






بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم **الهه جعفری هفشجانی** تحت عنوان: ارزیابی کمی فرآیند نفوذ مشتقات نفت خام به خاک را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه ی علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	استاد	مهدی همایی	۱- استاد راهنما اول
	استاد	محمد بای بوردی	۲- استاد راهنما دوم
	دانشیار	حسینعلی بهرامی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	دانشیار	حسینعلی بهرامی	۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی
	استاد	محمد محمودیان شوشتری	۲- خارجی

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

اینجانب الهه جعفری هفشجانی دانشجوی رشته خاکشناسی ورودی سال ۱۳۸۷ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار علمی مستخرج از پایان‌نامه تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الذکر به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدین وسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم.

امضاء:

تاریخ:



آیین نامه چاپ پایان نامه دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

“ کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته خاکشناسی است که در سال ۸۹/۱۱/۱۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر مهدی همایی و راهنمایی دوم جناب آقای دکتر محمد بای بوردی از آن دفاع شده است ”

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب الهه جعفری هفشجانی دانشجوی رشته خاکشناسی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: الهه جعفری هفشجانی

تاریخ و امضاء: ۸۹/۱۱/۱۱



دانشکده : کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته: خاکشناسی

عنوان پایان نامه:

ارزیابی کمی فرآیند نفوذ مشتقات نفت خام به خاک

نام دانشجو:

الهه جعفری هفشجانی

استاد راهنما(اصلی):

دکتر مهدی همایی

استاد راهنما(دوم):

دکتر محمد بای بوردی

زمستان ۸۹

تقدیم به:

بزرگترین سرمایه های زندگی ام

پدر بزرگوارم

مادر مهربانم

که دعای خیرشان همواره بدرقه راهم بود و گرمی وجودشان

یاریگر تلاشم،

خواهران و برادران عزیز

برای تمام حمایت های بی دریغشان

تقدیر و تشکر

ثانیه ها به دقایق، دقایق به ساعات، ساعات به روزها و شب ها می پیوندند و زمان همچون جویباری آرام در پهن دشت زندگی به جریان خود ادامه می دهد. گذشته را که نیک بنگریم سرشار از امیدها و گاه شکست ها و ناکامی ها است که به زندگی ما معنی بخشیده اند. سختی ها و مصائب^۱ خوشی ها و کامیابی ها و گاه شکست ها و ناکامی ها مجموعه ای را پدید می آورند که ما آنرا تجربه می نماییم و آنچه از این تجارب نصیب آدمی می شود آثار ماندگاری است که باید در نهایت این بنده خاکی را به کمال انسانی و آرمانی او رهنمون دهد. پس لطف و سپاس خداوند بی همتا را که این بنده ی حقیر را همتی عطا فرموده تا در زیر سایه الطاف بی پایانش آغازی را به پایان رسانم. هرچند ناگفته پیداست که انجام این کار جز با رهنمودها و مساعدت های جمعی از اساتید محترم و دوستان گرامی میسر نمی شد. از این رو لازم می دانم تا هرچند مختصر، مراتب امتنان و قدردانی خود را از این عزیزان ابراز دارم. لذا بدینوسیله از:

استادان راهنمای این پایان نامه جناب آقای دکتر مهدی همایی و آقای دکتر محمد بای بوردی که در طول انجام این پروژه یار و یاور اینجانب بوده اند و همیشه بنده را از نظرات و پیشنهادات ارزنده خود مستفیض نموده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از یکایک اساتید گروه خاکشناسی، آقایان دکتر محمد جعفر ملکوتی، دکتر حسینعلی بهرامی و دکتر رسول راهنمایی که همواره در جهت ارتقا سطح علمی اینجانب تلاش داشته اند به نوبه خود تشکر و قدردانی می کنم.

از دوستان خوبم خانم ها لاله یوسف زاده، نسیم سیروس و زهرا عرب و همکلاسی های عزیزم خانم ها زانا محلاتی، مهرزاد انصاری، زهرا فریدونی، مرضیه میراحمدی و ساناز مشعی و همچنین آقایان فاضل رحمانی پور، میلاد نوری، علی جانجان و تمام دوستانی که به نحوی با اینجانب همفکری و همکاری داشته اند، بی نهایت سپاسگزارم.

در نهایت از پدر و مادر عزیزم که یار و یاور و مشوق من در تمام مراحل دوران تحصیل و زندگی ام بوده اند، تشکر و قدردانی می کنم.

ارزیابی کمی فرآیند نفوذ مشتقات نفت خام به خاک

چکیده: آلودگی زیست بوم، بویژه خاک از چالش‌های مهم عصر کنونی است. آلاینده‌های مایع آلی نامحلول در آب (NAPL) سهم بزرگی از کل آلاینده‌های زیست محیطی را تشکیل می‌دهند. درک چگونگی نفوذ NAPL‌ها به خاک از اهمیتی ویژه برخوردار است. زیرا با درک آن، می‌توان خاک‌های آلوده به NAPL‌ها را اصلاح و اقداماتی مدیریتی برای جلوگیری از نفوذ آنها به سفره‌های آب زیرزمینی بکار گرفت. هدف از این پژوهش، ارزیابی کمی فرآیند نفوذ برخی ترکیبات نفتی شامل نفت خام، گازوئیل، بنزین و نفت سفید به خاک لوم شنی تحت بارهای ثابت و افتان این ترکیبات بود. پارامترهای نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از مدل نفوذ فیلیپ، کوستیاکوف، گرین و آمپت و قانون دارسی برآورد و با مقادیر اندازه‌گیری شده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با گذشت زمان، طول جبهه رطوبتی و نفوذ تجمعی NAPL‌ها مشابه آب افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار نفوذ برای این ترکیبات همچون آب در زمان‌های آغازین نفوذ رخ داد. هدایت هیدرولیکی اشباع نفت‌خام، بنزین، گازوئیل، نفت سفید و آب به ترتیب ۰/۰۴۳، ۰/۳۶۵، ۰/۲۴۰، ۰/۲۸۰ و ۰/۰۶۱ سانتی‌متر بر دقیقه برآورد شد. مدل نفوذ گرین و آمپت در مقایسه با دو مدل دیگر برآوردی بهتر از نفوذ ترکیبات NAPL به خاک ارائه داد. نتایج همچنین نشان داد که برخی ویژگی‌های NAPL‌ها همچون گرانروی، کشش سطحی و چگالی، تاثیری به سزا بر نفوذ این ترکیبات به خاک دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، آلاینده‌های آلی نامحلول در آب، نفوذ، هدایت هیدرولیکی اشباع

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲	مقدمه
۴	۱-۱- تعریف هیدروکربن‌های نفتی
۵	۲-۱- دسته‌بندی کلی هیدروکربن‌های نفتی
۵	۱-۲-۱- هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک
۵	۱-۱-۲-۱- هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک تک‌حلقه‌ای (PAH)
۵	۲-۱-۲-۱- هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک چند حلقه‌ای (PAHs)
۶	۲-۲-۱- خواص و اهمیت زیست‌محیطی هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک
۸	۳-۲-۱- هیدروکربن‌های غیرآروماتیک (آلیفاتیک‌ها)
۸	۳-۱- منشأ هیدروکربن‌های نفتی در محیط زیست
۱۰	۴-۱- راه‌های قرارگیری انسان در معرض هیدروکربن‌های نفتی
۱۱	۵-۱- آلودگی خاک و طبقه‌بندی آلاینده‌های خاک
۱۱	۱-۵-۱- آلاینده‌های آلی
۱۲	۲-۵-۱- آلاینده‌های مایع آلی کم‌محلول در آب (NAPLها)
۱۳	۱-۲-۵-۱- گروه بزرگ LNAPL
۱۴	۲-۲-۵-۱- گروه بزرگ DNAPL
۱۴	۳-۵-۱- آلاینده‌های معدنی
۱۵	۶-۱- اثر هیدروکربن‌ها روی ارگانیسم‌ها
۱۶	۷-۱- سرنوشت و فرآیندهای حاکم بر انتقال هیدروکربن‌های نفتی
۱۶	۱-۷-۱- فرآیندهای بیولوژیکی
۱۷	۲-۷-۱- فرآیندهای شیمیایی

- ۱-۷-۳- جابجایی توده های هیدروکربنی (فرآیندهای فیزیکی) ۱۷
- ۱-۸- فازهای مختلف آلاینده های هیدروکربنی در خاک ۱۸
- ۱-۹- پارامترهای موثر در جابه جایی و انتقال NAPL ها ۲۰
- ۱-۹-۱- چگالی ۲۰
- ۱-۹-۲- گرانروی ۲۱
- ۱-۹-۳- نیروهای بین لایه ای ۲۱
- ۱-۹-۴- خاصیت خیس کنندگی ۲۲
- ۱-۹-۵- فشار کاپیلاری ۲۲
- ۱-۹-۶- اشباع و اشباع باقی مانده ۲۳
- ۱-۹-۷- نفوذ نسبی ۲۳
- ۱-۱۰- نفت خام ۲۵
- ۱-۱۱- بنزین ۲۶
- ۱-۱۲- نفت سفید ۲۶
- ۱-۱۳- گازوئیل ۲۷
- ۱-۱۴- نفوذ ۲۷
- ۱-۱۵- اهم معادلات نفوذ ۲۸
- ۱-۱۵-۱- معادله کوستیاکوف ۲۸
- ۱-۱۵-۲- معادله هورتون ۲۸
- ۱-۱۵-۳- معادله فیلیپ ۲۹
- ۱-۱۵-۴- معادله گرین و آمیت ۳۰
- ۳۳ **فصل دوم: پیشینه تحقیق**
- ۲-۱- جابجایی و توزیع NAPL ها در مقیاس های بزرگ (مزرعه) ۳۴
- ۲-۱-۱- بررسی رفتار NAPL ها توسط قانون دارسی ۳۴
- ۲-۲- مدل سازی جابجایی NAPL ها (چندفازی) ۳۷

۴۲	۳-۲- اثر ویژگی‌های خاک و NAPL روی نفوذ.....
۴۵	فصل سوم : مواد و روشها
۴۵	۳-۱- طرز تهیه نمونه ها
۴۵	۳-۱-۱- تهیه محلول کالگون
۴۶	۳-۱-۲- تعیین بافت به روش هیدرومتر
۴۶	۳-۲- تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی
۴۷	۳-۳- آزمایشات انجام شده روی ترکیبات نفت خام
۴۷	۳-۳-۱- تعیین گرانی و وزن مخصوص ترکیبات نفتی
۴۸	۳-۳-۲- تست کروماتوگرافی گازی (GC)
۴۹	۳-۴- آزمایشات نفوذپذیری
۴۹	۳-۴-۱- وسایل و ابزار مورد نیاز
۴۹	۳-۴-۲- روش آزمایش
۵۲	۳-۴-۲-۲- بار افتان
۵۳	۳-۵- تعیین پارامترهای معادلات نفوذ
۵۳	۳-۵-۱- معادله‌ی نفوذ گرین و آمپت
۵۴	۳-۵-۲- معادله نفوذ فیلیپ
۵۵	۳-۵-۳- معادله نفوذ کوستیاکوف
۵۵	۳-۶- بررسی اثر غلظت آلاینده بر شدت نفوذ آن به خاک
۵۶	۳-۷- سنجش اعتبار مدل‌های نفوذ
۵۶	فصل چهارم : بحث و نتایج
۵۶	۴-۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک
۵۹	۴-۲- تست کروماتوگرافی گازی (GC) نفت خام
۵۹	۴-۳- تست گرانی و وزن مخصوص ترکیبات نفت خام

- ۴-۴- تعیین پارامترهای مدل‌های نفوذ ترکیبات NAPL به خاک ۶۱
- ۴-۵- مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده و محاسبه شده ترکیبات NAPL توسط مدل‌های نفوذ ۶۵
- ۴-۵-۱- مقدار نفوذ اندازه‌گیری شده و محاسبه شده ترکیبات NAPL توسط مدل کوستیاکوف ۶۵
- ۴-۵-۱-۲- رابطه و پراکنش مقادیر شدت نفوذ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده با استفاده از مدل نفوذ کوستیاکوف ۷۰
- ۴-۵-۲- مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده و محاسبه شده ترکیبات NAPL توسط مدل فیلیپ ۷۳
- ۴-۵-۲-۱- رابطه و پراکنش مقادیر شدت نفوذ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده توسط مدل فیلیپ ... ۷۸
- ۴-۵-۲-۲- رابطه و پراکنش مقادیر نفوذ تجمعی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده توسط مدل فیلیپ. ۷۹
- ۴-۵-۳- مقادیر نفوذ اندازه‌گیری شده و محاسبه شده ترکیبات NAPL توسط مدل گرین و آمپت ۸۰
- ۴-۵-۳-۱- رابطه و پراکنش مقادیر شدت نفوذ محاسبه شده و اندازه‌گیری شده توسط مدل نفوذ گرین و آمپت ۸۵
- ۴-۵-۳-۲- رابطه و پراکنش مقادیر نفوذ تجمعی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده توسط مدل نفوذ گرین و آمپت ۸۶
- ۴-۶- مقایسه شدت نفوذ اندازه‌گیری شده ترکیبات NAPL با آب ۸۷
- ۴-۷- مقایسه شدت نفوذ محاسبه شده NAPL توسط مدل‌های نفوذ ۸۹
- ۴-۹- مقایسه نفوذ تجمعی برآورد شده NAPL توسط مدل‌های نفوذ ۹۳
- ۴-۱۰- بررسی اثر غلظت‌های مختلف نفت خام روی شدت نفوذ این ترکیب به خاک ۹۶
- ۹۹- نتیجه‌گیری کلی:

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک ۵۳
- جدول ۳-۱ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دی‌کلرومتان..... ۶۳
- جدول ۴-۱ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در پژوهش..... ۶۷
- جدول ۴-۲ نتایج تست کروماتوگرافی گازی..... ۶۸
- جدول ۴-۳ نتایج تست گرانروی NAPLها..... ۶۸
- جدول ۴-۴ طبقه‌بندی نفت خام بر اساس شاخص API..... ۶۹
- جدول ۴-۵ مدل‌های نفوذ نفت خام به خاک و ضرایب آن‌ها..... ۷۰
- جدول ۴-۶ مدل‌های نفوذ گازوئیل به خاک و ضرایب آن‌ها..... ۷۰
- جدول ۴-۷ مدل‌های نفوذ نفتسفید به خاک و ضرایب آن‌ها..... ۷۱
- جدول ۴-۸ مدل‌های نفوذ بنزین به خاک و ضرایب آن‌ها..... ۷۱
- جدول ۴-۹ پارامترهای مدل‌های نفوذ..... ۷۲
- جدول ۴-۱۰ نتایج ارزیابی کمی اعتبار مدل‌های برازش داده شده بر مقادیر اندازه‌گیری شده شدت نفوذ NAPLها ۱۰۱
- جدول ۴-۶ نتایج ارزیابی کمی اعتبار مدل‌های برازش داده شده بر مقادیر اندازه‌گیری شده نفوذ
تجمعی NAPLها ۱۰۵
- جدول ۴-۷ مقایسه آماری شدت نفوذ غلظت‌های مختلف نفت خام به خاک..... ۱۰۶
- جدول ۴-۷ تست گرانروی و وزن مخصوص غلظت‌های مختلف نفت خام..... ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ ترکیبات PAH بدون پیوند با گروه آلکیل‌ها..... ۶
- شکل ۲-۱ منبع ترکیبات نفتی و PAHs موجود در طبیعت..... ۹
- شکل ۳-۱ مدل مفهومی شبیه‌سازی شده برای رهاسازی و انتقال LNAPL ها..... ۱۸
- شکل ۴-۱ حضور فازهای مختلف NAPL در خاک..... ۱۹
- شکل ۵-۱ منحنی نفوذ نسبی آب - LNAPL در خاک..... ۲۴
- شکل ۱-۲ حرکت NAPL ها در محیط اشباع..... ۴۰
- شکل ۱-۳ شماتیک دستگاه ویسکومتر (مدل SVM 3000)..... ۴۷
- شکل ۲-۳ شماتیک دستگاه کروماتوگرافی گازی-گازی..... ۴۸
- شکل ۲-۳ شماتیک دستگاه کروماتوگرافی گازی - گازی..... ۴۸
- شکل ۳-۳ شماتیک بار ثابت NAPL ها روی خاک..... ۵۱
- شکل ۴-۳ شماتیک بار افتان NAPL ها روی ستون خاک..... ۵۱
- شکل ۱-۴ مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت خام توسط مدل نفوذ کوستیاکوف..... ۶۶
- شکل ۲-۴ مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده گازوئیل توسط مدل نفوذ کوستیاکوف..... ۶۷
- شکل ۳-۴ مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده بنزین توسط مدل نفوذ کوستیاکوف..... ۶۸
- شکل ۴-۴ مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت سفید توسط مدل نفوذ کوستیاکوف..... ۶۹
- شکل ۵-۴ رابطه و پراکنش شدت نفوذ مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده NAPL ها با استفاده از مدل نفوذ کوستیاکوف (الف. نفت خام، ب. گازوئیل، ج. بنزین و د. نفت سفید)..... ۷۱
- شکل ۶-۴ رابطه و پراکنش مقادیر نفوذ تجمعی اندازه گیری شده و محاسبه شده NAPL ها توسط مدل نفوذ کوستیاکوف (الف. نفت خام، ب. گازوئیل، ج. بنزین و د. نفت سفید)..... ۷۲
- شکل ۷-۴ مقایسه مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت خام توسط مدل فیلیپ..... ۷۴
- شکل ۸-۴ مقایسه مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده گازوئیل توسط مدل فیلیپ..... ۷۵
- شکل ۹-۴ مقایسه مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده بنزین توسط مدل فیلیپ..... ۷۶

- شکل ۴-۱۰ مقایسه مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت سفید توسط مدل فیلیپ. ۷۷
- شکل ۴-۱۱ رابطه و پراکنش مقادیر شدت نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده NAPL ها توسط مدل نفوذ فیلیپ (الف. نفت خام، ب. گازوئیل، ج. بنزین و د. نفت سفید). ۷۹
- شکل ۴-۱۲ رابطه و پراکنش مقادیر نفوذ تجمعی اندازه گیری شده و محاسبه شده NAPL ها توسط مدل نفوذ فیلیپ (الف. نفت خام، ب. گازوئیل، ج. بنزین و د. نفت سفید). ۸۰
- شکل ۴-۱۳ مقایسه‌ی مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت خام توسط مدل گرین و آمپت. ۸۱
- شکل ۴-۱۴ مقایسه‌ی مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده گازوئیل توسط مدل گرین و آمپت. ۸۲
- شکل ۴-۱۵ مقایسه‌ی مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده بنزین توسط مدل گرین و آمپت. ۸۳
- شکل ۴-۱۶ مقایسه‌ی مقادیر نفوذ اندازه گیری شده و محاسبه شده نفت سفید توسط مدل گرین و آمپت. ۸۴
- شکل ۴-۱۷ رابطه و پراکنش شدت نفوذ مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده NAPL ها توسط مدل نفوذ فیلیپ (الف. نفت خام، ب. گازوئیل، ج. بنزین و د. نفت سفید). ۸۶
- شکل ۴-۱۹ مقایسه‌ی شدت نفوذ ترکیبات NAPL با آب. ۸۸
- شکل ۴-۲۰-الف- مقایسه شدت نفوذ نفت خام توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت) ۸۹
- شکل ۴-۲۰-ب- مقایسه شدت نفوذ گازوئیل توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت) ۹۰
- شکل ۴-۲۰-ج- مقایسه شدت نفوذ بنزین توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت) ۹۰
- شکل ۴-۲۰-د- مقایسه شدت نفوذ نفت سفید توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت) ۹۱
- شکل ۴-۲۱-الف- مقایسه شدت نفوذ نفت خام توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت) ۹۳

- شکل ۴-۲۱-ب- مقایسه شدت نفوذ نفتخام توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت)
۹۴.....
- شکل ۴-۲۱-ج- مقایسه شدت نفوذ گازوئیل توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت)
۹۴.....
- شکل ۴-۲۱-د- مقایسه شدت نفوذ گازوئیل توسط مدل‌های نفوذ (کوستیاکوف، فیلیپ و گرین و آمپت)
۹۵.....
- شکل ۴-۲۲ مقایسه شدت نفوذ غلظت‌های مختلف نفت خام با غلظت اولیه نفت خام..... ۹۷

فصل اول

کلیات

مقدمه

کیفیت زیست بوم موضوعی گسترده بوده که امروزه اهمیت ویژه‌ای یافته است. فعالیت‌های انسانی موجب ایجاد آلودگی‌های فراوان در سطح کره‌ی زمین شده است. خاک آلوده افزون بر این که آلاینده‌ها را از راه چرخه غذایی وارد بدن انسان و دام می‌کند، خود نیز می‌تواند به عنوان منبع آلودگی آب‌های زیر زمینی و آب آشامیدنی باشد. همچنین، خاک‌های آلوده گسترش استفاده از اراضی را محدود می‌سازند (Hilpert and Miller, 2000; Kechavarzi *et al*, 2005). آلاینده‌های مایع آلی نامحلول در آب ($NAPL^1$) از مهم‌ترین آلاینده‌های آلی زیست محیطی، به شمار می‌آیند (Bhusan *et al*, 2006; Khamechiyan *et al.*, 2006). چگالی آلاینده‌های مایع آلی نامحلول در آب، تأثیر زیادی بر رفتار آن‌ها در خاک می‌گذارند. به همین دلیل، این آلاینده‌ها را بر اساس چگالی خود، به دو دسته آلاینده‌های مایع آلی نامحلول سنگین‌تر از آب ($DNAPL^2$) و آلاینده‌های مایع آلی نامحلول سبک‌تر از آب ($LNAPL^3$)

1 - Non-aqueous Phase Liquids

2 - Density Non-aqueous Phase Liquids

3 - Light Non-aqueous Phase Liquids

طبقه‌بندی می‌کنند (Johnston *et al*, 2002; Lee *et al*, 2001). مقاومت زیاد این ترکیبات در برابر فرآیندهای تجزیه (شیمیایی - بیولوژیک)، خاصیت آگریزی و سرطان‌زا بودن این ترکیبات از مهم‌ترین ویژگی‌های آن‌ها می‌باشد (Schwartz and Furmans, 2010; Newell *et al*, 1999). منشأ اصلی آلودگی مربوط به هیدروکربن‌های نفتی (NAPL) در طبیعت شامل زائدات ناشی از تولید نفت خام، مواد زائد ناشی از پالایش نفت خام، روغن‌های مصرف شده زائد مانند روغن ژنراتورها، نشت از مخازن و لوله‌های انتقال می‌باشند (Wipfler *et al*, 2004; Khodadoust *et al*, 2000; Lee *et al*, 2001).

انسان به ندرت در معرض مستقیم هیدروکربن‌های نفتی قرار می‌گیرد، لیکن این ترکیبات به محض رها شدن به درون خاک نفوذ کرده و ممکن است خود را به سفره‌های آب‌زیرزمینی برسانند یا این‌که جذب ذرات خاک شده و در محیط خاک باقی مانده و یک منبع آلوده کننده دائمی را برای خاک و آب به وجود آورند (Hu *et al.*, 2006; Zhu, 2001; Zhu *et al.*, 2000). پخش و توزیع NAPL‌ها در محیط به ویژگی‌های پدولوژی منطقه از قبیل توزیع اندازه‌ی ذرات خاک و وزن مخصوص خاک بستگی دارد (Wang Yangiang and Shao, 2009; Khodadoust *et al*, 2000; Khamechiyan *et al*, 2006). NAPL‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که وقتی در ارتباط با آب و یا هوا قرار می‌گیرند رفتاری مشابه یک فاز منفرد و مخلوط نشدنی از خود نشان می‌دهند و به محض ورود به خاک برای اشغال نمودن منافذ با آب رقابت می‌کنند (Cumber, 2000). تفاوت در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آب و این ترکیبات منجر به تشکیل یک مرز فیزیکی^۱ (Interfacial Tension) بین NAPL‌ها و آب می‌گردد که نقش مهمی در انتقال و جابجایی هیدروکربن‌ها دارد (Mercer, 1990). NAPL‌ها در خلال حرکت عمودی رو به پایین در محیط غیراشباع به واسطه نیروهای کشش سطحی، مقداری پسماند از خود در خلل و فرج خاک باقی می‌گذارند (اربابی، ۱۳۸۴; Lee *et al*, 2001; Mercer, 1990).

تحقیقات زیادی در مورد انتقال و سرنوشت NAPL‌ها در خاک انجام شده است. مطالعات نشان می‌دهد که ورود NAPL‌ها به محیط‌های غیراشباع منجر به ایجاد سیالات چندفازی (Multi-phase

1 - Interfacial Tension

Flow) می‌گردد. بررسی رفتار این سیالات در خاک فرآیندی پیچیده است (Kechavarzi *et al*, 2005; Newell *et al*, 1999; Katz Saltman, 1939). پارامترهایی که به نوع سیال و روابط بین درجه اشباع خاک^۱ نفوذپذیری ذاتی خاک^۲ و فشار کاپیلاری^۳ بستگی دارند، رفتار این سیالات را در خاک کنترل می‌کنند (Bhusan *et al*, 2006).

NAPLها دارای ترکیبات پیچیده‌ای می‌باشند. تغییر این ترکیبات در محیط خاک در دراز مدت تأثیری ویژه، بر سرنوشت و توزیع آنها به خاک دارد. اطلاعات کمی در مورد انتقال NAPLها در خاک به منظور توصیف و پیش‌بینی نفوذ و رفتار آنها به اندازه کافی موجود نمی‌باشند. در حالی که این اطلاعات نقش مهمی در فهم مکانیسم‌های انتشار و نفوذ NAPLها در جهت اصلاح خاک‌های آلوده شده (NAPL) و اقدامات مدیریتی به منظور جلوگیری از نفوذ این ترکیبات در سفره‌های آب زیرزمینی دارند. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی کمی نفوذ برخی از مشتقات نفتی شامل نفت خام، نفت سفید، بنزین و گازوئیل به خاک و کاربرد این اطلاعات به منظور ارزیابی مدل‌های پیشنهادی و همچنین فهم بهتر از فرآیند نفوذ و جابجایی این ترکیبات به خاک می‌باشد.

۱-۱- تعریف هیدروکربن‌های نفتی

هیدروکربن‌ها، ترکیباتی متشکل از کربن و هیدروژن می‌باشند. نفت خام عمدتاً از ترکیبات هیدروکربنی با وزن مولکولی کم تا زیاد تشکیل شده‌است. این ترکیبات شامل موارد زیر می‌باشند:

۱- متان

۲- n- آلکان‌های آلیفاتیک، پنتان‌ها، هگزان‌ها، هپتان‌ها، پارافین‌های حلقه‌ای.

۳- آروماتیک‌های تک حلقه‌ای، بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن و BTEX.

1 - Saturation
2- Intrinsic permeability
3- Capillary Pressure