# استفاده از کربن فعال گرانول در فرایند کربن زیستی به منظور حذف مواد آلی و رنگ پساب‌های صنایع نساجی

رضا علیزاده*+

تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، مرکز تحقیقات و مطالعات محیط زیست و انرژی (CEERS)

سید مهدی برقعی

تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

**چکیده:** : حذف رنگ و مواد آلی پیچیده یکی از مشکلات مهم در تصفیه پساب‌های صنعتی است. صنایعی مانند نساجی که دارای پساب حاوی مواد شیمیایی متفاوت، از جمله رنگ‌های مصنوعی(سنتتیک) هستند همیشه با مشکل از بین بردن رنگ و یا کاهش غلظت مواد آلی برحسب COD مواجه هستند. روش‌های تصفیه بیولوژیکی و یا جذب سطحی در حذف و یا جداسازی رنگ، اغلب ناموفق و یا تا حدودی مؤثر هستند. در این پژوهش، روش جذب سطحی و لجن فعال شده که به‌نام فرایند کربن زیستی شناخته شده است برای حذف رنگ و مواد آلی مورد مطالعه قرار گرفت. پساب واقعی یک کارخانه رنگرزی (نساجی) در حومه تهران دریک واحد پایلوت مورد آزمایش قرار گرفت. پایلوت که متشکل ازدو دستگاه راکتور لجن فعال بود به‌صورت مداوم راه اندازی شد و پس از رسیدن به شرایط پایدار پساب صنعتی واحد نساجی جایگزین پساب مصنوعی شد تا میکروارگانیسم‌ها به خوراک جدید تطبیق داده شوند. پس از راهبری دستگاه به مدت معین، کربن فعال گرانول (GAC) به مخزن لجن فعال اضافه شد و عملکرد دستگاه پایلوت با اندازه گیری رنگ، COD و BOD۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. در زمان ماند طولانی در راکتوری که بدون GAC راهبری می‌شد حداکثر کاهش COD به حدود ۹۰ درصد و کاهش رنگ به ۸۸ درصد رسید ولی درراکتور دارای GAC کاهش COD به ۹۶ درصد و کاهش رنگ به ۹۲ درصد افزایش پیدا کرد. این تفاوت در زمان‌های کوتاه‌تر بسیار متفاوت بوده و نقش فرایند کربن زیستی به‌طور کامل مشخص می‌شود. به این ترتیب مشخص شد که فرایند کربن زیستی می‌تواند کمک مؤثری در حذف آلاینده‌ها و رنگ پساب‌های نساجی بنماید.

**واژه های کلیدی:** فرایند کربن زیستی، حذف رنگ، کربن فعال گرانول، تصفیه پساب، حذف موادآلی، نساجی.

***KEY WORDS:*** *Biocarbon process, Reduce of colour, GAC, Wastewater treatment, Reduce of organic mater, Textile.*

## مقدمه

صنایعی مانند نساجی همواره با مشکل حذف رنگ و مواد آلی فاضلاب صنعتی روبرو بوده‌اند، این صنایع درزمینه تنوع درمواد اولیه مصرفی و میزان بالای بار آلودگی از صنایع شاخص محسوب می‌شوند.

با توجه به تلاش صنایع نساجی برای ارایه فراورده‌های متنوع، به‌کاربردن مواد شیمیایی متفاوت به‌ویژه رنگ‌های جدید در این صنایع و تولید فاضلاب‌های پیچیده که ترکیبی از مواد

*عهده دار مکاتبات

+E-mail: Alizadeh_Environment@yahoo.com



Archive of SID

www.SID.ir

شیمیایی گوناگون است اجتناب ناپذیر است. لذا انجام مطالعات پایلوتی و آزمایشگاهی در خصوص تصفیه فاضلاب این صنایع ضروری است. مواد شیمیایی متفاوتی که دراین صنایع به‌کار برده می‌شوند اثرهای مخربی بر محیط زیست دارند که به‌طور خلاصه عبارت‌اند از [۱]:

ـ الیاف و مواد معلق که باعث افزایش بار آلودگی شده و درمحیط تشکیل لجن می‌دهند، اسیدها ومواد قلیایی متفاوت که برای تنظیم pH درمراحل مختلف رنگرزی به‌کار رفته و نوسانات زیادی را در pH آب‌های پذیرنده به‌وجود می‌آورند و در نتیجه به‌طور مستقیم حیات آبزیان را تهدید می‌کنند.

ـ کاربرد دترژنت‌ها و مواد پاک کننده درصنعت نساجی و ورود این مواد به پساب‌ها افزون بر بالا بردن غلظت موادآلی آب‌های پذیرنده درطعم و بوی آنها نیز تأثیر گذارند.

ـ مواد معدنی، املاح و برخی از فلزهای سنگین که همراه رنگ و یا نمک‌ها به‌کار برده می‌شوند از قبیل کرم، نیکل و کبالت افزون‌بر ایجاد مسمومیت درآبزیان خطرهای زیادی برای سلامتی انسان دارند.

ـ ورود ترکیب‌های شیمیایی حاوی مواد ازته و فسفاته به آب‌های پذیرنده، پدیده شکوفایی جلبک درورودخانه‌ها و تالاب‌ها را به‌وجود می‌آورد. ترکیب‌های نشاسته‌ای و سایر موادآلی به‌کار برده شده عامل اصلی آلودگی آلی، کاهش اکسیژن محلول و بالارفتن غلظت BOD آب محسوب می‌شوند و همچنین نفوذ رنگ‌های متفاوت به آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث رنگی شدن منابع آبی می‌شود.

بسیاری از مواد شیمیایی مصرفی آلی (ارگانیک) به‌ویژه رنگ‌های کمپلکس با روش‌های متداول قابل تجزیه و حذف نیستند. جدای از نوع رنگ و غلظت آن، مواد شیمیایی همراه آن نیز باعث می‌شود که مطالعات و بررسی‌های آزمایشگاهی و پایلوتی برای انتخاب روش تصفیه مناسب اعم از روش‌های شیمیایی و با بیولوژیکی حایز اهمیت شناخته شود.

برای تصفیه و حذف مواد آلی و کاهش COD فاضلاب‌های نساجی از روش‌های متفاوتی استفاده شده است، انتخاب روش تصفیه با در نظر گرفتن نوع آلودگی و نحوه حذف آن صورت می‌پذیرد و لذا به‌طور معمول تصفیه پساب‌های نساجی مجموعه‌ای از عملیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را در بر می‌گیرد. انعقاد و لخته‌سازی، یکی از روش‌های متداول در حذف رنگ و تصفیه پساب‌های نساجی است. در این فرایند املاح آلومینیم و یا آهن همراه با آهک هیدراته به‌عنوان ماده منعقد کننده استفاده شده و باعث تشکیل توده‌های مواد معلق که رنگ را نیز تا حدودی حذف می‌کنند می‌شود. با روش انعقاد و لخته سازی تا حدود ۶۰ درصد از COD و رنگ برخی از پساب‌های نساجی را می‌توان کاهش داد ولی در مورد الیاف نخی این روش تأثیر زیادی ندارد [۲-۴].

استفاده از مواد اکسنده قوی مثل کلر، ازن یا آب اکسیژنه مورد مطالعه زیادی قرار گرفته، ولی افزون‌بر تشکیل مواد واسطه‌ای خطرناک (مثل تری هالومتان‌ها)، این روش‌ها بسیار پرهزینه بوده و لذا هنوز کاربرد زیادی در سیستم‌های واقعی ندارد.

سیستم‌های بیولوژیکی به‌ویژه روش لجن فعال در تصفیه و حذف مواد آلی بسیار مؤثرند ولی در رنگ‌زدایی کاربرد محدودی دارند به‌ویژه آنکه در سال‌های اخیر مصرف رنگ‌های غیرقابل تجزیه بیولوژیکی به‌دلیل ارزان بودن گسترش یافته است.

سیستم‌های فیزیکی ـ شیمیایی مثل جذب سطحی با بهره‌گیری از کربن فعال پودر (PAC)، کربن فعال گرانول (GAC)، خاک اره نجاری، انواع رزین‌ها و خاک رس (کائولن) همواره مورد توجه قرار داشته‌اند ولی این روش‌ها مواد جامد ضایعات زیادی تولید کرده و لذا برای کاربرد صنعتی مناسب نیستند.

استفاده از کربن فعال پودر در مخازن لجن فعال سیستم‌های بیولوژیکی تحت‌عنوان فرایند PACT به‌وسیله‌ی یک شرکت بین‌المللی (DUPONT) تحت لیسانس قرارگرفت ولی مشکل عمده این روش مصرف زیاد کربن پودری وغیر اقتصادی بودن فرایند است [۵]. همچنین استفاده از غشاها و فیلترهای مولکولی در سال‌های اخیر مورد توجه واقع شده‌اند ولی هنوز در مرحله مطالعات اولیه هستند.

*Koppe* و *همکاران* دریافتند که در مجاورت کربن فعال گرانول (GAC) تجزیه بیولوژیکی هوازی ترکیب‌های آلی تسریع می‌شود. آزمایشاتی که توسط وی و همکارانش به‌عمل آمد اثر کربن فعال گرانول در افزایش سرعت سازگاری باکتری‌ها با موادی که به سختی تجزیه می‌شوند مورد تأیید قرار گرفت. این فرایند که تلفیق لجن فعال با کربن فعال است به نام فرایند کربن زیستی GACT خوانده می‌شود. در این فرایند بازده سیستم لجن فعال افزوده شده و اثر کاهش دما جبران می‌شود [۶].

مکانیسم و نحوه عملکرد GAC (کربن فعال گرانول) به هنگام افزایش به سیستم لجن فعال به این‌صورت بیان شده است که:

۱ـ باکتری‌های ویژه در خلل وفرج کربن فعال گرانول به‌صورت تأخیری نگه‌داری می‌شوند.

۲ـ میکرواورگانیسم‌ها در مجاورت کربن فعال گرانول سطح زیادی را برای رشد خواهند داشت ($۱۰۰\ m^2/m^3$).



Archive of SID
www.SID.ir

۳ـ غنی‌سازی برخی از آنزیم‌ها در مجاورت کربن فعال گرانول اتفاق می‌افتد.

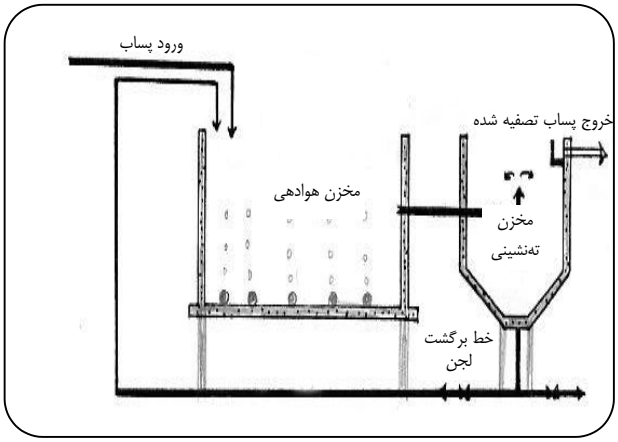
۴ـ اکسیژن محلول به میزان ۱۰ تا ۴۰ میلی‌گرم برلیتر روی کربن فعال گرانول جذب می‌شود و ظرفیت جذب را بالا می‌برد [۷].

## روش آزمایش

با توجه به مصرف آب فراوان در فرایندهای متفاوت صنایع نساجی و همچنین عدم وجود روشی مناسب و اقتصادی برای حذف رنگ و مواد آلی و در نهایت بازیافت پساب آن صنایع، پژوهش و تحقیق در خصوص روش‌های نوین تصفیه پساب صنایع نساجی همچنان ادامه دارد که در این راستا روش کربن‌زیستی در سال‌های اخیر ازسوی محققین در مقیاس پایلوت مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش فرایند مذکور به روش پایلوتی مورد بررسی قرار می‌گیرد، البته به‌طور معمول مطالعه‌های آزمایشگاهی با استفاده از پساب مصنوعی که در آزمایشگاه تهیه می‌شود، انجام می‌پذیرد که این عمل نمی‌تواند شرایط واقعی پساب را در بر گیرد و همین موجب می‌شود که کارایی این‌گونه مطالعه‌ها محدود شده و نتیجه‌های به‌دست آمده قابل تعمیم نباشد، لذا توصیه شده است از فاضلاب واقعی با تمام پیچیدگی‌های آن در مطالعه‌های پایلوتی استفاده شود. به‌همین منظور برای ارزیابی روش تصفیه جذب زیستی از فاضلاب صنعتی یک کارخانه رنگرزی واقع در منطقه صنعتی کرج استفاده شد، به‌طوری که دستگاه های پایلوت ساخته شده در محل کارخانه نصب و با استفاده از پساب واقعی آن کارخانه مطالعه‌ها انجام شد.

در این کارخانه عملیات رنگرزی و تکمیل روی پارچه‌های نخی و نخ ـ پلی استر انجام می‌گرفت و مواد مصرفی عمده عبارت بودند از رنگ‌های راکتیو و گوگردی، سدیم کربنات، سدیم کلرید، سدیم هیدروکسید، ضدکف، انواع صابون‌ها، مواد نفوذ دهنده آلی، آب اکسیژنه و استیک اسید.

پایلوت مورد استفاده متشکل از دو دستگاه راکتور لجن فعال با ابعاد و مشخصات مشابه بود که یک دستگاه به‌عنوان راکتور GACT (فرایند کربن زیستی) و دستگاه دوم به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. مخزن‌های هوادهی هر راکتور با حجم ۵۰ لیتر و مخزن‌های ته نشینی هریک با حجم مؤثر ۲۰ لیتر، هر دو از ورق فلزی با پوشش رنگ اپوکسی برای این مطالعه ساخته شده و به‌کار برده شدند (شکل ۱) و با تغذیه ازمواد ارگانیک محلول و تنفس از هوای وارد شده به آب باعث پالایش پساب می‌شوند.




**شکل ۱ـ فرایند لجن فعال شده (میکرواورگانیسم‌ها در پساب به‌صورت شناور رشد کرده‌اند).**

ضرورت بازگرداندن میکرواورگانیسم به مخزن هوادهی یکی از ویژگی‌های این سیستم است.

راکتور ۱ به‌عنوان راکتور شاهد با فرایند لجن فعال معمولی (AS) و از نوع هوادهی ممتد و راکتور دوم به‌عنوان فرایند کربن زیستی (GACT) مورد استفاده واقع شدند. کربن مورد استفاده ازنوع صنعتی و دارای قطر تقریبی ۱ و طول ۳ میلی‌متر و ساخت کارخانه Norit هلند انتخاب شد. تأمین اکسیژن محلول پایلوت به‌وسیله‌ی یک دستگاه هوادم صنعتی با ظرفیت ۶۰۰ ـ ۲۰۰ لیتر هوا در ساعت و با استفاده از تعدادی سنگ هوا و به‌صورت عمقی انجام پذیرفت و به‌طور کلی سعی شد تا شرایط سیستم پایلوت به‌طور دقیق مشابه شرایط واقعی باشد تا نتیجه‌های به‌دست آمده برای طراحی سیستم واقعی قابل استفاده شود.

پساب کارخانه بعد از خنثی‌سازی به‌طور مداوم وارد یک مخزن متعادل‌سازی شده و از این مرحله با جریان مداوم به‌وسیله‌ی پمپ وارد راکتورها شد. در شروع راه اندازی راکتورها، جریان ورودی راکتورها ۱/۲ لیتر در ساعت درنظر گرفته شد به‌طوری که زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعت باشد، ولی به‌تدریج این جریان تغییر داده شد و راکتورها تحت شرایط گوناگون مورد ارزیابی قرار گرفتند. رژیم هیدرولیکی راکتورها به‌طور کامل مخلوط و نحوه هوادهی آنها گسترده انتخاب شد. زمان ماند هیدرولیکی در مخزن‌های ته‌نشینی در ابتدا حدود ۱۰ ساعت در نظر گرفته شد ولی با افزایش شدت جریان ورودی، زمان ماند در مخزن‌های ته‌نشینی نیز تا حد ۴ ساعت تغییر یافت. در طول تحقیق، آزمایش‌های BOD۵ (اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی)، و COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی) و غلظت رنگ روی نمونه‌های ورودی و خروجی از راکتور ۱



Archive of SID
www.SID.ir

(لجن فعال ساده) و راکتور ۲ (لجن فعال همراه با کربن فعال گرانول (GACT)) در شدت جریان‌های متفاوت و زمان‌های ماند هیدرولیکی ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت طبق روش‌های استاندارد به‌عمل آمد [۸] همچنین تأثیر غلظت کربن فعال در راکتور GACT مورد مطالعه قرارگرفت.

راه اندازی هردو بیوراکتور ابتدا با پساب ساختگی که مخلوطی ازگلوکز و ملاس قند و مواد مغذی اوره و فسفات آمونیم بود انجام گرفت و از لجن فعال یک تصفیه خانه بهداشتی به‌منظور لقاح استفاده شد.

پس از دوهفته که به تدریج غلظت میکروبی در بیوراکتورها درحال افزایش بود، روزانه مقداری از پساب صنعتی کارخانه به خوراک هر دو بیوراکتور افزوده شد و پس از حدود دوماه از تاریخ راه‌اندازی، خوراک هر دو راکتور با پساب صنعتی واقعی کارخانه نساجی جایگزین شد. جدول ۱ مشخصات پساب مصنوعی و پساب واقعی را نشان می‌دهد (ارقام به استثنای pH برحسب میلی گرم بر لیتر است).

در طول دوران راه‌اندازی، اکسیژن موردنیاز بیوراکتورها از طریق دستگاه هوادم تأمین می‌شد بـه‌طوری که غلظت اکسیژن محلول در محدوده ۱ الی ۳ میلی‌گرم در لیتـر قـرار گیرد. اگرچـه بیوراکتورها در محوطـه آزاد قرار گرفته بودند ولی سعی بر این بود که دمای داخل راکتورها از ۲۰ درجه سانتی گراد کاهش نیابد.

## نتیجه‌ها و بحث

به‌تدریج پس از گذشت نزدیک به ۸ هفته، غلظت مواد معلق و شناور فرار (غلظت میکروبی یا MLVSS )در هر دو راکتور به حدود ۵۰۰ میلی‌گرم درلیتر رسید و از این مرحله به بعد مشخص شد که غلظت میکروبی با سرعت بسیار کمی افزایش می‌یابد. این پدیده در سیستم‌های بیولوژیکی که از پساب صنعتی حاوی مواد شیمیایی تغذیه می‌شوند بسیار متداول است.

وجود مواد شیمیایی گاهی وقت‌ها باعث بازدارندگی رشد میکرواورگانیسم‌ها شده و عامل اصلی در جلوگیری از افزایش غلظت محسوب می‌شود.

در شکل ۲ افزایش غلظت میکروبی در طول دوران راه اندازی واحدها نشان داده شده است و همان‌گونه که ملاحظه می‌شود افزایش MLVSS پس از هفته ۸ بسیار کند می‌باشد.

پس از هفته هشتم در بیوراکتور ۲، کربن فعال گرانول (GAC) به میزان ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اضافه شد (در مرحله‌های بعدی این

**جدول ۱ـ ویژگی‌های پساب سنتتیک و پساب واقعی.**

| پارامتر | پساب سنتتیک | پساب واقعی (متوسط) |
|---|---|---|
| pH | ۷–۷/۵ | ۸–۱۲ |
| اکسیژن موردنیازشیمیایی (COD) mg/l | ۷۵۰–۱۶۰۰ | ۱۳۱۰ |
| اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD۵) mg/l | ۵۰۰–۱۲۰۰ | ۵۷۶ |
| مواد معلق و شناور (S.S) | — | ۲۵۰ |
| ازت کل | ۲۵–۵۰ | ۴۵ |
| فسفر کل | — | ۲۰ |
| رنگ | — | متنوع |

مقدار تا ۱۲۰ میلی‌گرم درلیتر افزایش یافت) به‌طوری که عملکرد راکتورهای ۱ (بدون کربن) و۲ (با کربن گرانول) قابل مقایسه شوند. در طول مدت آزمایش‌ها که با تغییر جریان هیدرولیکی و تغییر غلظت میکروبی همراه بود نمونه برداری‌های مکرری از راکتورها به عمل آمده و نتیجه‌ها ثبت شدند.

همان‌گونه که گفته شد راکتورها طبق برنامه مشخص راه اندازی و مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. به علت کمبود میزان نیتروژن آلی و فسفر در پساب صنایع نساجی با افزودن اوره و مخلوطی از فسفات‌های پتاسیم وآمونیم تلاش شد تا خوراک ورودی به بیوراکتورها از نسبت BOD:N:P=۱۰۰:۵:۱ (فسفر، نیتروژن، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی) برخوردار باشد.

شکل ۳ نشان دهنده افزایش غلظت MLVSS یا رشد میکرواورگانیسم‌ها در بیوراکتورها می‌باشد. اگرچه سعی براین بود که این میزان حتی الامکان به بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برسد ولی در عمل مشاهده شد که افزایش بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دشوار می باشد. لازم به ذکر است که این افزایش غلظت MLVSS در راکتور شاهد به‌دلیل تطبیق شرایط زیست و تکثیر میکرواورگانیسم‌ها با فاضلاب صنعتی (خوراک ورودی) است.

در بیوراکتور ۲ که حاوی کربن فعال گرانول بود مقدارهای بیشتری از رشد میکروبی مشاهده شد و به‌طور کامل مشخص بود که میکرواورگانیسم‌ها روی سطح کربن فعال رشد می‌کنند.

تغییرهای روند کاهش مواد آلی برحسب COD در دو راکتور در شکل ۴ نشان داده شده است. در این شرایط و درحالی که زمان ماند هیدرولیکی در حدود ۲۴ ساعت و غلظت COD ورودی



Archive of SID
www.SID.ir

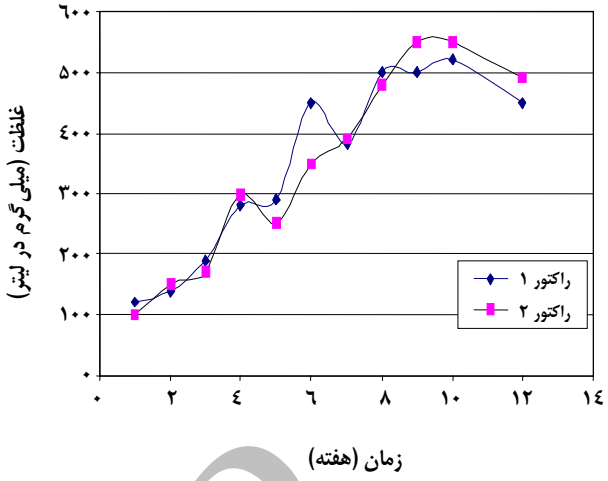
در حدود ۸۰۰ الی ۱۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت کربن فعال گرانول در راکتور ۲ در حدود ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود غلظت COD خروجی از راکتور ۱ به۲۰۰ و در راکتور ۲ که دارای GAC بود به ۹۰ میلی‌گرم در لیتر رسید. پس از طی ۱۶ هفته از زمان راه‌اندازی، زمان ماند هیدرولیکی در راکتورها تغییر داده شد، به‌طوری‌که آزمایش‌ها درزمان‌های ماند ۱۲ الی ۵۶ ساعت انجام شد.

در زمان‌های کوتاه‌تر تفاوت عملکرد دو بیوراکتور به‌طور کامل مشهود و متفاوت است ولی همان‌گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در زمان‌های ماند طولانی تر کارایی دوسیستم از نظر حذف مواد آلی نزدیک به یکدیگر است.

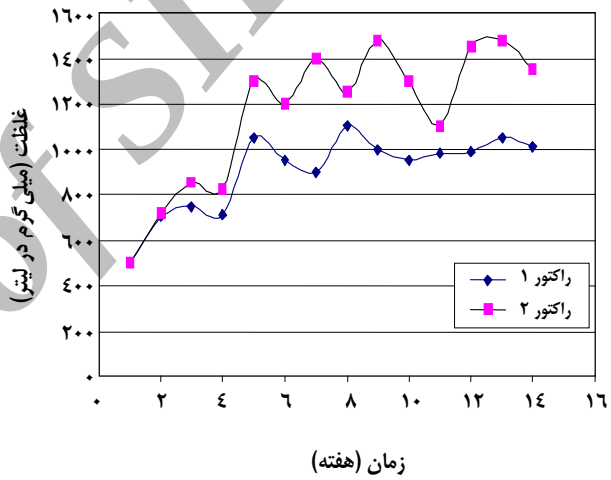
آزمایش‌های بالا نشان داد که با افزایش زمان ماند هیدرولیکی بیش از ۳۶ ساعت تفاوت زیادی در درصد حذف مواد آلی در دو راکتور ایجاد نمی‌شود. در شکل ۵، اثر زمان ماند بر درصد کاهش COD و BOD۵ در دو راکتور نشان داده شده است و در این شکل ملاحظه می‌شود که در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ ساعت حداکثر کاهش مواد آلی برحسب اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی ($BOD_5$) به ۵۲ درصد می‌رسد ولی در زمان ماند ۵۶ ساعت این کارایی به ۹۴ درصد می‌رسد.

در این تحقیق تغییرهای رنگ تحت تأثیر عملکرد راکتورها در زمان‌های ماند متفاوت در شکل ۶ نشان داده شده است. اگرچه اندازه‌گیری غلظت رنگ به‌علت رنگ تیره پساب ورودی با دشواری همراه بود، ولی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، امکان اندازه‌گیری حذف رنگ به‌صورت نسبی و با اندازه‌گیری میزان رنگ جذب شده امکان‌پذیر شد.

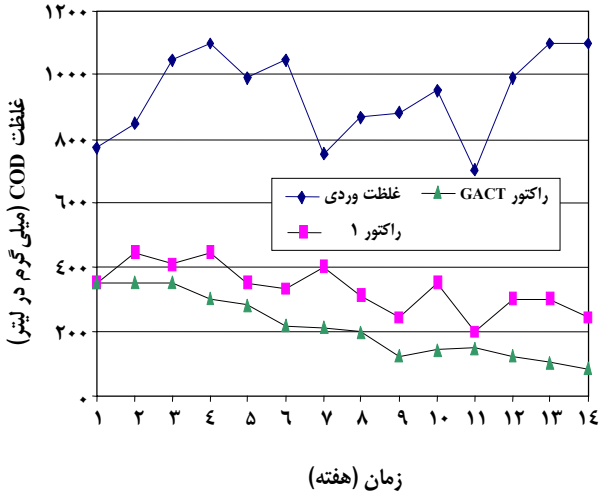
در شرایطی که غلظت کربن فعال گرانول در راکتور ۲ در حدود ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود، راکتور بدون کربن فعال حداکثر قابلیت ۸۹ درصد حذف رنگ را دارا بود ولی راکتور با کربن فعال تا ۹۲ درصد از این توانایی برخوردار بود. در این مورد نیز در زمان‌های ماند طولانی و غلظت کمتر کربن فعال تفاوت چندان زیاد نیست ولی با افزایش غلظت کربن فعال گرانول (GAC) و در زمان‌های ماند کوتاه، تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود. به هرحال وجود کربن فعال گرانول نقش مثبتی در حذف مواد آلاینده برحسب مواد آلی و رنگ خواهد داشت و به نظر می‌رسد که در زمان‌های ماند کوتاه‌تر فرایند بیولوژیکی به‌دلیل وجود مواد شیمیایی کمپلکس از سرعت واکنش خوبی برخوردار نبوده و قابلیت و توانایی زیادی در تجزیه مواد آلی ندارد، حال آنکه فرایند




شکل ۲ـ افزایش غلظت میکروبی دربیوراکتورها در زمان راه‌اندازی.




شکل ۳ـ رشد میکرواورگانیسم‌ها در راکتور ۱ (شاهد) و راکتور ۲(GACT).




شکل ۴ـ عملکرد بیوراکتورها در حذف مواد آلی برحسب COD.



Archive of SID
www.SID.ir

جـذب سطحی بـه دلیل سرعت واکنش بالا می‌توانـد بسیار مؤثـر باشد [۹-۱۱].

درصورت افزایش میزان کربن فعال گرانول (GAC) مصرفی از ۵۰ mg/li به ۱۰۰ mg/li و نیز افزایش زمان ماند هیدرولیکی سیستم از ۲۴ ساعت به ۴۸ ساعت، میزان حذف رنگ تنها ۱۳ درصد ارتقاء می‌یابد و در صورت افزایش ۲۰ درصد رقم کربن فعال گرانول (GAC) مصرفی (۱۲۰ mg/li) در همان زمان ماند هیدرولیکی، میزان حذف رنگ ۲ درصد افزایش یافت و از ۸۲ درصد به ۸۴ درصد رسید. نتیجه‌های به‌دست آمده درجدول ۲ آمده است. تغییرهای غلظت رنگ (بـرحسـب اسپکتروفتومتـری) BOD،COD برحسب مقدارهای متفاوت کربن فعال گرانول در شکل ۷ نشان داده شده است.

## نتیجه‌گیری نهایی

در این مطالعه که مقایسه ای بین فرایند لجن فعال معمولی و فرایند لجن فعال به کمک کربن فعال گرانول (کربن زیستی) است، مشخص می‌شود که در زمان‌های ماند طولانی ۴۸ و ۵۶ ساعت تفاوت دو سیستم چندان محسوس نیست و در این زمان‌های ماند هیدورلیکی طولانی با توجه به هزینه کربن فعال، کاربرد این ماده توجیه اقتصادی ندارد، ولی در زمان‌های ماند کوتاه‌تر به تدریج نقش مؤثر فرایند جذب سطحی و جذب زیستی بیشتر مشخص می‌شود که در این راستا نتیجه‌های به‌دست آمده را به‌شرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

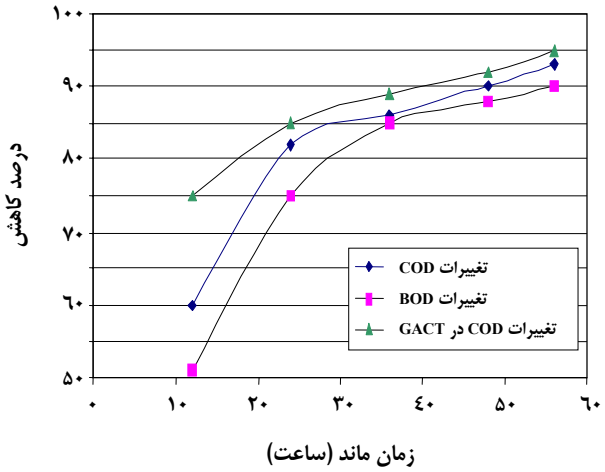
ـ بهترین غلظت کربن فعال گرانول در محدوده ۷۵ الی ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد.

ـ با توجه به افزایش غلظت میکروبی در فرایند GACT، (کربن زیستی) بازیافت و فعال کردن کربن فعال باید مورد توجه قرار گیرد. در غیر این‌صورت هزینه مواد شیمیایی مصرفی افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

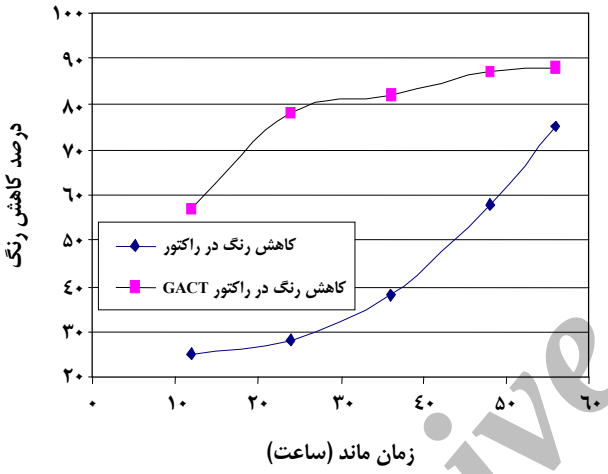
ـ COD پساب صنایع نساجی را به‌راحتی می‌توان تا بیش از ۹۰ درصد با فرایند لجن فعال معمولی و ۹۵ درصد با فرایند GACT (کربن زیستی) حذف کرد.

ـ حذف رنگ درفرایند لجن فعال ساده بسیار محدود است ولی در سیستم کربن زیستی این میزان به‌شدت افزایش می‌یابد، به‌ویژه در مواقعی که زمان ماند هیدرولیکی کمتر از ۳۶ ساعت است.

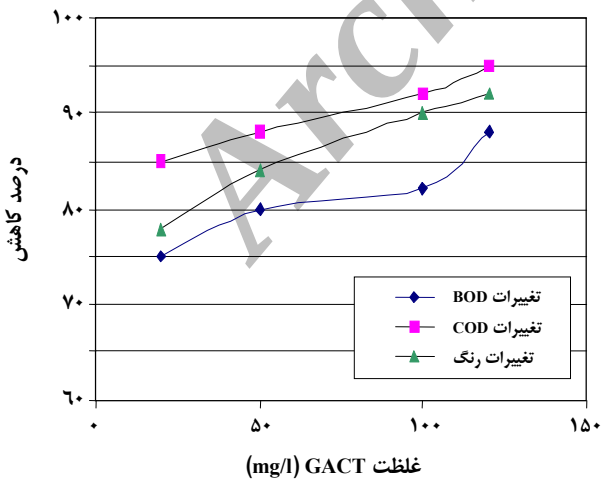
در جدول ۳ مزایا و معایب استفاده از کربن فعال گرانول درسیستم های بیولوژیکی به‌طور خلاصه آمده است.




**شکل ۵ ـ اثر زمان ماند بر بازده حذف COD و BOD راکتورها.**




**شکل ۶ ـ درصد حذف رنگ در دو راکتور تحت زمان‌های ماند متفاوت.**




**شکل ۷ـ درصد حذف رنگ، COD و BOD در راکتور GACT با غلظت‌های متفاوت کربن فعال گرانول.**



Archive of SID
www.SID.ir

**جدول ۲ـ مقایسه درصد کاهش BOD و COD و رنگ با تغییر مقدارهای کربن فعال گرانول (GAC) و زمان ماند درسیستم GACT (فرایند کربن زیستی).**

| درصد حذف BOD | درصد حذف COD | درصد کاهش رنگ | GAC به‌کار رفته (mg/l)) | زمان ماند (hr) |
|---|---|---|---|---|
| ۷۷ | ۸۵ | ۷۶ | ۲۰ | ۱۲ |
| ۸۳ | ۸۹ | ۷۹ | ۵۰ | ۲۴ |
| ۸۸ | ۹۱ | ۸۲ | ۱۰۰ | ۴۸ |
| ۹۲ | ۹۵ | ۸۴ | ۱۲۰ | ۵۶ |

**جدول ۳ـ مزایا و معایب استفاده از کربن فعال گرانول درسیستم‌های بیولوژیکی.**

| فواید افزایش GAC (کربن فعال گرانول) | نتیجه‌های افزایش | مضرات افزایش |
|---|---|---|
| حذف مواد آلی پساب | زایل شدن رنگ و بو، کاهش کف در هواده ها به‌دلیل جذب شدن مواد پاک کننده موجود در پساب روی کربن فعال، عدم ایجاد شرایط بالکینگ یا تورم لجن (به‌دلیل ایجاد نسبت F/M (میکرواورگانیسم/غذا) مناسب) و کاهش نیاز به اکسیژن | با توجه به جذب ۴۰-۱۰ mg/l اکسیژن روی GAC نیاز سیستم به اکسیژن دهی بیشتر است. لذا سیستم Extended Aeration (هوادهی ممتد) مطلوب‌تر است [۱۲]. |
| بهبود یافتن ته نشینی لجن | افزایش ظرفیت ته نشینی ثانویه درسیستم | افزودن GAC (کربن فعال گرانول) به مخزن هوادهی موجب تولید لجن بیشتر می شود و به‌دلیل افزایش MIVSS به تعداد دفعات دفع لجن می افزاید. |
| بهبود آب‌گیری از لجن | افزایش ظرفیت واحد بی آب سازی لجن در سیستم | GAC(کربن فعال گرانول) اضافه شده به تانک هوادهی ته نشین می‌شود و معلق نگه‌داشتن آن در تانک به آسانی صورت نمی گیرد. |
| بهبود سیستم | کیفیت پساب خروجی بهبود می‌یابد. نسبت برگشت لجن به‌دلیل افزایش چگالی لجن برگشتی کاهش می‌یابد. | ایجاد شرایط بازیافت GAC (کربن فعال گرانول) افزایش میزان برگشت لجن درابتدای عملیات |
| کاهش COD پساب | حذف COD اضافی به میزان ۱ $mg/m^3$ پساب تصفیه شده | فرایندGACT (کربن‌زیستی) برای بارگذاری لجن بیش از ۰/۲ kg BOD/Kg MLSS مناسب است. درمورد فاضلاب خانگی و ترکیب فاضلاب انسانی و صنعتی مقرون به‌صرفه نیست [۱۳]. |

*تاریخ دریافت: ۸۲/۲/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۱۰/۱۹*

## مراجع

[۱]حسینیان، مرتضی؛ خسروی، علیرضا؛ "طراحی تصفیه خانه‌های پساب صنایع نساجی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران (۱۳۶۸).

[2] Kang, S.F., Lia, C.H., Chen, M.C., Pre-Oxidation and Coagulation of Textile Wastewater by the Fenton Process, *Chemosphere*, **46**, 923 (2002).

[3] Hassler, J.W., Purification with Activated Carbon", Chemical Pub. Company, New York (1979).

[4] Meric Pagano, S., Kaptan, D., Turay, O., Removal of Colour and COD from a Mixture of Four Reactive Azo Dyes Using Fenton's Process, 5th Specialized Conf. On Small Water and Wastewater Treatment System, I.W.A-Istanbul (2002).



Archive of SID
www.SID.ir

[5] Moddaressi, C., Borghei, S.M., Advance Treatment and Decolorization of Textile Wastewaters, Proceedings of 4th Int. Conference on Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran (1997).

[6] Koppe.Paul, Imhoff Klauser, Some Practical Aspects of the Biocarbon Process, *Journal of Water Research*, **13**, P. 865 (1979).

[۷] ناصری، سیمین؛ قیاسی نیک، زهرا؛ بررسی تأثیر اکسیژن مولکولی به کارایی GAC در جذب سطحی ترکیب‌های آلی، مجموعه مقاله‌های کنگره ملی مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران (۱۳۷۴).

[8] "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", Fifteen Edition, APHA,AwwA,US (1995).

[9] Su, Y.C.H., Chen, J.T. and Yang, H.C., Decolorization of Dyes Using Ozone in a Gaz Indaced Reactor, *AICHE J*, **47** (1), P. 169 (2002).

[10] Chudoba, J., Tucek, F., 8 Lischke, P., Isolation and Identification of Organic Residuals from the Production of Activated Sludge Microorganisms Z, *Wass. Versog Abwasskde* (German), **8**, 99 (2000).

[11] Koppe, P., Kornatzki, K.H., Investigation on the Amount of Resistant Substances in Drinking Water Schriftenreihe des Vereins fur Wasser-Boden- und Luf Thygiene (German) No. 40, 360 (2001).

[12] De wall, F.B., Chian, E.S.K., Biological Regeneration of Powdered Activated Carbon Added to Activated Sludge Units, *Water Res*., **11**, 439 (1977).

[13] Larsson, P.O., Ohlson S & Mosbach K.New approach to steroid Conversion using Activated immobilized microorganisms. Nature 263,796.

Archive of SID



www.SID.ir