Archive of SID

غلظت فلزات سنگین شیرابه زباله شهری و روش کاهش آنها*

دکتر عبدالرحیم پرورش[1]، دکتر حسین موحدیان، مهندس محمدعلی ززولی

چکیده مقاله

مقدمه. در حین جمع‌آوری، انتقال و دفع زباله و همچنین تبدیل زباله به کود کمپوست شیرابه تولید می‌شود که حاوی مواد آلایندهٔ گوناگون از جمله فلزات سنگین می‌باشد. این فلزات به راحتی در محیط تجزیه نمی‌شوند و می‌توانند در زنجیره غذایی تغلیظ شده، مشکلات فراوانی برای محیط زیست و انسان به وجود آورند. هدف از انجام این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین شیرابه زباله در شهر اصفهان و روش کاهش آن می‌باشد.

روشها. نمونه‌برداری از شیرابهٔ زبالهٔ تولیدی در ۴ ایستگاه انتقال زباله و کارخانه کمپوست اصفهان بصورت مخلوط و در ۱۰ نوبت انجام شد. در ابتدا کیفیت نمونه‌ها از نظر pH، COD، TS (جامدات کل)، TVS (کل مواد فرّار) و TFS (کل مواد ثابت) و غلظت فلزات سنگین کادمیوم، کروم، روی، مس و نیکل بررسی شد. در مرحله بعد برای کاهش فلزات سنگین از روش انعقاد شیمیایی با استفاده از آهک، آلوم و کلرورفریک به روش جارتست استفاده شد. کلیه روشهای اندازه‌گیری براساس روشهای استاندارد انجام گرفت.

نتایج. میانگین غلظت فلزات سنگین شامل: کادمیوم، کروم، روی، مس و نیکل در شیرابهٔ زباله به ترتیب برابر ۰/۶۳، ۱/۲۲، ۷/۴۲، ۲/۱۵ و ۲/۲۲ میلیگرم در لیتر بود. غلظت فلزات سنگین در ایستگاههای مختلف نمونه‌برداری اختلاف نداشت ($P>0/05$). pH بهینه برای ته‌نشینی شیمیایی این فلزات توسط آهک، آلوم، کلرورفریک به ترتیب برابر ۹/۵، ۶/۵ و ۱۰ و غلظت بهینه هریک از سه ماده منعقد کننده مذکور به ترتیب برابر ۲۴۰۰، ۱۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلیگرم در لیتر محاسبه شد.

بحث. غلظت عناصر مورد مطالعه در شیرابه در مقایسه با استانداردهای EPA بیش از حد مجاز می‌باشد. آلوم با حذف ۷۵ تا ۹۰ درصد فلزات سنگین از شیرابهٔ زباله، بعنوان بهترین مادهٔ منعقد کننده برای کاهش فلزات سنگین شیرابه می‌باشد و آهک با راندمان حذف ۷۰ تا ۸۸ درصد و کلرورفریک با راندمان حذف ۶۵ تا ۸۵ درصد در اولویت بعدی قرار دارند. از نظر اقتصادی آهک باصرفه‌تر است و کلرورفریک و آلوم به ترتیب در مرتبه بعدی قرار دارند.

● *واژه‌های کلیدی. فلزات سنگین، شیرابه، زباله، تصفیهٔ شیرابه، بهداشت محیط*

مقدمه

یکی از معضلات زباله، تولید شیرابه است که حاوی ترکیبات و آلاینده‌های گوناگون از جمله فلزات سنگین می‌باشد. با افزایش، پیچیدگی و تنوع ترکیبات مواد زائد، شدت آلودگی شیرابهٔ تولیدی آنها هم بالطبع افزایش می‌یابد (۱). پایداری فلزات در محیط زیست مشکلات ویژه‌ای را ایجاد می‌کند. فلزات سنگین نمی‌توانند مانند آلاینده‌های آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه شوند. یکی از پیامدهای مهم پایداری آنها، تغلیظ بیولوژیکی در زنجیرهٔ غذایی است که در نتیجهٔ این فرآیند مقدار فلزات در طبقه‌های بالاتر زنجیره غذایی تا چندین برابر مقادیر موجود در آب یا هوا یافت می‌شوند. این امر موجب آسیب گیاهان و در نهایت سبب به مخاطره انداختن سلامت جانوران و انسان می‌گردد (۲). شیرابه سبب آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌گردد و یکی از عمده‌ترین مشکلات مراکز دفن زباله، مسأله آلودگی آبهای زیرزمینی در اثر نفوذ شیرابه است. علاوه بر مراکز دفن، در حین جمع آوری و انتقال زباله و همچنین در طی عملیات و فرآیندهای گوناگون تبدیل زباله به کود کمپوست، شیرابه ایجاد می‌گردد که این مسأله در ایستگاههای انتقال و کارخانه کمپوست اصفهان وجود دارد (۲). شیرابه قبل از دفع یا استفاده باید به طریق مناسب تصفیه گردد تا شدت آلودگی آن کاهش یابد. یکی از پارامترهایی که باید قبل از دفع به آن توجه نمود، کاهش یا حذف فلزات سنگین می‌باشد (۳).

فلزات سنگین شیرابهٔ زباله را می‌توان به روشهای متفاوتی حذف نمود ولی در بین این روشها، روش رسوب دهی هیدروکسیدی با آهک و یا رسوب‌دهی شیمیایی با آلوم و یا کلرور فریک بطور گسترده‌تر و زیادتر استفاده شده‌اند (۴، ۵). هیدروکسید کلسیم یا هیدروکسید سدیم به‌عنوان یک مادهٔ منعقد کننده برای حذف فلزات محلول می‌باشد. اغلب فلزات به‌صورت هیدروکسید در pHهای بالا رسوب می‌نمایند ولی باید توجه داشت که در pHهای بالا، به علت انحلال مجدّد رسوب هیدروکسیدی، در راهبری فرآیند به ویژه کنترل pH باید بسیار دقّت نمود (۶).

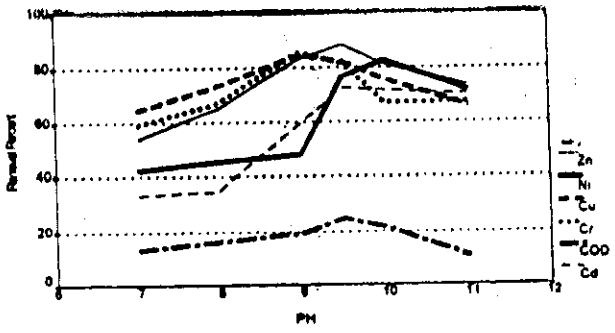
زباله‌های شهر اصفهان بعد از جمع آوری از منازل به ۴ ایستگاه انتقال واقع در ۴ نقطه شهر حمل می‌گردند و از آنجا به وسیله تریلرها به کارخانه کمپوست انتقال می‌یابند. در شهر اصفهان با تولید ۸۰۰ تن زباله در روز حدود چهل هزار لیتر شیرابه تولید می‌گردد. مقدار شیرابه در فصول گرم سال

---

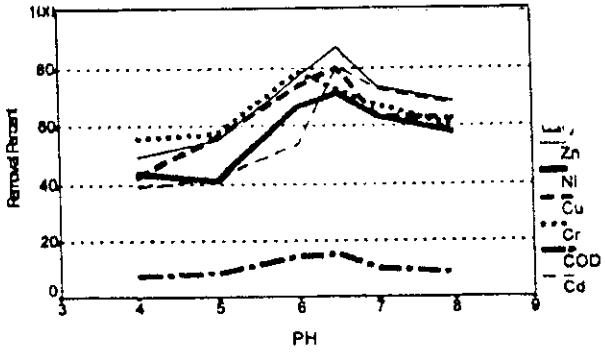
* این طرح با شماره ۷۹۰۱۸ دفتر هماهنگی امور پژوهش ثبت شده و هزینه آن از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی استان اصفهان پرداخت گردیده است.

۱ - گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی استان اصفهان. اصفهان.

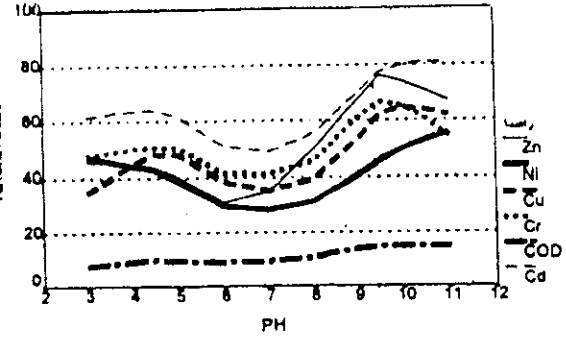
www.SID.ir



نمودار ۱. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش آهک با غلظت ثابت ۴۸۰۰ppm

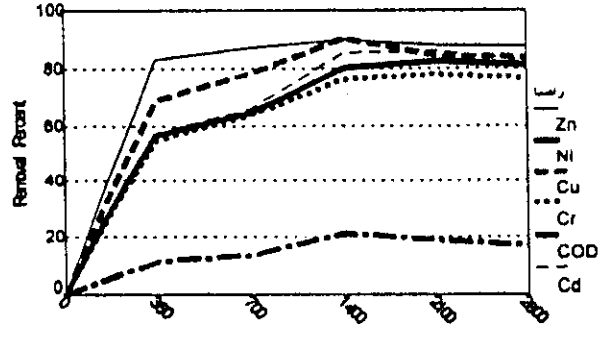


نمودار ۲. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش آلوم با غلظت ثابت ۱۴۰۰ppm

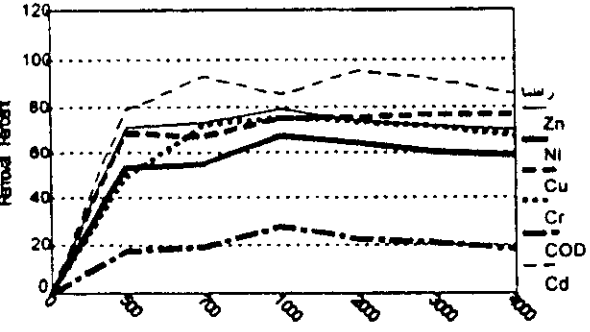


نمودار ۳. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش کلرور فریک با غلظت ثابت ۲۰۰۰ppm

نمودار ۴. تأثیر تغییرات غلظت آهک بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در pH بهینه برابر ۹/۵



نمودار ۵. تأثیر تغییرات غلظت آلوم بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در pH بهینه برابر ۶/۵



نمودار ۶. تأثیر تغییرات غلظت کلرور فریک بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در pH بهینه برابر ۱۰

Archive of SID

Archive of SID

جدول ۱. میانگین غلظت ترکیبات شیمیایی شیرابه مواد زائد شهر اصفهان در ایستگاههای مختلف در ۱۰ بار نمونه‌گیری

ایستگاه	pH	COD mg/l	TS mg/l	TVS mg/l	TFS mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Ni mg/l
الف	۴/۹۸	۳۸۵۶۲/۵	۳۸۸۱۵/۵	۲۲۵۹۵/۹	۱۶۲۱۹/۶	۰/۴۶	۱/۲۷	۱/۲۱	۵/۸۱	۲/۳۸
ب	۵/۲۳	۳۹۷۷۳/۷	۴۱۶۰۸	۲۶۰۰۵	۱۵۶۰۳	۰/۶۵	۱/۵۵	۲/۸۵	۷/۱۵	۲/۳
ج	۵/۲۱	۴۱۵۲۳/۲	۴۲۵۳۹/۳	۲۵۰۰۲/۳	۱۷۵۳۷	۰/۶۴	۱/۱۲	۲/۵۹	۱۰/۶۴	۲/۲۶
د	۵/۶۳	۲۸۳۰۲/۴	۴۱۵۹۶/۲	۲۴۱۱۹	۱۷۴۷۷	۰/۵۶	۱/۱۶	۱/۹۶	۶/۰۴	۱/۹۳
و	۵/۱۹	۴۲۶۲۳/۷	۴۰۵۶۶/۶	۲۵۲۲۴/۸	۱۵۳۴۱/۸	۰/۷۳	۰/۹۹	۲/۱۳	۷/۶۳	۲/۲۱
ز	۵/۲۵	۴۰۱۵۷/۱	۴۱۰۲۵/۱۲	۲۴۵۸۹/۴	۱۶۴۳۵/۷۲	۰/۶۳	۱/۲۲	۲/۱۵	۷/۴۲	۲/۲۲

الف- کارخانه کمپوست، ب - ایستگاه انتقال منطقه ۴، ج - ایستگاه انتقال منطقه ۵، د - ایستگاه انتقال منطقه ۷، و- ایستگاه انتقال منطقه ۸، ز- میانگین ایستگاههای پنجگانه

حداکثر و در فصول سرد، حداقل می‌باشد. شیرابهٔ جاری شده، در ایستگاههای انتقال و کارخانه کمپوست به مخازن سپتیک هدایت می‌گردند و روزانه با استفاده از تانکرها به طریق نامناسب به زمینهای زراعی و متروکه انتقال داده می‌شوند و بعضاً در زمینهای کشاورزی به منظور آبیاری استفاده می‌گردد (۲). استفاده از شیرابه در مزارع کشاورزی و یا دفع غیر اصولی در زمینهای اطراف سبب خطرات زیست محیطی و بهداشتی می‌شود. لذا هدف از انجام این تحقیق آن است که مشخص گردد غلظت فلزات سنگین شیرابهٔ زبالهٔ شهر اصفهان در چه حدی است؟ و آیا با تصفیه مقدماتی توسط مواد منعقد کننده مانند آهک، آلوم و کلرور فریک می‌توان مقدار آنها را کاهش داد و تا حد استانداردهای دفع پساب برای آبیاری محصولات کشاورزی رساند.

روشها

در این تحقیق از شیرابهٔ زبالهٔ تولید شده در چهار ایستگاه انتقال زباله در سطح شهر اصفهان و کارخانه کود کمپوست بروش استاندارد نمونه‌برداری شد. از تاریخ آذرماه لغایت اسفند ماه سال ۱۳۷۸ تعداد ۱۰ نمونه از هر یک از محلهای فوق تهیه گردید. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت منتقل شد. در ابتدا کیفیت شیمیایی آنها از نظر pH، COD، TVS، TS و TFS و فلزات سنگین شامل Cd، Cr، Zn، Cu و Ni سنجش گردید. در مرحله بعد بمنظور کاهش فلزات سنگین با استفاده از آهک، آلوم و کلرور فریک عمل انعقاد شیمیایی روی نمونه‌ها انجام شد. در این مرحله طبق روش استاندارد جارتست، ابتدا در pHهای متفاوت و با دوزهای اولیه ۴۸۰۰mg/l آهک و ۱۴۰۰mg/l آلوم و ۲۰۰۰mg/l کلرور فریک، pH بهینهٔ انعقاد شیمیایی برای هر یک از مواد بدست آمد. سپس با دوزهای متفاوت مواد منعقد کننده (از صفر تا ۲۰۰ درصد دوز اولیه)، و با استفاده از آزمایش جار، دوز بهینهٔ هر یک از مواد منعقد کننده بدست آمد (۶). نوع فلوک‌های ایجاد شده بر اساس اندازه به فلوکهای ریز تا درشت تقسیم شدند. کلیه آزمایشها بر اساس روشهای پیشنهادی کتاب روشهای استاندارد برای آزمایشهای آب و فاضلاب اندازه‌گیری شدند (۷، ۸). داده‌ها با استفاده از برنامه SPSS توسط آزمون آنالیز واریانس بررسی و مقایسه شدند.

نتایج

ترکیب شیمیایی شیرابه. غلظت ترکیبات شیمیایی در ایستگاههای مختلف با هم تفاوت نداشت ($P>0/05$). فلز روی بیشترین غلظت و پس از آن به ترتیب نیکل، مس، کروم، کادمیوم بیشترین غلظت را در شیرابه داشتند (جدول ۱). جامدات کل (Ts) شیرابه شامل ۴۰ درصد جامدات ثابت (TFS) و ۶۰ درصد جامدات فرار (TVS) بود. pH شیرابه زباله شهری از ۴/۲ تا ۶/۸ متغیر و میانگین آن ۵/۲۵ محاسبه شد.

بررسی pH بهینه. نتایج تنظیم pH با آهک، آلوم و کلرورفریک در حذف فلزات سنگین شیرابه به ترتیب در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ آمده است. چون دامنهٔ مؤثر pH آهک از ۸ تا ۱۱ متغیر است بنابراین عمل جار با دوز ثابت و در pHهای متفاوت ۷، ۸، ۹، ۹/۵، ۱۰ و ۱۱ انجام شد که در pHهای ۹/۵ و ۱۰ آهک بهترین نوع فلوک از نوع خوب تشکیل و به خوبی ته‌نشین گردید و بهترین کارآیی را داشت. بهترین pH بدست آمده برای آهک در کاهش آلاینده‌های شیرابه ۹/۵ بود (نمودار ۱).

آلوم در pH از ۵ تا ۸ مؤثر بود بنابراین با دوز ثابت و در pHهای ۴، ۵، ۶، ۶/۵، ۷ و ۸ عمل جارتست انجام شد که pH معادل ۶/۵ بعنوان pH بهینه بدست آمد (نمودار ۲).

کلرورفریک در pHهای قلیایی (pH>۸/۵) و اسیدی (۶/۵-۳/۵) مؤثر بود بنابراین عمل جار برای هر نمونه در pHهای اسیدی (۳، ۴، ۴/۵، ۵، ۶ و ۷) و pHهای قلیایی (۸، ۹، ۹/۵، ۱۰، ۱۰/۵ و ۱۱) انجام شد که pH معادل ۱۰ به‌عنوان pH بهینه کلرور فریک به دست آمد (نمودار ۳).

بررسی دوز بهینه. برای بررسی اثر دوزهای متفاوت در حذف فلزات سنگین شیرابه در pH ثابت و با دوزهای متفاوت (از صفر تا ۲۰۰ درصد دوز اولیه)، عمل جارتست انجام شد. آهک در دوز مصرفی ۲۴۰۰mg/l کارآیی خوبی در حذف آلاینده‌های شیرابه داشت و غلظت باقیماندهٔ کادمیوم، کروم، مس، روی و نیکل محلول در اغلب نمونه‌های آزمایش شده به ترتیب به کمتر از ۰/۱، ۰/۸، ۰/۷، ۱/۴ و ۱ میلیگرم در لیتر کاهش یافت که می‌توان غلظت ۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر آهک را غلظت بهینه عنوان نمود (نمودار ۴).

آلوم در غلظت مصرفی ۱۴۰۰ میلیگرم در لیتر و به علت تشکیل فلوک از نوع خوب کارآیی خوبی در حذف فلزات سنگین شیرابه داشت. غلظت ۱۴۰۰mg/l را می‌توان بعنوان دوز بهینه آلوم پیشنهاد کرد (نمودار ۵). در

www.SID.ir

Archive of SID

دوزهای بهینه، غلظت کادمیوم، کروم، مس، نیکل محلول به ترتیب به کمتر از ۰/۰۶، ۰/۰۵، ۰/۰۶، ۱/۲ و ۱ میلیگرم در لیتر رسید.

نتایج اثر دوزهای مختلف کلرورفریک بیانگر آن است که میزان حذف اغلب فلزهای مورد مطالعه در دوزهای مصرفی بیش از ۲۰۰۰ میلیگرم در لیتر روند نزولی دارد و در دوز مصرفی ۱۰۰۰mg/l بهترین کارآیی را خواهد داشت (نمودار ۶). با نتایج، می‌توان دوز مصرفی ۱۰۰۰mg/l کلرورفریک را بعنوان دوز بهینه عنوان کرد (نمودار ۶). غلظت باقیمانده کادمیوم، کروم، مس، روی و نیکل در اغلب نمونه‌های مورد آزمایش به ترتیب کمتر از ۰/۰۳، ۰/۷، ۱/۲، ۱/۸ و ۲ میلیگرم در لیتر کاهش یافتند.

بحث

در بین عناصر مورد مطالعه، کادمیوم با میانگین غلظت ۰/۶۳ میلیگرم در لیتر کمترین مقدار و روی با میانگین غلظت ۷/۴۲ میلیگرم در لیتر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. وجود مقادیر بالای روی به علت آن است که منابع روی در زباله بیش از کادمیوم می‌باشد. مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر، COD و TS شیرابه با استانداردهای خروجی فاضلاب (سازمان حفاظت از محیط زیست ایران) و استاندارد آب آبیاری EPA (سازمان حفاظت محیط زیست امریکا) نشان می‌دهد که غلظت آنها چندین برابر حد مجاز می‌باشد. بنابراین، شیرابه قبل از دفع یا مصرف باید بطریق مناسب تصفیه گردد، و از مصرف شیرابهٔ خام در مزارع کشاورزی یا دفع در چاههای جاذب یا دفع در رودخانه به علت اثرات بهداشتی- زیست محیطی عدیده خودداری گردد.

مقدار TS شیرابه زبالهٔ اصفهان در مقایسه با شیرابهٔ جاری شده از مرکز دفن زباله (که در اکثر مطالعات گزارش شده است) بسیار بالاست زیرا، شیرابهٔ مراکز دفن زباله از میان لایه‌های خاک زیر محل دفن عبور می‌کند و در نتیجه فیلتر می‌شود و جامدات آن کاهش می‌یابد، از طرفی شیرابهٔ تازه دارای pH اسیدی است و در نتیجه قدرت حلالیت زیادی دارد و باعث افزایش TS شیرابه می‌گردد (۹، ۱۰). علت اسیدی بودن شیرابه در ایستگاههای انتقال این است که زباله به مدت چند روز در منازل یا اماکن تولید نگهداری می‌شود و به علت وجود مواد آلی زیاد و رطوبت کافی و درجه حرارت مناسب، فرایندهای تجزیهٔ بیولوژیکی شروع می‌شود و pH شیرابه اسیدی می‌گردد.

بررسی pH بهینه. همانطوری که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود با افزایش pH و تشکیل هیدروکسیدهای فلزی نامحلول، فلزات سنگین رسوب می‌کنند. اغلب این فلزات در pH ۹ الی ۱۰ بصورت هیدروکسید رسوب می‌نمایند و بعد از این pH، حذف بعضی از آنها یا به مقدار اندکی افزایش می‌یابند که قابل توجه نیست و یا به دلیل کاهش رسوب پذیری هیدروکسیدهای فلزی و انحلال مجدد فلزات در pHهای بالا و همچنین ریز بودن فلوک، میزان حذف کاهش می‌یابد (۱۱). در pHهای ۹/۵ و ۱۰، بهترین نوع فلوک از نوع خوب با افزایش آهک تشکیل و به خوبی ته‌نشین می‌گردد ولی در pHهای ۷، ۱۰ و ۱۱، به علت ریز بودن فلوک، ته‌نشینی به سختی صورت می‌گیرد و کارآیی حذف کاهش می‌یابد. COD در pH معادل ۹/۵ بیشترین حذف (۲۵ درصد) را دارد که با افزایش pH از ۷ به ۹/۵ درصد حذف، روند صعودی دارد ولی مجدداً به علت ایجاد فلوکهای ریز که به سختی ته‌نشین می‌گردند، درصد حذف کاهش می‌یابد. علت حذف فلزات در اثر کاربرد آلوم و کلرورفریک، جذب سطحی (Adsorption)، ته‌نشینی (ترسیب) و ته‌نشینی همزمان (Coprecipitation) است (۶). فلوک آلوم در pH معادل ۶ تا ۷ دارای حداقل حلالیت است و در pHهای ۶ و ۶/۵ فلوک ایجاد شده از نوع خوب می‌باشد. بنابراین، فلوکهای آلوم در این دامنه pH، بهتر رسوب می‌نماید. اما در pHهای ۵، ۷ و ۸ نوع فلوک‌ها ریز و در pH معادل ۴ خیلی ریز می‌باشند که به سختی ته‌نشین می‌گردند و کارآیی کمتری دارند (۱۲).

فلوک کلرورفریک در pH قلیایی درشت‌تر از فلوک در pH اسیدی است. پس فلوکهای pH قلیایی راحتتر ته‌نشین می‌شوند و کارآیی حذف در pH قلیایی (بخصوص pH=۱۰) بیشتر است. اما بعد از pH= ۱۰ بدلیل ریز بودن فلوک که بسختی ته‌نشین می‌گردند، کارآیی حذف کاهش می‌یابد.

بررسی دوز بهینه. با افزایش دوز آهک به بیش از ۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر و به علت تشکیل فلوک‌های از نوع ریز، پایداری مجدد محلول و کاهش رسوب‌پذیری هیدروکسیدهای فلزی، درصد حذف افزایش زیادی ندارد و در مواردی کاهش می‌یابد. بهترین فلوک‌ها از نوع خوب در غلظتهای ۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر دوز مصرفی تشکیل و به آسانی ته‌نشین می‌شوند. در غلظتهای مصرفی مزبور کارآیی حذف نیز خوب می‌باشد. در غلظت بهینه (۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر) COD حدود ۲۵ درصد حذف می‌گردد.

در مطالعه مشابه بر روی شیرابهٔ محل دفن بااستفاده از آهک، غلظت آهک مصرفی ۱ تا ۱۵ گرم در لیتر گزارش شده است. آنها توانستند فلزات سنگین را۹۰ تا ۹۹ درصد و COD را ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهند (۴). لازم به ذکر است که شدت آلودگی شیرابهٔ مورد آزمایش آنان در مقایسه با شیرابهٔ تحقیق حاضر خیلی کمتر بوده است ولی یافته‌ها نزدیک هم می‌باشند. در مطالعه حاضر غلظت بهینه آهک ۲/۴ گرم در لیتر بدست آمد.

مصرف آلوم در دوزهای پایین (۳۵۰ و ۷۰۰ میلیگرم در لیتر) سبب ایجاد فلوک‌های ریز می‌شود همینطور، مصرف دوزهای بالا (۲۸۰۰ میلیگرم در لیتر) سبب ایجاد فلوک‌های ریز و پایداری مجدد محلول می‌گردد و درصد حذف کمتر از دوز بهینه (۱۴۰۰ میلیگرم در لیتر) می‌شود.

استفاده از کلرور فریک با دوز مصرفی ۱۰۰۰mg/l سبب تشکیل فلوک درشت‌تر و ته‌نشینی مناسب‌تر می‌گردد و کارآیی بهتری دارد. در غلظت کمتر و بیشتر از ۱۰۰۰mg/l بعلت ایجاد فلوک‌های ریزتر و پایداری مجدد ته‌نشینی بسختی صورت می‌گیرد و کارآیی کاهش می‌یابد. pH محلول در اثر کاربرد هر سه ماده منعقد کننده و بدلیل مصرف یون‌های هیدروکسیل کاهش می‌یابد (۱۳). غلظت باقیماندهٔ این عناصر در اثر کاربرد سه مادهٔ مذکور به کمتر از حد توصیه شدهٔ استانداردهای خروجی فاضلاب ایران

www.SID.ir

Archive of SID

می‌رسد (۱۴). کارآیی آلوم بهتر از بقیه می‌باشد.

در مطالعات قبلی بیان شده که کاربرد مواد منعقد کننده، نظیر آلوم و کلرورفریک به علت ایجاد یک سری یونهای فلزی چند ظرفیتی محلول در آب یک گیرندهٔ مؤثر فلزات سنگین هستند و بدین طریق سبب حذف فلزات سنگین می‌گردند. در این روش مقدار زیادی لجن تولید می‌شود (۳۵ کیلوگرم لجن به ازای هر متر مکعب شیرابه تصفیه شده) که باید به طریق مناسب دفع شوند (۴، ۱۵).

در این تحقیق با مصرف آهک، فلزات به مقدار ۷۰ تا ۸۸ درصد و COD به مقدار ۲۵ درصد و با مصرف آلوم، فلزات سنگین به مقدار ۷۵ تا ۹۰ درصد و COD به مقدار ۲۱ درصد و با مصرف کلرورفریک، فلزات سنگین به مقدار ۶۵ تا ۸۵ درصد و COD به مقدار ۲۷ درصد کاهش داده شدند. کاهش COD بر خلاف فلزات چندان قابل ملاحظه نبود زیرا COD بیانگر مواد آلی موجود در شیرابه می‌باشد (۱۲). نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که آلوم کارآیی بیشتری در کاهش فلزات سنگین شیرابه دارد و آهک و کلرورفریک به ترتیب در مرتبه بعدی قرار دارند. بنابراین آلوم را می‌توان بعنوان بهترین ماده منعقد کننده عنوان نمود. مقایسه اقتصادی نشان می‌دهد که آهک باصرفه‌تر از دو مادهٔ دیگر است و کلرورفریک و آلوم به ترتیب در اولویت بعدی قرار دارند.

مراجع

۱- عمرانی ق. مواد زائد جامد. جلد اول، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی ۱۳۷۰.

۲- گندمکار ا. اثر شیرابه و شیرابه کمپوست بر خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان ۱۳۷۵: ۲۴-۳۰.

3- Nicholas PC. Environmental engineering in process plant. 3rd Ed. New Yourk, Mc Graw-Hill Co. 1992; 143-168.

4- Amokrane A. Landfill leachates pretreatment by coagulation flocculation. Water Res 1997; 51 (11): 2775-2785.

5- Mcardle JL, Arozaena MM, Gallagher WE. Treatment of hazardous wastes leachate. New York, Mc Graw-Hill Co. 1988; 5-40.

6- Eckenflder W. Industrial water pollution control. New York, MC Graw-Hill 1989; 84-111.

7- AWWA, APHA. Standard methods for water and wastewater examination. 18th Ed. 1992.

8- ASTM, Vol.11,02,11,04. Ed. 1997.

9- Tchobanoglouse G. Integrated solid wastes management. MC Graw-Hill, New York 1993; 361-538.

10- Jensen DL, Christensen M. Collodial and dissolved metals in leachate from four Danish landfills. Water Res 1999; 33 (9): 2139-2147.

11- Peavy SH. Environmental engineering. New Yourk, MC Graw Hill 1985: 188-192

12- Ronald SS. Physical chemical trement of landfill leachat for metals removal. Water Res 1995; 29(1): 2376-2386.

13- Eckenflader WW. Development of design and operation criteria for wastewater treatment. USA 1981; 71-90.

۱۴- سازمان حفاظت از محیط زیست. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی. چاپ اول، تهران ۱۳۷۷، ۲۶-۳۷

15- Urase T. Effect of high concentration of organic and inorgnic matters in landfill leachate on treatment of heavy metals in very low concentration level. Water Sci Tech 1997; 36(12): 349-356.

www.SID.ir