanna, P. and S. K. Malhotra. 1977. Kinetics and mechanism of phenol adsorption of fly Ash. *Indian J. Environ. Health*, 19 (3): 224-237.
16. Kim, J. W., Sohn, M. H., Kim, D. S., Sohn, S. M, and Y. S. Kwon. 2001. Production of granular activated carbon from waste walnut shell and its adsorption characteristics for Cu²⁺ ion. *J. of Hazardous Materials*, 85(3):301-15
17. Kumar, S., Upadhyay, S. N. and Y. D. Upadhyay. 1987. Removal of phenol by adsorption on fly ash. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 37(4):281-290.
18. Mirghaffari, N., Gabalah, I, and B. R. Reddy. 1997. Removal and recycling of copper from aqueous solution using treated Indian bark. *Resources, Conservation and Recycling*, 21(4): 227-245.
19. Mohan, S. and R. Gandhimathi. 2009. Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as an adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*, 169(1-3):351-359
20. Noll, K. E. Gounaris, V. and W. S. Hou. 1992. Adsorption technology for air and water pollution control. Lewis Published, New York, 376pp.
21. Qing-Song, Liu., Tong Zheng, P. W. and Nan Li. Ji-Ping. Jiang. 2010. Adsorption isotherm, kinetic and mechanism studies of some substituted phenols on activated carbon fibers. *Chemical Engineering Journal*, 157(2-3):348-356
22. Swamy, M., Mall, I. D., Prasad, B. I. and IM. Mishra. 1997. Resorcinol removal from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: batch and column studies. *Environ. Eng. Div. J. Inst. Eng. (India)*, 77:49-52.
23. Zhu, H., Jia, Y., Wu, X. and H. Wang. 2009. Removal of arsenic from water by supported nano zero-valent iron on activated carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 172(2-3):1591-1596.