

بررسی ویژگی‌های لجن تصفیه‌خانه آب و امکان سنجی کاربرد آن بر اساس استانداردهای زیست محیطی؛ مطالعه موردی تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی همدان

حمید پورمند*، دکتر مصطفی لیلی**، دکتر رضا شکوهی***، دکتر قربان عسگری***

دریافت: ۹۴/۸/۲ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۰

چکیده:

مقدمه و هدف: تصفیه آب در تصفیه‌خانه‌ها منجر به تولید حجم زیادی از انواع لجن‌ها می‌شود که جزء جامدات زائد محسوب شده و می‌بایستی جهت جلوگیری از اثرات زیست محیطی به شکل مناسب و منطقی مدیریت شوند. بهمین منظور این مطالعه با هدف تعیین ویژگی‌های لجن تصفیه‌خانه آب و امکان سنجی کاربرد آن بر اساس استانداردهای زیست محیطی؛ مطالعه موردی تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی همدان انجام گرفت.

روش کار: در این مطالعه مقطعی، نمونه‌برداری از لجن تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی طی یکسال و در فصول تابستان، پاییز و زمستان ۹۳ و بهار ۹۴ انجام گرفت. روش‌های نمونه‌برداری و انجام آزمایشات مطابق روش‌های استاندارد انجام شد.

نتایج: میانگین غلظت پارامترهای جامدات کل (TS)، جامدات معلق (TSS) و جامدات محلول (TDS) به ترتیب برابر ۲۱۰۴۲، ۲۰۱۲ و ۱۰۴۰ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده، بیشترین غلظت‌ها مربوط به فلزات سنگین آلومینیوم، آهن، منگنز و روی با مقادیر به ترتیب ۱۲۴۰، ۸۵۳، ۵۲۲ و ۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جامدات خشک می‌باشد. همچنین غلظت‌های اندازه‌گیری شده برای کادمیوم بیشتر از حد مجاز استاندارد جهت مصارف کشاورزی و تخلیه به محیط زیست می‌باشد و میانگین غلظت نیکل نیز بیشتر از استاندارد توصیه شده جهت مصارف کشاورزی، صنعتی و زمین پارک می‌باشد. ضمن اینکه غلظت‌ها در دوغاب لجن نسبت به لجن خشک شده بیشتر می‌باشد.

نتیجه نهایی: با توجه به نتایج حاصل از مطالعه می‌توان گفت که آلودگی به فلزات سنگین در نمونه‌های لجن دوغاب نسبت به لجن خشک شده بیشتر است. بنابراین، در صورت تخلیه به محیط زیست بهتر است که بصورت لجن خشک دفع شود. همچنین چون این لجن به طور معمول در محیط زیست دفع می‌شود، پیشنهاد می‌گردد به صورت معمول نمونه‌هایی جهت اندازه‌گیری فلزات سنگین و سایر پارامترهای مرتبط مورد آزمایش قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: تصفیه آب / فلزات سنگین / لجن

مقدمه:

بعنوان یک فرصت باشد (۳). بنابراین، با توجه به توسعه روز افزون تصفیه‌خانه‌های آب در کشور و تولید مقدار قابل توجهی لجن، ضروری است تمهیدات لازم برای مدیریت و یا استفاده از این محصول با ارزش در تصفیه‌خانه آب صورت پذیرد (۴). انتخاب روش تصفیه لجن و دفع آن براساس دو دیدگاه مسائل زیست محیطی و شرایط اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سال ۱۹۷۲ در بیشتر کشورها مواد زائد تصفیه آب را در زمره مواد زائد خطرناک قرار داده‌اند (۱،۲). در کشور ما در حال حاضر هیچگونه عملیات قابل ذکری به منظور تصفیه

رشد روز افزون جمعیت، افزایش تقاضای آب بهداشتی و نیاز به تأمین آب تصفیه شده برای افزایش سطح بهداشت جامعه و ارتقای استانداردهای کیفی آب خصوصاً در کدورت خروجی از تصفیه‌خانه‌ها، همچنین کاهش افت کیفی منابع در اثر مصرف بی‌رویه آب موجب حساسیت بیشتر در مدیریت و راهبری تصفیه‌خانه‌های آب شده است (۱،۲). امروزه با توسعه تصفیه‌خانه‌های آب، مدیریت لجن به یکی از مسائل مهم زیست محیطی تبدیل شده است که می‌تواند هم بعنوان یک تهدید و هم

* کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

** استادیار مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان (mostafa.leili@gmail.com)

*** دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

نمودند که کاربرد لجن در کشاورزی می‌تواند یک راه حل اقتصادی محسوب شود. هر چند که این مورد تنها وقتی قابل قبول خواهد بود که لجن حاوی مواد با ارزش بالا بوده و غلظت مواد خطرناک آن کمتر از مقدار مجاز باشد (۹).

لومبی و همکاران در سال ۲۰۱۰، اثر سمیت و قابلیت استفاده از رسوبات تصفیه‌خانه آب بر روی آلومینیوم، فسفر و مس خاک را بررسی نمودند. نتایج بدست آمده افزایش آلومینیوم، فسفر و مس خاک را نشان داد (۱۰).

بنابراین هدف از این مطالعه بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی لجن تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی همدان و امکان سنجی آن جهت مصارف گوناگون کشاورزی و صنعتی و همچنین تخلیه به آب‌های سطحی از لحاظ رعایت استانداردهای زیست محیطی می‌باشد.

روش کار:

این مطالعه توصیفی به مدت یکسال و در طی سه فصل تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴ انجام شد. نمونه‌های مورد نظر در طی این مدت در فواصل زمانی مشخص برداشت شده و تمام آزمایشات بر اساس روش‌های استاندارد انجام گرفت. نمونه‌ها در ظروف استریل برداشت و برای جلوگیری از تغییر وضعیت نمونه‌ها و حفظ شرایط واقعی تا انتقال به آزمایشگاه در شرایط مناسب از نظر درجه حرارت (۴-۰ درجه سانتی گراد) نگهداری شد. همچنین برخی پارامترها از جمله pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر پرتابل (مدل HANNA, Hi 1290) و کاغذ تورنسل در محل اندازه‌گیری شد (۱۱، ۱۲). به منظور بررسی کیفیت لجن، آزمایشات مربوط به پارامترهای جامدات کل (Total Solids; TS)، جامدات محلول (Total Suspended Solids; TDS)، جامدات معلق (Total Dissolve Solids; TSS)، pH آهن، منگنز، کادمیوم، کروم، مس، سرب، روی، نیکل، کبالت و آلومینیوم بر روی لجن خروجی از حوضچه‌های زلال‌ساز به منظور امکان‌سنجی جهت تخلیه به آب‌های سطحی، استفاده در کشاورزی و صنعت، بر اساس روش‌های موجود در استاندارد متد (۱۱) صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری جامدات از روش معرفی شده در روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب (۱۱) و برای تعیین غلظت فلزات سنگین از روش استخراج توسط اسید نیتریک و اسید کلریدریک استفاده شده و قرائت توسط دستگاه ICP-OES ساخت کشور استرالیا استفاده شد (۱۳). نمونه‌برداری به

باقیمانده‌های حاصل از تصفیه آب انجام نمی‌گیرد و این باقیمانده‌ها به محیط زیست اطراف تصفیه‌خانه و یا آب‌های سطحی تخلیه می‌شوند و تاکنون هیچ قانون مدونی که در مورد دفع لجن دستورالعمل‌های مشخص ارائه نماید، تدوین نشده است (۵، ۶). در کشورهای توسعه یافته باقیمانده حاصل از آب بعنوان ماده زائد خطرناک شناخته شده و تا حد امکان سعی می‌شود که با بازیافت دوباره از این باقیمانده در فرآیندهای دیگر به بهترین نحو استفاده شود و دفع به عنوان آخرین گزینه مطرح باشد (۵، ۶). استفاده در زمین، یکی از روشهای استفاده از لجن و از متداولترین روشهای موجود دفع در بسیاری از کشورها، اعم از توسعه یافته و در حال توسعه محسوب می‌شود و در طول دهه‌های گذشته، کاربرد لجن‌آب در کشاورزی تبدیل به یک امر معمول شده است. اما این روش استفاده باعث ایجاد نگرانی‌هایی شده است زیرا لجن حاصل از تصفیه‌خانه آب حاوی انواع متفاوتی از ترکیبات شامل ترکیبات شیمیایی و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌باشد که در صورت کاربرد غیر اصولی می‌تواند بهداشت و سلامت عمومی را تهدید کند (۴). با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات گسترده‌ای نیز در سرتاسر دنیا انجام گرفته و یا در حال انجام است. بعنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط اولگا کزینیویچ و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام گرفت امکان‌سنجی استفاده از لجن تصفیه‌خانه آب برای تولید محصولات سرامیکی در لیتوانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که از لجن‌های کلرید فریک بعنوان ماده رنگی طبیعی در ساخت محصولات سرامیکی و رنگ آمیزی آنها می‌توان استفاده کرد (۷). در مطالعه دیگری که توسط رودریگز و همکاران در سال ۲۰۰۹ در زمینه امکان‌سنجی استفاده از لجن‌های خشک شده حاصل از تصفیه‌خانه‌های آب از طریق اتمیزه کردن آن جهت استفاده بعنوان مواد اصلی جهت ساخت کالینکر در تولید سیمان انجام گرفت مشاهده شد که افزودن لجن به کالینکر سبب افزایش ارزش سوختی کالینکر به میزان ۷۰٪ نسبت به کالینکر اولیه می‌شود (۸). نواک و همکاران در سال ۲۰۰۴، مدیریت لجن در واحدهای کوچک تصفیه‌خانه آب و فاضلاب را بررسی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت لجن از جنبه طراحی و بهره‌برداری از واحدهای تصفیه‌خانه آب و فاضلاب اهمیت زیادی داشته و گزارش

مختلف و به صورت میانگین کل فصول نیز در جدول ۲ ارائه شده است. همانطوری که در این جدول مشاهده می‌شود بیشترین غلظت فلز سنگین برای کادمیوم در فصل بهار می‌باشد ولی میانگین غلظت سایر فلزات سنگین در فصل پاییز بیشتر از سایر فصول می‌باشد. در مقابل کمترین میانگین غلظت برای کادمیوم و منگنز در فصل پاییز و سایر عناصر در فصل زمستان بدست آمده است.

در جدول ۳ نیز مقادیر اندازه‌گیری شده فلزات با مقادیر استاندارد و مجاز ارائه شده توسط سازمانهای معتبر بین‌المللی مقایسه شده است. همانطور که در جدول قابل مشاهده است میانگین غلظت فلز کادمیوم و نیکل بالاتر از استانداردها جهت مصارف کشاورزی و تخلیه به محیط زیست می‌باشد. ضمن اینکه میانگین غلظت‌های اندازه‌گیری شده برای فلزات آلومینیوم، آهن، منگنز، کروم و مس زیاد بوده و احتمال فراتر رفتن آنها از حدود استانداردها وجود دارد. خاطر نشان می‌شود که بعلت نبود استانداردها یا حدود مجاز ملی برای فلزات اندازه‌گیری شده، از استانداردهای دیگر موجود در سایر کشورها جهت این مقایسه استفاده شد.

صورت لحظه‌ای ساده بوده و جمعاً ۱۲ بار نمونه‌برداری صورت گرفت و برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری، تمام آزمایش‌های مربوط به این مطالعه سه بار تکرار و نتایج به صورت میانگین گزارش شد. در پایان، داده‌های مورد نظر با استفاده از نرم افزار Excel و نرم‌افزار آماری SPSS (IBM® version 21, Chicago, IL, USA) و آزمون t-test در سطح ۵٪ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استانداردهای کانادا و اداره پایش خاک نیوجرسی مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج:

دامنه مقادیر و میانگین pH، جامدات کل، جامدات معلق و جامدات محلول نمونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. مطابق جدول، میانگین pH برابر ۶/۸۷، میانگین جامدات کل برابر با ۲۱۰۴۲، میانگین جامدات معلق ۲۰۰۱۲ و میانگین جامدات محلول برابر با ۱۰۴۰ می‌باشد. ضمن اینکه بیشترین و کمترین غلظت اندازه‌گیری شده برای جامدات به ترتیب در فصول تابستان و پاییز می‌باشد. میانگین و مقادیر غلظت عناصر سنگین برای فصول

جدول ۱: میانگین و دامنه غلظت برخی پارامترهای فیزیکی لجن طی فصول مختلف

کل (SD) انحراف معیار	بهار ۹۴			زمستان ۹۳			پاییز ۹۳			تابستان ۹۳		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
۲۱۰۴۲ (۳۶۰۷)	۲۵۲۹۳	۲۷۲۵۳	۲۳۸۹۰	۲۰۵۶۲	۲۱۶۵۵	۱۹۸۲۵	۱۶۲۵۰	۱۷۵۶۲	۱۴۸۱۰	۲۲۰۶۴	۲۳۶۴۲	۲۰۶۹۵
۲۰۰۱۲ (۳۶۰۲)	۲۴۳۳۴	۲۶۳۷۳	۲۲۸۵۵	۱۹۲۲۱	۲۰۳۰۰	۱۸۵۴۵	۱۵۳۴۵	۱۶۵۰۲	۱۴۰۷۰	۲۱۱۳۸	۲۲۷۰۲	۱۹۷۱۳
۱۰۴۰ (۲۰۹)	۹۹۵	۱۱۴۵	۸۸۰	۱۳۴۰	۱۳۸۵	۱۲۸۰	۸۹۷	۱۰۶۰	۷۴۰	۹۲۶	۹۸۲	۸۵۶
۶/۸۷ (۰/۲۵)	۷/۱۳	۷/۳	۶/۹	۶/۶۳	۶/۴	۶/۶۳	۶/۸۳	۶/۹	۶/۸	۶/۹	۷/۲	۶/۶

* غلظت‌ها بر حسب mg/L می‌باشد.

جدول ۲: میانگین و دامنه غلظت عناصر سنگین لجن طی فصول مختلف (بر حسب mg/kg.dry solid)

کل (SD) انحراف معیار	بهار ۹۴			زمستان ۹۳			پاییز ۹۳			تابستان ۹۳		
	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
۱۲۴۰ (۳۷۲)	۹۹۵/۳	۱۰۵۸	۹۴۵	۱۲۹۸	۱۳۵۰	۱۲۲۷	۱۷۷۶	۱۹۱۴	۱۶۶۳	۸۸۸	۱۰۳۲	۷۳۰
۱/۷۵ (۰/۲۸)	۲/۱۷	۲/۲۷	۲/۱۱	۱/۷۴	۱/۸۲	۱/۶۲	۱/۴۵	۱/۴۷	۱/۴۳	۱/۶۳	۱/۷۵	۱/۴۹
۳۶ (۱۰/۲)	۳۰/۳	۳۲	۲۹	۴۰	۴۲	۳۸	۵۰	۵۳	۴۶	۲۴/۳	۲۶	۲۲
۵۷ (۱۳/۲)	۷۵/۶	۸۵	۶۷	۵۰/۳	۵۳	۴۷	۴۷/۶	۵۱	۴۵	۵۲	۶۵	۴۴
۸۵۳ (۳۸۶)	۵۶۱	۶۰۴	۴۹۱	۱۰۲۵	۱۱۴۵	۹۲۲	۱۳۵۲	۱۵۶۹	۱۲۱۷	۴۷۳	۵۱۴	۳۹۳
۵۲۲ (۶۲)	۵۵۷	۵۶۹	۵۳۸	۴۵۴	۶۳۲	۴۸۸	۵۲۹	۶۱۱	۴۷۲	۴۵۸	۴۸۲	۴۳۶
۴۷ (۱۲/۳)	۳۹/۳	۴۳	۳۷	۵۲	۵۴	۵۰	۶۳	۶۸	۵۸	۳۴	۳۷	۲۹
۵/۱۹ (۲/۰۳)	۳/۸۳	۴/۰۲	۳/۷۲	۵/۸۵	۵/۹۸	۵/۱۵	۸/۱۳	۸/۸۵	۷/۳۴	۲/۵	۳/۹۳	۲/۵
۹۰ (۱۶/۳)	۸۸/۶	۹۷	۸۰	۱۰۶	۱۱۰	۹۹	۹۳/۶	۹۵	۹۲	۷۱	۱۸	۴۷
۱۱ (۳/۹)	۸/۶۸	۹/۴۹	۷/۹۳	۱۱/۲۸	۱۳	۱۱/۱۲	۱۶/۳	۱۷/۵	۱۵	۶/۷۵	۷/۶۸	۵/۶۷

جدول ۳: مقادیر مجاز فلزات سنگین در خاک بر اساس استانداردهای زیست‌محیطی (بر حسب mg/kg.dry solid)

	استاندارد کانادا (۳۲)						پایش خاک نیوجرسی (۳۱)					
	صنعتی		تجاری		اهداف مسکونی و زمین پارک		کشاورزی		اهداف مسکونی		اهداف غیرمسکونی	
	استاندارد	P	استاندارد	P	استاندارد	P	استاندارد	P	استاندارد	P	استاندارد	P
Cd	۲۲	۰/۰۰۰	۲۲	۰/۰۰۰	۱۰	۰/۰۰۰	۱/۴	۰/۰۰۱	۳۹	۰/۰۰۰	۳۹	۰/۰۰۰
Cr	۸۷	۰/۰۰۰	۸۷	۰/۰۰۰	۶۴	۰/۰۰۰	۶۴	۰/۰۰۰	۲۱۰	۰/۰۰۰	۴۷۰	۰/۰۰۰
Cu	۹۱	۰/۰۰۰	۹۱	۰/۰۰۰	۶۳	۰/۱۲۵ ^{n.s}	۶۳	۰/۱۲۵ ^{n.s}	۶۰۰	۰/۰۰۰	۶۰۰	۰/۰۰۰
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	۳۵۰۰	۰/۰۰۰	۴۳۰۰۰	۰/۰۰۰
Ni	۵۰	۰/۴۲۶ ^{n.s}	۵۰	۰/۴۲۶ ^{n.s}	۵۰	۰/۴۲۶ ^{n.s}	۵۰	۰/۴۲۶ ^{n.s}	۲۵۰	۰/۰۰۰	۲۴۰۰	۰/۰۰۰
Pb	۶۰۰	۰/۰۰۰	۲۶۰	۰/۰۰۰	۱۴۰	۰/۰۰۰	۷۰	۰/۰۰۰	۴۰۰	۰/۰۰۰	۶۰۰	۰/۰۰۰
Zn	۳۶۰	۰/۰۰۰	۳۶۰	۰/۰۰۰	۲۰۰	۰/۰۰۰	۲۰۰	۰/۰۰۰	۵۰۰	۰/۰۰۰	۱۵۰۰	۰/۰۰۰

بحث:

مقدار جامدات لجن از جنبه‌های مختلفی از جمله استفاده بعنوان کود، طراحی سیستم‌های آبیگری از لجن، طراحی و راهبری بسترهای لجن خشک‌کن و ... می‌تواند اهمیت داشته باشد (۱۴) لذا توجه به مقادیر آن نیز ضروری خواهد بود. همانطور که در نتایج مشاهده می‌شود، مقدار میانگین کل جامدات (TS)، جامدات معلق (TSS) و جامدات محلول (TDS) به ترتیب برابر ۲۱۰۴۲، ۲۰۰۱۲ و ۱۰۴۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و بیشترین میزان کل جامدات در فصل بهار (برابر ۲۷۲۵۳ میلی‌گرم بر لیتر) و کمترین مقدار نیز در فصل پاییز (با غلظت ۱۴۸۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) اندازه‌گیری شد. با توجه به داده‌های می‌توان نتیجه گرفت که بالا بودن جامدات کل در فصل بهار به دلیل نوسانات و افزایش بارندگی در این فصل از سال می‌باشد که سبب ورود حجم بیشتری از رواناب‌ها از خشکی به آب ورودی به تصفیه‌خانه می‌گردد که ذرات معلق و رسوبی و میزان زیادی از آلاینده‌ها را به همراه خود آورده و ته‌نشین می‌نماید. این محدوده غلظت‌ها در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. بعنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط فاضلی و همکاران انجام گرفت نیز مقدار میانگین جامدات معلق برابر ۱۹۲۸۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (۱۵). pH لجن یا فاضلاب نیز چه به لحاظ تخلیه به محیط زیست و چه به لحاظ کاربری برای اهداف مختلف می‌تواند اهمیت داشته باشد. pH لجن با اثر بر pH خاک، در جذب عناصر در خاک و گیاه مؤثر بوده و جمعیت میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. pH کمتر از ۶/۵ در آبشویی فلزات سنگین و قابلیت جذب آنها توسط گیاه مؤثر است

(۱۶). همانطوری که در نتایج مشاهده می‌شود مقادیر اندازه‌گیری شده برای pH در محدوده‌های مجاز جهت تخلیه پساب به جریان‌های پذیرنده و محیط زیست می‌باشد و اثر قابل توجهی بر خاک یا محیط‌های پذیرنده نمی‌تواند داشته باشد. در مطالعه‌ای که توسط احمدی و همکاران انجام شد مقدار میانگین جامدات معلق و محلول به ترتیب برابر با ۱۳۸۷۳ و ۳۰۸۱ بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و pH برابر با ۷/۶ اندازه‌گیری شد. مقایسه نتایج بدست آمده از این مطالعه با نتایج مطالعه احمدی و همکاران نشان داد که هر دو مطالعه از نظر پارمتر pH نزدیک به هم می‌باشند ولی میانگین جامدات معلق در مطالعه مذکور پایین تر می‌باشد (۱۷). در مطالعه دیگری که بر روی لجن تصفیه‌خانه آب انجام شد میانگین pH برابر با ۶/۴ اندازه‌گیری شد که نزدیک به میانگین pH اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر می‌باشد (۱۸).

همانطور که در نتایج این مطالعه مشاهده می‌شود غلظت فلزات سنگین در فصول مختلف متفاوت بوده و بر اساس آنالیز آماری انجام گرفته، این تغییرات برای بیشتر فلزات سنگین معنی‌دار بوده ولی برای فلزات سنگین مس و نیکل معنی‌دار نمی‌باشد. در زمینه اندازه‌گیری محتوای فلزات سنگین فاضلاب و لجن نیز مطالعات مختلفی در نقاط مختلف دنیا انجام گرفته است. بعنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط غالبی و همکاران در زمینه اندازه‌گیری محتوای کادمیم دوغاب و کیک لجن انجام گرفت میزان آلودگی کادمیم در نمونه‌های دوغاب و کیک لجن به ترتیب برابر ۲۰ و ۸ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (۱۹). در مطالعه دیگری که توسط فاضلی و همکاران انجام شد

مطالعه حاضر بیشتر ولی غلظت سایر عناصر کمتر از مطالعه احمدی و همکاران بود (۱۷). دلیل عدم تشابه در نتایج می‌تواند بدلیل تفاوت در ماهیت نمونه‌های لجن (۱۷) و همچنین تفاوت در شیوه مدیریت لجن، دفع و شیوه استفاده مجدد از لجن باشد (۲۱).

مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت فلزات سنگین با استاندارد کانادا و استاندارد اداره پایش خاک نیوجرسی نشان داد که مقادیر کادمیوم و نیکل طبق استاندارد کانادا بالاتر از حد مجاز تعیین شده برای مصارف کشاورزی می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً به ورود رواناب‌ها و حمل ذرات رسوبی حاوی این فلز به آب ورودی به تصفیه‌خانه باشد. در سایر مطالعات مثل مطالعه انجام گرفته توسط هلی و بارباریک در سال ۱۹۸۹ نیز به مشکلات عمومی وابسته به استفاده از لجن تصفیه‌خانه آب و احتمال حضور غلظت بالای فلزات سنگین از قبیل کادمیوم، مس، کروم، نیکل، سرب و روی اشاره شده است (۲۳). نکته‌ای که باید در اینجا خاطر نشان شود این است که هر چند برای آلومینیوم، آهن و منگنز موجود در لجن استاندارد برای کاربری کشاورزی یا دفع تعیین نشده است ولی با توجه به بالا بودن غلظت این عناصر در مقایسه با سایر فلزات و مشکلات مربوط به آنها که می‌توان به بیماری آلزایمر، ایجاد مشکلات تنفسی نظیر پنومونیت و خطر ابتلا به عفونت، ایجاد بیماری پارکینسون در انسان، کاهش رشد گیاه، کاهش پوشش گیاهی، کاهش حاصلخیزی خاک و متعاقباً فرسایش خاک و همچنین از بین رفتن گونه‌های تحمل‌ناپذیر و پدیده بیابان‌زایی، ایجاد حالت پارگی برگ‌ها در حاشیه پهنک، طولانی شدن زمان رسیدگی میوه‌ها و دانه‌ها، تغییر رنگ برگ‌های گیاه، نازک شدن برگ‌ها، خشک‌شدگی قسمتی از برگ‌ها، ایجاد حالت‌های فساد در گیاه، تغییر شکل گیاه، ایجاد لکه‌ها و خال‌ها بر روی برگ گیاه، تغییر در ابعاد قسمت‌های مختلف گیاه اشاره نمود (۲۴، ۲۵) می‌بایستی در دفع غلظت‌های بالای این فلزات سنگین سمی در محیط یا آب‌های پذیرنده یا کاربری آنها برای اهداف مختلف، ملاحظات مربوطه رعایت شود. همچنین، از آنجایی که یکی از روش‌های مدیریت زائدات مایع و نیمه‌جامد، دفع یا استفاده در سطح رویی خاک می‌باشد، لذا جهت استفاده از این روش بایستی به مقدار غلظت آلاینده‌ها در لجن و نرخ بارگذاری آلاینده‌های مورد نظر در زمین جهت جلوگیری از تجمع آن در خاک

غلظت کادمیم در لجن ۰/۰۴ تا ۰/۰۸ میلی گرم بر لیتر گزارش گردید (۱۵). همانطوری که ملاحظه می‌شود غلظت‌های اندازه‌گیری شده کادمیم در مطالعه حاضر که به طور میانگین ۰/۰۳۸ میلی گرم بر لیتر (معادل ۱/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم جامدات خشک لجن) می‌باشد نیز در محدوده مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین می‌باشد. در مطالعه انجام گرفته توسط غالبی، کادمیم و منگنز بعنوان شاخص فلزات سنگین سمی اندازه‌گیری شدند که نتایج حاکی از بالا بودن غلظت آنها در لجن بود. نکته دیگر اینکه مقادیر غلظت‌ها در نمونه‌های خشک لجن نسبت به دوغاب مقادیر بیشتری گزارش شده است که علت آن می‌تواند ناشی از نشت فلزات سنگین به زمین در طی فرایند خشک شدن و در نتیجه کاهش غلظت‌های آن در حالت خشک باشد (۱۹). نتایج حاصل از این مطالعه که بر اساس لجن خشک بود نیز با مطالعه غالبی و همکاران بر اساس لجن خشک چنین روندی را نشان داد. در مورد غلظت‌های اندازه‌گیری شده آهن نتایج حاصل با مقادیر گزارش شده توسط غالبی و همکاران همخوانی نداشت. حکیمی و همکاران در سال ۱۳۹۳ مطالعه‌ای جهت استفاده مجدد از لجن خشک برای تولید آجر انجام دادند. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه حکیمی و همکاران مطابقت دارد هر چند که غلظت پارامترهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه بیشتر از مقادیر گزارش شده در مطالعه حکیمی و همکاران می‌باشد (۲۰).

همچنین با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود که از لحاظ مقادیر غلظت‌های اندازه‌گیری شده، توالی غلظت فلزات مطالعه شده بصورت $Al > Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Cr > Co > Pb > Cd$ می‌باشد. بدیهی است که دلیل بالاتر بودن غلظت آلومنیوم نسبت به بقیه فلزات سنگین آن است که از آلوم بعنوان منعقدکننده جهت تصفیه آب و حذف کدورت در تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی استفاده می‌شود. فلزات سنگین آهن و منگنز نیز بعد از آلومنیوم، بیشترین غلظت را داشتند بطوریکه بیشترین غلظت این فلزات بترتیب در فصل پاییز و زمستان می‌باشد. دلیل افزایش غلظت فلزات در این فصول می‌تواند بارش فراوان نزولات جوی و نشت این عناصر از خاک توسط رواناب‌ها و در نهایت ورود آنها به آب‌های سطحی باشد (۲۱). مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج مطالعه احمدی و همکاران نشان داد که غلظت کبالت در

سنگین در محیط، غلظت برخی از آنها در این مطالعه مورد اندازه‌گیری قرار گرفته و با استانداردهای موجود مقایسه شدند. نتایج نشان داد که جهت استفاده از لجن برای مصارف کشاورزی، زمین پارک، استفاده صنعتی و تجاری، مقدار کادمیوم و نیکل بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست کانادا می‌باشد (در حال حاضر در کشور ما استاندارد جهت مقایسه وجود ندارد) و بدون انجام پردازش مناسب، امکان استفاده از آن وجود ندارد. نتیجه‌ی دیگر اینکه آلودگی به فلزات سنگین در نمونه‌های لجن دوغاب نسبت به لجن خشک شده بیشتر است. بنابراین، در صورت تخلیه به محیط زیست بهتر است که بصورت لجن خشک دفع شود. هرچند که لجن خشک شده نیز حاوی مقادیر بالای فلزاتی نظیر آلومینیوم، آهن و منگنز بوده و حتی غلظت فلزاتی نظیر کادمیوم و نیکل بالاتر از حد استاندارد تخلیه به محیط زیست می‌باشد، پس جهت استفاده از لجن خشک شده بعنوان کود در کشاورزی نیز بایستی ملاحظات کافی صورت بگیرد. با توجه به اینکه به‌طور معمول این لجن در محیط زیست دفع می‌شود، پیشنهاد می‌گردد به صورت معمول نمونه‌هایی جهت اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین و سایر پارامترهای مرتبط مورد آزمایش قرار گیرند. همچنین با توجه به درصد مناسب آهن، استفاده از لجن خشک شده می‌تواند بعنوان ماده خام در صنعت تولید سیمان و آجر مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری:

از حمایت‌های مادی و معنوی شرکت آب و فاضلاب استان همدان، دانشگاه علوم پزشکی همدان و همکاری مدیریت محترم تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی جناب آقای مهندس زیبازاده و همچنین از زحمات و همکاری صمیمانه مسئول محترم آزمایشگاه دانشکده بهداشت جناب آقای مهندس ذوالقدر تشکر و قدردانی می‌گردد. ضمناً یادآور می‌شود که نتایج این مطالعه با منافع نویسندگان در تعارض نمی‌باشد.

References

1. Doe P. Water treatment plant waste management. New York: McGraw-Hill, 1990: 1190-1194.
2. Rose JB, Dickson LJ, Farrah SR, Carnahan RP. Removal of pathogenic and indicator micro-organisms by a full-scale water reclamation facility. Water Res 1996;30(11):2785-97.
3. Spinosa L. Sludge management. Current

توجه شود. این روش یک روش نسبتاً ساده است که با استفاده از فرایندهای طبیعی برای بازیافت زائدات و بهبود ساختار خاک استفاده می‌شود (۲۶). با توجه به اینکه از لجن حاصل از تصفیه‌خانه‌های آب یا فاضلاب می‌توان برای اهداف صنعتی نیز استفاده کرد لذا در این مورد نیز باید به جنبه‌های ذکر شده توجه نمود. بعنوان مثال، مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۵ با استفاده از لجن حاصل از تصفیه آب برای پس تصفیه نهایی پساب راکتور UASB تصفیه فاضلاب شهری انجام شد (۱۸). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که لجن می‌تواند در فرایندهای تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار بگیرد. در مطالعه دیگری، محلول شیرابه حاصل از باقیمانده‌های سوزانده شده لجن نساجی جهت بررسی تأثیر منعقد کننده‌ها بر روی تصفیه فاضلاب نساجی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میتوان از آن به عنوان عامل مؤثر بر انعقاد در تصفیه فاضلاب نساجی استفاده کرد (۲۷). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که پیش تصفیه لجن دباغی با استفاده از ترکیبی از باقیمانده حاصل از لجن سوزانده شده دباغی و پلی آکریلامید کاتیونی می‌تواند سبب آگیری بهتر لجن نسبت به پلی آکریلامید کاتیونی به تنهایی شود (۲۸). از موارد دیگر استفاده لجن می‌توان به تبدیل لجن حاوی غلظت بالای فلزات سنگین و مواد شیمیایی سمی به روغن و چربی با استفاده از فرایند پیرولیز اشاره کرد (۲۹). گزینه نهایی برای دفع لجنی که قابل استفاده مجدد نمی‌باشد، دفن بهداشتی می‌باشد. ولی از آنجاییکه لجن معمولاً حاوی مواد سمی می‌باشد که می‌تواند سبب آلودگی آبهای زیرزمینی شود، بنابراین لازم است که محل‌های دفن بوسیله مواد پوششی مانند خاک رس و مواد پلاستیکی محافظت شود.

نتیجه نهایی:

در این مطالعه برخی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و مهم لجن تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی همدان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اهمیت بهداشتی فلزات

- questions and future prospects. proceedings of the iwa specialist conference on facing sludge diversities: challenges, risks, and opportunities; 2007.
4. Ulfing K. Influence of peptone, ammonia water and urea supplements on keratinolytic and associated non-keratinolytic fungi in sewage sludge. International biodeterioration & biode-

- gradation. 2007;59(1):62-8.
5. Drmdarbhrrh operation of water treatment plants. he country's water and sewage. 2000.
 6. Akhtyarzadh Z. Drtsfyh house water sludge management in Tehran. 2002.
 7. Kizinievič O, Žurauskienė R, Kizinievič V, Žurauskas R. Utilisation of sludge waste from water treatment for ceramic products. *Constr Build Mater* 2013; 41: 464-73.
 8. Husillos Rodríguez N, Martínez-Ramírez S, Blanco-Varela M, Guillem M, Puig J, Larrotcha E, et al. Evaluation of spray-dried sludge from drinking water treatment plants as a prime material for clinker manufacture. *Cement Concrete Comp* 2011;33(2):267-75.
 9. Nowak O, Kuehn V, Zessner M. Sludge management of small water and wastewater treatment plants. *Water Sci Technol* 2004;48(11):33-41.
 10. Lombi E, Stevens D, McLaughlin MJ. Effect of water treatment residuals on soil phosphorus, copper and aluminium availability and toxicity. *Environ poll* 2010;158(6):2110-6.
 11. Eaton AD, Clesceri LS, Greenberg AE. Standard methods for the examination of water and wastewater Am Public Health Assoc Washington, DC. 2005:20001-3710.
 12. LaConde K, Schmidt C, Lam H, Boston T, Dong T. Process design manual for land application of municipal sludge. environmental protection agency report EPA-625/1-83-016, October 1983 410 p, 53 Fig, 125 Tab, 398 Ref, 5 Append. 1983.
 13. Baker DE, Amacher MC. Nickel, copper, zinc and cadmium. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds). *Methods of soil analysis, Part 2: chemical and microbiological properties*, 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. 1996: 323-334.
 14. George T, Burton FL, David SH. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy. 4th ed: McGraw-Hill, 2003:1848.
 15. Fazeli M, Soltani Sarvestani MR. The feasibility assessment of reusing of residues from dewatering of water treatment plant sludge to use in agriculture and for irrigation of green fields, case study: Tehran water treatment plants No. 3 and 4. 2nd Conference on Water Resources Management, Tehran, Iran, 2006. COI code: WRM02_234.
 16. Gerba CP, Smith JE. Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes. *J Environ Qual* 2005; 34(1): 42-8.
 17. Ahmadi M, Bohlool F, Babaei A-A, Teymouri P. Characteristics and disposal options of sludge from a steel mill wastewater treatment plant. *J Adv Environ Health Res* 2014;1(2):112-9.
 18. Nair AT, Ahammed MM. The reuse of water treatment sludge as a coagulant for post-treatment of UASB reactor treating urban waste water. *J Clean Produc* 2015;96:272-81.
 19. Ghalebi M, Ahmadi Moghaddam M, Jafar Zadeh N, Alavi N. The assessment of Fajr Petrochemical Company water treatment plant sludge quality and provide suitable solutions for disposal in accordance with environmental standards. International Conference on Water and Wastewater, National Water & Wastewater Engineering Company. Tehran, Iran, 2011. COI code: ICWW01_036.
 20. Hakimi B, Ganji Doost H, Mokhtarani N. Investigating the Possibility of Using Water Treatment Plant Sludge in Brick Making. *Journal of Water and Wastewater*. 2014; 25(4):59-65.
 21. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. *MWH's Water Treatment: Principles and Design*: Wiley; 2012.
 22. Mantis I, Voutsas D, Samara C. Assessment of the environmental hazard from municipal and industrial wastewater treatment sludge by employing chemical and biological methods. *Ecotoxicol Environ Safety* 2005;62(3):397-407.
 23. Heli DM, K.A. Barbarick. water treatment sludge influence on the growth of sorghum-sudsngrass. *J Environ Qual* 1989;18:192-298.
 24. Lombi E, Zhao F, Dunham S, McGrath S. Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils. *J Environ Qual* 2001;30(6):1919-26.
 25. Robinson B, Brooks R, Howes A, Kirkman J, Gregg P. The potential of the high-biomass nickel hyperaccumulator *Berkheya coddii* for phytoremediation and phytomining. *J Geochem Explor* 1997;60(2):115-26.
 26. Pathak A, Dastidar M, Sreekrishnan T. Bioleaching of heavy metals from sewage sludge: a review. *J Environ Manag* 2009;90(8): 2343-53.
 27. Huang M, Chen L, Chen D, Zhou S. Characteristics and aluminum reuse of textile sludge incineration residues after acidification. *J Environ Sci* 2011;23(12):1999-2004.
 28. Ning X-a, Luo H, Liang X, Lin M, Liang X. Effects of tannery sludge incineration slag pretreatment on sludge dewaterability. *Chem Eng J* 2013;221:1-7.
 29. Ho G. International sourcebook on environmentally sound technologies for wastewater and stormwater management. Technical Publication, 2002;15.
 30. CCME. (Canadian Council of Ministers of the Environment), Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health. Update 2001, update 2002, update 2004. 1999.
 31. NJEDP. Soil cleans up criteria, NEW Jersey: Department of environmental protection proposed clean up standards for contaminated sites. NJAC. 1996;7:26D.

Original Article

The Assessment of Water Treatment Plant Sludge Properties and the Feasibility of Its Re-use according to Environmental Standards: Shahid Beheshti Water Treatment Plant Case Study, Hamadan

H. Pourmand, M.Sc. ^{*} ; M. Leili, Ph.D. ^{**} ; R. Shokouhi, Ph.D. ^{***} ; Gh. Asgari, Ph.D. ^{***}

Received: 24.10.2015

Accepted: 29.2.2016

Abstract

Introduction & Objectives: Water treatment leads to produce large volumes of sludges in water treatment plants which are considered as solid waste, and should be managed appropriately and logically to avoid bioenvironmental effects.

Materials & Methods: In this cross-sectional study, the required samples were taken from the sludge of Shahid Beheshti water treatment plant to assay physical and chemical characteristics during one year from summer, autumn and winter 93 until spring 94. Sampling and testing procedures were full fit according to standard methods.

Results: The average concentration of total solids parameters (TSS), total suspended solids (TSS), and total dissolved solids (TDS) were 22346, 21350 and 1005 mg/L, respectively. Among the heavy metals, aluminum, iron, manganese and zinc have the highest concentrations with the values of 1400, 956, 588 and 100 mg per kg of dry solids, respectively. The measured concentrations for cadmium were also higher than the permissible limits for agricultural purposes and discharges into the environment. The average concentrations of nickel were more than the recommended standard for industrial, agricultural and parkland application purposes. The concentrations were also slurry higher than the dry sludge.

Conclusion: According to the past studies and results of this study, it could be concluded that contamination of heavy metals in sludge and slurry samples are more than dried sludge. Therefore, if they are discharged into the environment, it is better to be disposed as dry sludges. Furthermore, because these types of waste sludges are routinely disposed in the environment, it is recommended to take the routine samples in order to measure the heavy metals and other relevant parameters contents of sludge before discharging it.

(Sci J Hamadan Univ Med Sci 2016; 23 (1):57-64)

Keywords: Heavy Metals / Sludge / Water Treatment

^{*} M.Sc. in Environmental Health, Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran.

^{**} Assistant Professor of Environmental Health, Research Center for Health Sciences

Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran. (mostafa.leili@gmail.com)

^{***} Associate Professor, Department of Environmental Health, School of Health

Hamadan University of Medical Sciences & Health Services, Hamadan, Iran.