

حذف فلزات سنگین کبالت و منگنز از پساب صنعتی پتروشیمی شهید تندگویان

احسان نیکزاد^۱، لاله آقاجری^۲، امیر نیکزاد^۳

^۱ دکترای شیمی گرایش تجزیه

^۲ کارشناسی ارشد شیمی گرایش معدنی

^۳ کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش صنایع گاز

چکیده

در این پژوهش با انجام فرآیند انعقاد و لخته سازی به مقایسه دوماده سولفات آلومینیوم (آلوم) و پلی آلومینیوم کلراید (PAC) جهت حذف فلزات سنگین کبالت و منگنز در پساب پتروشیمی شهید تندگویان استفاده خواهد گردید که بررسی و اندازه گیری این دوماده با دو دستگاه جذب اتمی و پلاسما جفت شده القایی انجام گردید که نتایج آن و بحث و نتیجه گیری در ادامه تحقیق درج شده است.

کلمات کلیدی: حذف فلزات سنگین، پساب صنعتی، پتروشیمی شهید تندگویان.

مقدمه

در دهه گذشته ورود آلاینده‌ها با منشاء انسانی مانند فلزات سنگین به داخل محیط‌های دریایی، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به‌عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط‌های آبی بشمار خواهد آمد. فلزات سنگین در یک مقیاس وسیع، از منابع طبیعی و انسان ساز، وارد محیط زیست می‌شوند. میزان ورود این فلزات سنگین به داخل محیط زیست، متجاوز از میزانی است که بوسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع فلزات سنگین در محیط زیست بسیار مورد توجه می‌باشند (۱).

سیستم‌های آبی به طور طبیعی دریافت کننده نهایی این فلزات خواهند بود. آلاینده‌هایی که در آب یافت می‌شوند، ناشی از پساب‌های خانگی، تخلیه محصولات شیمیایی، سموم، حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، تخلیه صنعتی، پساب‌های رادیواکتیو، هیدروکربن‌های نفتی و رنگی خواهند بود. بطور عمده شامل فلزات واسطه، برخی شبه فلزها، لانتانیدها و اکتانیدها می‌باشد. بسیاری از تعاریف در مورد این عناصر وجود دارد که برخی بر اساس چگالی، برخی بر اساس عدد یا وزن اتمی و برخی بر اساس مشخصات شیمیایی و یا سمیت خواهند بود. اصطلاح فلزات سنگین اصطلاح چندانی درستی نیست زیرا این عناصر می‌توانند از عناصر سبکتر از کربن تا سنگین‌تر از برخی فلزات باشند. فلزات سنگین بطور طبیعی با تغییرات زیاد غلظت در اکوسیستم یافت می‌شوند (۲۱).

در دوران مدرن، فلزات سنگین با منشاء فعالیت‌های انسانی به‌عنوان آلودگی‌های اکوسیستم مطرح می‌باشند (۲۲-۲۳). وجود فلزات سنگین از قبیل کبالت و منگنز در منابع آبی یکی از مشکلات مهم زیست محیطی به شمار می‌رود. با توجه به اینکه خارج کردن برخی از آلاینده‌ها از آب، امری بسیار مهم و ضروری می‌باشد، در این پژوهش به بررسی و مقایسه دو ماده منعقد کننده سولفات آلومینیوم و پلی آلومینیوم کلراید (PAC) جهت جداسازی و حذف فلزات سنگین (کبالت و منگنز) پرداخته می‌شود (۲۴-۲۵).

روش انجام پژوهش

در این کار پساب پتروشیمی شهید تندگویان را در تماس با دو ماده مورد نظر (سولفات آلومینیوم و پلی آلومینیوم کلراید) قرار داده خواهد شد و میزان حذف فلزات مورد نظر (کبالت و منگنز) را توسط دودستگاه جذب اتمی و پلاسما جفت شده القایی اندازه گیری می‌شود و در نهایت بهترین و مقرون به صرفه ترین ماده منعقد کننده معرفی می‌شود.

آلودگی ناشی از فلزات سنگین

فلزات جزء آلاینده‌های پایدار هستند یعنی در معرض حمله باکتریایی قرار ندارند فلزات آلاینده محیط آبی به دو دسته‌اند:

فلزات سنگین و فلزات سبک: فلزات سنگین فلزاتی هستند که دانسیته آنها کمتر از ۵ باشد تعدادی از فلزات برای موجودات زنده ضروری می‌باشند ولی هنگامی که این مقدار از یک حد معین تجاوز نماید یک نوع آلودگی به شمار می‌آید و دیگر ضرورت حیاتی برای جاندار نداشته و موجبات مرگ آنها را فراهم می‌آورد فلزاتی که در فهرست مواد سمی قرار می‌گیرند عبارتند از: آلومینیوم، آرسنیک، بولیوم، بیسموت، کادمیوم، کرم، کبالت، آهن، سرب، مس، منگنز، جیوه، نیکل، سلنیوم، تالیوم، قلع، روی و تیتانیوم. مقدار بالای این عناصر بسیار سمی است که برخی از آنها از طریق دستگاه تنفسی وارد بدن جانداران می‌شوند. امروزه از یک طرف فلزات مهم‌ترین نقش را در توسعه تمدن ایفا می‌کنند و از طرف دیگر در طی هر یک از مراحل دستیابی و استفاده از فلزات مقادیری از محصولات فلزی و فرعی به محیط افزوده می‌گردد و باعث ایجاد آلودگی فلزی در محیط می‌شوند علیرغم منابعی با وسعت زیاد اغلب آلوده کننده‌های فلزی سرانجام به محیط‌های آبی منتهی می‌شوند زیرا ضایعات فلزی بسیاری از اعمال صنعتی مایع می‌باشند

که به راحتی به آبهای طبیعی خواهد رسید. علاوه بر آن مقادیر زیادی از آنها به هوا رها شده که دوباره طی یک سری فرآیند به زمین بالاخص محیطهای آبی باز می‌گردند پایداری فلزات اجازه می‌دهد که در فواصل قابل توجه توسط آب یا هوا منتقل شوند. مثال بارز در این زمینه وسعت زیستی فلزات در زنجیره‌های غذایی است که نتیجه آن به مخاطره افتادن سلامتی گیاهان و جانورانی است که از این مواد غذایی استفاده می‌کنند در میان فلزات دو فلز جیوه و بریلیوم خطرناک‌تر از سایرین می‌باشند (۲-۳).

آلودگی ناشی از فلزات سنگین

فلزات جزء آلاینده‌های پایداری هستند یعنی در معرض حمله باکتریایی قرار ندارند فلزات آلاینده محیط آبی به دو دسته‌اند:

فلزات سنگین و فلزات سبک: فلزات سنگین فلزاتی هستند که دانسیته آنها کمتر از ۵ باشد تعدادی از فلزات برای موجودات زنده ضروری می‌باشند ولی هنگامی که این مقدار از یک حد معین تجاوز نماید یک نوع آلودگی به شمار می‌آید و دیگر ضرورت حیاتی برای جاندار نداشته و موجبات مرگ آنها را فراهم می‌آورد فلزاتی که در فهرست مواد سمی قرار می‌گیرند عبارتند از: آلومینیوم، آرسنیک، بولیوم، بیسموت، کادمیوم، کرم، کبالت، آهن، سرب، مس، منگنز، جیوه، نیکل، سلنیوم، تالیوم، قلع، روی و تیتانیوم. مقدار بالای این عناصر بسیار سمی است که برخی از آنها از طریق دستگاه تنفسی وارد بدن جانداران می‌شوند. امروزه از یک طرف فلزات مهم‌ترین نقش را در توسعه تمدن ایفا می‌کنند و از طرف دیگر در طی هر یک از مراحل دستیابی و استفاده از فلزات مقادیری از محصولات فلزی و فرعی به محیط افزوده می‌گردد و باعث ایجاد آلودگی فلزی در محیط می‌شوند علیرغم منابعی با وسعت زیاد اغلب آلوده کننده‌های فلزی سرانجام به محیطهای آبی منتهی می‌شوند زیرا ضایعات فلزی بسیاری از اعمال صنعتی مایع می‌باشند که به راحتی به آبهای طبیعی خواهد رسید. علاوه بر آن مقادیر زیادی از آنها به هوا رها شده که دوباره طی یک سری فرآیند به زمین بالاخص محیطهای آبی باز می‌گردند پایداری فلزات اجازه می‌دهد که در فواصل قابل توجه توسط آب یا هوا منتقل شوند. مثال بارز در این زمینه وسعت زیستی فلزات در زنجیره‌های غذایی است که نتیجه آن به مخاطره افتادن سلامتی گیاهان و جانورانی است که از این مواد غذایی استفاده می‌کنند در میان فلزات دو فلز جیوه و بریلیوم خطرناک‌تر از سایرین می‌باشند (۳ - ۴).



شکل (۱) - تصویری از عنصر کبالت

اثرات کبالت بر سلامتی انسان

از آنجایی که کبالت به طور گسترده در محیطهای مختلف وجود دارد، با تنفس هوا، آشامیدن آب و خوردن غذاهایی که حاوی کبالت هستند، مقداری کبالت وارد بدن انسان خواهد شد. تماس پوست با خاک یا آب دارای کبالت نیز راه دیگر ورود کبالت به بدن انسان می‌باشد. کبالت همیشه به آسانی در دسترس نمی‌باشد، اما برخی اوقات ذرات کبالت به خاک یا ذرات رسوبی متصل

می گردد و ممکن است که گیاهان و جانوران مقدار زیادی کبالت دریافت کنند، و به همین ترتیب مقدار زیادی کبالت در بدن ذخیره می گردد.

کبالت برای بدن انسان اهمیت زیادی دارد، زیرا بخشی از ویتامین B₁₂ را تشکیل می دهد. برای برطرف کردن عارضه کم خونی در زنان باردار از کبالت استفاده می شود، زیرا کبالت تولید سلولهای خونی را تحریک می کند. مقدار زیاد کبالت برای بدن انسان مضر است. اگر مقدار کبالت در هوای تنفسی از حد مجاز بیشتر باشد، بر اثر تنفس کبالت، مشکلات تنفسی مانند آسم و ذات الریه ایجاد می شود. این مسئله اغلب در افرادی که در محیط کارشان مقدار زیادی کبالت وجود دارد، دیده می شود. در صورتیکه گیاهان در خاک آلوده به کبالت رشد کنند، ذرات بسیار ریز کبالت در اندامهایی از بدن گیاه که مورد استفاده انسان است تجمع پیدا می کنند. خاکهایی که در نزدیکی معادن قرار دارند، دارای مقدار زیادی کبالت می باشند، بنابراین مصرف چنین گیاهانی توسط انسان سبب بروز آسیبهای فراوانی خواهد شد (۲۳ و ۲۴).

اثرات مصرف غلظت بالای کبالت بدین شرح می باشد:

- استفراغ و تهوع
- مشکلات بینایی
- مشکلات قلبی
- آسیب به تیروئید

اشکال دیگری از کبالت که باعث بیماری می شوند، ایزوتوپهای رادیواکتیو کبالت هستند. ایزوتوپهای رادیواکتیو کبالت سبب نازایی، ریزش مو، تهوع، خونریزی، کما و حتی مرگ خواهند شد. گاهی اوقات پرتوهای حاصل از ایزوتوپهای کبالت برای بیماران سرطانی و برای از بین بردن تومورها استفاده می شود. این بیماران بر اثر استفاده از ایزوتوپهای کبالت عوارضی از قبیل ریزش مو، اسهال و تهوع را تجربه می کنند (۲۰ و ۲۱ و ۲۲).

غبار کبالت باعث بیماریهای شبیه آسم شده و علائمی مانند سرفه کوتاه و انقطاع تنفس و تنگی نفس را از خود نشان می دهند. این علائم به تدریج در فرد افزایش می یابد و مشکلات دیگری مانند بیماریهای ریوی، تصلب شرایین، ناتوانی دائمی و مرگ را سبب می شوند. اگر فردی در معرض کبالت قرار بگیرد، دچار کاهش وزن، آماس پوست و حساسیت بالای دستگاه تنفس می شود. مصرف مقدار اندک عنصر شیمیایی کبالت که در جانوران آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته شده، باعث مرگ ۵۰ درصد آنها گردیده است (۵-۷).

آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، کبالت و ترکیبات آن را در گروه B₂ طبقه بندی کرده است. این بدان معناست که عناصری که در گروه B₂ قرار می گیرند، عناصری هستند که ممکن است برای انسان سرطانزا باشند (۸).

مصرف در صنعت

کبالت در صنعت کاربردهای گسترده ای دارد و علاوه بر روش تهیه معمول، می توان آنرا از قراضه فلزات محتوی کبالت بدست آورد. از کبالت در تهیه آلیاژها و رنگدانه ها استفاده می شود و همچنین به عنوان خشک کننده در رنگها و لعابهای مورد استفاده در وسایل استیل حمام، وسایل برقی و ظروف آشپزخانه مورد استفاده قرار می گیرد و از استات کبالت برای تهیه کاتالیست های

صنعتی استفاده می شود و املاح آن در تهیه لاکها، جلاها، لعابها، ورنی، رنگها، مرکبها، پیگمانها، لعاب های فلزی، لعابهای سرامیکی استفاده خواهد شد (۹-۱۰).

منگنز



شکل (۲) تصویری از عنصر منگنز

معرفی عنصر منگنز

منگنز فلزی است خاکستری مایل به صورتی با وزن مخصوص $7/4$ که دمای ذوب آن به 1245 درجه سانتی گراد می رسد. این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. نماد این عنصر Mn بوده و عدد اتمی آن ۲۵ می باشد. منگنز از نظر فراوانی، دوازدهمین عنصر پوسته زمین است. کلارک منگنز در طبیعت $0/1\%$ و در سنگ های مافیک و اولترامافیک تا $1/5\%$ می رسد. شکل (۲) تصویری از عنصر منگنز را نشان می دهد.

منگنز به دلایل اقتصادی و داشتن خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاص به عنوان یکی از فلزات استراتژیک مورد استفاده در صنایع فولاد و ذوب آهن، تولید فروآلیاژ، کاتالیست های صنعتی و باتری سازی و... مطرح شده است. صنعت فولاد در حدود 90% مصرف جهانی منگنز را به خود اختصاص داده است و سنگ منگنز عمده برای تولید فرومنگنز، چدن و فولاد به مصرف می رسد. علاوه بر مصارف متالورژیکی، منگنز کاربردهای غیر متالورژیکی متعددی نیز دارد که عبارتند از دی اکسید طبیعی یا مصنوعی در باتریهای خشک و شیمیایی، سولفات و اکسی سولفات های منگنز در خوراک دام و افزودنی های کودهای گیاهی در کشاورزی، پرمنگنات (به عنوان اکسید کننده)، صنایع کبریت سازی، سرامیک، شیشه و آجر، الکتروود جوشکاری، فروسیلیکومنگنز، تولید فریت ها، تصفیه آب، هیدرومتالورژی، افزودنیهای سوخت و به صورت استات منگنز در تهیه کاتالیست ها و... (۵).

منگنز و نقش آن در بدن

کمبود منگنز موجب کاهش وزن، التهاب پوستی، تهوع و استفراغ، تغییر رنگ پوست و کاهش رشد مو می شود. منابع عمده ی آن حبوبات، غلات کامل، آجیل، چای، شیر و محصولات لبنی و سبزیجات با برگ سبز پررنگ می باشد. این عنصر کمیاب ید، سلنیوم، منگنز، مولیبدن، کروم که همه این عناصر نقش های بسیار حیاتی در بدن دارند در حالی که به مقدار بسیار کم در بدن یافت می شوند. یکی از این عناصر منگنز است که با این که در حد میلی گرم در بدن نیاز است ولی جزء عناصر بسیار کمیاب به حساب می آید.

اولین بار کمبود منگنز در سال ۱۹۷۲ شناخته شد، که با نشانه های کاهش وزن، التهاب پوستی، تهوع و استفراغ، تغییر رنگ پوست و کاهش رشد مو بروز کرد (۱).

کاربرد عنصر منگنز در صنعت

مهمترین کاربرد منگنز در صنعت، تهیه آلیاژهای آهن و به عنوان ماده اساسی برای تولید چدن و فولاد می باشد. منگنز بیشترین کاربرد را در تولید فولاد (فولادهای کربن دار، مقاوم کم آلیاژ)، آلیاژهای غیرفولادی (آلیاژهای غیرآهنی، فرو آلیاژها و چدن) دارد. فولاد بخصوص فولادهای کربن دار بخش اصلی بازار منگنز را به خود اختصاص می دهد.

در حدود ۹۵ - ۹۰ درصد از تولید جهانی ماده معدنی منگنز در صنایع متالورژیکی، تولید فولادی معمولی، ریخته گری ها و ساخت فرو آلیاژهای مختلف به کار می رود و عرضه و تقاضای این فلز نیز به عرضه و تقاضای فولاد و فروآلیاژ بستگی زیادی دارد.

اگر چه منگنز ارزان ترین فلز مورد استفاده در ساخت فروآلیاژها ماسیوسولفید می باشد، دلایل مهمتری نیز در کاربردهای وسیع آن در صنایع وابسته به آهن و فولاد وجود دارد. در سال ۱۸۵۶ میلادی توسعه فرآیند فولاد سازی سبب رونق اقتصادی منگنز گردید، بعدها رابرت هادفیلد موفق به کشف مزایای فولادهای با محتوای منگنزی بالا شد و امروزه نوعی فولاد با محتوای منگنز بالا که به نام فولاد هادفیلد شهرت دارد تهیه شده است.

مقدار منگنز در فولاد به طور میانگین ۰/۷٪ (و در بسیاری از انواع فولادها ۰/۵٪) می باشد ولیکن انواع فولاد منگنزی که در حدود ۱۴ - ۱۰٪ منگنز دارند، به فولادهای هادفیلد^۱ معروفند. این گونه فولاد ها به مقدار ناچیزی تولید می شوند. امروزه منگنز به صورت کانسنگ و یا به صورت فروآلیاژهای مختلف در فولاد سازی به کار می رود (۳ و ۵ و ۱۶).

روش های تصفیه فاضلاب

روش حذف

فاضلاب را بسته به میزان و نوع بار آلودگی با روش های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه خواهند کرد. شیوه معمول و رایج تصفیه فاضلاب با نام لجن فعال می باشد که در آن ترکیبی از سه روش فوق مورد استفاده قرار خواهد گرفت. به این ترتیب که در مرحله اول یا تصفیه اولیه، به وسیله تصفیه فیزیکی و شیمیایی، ذرات جامد موجود در پساب به صورت دستی یا مکانیکی به وسیله آشغال گیری هایی با شبکه بندی های ریز و درشت جدا شده و سپس ذرات شناور باقی مانده در مرحله بعد بر اثر اختلاف چگالی (وزن) ته نشین و برای ورود به مرحله تصفیه ثانویه یا مرحله بیولوژیکی، بوسیله هوادهی و تزریق میکروارگانسیم ها به محیط، آماده خواهد گردید.

در بخش دوم، فاضلاب به استخرهای بزرگ ریخته می شود و سپس میکرو ارگانسیم های مختلف از جمله باکتری ها، قارچ ها، مخمرها و پروتوزوئرها در زمان های مختلف، به سیستم تصفیه تزریق خواهد گردید. با انجام هوادهی و ایجاد شرایط رشد میکرو ارگانسیم ها، فاضلاب به عنوان ماده غذایی این موجودات مورد تخریب و تجزیه قرار گرفته، آب، آمونیاک و دی اکسید کربن (CO₂)

¹ Hadfield steels

حاصل از این واکنش به محیط وارد می شوند. توده باقی مانده نیز وارد مرحله تصفیه نهایی شده و پس از گندزدایی به عنوان کود برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

غلظت فلزات سنگین حاصل از پساب کارخانه ها و کارگاه ها گاهی به ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر خواهد رسید. در حالی که استاندارد آن از نظر محیط زیست ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد (۶).

روش انعقاد

وجود ناخالصیهای معلق و کلوئیدی در آب که باعث ایجاد رنگ و بو و طعم نامطبوع آب می شوند، لزوم تصفیه آب را مطرح خواهند کرد. این ناخالصیها به کمک صاف کردن، قابل رفع نخواهند بود، لذا از روش انعقاد و لخته سازی برای حذف آنها استفاده خواهد شد. افزودن یک ماده منعقد کننده به آب باعث خنثی شدن بار ذرات کلوئیدی شده، این ذرات با نزدیک شدن به هم ذرات درشت دانه را ایجاد خواهند کرد. برای کامل کردن این عمل و ایجاد لخته های بزرگتر از مواد دیگری به نام کمک منعقد کننده استفاده خواهد شد. لخته های بدست آمده که ذرات معلق و کلوئیدی را به همراه خواهند داشت، به حد کافی درشت هستند و به راحتی ته نشین و صاف می شوند (۱۱-۱۲).

مکانیسم انعقاد

معمولا برای حذف مواد کلوئیدی آب و فاضلاب، از ترکیبات فلزاتی مانند آلومینیوم، آهن یا برخی از ترکیبات الکترولیت استفاده خواهد گردید. املاح فلزات که به عنوان منعقد کننده وارد آب می شوند، در اثر هیدرولیز به صورت یونی یا هیدروکسید یا هیدروکسیدهای باردار، در خواهد آمد. بوجود آمدن این مولکول باردار بزرگ با خنثی نمودن ذرات کلوئیدی و کاهش پتانسیل زتا (اختلاف پتانسیل بین فاز پخش شده و محیط اطراف آن) که عامل اصلی دافعه بین ذرات کلوئیدی می باشد، امکان لازم برای عمل نمودن نیروی واندروالسی بوجود خواهند آورد که موجب چسبیدن ذرات به یکدیگر می شود؛ بنابراین، عامل اصلی حذف بار کلوئیدها، یونهای فلزی نیستند، بلکه محصولات حاصل از هیدرولیز آنها می باشد. با توجه به آزمایشات مختلف، یونهای فلزات سه ظرفیتی در عمل انعقاد، مؤثرتر از سایر یونها می باشند. عمل انعقاد توسط عمل لخته سازی تکمیل شده، ذرات بزرگتر شروع به ته نشینی می کنند. در مرحله ته نشینی، عامل زمان بسیار مهم می باشد و با قطر ذرات رابطه مستقیم دارد (۱۵-۱۶).

مروری بر تحقیقات انجام شده

با توجه به اینکه در طی این پژوهش، به حذف کبالت و منگنز از پساب صنعتی پرداخته شده است، در اینجا تحقیقاتی که در گذشته در این زمینه انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است:

- در سال ۱۳۸۶ بیتا آیتی، محمد دلنواز، سمیرا فرتوس، بررسی فناوری نوین ذرات نانو در مهندسی محیط زیست را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، کاربردهای ذرات نانو در تصفیه آب برای حذف رنگ، آرسنیک، نیترات، مواد آلی و فلزات سنگین و نیز حذف آلاینده های خاص از فاضلاب به کمک نانو سرامیک ها مورد بررسی قرار گرفته است.

- در سال ۱۳۸۷ آزاده ارمی، بررسی جذب فلزات سنگین ازفاضلابهای صنعتی با استفاده از رزین تبادل کاتیونی و آلی (کربن فعال شده از الیاف نارگیل) را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق کربن ساخته شده از الیاف نارگیل به عنوان جاذب به منظور جذب یونهای فلزی محلول مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور اثرات pH محلول و غلظت اولیه فلزات سنگین در محلول و زمان تماس بر میزان جذب این فلز بررسی شد. علاوه بر بررسی جاذب مذکور تمامی آزمایش های انجام شده با استفاده از رزین تبادل کاتیونی تکرار شد و نتیجه هر دو با هم مقایسه گردید.
- در سال ۱۳۸۸ سید احمد بابانژاد، فریدون اشرفی، محمد جواد بیانی، محمد نوروزی، حذف فلزات سنگین از محلول ها به کمک زئولیت معدنی را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق تعویض یون برای سه یون فلزی مختلف، با استفاده از زئولیت معدنی کلینوپتیلولیت به طور تجربی بررسی گردید. یک پالوت از P.V.C و بستر کلینوپتیلولیتی طراحی و ساخته شد. نخست نمونه پساب به طور مصنوعی تهیه گشت که شامل غلظت هایی از Co^{2+} و Fe^{2+} و Mn^{2+} و Ni^{2+} در محلول بود. این محلول با دبی های مختلف از بستر عبور داه شد. نتایج نشان داد که کلینوپتیلولیت قادر است این فلزات سنگین را حذف کند.
- در سال ۱۳۸۹ علی احمد پور و معصومه طهماسبی و محمد ذبیحی و طاهره روحانی بسطامی و جعفر عامل بشارتی تهیه جاذب های ارزان قیمت و استفاده از آنها در حذف عناصرسنگین و رادیواکتیو از آبهای آشامیدنی را مورد بررسی قرار دادند. یون های کبالت، جیوه و استرانسیم به دلیل سمیت بالا یی که دارا هستند در این پروژه مورد بررسی قرار گرفتند. سینتیک حذف و یا کاهش این یونهای توسط جاذب های مختلف که جزو مواد زائد کشاورزی می باشند مورد مطالعه قرار گرفت. در میان جاذب های مورد بررسی، پوست سبزدام و پوست بادمجان نسبت به بقیه جاذب ها رفتار مناسبتری در حذف یون های مورد نظر نشان دادند و به علت سرعت و ظرفیت جذبی بالابیشترین مطالعه بر روی این جاذب ها انجام شد. میزان حذف یون های مورد نظر تحت شرایط مختلف بررسی گردید. پارامترهایی که موردبررسی قرار گرفتند شامل: اثر دما، زمان، غلظت اولیه و میزان جاذب بودند. ظرفیت جذبی به دست آمده با استفاده از معادله لانگمویر برای یون ها بررسی گردید. بررسی های به عمل آمده نشان می دهد که این مواد می توانند برای حذف فلزات سنگین در محیط های آبی مورد استفاده قرار گیرند.
- در سال ۱۳۹۰ مژگان علی محمدی زنجانی و گیتی ابوالحمد و علیرضا کشتکار به بررسی جذب بیولوژیکی جهت جداسازی فلزات سنگین از پساب ها پرداختند. در این تحقیق در این مقاله جذب بیولوژیکی فلزات سنگین بصورت همزمان توسط جاذب *Rhizopus arrhizus* مورد بررسی قرار گرفت؛ که نتایج حاصله نشان می دهد H^+ در pH های پایین مانع از جذب فلزات می گردد و در pH های بالا نیز فلزات رسوب کرده و جدا نمی گردند. به این ترتیب pH بهینه انتخاب شده و در آن مقدار، آزمایشات دو جزئی انجام گردید. بر اساس مکانیزم تبادل یونی که بین فلزات و سایت های فعال انجام می شود، جاذب بصورت گزینشی فلزات را جدا می نماید. جهت مدلسازی سیستمهای چند جزئی، اطلاعات بدست آمده از آزمایشات با استفاده از مدل های موجود تطابق داده شد. در این بررسی به تدریج بر میزان پیچیدگی مدل افزوده گردید و نتیجه شد که با وجود ساده نبودن مکانیزم عملیات جذب بیولوژیکی، مدل های پیشگو که از پارامترهای سیستمهای تک جزئی استفاده می کنند نیز بخوبی قادر به مدلسازی این سیستمها می باشند.

مواد، وسایل و دستگاههای مورد استفاده

مواد شیمیایی مورد نیاز

- سولفات آلومینیوم (آلوم)
- پلی آلومینیوم کلراید (PAC)
- کیت مخصوص COD (ساخت شرکت مرک آلمان)
- (تهیه شده توسط شرکت شیمیایی تصفیه)
- (تهیه شده توسط شرکت شیمیایی تصفیه)

محلولهای استاندارد (ساخت شرکت مرک آلمان به سفارش شرکت VARIAN)

- محلولهای استاندارد کبالت برای دستگاه جذب اتمی (1 mg L^{-1} ، 2 mg L^{-1} ، 3 mg L^{-1})
- محلولهای استاندارد منگنز برای دستگاه جذب اتمی (1 mg L^{-1} ، 2 mg L^{-1} ، 3 mg L^{-1})
- محلول مولتی استاندارد برای دستگاه ICP

وسایل مورد نیاز

- بشر ۵۰۰ میلی لیتری
- بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری
- پیپت ۵ میلی لیتری
- قطره چکان
- کاغذ صافی
- پوار
- سل سانترفیوژ
- دسیکاتور

دستگاه های مورد نیاز

- دستگاه pH متر WTW مدل 720
- ترازوی دیجیتالی METTLER TOLEDO مدل AG204 با دقت (± 0.0001) ساخت کشور سوئیس:

جهت توزین

- دستگاه جار تست: جهت همزدن به صورت کاملاً یکنواخت و دقیق
- دستگاه جذب اتمی VARIAN مدل AA240FS: جهت اندازه گیری مقادیر کبالت و منگنز
- دستگاه ICP، VARIAN، مدل VISTA-MPX: جهت اندازه گیری مقادیر کبالت و منگنز
- کوره الکتریکی (Thermo - Heraeus)
- کوره مخصوص کیت COD (ترمو راکتور) WTW مدل CR 2200
- دستگاه قرائت کیت COD (اسپکتروفتومتر) HACH مدل DR 5000

- ترازوی دیجیتالی METTLER TOLEDO مدل PG 4002-S با دقت (± 0.01) ساخت کشور سوئیس: جهت توزین
- سانترفیوژ و سل مخصوص

آماده سازی نمونه ها

برای انجام آزمایش ۳ نمونه در تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۵ و ۳ نمونه در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۵ و ۳ نمونه در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۵ از ورودی واحد تصفیه خانه پساب پتروشیمی شهید تندگویان گرفته شده است.

مقدار ۳۰۰ میلی لیتر از هر کدام از نمونه ها را در دو بشر ۵۰۰ میلی لیتری ریخته می شود و در زیر دستگاه جارتست قرار خواهیم داد. دستگاه را در یک دور آرام ۵۰ rpm (شبه حوضچه CTA) قرار داده می شود؛ یعنی شرایط را برای نمونه ها به یک صورت ایجاد می گردد (۱۳).

نکته: مقدار pH هر دو محلول را اندازه گیری می کنیم که برابر با ۴/۷ می باشد که چون بازه کاری آلوم در ۶-۸ pH می باشد. پس چند قطره شیر آهک اضافه می کنیم تا مقدار pH به حدود ۶ برسد ولی برای PAC چون بازه کاری بین ۴-۹ pH می باشد پس مشکلی برای این ماده ایجاد نمی شود.

مقدار ۴ قطره سولفات آلومینیوم (آلوم) در یک بشر و مقدار ۴ قطره پلی آلومینیوم کلراید (PAC) در یک بشر دیگر که هر دو بشر حاوی پساب ورودی واحد CTA می باشند ریخته می شود. به محض ریختن این مواد، لخته هایی در روی محلول شروع به تشکیل شدن می کنند (۱۳).

- برای اندازه گیری مقادیر Co و Mn و COD و TSS از این محلول ها استفاده می شود.
- برای محلول سازی و اندازه گیری کبالت و منگنز نمونه ها به صورت وزنی برداشته می شود.
- دستگاه جارتست: دستگاهی است که از ۴ همزن تشکیل شده است که این همزن ها در یک لحظه و همزمان قابل چرخیدن می باشند و این قابلیت را داراست که به صورت دو به دو و یا جدا جدا برنامه ریزی شوند.

آماده سازی محلول ها برای اندازه گیری کبالت و منگنز

الف) در تاریخ ۱۳۹۱/۱۰/۱۵

(۱) آماده سازی نمونه ورودی

مقدار ۱۰/۰۰۲۳ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود و مقدار ۵/۵۱۴۰ گرم از این بالن را برداشته و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده می شود (۱۶).

(۲) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی آلوم)

مقدار ۱۰/۰۰۱۱ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود و مقدار ۴/۰۰۳۰ گرم از این بالن را برداشته و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده می شود (۱۶).

۳) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی PAC)

مقدار ۱۰/۰۰۱۵ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود (۱۶).

ب) در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱۵

۱) آماده سازی نمونه ورودی

مقدار ۱۰/۰۰۱۶ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود و مقدار ۵/۵۰۲۳۰ گرم از این بالن را برداشته و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده می شود (۱۶).

۲) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی آلوم)

مقدار ۵/۰۲۰۰ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود (۱۶).

۳) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی PAC)

مقدار ۴/۰۲۵۱ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود (۱۶).

پ) در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱۵

۱) آماده سازی نمونه ورودی

مقدار ۱۰/۰۳۴۵ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود و مقدار ۵/۰۴۴۴ گرم از این بالن را برداشته و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده می شود (۱۶).

۲) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی آلوم)

مقدار ۴/۱۳۷۲ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود (۱۶).

۳) آماده سازی نمونه خروجی (ماده تزریقی PAC)

مقدار ۵/۱۳۵۶ گرم از نمونه ورودی را در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و به حجم رسانده می شود (۱۶).

سپس مقادیر کبالت و منگنز تمام نمونه های ورودی و خروجی توسط دستگاه جذب اتمی و ICP اندازه گیری می شوند.

آزمایش COD

روش آزمایش:

برای انجام این آزمایش توسط پپیبت ۵ میلی لیتری مقدار ۲ میلی لیتر از نمونه ورودی و نمونه های خروجی (آلوم و PAC) را در درون کیت COD ریخته می شود و به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۴۸ درجه سانتی گراد درون کوره مخصوص کیت COD (ترمو راکتور) گذاشته می شود و بعد از این مدت زمان، کیت ها از کوره خارج و اجازه داده می شود تا دمای آنها به دمای محیط برسد

وبعد توسط دستگاه مخصوص قرائت کیت، کیت ها قرائت می گردد. اگر پاسخ ها از محدوده خارج باشد اول محلول سازی انجام می شود و بعد تزریق به درون کیت ها انجام خواهد شد (۱۷-۱۹).

آزمایش TSS

روش آزمایش:

برای انجام این آزمایش سل های خالی را شسته و در کوره قرار داده می شود تا خشک شود سپس از کوره در آورده و در درون دسیکاتور گذاشته تا ضمن سرد شدن، رطوبت محیط را نگیرد. سپس سل ها را وزن کرده (وزن اولیه) و وزن هر کدام یادداشت می شود سپس در حالتی که سل روی ترازو می باشد ترازو را صفر کرده و نمونه رادر سل ریخته و وزن نمونه یادداشت می شود و نمونه ها در دستگاه سانتریفیوژ و در زمان ۱۰ دقیقه و دور ۲۵۰۰ rpm قرار داده می شود و بعد از این مدت زمان سل ها را خارج کرده و مشاهده می شود که ذرات جامد ته نشین شده است سپس آبی که درون سل می باشد (که هیچ گونه ذرات جامد نداشته باشد) را خالی کرده و سل ها را درون کوره در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت زمان ۹ ساعت قرار داده می شود و بعد از این مدت زمان سل ها را خارج کرده و در درون دسیکاتور گذاشته تا سرد شود سپس سل ها را وزن کرده (وزن ثانویه) و از فرمول زیر مقدار TSS محاسبه خواهد شد (۱۶-۲۰).

فرمول شماره ۱

$$TSS = \left\{ \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن نمونه}} \right\} * 10000$$

نتایج آزمایشات TSS

نتایج آزمایشات TSS مربوط به تزریق ماده آلوم و PAC

جدول ۱ و ۲ نتایج آزمایشات TSS مربوط به تزریق ماده سولفات آلومینیوم (آلوم) و پلی آلومینیوم کلراید (PAC) را نشان داده است.

جدول (۱) تغییرات TSS مربوط به تزریق ماده سولفات آلومینیوم (آلوم)

	TSS (in) mg L ⁻¹	TSS (out) mg L ⁻¹
Sample 1	۲۰۰	۵۵
Sample 2	۱۶۰	۴۰
Sample 3	۴۲۰	۱۹۰

جدول (۲) تغییرات TSS مربوط به تزریق ماده پلی آلومینیوم کلراید (PAC)

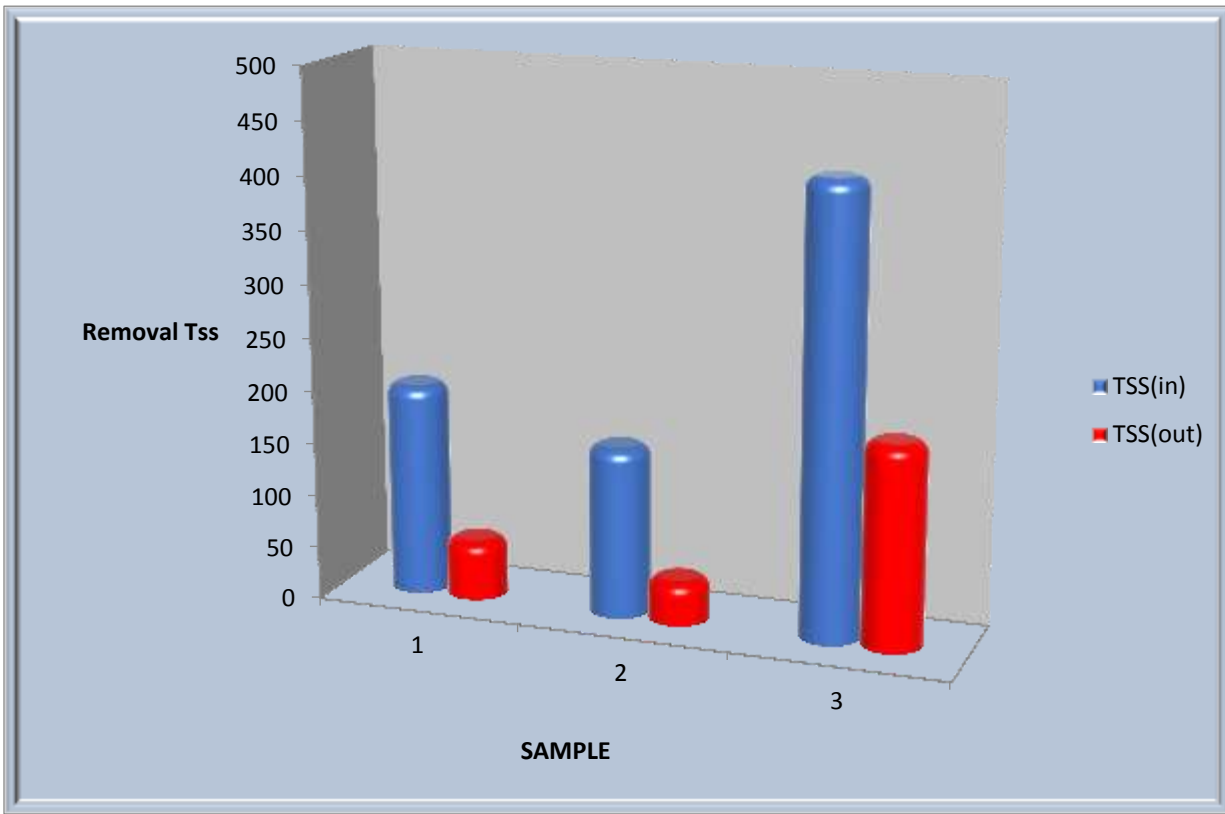
	TSS (in) mg L ⁻¹	TSS (out) mg L ⁻¹
Sample 1	۲۰۰	۶۷
Sample 2	۱۶۰	۵۱
Sample 3	۴۲۰	۱۵۲

نمودار های مربوط به آزمایشات TSS

تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق سولفات آلومینیوم (آلوم) در جدول ۳ و نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول (۳) تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق سولفات آلومینیوم (آلوم)

sample	TSS(in) mg L ⁻¹	TSS(out) mg L ⁻¹
۱	۲۰۰	۵۵
۲	۱۶۰	۴۰
۳	۴۲۰	۱۹۰

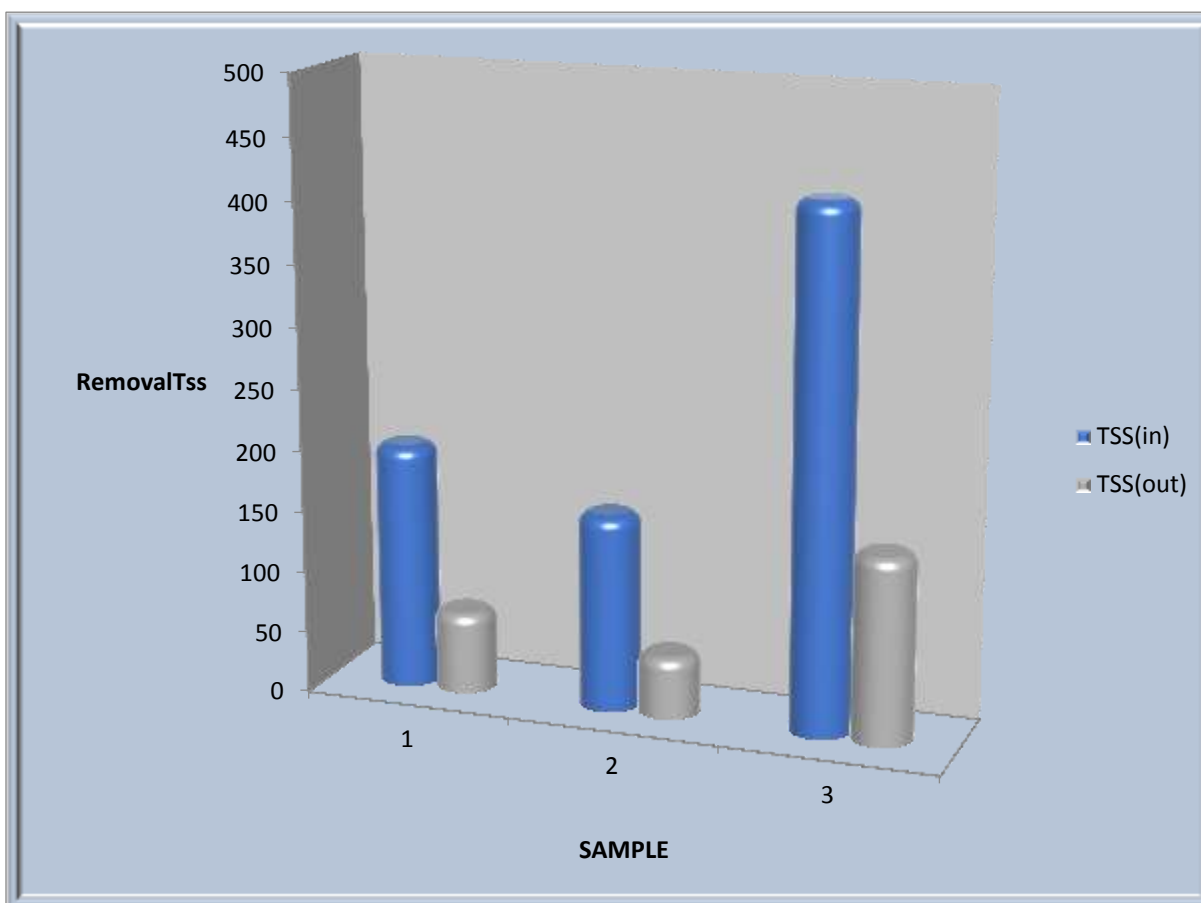


نمودار (۱) تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق سولفات آلومینیوم (آلوم)

تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق پلی آلومینیوم کلراید (PAC) در جدول ۴ و نمودار ۲ نشان داده شده است.

جدول (۴) تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق پلی آلومینیوم کلراید (PAC)

sample	TSS(in)	TSS(out)
	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹
۱	۲۰۰	۶۷
۲	۱۶۰	۵۱
۳	۴۲۰	۱۵۲



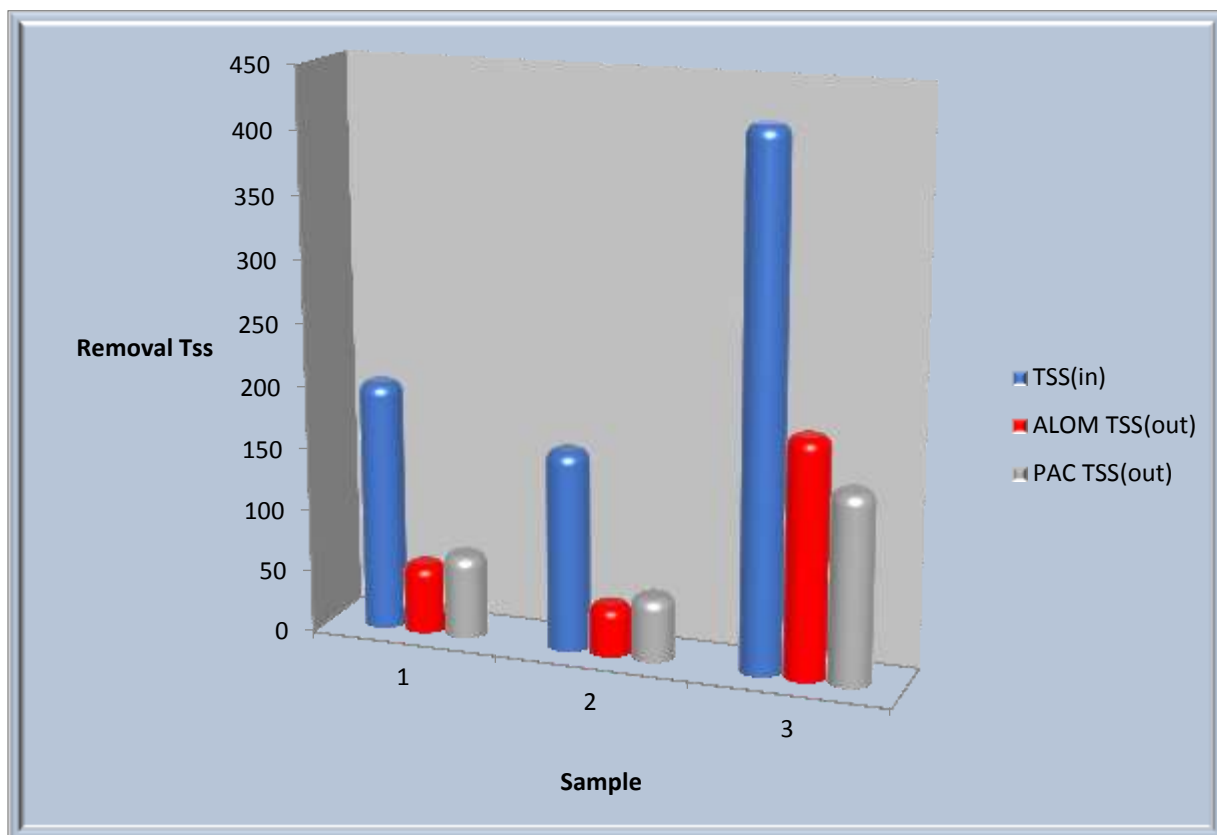
نمودار (۲) تغییرات TSS ورودی و خروجی مربوط به تزریق پلی آلومینیوم کلراید (PAC)

مقایسه تغییرات TSS بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

جدول ۵ و نمودار ۳-۱۸ مقایسه تغییرات TSS بین ورودی و خروجی های بعد از تزریق سولفات آلومینیوم (آلوم) و پلی آلومینیوم کلراید (PAC) را نشان می دهد.

جدول (۵) مقایسه تغییرات TSS بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

sample	ALOM		PAC
	TSS(in) mg L ⁻¹	TSS(out) mg L ⁻¹	TSS(out) mg L ⁻¹
۱	۲۰۰	۵۵	۶۷
۲	۱۶۰	۴۰	۵۱



نمودار (۳) مقایسه تغییرات TSS بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

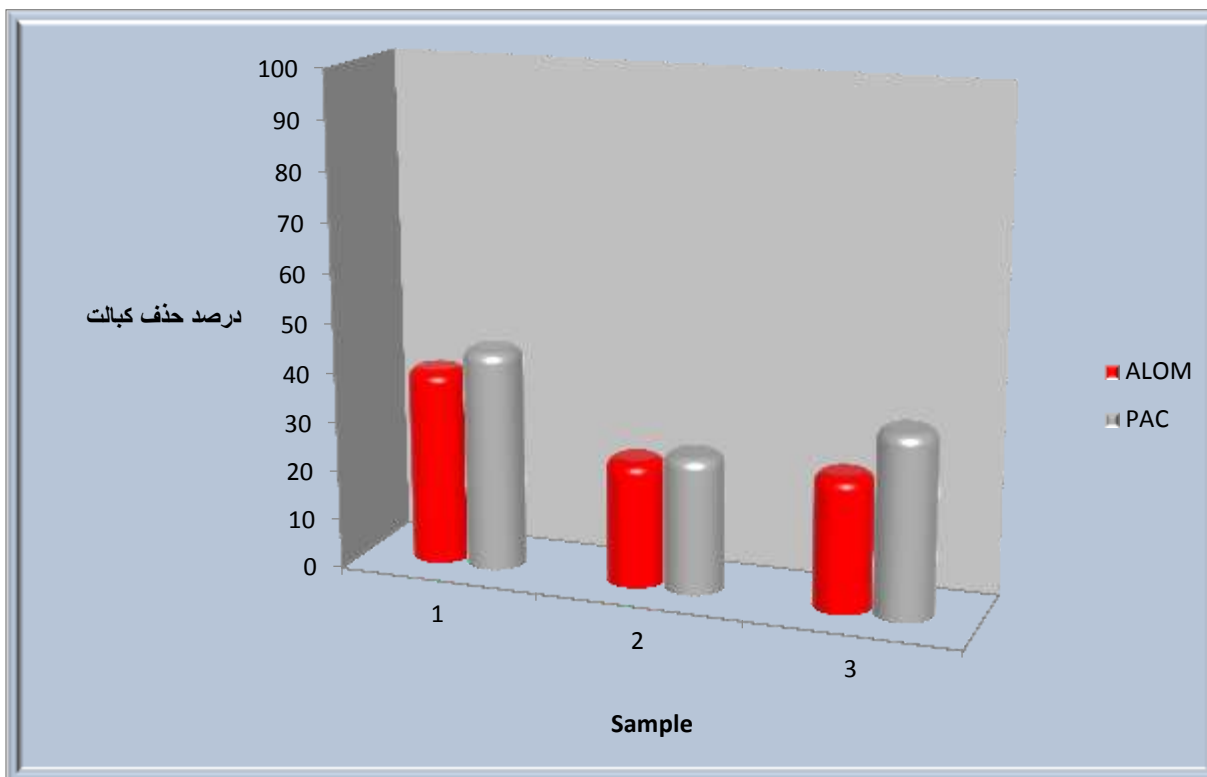
مقایسه درصد حذف کبالت خروجی های آلوم و PAC توسط دستگاه جذب اتمی

مقایسه درصد حذف کبالت خروجی های آلوم و PAC نسبت به نمونه ورودی که در جدول ۶ و نمودار ۶ نشان داده شده است.

جدول (۶) مقایسه درصد حذف کبالت بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

sample	Co (in) mg L ⁻¹	ALOM	PAC
		Co (out) %	Co (out) %
۱	۴۵/۴۱۹	۳۹/۶	۴۴/۸

۲	۵۶/۰۲۰	۲۵/۴	۲۷/۷
۳	۱۱۲/۷۷۷	۲۷	۳۷



نمودار (۴) مقایسه درصد حذف کبالت بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

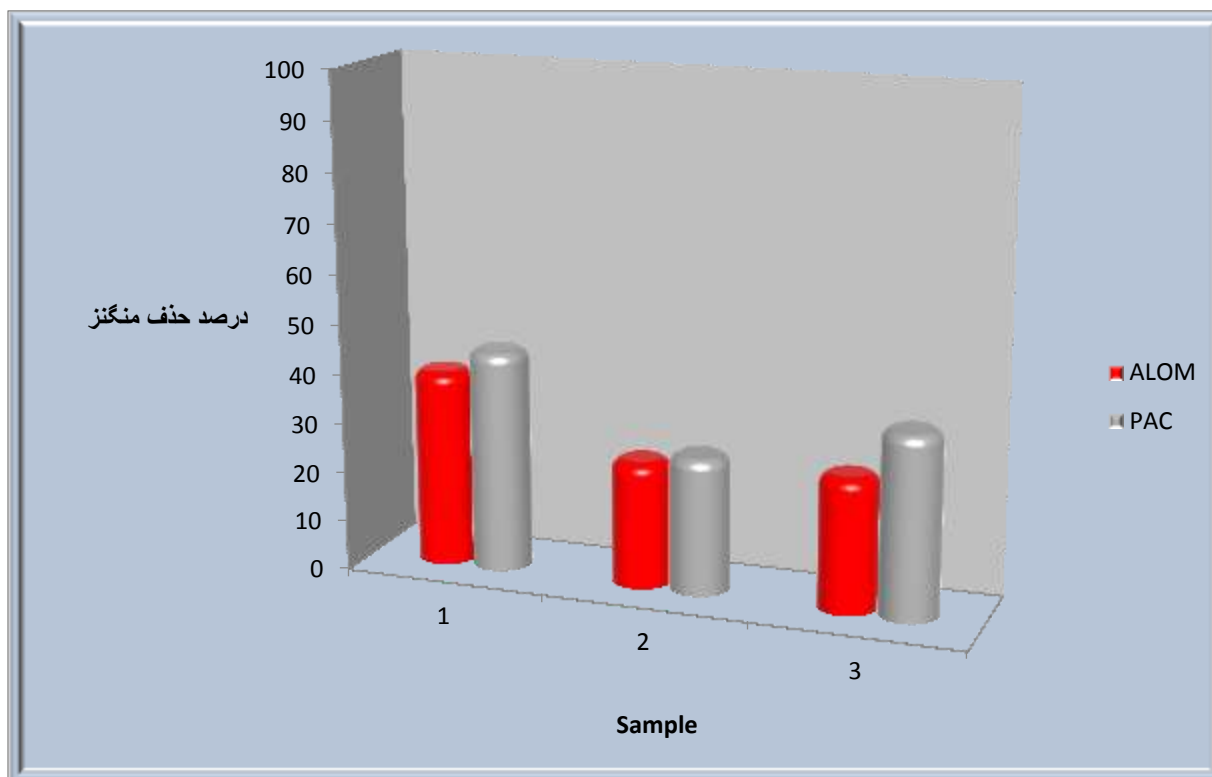
مقایسه درصد حذف منگنز خروجی های آلوم و PAC توسط دستگاه جذب اتمی

مقایسه درصد حذف منگنز خروجی های آلوم و PAC نسبت به نمونه ورودی که در جدول ۷ و نمودار ۷ نشان داده شده است.

جدول (۷) مقایسه درصد حذف منگنز بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

sample	Mn (in) mg L ⁻¹	ALOM	PAC
		Mn (out) %	Mn (out) %
۱	۲۲/۵۳۰	۴۱/۱	۵۹/۷

۲	۳۴/۹۰۳	۵۷/۲	۶۱
۳	۹۱/۸۵۹	۴۳/۶	۵۲/۳



نمودار (۵) مقایسه درصد حذف منگنز بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

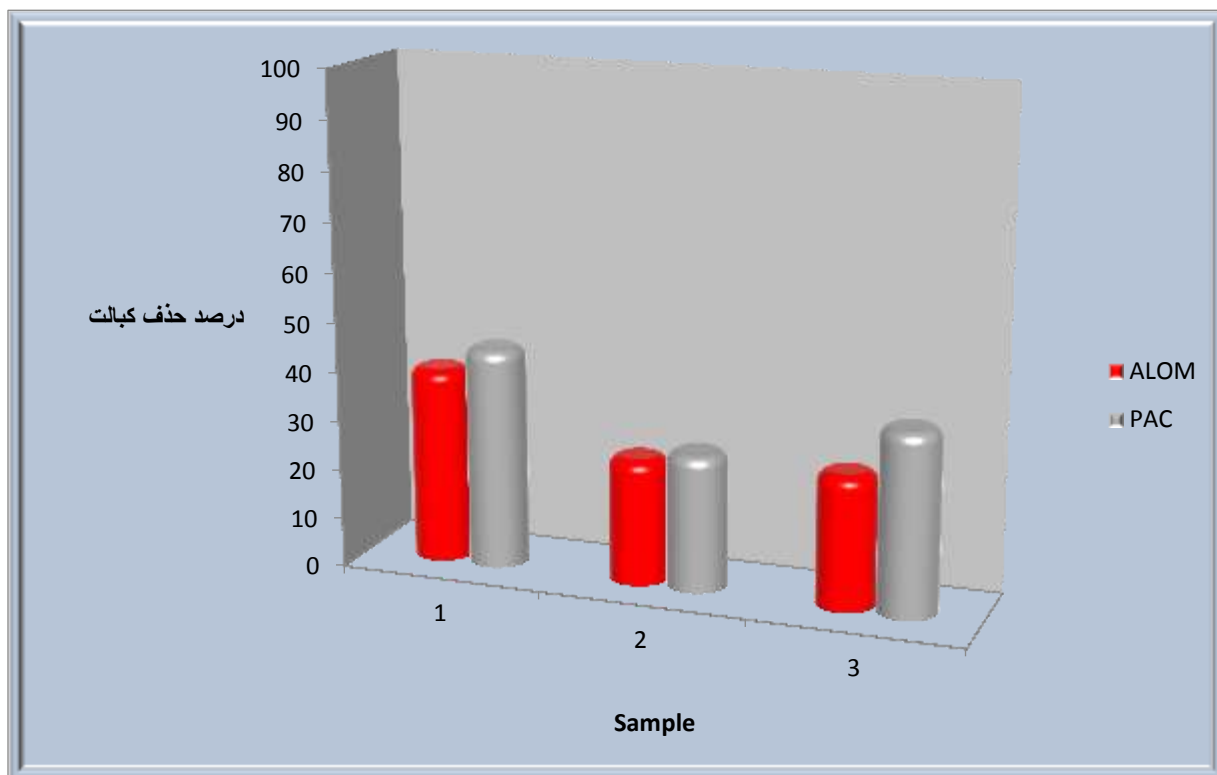
مقایسه درصد حذف کبالت خروجی های آلوم و PAC توسط دستگاه ICP

مقایسه درصد حذف کبالت خروجی های آلوم و PAC نسبت به نمونه ورودی که در جدول ۸ و نمودار ۸ نشان داده شده است.

جدول (۸) مقایسه درصد حذف کبالت بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

sample	Co (in) ppm	ALOM	PAC
		Co (out) %	Co (out) %
۱	۴۳/۱۶۱	۳۹/۷	۴۴/۴

۲	۵۶/۳۲۳	۲۸/۴	۳۱/۲
۳	۱۱۴/۷۱۳	۲۸/۸	۳۶/۳



نمودار (۶) مقایسه درصد حذف کبالت بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

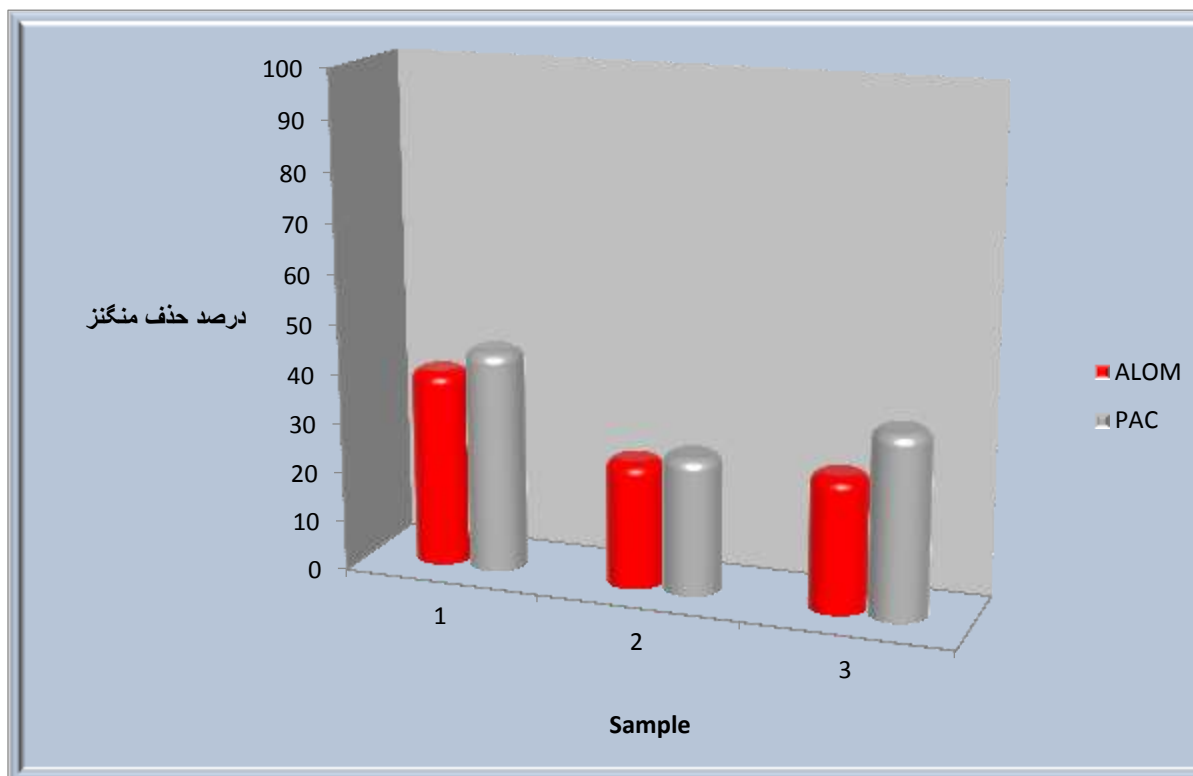
مقایسه درصد حذف منگنز خروجی های آلوم و PAC توسط دستگاه ICP

مقایسه درصد حذف منگنز خروجی های آلوم و PAC نسبت به نمونه ورودی که در جدول ۹ و نمودار ۹ نشان داده شده است.

جدول (۹) مقایسه درصد حذف منگنز بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

sample	Mn (in) ppm	ALOM	PAC
		Mn (out) %	Mn (out) %
۱	۲۲/۳۱۷	۵۴	۶۴/۲

۲	32/۳۸۶	۴۹/۵	۵۰/۱
۳	۹۱/۸۵۵	۴۳/۱	۵۰/۴



نمودار (۷) مقایسه درصد حذف مگنز بین ورودی و خروجی های آلوم و PAC

نتیجه گیری

در این پژوهش از دو ماده به نام های سولفات آلومینیوم که با نام تجاری (آلوم) و پلی آلومینیوم کلراید که با نام تجاری (PAC) معروف می باشند استفاده گردیده است که با توجه به آزمایشات مختلف انجام شده با دستگاه های بسیار پیشرفته مشخص گردید که:

Sample	Co (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	COD (mg L ⁻¹)	TSS (mg L ⁻¹)
نمونه ورودی	ICP 114/713	ICP 91/855	۴۹۵۰۰	۴۲۰
	AA 112/777	AA 91/859		

بعد از تزریق آلوم	ICP 81/333	ICP 52/089	۵۳۱۰۰	۱۹۰
	AA 82/944	AA 52/126		
بعد از تزریق PAC	ICP 72/630	ICP 45/542	۴۱۰۰۰	۱۵۲
	AA 71/542	AA 43/257		

اندازه گیری مقادیر	نمونه شماره ۱	نمونه شماره ۲	نمونه شماره ۳
کبالت ورودی (جذب اتمی) mg L^{-1}	۴۵/۴۱۹	۵۶/۰۲۰	۱۱۲/۷۷۷
mg L^{-1} کبالت خروجی (جذب اتمی)	آلوم ۲۷/۴۲۱	آلوم ۴۱/۸۳۱	آلوم ۸۲/۹۴۴
	PAC 25/۰۹۳	PAC 40/550	PAC 71/542
کبالت ورودی (ICP) mg L^{-1}	۴۳/161	۵۶/323	۱۱۴/713
mg L^{-1} کبالت خروجی (ICP)	آلوم 27/۷۶۸	آلوم ۴۰/502	آلوم ۸۱/۳4۳
	PAC 25/105	PAC 38/864	PAC 72/630
منگنز ورودی (جذب اتمی) mg L^{-1}	۲۲/530	۳۴/903	۹۱/859
mg L^{-1} منگنز خروجی (جذب اتمی)	آلوم ۱۳/266	آلوم ۱۴/۹۳۰	آلوم ۵۲/۱۲۶

	PAC 9/087	PAC 13/616	PAC 43/257
منگنز ورودی (ICP) mg L^{-1}	۲۲/۳۱۷	۳۲/۳۸۶	۹۱/۸۵۵
منگنز خروجی (ICP) mg L^{-1}	۱۰/۴۲۳ آلوم	۱۶/۵۱۹ آلوم	۵۲/۳۶۳ آلوم
	PAC 8/949	PAC 16/714	PAC 45/542
اندازه گیری مقادیر	نمونه شماره ۱	نمونه شماره ۲	نمونه شماره ۳
درصد حذف کبالت (جذب اتمی)	۳۹/۶٪ آلوم	۲۵/۴٪ آلوم	۲۷٪ آلوم
	PAC %44/8	PAC %27/7	PAC %37
درصد حذف کبالت (ICP)	۳۹/۷٪ آلوم	۲۸/۴٪ آلوم	۲۸/۸٪ آلوم
	PAC %44/4	PAC %31/2	PAC %36/3
درصد حذف منگنز (جذب اتمی)	۴۱/۱٪ آلوم	۵۷/۲٪ آلوم	۴۳/۶٪ آلوم
	PAC %59/7	PAC %61	PAC %52/3
درصد حذف منگنز (ICP)	۵۴٪ آلوم	۴۹/۵٪ آلوم	۴۳/۱٪ آلوم
	PAC %64/2	PAC %50/1	PAC %50/4
COD نمونه ورودی	۲۱۰۰۰	۲۷۰۰۰	۴۹۵۰۰

COD نمونه خروجی	۲۲۵۰۰ آلوم	۳۱۸۰۰ آلوم	۵۳۱۰۰ آلوم
	PAC 19000	PAC 53100	PAC 41000
TSS نمونه ورودی	۲۰۰	۱۶۰	۴۲۰
TSS نمونه خروجی	۵۵ آلوم	۴۰ آلوم	۱۹۰ آلوم
	PAC 67	PAC 51	PAC 152

که با توجه به نتایج فوق مشخص گردید که حذف فلزات سنگین از قبیل کبالت و منگنز با توجه به کاهش COD و کاهش ذرات معلق به وسیله هر دو ماده به صورت مطلوب انجام گردیده است ولی با استفاده از ماده پلی آلومینیوم کلراید (PAC) به مراتب بهتر انجام گردیده، چون در زمان استفاده از این ماده COD محلول در پساب علاوه بر اینکه بالاتر نرفت بلکه به مراتب کاهش چشمگیری هم در پی داشت و پودر نامحلول در پساب هم به مراتب کمتر گردید.

در این پژوهش مقادیر کبالت و منگنز به وسیله دو دستگاه جذب اتمی و ICP مورد اندازه گیری و مقایسه قرار گرفت که می توان از روی نتایج و نمودارهای بدست آمده از نتایج، دقت و صحت هر دو دستگاه و نتایج را بررسی نمود که دقت و صحت و نتایج دستگاه ICP به مراتب بهتر می باشد.

پیشنهادات

فرآیند جذب بیولوژیکی جذابیتهای زیادی از قبیل حذف فلزات در یک محدوده وسیع از pH، دما، سینتیک سریع جذب، هزینه اولیه و راهبری پایین خواهد داشت و با توجه به اینکه این جاذبها مزایا و کارایی خوبی داشته و تکنولوژی جدیدی در زمینه محیط زیست می باشد جهت تشویق از این روش باید تمهیدات خاصی را قائل گردید و نیز به همکاری بین رشته ای نیاز داشته تا ترکیبی از تخصص های متالوژی، محیط زیست، بیولوژی، و . . . در کنار یکدیگر علیه آلودگی های ناشی از صنایع با هم همکاری داشته باشند. استفاده از پلی آلومینیوم کلراید با توجه به بازدهی بسیار بالا باید مورد توجه و استفاده بیشتر در صنعت به خصوص صنایع پتروشیمی که آلودگی های زیست محیطی بسیاری ایجاد می کنند، قرار بگیرد. به دلیل اینکه پساب این شرکت ها به علت آلودگی بسیار بالایی که دارند و این آلودگی ها وارد دریاها شده و برای همه جانداران و انسانها و اکو سیستم بسیار مضر می باشند؛ و همچنین پیشنهاد می گردد که:

۱- در پسابهای که خاصیت اسیدی بالایی دارند از این ماده (پلی آلومینیوم کلراید (PAC)) استفاده بیشتری گردد. به دلیل اینکه این ماده نسبت به مواد دیگر در محدوده pH بیشتری، بازدهی مطلوب تری خواهد داشت.

- ۲- مقایسه کارایی بین دیگر منعقد کننده ها و کمک منعقد کننده ها انجام گردد.
- ۳- حذف فلزات توسط منعقد کننده های دیگر (کلرو فریک و کربن فعال) انجام گردد.
- ۴- حذف فلزات دیگر از قبیل کروم و نیکل و تیتانیوم توسط این دو منعقد کننده (پلی آلومینیوم کلراید و سولفات آلومینیوم) انجام گردد.

منابع

۱. آربی کلارک، (آلودگی دریا). (۱۹۲۳). (۲۳-۲۲)
۲. عمران دهقان، (مقاله انواع جاذب ها). (۱۳۷۹). (۳)
۳. روابط عمومی پتروشیمی شهید تندگویان، (کتابچه معرفی پتروشیمی شهید تندگویان). (۱۳۸۶)
۴. اهورا سرداری (بیوگاز) (۱۳۹۰). (۹۹-۱۰۵)
۵. دستور العمل های واحد تصفیه پساب پتروشیمی شهید تندگویان تحت لیسانس شرکت ACTEA ایتالیا
۶. شرکت شیمیایی تصفیه (پلی آلومینیوم کلراید)
۷. دستورالعمل های کالیبراسیون شرکت وریان
۸. پریسا شمیرانیان، (حذف بیولوژیکی فلزات سنگین از پساب صنعتی). (۱۳۸۴). (۱-۱۰)
۹. مرتضی سید حسینیان، (اصول طراحی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و پساب صنعتی). (۱۳۷۷). (۷-۹)
۱۰. مرتضی زیوردار، (مقایسه و بررسی روش های حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنعتی). (۱۳۸۲). (۵-۹)
۱۱. علی عسکری، (جدول تناوبی عناصر). (۱۳۸۹). (۷-۱۰)
12. A.Demirabas (Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials), (2008), (9-13)
13. A.Esmaeili,A.Soufi,S.Rustaiyan,A.Safaiyan, S. Fallaha, G.moazami (Biosorption of copper, cobalt and nickel by marine brown alga sargassum), (2009), (20-25)
14. A.Ewecharoena (Nickel adsorption by sodium polyacrylate-grafted Activated carbon), (2009), (8-11)
15. A.Gino (Adsorption of Cu, Pb, Zn, Co,Ni andAg by goethite andhematite) (1993), (8-14)
16. B.Petey (Environmental protection, health and safety), (2001)و (17-21)
17. D. Barnes, C.F.Froster & SE. Hrudey (Surveys in Industrial wastewater Treatment), (1987), (30-32)
18. J. Jung, Y. Hwan Cho, (Comparativestudy of Cu^{2+} adsorption of goethite, hematite andkaolinite), (1998), (1-6)
19. J.W.patterson (Industrial wastewater treatment technology)). (1985), (13-14)
20. K.Zhang,W.H. Cheung, and M. Valix (activated carbon in the adsorption of lead ions), (2005), (10-13)
21. M.E.Argun,S.Dursun,C.Ozdemir,M.Kratas (Heavy metal adsorption by modified oak sawdust), (2007), (3-5)
22. N. Das (Adsorption of Cr(VI) and Se(IV) from their aqueous solutionsonto Zr^{4+} substituted ZnAl/MgAl-layered double hydroxides), (2004), (2-5)

23. P&ID ((Unit WWT)).STPC. (2000)
24. S.Amuda, AGiwa, and I. Bello(Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon), (2007), (9-11)
25. S.W. Ngah and K.M. Hanafiah (Removal of heavy metal ions from Wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents), (2008), (13-17)