

دکتر عبدالرحیم پرورش^۱، 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 آلاینده 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. نمونه برداری از شیرابه زباله تولیدی در ۴ ایستگاه انتقال زباله و کارخانه کمپوست اصفهان بصورت مخلوط و در ۱۰ نوبت انجام شد. در ابتدا کیفیت نمونه‌ها از نظر TS، COD، pH (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 کلورفریک به روش جارست استفاده شد. کلیه روشهای اندازه‌گیری براساس روشهای استاندارد انجام گرفت.

نتایج. میانگین غلظت فلزات سنگین شامل: کادمیوم، کروم، روی، مس و نیکل در شیرابه 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 نمونه برداری اختلاف نداشت ($P > 0/05$). pH بهینه برای ته نشینی شیمیایی این فلزات توسط آهک، آلوم، کلورفریک 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 ۱۰۰۰۰ 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 شیرابه زباله، بعنوان بهترین ماده منعقد کننده برای کاهش فلزات سنگین شیرابه می‌باشد و آهک با راندمان حذف ۷۰ تا ۸۸ درصد و کلورفریک با راندمان حذف ۶۵ تا ۸۵ درصد در اولویت بعدی قرار دارند. از نظر اقتصادی آهک باصرفه‌تر است و کلورفریک و آلوم به ترتیب در مرتبه بعدی قرار دارند.

● واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، شیرابه، زباله، تصفیه 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

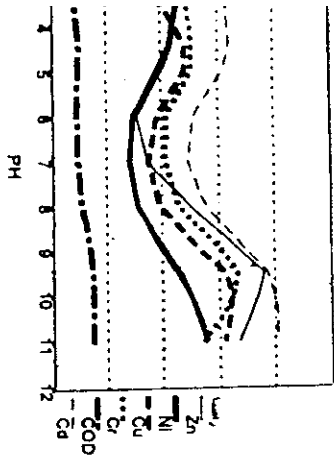
ترکیبات مواد زائد، شدت آلودگی شیرابه تولیدی آنها هم بالطبع افزایش می‌یابد (۱). پایداری فلزات در محیط زیست مشکلات ویژه‌ای را ایجاد می‌کند. فلزات سنگین نمی‌توانند مانند آلاینده‌های آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه شوند. یکی از پیامدهای مهم پایداری آنها، تغلیظ بیولوژیکی در زنجیره غذایی است که در نتیجه 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 جمع‌آوری 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 (۳). 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 شیرابه زباله را می‌توان به روشهای متفاوتی حذف نمود ولی در بین این روشها، روش رسوب دهی هیدروکسیدی با آهک و یا رسوب دهی شیمیایی با آلوم و یا کلورفریک بطور گسترده‌تر و زیادتر استفاده شده‌اند (۴، ۵). هیدروکسید کلسیم یا هیدروکسید سدیم به‌عنوان یک ماده 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 مجدد رسوب هیدروکسیدی، در راهبری فرآیند به ویژه کنترل pH باید بسیار دقت نمود (۶).

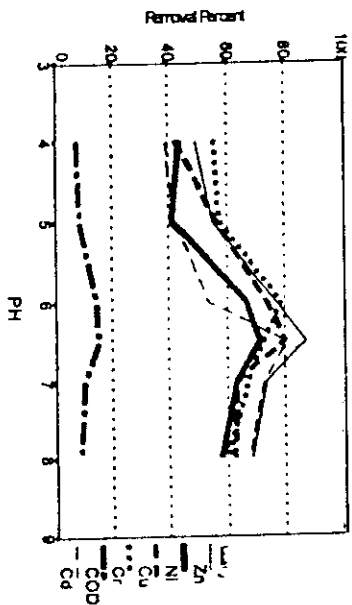
زباله‌های شهر اصفهان بعد از جمع‌آوری از منازل به ۴ ایستگاه انتقال واقع در ۴ نقطه شهر حمل می‌گردند و از آنجا به وسیله تریلرها به کارخانه کمپوست انتقال می‌یابند. در شهر اصفهان با تولید ۸۰۰ تن زباله در روز حدود چهل هزار لیتر شیرابه تولید می‌گردد. مقدار شیرابه در فصول گرم سال

* 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.

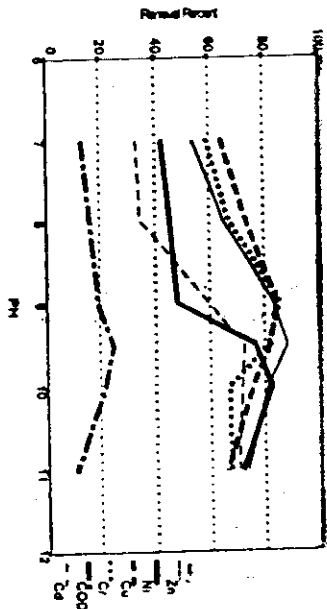
۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی استان اصفهان. اصفهان.



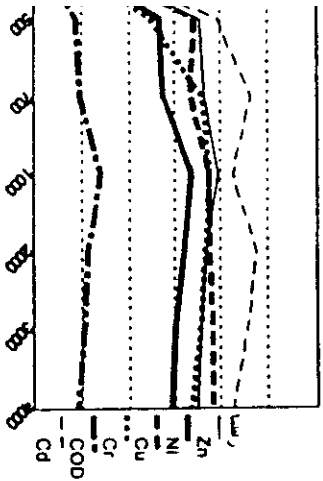
نمودار ۳. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش غلظت ثابت ۲۰۰۰ ppm



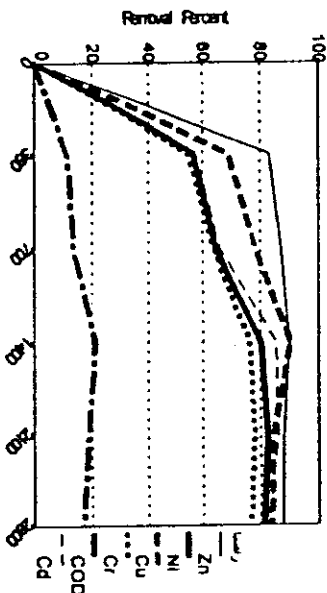
نمودار ۲. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش آلودگی با غلظت ثابت ۱۴۰۰ ppm



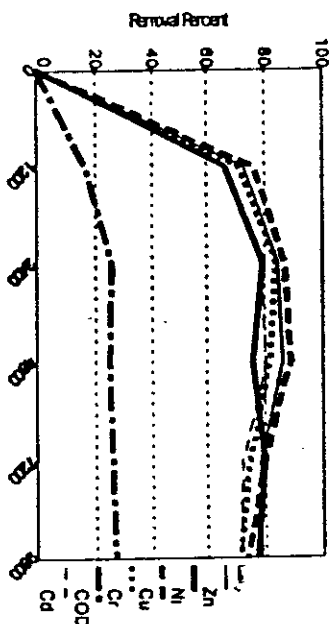
نمودار ۱. تأثیر تغییرات pH بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در اثر افزایش آلودگی با غلظت ثابت ۴۸۰۰ ppm



نمودار ۴. تأثیر تغییرات غلظت کلرور فریک بر روی کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله آه بهینه برابر ۱۰



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 آهن بر روی درصد کاهش کادمیوم، کروم، روی، نیکل و COD از شیرابه زباله اصفهان در pH بهینه برابر ۹/۵

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

ایستگاه	pH	COD	TS	TVS	TFS	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
الف	۴/۹۸	۲۸۵۶۲/۵	۳۸۸۱۵/۵	۲۲۵۹۵/۹	۱۶۲۱۹/۶	۰/۴۶	۱/۲۷	۱/۲۱	۵/۸۱	۲/۲۸
ب	۵/۲۲	۲۹۷۷۲/۷	۴۱۶۰۸	۲۶۰۰۵	۱۵۶۰۲	۰/۶۵	۱/۵۵	۲/۸۵	۷/۱۵	۲/۲
ج	۵/۲۱	۴۱۵۲۳/۲	۴۲۵۲۹/۲	۲۵۰۰۲/۲	۱۷۵۳۷	۰/۶۲	۱/۱۲	۲/۵۹	۱۰/۶۴	۲/۲۶
د	۵/۶۲	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	۱۵۲۴۱/۸	۰/۷۳	۰/۹۹	۲/۱۳	۷/۶۲	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

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 فزای (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 کلروفریک در حذف فلزات سنگین شیرابه به ترتیب در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ آمده است. چون دامنه 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 ته نشین گردید و بهترین کارایی 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 و ۷ عمل جارتست انجام شد که pH معادل ۶/۵ بعنوان pH بهینه بدست آمد (نمودار ۲).

کلروفریک در pHهای قلیایی ($pH > 8.5$) و اسیدی (۳/۵-۶/۵) 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 به عنوان pH بهینه کلروفریک 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 ۲۴۰۰ mg/l کارایی خوبی در حذف آلایندههای شیرابه داشت و غلظت باقیمانده 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 می توان 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 کارایی خوبی در حذف فلزات سنگین شیرابه داشت. غلظت ۱۴۰۰ mg/l را می توان بعنوان دوز بهینه آلوم پیشنهاد کرد (نمودار ۵). در

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

روشها

در این تحقیق از شیرابه زباله تولید شده در چهار ایستگاه انتقال زباله در سطح شهر اصفهان و کارخانه کود کمپوست بروش استاندارد نمونه برداری 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 Cr، Cd، Zn، Cu و Ni سنجش گردید. در مرحله بعد بمنظور کاهش فلزات سنگین با استفاده از آهک، آلوم و کلروفریک عمل انعقاد شیمیایی روی نمونهها انجام شد. در این مرحله طبق روش استاندارد جارتست، ابتدا در pHهای متفاوت و با دوزهای اولیه ۴۸۰۰ mg/l آهک و ۱۴۰۰ mg/l آلوم و ۲۰۰۰ mg/l کلروفریک، pH بهینه 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 بهینه 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 اندازه گیری شدند (۷، ۸). دادهها با استفاده از برنامه SPSS توسط آزمون آنالیز واریانس بررسی و مقایسه شدند.

دوزهای بهینه، غلظت کادمیوم، کروم، مس، نیکل محلول به ترتیب به کمتر از ۰/۰۰۰۶، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۲ و ۱ میلیگرم در لیتر رسید. نتایج اثر دوزهای متفاوت کلرورفریک بیانگر آن است که میزان حذف اغلب بار منتهی مورد مطالعه در دوزهای مصرفی بیش از ۲۰۰۰ میلیگرم در لیتر بود نیروی دارد و در دوز مصرفی ۱۰۰۰ mg/l بهترین کارایی را خواهد داشت (نمودار ۶). با نتایج، می توان دوز مصرفی ۱۰۰۰ mg/l کلرورفریک را بعنوان دوز بهینه عنوان کرد (نمودار ۶). غلظت باقیمانده کادمیوم، کروم، مس، روی و نیکل در اغلب نمونه های مورد آزمایش به ترتیب کمتر از ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۱ و ۲ میلیگرم در لیتر کاهش یافتند.

بحث

در بین عناصر مورد مطالعه، کادمیوم با میانگین غلظت ۰/۶۲ میلیگرم در لیتر کمترین مقدار و روی با میانگین غلظت ۷/۴۲ میلیگرم در لیتر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده اند. وجود مقادیر بالای روی به علت آن است که منابع روی در زباله بیش از کادمیوم می باشد. مقایسه 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 می دهد که غلظت آنها چندین برابر حد مجاز می باشد. بنابراین، شیرابه قبل از دفع یا مصرف باید بطریق مناسب تصفیه گردد، و از مصرف شیرابه خام در مزارع کشاورزی یا دفع در چاههای جذب یا دفع در رودخانه به علت اثرات بهداشتی- زیست محیطی عدیده خودداری گردد.

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

بررسی pH بهینه. همانطوری که در نمودار ۱ مشاهده می شود با افزایش pH و تشکیل هیدروکسیدهای فلزی نامحلول، فلزات سنگین رسوب می کنند. اغلب این فلزات در pH ۹ الی ۱۰ بصورت هیدروکسید رسوب می نمایند و بعد از این pH، حذف بعضی از آنها یا به مقدار اندکی افزایش می یابند که قابل توجه نیست و یا به دلیل کاهش رسوب پذیری هیدروکسیدهای فلزی و انحلال مجدد فلزات در pH های بالا و همچنین ریز بودن فلوک، میزان حذف کاهش می یابد (۱۱). در pH های ۹/۵ و ۱۰، بهترین نوع فلوک از نوع خوب با افزایش آهک تشکیل و به خوبی ته نشین

می گردد ولی در pH های ۷، ۱۰ و ۱۱، به علت ریز بودن فلوک، ته نشینی به سختی صورت می گیرد و کارایی حذف کاهش می یابد. 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 ته نشین می گردند، درصد حذف کاهش می یابد. علت حذف فلزات در اثر کاربرد آلوم و کلورفریک، جذب سطحی (Adsorption)، ته نشینی (ترسیب) و ته نشینی همزمان (Cocprecipitation) است (۶). فلوک آلوم در pH معادل ۶ تا ۷ دارای حداقل حلالیت است و در pH های ۶ و ۶/۵ فلوک ایجاد شده از نوع خوب می باشد. بنابراین، فلوکهای آلوم در این دامنه pH، بهتر رسوب می نماید. اما در pH های ۵، ۷ و ۸ نوع فلوکها ریز و در pH معادل ۴ خیلی ریز می باشند که به سختی ته نشین می گردند و کارایی کمتری دارند (۱۲).

فلوک کلورفریک در pH قلیایی درشت تر از فلوک در pH اسیدی است. پس فلوکهای pH قلیایی راحت تر ته نشین می شوند و کارایی حذف در pH قلیایی (بخصوص pH=۱۰) بیشتر است. اما بعد از pH=۱۰ بدلیل ریز بودن فلوک که به سختی ته نشین می گردند، کارایی حذف کاهش می یابد. 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 رسوب پذیری هیدروکسیدهای فلزی، درصد حذف افزایش زیادی ندارد و در مواردی کاهش می یابد. بهترین فلوکها از نوع خوب در غلظتهای ۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر دوز مصرفی تشکیل و به آسانی ته نشین می شوند. در غلظتهای مصرفی مزبور کارایی حذف نیز خوب می باشد. در غلظت بهینه (۲۴۰۰ میلیگرم در لیتر) COD حدود ۲۵ درصد حذف می گردد.

در مطالعه مشابه بر روی شیرابه محل دفن با استفاده از آهک، غلظت آهک مصرفی ۱ تا ۱۵ گرم در لیتر گزارش شده است. آنها توانستند فلزات سنگین را ۹۰ تا ۹۹ درصد و COD را ۲۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهند (۴). لازم به ذکر است که شدت آلودگی شیرابه مورد آزمایش آنان در مقایسه با شیرابه تحقیق حاضر خیلی کمتر بوده است ولی یافته ها نزدیک هم می باشند. 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 می شود همینطور، مصرف دوزهای بالا (۲۸۰۰ میلیگرم در لیتر) سبب ایجاد فلوکهای ریز و پایداری مجدد محلول می گردد و درصد حذف کمتر از دوز بهینه (۱۴۰۰ میلیگرم در لیتر) می شود.

استفاده از کلور فریک با دوز مصرفی ۱۰۰۰ mg/l سبب تشکیل فلوک درشت تر و ته نشینی مناسب تر می گردد و کارایی بهتری دارد. در غلظت کمتر و بیشتر از ۱۰۰۰ mg/l بعلا ایجاد فلوکهای ریزتر و پایداری مجدد ته نشینی سختی صورت می گیرد و کارایی کاهش می یابد. pH محلول در اثر کاربرد هر سه ماده منعقد کننده و بدلیل مصرف یونهای هیدروکسید کاهش می یابد (۱۳). غلظت باقیمانده این عناصر در اثر کاربرد سه ماده مذکور به کمتر از حد توصیه شده استانداردهای خروجی فاضلاب ایران

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 کارایی 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 با صرفه‌تر از دو ماده دیگر است و کلرورفریک و آلوم به ترتیب در اولویت بعدی قرار دارند.

می‌رسد (۱۴). کارایی 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 گیرنده 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

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 inorganic matters in landfill leachate on treatment of heavy metals in very low concentration level*. *Water Sci Tech* 1997; 36(12): 349-356.