مقاله اصیل پژوهشی

بررسی غلظت فلزات سنگین در پساب و لجن کارخانه کاشی‌سازی شهر بیرجند در سال ۱۳۸۹

محمدحامدحسینی[۱]، مریم خدادادی[۲]، حدیقه درّی[۳]

چکیده

زمینه و هدف: فاضلاب کارخانجات کانی غیرفلزی چون: کاشی و سرامیک، حاوی مقادیر زیادی از فلزات سنگین و مواد معدنی می‌باشند که می‌توانند مشکلاتی چون: آلودگی آب‌های زیرزمینی و محیطزیست را سبب شوند. فلزات سنگین موجود در لجن دفع‌شده در محیطزیست به میزانی بیش از حدود مجاز، مشکلاتی را برای آن ایجاد می‌کند؛ لذا این پژوهش با هدف بررسی غلظت آلودگی فلزات سنگین در پساب و لجن یک کارخانه کاشی‌سازی بیرجند انجام شد.

روش تحقیق: در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، از حوضچه‌های حاوی پساب و لجن خروجی کارخانه، مجموعاً تعداد ۳۶ نمونه (۱۸ نمونه پساب و ۱۸نمونه لجن)، در خرداد ماه ۱۳۸۹ برداشته شد. تجریه و تحلیل فلزات سنگین در نمونه‌ها، بر اساس روش‌های ذکرشده در استاندارد متد (۳۰۱۰) انجام گردید.

یافته‌ها: در نمونه‌های پساب گرفته‌شده از حوضچه‌های ته‌نشینی کارخانه، میانگین غلظت روی، کادمیوم، کروم و سرب به ترتیب: ۰/۲۳۵±۰/۱۳۵، ۰/۰۲۲±۰/۲۱، صفر و ۰/۰۱۷±۰/۰۶۴ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد که غلظت این عناصر در تمام نمونه‌های تهیه‌شده از پساب شش حوضچه ته‌نشینی کارخانه، کمتر از حدود مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران بود. در نمونه‌های گرفته‌شده از لجن حوضچه‌های ته‌نشینی، میانگین غلظت روی، کادمیوم، کروم و سرب به ترتیب: ۲۷۸/۱۵±۳۱۶۰/۰۰، ۳۵۲/۹۵±۱۴۹۳/۵۲، ۱۷/۵۵±۲۲/۱۸ و ۷۳۷/۵±۱۱۳۹/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که میانگین غلظت Cd و Zn کمتر و میانگین غلظت عناصر Pb و Cr بیشتر از حدّ مجاز استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا (EPA) برای کاربرد لجن در زمین بود.

نتیجه‌گیری: مقدار فلزات سنگین در فاضلاب کارخانجات کاشی و سرامیک‌سازی، بالاتر از استانداردهای زیست‌محیطی است که نیازمند نظارت‌های لازم از طرف نهادهای نظارتی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، پساب، لجن،کاشی‌سازی

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۳۹۲؛ ۲۰ (۱): ۸۵-۹۳.

دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۰۴ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۴

[۱] مربی، عضو مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

[۲] نویسنده مسؤول، مربی، عضو مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.
آدرس: بیرجند- خیابان غفاری- دانشگاه علوم پزشکی بیرجند- دانشکده بهداشت
تلفن:۰۵۶۴۸۸۲۵۴۶۱ نمابر: ۰۵۶۱۴۴۴۰۱۷۷ پست الکترونیکی: maryam.khodadadi@gmail.com

[۳] کارشناس شیمی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

مقدمه

امروزه در اثر توسعه صنایع و ورود پساب‌های کارخانجات صنعتی به محیط، اکوسیستم اطراف کارخانه‌ها و آب‌های سطحی و زیرزمینی، در خطر آلودگی می‌باشند که این امر هم در کوتاه‌مدت و هم در درازمدت، اثرات زیان‌باری بر روی موجودات زنده خاک و همچنین گیاهان و جانوران این مناطق، از خود بر جای می‌گذارد (۱).

فلزات سنگین، از جمله رایج‌ترین آلاینده‌هایی هستند که معمولاً در غلظت‌های بالا، در فاضلاب صنایع یافت می‌شوند و موجب آسیب به محیط‌های آبی و به مخاطره‌افتادن سلامت موجودات زنده به خصوص انسان می‌گردند (۲، ۳).

در جوامع صنعتی کنونی، راهی برای دوری از فلزات سنگین وجودندارد؛ به طور مثال، در آمریکا هر ساله هزاران تن پساب کارخانجات حاوی فلزات سنگین، باعث انتشار آرسنیک، روی، کادمیوم، نیکل و غیره در خاک شده و سپس وارد زنجیره غذایی انسان می‌گردند. اگرچه برخی فلزات سنگین مانند Zn، نقش بسیار مهمی در عملکرد فیزیولوژیکی بافت‌های زنده و تنظیم بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی دارند، اما این فلز سنگین و سایر فلزات، در صورتی‌که در غلظت‌های زیاد، از طریق فاضلاب صنایع یا معادن وارد خاک و در نتیجه زنجیره غذایی انسان شوند، اثرات سمّی و تجمع‌پذیری بیولوژیکی بر انسان و موجودات آبزی دارند؛ به عنوان مثال، آلودگی آب رودخانه‌ای در ژاپن به متیل‌مرکوری، سبب شیوع بیماری ایتای- ایتای گردید (۴، ۵). بیماری‌های ناشی از قرارگیری در معرض فلز سنگین نیکل شامل: سرطان پوست، سرطان ریه، درماتیت، آسم و برونشیت می‌باشد. کادمیوم، وقتی توسط گل و لای خاک جذب شود، می‌تواند مسافت زیادی را طی کرده و سبب آلودگی خاک و آب‌های سطحی گردد و اثرات سوء آن بر انسان شامل:فشار خون بالا، بیماری‌های کبد و صدمات مغزی- نخاعی می‌باشد (۶).

اکثر کارخانجات تولیدکننده فاضلاب صنعتی حاوی فلزات سنگین، فاقد سیستم‌های تصفیه هستند و روزانه مقادیر فراوانی فاضلاب صنعتی را وارد محیط زیست و یا شبکه فاضلاب شهری می‌کنند که باعث آلودگی منابع آبی می‌شود. در مطالعه انجام‌شده در سه منطقه صنعتی پاکستان، مشخص شده است که در پساب صنایع این سه منطقه، غلظت سرب و آرسنیک در کلیه نمونه‌ها بین ۰/۰۴ تا ۰/۹۴۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده و از این پساب در پنج دهه اخیر، برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می‌شده است که با ورود این فلزات سنگین به زنجیره غذایی، سلامت انسان و محیط زیست در این مناطق، در معرض خطر می‌باشد (۷).

همچنین در مطالعه‌ای در مناطق صنعتی شهر کراچی پاکستان، از۲۱۶ نمونه گرفته‌شده، ۱۸۷ نمونه دارای سرب بیش از حدود مجاز توصیه‌شده از طرف سازمان بهداشت جهانی بوده است. میزان کروم آب‌های زیرزمینی این منطقه نیز از میزان آن در آب‌های سطحی منطقه بالاتر بوده است. میزان کروم آب در مناطق صنعتی کراچی نسبت به شهر کراچی بالاتر بوده است (۸). در بررسی انجام‌شده در آب‌های سطحی منطقه جنوب غرب داکادر بنگلادش نیز میانگین غلظت فلزات سنگین بسیار بالاتر از حدود مجاز توصیه‌شده دولتی بوده است که می‌تواند ناشی از فاضلاب دفع‌شده صنایع دباغی و تولید رنگ منطقه باشد (۹).

در مطالعه‌ای که توسط Singh و همکاران در زمینه ارزیابی اثرات بهداشتی ناشی از آبیاری محصولات کشاورزی با فاضلاب در هندوستان انجام شده است، میزان فلزات سنگین در نمونه‌های سبزیجات و غلات آبیاری‌شده با فاضلاب، بالاتر از حدّ استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استانداردهای منطقه‌ای بوده است؛ در صورتی که میزان این فلزات در نمونه‌هایی که با آب پاک، آبیاری شده بودند، از حدود مجاز بالاتر نبوده است؛ همچنین در نمونه‌های شیر تهیه‌شده از دام‌هایی که با محصولات کشاورزی آلوده تغذیه شده بودند، میزان فلزات سنگین از حدود مجاز بالاتر نبوده است (۱۰).

در نتیجه عدم حذف این فلزات از فاضلاب‌های صنعتی و

ورود آن به منابع آبی و محیط زیست، علاوه بر اثرات زیست‌محیطی برای اکوسیستم، عوارض مختلفی نیز برای انسان دارد. یکی از اساسی‌ترین مسائل در رابطه با فلزات سنگین، عدم متابولیزه‌شدن آنها در بدن می‌باشد. در واقع فلزات سنگین، پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نمی‌شوند، بلکه در بافت‌هایی مثل: بافت چربی، عضلات و استخوان‌ها، رسوب کرده و انباشته می‌شوند که همین امر، موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. به طور عام، فلزات سنگین، سم‌های سیستمیک بوده و با اثر اختصاصی بر روی اعصاب، کلیه، جنین و سرطان‌زایی، می‌توانند سبب مرگ و میر شوند. فلزات سنگین، با ایجاد اختلال در سیستم ذهنی و عصبی بدن و تحت تأثیر قراردادن نوروترانس‌میتورها و همچنین اثرات قلبی و عروقی و اثر بر روی سیستم ایمنی و تولیدمثل، رفتار انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اثرات سرطان‌زایی کروم شش‌ظرفیتی در انسان و حیوانات گزارش شده است (۱۱، ۱۲).

در سال‌های اخیر، روش‌های زیادی برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب صنعتی توسعه یافته است که مهمترین این تکنولوژی‌ها شامل کواگولاسیون/ فلوکولاسیون، ترسیب شیمیایی، اکسیداسیون- احیای شیمیایی، اسمز معکوس، الکترودیالیز، فرایندهای الکتروشیمیایی و استفاده از جاذب‌های مختلف می‌باشد (۴، ۵). مهمترین روش‌های شیمیایی حذف فلزات سنگین از لجن شامل: روش‌هایی از قبیل استخراج با EDTA (اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید) و سپس تصفیه اسیدی، استخراج با استفاده از روش‌های بیولوژیکی با استفاده از باکتری‌هایی مثل: تیوباسیلوس فرواکسیدانس و تیوباسیلوس تیواکسیدانس می‌باشد که هزینه این روش، ۸۰٪ کمتر از روش‌های شیمیایی است. با کاربرد این روش، بیش از ۸۰٪ غلظت اولیه فلزات سنگین Zn، Mn، Cd و Ni موجود در لجن، بعد از گذشت ۸- ۱۰ روز کاهش می‌یابد و درصد حذف فلزات سنگین Cr و Pb در حدود ۳۰-۴۰٪ در این زمان می‌باشد (۱۳).

گونه‌هایی دیگر از میکروارگانیسم‌ها که برای حذف فلزات سنگین کارایی دارند، شامل: زئوگلئا رامیژرا (حذف مس)، آسپرژیلوس نیجر و پنی‌سیلیوم اسپینولوزم (حذف مس، کادمیوم و روی) می‌باشند (۱۴).

فاضلاب کارخانجات کانی غیرفلزی چون کاشی و سرامیک، با توجه به کاربرد مواد معدنی به عنوان ماده خام در تولید، حاوی مقادیر زیادی از فلزات و مواد معدنی می‌باشند. نتایج مطالعه بر روی فاضلاب کارخانجات کاشی و سرامیک میبد نیز نشان‌دهنده غلظت بالای فلز سنگین روی نسبت به استاندارد می‌باشد (۱۵، ۱۶)؛ همچنین مطالعه انجام‌شده بر روی پساب کارخانجات سنگبری تبریز، نشان‌دهنده حضور فلزات سنگینی مانند: کروم، سرب، مس و کادمیوم بوده است (۱۷)؛ که در صورت آزادسازی پساب یا لجن آنها در محیط زیست، زمینه آلودگی آب‌های زیرزمینی و محیط زیست فراهم می‌گردد؛ در حالی‌که می‌توان با کنترل اصولی پساب و لجن، از آنها استفاده مجدد داشت. شهرک صنعتی بیرجند دارای چندین کارخانه تولید کاشی و سرامیک می‌باشد که از بین آنها یک کارخانه به عنوان پایلوت، مورد مطالعه قرار گرفت.

در کارخانه کاشی مورد مطالعه، فاضلاب صنعتی تولیدشده، به ۶ حوضچه ته‌نشینی که به طور سری ساخته شده‌اند، وارد می‌گردد. بخش عمده‌ای از ذرات معلق فاضلاب، به مرور زمان در این حوضچه‌ها ته‌نشین شده و درنهایت، پساب، بعد از حوضچه ششم، برای استفاده مجدد به فرایند تولید کاشی برمی‌گردد و لجن کف حوضچه‌ها در زمان‌های مقرر، تخلیه و در محیط خارج از کارخانه دفع می‌گردد. از آنجا که احتمال می‌رود، فلزات سنگین Cd، Cr، Zn و Pb موجود در لجن دفع‌شده در محیط، بیش از حدود مجاز زیست‌محیطی باشد و در نهایت، مشکلات گفته‌شده را برای محیط زیست ایجاد کند؛ لذا این پژوهش با هدف بررسی میزان آلودگی پساب و لجن این کارخانه کاشی‌سازی به فلزات سنگین Cd، Cr، Zn و Pb انجام شد تا در نهایت، بر اساس نتایج

به دست‌آمده و مقایسه آن با استانداردهای موجود، بتوان اثرات استفاده از پساب و لجن موردنظر در زمین‌های مجاور را پیش‌بینی و ارزیابی نمود.

روش تحقیق

برای انجام این مطالعه توصیفی- تحلیلی، از پساب و لجن فاضلاب کارخانه مورد پژوهش، به صورت مقطعی نمونه‌برداری انجام شد. پساب خط تولید، وارد شش حوضچه ته‌نشینی که به طور سری به دنبال هم قرار گرفته‌اند، شده و ته‌نشینی ذرات معلق پساب در شش مرحله انجام و در نهایت پساب خروجی برای استفاده مجدد، به خط تولید برمی‌گردد. این فرایند، در طی سه شیفت کاری و در تمام روزهای هفته و ماه‌های سال، روند ثابتی دارد؛ لذا با توجه به موارد پیش‌گفته، از هر یک از حوضچه‌های ته‌نشینی، تعداد سه نمونه پساب و سه نمونه لجن تهیه و مجموعاً ۳۶ نمونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمونه‌برداری طبق شرایط استاندارد، با توجه به روش ذکرشده در کتاب استاندارد متد و شماره استاندارد ۳۰۱۰ انجام و برای محافظت نمونه‌ها تا زمان تجزیه و تحلیل، از اسیدسولفوریک برای رساندن PH به کمتراز ۲ استفاده شد (۱۸).

برای انجام تحقیق موردنظر، نمونه‌برداری در ظروف نمونه‌برداری پلی‌اتیلنی ۱/۵ لیتری انجام گردید؛ سپس نمونه‌ها برای آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات به آزمایشگاه دانشکده بهداشت منتقل گردید. در ابتدا حجم مشخصی از نمونه‌ها در اون خشک و سپس آسیاب گردید؛ سپس جرم مشخصی از لجن پودری برداشته و با روش هضم اسیدی آماده شد. ۲gr نمونه را با ترازوی ۰/۰۰۰۱ گرم توزین و به آن 5cc محلول هضم Ashing acid (۸۰cc HNO3 غلیظ+۲۰CC Hcl غلیظ) اضافه نموده و با گذاشتن سرپوش روی آن، ۲۰ min در دمای محیط قرار داده شد؛ سپس در دمای ۱۲۰°c، اون حرارت داده شد تا ۰/۵ سی‌سی از نمونه‌ها در بشر باقی ماند. مجدداً ۲cc از Ashing acid اضافه شد و عمل حرارت‌دادن، تا باقی‌ماندن ۰/۵cc نمونه ادامه داده شد و این عمل در چند نوبت متوالی، تا شفاف‌شدن مایع ادامه داده شد. در آخرین مرحله، سرپوش بشر را با آب مقطر شسته و دما تا ۱۵۰cc بالا برده شد تا ۰/۵cc از محلول داخل بشر باقی ماند. در نهایت، حجم باقیمانده را با اسید، رقیق ساخته (۵۰cc Ashing acid به حجم ۱۰۰cc) و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد (در صورت وجود مواد معلق، پس از هضم، نمونه فیلتر گردید) و در نهایت نمونه‌های آماده‌شده، توسط دستگاه جذب اتمی مدل AA 240- varian بر حسب mg/L اندازه‌گیری و با توجه به حجم و جرم نمونه اولیه، غلظت نهایی را بر حسب gr/kg از جرم لجن محاسبه شد.

بعد از تجزیه و تحلیل نمونه‌ها، مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف‌معیار غلظت فلزات سنگین هر یک از نمونه‌های پساب و لجن، با نرم‌افزار SPSS (ویرایش ۱۱/۵) محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌های به دست‌آمده با استفاده از آزمون‌های آماری T-Test (برای مقایسه با استانداردها) و آزمون کروسکال- والیس و من‌ویتنی (برای مقایسه کارایی حذف فلزات توسط هر حوضچه) در سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵ انجام شد.

یافته‌ها

آنالیز نمونه‌های برداشت‌شده از پساب کارخانه موردنظر برای تعیین غلظت فلزات سنگین Cr، Cd، Zn و، Pb نشان داد که میانگین غلظت این فلزات به ترتیب: صفر، ۰/۰۲۲±۰/۰۲۱، ۰/۲۳۵±۰/۱۳۵ و ۰/۰۱۷±۰/۰۶۴ میلی‌گرم بر لیتر بود و ۱۰۰٪ نمونه‌ها دارای غلظت مجاز و مطابق با استانداردهای پساب سازمان حفاظت محیط زیست ایران بودند (P=۰/۰۰۰). بر اساس این استاندارد، مقادیر مجاز این فلزات سنگین در پساب خروجی به ترتیب: ۰/۱، ۱، ۲ و ۱ میلی گرم بر لیتر) بود (۱۶). در مورد نمونه‌های لجن، مقادیر این فلزات به ترتیب: ۱۷/۵۵±۲۲/۱۸، ۳۵۲/۹۵±۱۴۹۳/۵۲ و ۲۷۸/۱۵±۳۱۶۰/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. غلظت فلزات

جدول ۱- مقایسه میانگین غلظت عناصر Zn، Cr، Cd و Pb در لجن حوضچه‌های ته‌نشینی بر حسب محل نمونه‌برداری

آلاینده / محل نمونه‌برداری	Zn (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Cd (mg/kg)		Pb (mg/kg)	
	انحراف معیار±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار±میانگین	سطح معنی‌داری
حوضچه ۱	۲۵۲۲/۵±۱۲۳/۷۴		۹۱۷/۵±۲۵۸/۰۹		۹/۲۵±۱/۷۶		۵۵۵±۱۴/۱۴	
حوضچه ۲	۳۲۷۰/۰±۵/۰		۱۳۷۵/۶۶±۲۷/۶۸		۲۵±۱۵/۰۲		۱۰۸۰±۲۰۲/۹۱	
حوضچه ۳	۳۲۹۶/۶۶±۸۸/۹۲		۱۳۸۴/۰۰±۲۳/۵۱		۶/۲۶±۲/۶۷		۶۵۸/۳۳±۴۱/۹۳	
حوضچه ۴	۳۰۷۳/۳۳±۵۳/۹۲	۰/۱۱	۱۴۰۱/۶۶±۴۰/۴۱	۰/۰۸۷	۸/۵±۳/۴۶	۰/۰۴۳*	۹۵۳/۳۳±۳۴۹/۶۱	۰/۰۲۲*
حوضچه ۵	۳۳۰۸/۳۳±۷۲/۸۵		۱۹۱۱/۰۰±۱۸۰/۱۳		۴۰/۶۶±۱۶/۹۲		۱۰۰۸/۳۳±۱۵۸/۲۱	
حوضچه ۶	۳۲۷۶/۶۶±۲۷۹/۱۲		۱۷۷۹/۳۳±۴۰۰/۸۰		۳۹/۱۱±۱۲/۳۰		۲۳۸۵±۱۰۳۰/۵۷	
میانگین کل	۳۱۶۰/۰۰±۲۷۸/۱۵		۱۴۹۳/۵۲±۳۵۲/۹۵		۲۲/۱۸±۱۷/۵۵		۱۱۳۹±۷۳۷/۵۰	

*در سطح P≤۰/۰۵ معنی‌دار است.

۱- آزمون Mann-Withney نشان داد، تفاوت مشاهده‌شده غلظت در حوضچه ۲ با ۵ (P=۰/۰۵) از نظر آماری معنی‌دار است.

۲- آزمون Mann-Withney نشان داد تفاوت مشاهده‌شده بین حوضچه‌های ۳ با ۶ (P=۰/۰۰۵) از نظر آماری معنی‌دار است.

۳- اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت Cr برحسب حوضچه ته‌نشینی مشاهده نگردید (P=(۰/۰۰۸۷).

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت عناصر Zn، Cr، Cd و Pb در پساب حوضچه‌های ته‌نشینی بر حسب محل نمونه‌برداری

آلاینده / محل نمونه‌برداری	Zn (ppm)		Cr (ppm)		Cd (ppm)		Pb (ppm)	
	انحراف معیار ±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار ±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار ±میانگین	سطح معنی‌داری	انحراف معیار ±میانگین	سطح معنی‌داری
حوضچه ۱	۰/۵۶۳±۰/۳۶۹		۰/۲۳۰±۰/۰۳۶		۰/۰۰۰±۰/۰۰۰		۰/۰۳۶±۰/۰۲۳	
حوضچه ۲	۰/۰۷۹±۰/۰۲۵		۰/۲۲۳±۰/۰۲۰		۰/۰۰۱±۰/۰۰۰		۰/۰۵۶±۰/۰۰۵	
حوضچه ۳	۰/۰۴۸±۰/۰۱۳		۰/۱۹۶±۰/۰۲۰		۰/۰۰۰±۰/۰۰۰		۰/۰۶۶±۰/۰۰۵	
حوضچه ۴	۰/۰۴۵±۰/۰۱۲	۰/۰۲۹*	۰/۱۹۶±۰/۰۱۵	۰/۴۱	۰/۰۰۰±۰/۰۰۰	۰/۲۶۹	۰/۰۷۳±۰/۰۰۵	۰/۰۰۹*
حوضچه ۵	۰/۰۳۵±۰/۰۰۶		۰/۲۰۶±۰/۰۰۵		۰/۰۰۵±۰/۰۰۶		۰/۰۷۰±۰/۰۰۰	
حوضچه ۶	۰/۰۳۹±۰/۰۰۹		۰/۲۰۰±۰/۰۲۰		۰/۰۰۰±۰/۰۰۰		۰/۰۸۳±۰/۰۰۵	
میانگین کل	۰/۱۳۵±۰/۲۳۵		۰/۲۱±۰/۰۲۲		۰/۰۰۰±۰/۰۰۰		۰/۰۶۴±۰/۰۱۷	

۱-اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت Zn بر حسب حوضچه ته‌نشینی مشاهده گردید (P=۰/۰۰۲۹) که آزمون Mann-Withney نشان داد، تفاوت مشاهده‌شده بین حوضچه‌های ۱ با ۶ (P=۰/۰۰۵) از نظر آماری معنی‌دار است.

۲- اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت Pb بر حسب حوضچه ته‌نشینی مشاهده گردید (P=۰/۰۰۹) که آزمون Mann-Withney نشان داد، تفاوت مشاهده‌شده بین حوضچه‌های ۱ با ۶ (P=۰/۰۰۴۳) از نظر آماری معنی‌دار است.

سنگین Zn و Cr در ۱۶/۶٪ و غلظت Cd در ۷۷/۷٪ نمونه‌های برداشت‌شده لجن از حوضچه‌های ته‌نشینی، با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) مطابقت داشت و Pb در تمام نمونه‌های برداشت‌شده، فراتر از حدّ این استاندارد بود. مقادیر مجاز این فلزات سنگین در لجن به ترتیب: ۱۲۰۰، ۳۹، ۲۸۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (۱۹).

لازم به ذکر است، برای مقایسه نتایج با استانداردهای زیست‌محیطی، غلظت این پارامترها در پساب، با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران مقایسه و در مورد لجن،

از آنجا که تاکنون استانداردی در مورد حدّ مجاز این پارامترها در ایران تدوین نشده است، مقایسه نتایج با استاندارد EPA انجام شد (۱۶، ۱۹). در جداول ۱ و ۲، میانگین غلظت عناصر Zn، Cr، Cd و Pb در لجن و پساب حوضچه‌های شش‌گانه، با یکدیگر مقایسه و روند تغییر غلظت هر یک از عناصر بررسی شده است. بر اساس نتایج به دست‌آمده، مشخص گردید که روند تغییرات غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در لجن حوضچه‌ها، به صورت افزایشی بوده و در مورد پساب حوضچه‌ها، این روند کاهشی بود.

بحث

بررسی نتایج به دست‌آمده در مورد غلظت عناصر Zn، Cr، Cd و Pb در نمونه‌های تهیه‌شده از پساب شش حوضچه ته‌نشینی کارخانه نشان می‌دهد که غلظت این عناصر، از حدّ استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران کمتر است (۱۶). در مطالعه مرشدی‌زاده و همکاران در سال ۱۳۸۸ بر روی فاضلاب ۴ کارخانه بزرگ کاشی و سرامیک شهرستان میبد (مریم، احسان، نازسرام و ارچین)، میزان روی در فاضلاب کارخانه‌های احسان و نازسرام بیش از حدّ مجاز و میانگین فلزات سنگین کروم، کادمیوم و سرب در هر ۴ کارخانه در حدّ استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست بوده است (۱۶).

در مطالعه حاضر، غلظت کروم پساب از بقیه عناصر بیشتر و غلظت کادمیوم از بقیه عناصر کمتر بود؛ در حالی‌که در مطالعه مرشدی‌زاده و همکاران، غلظت کروم در مقایسه با بقیه عناصر کمتر و غظت عنصر روی از بقیه بیشتر بوده است (۱۶) که می‌تواند با متفاوت‌بودن میزان این عناصر در مواد اولیه و آب مورد استفاده در فرایند تولید کارخانه ارتباط داشته باشد.

در مطالعه انجام‌شده توسط محمدیان و همکاران، غلظت فلزات سنگین در ۱۷ حلقه چاه آب مجاور کارخانه سرب و روی زنجان در زمستان ۱۳۸۶ بررسی شد که نتایج نشان داده است که غلظت سرب در هیچ نمونه‌ای، بالاتر از استاندارد ملی نیست، اماسرب وکادمیم به ترتیب: در ۵۹ و ۵۳ درصد نمونه‌ها فراتر از حدّ رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی بوده است و غلظت روی در کلیه نمونه‌ها پایین‌تر از حدّ معیارها بوده است (۲۰).

نتایج تعیین مقدار عناصر Zn، Cr، Cd و Pb در نمونه‌های لجن تهیه‌شده از شش حوضچه ته‌نشینی کارخانه و مقایسه آن با استانداردهای ذکرشده لجن در جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین غلظت Pb ، Cr از حدّ استاندارد EPA بیشتر و در مورد Zn و Cd کمتر از حدّ استاندارد می‌باشد. بر اساس استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا (EPA)، چنانچه غلظت حداقل یکی از فلزات سنگین مورد مطالعه در نمونه‌های لجن حوضچه‌ها بالاتر از حدّ مجاز توصیه‌شده باشد، لجن قابلیت کاربرد در زمین را نخواهد داشت (۱۹)؛ به ویژه در مورد فلز سنگین Cd که خاصیت تجمّع‌پذیری در گیاهان داشته و به عنوان تهدیدی جدی برای انسان و حیوانات چرنده به حساب می‌آید و معمولاً میزان‌های بارگذاری لجن، مبتنی بر مقادیر Cd موجود در لجن مورد استفاده می‌باشد (۱۴).

در زمینه بررسی غلظت فلزات سنگین در لجن حاصل از فاضلاب کارخانجات کاشی‌سازی، تاکنون مطالعه مشابهی در کشورمان انجام نشده است، ولی در سایر صنایع نیز تنها یک مطالعه توسط مسافری و همکاران بر روی لجن فاضلاب کارخانجات سنگبری تبریز انجام شده است که در این مطالعه، غلظت عناصر سرب و کادمیوم بالاتر و غلظت کروم پایین‌تر از میانگین غلظت این عناصر در پوسته زمین بوده است (۱۷).

بررسی روند تغییر غلظت عناصر مورد بررسی در نمونه‌های لجن برداشت‌شده از حوضچه‌ها نشان می‌دهد، غلظت فلز سنگین Zn در حوضچه ۶ بیشتر از حوضچه ۱ بوده است.

جدول ۳- غلظت مجاز و نرخ بارگذاری جامدات بیولوژیکی برای کاربرد در زمین (۱۹)

۰.۴۳	سقف مجاز غلظت Mg/kg	غلظت مجاز Mg/kg	نرخ سالانه بارگذاری Mg/kg	نرخ بارگذاری تجمعی Mg/kg
آرسنیک	۷۵	۴۱	۲۰۰	۴۱
کادمیوم	۸۵	۳۹	۱۹۰	۳۹
مس	۴۳۰۰	۱۵۰۰	۷۵۰۰	۱۵۰۰
سرب	۸۴۰	۳۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰
جیوه	۵۷	۱۷	۰۸۵	۱۷
مولیبدن	۷۵	–	–	–
نیکل	۴۲۰	۴۲۰	۲۱۰۰	۴۲۰
سلنیوم	۱۰۰	۳۶	۵۰۰	۳۶
روی	۷۵۰۰	۲۸۰۰	۲۰۰	۴۱
کروم	---	۱۲۰۰	---	---

در مورد Cr، Cd و Pb نیز از حوضچه ۱ به سمت حوضچه ۶، غلظت عناصر در لجن حوضچه‌ها روند افزایشی داشته است که به دلیل افزایش زمان ماند تدریجی در حوضچه‌ها و تغلیظ لجن به مرور زمان و تمایل بالای این فلزات به لجن می‌باشد (۱۴)

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، در لجن حاصل از فاضلاب کارخانجات کاشی و سرامیک‌سازی، به دلیل ماهیت مواد اولیه مورد استفاده در فرایند تولید، امکان حضور فلزات سنگین با غلظت بالاتر از استانداردهای زیست‌محیطی وجود دارد که دفع این لجن منجر به آلودگی محیط زیست خواهد شد و نیاز به نظارت‌های لازم در این زمینه می‌باشد و همچنین از آنجایی که در حال حاضر در کشورمان، استاندارد ملی در زمینه کاربرد لجن در زمین تاکنون وضع نشده است، لزوم تدوین این استانداردها بیش از پیش روشن می‌شود. در دنیا برخی سازمان‌ها مانند سازمان محیط زیست آمریکا (EPA)، استانداردهایی را برای کاربردهای لجن در زمین‌های مختلف تدوین نموده‌اند. در کشورهای اروپایی و ژاپن به دلیل کمبود زمین، از روش سوزاندن لجن استفاده می‌شود. در کشور ما نیاز است با بررسی‌های جامع و لحاظ جنبه‌های مختلف، روش مناسب انتخاب گردد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله که ماحصل طرح پژوهشی مصوب با کد ۴۰۷ معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بیرجند می‌باشد، مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسؤولین کارخانه، همچنین آقای داریوش افتخاری و خانم‌ها سمیرا فیروزی و فاطمه قاسمی به خاطر همکاری در اجرای آن ابراز می‌دارند.

منابع:

1- Nies DH. Microbial heavy Metal resistance. Appl Microbial Biotechnol. 1999; 51 (6): 730-50.

2- Shoukati Pour Sani A, Shariat SM, Jafarzadeh Haghighifard NE, Nabizadeh Noudehi R. Elimination Of heavy metal from waste water by reusing the waste: Case study (cadmium salts by used spent soils that used in vegetable oil industries). Journal Of Environmental Science & Technology. 2008; 10 (1): 41-6. [Persian]

3- Ahmadi B. Survey about heavy metals effects on human health. 2003. Zanjan regional water company. Available at: URL: http://znrw.ir/articlesbank/B.A.doc/. Accessed April 21, 2012.

4- Asmuda OS, Giwa AA, Bello IA. Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified acticated coconut shell carbon. Biochem Eng J. 2007; 36 (2): 174-81.

5- Sud D, Mahajan G, Kaur MP. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions - a review. Bioresour Technol. 2008; 99 (14): 6017-27.

6- Rahmani AR, Khodadadi M, Saghi MH. Application of Biotechnology in Environmental Sanitation. 1st ed. Hamedan University of Medical university publication; 2011. First publication.

7- Rehman W, Zeb A, Noor N, Nawaz M. Heavy metal pollution assessment in various industries of Pakistan. Environ Geol. 2008; 55 (2):353-8.

8- Nadeem-ul-Haq, Arain MA, Haque Z, Badar N, Mughal N. Drinking water contamination by chromium and lead in industrial lands of Karachi. J Pak Med Assoc. 2009; 59 (5): 270-4.

9- Bhuiyan MA, Suruvi NI, Dampare SB, Islam MA, Quraishi SB, Ganyaglo S, et al. Investigation of the possible sources of heavy metal contamination in lagoon and canal water in the tannery industrial area in Dhaka, Bangladesh. Environ Monit Assess. 2011; 175 (1-4): 633-49.

10-Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food Chem Toxicol. 2010; 48 (2): 611-9.

11- Shakibaie MR, Khosravan A, Frahmand A, Zareh S. Elimination of Copper and Zinc From Industrial Wastes by Mutated Bacteria. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2009; 16 (1): 13-24. [Persian]

12- Biswajit S, Sudip KD. Bisorption of Cr(VI) ions from aqueous solutions: Kinetic, equilibrium, thermodynamics and desorption studies. Colloid Surface B. 2011; 84 (1): 221-32.

13- Xiang L, Chan LC, Wong JW. Removal of heavy metals from anaerobically digested sewage sludge by isolated indigenous iron-oxidadizing bacteria. Chemosphere. 2000; 41 (1-2): 283-7.

14- Bitton G. wastewater Microbiology. Translated by: Mirhendi SA, Nikaeen M. 1st ed. Tehran: Tehran University of Medical Science; 2005. pp: 367, 539. [Persian]

15- Ribero MJ, Tulyaganov DU, Ferriera SM. Labrincha JA. Recycling of Al –rich industrial sludge in refractory ceramic Pressed bodies. ceramic international. 2002; 28 (3): 319-26.

16- Morshedizadeh M, Afkhami M, Zarei H. Determination of heavy metals in ground water resources near tile & ceramic industry of Mayboud. First congress of Hydrogeology; 2009; Agust 28, Behaban. Azad University of Behbahan. [Persian].

17- Mosaferi M, Taghipour Asl H, Hashemi A, Nazmara Sh. Survey of heavy metals in solid waste & effluent of stone cutting industrial. 11th National congress on Environmental Health; 1995; oct 23-30, Zahedan: zahedan univercity of medical science. CIVILICA. [Persian]

18- Clesseri LS, Grrentery AE, Eaton AD. Standard Methods For Examination of Water and wastewater .21 th ed. McGraw-Hill publishing company; 2005.

19- Protection of Environment, STANDARDS FOR THE USE OR DISPOSAL OF SEWAGE SLUDGE. 2007. Available at: http://yosemite.epa.gov/r10/water.nsf/NPDES%2BPermits/Sewage%2BS825/$FILE/503-032007.pdf/. Accessed April 30, 2012.

20- Mohammadian M, Nouri J, Afshari N, Nassiri J, Nourani M. Investigation of Heavy Metals Concentrations in the Water Wells Close to Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant. Iranian Journal of Health and Environment. 2008; 1 (1): 51-6.

Abstract *Original Article*

Evaluation of heavy metals concentration in the effluent and sludge of the tile factory in Birjand in 2010

Mohammad Hamed Hosseini[1], Maryam Khodadadi[2], Hadigheh Dorri[3]

Background and Aim: Sewage of non-metallic and mineral industrials such as tile and ceramic contain a large amount of heavy metals and minerals which can cause problems such as contaminating underground water and polluting the environment. Thus, the present study was done to evaluate heavy metals concentration in the effluent and sludge of the tile factory in Birjand.

Materials and Methods: In this descriptive analytical study, 36 samples were taken from six pools in June 2010 (18 samples from the effluent and 18 samples from the sludge). Analysis of the rate of the heavy metals in the samples was done on the basis of the procedures mentioned in 3010 Standard Method book.

Results: It was found that mean concentration of the heavy metals Zn, Cr, Cd, and Pb in the effluent samples was 0.135±0.235, 0.21±0.022 , 0 ,and 0.064± 0.017 mg/l ; respectively. These concentration levels were less than permissible standards of the Iranian Environmental Protection Agency (EPA). But, in sludge deposited on the bottom ponds, concentration of the heavy metals Zn, Cr, Cd, Pb was 3160±278.15, 1493.52±352.95 , 22.18±17./55 , and 1139.11±737.5 mg/kg ;respectively. The concentrations of Cd and Zn were less than those in the American EPA Standards, but Pb and Cr concentrations were more than EPA Standards to permit the use of sludge in the land.

Conclusion: It was revealed that in the effluent of tile and ceramic industries heavy metals concentrations are higher than the environmental standards, which requires more supervision and surveillance of the environmental agencies.

Key Words: Heavy metals, Effluent, Sludge, Tile factory

Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2013; 20 (1): 85-93.

Received: July 25, 2012 ***Accepted: August 14, 2012***

[1] *member of The Research Center of Effective Social Factors on Health, MSC in Occupational Health Engineering, Department of Public Health, School of Public Health, Birjand University of Medical Sciences, Iran.*
[2] *Corresponding author, member of The Research Center of Effective Social Factors on Health, MSC in Environmental Health Engineering, department of public health, school of public health, Birjand University of Medical Sciences, Iran maryam.khodadadi@gmail.com*
[3] *BSc in Chemistry, school of public health, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.*