



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش خاک و پی

عنوان:

پاک سازی خاک های آلوده به گازوئیل با استفاده از روش خاک شویی

استاد راهنما:

دکتر حسن قاسم زاده

دانشجو:

محمد زینلی دهج

۸۸۰۱۲۲۴

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به :

پدر و مادر دلسوزم

و

همسر مهربانم

با تشکر و قدردانی از :

- ۱- استاد ارجمند جناب آقای دکتر قاسم زاده که در تمامی مراحل انجام و تدوین پایان نامه از راهنمایی‌ها و تجربیات علمی و مساعدت ایشان بهره‌مند گشته و نصایح ایشان همواره فرا راه دانش اندوزی من بوده است.
 - ۲- استادان گرامی آقایان دکتر میر باقری و دکتر عبدی که برزگوارانه از مساعدت و یاری بنده در امور آزمایشگاهی، دریغ نفرمودند.
 - ۳- جناب آقای نجارزاده که در ساخت دستگاه تجربیات خود را در اختیار بنده قرار دادند.
 - ۴- مسئول محترم آزمایشگاه مکانیک خاک جناب آقای منافی جهت همکاری و مساعدت بی‌دریغشان.
 - ۵- جناب آقای مهندس طبیعت نژاد که از راهنمایی‌هایشان در راستای این پایان‌نامه دریغ نفرمودند.
- و تمامی کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده‌اند.

چکیده :

امروزه آلودگی خاک به انواع مواد نفتی (TPH : total petroleum hydrocarbon) از جمله معضلاتی است که محیط زیست انسان و سایر موجودات زنده وابسته به خاک را با خطر جدی مواجه نموده است. پاک‌سازی این آلاینده در خاک به دلیل سمی و شیمیایی بودن از اهمیت بسزایی برخوردار است.

موضوع اصلی پیگیری شده در این پایان نامه بررسی روش خاک‌شویی به کمک شوینده سورفکتانت به عنوان یکی از روش‌های فیزیکی-شیمیایی جهت پاک‌سازی خاک از گازوئیل بوده است. جهت انجام این تحقیق از خاک با دانه‌بندی مشخص که به صورت مصنوعی به گازوئیل آلوده شد، مورد استفاده قرار گرفته است. میزان آلودگی خاک پس از آلوده سازی از طریق آزمایش TPH در حدود 104 gr/kg گزارش شد. پروسه پاک‌سازی خاک به روش خاک‌شویی، بوسیله دستگاه خاک‌شویی که در راستای این تحقیق طراحی و ساخته شد؛ در مقیاس نیمه صنعتی انجام پذیرفته است. در این تحقیق از یک سورفکتانت آنیونی و دو سورفکتانت غیریونی به عنوان شوینده استفاده شده؛ که به ترتیب عبارتند از: SDS، Tween ۸۰ و Brij۳۵. علاوه بر بررسی روش خاک‌شویی به صورت دگرجا، بررسی عوامل تاثیرگذار بر بازده خاک‌شویی از جمله نوع سورفکتانت، غلظت مناسب آن، pH و دما مد نظر قرار گرفته است. در ادامه پس از انجام پروسه خاک‌شویی و بررسی عوامل تاثیرگذار بر بازده آن، بازیابی سورفکتانت‌های استفاده شده در این تحقیق به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار در انتخاب سورفکتانت مناسب پرداخته شده است.

در انتها با در نظر گرفتن تمامی عوامل ذکر شده در بالا از میان سه سورفکتانت استفاده شده سورفکتانت SDS به عنوان سورفکتانت برگزیده جهت پاک‌سازی خاک آلوده به گازوئیل پیشنهاد می‌شود. غلظت بهینه این سورفکتانت غلظت معادل CMC 100 (0.84 گرم بر لیتر) انتخاب شده است. در این غلظت میزان پاک‌سازی خاک، در حدود $88/55\%$ گزارش شد. از طریق افزایش pH ($pH=11$) و افزایش دما آب مورد استفاده در مرحله آبکشی (افزایش دما از 14°C دمای 35°C) میزان پاک‌سازی به ترتیب به 96% و $98/55\%$ افزایش یافت. این در حالی است که میزان بازیابی این سورفکتانت بطور میانگین حدود $54/38\%$ بوده است؛ در ادامه به بررسی بازده خاک‌شویی پس از افزودن نمک طعام به محلول شوینده با غلظت بهینه انتخاب شده از سورفکتانت SDS پرداخته شد. با انجام این آزمایش‌ها این نتیجه حاصل شد که افزودن نمک طعام به محلول شوینده نیز به عنوان یک عامل بهبود دهنده جهت حذف گازوئیل از خاک عمل نموده است.

واژه‌های کلیدی : پاک‌سازی خاک، خاک‌شویی، گازوئیل، سورفکتانت، میزان پاک‌سازی، بازیابی سورفکتانت

فهرست مطالب :

۱	فصل اول: مقدمه.....
۱-۱	۱-۱ پیشگفتار.....
۵-۱	۲-۱ طرح مساله.....
۶-۱	۳-۱ هدف تحقیق.....
۶-۱	۴-۱ روش تحقیق.....
۷-۱	۵-۱ ساختار پایان نامه.....
۸	فصل دوم: مبانی تئوری و مروری بر فعالیت‌های پیشین.....
۸-۲	۱-۲ مقدمه.....
۹-۲	۲-۲ خاک.....
۹-۲-۲	۱-۲-۲ طبقه بندی خاک.....
۱۲-۲	۳-۲ آلاینده‌های خاک.....
۱۳-۲	۱-۳-۲ مقدمه‌ای بر ترکیبات نفتی.....
۱۶-۲	۲-۳-۲ هیدروکربن‌ها.....
۱۸-۲	۴-۳-۲ گازوئیل.....
۲۲-۲	۴-۲ پاک‌سازی خاک از آلاینده‌های نفتی.....
۲۲-۲-۴	۱-۴-۲ روش‌های پاک‌سازی بیولوژیکی.....
۲۳-۲-۴	۲-۴-۲ روش‌های پاک‌سازی شیمیایی.....
۲۴-۲-۴	۳-۴-۲ روش‌های پاک‌سازی فیزیکی.....
۲۸-۲	۵-۲ خاک‌شویی.....
۳۰-۲-۵	۱-۵-۲ انواع خاک‌شویی.....
۳۲-۲-۵	۲-۵-۲ نکاتی در مورد روش خاک‌شویی دگرجا.....
۳۲-۲-۵	۳-۵-۲ مزایای روش خاک‌شویی دگرجا.....
۳۳-۲-۵	۴-۵-۲ عوامل موثر بر خاک‌شویی.....
۳۶-۲	۶-۲ محلول شستشو.....
۳۹-۲	۷-۲ سورفکتانت.....
۴۰-۲-۷	۱-۷-۲ چگونگی عملکرد سورفکتانت.....
۴۳-۲-۷	۲-۷-۲ تقسیم‌بندی سورفکتانت‌ها.....
۴۶-۲-۷	۳-۷-۲ معیارهای انتخاب سورفکتانت.....

۴۹.....	۸-۲ کربن فعال و نحوه عملکرد آن.....
۵۱.....	۹-۲ مروری بر فعالیت‌های پیشین.....
۵۱.....	۱-۹-۲ مروری بر پیشینه حذف هیدروکربن‌های نفتی از خاک به روش خاک‌شویی.....
۶۳.....	۲-۹-۲ مروری بر پیشینه بازیابی سورفکتانت.....
۶۶.....	فصل سوم: روش تحقیق و مواد مورد استفاده.....
۶۶.....	۱-۳ مقدمه.....
۶۷.....	۲-۳ خاک مصرفی.....
۶۷.....	۱-۲-۳ آماده سازی شیشه‌آلات و وسایل مورد استفاده در آزمایش.....
۶۷.....	۲-۲-۳ تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک.....
۷۹.....	۳-۳ نحوه آماده سازی نمونه آلوده به گازوئیل.....
۷۹.....	۱-۳-۳ آماده سازی خاک مصرفی جهت آلوده‌سازی.....
۷۹.....	۲-۳-۳ آلوده سازی نمونه‌های خاک به گازوئیل.....
۸۰.....	۳-۳-۳ نگهداری نمونه‌های آلوده.....
۸۲.....	۴-۳ سورفکتانت مورد استفاده.....
۸۲.....	۱-۴-۳ انتخاب سورفکتانت.....
۸۳.....	۲-۴-۳ آماده سازی محلول سورفکتانت جهت استفاده در فرآیند خاک‌شویی.....
۸۴.....	۵-۳ دستگاه خاک‌شویی.....
۸۵.....	۱-۵-۳ مخزن نگهداری خاک آلوده.....
۸۵.....	۲-۵-۳ مخزن تحت فشار سیال.....
۸۵.....	۳-۵-۳ مخلوط ساز خاک آلوده با محلول شوینده.....
۸۶.....	۴-۵-۳ جداساز محلول شوینده از خاک مورد پاک‌سازی.....
۸۶.....	۵-۵-۳ مجرای آبکشی خاک مورد پاک‌سازی.....
۸۹.....	۶-۳ نحوه انجام آزمایش خاک‌شویی دگرجا و محاسبه میزان TPH موجود در خاک.....
۸۹.....	۱-۶-۳ فرآیند خاک‌شویی دگرجا :.....
۹۰.....	۲-۶-۳ خشک نمودن نمونه‌های مورد شستشو.....
۹۱.....	۳-۶-۳ اندازه‌گیری گازوئیل موجود در خاک.....
۹۶.....	۷-۳ بازیابی سورفکتانت.....
۹۶.....	۱-۷-۳ نحوه تهیه فیلتر کربن فعال.....
۹۷.....	۲-۷-۳ نحوه نمونه‌گیری از پساب در حین خاک‌شویی.....

۹۸.....	۳-۷-۳ نحوه انجام آزمایش بازیابی سورفکتانت.....
۹۹.....	۳-۷-۴ اندازه‌گیری میزان سورفکتانت در محلول.....
۱۰۳.....	فصل چهارم: نتایج و بحث.....
۱۰۳.....	۱-۴ مقدمه.....
۱۰۴.....	۲-۴ ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک در این تحقیق.....
۱۰۴.....	۱-۲-۴ ویژگی‌های عمومی خاک.....
۱۰۴.....	۲-۲-۴: منحنی دانه بندی خاک.....
۱۰۵.....	۳-۲-۴ مقادیر ترکیبات شیمیایی.....
۱۰۵.....	۳-۴ غلظت اولیه آلاینده در خاک پیش از خاک‌شویی.....
۱۰۶.....	۴-۴ بررسی اثر غلظت سورفکتانت‌ها بر حذف گازوئیل.....
۱۰۶.....	۱-۴-۴ بررسی اثر غلظت سورفکتانت‌ها بر حذف گازوئیل براساس CMC.....
۱۱۳.....	۲-۴-۴ بررسی اثر غلظت سورفکتانت‌ها بر حذف گازوئیل براساس غلظت ثابت.....
۱۱۵.....	۵-۴ بررسی اثر دمای محلول آبکشی در حذف گازوئیل از خاک.....
۱۱۶.....	۱-۵-۴ بررسی اثر دمای محلول آبکشی بر بازده سورفکتانت SDS.....
۱۱۷.....	۲-۵-۴ بررسی اثر دمای محلول آبکشی بازده سورفکتانت Tween ۸۰.....
۱۱۸.....	۳-۵-۴ بررسی اثر دمای محلول آبکشی بر بازده سورفکتانت Brij ۳۵.....
۱۱۹.....	۴-۵-۴ توجیه اثر دمای محلول آبکشی بر بازده سورفکتانت SDS، Tween ۸۰ و Brij ۳۵.....
۱۲۰.....	۶-۴ بررسی اثر pH محلول شوینده بر حذف گازوئیل از خاک.....
۱۲۰.....	۱-۶-۴ بررسی اثر pH محلول شوینده بر بازده سورفکتانت SDS.....
۱۲۲.....	۲-۶-۴ بررسی اثر pH محلول شوینده بر بازده سورفکتانت Tween ۸۰.....
۱۲۳.....	۳-۶-۴ بررسی اثر pH محلول شوینده بر بازده سورفکتانت Brij ۳۵.....
۱۲۴.....	۴-۶-۴ توجیه اثر pH محلول شوینده بر بازده سورفکتانت SDS، Tween ۸۰ و Brij ۳۵.....
۱۲۶.....	۷-۴ بررسی میزان بازیابی سورفکتانت SDS، Tween ۸۰ و Brij ۳۵.....
۱۲۸.....	۸-۴ بررسی اقتصادی تهیه سورفکتانت.....
۱۳۰.....	۹-۴ تاثیر افزودن نمک طعام بر روند پاکسازی.....
۱۳۲.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....
۱۳۲.....	۱-۵ مقدمه.....
۱۳۳.....	۲-۵ نتیجه‌گیری.....
۱۳۶.....	۳-۵ پیشنهادات.....

فهرست جداول :

- جدول ۱-۲: حدود جدا کننده‌ی اندازه‌ی خاک ۱۰
- جدول ۲-۲: ویژگی‌های فرآورده گازوئیل ۱۸
- جدول ۳-۲: انواع سورفکتانت و خصوصیات آن‌ها ۴۵
- جدول ۱-۳: اندازه نمونه‌های مرطوب خاک برای تعیین درصد رطوبت ۷۴
- جدول ۲-۳: برخی از خواص سورفکتانت‌های مورد استفاده ۸۳
- جدول ۱-۴: برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک ۱۰۴
- جدول ۲-۴: نتایج آزمایش TPH برای نمون‌های آلوده ۱۰۶
- جدول ۳-۴: غلظت معادل X برابر CMC برای شوینده‌های مورد استفاده ۱۰۷
- جدول ۴-۴: قیمت سورفکتانت تهیه شده از شرکت Merck ۱۲۸

فهرست اشکال :

- شکل ۱-۲: روش‌های پاک‌سازی خاک‌های آلوده ۲۷
- شکل ۲-۲: نمایی کلی از پاک‌سازی به روش خاک‌شویی ۲۹
- شکل ۳-۲: شکل شماتیک از یک ملکول شوینده ۳۹
- شکل ۴-۲: شکل شماتیک تشکیل میسل ۳۹
- شکل ۵-۲: طرح کلی تغییرات بعضی از خواص محلول سورفکتانت با افزایش غلظت ۴۰
- شکل ۶-۲: یک طرح کلی از عملکرد سورفکتانت ۴۱
- شکل ۷-۲: رابطه میان غلظت شوینده و میزان حلالیت ۴۳
- شکل ۸-۲: تصویری از کربن فعال با توجه به اندازه ذرات ۴۹
- شکل ۱-۳: نمایی از آزمایش دانه‌بندی با الک ۶۹
- شکل ۲-۳: نمایی از گرمکن مورد استفاده جهت تعیین رطوبت خاک ۷۵
- شکل ۳-۳: دستگاه pH سنج ۷۶
- شکل ۴-۳: نمایی از ترازو مورد استفاده ۷۷
- شکل ۵-۳: دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ۷۸
- شکل ۶-۳: نمونه آلوده خاک ۸۰
- شکل ۷-۳: نمایی کلی از سورفکتانت‌های مورد استفاده ۸۲
- شکل ۸-۳: نحوه آماده‌سازی محلول شوینده ۸۴
- شکل ۹-۳: نمایی جانبی از دستگاه خاک‌شویی ۸۷
- شکل ۱۰-۳: نمایی شماتیک از نحوه عملکرد دستگاه خاک‌شویی ۸۸
- شکل ۱۱-۳: نحوه ارسال نمونه به واحد اندازه‌گیری TPH ۹۱
- شکل ۱۲-۳: نمایی کلی از دستگاه التراسونیک ۹۳
- شکل ۱۳-۳: نمای کلی از ستون شیشه‌ای حاوی پنبه استریل ۹۴
- شکل ۱۴-۳: نمایی کلی از فیلتر کربن فعال ۹۷
- شکل ۱۵-۳: نحوه نمونه‌گیری از پساب ۹۸
- شکل ۱۶-۳: دستگاه اسپکتروفوتومتر ۹۹

فهرست نمودارها

- نمودار ۴-۱: منحنی دانه بندی خاک ۱۰۴
- نمودار ۴-۲: روند حذف گازوئیل از خاک بوسیله سورفکتانت SDS ۱۰۸
- نمودار ۴-۳: روند حذف گازوئیل از خاک بوسیله سورفکتانت Tween ۸۰ ۱۰۹
- نمودار ۴-۴: روند حذف گازوئیل از خاک بوسیله سورفکتانت Brij ۳۵ ۱۱۰
- نمودار ۴-۵: روند حذف گازوئیل از خاک بوسیله سورفکتانت SDS ، Tween ۸۰ و Brij ۳۵ ۱۱۱
- نمودار ۴-۶: روند حذف گازوئیل از خاک بوسیله سورفکتانت SDS ، Tween ۸۰ و Brij ۳۵ در غلظت ثابت ۱۱۳
- نمودار ۴-۷: تاثیر دمای آب در مرحله آبکشی بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت SDS ۱۱۶
- نمودار ۴-۸: تاثیر دمای آب در مرحله آبکشی بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت Tween ۸۰ ۱۱۷
- نمودار ۴-۹: تاثیر دمای آب در مرحله آبکشی بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت Brij ۳۵ ۱۱۸
- نمودار ۴-۱۰: تاثیر pH محلول شوینده بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت SDS ۱۲۱
- نمودار ۴-۱۱: تاثیر pH محلول شوینده بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت Tween ۸۰ ۱۲۲
- نمودار ۴-۱۲: تاثیر pH محلول شوینده بر بازده خاک شویی بوسیله سورفکتانت Brij ۳۵ ۱۲۳
- نمودار ۴-۱۳: میزان بازیابی سورفکتانت SDS، Tween ۸۰ و Brij ۳۵ ۱۲۷
- نمودار ۴-۱۴: مقایسه قیمت سورفکتانت SDS، Tween ۸۰، Brij ۳۵ برای حذف gr/kg ۱۰۰ گازوئیل از خاک ۱۲۹
- نمودار ۴-۱۵: بررسی اثر افزودن نمک طعام بر حذف گازوئیل از خاک برای سورفکتانت SDS ۱۳۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

با رشد صنعت در جوامع و افزایش تولیدات شیمیایی، مواد زائد شیمیایی نیز گسترش روز افزون پیدا کرده است، به علت عدم توجه به مسائل زیست محیطی همراه با پیشرفت تکنولوژی هم اکنون محیط زیست به انواع مواد سمی و نیمه سمی آلوده شده است. سهل انگاری در بررسی این پدیده می تواند باعث بروز خطرات و مشکلات اساسی در جوامع بشری گردد.

محیط زیست تشکیل یافته از آب، هوا و خاک است. آلودگی آب و هوا شاید بخاطر خطرات محسوس خود بیشتر از خاک مورد توجه قرار گیرد؛ بیماری های متعدد و مرگ و میرهای مختلف که در اثر آلودگی آب و هوا در طول تاریخ اتفاق افتاده، باعث حساسیت بیشتر جامعه بشری به این دو عنصر زیست محیطی گردیده است؛ با این حال خاک به عنوان یک عنصر اساسی برای زندگی و تولید مواد غذایی جانداران دارای اهمیت

فوق‌العاده‌ای است. امروزه دنیا با کمبود مواد غذایی روبرو است و برای جبران این کمبود درسایت‌های تحقیقاتی در تلاشند تا حداکثر محصول را از زمین کشاورزی بدست آورند، آلودگی خاک یک عنصر بازدارنده و تخریب کننده بوده و از آنجایی که تمام کشورها با محدودیت زمین‌های نامرغوب روبرو هستند و این امکان برایشان وجود ندارد تا تکه‌ای از زمین‌های خود را جهت کارهای صنعتی ویا دفع زباله آلوده باقی بگذارند، بحث پاک‌سازی خاک بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد [۱].

خاک به عنوان بستری برای فعالیت‌های بشری نقشی حیاتی در زندگی انسان دارد. انسان غذای خود را از دل خاک بیرون کشیده، مواد معدنی و کانی‌های ارزشمند آن را استخراج کرده و تمدن خود را بر روی آن بنا کرده است. بقا وادامه تمدن بشری و زندگی نسل‌های آینده وابسته به پاکیزه نگه داشتن و محافظت خاک از آلودگی‌های مضر است. آلودگی محیط زیست از جمله مهم‌ترین مباحث سال‌های اخیر محسوب می‌شود. تاثیر فعالیت‌های بشر در محیط پیرامونش با توجه به افزایش جمعیت و گسترش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در عرصه‌های گوناگون زندگی بشر فشارهای زیادی را بر محیط زیست وارد کرده و با آلوده کردن منابع زیستی سلامت موجودات روی زمین را در معرض خطر قرار داده و باعث وارد کردن خسارات جبران ناپذیری بر پیکره کره خاکی شده است [۲].

رشد فزاینده آلاینده‌های زیست محیطی در خاک به علت مصرف بی‌رویه انرژی و منابع طبیعی سبب بروز پیامدهای ناگوار گشته است. آلودگی خاک، خطر انقراض بسیاری از گونه‌های حیات وحش، بر هم خوردن توازن زندگی موجودات زنده، تهدید سلامتی انسان و بروز بسیاری از بیماری‌های خطرناک را سبب شده است. کنترل مصرف انرژی و بهبود وضعیت محیط زیست آلوده، به عنوان چالش‌های حائز اهمیت در پیش روی محققین قرار گرفته؛ به همین علت اهمیت حفاظت از محیط زیست و سلامتی بشر و همچنین منافع اقتصادی، زدودن آلودگی از خاک‌های آلوده را به یک مسئله اجتماعی و سیاسی تبدیل نموده است. در کشورهای توسعه یافته با صرف هزینه‌های گزاف و بکارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته برای رسیدن به این هدف کوشش می‌کنند. یکی از روش‌های مقابله با آلودگی خاک وضع نمودن قوانین ومقراراتی جهت

جلوگیری از آلودگی است. به دلیل اهمیت این موضوع در ایالات متحده آمریکا به منظور حفظ و نگهداری محیط زیست و جلوگیری از آلودگی خاک دو قانون به تصویب رسیده است :

۱) قانون حفظ منابع و بازیافت (RCRA^۱) : که در واقع این مقررات مربوط به تولید، انتقال و دفن مواد زائد خطرناک و سمی را مشخص می کند.

۲) قانون جامع پاسخ زیست محیطی جبران و مسئولیت پذیری (CERCLA^۲) [۱ و ۳].

به طور کلی نحوه آلوده نمودن خاک را می توان به سه گروه تقسیم بندی نمود که عبارتند از : ۱- ریختن زباله ها ۲- دفع نادرست زباله ها ۳- آلودگی های ناشی از فعالیت های صنعتی [۴].

از این میان آلودگی ها، آلودگی های مربوط به فعالیت های صنعتی صدمات زیان بارتری به دنبال دارند. از جمله این آلودگی ها می توان به آلودگی ناشی از فرآورده های نفتی اشاره نمود. در طی سالیان اخیر افزایش سریع جمعیت جهان، منجر به نیاز شدید این جمعیت به سوخت و انواع فرآورده های نفتی^۳ شده است. مصرف این فرآورده ها بخشی از این مواد در محیط انتشار می یابد، همچنین فعالیت تولیدی صنعت نفت نیز موجب تولید آلاینده های نفتی متعددی می گردد که این آلاینده ها به علت سمیت، پتاسیل جهش زایی، اثرات سرطان زایی بالقوه و توانایی ورود به چرخه غذایی جز مهمترین آلاینده های محیط زیست محسوب می گردند [۵].

انتشار فرآورده های نفتی به داخل محیط می تواند در اطراف پالایشگاه ها، جایگاه های سوخت گیری، مخازن ذخیره سازی فرآورده های نفتی و نیز محل عبور لوله های انتقال آن مواد صورت پذیرد. ریخت و پاش ها و نشت فرآورده های نفتی در نهایت منجر به نفوذ این مواد در لایه های مختلف زمین خواهد شد. بر اساس گزارش های اعلام شده؛ کشور ایران با توجه به دارا بودن ۸/۵۸ درصد از منابع نفتی جهان، دارا بودن مقام دوم در ذخایر گازی جهان، وجود بیش از ۲۰۰۰۰ کیلومتر خط انتقال نفت و گاز در آن، دارا بودن بیش از

^۱ Resource Conservation and Recovery Act

^۲ Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act

^۳ Petroleum production

۸۰۰۰ ایستگاه سوخت‌گیری ۹۰۰۰ تانکر حمل نفت به میزان زیادی در معرض آلوده شدن محیط زیست به فرآورده‌های نفتی قرار دارد [۵ و ۲]. با توجه به مطالب بالا رسیدگی به بحث پاک‌سازی خاک‌های آلوده و همچنین ارایه پیشنهادها و راه‌حل‌های مناسب در این زمینه، بیش از هر چیز لازم است.

از جمله آلاینده‌های نفتی که به وفور در خاک مشاهده شده است؛ می‌توان به گازوئیل^۴ اشاره نمود. گازوئیل پس از اینکه وارد خاک می‌شود با آب و هوا برای جایگزینی در حفره‌ها به رقابت می‌پردازد. در ناحیه غیر اشباع خاک انتقال و مهاجرت آلاینده‌ها به لایه‌های زیرین بر اساس نیروی مکش و همچنین نیروی گرانش صورت می‌پذیرد. بین ناحیه اشباع و غیر اشباع، یک ناحیه نوسانی وجود دارد که در این ناحیه سطح آب، مرز ساکن ندارد و به صورت دوره‌ای نوسان می‌کند. در اثر نوسان آب و حرکت عمودی آن، توده هیدروکربن موجود در فضای حفره‌های خاک یا هیدروکربن‌های جذب شده بر روی سطح ذرات خاک، جدا می‌شوند و وارد آب می‌گردند. در نتیجه آلاینده‌ها از خاک به آب‌های زیر زمینی انتقال می‌یابند. همچنین این آلودگی‌ها به هنگام بارش باران و جاری شدن روان‌آب به درون رودخانه‌ها و سدها نفوذ کرده و آبهای سطحی را نیز آلوده می‌کنند. باید در نظر داشت که آلودگی تمایل به داشتن زمان ماندگاری طولانی‌تری در خاک نسبت به آب و هوا دارد و از خاک به عنوان فیلتری جهت ته نشین شدن استفاده می‌کند تا به سرعت در آن جمع شده و به کندی تجزیه شوند [۶].

امروزه روش‌های مختلفی برای رفع آلودگی در خاک ابداع و ارائه شده است. اما روش‌هایی که در ابتدا برای کنترل آلودگی خاک بکار می‌رفت اغلب شامل حفاری و جداسازی خاک آلوده از محل و دفن آن در یک مدفن زباله بود. نیاز به فضا و انتشار مواد موجود در این مدفن‌ها موجب شد که روش‌های موقت دفع آلودگی نا مناسب شناخته شده و روش‌های دائمی برای رفع آلودگی از خاک‌ها مطرح گردد. همانطور که گفته شد، خاک یکی از عنصرهای مهم در طبیعت بوده است؛ که تاثیر زیادی در زندگی حیوانات، گیاهان و بالاخره انسان دارد. هرگونه تغییر در ترکیبات خاک یا افزایش آلودگی آن می‌تواند اثرات مخربی بر تمامی موجودات بگذارد. به همین دلیل پالایش خاک از آلودگی‌های مختلف می‌تواند بسیار مهم باشد [۷].

^۴ Diesel oil

در سال‌های اخیر روش‌های پاکسازی متعددی ابداع شده که از لحاظ نوع فرآیند به چهار دسته کلی بیولوژیکی^۵، شیمیایی^۶، فیزیکی^۷ و فیزیکی-شیمیایی^۸ تقسیم شده و از جهت طریقه اجرا در دو دسته خارج از محل آلوده^۹ و در محل آلوده^{۱۰} طبقه بندی می‌گردد. از جمله روش‌های پاکسازی خاک از آلاینده‌های نفتی میتوان به گیاه‌پالایی^{۱۱}، پاکسازی از طریق میکروارگانیسم‌های موجود در خاک^{۱۲}، اکسیداسیون شیمیایی^{۱۳}، استخراج بخارات^{۱۴}، روش سوزاندن^{۱۵}، روش خاک‌شویی^{۱۶} و... اشاره نمود [۸].

در این پایان نامه از میان فرآیندهای موجود جهت پاکسازی خاک‌های آلوده که در بالا به آن‌ها اشاره شد، روش فیزیکی-شیمیایی خاک‌شویی که مبتنی بر استفاده آب (مایع پایه) به همراه شوینده، جهت پاکسازی خاک ماسه‌ای ریزدانه دار، که به صورت مصنوعی به گازوئیل آلوده شده است مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱ طرح مساله

در طی چندین دهه‌ی اخیر محققان روش‌های مختلفی را جهت پاکسازی خاک‌های آلوده به آلاینده‌های نفتی ارائه و بررسی نموده‌اند. از جمله روش‌هایی که علاوه بر اقتصادی بودن آن، میزان عملکرد قابل توجهی در این زمینه دارد؛ روش خاک‌شویی به صورت دگرجا بوده است. در گذشته از روش خاک‌شویی بیشتر به صورت آزمایشگاهی استفاده شده و در مواردی نیز از این روش به عنوان روش مکمل با دیگر روش‌های پاکسازی، جهت کاهش میزان غلظت آلاینده در خاک‌ها با میزان آلودگی زیاد، استفاده شده است. در موارد بسیار معدودی از این روش به صورت منفرد برای پاکسازی خاک در اشل صنعتی استفاده شده است.

-
- ۵ Biological method
 - ۶ Chemical method
 - ۷ PPhysical method
 - ۸ Chemical-PPhysical method
 - ۹ Ex-situ method
 - ۱۰ In-situ method
 - ۱۱ pHotoremediation
 - ۱۲ Bioremediation
 - ۱۳ Chemical Oxidation
 - ۱۴ Soil Vapor Extraction
 - ۱۵ Incenration
 - ۱۶ Soil washing or Flushing

تاریخچه این روش در ایران سابقه‌ی چندانی نداشته و تا به حال به صورت آزمایشگاهی انجام گرفته است. این تحقیق برای بررسی عملکرد این روش و برخی از پارامترهای تاثیرگذار بر این روش، به عنوان یک روش جهت پاک‌سازی خاک های آلوده به آلاینده‌های نفتی، به صورت صنعتی انجام شده است.

۳-۱ هدف تحقیق

هدف این تحقیق پاک‌سازی خاک آلوده به گازوئیل با استفاده از چند سورفکتانت^{۱۷} مختلف و تعیین غلظت سورفکتانت مورد نظر است. مناسب بودن سورفکتانت و غلظت مناسب آن با توجه به میزان پاک‌سازی خاک از گازوئیل و همچنین هزینه‌های انجام کار تعیین می‌گردد. در این راستا، صنعتی نمودن روش انجام کار نیز در نظر بوده؛ تا بتوان با این تحقیق به راه‌حلی برای یکی از مشکلات اساسی محیط زیست چه در ایران و چه در جهان دست یافت.

۴-۱ روش تحقیق

پاک‌سازی خاک آلوده به گازوئیل در این تحقیق به روش مطالعات کتابخانه‌ای و آزمایش‌های نیمه صنعتی است. بخش مطالعاتی این تحقیق خود شامل مطالعات مربوط به چگونگی انجام فرآیند خاک‌شویی و مطالعات مربوط به انتخاب سورفکتانت مناسب بوده است.

بخش آزمایشگاهی در این تحقیق که پس از ساخت دستگاه خاک‌شویی و انتخاب سورفکتانت‌های مورد نظر جهت پاک‌سازی خاک از گازوئیل آغاز می‌شود؛ شامل چهار بخش است. بخش اول مرحله آزمایشگاهی به استفاده از غلظت‌های متفاوت سورفکتانت‌های انتخابی و بررسی تاثیر غلظت‌های متفاوت این سورفکتانت‌ها در میزان حذف گازوئیل از خاک محدود می‌شود. بخش دوم مرحله آزمایشگاهی مربوط به تاثیر دما در فرآیند خاک‌شویی بوده است. در ادامه، بخش سوم مرحله آزمایشگاهی اثر pH را بر محلول شوینده مورد بررسی قرار داده‌ایم. در نهایت به بازیابی سورفکتانت‌های مورد استفاده در این تحقیق پرداخته‌ایم.

^{۱۷} Surfactant

در انتها با در نظر گرفتن تمامی عوامل ذکر شده در بالا، از میان سورفکتانت‌های انتخاب شده، یک سورفکتانت با غلظت مشخص و شرایط آزمایشگاهی بهینه را به عنوان بهترین سورفکتانت جهت پاک‌سازی خاک از گازوئیل معرفی می‌شود.

۵-۱ ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه در ۵ فصل جهت نیل به اهداف بیان شده، تهیه و تنظیم شده است.

در فصل اول مقدمه‌ای در مورد پاک‌سازی خاک و ضرورت پرداخت به این موضوع بیان شده و سپس به صورت اجمالی با چگونگی تحقیق و ساختار پایان‌نامه اشاره شده است. در فصل دوم به بیان مبانی تئوری و همچنین بررسی دقیق روش خاک‌شویی با کمک شوینده سورفکتانت و نحوه عملکرد این شوینده در مورد چگونگی جداسازی آلاینده از خاک پرداخته شده است. در ادامه به بیان فعالیت‌های صورت گرفته در خاک‌شویی و بازیابی سورفکتانت به صورت موردی در این فصل مبادرت نموده‌ایم. در فصل سوم به صورت مفصل، علاوه بر بیان مواد مورد استفاده در این تحقیق به بیان چگونگی انجام آزمایش‌ها و فرآیند خاک‌شویی پرداخته شده است. در فصل چهارم معطوف به مشاهده نتایج بدست آمده و بررسی چرایی نتایج حاصله پرداخته شده و در نهایت در فصل پنجم به نتیجه‌گیری از آزمایش‌های انجام شده پرداخته و در انتها جهت پیشرفت و چگونگی عملکرد بهتر روش خاک‌شویی پیشنهاداتی ارائه شده است.

فصل دوم

مبانی تئوری و مروری بر فعالیت‌های پیشین

۱-۲ مقدمه

برای بررسی هر پدیده، نیاز به شناخت مفاهیم پایه و کلیاتی بوده که زمینه‌ی درک موضوع را ساده‌تر و کامل‌تر فراهم می‌کند. در این بخش، به شرح مختصری از تعاریف و کلیات مورد نیاز برای آشنایی با موضوع پاک‌سازی خاک آلوده به فرآورده‌های نفتی به روش خاک‌شویی خارج از محل با استفاده از محلول شوینده، اشاره شده است. بدین منظور، در ابتدا به اجمال، به معرفی ساختار خاک و آلاینده‌های احتمالی موجود در خاک پرداخته شده و به دنبال آن به معرفی هیدروکربن‌های نفتی، به عنوان یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌های خاک، اشاره گردیده است. در ادامه روش‌های مختلف پاک‌سازی خاک آلوده و مزایا و معایب آن، به طور خلاصه بیان شده، سپس روش خاک‌شویی و نحوه عملکرد آن جهت پاک‌سازی خاک و مواد مورد استفاده در این روش مطرح گردیده است. در انتها به بیان فعالیت‌های پیشین که در این زمینه انجام شده است پرداخته شده است.

۲-۲ خاک

در علوم مهندسی، خاک مخلوط غیر یکپارچه‌ای (غیر سمته‌ای) از دانه‌های کانی و مواد آلی فاسد شده‌ای است که فضای خالی بین آنها توسط آب و هوا (گازها) اشغال شده است. دانه‌های کانی که تشکیل دهنده‌ی قسمت جامد خاک هستند، از هوازدگی سنگ‌ها بوجود می‌آیند [۹]. ویژگی‌های خاک از نظر ساختار فضایی (نحوه قرارگیری ذرات در کنار هم) و فیزیکی متغیر است و به اثرات ترکیبی آب و هوا، فعالیت زیستی، مکان‌نگاری (توپوگرافی) و ترکیب معدنی سنگ منشأ، بستگی دارد [۱۱ و ۱۰]. بر اساس وزن خشک، تقریباً ۹۳٪ تا ۹۹٪ خاک‌ها را مواد معدنی و باقیمانده‌ی آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد. به‌استثناء خاک‌های آلی که بخش بسیار کمی از خاک‌ها را در بر می‌گیرند، قسمت عمده‌ی مواد خاک، معدنی بوده و از رسوب‌های زمین‌شناختی جامد، مشتق شده است. قسمت معدنی خاک غالباً بر حسب توزیع اندازه‌ی ذرات آن توصیف می‌گردد [۱۱ و ۱۰]. دامنه‌ی تغییرات اندازه‌ی دانه‌ها وسیع است. بسیاری از خواص فیزیکی خاک، توسط اندازه، شکل و ترکیبات شیمیایی دانه‌های آن دیکته می‌شود [۹].

۲-۲-۱ طبقه‌بندی خاک

تاکنون سیستم‌های متعددی برای طبقه‌بندی خاک‌ها با ویژگی‌های مختلف ابداع شده است. در جدول ۲-۱ حدود جداکننده‌ی اندازه‌ی دانه‌های خاک، توسط چند سازمان مختلف ارائه شده است. در حال حاضر، حدود پیشنهادی توسط سیستم طبقه‌بندی متحد خاک، متداول‌ترین سیستم طبقه‌بندی خاک است. طبق این سیستم طبقه‌بندی که مورد پذیرش اداره‌ی استاندارد آمریکا (ASTM) نیز است، ذرات بزرگتر از ۴/۷۵ میلی‌متر را شن، ۴/۷۵ تا ۰/۰۷۵ را ماسه و کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر را لای و رس می‌نامند [۹].

شن، خرده سنگ همراه با دانه‌هایی از جنس کوارتز، فلداسپات و سایر کانی‌ها و ماسه، دانه‌هایی اکثراً از جنس کوارتز و فلداسپات است. لای، ذرات ریز خاک است که از دانه‌های بسیار ریز کوارتز و ذرات پولکی شکل حاصل از متلاشی شدن کانی‌های میکادار تشکیل می‌گردد و رس نیز ذرات بسیار ریز پولکی شکل میکا، کانی‌های رس و سایر کانی‌ها است [۹].