

سنة الفجر

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

.....، گروه، دانشکده، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی



دانشگاه گیلان

دانشکده کشاورزی
گروه خاکشناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کشاورزی - خاکشناسی

عنوان:

بررسی رفتار آبشویی عناصر سنگین از لجن فاضلاب جامد شهری و تاثیر لجن بر
توزیع عناصر سنگین در چند خاک آهکی

استاد راهنما:

دکتر زهرا کلاهی

نگارش:

احمد اخوان

پاس یکران مخصوص خدایی که اول همه آثار، هستی اوست و قبل از او اولی نبوده و آخر است بی آنکه پس از او آخری باشد....

با تقدیر و درود فراوان خدمت پدر و مادر بسیار عزیز، دلسوز و فداکارم که پیوسته جرحه نوش جام تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آنها بوده ام و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی ها و مشکلات بوده است....

تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت باری را که به دستش سپرده اند، تضمین، بر حسب وظیفه و به مصداق «من لم یسکر المخلوق لم یسکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فریخته و فرزانه سرکار خانم دکتر زهره کلاچی بسیار ممنون باشم، چرا که بدون راهنماییهای ایشان تامین این پیمان نامه بسیار مشکل مینمود....

از مدیریت محترم گروه و اساتید محترم گروه دانشی دانشگاه بوعلی سینا همان که افتخار نگارگری آنها را در دوران کارشناسی و کارشناسی ارشد داشتم صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم....

همچنین از تمامی دوستان و همکلاسیهای خوبم ممنونم و قدردان زحمات آنها خواهم بود....

فہرست مطالب

۱- بررسی منابع.....	۴
۱-۱- مقدمه ای بر آلودگی محیط زیست و خاک.....	۴
۲-۱- آلودگی خاک.....	۵
۱-۲-۱- منابع آلودگی.....	۸
۳-۱- فرآیندهای آلودگی خاک.....	۹
۴-۱- فلزات سنگین (سمی).....	۱۱
۱-۴-۱- سمیت فلزات سنگین.....	۱۴
۵-۱- مروری بر مقدار و ویژگی های برخی از فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک ها و لجن فاضلاب.....	۱۴
۱-۵-۱- مس.....	۱۴
۲-۵-۱- سرب.....	۱۵
۳-۵-۱- نیکل.....	۱۵
۴-۵-۱- روی.....	۱۶
۵-۵-۱- منگنز.....	۱۷
۶-۵-۱- کادمیوم.....	۱۷
۷-۵-۱- آهن.....	۱۸
۶-۱- فاضلاب.....	۱۹
۱-۶-۱- تیمار فاضلاب.....	۱۹
۲-۶-۱- فرایندهای مرسوم تیمار فاضلاب.....	۱۹
۳-۶-۱- منابع فاضلاب های صنعتی.....	۲۰
۷-۱- لجن فاضلاب.....	۲۰
۱-۷-۱- ویژگی های لجن فاضلاب.....	۲۲
۸-۱- تاثیر کاربرد لجن فاضلاب بر ویژگی های خاک.....	۲۴
۱-۸-۱- ویژگی های فیزیکی - شیمیایی.....	۲۴
۲-۸-۱- آبتیوی فلزات سنگین در اثر استفاده از لجن فاضلاب.....	۲۷
۹-۱- تاثیر زمان در خاک های متاثر از لجن فاضلاب.....	۲۸
۱۰-۱- فاکتورهای کنترل کننده ی رهاسازی و آبتیوی عناصر از مواد مختلف.....	۲۹
۱-۱۰-۱- فرایندهای شیمیایی.....	۳۱
۲-۱۰-۱- فرایندهای فیزیکی.....	۳۳
۲- فصل دوم: مواد و روش ها.....	۳۷
۱-۲- نمونه برداری خاک و لجن.....	۳۷

۲-۲- تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی در نمونه های خاک و لجن.....	۳۷
۲-۲-۱- اسیدیته.....	۳۷
۲-۲-۲- هدایت الکتریکی.....	۳۷
۲-۲-۳- کربنات کلسیم معادل.....	۳۷
۲-۲-۴- ماده ی آلی.....	۳۷
۲-۲-۵- کاتیون های تبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی لجن فاضلاب.....	۳۷
۲-۲-۶- غلظت کل فلزات سنگین لجن فاضلاب.....	۳۸
۲-۳- تیمار نمونه های خاک.....	۳۸
۲-۴- جزء بندی فلزات سنگین در نمونه های خاک.....	۳۸
۲-۵- آزمایش های آبشویی.....	۳۸
۲-۵-۱- آبشویی وابسته به پی اچ.....	۳۸
۲-۵-۲- آبشویی ستونی.....	۳۹
۲-۵-۳- آبشویی بسته.....	۳۹
۲-۶- تجزیه و تحلیل های آماری.....	۳۹
۳- فصل سوم: نتایج و بحث.....	۴۱
۳-۱- برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی لجن فاضلاب مورد استفاده.....	۴۱
۳-۲- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ها.....	۴۲
۳-۳- اثر کاربرد لجن فاضلاب بر پی اچ و هدایت الکتریکی خاک.....	۴۳
۳-۴- اثر لجن بر شکل های شیمیایی فلزات سنگین.....	۴۵
۳-۵- مشخصات کانی شناسی نمونه ی لجن فاضلاب جامد.....	۴۵
۳-۶- ظرفیت بافری نمونه ی لجن فاضلاب.....	۴۷
۳-۷- آبشویی وابسته به پی اچ لجن فاضلاب.....	۴۹
۳-۷-۱- عناصر عمدۀ.....	۵۰
۳-۷-۲- عناصر سنگین.....	۵۴
۳-۸- آبشویی بسته و ستونی لجن فاضلاب.....	۶۱
۳-۸-۱- پی اچ و هدایت الکتریکی.....	۶۲
۳-۸-۲- عناصر عمدۀ.....	۶۳
۳-۸-۳- عناصر سنگین.....	۶۹
۳-۹- نتیجه گیری کلی.....	۷۵
۳-۱۰- پیشنهادات.....	۷۸

منابع.....	۸۱
------------	----

جدول ۱-۱- مکان‌های مظنون به آلودگی و هزینه‌های لازم برای آلودگی‌زدایی از آنها.....	۷
جدول ۲-۱- حدود غلظت برخی عناصر سنگین (mg/ kg) در لجن فاضلاب تعدادی از کشورها.....	۲۱
جدول ۳-۱- مقایسه‌ی ویژگی‌های لجن فاضلاب چند کشور مختلف	۲۳
جدول ۴-۱- حدود مجاز فلزات سنگین در لجن فاضلاب و میزان بار آلودگی سالانه‌ی آن	۲۷
جدول ۵-۱- خلاصه‌ای از فاکتورهای اصلی مؤثر بر رفتار و مقدار رهاسازی عناصر از مواد مختلف	۳۳
جدول ۱-۳- برخی از ویژگی‌های شیمیایی لجن فاضلاب مورد استفاده و مقایسه‌ی غلظت برخی از عناصر سنگین آن با استانداردهای USEPA ۵۰۳	۴۲
جدول ۲-۳- برخی از ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک‌های مورد استفاده	۴۳
جدول ۳-۳- مقدار پی‌اچ و هدایت الکتریکی خاک‌های شاهد و تیمار شده در دو فاصله‌ی زمانی پس از انکوباسیون	۴۴
جدول ۵-۳- ملاک‌های سنجش سمیت بقایا زائد (mg/kg) در نسبت آبه‌ویی ۱۰ L/S	۷۰

- شکل ۱-۱- نسبت رسوب آرسنیک و سرب در شمال شرقی آلمان ۹
- شکل ۲-۱- چرخه‌ی متداول بیورژنوشیمیایی فلزات سنگین ۱۰
- شکل ۳-۱- نمایی از فاکتورهای مؤثر بر رفتار و میزان رهاسازی عناصر از مواد مختلف ۳۰
- شکل ۴-۱- رفتار آبشویی عمومی سه گروه از اجزاء موجود در مواد مختلف با تغییرات پی‌اچ محلول عصاره گیر ... ۳۲
- شکل ۱-۳- میکروگراف SEM لجن فاضلاب جامد ۴۶
- شکل ۲-۳- میکروگراف پراش اشعه‌ی ایکس بر سطح لجن فاضلاب جامد ۴۷
- شکل ۳-۳- منحنی ختنی سازی اسید (ظرفیت بافری) لجن فاضلاب جامد شهری ۴۸
- شکل ۴-۳- تغییرات پی‌اچ و هدایت الکتریکی پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۰
- شکل ۵-۳- مقدار آبشویی کلسیم و منیزیم بصورت تابعی از پی‌اچ در آزمایش بسته و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۱
- شکل ۶-۳- مقدار و رفتار آبشویی سدیم و پتاسیم بصورت تابعی از پی‌اچ و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۲
- شکل ۷-۳- مقدار و رفتار آبشویی کلر، بیکربنات، نیترات و سولفات بصورت تابعی از پی‌اچ و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۳
- شکل ۸-۳- مقدار و رفتار آبشویی مس و روی بصورت تابعی از پی‌اچ و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۵
- شکل ۹-۳- مقدار و رفتار آبشویی سرب و کادمیوم به صورت تابعی از پی‌اچ و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۷
- شکل ۱۰-۳- مقدار و رفتار آبشویی آهن و منگنز به صورت تابعی از پی‌اچ و پس از ۴۸ ساعت زمان تعادل ۵۹
- شکل ۱۱-۳- مقادیر پی‌اچ و هدایت الکتریکی در آزمایش آبشویی بسته ۶۳
- شکل ۱۲-۳- غلظت و نحوه‌ی رهاسازی سدیم و پتاسیم در آزمایش آبشویی بسته ۶۵
- شکل ۱۳-۳- غلظت و نحوه‌ی رهاسازی کلسیم، منیزیم، فسفر، سولفات، کلر و بیکربنات در آزمایش آبشویی بسته ۶۷
- شکل ۱۴-۳- مقادیر مس، سرب، کادمیوم، روی، آهن و منگنز در محلول آبشویی بسته بصورت تابعی از نسبت L/S ۷۲



دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان: بررسی رفتار آبشویی عناصر سنگین از لجن فاضلاب جامد شهری و تاثیر لجن بر توزیع عناصر سنگین در چند خاک آهکی		
نویسنده: احمد اخوان		
اساتید راهنما: دکتر زهرا کلاهیچی		
اساتید مشاور:		
گروه آموزشی: مهندسی خاکشناسی		دانشکده: کشاورزی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	گرایش تحصیلی: شیمی و حاصلخیزی خاک	رشته تحصیلی: مهندسی کشاورزی
تعداد صفحات: ۹۴	تاریخ دفاع: ۹۲/۷/۰۹	تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۱۱/۱۶
چکیده:		
<p>در سراسر دنیا کارخانه‌های تیمار فاضلاب مقادیر بالایی لجن فاضلاب جامد شهری (MSS) تولید می‌کنند. امروزه این ماده به طور گسترده‌ای به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبیعتاً، لجن فاضلاب حاوی غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین و عناصر پر مصرف است. بنابراین ضروری است که کیفیت و کمیت آبشویی این عناصر از MSS مورد ارزیابی قرار بگیرد. در این مطالعه لجن فاضلاب جامد شهری مربوط به کارخانه تیمار فاضلاب توپسرکان برای بررسی رفتار آبشویی برخی از عناصر پر مصرف و فلزات سنگین موجود در آن با استفاده از آزمایش‌های آبشویی بسته و وابسته به پی‌اچ مورد آزمون قرار گرفت. همچنین ذرات لجن توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM) و روش پراش پرتو ایکس (XRD) مورد ارزیابی قرار گرفتند. از نتایج مشخص شد که طبق استانداردهای USEPA مقدار فلزات سنگین موجود در لجن به غیر از روی کمتر از حدود قانونی کاربرد در زمین‌های زراعی می‌باشد. آزمایش آبشویی بسته با آب مقطر نشان داد که بخش آبشویی شده‌ی بیشتر فلزات سنگین به جز منگنز کم می‌باشد. ذرات لجن مشاهده شده توسط SEM عموماً حالتی پلی کریستال، اندازه‌هایی نسبتاً دانه ریز و سطحی صاف داشتند. در نمونه‌ی MSS با استفاده از روش XRD فازهای کریستالی پتاسیم تتراکلروزینکایت، آنهیدرید، هالیت، ملیلیت، کلسیت، همتایت، کوارتز، روتیل و سیلیت از پیک‌های آنها تشخیص داده شد. ظرفیت خنثی سازی اسید (ANC) این نمونه از پی‌اچ ۶.۸ تا ۴ برابر $mmol\ H^+ / kg$ بود. از رفتار آبشویی فلزات سنگین بصورت تابعی از پی‌اچ رفتار آمفوتریک برخی عناصر مانند مس و روی مشاهده شد، که از طریق انحلال پذیری بالا در پی‌اچ‌های کم و زیاد و انحلال پذیری متوسط در شرایط خنثی مشخص شدند. برای سرب کمترین انحلال پذیری در پی‌اچ نزدیک به ۷ مشاهده شد. رفتار آبشویی سدیم و پتاسیم تقریباً تغییرات کمی نسبت به پی‌اچ داشت و لذا می‌توان گفت که غلظت آبشویی آنها عمدتاً توسط انحلال پذیری کنترل می‌شود. علاوه بر این رفتار آبشویی کلر هم متفاوت بود و کمترین مقدار آبشویی آن در پی‌اچ ۴ مشاهده شد. در نهایت منحنی‌های انحلال پذیری برای Pb و Cu, Fe, Mn, Zn, Cd بصورت تابعی از پی‌اچ به دست آمد، که برای تخمین رفتار آبشویی در سناریوهای مختلف بسیار مفید است.</p>		
کلمات کلیدی: لجن فاضلاب جامد شهری، آبشویی، انحلال پذیری، ظرفیت خنثی سازی اسید		

مقدمہ

مقدمه

لجن فاضلاب جامد شهری یا جامد زیستی از فرایندهای تیمار فاضلاب‌های شهری و یا صنعتی تولید می‌شود. لجن اولیه با ۳-۵٪ جامدات از طریق ته نشینی اولیه تولید می‌شود که حاوی مقادیر زیادی ماده آلی، عناصر غذایی و دیگر مواد است. عناصر غذایی و مواد آلی موجود در آن به صورت محلول هستند و از طریق فرایندهای بیولوژیکی بواسطه انواعی از میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و آزاد می‌شوند. افزایش تولید سالانه لجن فاضلاب باعث یک سری مشکلات آلودگی، محیطی و اقتصادی شده است. از این رو روش‌های متعددی برای دفع لجن تولید شده وجود دارد. از جمله خاکچال کردن، سوزاندن، کمپوست کردن، کاربرد زراعی و استفاده برای ساخت آجر و سیمان. کاربرد لجن فاضلاب منجر به جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش ارگانیسم‌های مفید خاک، کاهش نیاز به کودها و علفکش‌ها، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، بیولوژیکی و حفظ بقایای آلی می‌شود که در کل شرایط مطلوب برای رشد بهینه گیاه را فراهم می‌کند. از این رو استفاده از لجن فاضلاب جامد شهری به عنوان کود یا ماده اصلاح کننده برای خاک، به نظر می‌رسد که یک عامل جذب کننده باشد چراکه مقادیر بالایی مواد آلی، نیتروژن، فسفر و سایر عناصر غذایی را دارا است که می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود ببخشد. با این حال لجن فاضلاب جامد شهری حاوی بسیاری از آلوده کننده‌های آلی نظیر هیدروکربن‌های آروماتیک حلقوی و بیوفنل چند کلری، عناصر سنگین و سمی و همچنین پاتوژن‌ها است. تیمارهای مرسوم لجن فاضلاب می‌تواند بخش‌هایی از آلودگی‌های آن را از بین ببرد و برخی از پاتوژن‌های آن را هم نابود کند اما عناصر سنگین و همچنین برخی از عناصر غذایی دیگر نمی‌توانند به واسطه این تکنیک‌های تیماری از بین بروند. بنا براین کاربرد زراعی لجن بعد از روش‌های تیماری مرسوم ایجاد یک مشکل بالقوه برای سلامتی انسانی را می‌کند. چراکه عناصر سنگین و سمی موجود در لجن فاضلاب در اثر کاربرد زراعی آن از خاک به گیاهان یا از طریق آبیاری به آبهای زیر زمینی راه پیدا می‌کنند. لذا اطلاع از مقادیر آزاد شده و ویژگی‌های آبیاری این فلزات و نحوه حرکت آنها و همچنین مقدار حرکت کرده به اعماق در طی سالیان متمادی دارای اهمیتی دو چندان است. معمولاً برای مطالعه‌ی دقیق یک ماده و دانستن طرق رهاسازی فلزات سنگین آن به محیط در اثر ارتباط با آب، از آزمایش‌های آبیاری ستونی و وابسته به پی‌اچ استفاده می‌شود. پی‌اچ، یکی از پارامترهای اصلی است که حرکت فلزات سنگین در خاک‌ها، مواد رسوبی و بقایای جامد دفعی را

کنترل می‌کند. رفتار آبشویی فلزات سنگین، در آزمایش‌های آبشویی وابسته به پی‌اچ بهتر مشخص شده و ارزیابی بهتری از خطرات محیطی آنها نسبت به آنالیز غلظت کل فراهم می‌شود و به ما این امکان را می‌دهد که اگر تغییرات نقطه‌ای و فصلی در میزان پی‌اچ خاک اتفاق افتاد، حلالیت، انحلال پذیری و زیست‌فراهمی فلزات سنگین را بهتر درک کنیم. آزمایش‌های آبشویی ستونی نیز اطلاعات زیادی از مقدار و نحوه‌ی آزاد سازی فلزات از مواد مختلف را در طی زمان فراهم می‌کند.

بدین ترتیب با توجه به کمبود آب در ایران و در پس آن، افزایش روز افزون کارخانه‌های تیمار فاضلاب به منظور به دست آوردن آب شیرین، مقادیر بالایی لجن فاضلاب تولید می‌شود که بدون شک مورد استفاده‌ی زراعی قرار خواهند گرفت. لذا این تحقیق با اهداف ذیل انجام شد:

- ۱- تعیین میزان و نحوه آبشویی عناصر از لجن فاضلاب جامد شهری در دراز مدت
- ۲- بررسی تاثیر pH بر روی میزان رهاسازی عناصر مختلف از لجن فاضلاب
- ۳- مطالعه‌ی ویژگی‌های سطحی و شناسایی کانی‌های غالب موجود در لجن
- ۴- تاثیر افزودن لجن فاضلاب بر جزءبندی عناصر سنگین در خاک

فصل اول

بررسی منابع

۱- بررسی منابع

۱-۱- مقدمه ای بر آلودگی محیط زیست و خاک

آلودگی محیط و خاک در اثر فعالیت‌های انسانی پدیده‌ی تازه‌ای نیست. از صدها سال قبل تاکنون خسارت‌های اساسی زیادی در اثر ساختمان سازی‌ها و باران‌های اسیدی که در اثر فعالیت کارخانه‌ها ایجاد می‌شود به سیستم‌های محیطی وارد شده است (اینی و پترزولد^۱، ۱۹۸۷). بعضی از تاثیرات مضر بر روی سلامتی انسان به علت اکتشافات معدن^۲ در زمان‌های بسیار قدیم شناسایی شده است. رومانی‌ها از برده‌ها برای استخراج سینا بار (معدن حاوی جیوه) از معدن آلمادن^۳ در اسپانیا استفاده می‌کردند، و به علت تاثیرات سرطانی این ماده، معدن چي‌ها فقط به مدت ۳ سال قادر بودند به کار ادامه دهند (رن^۴ و همکاران، ۱۹۹۵).

نگرانی در مورد سلامت جمعی، به علت تاثیرات آلودگی محیط، به طور اساسی از قرون اخیر و با آغاز انقلاب صنعتی^۵ و در نتیجه‌ی افزایش اطلاعات علمی در مورد مخاطرات مختلف برای سلامتی انسان افزایش یافته است. انقلاب صنعتی از اواسط دهه‌ی ۱۸۰۰ شروع شد و در این زمان استفاده گسترده از ذغال سنگ برای تولید انرژی موجب رهاسازی مقادیر قابل توجهی گاز CO₂، SO₂، NO_x و خاکستر هوا برد به اتمسفر شد. شایان ذکر است که اصطلاح باران اسیدی در سال ۱۸۷۲ توسط اسمیت^۶ بیان شد. سپس چرخه‌ی بیو ژئوشیمیایی آلاینده‌های غیر آلی بالقوه یعنی فلزات سنگین که از این طریق وارد محیط شدند شروع شد و از آن زمان تا کنون غلظت این آلاینده‌ها در اثر فعالیت‌های انسانی مداوم در حال افزایش است (لومبای^۷ و همکاران، ۱۹۹۸). تغییر اقتصاد جهان از ذغال سنگ به نفت در بین دو جنگ جهانی اتفاق افتاد و این عامل میزان آلاینده های آزاد شده به محیط را به شدت افزایش داد و از طرفی آلودگی‌های آلی نظیر PAHs^۸ و غیره را هم به آنها افزود. توسعه‌ی صنعت شیمی آلی منجر به تولید و تجارتي شدن مقدار بالایی از این

1 - Eney and Petzold

2 - Mining activities

3 - Almaden

4 - Wren

5 - Industrial Revolution

6 - Smith

7 - Lombi

8 - Polycyclic aromatic hydrocarbons

مواد جدید شد که بسیاری از این مواد برای حیات انسان و حیوانات، سمی هستند. PCB^۱s در دهه-۱۹۲۰ و DDT^۲ هم در دهه‌ی ۱۹۴۰ وارد بازار شدند. محاسبه شده است که سالانه حدود ۱۰۰ ترکیب جدید آلی و ۶۰-۹۰۰۰۰ ماده‌ی شیمیایی جدید تولید و وارد بازار و محیط می‌شود (آلووی و آیرس^۳ ۱۹۹۷). کشف و استفاده از انرژی هسته‌ای مقدار زیادی از رادیونوکلئیدها^۴ را وارد محیط کرده است که پتانسیل بالایی برای ایجاد آلودگی و سمیت برای انسان را دارند. بعد از انفجارهای هسته‌ای^۵ که در طی سال‌های ۱۹۴۵-۱۹۶۰ اتفاق افتاد، آزمایش‌های هسته‌ای و حوادث مختلف برای راکتورهای هسته‌ای مانند واقعه‌ی چرنوبیل منابع اصلی انتشار رادیو نوکلئیدها به محیط زیست و خاک به شمار می‌روند. از دهه‌های اخیر شهرنشینی و استانداردهای بالای زندگی در بسیاری از کشورها منجر به تولید مقادیر بالایی از مواد زائد شده است. امروزه مشکلات آلودگی به علت عملیات مدیریتی ضعیف در دفع این مواد و خطرات فراوان ایجاد شده در اثر آن در حال افزایش است.

۱-۲- آلودگی خاک

زمانی یک خاک را آلوده می‌نامیم که غلظت یک یا چند آلاینده نظیر فلزات سنگین یا ترکیبات آلی خطرناک موجود در آن از حد معینی بیشتر باشد (آلووی، ۱۹۹۵؛ لومبای و همکاران، ۱۹۸۸). تعریف ارائه شده توسط ناکس^۶ و همکاران (۱۹۹۹)، به آلودگی خاک در حالت طبیعی به عنوان حالت شیمیایی از خاک اشاره می‌کند که ترکیب خاک از حالت طبیعی خارج شده، اما اثرات مضر بر روی موجودات ندارد ولی آلودگی با منشاء انسانی زمانی رخ میدهد که عناصر یا مواد در غلظت‌های خیلی بیشتر از مقادیر طبیعی وجود دارند و بنابراین اثرات خالص مضر بر محیط زیست و اجزای آن دارند.

خاک یک جزء کلیدی در اکوسیستم‌های طبیعی به شمار می‌رود چرا که تحمل محیط زیست نسبت به انواع آلودگی‌ها به میزان تحمل اکوسیستم خاک بستگی دارد (آدریانو^۷ و همکاران،

-
- 1 - Polychlorinated biphenyls
 - 2 - Dichloro phenyl trichloro ethane
 - 3 - Alloway and Ayres
 - 4 - Radionuclides
 - 5 - Nuclear detonations
 - 6- Knox
 - 7 - Adriano

۱۹۹۸). خاک یک ترکیب پیچیده از بیوسفر است، زیرا نه تنها یک منبع ژئوشیمیایی برای آلاینده‌ها است بلکه می‌تواند به عنوان یک بافر طبیعی، کنترل کننده انتقال عناصر شیمیایی به اتمسفر، هیدروسفر، گیاهان و جانوران باشد (کاباتا-پندیاس، ۲۰۱۱). بر خلاف سایر اجزاء محیطی نظیر اتمسفر و آب، آلودگی‌ها زمان اقامت بسیار طولانی‌تری در خاک دارند. بدین ترتیب خاک به صورت ذخیره گاهی بزرگ و یا یک فیلتر عمل می‌کند که آلودگی‌ها به سرعت در آن جمع شده و به کندی از آن خارج می‌شوند (لومبای و همکاران، ۱۹۹۸). پوروس^۱ (۱۹۷۲) با توجه به آزمایش‌های گوناگون اظهار داشته بود که به نظر می‌رسد آلودگی خاک که در اثر مس، سرب و روی صورت بگیرد، امری دائمی خواهد بود. یعنی خروج این آلودگی‌ها از خاک بسیار کند است. آلودگی زدائی از خاک‌های آلوده شده به علت اهمیت آن در حفظ سلامت محیط زیست و تاثیر فراوان بر روی سلامتی انسان در حال تبدیل شدن به یک مشکل اجتماعی بزرگ است (کاباتا-پندیاس^۲، ۲۰۱۱). خاک‌های آلوده شده به فلزات سنگین ممکن است در دراز مدت باعث ایجاد خطرات جدی برای اکوسیستم و سلامتی انسان شوند. خطرات مرتبط با این مکان‌ها به مشخصات خاک (میزان رس، سزکوئی اکسیدها، ماده‌ی آلی و پی‌اچ)، فاکتورهای اقلیمی (بارندگی، باد، درجه حرارت) و رفتارهای محیطی آلاینده‌های سمی بستگی دارد (زائو^۳، ۲۰۰۳). تحرک پذیری فلزات سنگین در خاک‌ها تا اندازه‌ی زیادی متأثر از واکنش‌های جذب است که این واکنش‌ها فراهمی زیستی فلزات در خاک را کنترل می‌کنند (آلوی^۴، ۱۹۹۰؛ اسپارکس^۵، ۱۹۹۵). آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین مشکل بسیار بزرگی است که در سرتاسر جهان وجود دارد و در کشورهای مختلف توسط محققین مختلف به ثبت رسیده است. منابع آتروپوژنیکی آلوده کننده‌ی خاک‌ها شامل فعالیت‌های معدنی، ذوب کاری، فعالیت‌های صنعتی، فعالیت‌های الکترونیکی، استفاده از لجن فاضلاب، مکان‌های دفع مواد زائد و کودهای کشاورزی هستند (لدین^۶ و همکاران، ۱۹۹۶؛ کراوتا^۷ و همکاران، ۲۰۰۸؛ کاسپر^۸ و همکاران، ۲۰۰۴؛ ماچندر^۹ و همکاران، ۲۰۱۱؛ خان^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۸؛ ویدمر^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۵). یک تخمین از مکان‌های آلوده شده و هزینه لازم برای پاکسازی آنها در برخی از کشورها در جدول ۱-۱ آورده شده است.

-
- 1 - Purves
 - 2 - Kabata-pendias
 - 3 - Zhao
 - 4 - Alloway
 - 5 - Sparks
 - 6 - Ledin
 - 7 - Cravotta
 - 8 - Casper
 - 9 - Machender
 - 10 - Khan
 - 11 - Widmer

شواهد قوی وجود دارد که تعداد مکان‌های آلوده شده و هزینه‌ی اصلاحی لازم در بسیاری از کشورها غیر قابل بیان است، مثلاً در کشور آلمان که مقررات سخت زیست محیطی وجود دارد حدود ۲۰۰۰۰۰ هکتار از خاک‌ها آلوده شده که برای اصلاح آن نیاز به ۱۱۰ بیلیون دلار است (لومبای و همکاران، ۱۹۹۸). نگرانی عمومی در ارتباط با آلودگی خاک و محیط منجر به ترویج و وضع قوانین ملی و بین‌المللی برای کاهش آلودگی و تکنیک‌های مختلف برای اصلاح خاک‌های آلوده شده است.

جدول ۱-۱- مکان‌های مظنون به آلودگی و هزینه‌های لازم برای آلودگی‌زدایی از آنها

کشور	مکان‌های مظنون به آلودگی (هکتار)	هزینه‌ی تخمینی (بیلیون دلار)	منبع
استرالیا	۳۳۰	۰/۸	a
بلژیک	۸۳۰۰	-	b
دانمارک	۲۰۰۰۰	-	a
آلمان	۲۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۶-۱۱۰	a
ایتالیا	۵۶۰۰	-	b
نروژ	۲۵۰۰۰	۰.۲	a
هلند	۱۱۰۰۰۰	۲۸	a
انگلیس	۱۰۰۰۰۰-۵۰۰۰۰	۱۴-۳۲	a
امریکا	۳۵۰۰۰	۱۰	a

^a اورکاش^۱ (۱۹۹۶); ^b ایجساکرس و هامرس^۲ (۱۹۹۳).

آلودگی خاک‌های کشاورزی توسط فلزات سنگین، به واسطه‌ی اثرات زیان‌آور اکولوژیکی، از نگرانی‌های جدی محیطی محسوب می‌شود. خاک‌های کشاورزی در قسمت‌های زیادی از دنیا به صورت جزئی تا متوسط به وسیله‌ی فلزات سنگین مثل کادمیم، مس، روی، نیکل، کبالت، کروم، سرب و آرسنیک آلوده شده‌اند. این آلودگی می‌تواند به واسطه‌ی استفاده‌ی طولانی مدت از کودهای فسفوره، کاربرد لجن فاضلاب، فاضلاب‌های صنعتی و عملیات نامناسب آبیاری در اراضی کشاورزی باشد (بل^۳ و همکاران، ۲۰۰۱؛ اسپچورت^۴ و همکاران، ۲۰۰۱؛ پاساریلو^۱، ۲۰۰۲).

1 - Overcash

2 - Eijsackers and Hamers

3- Bell

4- Schwartz

۱-۲-۱- منابع آلودگی

۱-۱-۲-۱- منابع کانونی

منابع کانونی به فرایندهای آلوده کننده‌ی محلی و متمرکز در یک نقطه و جدا از هم اشاره دارد. منابع کانونی طبیعی شامل مواد زمین شناختی خاصی است که دارای مقادیر بالایی از فلزات سنگین و یا آلاینده‌های دیگر هستند. خاک‌های به وجود آمده از سنگ‌های سرپانتینی نمونه‌ای از این گونه آلودگی‌ها است (ریوورتس^۱، ۲۰۰۷). همچنین تجمع متمرکز و نقطه‌ای آلاینده‌ها می‌تواند از فعالیت‌های انسانی مانند معدن‌کاری و فرایندهای ذوب فلز نیز منشأ بگیرد. معمولاً منابع کانونی عامل ایجاد کننده‌ی غلظت‌های بسیار بالای آلودگی در یک سطح کوچک هستند (لومبای و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۱-۲-۱- منابع غیر کانونی

منابع غیر کانونی در ارتباط با فرایندهای پراکنده یا فعالیت‌های انسانی است که سطح بزرگی از زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهد. انتقالات اتمسفری، انتشارات آتش‌فشانی و مواد حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی فرایندهای رایجی هستند که از موارد آلوده کننده‌ی غیر نقطه‌ای بوده و بیشترین میزان آلاینده‌ها را وارد محیط می‌کنند. فعالیت‌های کشاورزی هم مثال دیگری از منابع غیر نقطه‌ای آلودگی هستند که مناطق بزرگی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (ریوورتس، ۲۰۰۷). بر خلاف منابع آلودگی نقطه‌ای که غلظت‌های بالایی از فلز یا آلاینده‌های دیگر را در یک نقطه متمرکز می‌کنند، منابع غیر کانونی آلودگی تحت تاثیر فرآیندهای مختلف رقیق‌کنندگی قرار می‌گیرند و از غلظت متمرکز آنها در یک نقطه کاسته می‌شود. تا اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ مشکلات بسیار مهم آلودگی در کشورهای توسعه یافته با تراکم جمعیتی زیاد اتفاق افتاده است (تولبند و مریان^۲، ۱۹۹۱؛ بارت و ال-هرمیت^۳، ۱۹۸۷؛ ای‌ال-خولی^۴، ۱۹۹۲). تاثیر انتشارات آلودگی از منابع غیر نقطه‌ای در اروپا و امریکا حتی در مناطق دور دستی نظیر قطب جنوب^۵ نیز تشخیص داده شده است. بارتنیکی^۶، (۲۰۰۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیده بود که انتقال اتمسفری فلزات سنگین یک فرایند بسیار مهم می‌باشد، تا جاییکه حدود ۹۰٪-۳۰٪ فلزات سنگین که از هر کشور به اتمسفر منتشر می‌شود، در کشور دیگری رسوب می‌نماید. با توجه به اهمیت موضوع و اطلاعات

1- Passariello

2 - Rieuwerts

3- Tolband and Merian

4 - Barth and L-hermet

5 - El-Kholy

6 - Antarctica

7 - Bartnicki