

## کارایی حذف اورتو کلروفنل از محیط آبی با استفاده از خاکستر فرار فعال شده نیروگاه سوخت فسیلی زرند کرمان

محمد ملکوتیان: استاد، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان ایران-  
نویسنده رابط: m.malakootian@yahoo.com

علیرضا مصادقی نیا: استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

شیما رضایی: دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۱۷

### چکیده

زمینه و هدف: کلروفنلها در زمرة آلینده هایی سعی آلی اسیدی و دارای اولویت می باشند. یکی از بهترین روش های حذف کلروفنلها، استفاده از جاذبهای مختلف می باشد. در این تحقیق کارایی حذف اورتوکلروفنل به عنوان یکی از معمول ترین آلینده های آلی محیط های آبی با روش جذب بر روی خاکستر فرار فعال شده بررسی گردید.

روش کار: در این تحقیق تجربی خاکستر فرار تهیه شده از نیروگاه زرند کرمان، توسط اسید سولفوریک فعال گردید. عوامل موثر در فرآیند فعال سازی جاذب شامل دما، زمان، مقدار و غلظت اسید و همچنین عوامل تاثیرگذار در فرآیند جذب برای شرایط بهینه تنظیم شد. آزمایش ها بر روی پساب واقعی کارخانه زغال شویی زرند نیز انجام گرفت. داده ها توسط نرم افزار SPSS تحلیل گردید.

نتایج: فعال سازی جاذب در شرایط بهینه زمان ۵ ساعت، غلظت اسید  $1/8$  مولار، دمای  $29 \pm 2^\circ\text{C}$  و نسبت اسید به خاکستر فرار برابر با ۷ انجام گرفت. بازده حذف اورتوکلروفنل در پساب کارخانه زغال شویی زرند در شرایط بهینه (pH ۲، مقدار ۱ گرم جاذب در زمان ۳ ساعت) برابر  $84/4\%$  بود.

نتیجه گیری: علاوه بر بالا بودن بازده جذب اورتوکلروفنل چون فعال سازی جاذب نیاز به فن آوری پیچیده نداشته و هزینه بر نبوده می توان از جاذب مذکور برای حذف این آلینده از پساب صنایع استفاده نمود.

واژگان کلیدی: فعال سازی شیمیایی جاذب، جذب، اورتوکلروفنل، خاکستر فرار

### مقدمه

محصولات تجزیه علف کشایی فنوسکسی تولید می گردند (Bertelli and Sellì 2006). از دیگر منابع ورود کلروفنلها به محیط می توان به فاضلاب صنایع دارویی، پالایشگاههای پتروشیمی، فاضلاب صنایع رنگی و پلاستیک، حشره کش ها، قارچ کش ها، حفاظت کننده هایی چوب، صنایع تبدیل زغال و صنایع کاغذ اشاره نمود (Anbia and Lashgari 2009).

کلروفنل ها عنوان شایع ترین آلینده هایی آلی محیط های آبی (Wang and Wu 2006)، با داشتن سمیت حداد (Ma et al. 2014) و پایداری ناشی از باند کربن-هالوژن باعث آلدگی آب های سطحی، زیرزمینی و خاک می شوند (Sun and Zhang 2006). این ترکیبات شیمیایی در نتیجه ضد عفونی منابع آب و فاضلاب با کلر عنوان محصول جانبی واکنش هیپوکلریتها با اسیدهای فنیک یا به عنوان

Jamalinejad et al. (2011) حذف، فرایند جذب می باشد).

تحقیقات زیادی برای توسعه کاربرد جاذبهای کم هزینه در حال انجام است (Ghanizadeh and Asgari 2009). استفاده از دورریزهای صنعتی عنوان جاذب علاوه بر کم هزینه بودن با سیاست بازیافت از مبدأ در بحث مدیریت پسماند نیز هم خوانی دارد. یکی از پرکاربردترین جاذبهای ارزان قیمت، خاکستر فرار حاصل از سوزاندن زغال یا مازوت در نیروگاه های برق می باشد. خاکستر فرار حاصل از سوختن مازوت بعلت وجود مقدار بالای از ذرات نسخته، کاربردش به عنوان یک جانشین بالقوه برای کربن فعال بسیار جالب توجه میباشد. از انواع خاکستر فرار علاوه بر حذف رنگ، موادی آلی و یونهای فلزی از محیط های آبی در سیمان پورتلند، ساخت و ساز و دیگر برنامه های کاربردی مهندسی عمران نیز استفاده می شود (Ali et al. 2012).

در تحقیق Lin و همکارانش در سال ۲۰۰۸ در چین رنگ بازی متیلن بلو با استفاده از خاکستر فرار فعال شده با اسید سولفوریک حذف گردید (Lin et al. 2008). Zhang و همکارانش در سال ۲۰۱۲ در چین از خاکستر فرار فعال شده با اسید نیتریک در حضور  $H_2O_2$  جهت حذف پارانیتروفنل به روش شبه فتوون هتروژن استفاده نمودند (Zhou et al. 2012). Zhou و همکارانش در سال ۲۰۱۴ در چین جهت جذب ترکیبات آلی فرار بر روی خاکستر فرار فعال شده با اسید و سپس قلیا گزارش دادند که فرایند فعال سازی منجر به افزایش بازده حذف گردید (Zhou et al. 2014). خاکستر فرار حاصل از نیروگاه دوگانه سوز (زغال سنگ و مازوت) شهرستان زرند واقع در شمال کرمان بدون هیچ استفاده ای در اطراف نیروگاه انشسته می شود. بدلیل اینکه کاربرد خاکستر فرار در تصفیه آلاینده ها از محیط های آبی به میزان زیادی متأثر از منشاء آنها می باشد. ترکیب شیمیایی و ویژگیهای سطحی خاکستر فرار بسته به نوع سوخت، منبع و ترکیب آن، ویژگیهای کوره و فرایند سوختن تغییر می-

در تقسیم بندی آلاینده هایی سمی آلی، کلروفنل ها در دسته ترکیبات اسیدی قرار دارند (Xie et al. 2012). ۰/۰۱ میلیگرم بر لیتر از این ترکیبات سبب ایجاد طعم، مزه و بوی بسیار نامطلوب در محیط آبی می گردد (Fattahi et al. 2007). این ترکیبات در غلظت های بالا دارای خاصیت بیوسایدی و زنوپیوتیکی می باشند. میزان سمیت با افزایش در درجه کلریناسیون کلروفنل ها (Anbia and Lashgari 2009) می یابد. کلروفنل ها به علت ایجاد مشکلاتی مانند ناراحتی های گوارشی، سوزش پوست و در برخی موارد سرطان و سایر اثرات مضر بر روی انسان و حیوان به عنوان یک نگرانی زیست محیطی قلمداد می شوند. اثرات سمیت مزمن ناشی از ترکیبات فنلی در انسانها شامل استفراغ، سختی در بلع، بی اشتها بی، آسیب به کبد و کلیه ها، سردرد، ضعف و دیگر اختلالات ذهنی می باشد (Kamble et al. 2008).

۹ کلروفنل که جزو آلایندهای دارای اولویت می باشد تهیه نموده است. یکی از کلروفنل های سمی تر و سرطان زای این فهرست اورتوکلروفنل می باشد. اگر مقادیر بهداشتی و زیبائشناسی (بو و مزه) اورتوکلروفنل بترتیب از ۰/۳ و ۰/۰۰۰۱ میلیگرم بر لیتر تجاوز نماید به عنوان معرض بهداشتی مطرح می گردد. بر اساس استاندارد EPA غلظت اورتوکلروفنل در آب آشامیدنی Xia et al. (2011) نباید از ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر بیشتر باشد. حلایت این آلاینده در محیط های آبی بسیار بالا می باشد (Yang et al. 2014). از این رو حذف این آلاینده از محیط های آبی ضروری می باشد.

متداولترین روش های بکار رفته جهت حذف ترکیبات فنلی از فاضلاب شامل تجزیه بیولوژیکی، جذب در کربن فعال، بیوجذب، استخراج با حلال، اکسیداسیون شیمیایی (با استفاده ازن، پراکسیدهیدروژن، دی اکسیدکلرین)، تزریق در چاه عمیق، سوزاندن، تجزیه نوری، انعقاد و لخته سازی می باشد (Anbia and Lashgari 2009; Khan et al. 2011; Senel et al. 2006). یکی از بهترین روش های

خاکستر فرار EC و pH Total Dissolved Solids (TDS) اندازه گیری شد. در ادامه خاکستر فرار با استفاده از اسید سولفوریک مورد فعال سازی شیمیابی قرار گرفت. فعال سازی خاکستر فرار: طی چندین آزمایش متوالی، تاثیر عوامل موثر بر فعال سازی جاذب شامل غلظت اسید، مقدار اسید، دما و زمان فعال سازی خاکستر فرار مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایشها مربوط به هر مرحله، با تغییر یک عامل و ثابت فرض نمودن سایر عوامل، کلیه پارامترها بهینه شد. سپس جاذب بدست آمده برای جذب اورتوکلروفنل از محلول سنتیک در شرایط کاملاً یکسان مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب مقادیر بهینه عوامل موثر در تهیه خاکستر فرار فعال شده به ترتیب زیر صورت گرفت:

۱- تعیین غلظت بهینه اسید: در آزمایش اول خاکستر فرار در غلظت‌های متفاوت اسید  $0/1$ ,  $1/8$  و  $2$  مولار فعال گردید. این فرآیند بمدت  $3$  ساعت در نسبت اسید به خاکستر فرار برابر  $3$  و دمای  $100$  درجه سلسیوس تحت شرایط رفلaks در دستگاه شوف بالون انجام گرفت. پس از فیلتر نمودن، جاذب چندین بار با آب مقطر و در ادامه با اتانول (جهت کاهش pH) شسته شدند. سپس خاکستر با اتانول (جهت کاهش pH) شسته شدند. سپس خاکستر فرار در آون با دمای  $105$  تا  $120$  درجه سلسیوس تا وزن ثابت خشک گردید. جهت خنک شدن نمونه‌ها از دسیکاتور استفاده شد. بدین ترتیب جاذب خاکستر فرار اسیدی شده Acidified Fly Ash (AFA) بدست آمد.

سپس بازده حذف o-CP (با غلظت  $50\text{ mg/L}$ ) در دمای اتاق و زمان تماس  $1$  ساعت و مقدار  $0/5$  گرم از هر کدام از جاذب‌های فعال شده در غلظت‌های متفاوت اسید تعیین و مقایسه گردید.

۲- تعیین نسبت بهینه اسید به خاکستر فرار: در آزمایش دوم فرآیند فعال سازی اسیدی در نسبت‌های متفاوت اسید به خاکستر فرار ( $3$ ,  $7$ ,  $9$ ,  $10$ ,  $11$  و  $13$ ) انجام شد. این فرآیند در زمان  $3$  ساعت، دمای جوش تحت شرایط رفلaks و غلظت بهینه اسید صورت گرفت. بعد از شستن و خشک نمودن جاذبهای بازده حذف اورتوکلروفنل

بابد (Sarkar and Acharya 2006; Vişa and Duťă 2010). از آنجا که بازیافت خاکستر فرار از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نماید. در این تحقیق بر آن شدیدم تا ابتدا با بکارگیری یک روش ساده به حذف ناخالصی‌ها و آلاینده‌های مضر خاکستر فرار پرداخته و سپس به بررسی قابلیت کاربرد خاکستر فرار فعال شده نیروگاه مذکور برای حذف اورتوکلروفنل از پساب کارخانه زغالشویی واقع در جنب نیروگاه پردازیم. تا در صورت تایید قابلیت کاربرد جاذب مذکور، بدون پرداخت هزینه حمل و نقل تنها با بکار گیری یک فرایند فعال سازی ساده که نیاز به فن آوری پیچیده نداشته و هزینه بر نبوده به بازده حذف مناسبی دست یافت. تا بتوان با تکیه بر روش کاربرد دورریز برای تصفیه دورریز، از زاندات جامد خاکستر فرار برای تصفیه فاضلاب در مقیاس صنعتی استفاده نمود.

## روش کار

این تحقیق تجربی در مقیاس آزمایشگاهی و بطور ناپیوسته هم بر روی نمونه‌های صناعی و هم بر روی نمونه واقعی در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام گرفت. ابتدا محلول استوک اورتوکلروفنل-ortho-ChloroPhenol (o-CP) با غلظت  $1000\text{ ppm}$  تهییه شد. خاکستر فرار نیروگاه حرارتی زرند کرمان از سیکلون جمع کننده ذرات، نمونه برداری گردید. ذراتی با مش بین  $100$  تا  $200$  انتخاب شد. خاکستر فرار الک شده، با آب مقطر در نسبت مایع به جامد برابر با  $10$  به مدت  $48$  ساعت مورد شستشو قرار گرفت. این عمل جهت جدا نمودن ناخالصی‌ها و ترکیبات محلول در آب موجود در خاکستر فرار انجام گرفت. بعد از شستشوی خاکستر فرار، نمونه‌ها با فیلتر  $0/45$  میکرون فیلتر شده و در آون  $105$  درجه سلسیوس تا وزن ثابت خشک گردید. نهایتاً خاکستر شسته شده Washed Fly Ash (WFA) بدست آمد. قبل و بعد از شستن

AFA تماس داده شد. در تمام آزمایشها بازده با استفاده

از معادله ۱ محاسبه گردید:

$$R = \frac{[(C_0 - C_t) \times 100]}{C_0} \quad (\text{معادله ۱})$$

۰- غلظت اولیه  $C_0$  mg/L بر حسب  $C_t$ ، mg/L غلظت  $R$  پس از زمان  $t$  بر حسب  $M$  درصد می باشد. ظرفیت جذب با استفاده از معادله ۲ محاسبه می شود.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{M} \quad (\text{معادله ۲})$$

مقدار ماده جذب شده در واحد جرم جاذب بر حسب  $M$ ، mg/g،  $V$  حجم محلول حاوی آلاینده بر حسب لیتر،  $C_e$  مقدار خاکستر اضافه شده بر حسب گرم و  $C_0$  غلظت  $CP$  در محلول در زمان تعادل بر حسب  $L$  mg/L می باشد.

۴- ایزوترم و سیستیک جذب اورتوکلروفنل بر روی خاکستر فرار فعال شده: ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمیر نوع ۱، ۲، ۳ و ۴ و همچنین سیستیک درجه اول و درجه دوم نوع ۱، ۲، ۳ و ۴ برای جذب  $o\text{-CP}$  بر روی AFA بررسی شد.

۵- تعیین قابلیت استفاده مجدد از جاذب: جهت تعیین قابلیت بازیافت جاذب، خاکستر فرار فعال شده بعد از استفاده در فرآیند جذب، چندین بار با آب مقطر شسته شده و بعد از خشک شدن بازده حذف مجدد در شرایط بهینه محاسبه گردید.

۶- واجذب آلاینده از روی جاذب: جهت تعیین میزان واجذب آلاینده اورتوکلروفنل از سطح جاذب خاکستر فرار فعال شده، بعد از اینکه فرآیند جذب به تعادل رسید، محلول واکنش مجدداً بمدت ۵ ساعت بر روی همزن همزده شد و هر یک ساعت یکبار غلظت اورتوکلروفنل موجود در محلول اندازگیری شد.

۷- تعیین بازده حذف اورتوکلروفنل در نمونه واقعی: نمونه واقعی تهیه شده از پساب کارخانه زغال شویی زرند تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل گردید. در ابتدا کیفیت فیزیکی- شیمیائی فاضلاب خام واقعی اندازه گیری شد.

تعیین گردید. با مقایسه بازده حذف بدست آمده نسبت بهینه انتخاب گردید.

۳- تعیین زمان بهینه فعالسازی جاذب: در آزمایش سوم خاکستر فرار در زمانهای متفاوت (۱، ۳، ۵، ۹ و ۱۰ ساعت) فعال گردید. این فرآیند در مقدار و غلظت بهینه اسید و دمای جوش تحت شرایط رفلاکس انجام گرفت. بعد از شستن و خشک نمودن نمونه ها، جهت انتخاب زمان بهینه، بازده حذف اورتوکلروفنل توسط جاذبهای مذکور تعیین و مقایسه گردید.

۴- تعیین دمای بهینه فعالسازی خاکستر فرار: در آزمایش چهارم خاکستر فرار در دماهای متفاوت ( دمای اتاق (۲۹)، ۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه سلسیوس) فعال گردید. این فرآیند در زمان، غلظت و مقدار اسید بهینه انجام شد. سپس با مقایسه بازده حذف اورتوکلروفنل توسط خاکستر فرار فعال شده در دماهای متفاوت، دمای بهینه تعیین گردید.

بهینه سازی عوامل موثر بر فرآیند جذب: پس از تهیه خاکستر فرار فعال شده، عوامل موثر بر فرآیند جذب با جاذب مذکور مورد بررسی قرار گرفت.

۱- تعیین pH بهینه: بمنظور بررسی میزان تاثیر pH بر روی بازده حذف اورتوکلروفنل، ۱۰۰ml محلول اورتوکلروفنل با pH های متفاوت (از ۲ تا ۱۱) با مقدار ۵/۰ گرم جاذب در دمای اتاق (۲۹±۲ درجه سلسیوس) تماس داده شد. pH با استفاده از ۰/۱ NaOH و ۰/۱ HCl مولار تنظیم شد.

۲- تعیین مقدار بهینه جاذب: بمنظور بررسی میزان تاثیر دو فاکتور مقدار ماده جاذب و زمان تماس بر روی بازده حذف اورتوکلروفنل مقادیر متفاوتی از خاکستر فرار فعال شده (از ۰/۲ تا ۱/۲ گرم) با ۱۰۰ میلی لیتر محلول اورتوکلروفنل (با غلظت ۵۰mg/l) در زمانهای تماس متفاوت (از ۳۰ تا ۲۱۰ دقیقه) تماس داده شد.

۳- بررسی تاثیر غلظت اولیه اورتوکلروفنل در بازده حذف: غلظت هایی متفاوتی از o-CP در محدوده ۲۰ تا ۲۵۰ میلیگرم بر لیتر در شرایط بهینه تا زمان تعادل با

افزایش درصد وزنی کربن و حذف ترکیب خطرناک وانادیم بعد از فعال سازی جاذب می باشد.

۲- تاثیر غلظت اسید در فعال سازی جاذب: تغییرات بازده حذف اورتوکلروفنل با جاذبهای فعال شده در غلظت های متفاوت اسید در نمودار ۱ نشان داده شده است.

بازده حذف اورتوکلروفنل توسط خاکستر فرار خام (غلظت اسید٪) برابر  $58/8$  بود. با فعال سازی جاذب توسط اسید سولفوریک، بازده حذف o-CP افزایش یافت. به طوریکه جاذب فعال شده در غلظت های بالاتر اسید، دارای بازده جذب بیشتری بود. بازده حذف o-CP توسط خاکستر فرار فعال شده در غلظت های اسید  $1/8$ ،  $0/01$  و  $2$  مولار بترتیب برابر  $73/8$ ،  $81/29$  و  $81/4$  درصد بود. همانگونه که مشاهده می شود تفاوت در بازده جذب اورتوکلروفنل توسط جاذب فعال شده در غلظت اسید  $1/8$  و  $2$  مولار ناچیز می باشد. بدین ترتیب غلظت  $1/8$  مولار به عنوان غلظت بهینه اسید انتخاب گردید. از نظر آماری غلظت اسید بکار رفته در فعال سازی جاذب با بازده جذب ارتباط معنی داری ندارد ( $p=0/080$ ).

۳- تاثیر نسبت اسید به خاکستر فرار در فعال سازی جاذب: افزایش نسبت حجم اسید (میلی لیتر) به وزن خاکستر فرار خام (گرم) در فعال سازی جاذب منجر به افزایش بازده حذف اورتوکلروفنل گردید. بطوریکه بازده حذف در نسبت های  $3/7$ ،  $9/7$  و  $13$  بترتیب برابر  $81/47$ ،  $84/4$  و  $84/25$  بود. همانگونه که مشاهده می شود بازده حذف اورتوکلروفنل توسط جاذب فعال شده در نسبت های بالاتر از  $7$  تقریباً یکسان بود. بدین ترتیب نسبت برابر  $7$  به عنوان نسبت بهینه اسید به خاکستر فرار انتخاب گردید. تحلیل آماری نشان داد ارتباط معنی داری بین نسبت اسید به خاکستر فرار و بازده جذب وجود ندارد ( $p=0/065$ ).

۴- تاثیر زمان فعال سازی جاذب بر بازده جذب: نمودار ۲ تغییرات بازده جذب o-CP توسط جاذب های فعال شده در زمان های متفاوت فعال سازی را نشان می دهد.

سپس بازده حذف اورتوکلروفنل در نمونه واقعی با استفاده از جاذب AFA در شرایط بهینه تعیین گردید. به منظور اطمینان از نتایج، کلیه آزمایشها سه بار تکرار گردید. تمام آزمایش های جذب در دمای اتاق و با همزن مدل ۳۰۰۱ Heidolph با دور  $400\text{ rpm}$  انجام گرفت. عمل فیلتر نمودن نمونه ها با استفاده از فیلتر  $0/45$  میکرون انجام شد. جهت حذف جاذب، محلول با سانتریفیوژ مدل Centrifuge-۱۵۰  $3500$  rpm در طول موج  $274$  نانومتر قرائت  $UV-1800$  o-CP توسط دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل SHIMADZU گردید. مواد شیمیابی مورد نیاز از شرکت مرک تهیه شد. عکس Scanning electron microscope (SEM) و EDS نمونه خاکستر فرار قبل و بعد از اصلاح تهیه گردید. تجزیه تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و تست پیرسون انجام گرفت.

## نتایج

۱- تاثیر فرایند فعال سازی خاکستر فرار: تصویر تهیه شده از نمونه خاکستر فرار قبل و بعد از فعال سازی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی در شکل ۱ ارائه شده است. شکل ۱ نشان دهنده افزایش تخلخل و در نتیجه افزایش مکانهای جذب در سطح خاکستر فرار بعد از فعال سازی می باشد. pH قبل و بعد از شستشوی  $48$  ساعته خاکستر فرار، ثابت و برابر  $2/6$  بود. اما EC از  $2/3$  به  $4/07$  میلی زیمنس بر سانتیمتر و TDS از  $1710\text{ ppm}$  به  $4/07$  افزایش یافت. EDS نمونه ها نشان داد که درصد وزنی عناصر و اکسیدهای فلزی موجود شامل کربن، سولفور، اکسیژن،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_3$ ، آهن، وانادیم،  $\text{V}_2\text{O}_5$  و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  قبل از فعال سازی جاذب به ترتیب  $2/09$ ،  $77/94$ ،  $77/73$ ،  $10/9$ ،  $6/22$ ،  $1/32$  و  $0/61$  بود اما درصد وزنی این عناصر و ترکیبات بعد از فعال سازی جاذب به ترتیب به  $5/08$ ،  $94/92$ ،  $6/8$ ،  $86/52$  و  $0/0$  رسید. این نتایج نشان دهنده

غلظت  $L = 50 \text{ mg/g}$  برابر  $4/98 \text{ mg/g}$  بود. بازده حذف اورتوکلروفنل از نمونه سنتیک در شرایط بهینه ( $\text{pH} = 2$ )، زمان  $2\text{h}$  و مقدار جاذب برابر  $1\text{g}$  برابر  $0.98/72$  بود. مقدار جاذب با بازده حذف از نظر آماری با  $p=0.026$  رابطه معنی دار داشت.

۳- تاثیر غلظت اولیه اورتوکلروفنل در بازده حذف: افزایش غلظت اولیه اورتوکلروفنل (از  $20$  تا  $250$  میلیگرم بر لیتر) منجر به افزایش ظرفیت جذب (از  $1/9$  تا  $16/6$  میلیگرم بر گرم) و کاهش بازده حذف (از  $99/6$  تا  $66/4$  درصد) گردید. تحلیل آماری نشان داد غلظت اورتوکلروفنل با بازده حذف دارای رابطه معنی داری می‌باشد ( $p=0.000$ ).

۴- ایزوترم و سیستیک جذب: محاسبه پارامترهای ایزوترم جذب  $o\text{-CP}$  بر روی خاکستر فرار فعال شده نشان داد در شرایط تعادل برای فرایند جذب اورتوکلروفنل، همدماهی جذب فروندلیچ بهترین توصیف کننده وضعیت تعادلی می‌باشد. همخوانی خوب این مدل به داده‌های همدماهی جذب  $o\text{-CP}$  توسط ضرایب تبیین  $R^2 = 0.96$  نشان داده شد. در بررسی سیستیک جذب، با توجه به  $R^2 = 0.99$  و همچنین مقایسه بین مقدار جذب تعادلی محاسبه شده ( $q_{e(\text{cal})} = 5/18$ ) و مقدار جذب تعادلی بدست آمده از طریق آزمایش ( $q_{e(\text{exp})} = 4/94$ ) مشخص شد که سیستیک جذب  $o\text{-CP}$  بر روی AFA از درجه دوم نوع ۱- تبعیت می‌کند.

۵- قابلیت استفاده مجدد از جاذب: آزمایشات انجام شده جهت بررسی قابلیت استفاده مجدد از جاذب نشان داد که بازده حذف اورتوکلروفنل در شرایط بهینه طی دو بار بازیافت جاذب به ترتیب برابر  $4/89\%$  و  $4/75\%$  می‌باشد.

۶- واجذب آلاینده از روی جاذب: بررسی میزان واجذب اورتوکلروفنل از روی جاذب نشان داد که آلاینده هیچگونه واجذبی از روی جاذب نداشت.

۷- بازده حذف اورتوکلروفنل در نمونه واقعی: بازده حذف اورتوکلروفنل در پساب کارخانه زغالشویی زرند در شرایط بهینه ( $\text{pH} = 2$ ، مقدار  $1\text{ g}$  جاذب و زمان  $3$  ساعت) برابر  $4/84\%$  بود.

افزایش زمان فعال سازی اسیدی جاذب، منجر به تهیه جاذبی با توانایی جذب بیشتر اورتوکلروفنل گردید. با افزایش زمان فعال سازی خاکستر فرار از  $1$  تا  $10$  ساعت بازده جذب اورتوکلروفنل از  $82/3$  تا  $89/9$  درصد افزایش یافت. اما چون تفاوت قابل ملاحظه‌ای در بازده حذف وجود دیده نشد، زمان اقتصادی  $5$  ساعت به عنوان زمان بهینه انتخاب گردید. با توجه به تحلیل آماری صورت گرفته زمان فعال سازی جاذب با بازده جذب دارای رابطه معنی داری می‌باشد ( $p=0.003$ ).

۵- تاثیر دمای فعال سازی جاذب بر بازده جذب: تغییرات بازده حذف  $o\text{-CP}$  توسط جاذب‌های فعال شده در دمای‌های متفاوت در نمودار  $3$  مشاهده می‌شود. جاذب فعال شده در دمای بالاتر دارای بازده حذف بیشتر  $o\text{-CP}$  بود. با افزایش دمای اصلاح جاذب از  $28$  تا  $120$  درجه سلسیوس بازده از  $83/3$  تا  $87/46$  درصد افزایش یافت. که تفاوت در بازده حذف چشمگیر نبود. در چنین شرایطی با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، دمای اتاق ( $28$  درجه سلسیوس) به عنوان دمای بهینه انتخاب گردید. دمای فعال سازی با بازده جذب از نظر آماری رابطه معنی داری داشت ( $p=0.003$ ).

تاثیر عوامل موثر در فرایند جذب:

۱- تاثیر  $\text{pH}$ : تغییرات بازده حذف اورتوکلروفنل در  $\text{pH}$  متفاوت نشان داد که با کاهش  $\text{pH}$  (از  $11$  تا  $2$ ) بازده حذف از  $36$  تا  $94/5$  درصد افزایش می‌یابد. بدین ترتیب  $\text{pH}$  برابر  $2$  بعنوان  $\text{pH}$  بهینه انتخاب گردید. همچنین میزان جذب در  $\text{pH}$  خشی در زمانهای متفاوت بسیار ناچیز بود. فرآیند بعد از  $3$  ساعت به تعادل رسید. به لحاظ آماری رابطه معنی داری بین  $\text{pH}$  با بازده حذف وجود نداشت ( $p=0.152$ ).

۲- تاثیر مقدار جاذب: افزایش مقدار جاذب (از  $0/2$  تا  $1/2$  گرم) منجر به افزایش بازده حذف اورتوکلروفنل (از  $66$  تا  $98/72$  درصد) گردید. چون تفاوت بازده حذف در مقادیر جاذب  $1$  و  $1/2$  گرم دیده نشد، مقدار  $1\text{ g}$  به عنوان مقدار بهینه جاذب انتخاب شد. مقدار جذب در

معنی داری در خالص سازی خاکستر فرار نداشت. که نتایج با یافته های مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین این محقق مشاهده نمود که با افزایش زمان و دمای فعال سازی اسیدی خاکستر فرار، درصد ناخالصی های جاذب کاهش یافت و این شرایط نهایتا منجر به تهیه جاذبی با بازده جذب بهتر گشت (Panitchakarn et al. 2014). همانگونه که مشاهده شد نتایج این مطالعه با یافته های تحقیق حاضر هم خوانی دارد.

تأثیر pH: ترکیبات اسیدی مانند کلروفنل ها که دهنده الکترون هستند هنگامیکه pH بزرگتر از  $pK_a$  باشد ( $pK_a$  کلروفنل ها از ۴/۷ تا ۹/۴ متغیر می باشد) به آنیون تبدیل می شوند. تجمع و ارتقاء بار  $\text{OH}^-$  و یونهای فنوکسید سبب ایجاد رقابت و کاهش بازده جذب در pH بالا می شود (Nadavala et al. 2009). در pH پایین تر، فناهای کلرینه شده بشکل خشی وجود دارند در نتیجه واکنش این ترکیبات با مکانهای جذب در سطح جاذب بوسیله نیروهای Anbia and Keshish سطحی افزایش می یابد (Amirmahmoodi 2011). بازده %.۰ در pH خشی ناشی از تضعیف نیروهای تداخلی بین کلروفنل ها و سطح جاذب می شود (Senel et al. 2006). Baker و همکارانش در سال ۲۰۰۹ در ژاپن جهت حذف 2-CP با استفاده از زئولیت طبیعی اظهار داشتند که بازده حذف در pH اسیدی بعلت غالب بودن گونه های خشی بالاتر بود (Baker and Ghanem 2009). Senel و همکارانش در ترکیه با استفاده از فیبرهای تو خالی پلی آمیدی (Senel et al. 2006)، و Ali (et al. 2012) و همکارانش در هند با استفاده از جاذب های ارزان قیمت (Ali et al. 2012) به ترتیب pH معادل ۲ و ۱ را به عنوان pH بهینه در حذف اورتوکلروفنل انتخاب نمودند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج سایر تحقیقات مطابقت دارد.

تأثیر مقدار جاذب: علت افزایش بازده حذف و مقدار جذب با افزایش مقدار جاذب، بعلت در دسترس بودن مکانهای جذب خالی و شبی غلطت بالا بین فاز محلول و فاز جامد می باشد (Javadian et al. 2013; Manshouri et al. 2012). Abou-Elela (2012) و همکارانش در سال ۲۰۱۴

## بحث

تأثیر فعال سازی جاذب: افزایش EC و TDS بعد از شستشوی ۴۸ ساعته خاکستر فرار خام با آب مقطر، نشاندهنده انحلال ترکیبات محلول در آب موجود در خاکستر فرار می باشد. افزایش درصد کردن بعد از اسیدشویی جاذب، افزایش ظرفیت جذب جاذب را تائید می نماید. شستشوی بیشتر ناخالصی های موجود در خاکستر فرار، افزایش تخلخل و مساحت سطح جاذب منجر به افزایش بازده جذب بعد از فعال سازی اسیدی Wang and Wu 2006; Li et al. 2006). نتایج حاصل با گزارشات Wang و همکارانش در استرالیا مبنی بر افزایش ظرفیت جذب خاکستر فرار Wang et al. 2005 بعد از تصفیه اسیدی مطابقت دارد (Kashiwakura 2005). حذف ترکیبات وانادیم بعد از اسید شویی جاذب با مطالعه Kashiwakura و همکارانش در ژاپن مبنی بر حذف موفق ترکیبات خطرناک مانند آرسنیک و سلنیم از خاکستر فرار با فرآیند اسیدشویی هم خوانی دارد (Kashiwakura et al. 2011, 2010). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> در جاذب بعد از اسیدشویی با نتایج تحقیق Panitchakarn و همکاران هم خوانی دارد (Panitchakarn et al. 2014). همچنین نتایج تحقیق حاضر با مطالعه Tahir و همکاران که موئید تعویت بازده حذف رنگ بعلت تشکیل سطح اصلاح شده جدید و افزایش مساحت سطح جذب در خاکستر فرار حاصل از باگاس بعد از شستشو با فرمالدئید و اسید سولفوریک Zhang و مطالعه (Tahir et al. 2012) تأیید بهبود ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاکستر فرار فعال شده با اسید نسبت به نمونه خام هم خوانی دارد (Zhang et al. 2012). Panitchakarn و همکارانش در تایلند در حذف ناخالصی های موجود در خاکستر فرار با روش اسید شویی مشاهده کردند که درصد خلوص خاکستر فرار در ابتدا با افزایش غلظت اسید بالاتر رفت و سرانجام افزایش غلظت تاثیری در خالص سازی جاذب نداشت. همچنین نسبت اسید به خاکستر فرار تأثیر

جادب نشان داد که قابلیت استفاده مجدد از جاذب متحمل میباشد. جدا نشدن آلاینده از روی جاذب نشاندهنده پیوند محکم بین اورتوکلروفنل و مکانهای جذب بر روی جاذب میباشد. ایزوترم و سیتیک جذب: جهت تجزیه و تحلیل فرایند جذب تعیین ایزوترم و پیش بینی سیتیک جذب پیوسته برای طراحی کاربرد جاذب در مقیاس صنعتی ضروری میباشد. بررسی ایزوترم جذب در تحقیق حاضر با گزارشات Anbia و همکارش مبنی بر توصیف بهتر فرآیند جذب اورتوکلروفنل با جاذب SBA-15 توسط Anbia and Amirmahmoodi (2011) مخوانی دارد.

### نتیجه گیری

نتیجه گیری فرآیند جذب اورتوکلروفنل با استفاده از خاکستر فرار اصلاح شده به شرح زیر میباشد:

- استفاده مجدد از دورریز خاکستر فرار عنوان یک جاذب ارزان و در دسترس علاوه بر کنترل آلودگی محیط زیست با سیاست بازیافت از مبداء در بحث مدیریت پسماند مخوانی دارد.
- میتوان با استفاده از یک روش فعالسازی ساده و ارزان به جاذبی با درصد کربن بالا جهت تصفیه پساب واحد کارخانه زغالشویی مجاور دست یافت.
- به علت بازده بالا میتوان کاربرد جاذب مذکور را در مقیاس صنعتی و در مورد سایر مواد آلی موجود در محیط‌های آبی پیشنهاد نمود.

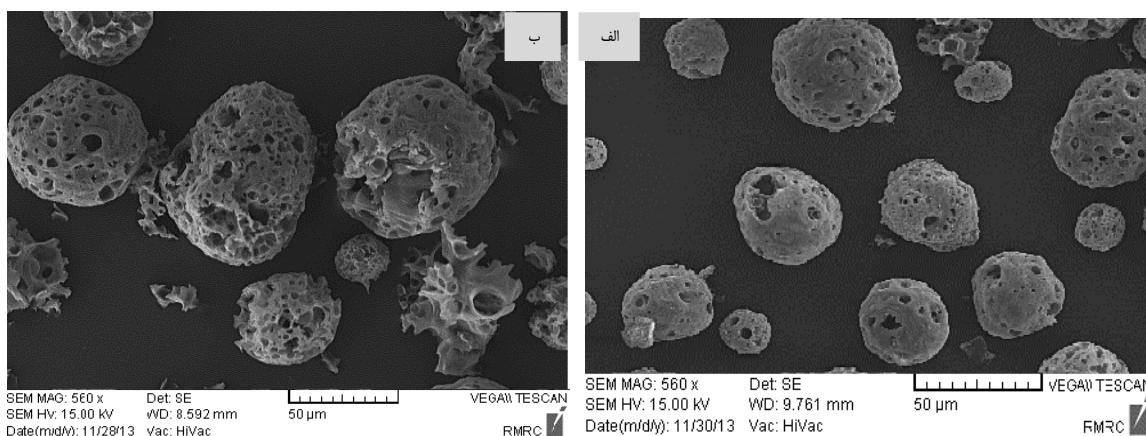
### تشکر و قدردانی

این تحقیق حاصل بخشی از پایان‌نامه دانشجویی با عنوان "حذف اورتوکلروفنل از محلول‌های آبی با استفاده از فتوکاتالیست خاکستر فرار اصلاح شده با پرمنگنات پتانسیم - دی اکسید بتانیوم" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۲ و کد طرح ۹۲۷۲ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی کرمان اجرا شده است.

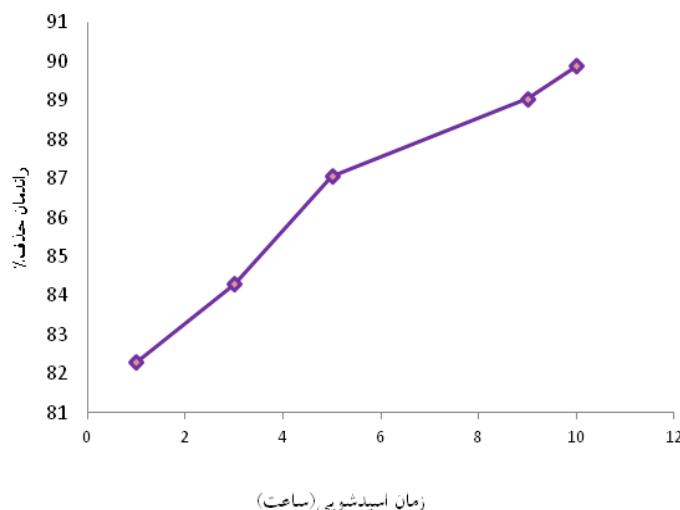
کریمی و همکاران در ایران اعلام کردند که افزایش مقدار جاذب منجر به افزایش بازده حذف می‌شود Karimi et al. Abou-Elela et al. 2014 (2012; Kamble و همکارانش با استفاده از زئولیت خاکستر فرار و Mangrulkara و همکارانش با استفاده از MCM-41 در کشور هند نشان دادند که با افزایش مقدار جاذب، بعلت در دسترس بودن مکانهای جذب بیشتر، ظرفیت جذب کاهش می‌یابد. (Kamble et al. 2008; Mangrulkar et al. 2008) علت هم خوانی نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های دو مطالعه آخر اینست که غلظت انتخابی در این تحقیق از ظرفیت نهایی جذب فاصله زیادی دارد. اثر غلظت اولیه اورتوکلروفنل در بازده حذف: به ازای هر مقدار جرمی جاذب تنها مقدار مشخصی از اورتوکلروفنل جذب می‌گردد. با افزایش غلظت اولیه، به ازای تعداد ثابتی از مکانهای جذب، تعداد ملکولهای جزء جذب شونده افزایش می‌یابد. نهایتاً بعلت رقابت ایجاد شده بین ملکولها بر سر نشستن بر روی مکانهای جذب، بازده حذف کاهش و ظرفیت جذب افزایش می‌یابد. موقعیت گروه  $\text{OH}^-$  نسبت به گروه  $\text{Cl}^-$  حلقه بنزن، تاثیر بزرگی در ظرفیت و توانایی جذب آلاینده اعمال می‌نماید. در فاصله بیشتر گروه های جانشینی بر روی حلقه بنزن مانند پاراکلروفنل جذب آهسته تر از جذب  $\text{O}-\text{CP}$  می‌باشد. این رویداد از تاخیر فضایی ناشی از فاصله بین گروه  $\text{OH}$  و گروه  $\text{Cl}$  منشاء می‌گیرد (Senel et al. 2006) Kumar و همکاران در سال ۲۰۱۳ در هند گزارش دادند که بازده حذف متیلن بلو با افزایش مقدار جاذب کربن فعال بدست آمده از Kumar and پوسته دانه افاقیا افزایش یافت (Tamilarasan 2013) که نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بازده در پساب واقعی: بدلیل حضور مداخله کننده‌های موجود، بازده حذف در فاضلاب واقعی ( $4/84/4$ ) کمتر از نمونه سنتیک ( $72/98$ ٪) می‌باشد.

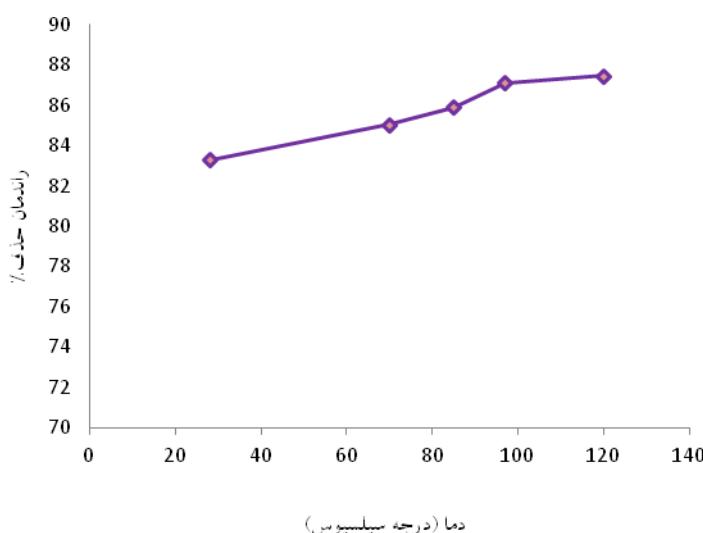
قابلیت کاربرد مجدد جاذب و واجذب آلاینده از روی جاذب: آزمایشات انجام شده جهت بررسی بازیافت



شکل ۱- تصویر SEM نمونه خاکستر فرار فعال شده  
الف) خاکستر فرار خام      ب) خاکستر فرار فعال شده



نمودار ۲ - تغییرات راندمان جذب اورتوکلروفنل با تغییر زمان فعال سازی خاکستر فرار



نمودار ۳ - تغییرات راندمان جذب اورتوکلروفنل با تغییر دمای فعال سازی خاکستر فرار

## References

- Abou-Elela, S.I., Ali, M.E.M. and Ibrahim, H.S., 2014. Combined treatment of retting flax wastewater using Fenton oxidation and granular activated carbon. *Arabian Journal of Chemistry*, **11**(2), pp. 1-7.
- Ali, I., Asim, M. and Khan, T.A., 2012. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, **113**(0), pp. 170-183.
- Anbia, M. and Amirmahmoodi, S., 2011. Adsorption of phenolic compounds from aqueous solutions using functionalized SBA-15 as a nano-sorbent. *Scientia Iranica*, **18**(3), pp. 446-452.
- Anbia, M. and Lashgari, M., 2009. Synthesis of amino-modified ordered mesoporous silica as a new nano sorbent for the removal of chlorophenols from aqueous media. *Chemical Engineering Journal*, **150**(2-3), pp. 555-560.
- Baker, H. M. and Ghanem, R., 2009. Evaluation of treated natural zeolite for the removal of o-chlorophenol from aqueous solution. *Desalination*, **249**(3), pp. 1265-1272.
- Bertelli, M. and Sellli, E., 2006. Reaction paths and efficiency of photocatalysis on TiO<sub>2</sub> and of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> photolysis in the degradation of 2-chlorophenol. *Journal of Hazardous Materials*, **138**(1), pp. 46-52.
- Fattah, N., Assadi, Y., Hosseini, M. R. M. and Jahromi, E. Z., 2007. Determination of chlorophenols in water samples using simultaneous dispersive liquid-liquid microextraction and derivatization followed by gas chromatography-electron-capture detection. *Journal of Chromatography A*, **1157**(1-2), pp. 23-29.
- Ghanizadeh, G. and Asgari, G., 2009. Removal of Methylene Blue Dye from Synthetic Wastewater with Bone Char. *Iran. J. Health & Environ*, **2**(2), 104-113.[In Persian]
- Jamalinejad, M., Taebi, A. and Mortazavi, S., 2011. Removal of Color from Aqueous Solutions Containing Textile Dyes by Dolomite Wastes. *Journal of Water and Wastewater*, **4**(1), pp. 30-36.[In Persian]
- Javadian, H., Ghorbani, F., Tayebi, H. A. and Asl, S. H., 2013. Study of the adsorption of Cd (II) from aqueous solution using zeolite-based geopolymers synthesized from coal fly ash; kinetic, isotherm and thermodynamic studies. *Arabian Journal of Chemistry*, **2014**(2), pp. 1-13.
- Kamble, S.P., Mangrulkar, P.A., Banswal, A.K. and Rayalu, S.S., 2008. Adsorption of phenol and o-chlorophenol on surface altered fly ash based molecular sieves. *Chemical Engineering Journal*, **138**(1-2), pp. 73-83.
- Karimi, B., Ehrampoush, M.H., Ebrahimi, A. and Mokhtari, M., 2012. Treatment of Composting Factory Leachate with the Wet Oxidation Process -Catalytic Adsorption. *Journal of Water and Wastewater*, **93**(2), pp. 122-128 [In Persian]
- Kashiwakura, S., Ohno, H., Kumagai, Y., Kubo, H., Matsubae, K. and Nagasaka, T., 2011. Dissolution behavior of selenium from coal fly ash particles for the development of an acid-washing process. *Chemosphere*, **85**(11), pp. 598-602.
- Kashiwakura, S., Ohno, H., Matsubae-Yokoyama, K., Kumagai, Y., Kubo, H. and Nagasaka, T., 2010. Removal of arsenic in coal fly ash by acid washing process using dilute H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solvent. *Journal of Hazardous Materials*, **181**(10), 419-425.
- Khan, M.Z., Mondal, P.K. and Sabir, S., 2011. Bioremediation of 2-chlorophenol containing wastewater by aerobic granules-kinetics and toxicity. *Journal of Hazardous Materials*, **190**(1-3), pp. 222-228.
- Kumar, M. and Tamilarasan, R., 2013. Modeling studies for the removal of methylene blue from aqueous solution using Acacia fumosa seed shell activated carbon. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **141**(9), pp. 1-9.
- Li, Y., Liu, C., Luan, Z., Peng, X., Zhu, C., Chen, Z., Zhang, Z., Fan, J. and Jia, Z., 2006. Phosphate removal from aqueous solutions using raw and activated red mud and fly ash. *Journal of Hazardous Materials*, **137**(1), pp. 374-383.
- Lin, J.X., Zhan, S.L., Fang, M.H., Qian, X.Q. and Yang, H., 2008. Adsorption of basic dye from aqueous solution onto fly ash. *Journal of Environmental Management*, **87**(1), pp. 193-200.
- Ma, J., Dong, X., Yu, Y., Zheng, B. and Zhang, M., 2014. The effects of alkalis on the dechlorination of o-chlorophenol in supercritical water: Molecular dynamics simulation and experiment. *Chemical Engineering Journal*, **2419**(13), pp. 268-272.

- Mangrulkar, P.A., Kamble, S.P., Meshram, J. and Rayalu, S.S., 2008. Adsorption of phenol and o-chlorophenol by mesoporous MCM-41. *Journal of Hazardous Materials*, **160**(2-3), pp. 414-421.
- Manshouri, M., Manshouri, A.R., Daraei, H. and Noorisepehr, M., 2012. Lead removal from aqueous solution using ostrich feathers modified by hydrogen peroxide. *Hormozgan University of Medical Sciences*, **17**(4), pp. 307-315. [In Persian]
- Nadavala, S.K., Swayampakula, K., Boddu, V.M. and Abburi, K., 2009. Biosorption of phenol and o-chlorophenol from aqueous solutions on to chitosan-calcium alginate blended beads. *Journal of Hazardous Materials*, **162**(13), pp. 482-489.
- Panitchakarn, P., Klamrassamee, T., Laosiripojana, N., Viriya-Empikul, N. and Pavasant, P., 2014. Synthesis and Testing of Zeolite from Industrial-Waste Coal Fly Ash as Sorbent For Water Adsorption from Ethanol Solution. *Engineering Journal*, **18**(1), pp. 1-12.
- Sarkar, M. and Acharya, P.K., 2006. Use of fly ash for the removal of phenol and its analogues from contaminated water. *Waste Management*, **26**(6), pp. 559-570.
- Şenel, S., Kara, A., Alsancak, G. and Denizli, A., 2006. Removal of phenol and chlorophenols from water with reusable dye-affinity hollow fibers. *Journal of Hazardous Materials*, **138**(2), pp. 317-324.
- Sun, D. and Zhang, H., 2006. Electrochemical determination of 2-chlorophenol using an acetylene black film modified glassy carbon electrode. *Water Research*, **40**(16), pp. 3069-3074.
- Tahir, H., Sultan, M., Akhtar, N., Hameed, U. and Abid, T., 2012. Application of natural and modified sugar cane bagasse for the removal of dye from aqueous solution. *Journal of Saudi Chemical Society*, **12**(9), pp. 1-7.
- Vișă, M. and Duță, A., 2010. Adsorption Behavior Of Cadmium And Copper Compounds On A Mixture Fa:Tio<sub>2</sub>. *Academia Română Revue Roumaine De Chimie*, **55**(3), pp. 167-173.
- Wang, S., Boyjoo, Y., Choueib, A. and Zhu, Z.H., 2005. Removal of dyes from aqueous solution using fly ash and red mud. *Water Research*, **39**(1), pp. 129-138.
- Wang, S. and Wu, H., 2006. Environmental-benign utilisation of fly ash as low-cost adsorbents. *Journal of Hazardous Materials*, **136**(3), pp. 482-501.
- Xia, S., Zhang, Z., Zhong, F. and Zhang, J., 2011. High efficiency removal of 2-chlorophenol from drinking water by a hydrogen-based polyvinyl chloride membrane biofilm reactor. *Journal of Hazardous Materials*, **186**(0), pp. 1367-1373.
- Xie, J., Meng, W., Wu, D., Zhang, Z. and Kong, H., 2012. Removal of organic pollutants by surfactant modified zeolite: Comparison between ionizable phenolic compounds and non-ionizable organic compounds. *Journal of Hazardous Materials*, **231-232**(0), pp. 57-63.
- Yang, B., Zhang, J., Zhang, Y., Deng, S., Yu, G., Wu, J., Zhang, H. and Liu, J., 2014. Promoting effect of EDTA on catalytic activity of highly stable Al-Ni bimetal alloy for dechlorination of 2-chlorophenol. *Chemical Engineering Journal*, **250**(1), pp. 222-229.
- Zhang, A., Wang, N., Zhou, J., Jiang, P. and Liu, G., 2012. Heterogeneous Fenton-like catalytic removal of p-nitrophenol in water using acid-activated fly ash. *Journal of Hazardous Materials*, **201-202**(0), pp. 68-73.
- Zhou, L., Chen, Y.L., Zhang, X. H., Tian, F.M. and Zu, Z.N., 2014. Zeolites developed from mixed alkali modified coal fly ash for adsorption of volatile organic compounds. *Materials Letters*, **119**(14), pp. 140-142.

## Efficiency of ortho-chlorophenol removal from aqueous solutions using activated Fly Ash of Zarand Fossil Fuel Power Plant

**Malakootian, M., Ph.D.** Professor, Environmental Health Engineering Research Center, Department of Environmental Health, School of Public Health, University of Medical Sciences Kerman, Iran- Corresponding Author: m.malakootian@yahoo.com

**Mesdaghinia, A.R., Ph.D.** Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health. Water Quality Research Center, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Rezaei, Sh., MSc.** Student, Department of Environmental Health, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

Received: Apr 6, 2014

Accepted: May 26, 2014

### ABSTRACT

**Background and Aim:** Chlorophenols are acidic Organic compounds and priority Pollutants. One of the best ways to removal chlorophenols was using different absorbents. In this study, removal efficiency of ortho-chlorophenol as one of the most common organic contaminants in aquatic environments was investigated with absorption method using activated Fly Ash.

**Materials and methods:** In this experimental study, Fly ash of collected from Zarand Power plant was activated by sulfuric acid. Factors affecting in sorbent activation process including temperature, time, amount and concentration of the acid and also factors influencing in the adsorption process were adjusted for optimum conditions. Experiments was followed on real wastewater samples from coal washing plant of zarand. Data was analyzed by SPSS software.

**Results:** The sorbent activation was performed in optimized condition acid concentration 1.8 mM, time 5h, temperature  $29\pm2^{\circ}\text{C}$  and acid/fly ash ratio 7. Removal efficiency of zarand coal washing plant Effluent at the optimal conditions (pH: 2, adsorbent doze: 1g, time: 3h) was 84.4%.

**Conclusion:** In addition to the high efficiency of ortho-chlorophenol absorption because of sorbent activation does not require complex and expensive technology, the adsorbents can be used to remove these contaminants from industry effluent.

**Key words:** Chemical activation adsorbent, Absorption, Ortho-chlorophenol, Fly ash