

اللَّهُ  
الْحَمْدُ  
لِلَّهِ  
الْحَمْدُ



تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای رسول خسروی رشته مهندسی بهداشت محیط پایان نامه کارشناسی ارشد خود را با عنوان « تصیفه آبهای زیرزمینی آلوده به ترکیبات نفتی با استفاده از فرآیند انعقاد الکتریکی » در تاریخ ۱۳۹۰/۶/۱۲ ارائه کردند.

بدینوسیله اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

نام و نام خانوادگی و امضاء اعضای هیات داوران:

دکتر غلامرضا موسوی (استاد راهنما)

دکتر مهدی فرزاد کیا (استاد مشاور)

دکتر عباس رضایی (استاد ناظر)

دکتر کامیار یغمائیان (استاد ناظر)

دکتر علی خوانین (نماینده تحصیلات تکمیلی)

# 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 می‌باشد 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 دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

**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 و یا 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 دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

**ماده ۴-** ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه 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 رسول خسروی دانشجوی رشته مهندسی بهداشت محیط ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم پزشکی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین‌نامه فوق‌الذکر به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم.»

امضا  
تاریخ  
۹۰۶/۱۴

## آئین نامه پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموزان 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 "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 مهندسی بهداشت محیط است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی دکتر سید غلامرضا موسوی، مشاوره دکتر مهدی فرزادکیا 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 اهداء 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، تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت های بهای خسارت، دانشگاه 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، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب رسول خسروی دانشجوی رشته مهندسی بهداشت محیط مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی رسول خسروی

تاریخ و امضا ۱۴۰۱/۱۶





## پایان نامه

دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط

## عنوان

تصفیه آبهای زیرزمینی آلوده به ترکیبات نفتی با استفاده از فرایند انعقاد الکتریکی

## نگارش

رسول خسروی

## استاد راهنما

دکتر سید غلامرضا موسوی

## استاد مشاور

دکتر مهدی فرزادکیا

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به :

مادر عزیزم

"شمع روشنایی بخش زندگیم"

پدر بزرگوارم

"صبور و پشتیبانم"

خواهران و برادرانم

"دلسوزان و یاوران هم گامم"

دایی ام (محمد ظاهر رحیمی هندوالان) و خانواده‌ی مهربانش

"حامی و امیدبخش راهم"

## تشکر و قدردانی

شکر و سپاس خداوندی را که پروردگار جهانیان است، بخشنده و مهربان است، مالک روز جزاست، تنها تو را می پرستیم و تنها از تو کمک می جوییم، ما را به راه راست هدایت کن، راه کسانی که به ایشان نعمت بخشیده ای، نه راه کسانی که بر ایشان غضب کرده ای و نه راه گمراهان.

از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر سید غلامرضا موسوی به خاطر تلاش های بی دریغشان در جهت هدیه کردن علم و دانش در راه رسیدن به اهداف علمی و دانشجویی ام و به خاطر دلسوزی ها و همکاری های استادانه در جهت انجام این پایان نامه، بسیار سپاسگزارم، این افتخاری است که شاگرد ایشان بوده ام.

از استاد مشاورم جناب آقای دکتر مهدی فرزاد کیا به خاطر راهنمایی هایشان بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر علی خوانین مدیر محترم گروه بهداشت حرفه ای و محیط، جناب آقای دکتر مرتضوی، جناب آقای دکتر عباس رضایی و جناب آقای دکتر حسن اصیلیان، اساتید بزرگوارم کمال تشکر را دارم.

از تمام اساتید و دوستان عزیزم از جمله جناب آقای دکتر بهنام باریک بین، جناب آقای دکتر محمد صادق حسنونند، جناب آقای مهندس مهدی فضل زاده، جناب آقای دکتر محسن حیدری، جناب آقای دکتر سجاد مظلومی، جناب آقای دکتر مصطفی لیلی و سایر دوستانی که در این دوره تحصیلی همیشه پشتیبان من بودند، کمال تشکر و قدر داری را دارم.

از همکاری مسئولین محترم گروه بهداشت حرفه ای و محیط به ویژه جناب آقای مسعود سینکی، جناب آقای مهندس سلیمانیان و سرکار خانم خلیلی کمال تشکر را دارم.

## چکیده

در این مطالعه کارایی تصفیه آبهای زیرزمینی با استفاده از فرایند انعقاد الکتریکی صورت گرفته است. نمونه های مورد نیاز از چاههای پایش در پالایشگاه نفت تهران واقع در باقر شهر فراهم گردید. اثر متغیرهای مختلفی از جمله جنس الکتروود آند و کاتد (با ۳ جنس آهن، آلومنیوم و استیل)، pH محلول (۱۱-۴)، دانسیته جریان (۱۸-۲)، زمان واکنش (۶۰-۲ دقیقه)، اثر هوادهی و شرایط بهره برداری (در سیستم پیوسته و ناپیوسته) بر روی حذف COD، TPH و کدورت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان داد که بهترین راندمان در حالت استفاده از الکتروود آهن به عنوان کاتد و الکتروود استیل به عنوان آند در pH طبیعی به دست آمد. با افزایش دانسیته جریان از ۲ به ۱۸ راندمان حذف COD، TPH و کدورت به ترتیب از ۷۱/۷، ۷۴/۷ و ۹۰/۱٪ به ۹۵/۱، ۹۴/۷ و ۹۸/۶٪ افزایش یافت. سرعت حذف این پارامترها از معادله درجه دوم تبعیت می کند. هوادهی، ثابت واکنش حذف ترکیبات نفتی را از  $0.078 \text{ L/g}\cdot\text{min}$  به  $0.477$  افزایش داد. در سیستم پیوسته با افزایش زمان ماند هیدرولیکی از ۱۰ دقیقه به ۶۰ دقیقه راندمان حذف COD، TPH و کدورت به ترتیب از ۶۷/۲، ۶۸/۳ و ۸۲٪ به ۹۳/۴، ۹۳/۳، ۹۶/۵٪ افزایش یافت. بنابراین نتایج نشان می دهد که فرایند انعقاد الکتریکی به صورت راهبری ناپیوسته و پیوسته برای حذف COD، TPH و کدورت به طور موثری کارآمد بوده و می تواند فرایند مناسبی برای تصفیه آبهای زیرزمینی آلوده به ترکیبات نفتی باشد.

کلمات کلیدی: ترکیبات نفتی، انعقاد الکتریکی، آبهای زیرزمینی، COD، کدورت



## فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و مروری بر مطالعات گذشته.....	۱
۱-۱. مقدمه.....	۲
۲-۱. اهداف تحقیق.....	۴
۳-۱. تعریف ترکیبات نفتی.....	۵
۴-۱. تاریخچه کشف و تولید نفت در خاورمیانه.....	۵
۵-۱. سهم خاورمیانه در میزان ذخایر نفتی و تولید نفت در جهان.....	۶
۶-۱. تولید، واردات و صادرات نفت خام در ایران.....	۷
۷-۱. آب‌های زیرزمینی.....	۸
۱-۷-۱. تعریف آب‌های زیرزمینی.....	۸
۲-۷-۱. چرخه آب‌های زیرزمینی.....	۱۰
۳-۷-۱. اهمیت آب‌های زیرزمینی.....	۱۲
۴-۷-۱. آلودگی آب‌های زیرزمینی به ترکیبات نفتی.....	۱۴
۸-۱. اصلی‌ترین عوامل نشت و ریزش‌های نفتی.....	۱۵
۱-۸-۱. انتقال نفت خام.....	۱۵
۲-۸-۱. پالایش نفت و تولید فراورده‌های نفتی.....	۱۸
۳-۸-۱. مخازن نگهداری نفت خام و فراورده‌های نفتی.....	۲۰
۴-۸-۱. پساب‌های نفتی رها شده به اکوسیستم.....	۲۳
۹-۱. امولسیون نفت-آب.....	۲۶
۱-۹-۱. شکل‌گیری امولسیون.....	۲۶
۲-۹-۱. انواع امولسیون.....	۲۷
۳-۹-۱. اثرات مضر امولسیون‌های نفت در آب.....	۲۷
۱-۳-۹-۱. اثرات بهداشتی بر روی انسان و موجودات.....	۲۸

- ۲۸.....۲-۳-۹-۱. اثرات مخرب بر صنایع و فرایند تصفیه آب.....
- ۲۹.....۳-۳-۹-۱. اثرات مخرب بر محیط.....
- ۳۰.....۱۰-۱. روش‌های تصفیه آب‌های زیرزمینی آلوده.....
- ۳۰.....۱-۱۰-۱. روش تصفیه در محل.....
- ۳۰.....۱-۱-۱۰-۱. دمیدن هوا در آب.....
- ۳۱.....۲-۱-۱۰-۱. تصفیه بیولوژیکی در محل.....
- ۳۱.....۳-۱-۱۰-۱. اکسیداسیون شیمیایی در محل.....
- ۳۲.....۲-۱۰-۱. روش گیاه پالایی.....
- ۳۲.....۳-۱۰-۱. روش پمپ و تصفیه.....
- ۳۳.....۱-۱-۱. روش‌های تصفیه آب‌های آلوده به ترکیبات نفتی.....
- ۳۳.....۱-۱۱-۱. تصفیه بیولوژیکی.....
- ۳۴.....۲-۱۱-۱. تصفیه فیزیکی.....
- ۳۴.....۱-۲-۱۱-۱. جداسازی ثقیلی.....
- ۳۵.....۱-۱-۲-۱۱-۱. شناورسازی.....
- ۳۵.....۲-۲-۱۱-۱. فرایند غشایی و فیلتراسیون.....
- ۳۶.....۳-۲-۱۱-۱. سانتریفیوژ کردن.....
- ۳۷.....۴-۲-۱۱-۱. جذب.....
- ۳۹.....۳-۱۱-۱. تصفیه‌ی شیمیایی.....
- ۳۹.....۱-۳-۱۱-۱. ترسیب شیمیایی.....
- ۴۰.....۲-۳-۱۱-۱. فرایند انعقاد الکتریکی.....
- ۵۱-۱. مروری بر مطالعات انجام شده بر روی ترکیبات نفتی با استفاده از فرایند انعقاد الکتریکی ...
- ۵۴..... فصل دوم: مواد و روش‌ها.....**
- ۵۵.....۱-۲. مقدمه و طرح کلی تحقیق.....

- ۲-۲. بررسی منابع علمی و تدوین متغیرها..... ۵۶
- ۳-۲. مشخصات سیستم آزمایشی مورد استفاده..... ۵۶
- ۲-۳-۱. نمونه آب..... ۵۷
- ۲-۳-۲. رآکتور ناپیوسته..... ۵۸
- ۲-۳-۳. رآکتور پیوسته..... ۵۹
- ۲-۳-۴. دستگاه مولد جریان مستقیم..... ۵۹
- ۲-۳-۵. سایر متعلقات..... ۵۹
- ۴-۲. بهره برداری از سیستم آزمایشی..... ۶۳
- ۲-۴-۱. تعیین اثر جنس الکتروود بر راندمان فرایند..... ۶۳
- ۲-۴-۲. تعیین اثر pH اولیه محلول بر راندمان فرایند..... ۶۳
- ۲-۴-۳. تعیین اثر دانسیته جریان بر راندمان فرایند..... ۶۴
- ۲-۴-۴. تعیین اثر زمان واکنش بر راندمان فرایند..... ۶۴
- ۲-۴-۵. تعیین اثر هوادهی بر راندمان فرایند..... ۶۵
- ۲-۴-۶. تعیین اثر زمان ماند هیدرولیکی بر راندمان فرایند..... ۶۶
- ۲-۵-۵. روش‌های آزمایش..... ۶۶
- ۲-۵-۱. اندازه گیری COD..... ۶۷
- ۲-۵-۲. اندازه گیری TPH..... ۶۷
- ۲-۵-۳. اندازه گیری کدورت..... ۶۷
- ۲-۵-۴. اندازه گیری pH..... ۶۸
- ۲-۵-۵. اندازه گیری EC..... ۶۸
- ۲-۵-۶. اندازه گیری دوز منعقد کننده تولیدی..... ۶۸
- ۲-۵-۷. بررسی میکروسکوپ الکترونی و سیستم آنالیز EDAX..... ۶۸
- ۲-۶. مواد و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده..... ۷۰

۷۰	۷-۲. ایمنی و بهداشت
۷۱	<b>فصل سوم: نتایج و یافته‌ها</b>
۷۲	۱-۳. مقدمه
۷۲	۲-۳. رآکتور ناپیوسته
۷۲	۱-۲-۳. اثر جنس الکتروود
۷۴	۲-۲-۳. اثر pH اولیه محلول
۷۵	۳-۲-۳. اثر دانسیته جریان
۷۷	۴-۲-۳. اثر هوادهی و زمان واکنش بر روی راندمان
۷۹	۵-۲-۳. بهره برداری از سیستم مداوم فرایند انعقاد الکتریکی
۸۱	<b>فصل چهارم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها</b>
۸۲	۱-۴. مقدمه
۸۲	۲-۴. بحث
۸۲	۱-۲-۴. اثر جنس الکتروود
۸۴	۲-۲-۴. اثر pH اولیه محلول و مکانیزم حذف
۸۷	۳-۲-۴. اثر دانسیته جریان
۹۰	۴-۲-۴. اثر هوادهی بر روی راندمان فرایند و سینتیک واکنش‌ها
۹۳	۵-۲-۴. بهره برداری از سیستم مداوم فرایند انعقاد الکتریکی
۹۴	۳-۴. نتیجه‌گیری
۹۵	۴-۴. پیشنهادها
۹۷	فهرست منابع
۱۰۴	چکیده انگلیسی

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱. تولید، واردات و صادرات نفت خام در سال ۱۳۸۵ ..... ۹
- جدول ۱-۲. مقایسه بهره برداری جهانی از آب زیرزمینی با چند منبع طبیعی دیگر ..... ۱۳
- جدول ۱-۳. حمل نفت خام طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۵ ..... ۱۶
- جدول ۱-۴. کارکرد خطوط لوله نفت خام طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۵ ..... ۱۷
- جدول ۱-۵. عملکرد حمل نفت خام و فراورده‌های نفتی در شرکت ملی نفت کش ایران طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۵ ..... ۱۸
- جدول ۱-۶. ظرفیت اسمی و نسبت ظرفیت عملی به اسمی پالایش نفت خام در پالایشگاه‌های کشور طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۵ ..... ۲۰
- جدول ۱-۷. ظرفیت مخازن نفت خام و فراورده‌های نفتی در پالایشگاه‌های کشور در پایان سال ۱۳۸۵ ..... ۲۲
- جدول ۱-۸. استانداردهای پساب خروجی وضع شده توسط سازمان محیط زیست ایران ..... ۲۴
- جدول ۱-۹. انواع امولسیون‌های نفت-آب ..... ۲۷
- جدول ۲-۱. انواع تجهیزات مورد استفاده در رآکتور ..... ۵۷
- جدول ۲-۲. مهم‌ترین خصوصیات نمونه آب زیرزمینی ..... ۵۸
- جدول ۲-۳. پارامترهای مورد سنجش و مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده ..... ۶۷
- جدول ۲-۴. مواد شیمیایی مصرفی به همراه مشخصات آن‌ها ..... ۷۰

## فهرست نمودارها

- نمودار ۳-۱. اثر جنس الکتروود ( pH اولیه محلول طبیعی، زمان واکنش ۳۰ دقیقه، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup> )..... ۷۳
- نمودار ۳-۲. اثر جنس الکتروود ( pH اولیه محلول طبیعی، زمان واکنش ۳۰ دقیقه، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup> )..... ۷۳
- نمودار ۳-۳. اثر pH اولیه محلول ( زمان واکنش ۳۰ دقیقه، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۴
- نمودار ۳-۴. اثر pH اولیه محلول ( زمان واکنش ۳۰ دقیقه، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۵
- نمودار ۳-۵. اثر دانسیته جریان ( زمان واکنش ۳۰ دقیقه، هوادهی L/min ۰/۵، pH اولیه محلول طبیعی، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۶
- نمودار ۳-۶. اثر دانسیته جریان ( زمان واکنش ۳۰ دقیقه، pH اولیه محلول طبیعی، هوادهی L/min ۰/۵، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۶
- نمودار ۳-۷. اثر هوادهی و زمان واکنش ( pH اولیه محلول طبیعی، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۷
- نمودار ۳-۸. اثر هوادهی و زمان واکنش ( pH اولیه محلول طبیعی، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۸
- نمودار ۳-۹. اثر هوادهی و زمان واکنش ( pH اولیه محلول طبیعی، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۸
- نمودار ۳-۱۰. اثر زمان ماند هیدرولیکی ( pH اولیه محلول طبیعی، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۷۹
- نمودار ۳-۱۱. اثر زمان واکنش ( pH اولیه محلول طبیعی، هوادهی L/min ۰/۵، دانسیته جریان ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>، حالت الکتروود St-Fe )..... ۸۰

نمودار ۴-۱. حلالیت آهن و گونه های غالب آن در pH های مختلف..... ۸۷

نمودار ۴-۲. کاهش وزن آند و تشکیل لجن در فرایند انعقاد الکتریکی در دانسیته جریان های مختلف ۲ تا ۱۸ mA/cm<sup>2</sup>

(شرایط بهینه)..... ۸۹

نمودار ۴-۳. مدل های واکنش درجه اول (الف) و درجه دوم (ب) در حذف ترکیبات نفتی در فرایند انعقاد الکتریکی. ۹۲

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱. توزیع آب در جهان..... ۸
- شکل ۲-۱. چرخه آب..... ۱۱
- شکل ۳-۱. شماتیکی از یک سیستم دمیدن هوا در آب ..... ۳۱
- شکل ۴-۱. شماتیکی از واحد اپکن..... ۳۸
- شکل ۵-۱. شماتیک مراحل اصلی درگیر در فرایند الکتروشیمی..... ۴۵
- شکل ۱-۲: طرح کلی مطالعه..... ۵۶
- شکل ۲-۲. شماتیک بساط آزمایشی سیستم جریان ناپیوسته..... ۶۰
- شکل ۳-۲. شماتیک بساط آزمایشی سیستم جریان پیوسته (مداوم)..... ۶۱
- شکل ۴-۲. تصویر رآکتور ناپیوسته..... ۶۲
- شکل ۵-۲. تصویر رآکتور پیوسته (مداوم)..... ۶۲



# فصل اول

مقدمه و مروری بر  
مطالعات گذشته

## ۱-۱. مقدمه

وجود ترکیبات نفتی در آب به عنوان یکی از مهمترین آلاینده ها محسوب شده و مشکلات زیادی را ایجاد می نماید [۱]. امروزه مشکلات مربوط به حضور مشتقات نفتی در محیط رو به افزایش است. این مشتقات گروهی از ترکیبات بسیار خطرناک برای محیط است که حتی تعدادی از آنها سرطانزا بوده و علاوه بر آن دارای زمان تجزیه پذیری بسیار طولانی می باشند [۲, ۳]. نشتها و ریزشهای مزمن عمدی و تصادفی ترکیبات نفتی توسط صنایع و کارخانه های مختلفی از جمله پالایشگاههای نفت، پتروشیمی ها، کارخانه های فلزکاری، تخلیه ی پسابهای نفتی، سکوهای نفتی، پایانه های نفتی و مخازن و تانکرهای ذخیره می توانند به طور مداوم مقدار زیادی از این ترکیبات را وارد منابع آبی نمایند که این ترکیبات شیمیایی خطرناک پتانسیل تخریب ساختار و عملکرد سیستم های طبیعی را دارا می باشند [۱, ۴, ۵] و از طرفی کنترل نشت و پخش این ترکیبات به دلیل گستردگی استفاده جهانی و داشتن توانایی جابه جایی بالا، کاری بسیار مشکل بوده و قادرند به راحتی وارد محیطهای آبی از قبیل رودخانه ها، دریاها، اقیانوسها و آبهای زیرزمینی شوند و اثرات مضر و خطرناکی بر محیط زیست وارد نمایند [۲, ۶].

آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع قابل اعتماد و حیاتی برای مقاصد آب شرب، صنعت و آبیاری در کشورهای آسیایی می باشد [۷]. آب آشامیدنی وقتی به دست مصرف کنندگان می رسد باید سالم، ایمن، بدون طعم و بوی نامطبوع و بدون رنگ و کدورت باشد [۸]. در صورتی که وجود ترکیبات نفتی ایجاد کدورت و طعم و بوی نامطبوعی در آب نموده و همانطور که بیان شد این آبها را برای خیلی از مصارف غیر قابل استفاده می کند [۳]. بنابراین حذف ترکیبات نفتی از آبهای

زیرزمینی به ویژه در کشور ما که یکی از مناطق نفت خیز جهان بوده و در ثانی استفاده از آب زیرزمینی در آن بالا می باشد یک امری ضروری است.

روشهای متعددی برای جداسازی نفت از آب وجود دارد که شامل جداسازی ثقلی، انواع فیلترها، اسمز معکوس، فرایند بیولوژیکی، شناور سازی با هوای محلول، بیوراكتورهای ممبرانی، جذب با کربن فعال، انعقاد شیمیایی، انعقاد الکتریکی<sup>۱</sup> (EC)، شناورسازی الکتریکی و سایر موارد می باشد [۳، ۹]. اکثر فرایندهای رایج به دلیل کارایی محدود و اثر بخشی کم، ایجاد لجن زیاد، نیاز داشتن به افزودنیهای مواد شیمیایی، پرهزینه بودن، نیاز به پیش تصفیه، راهبری مشکل نتوانسته نیاز یک تصفیه ی اقتصادی و کارآمد را فراهم نماید [۳، ۱۰]. بنابراین نیاز به یک تکنولوژی جدیدی است که جداسازی موثر نفت از امولسیونهای آبی را از نظر فنی و اقتصادی فراهم نماید که برای این منظور فرایند انعقاد الکتریکی به دلیل داشتن چند مزیت از جمله عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی، نیاز به تجهیزات ساده، بهره برداری راحت، هزینه ی اولیه و هزینه ی بهره برداری پایین [۹]، زمان واکنش کم، ته نشینی سریع فلاکهای ایجاد شده، تولید لجن کم، ایمنی بالا، عدم نیاز به حمل و نقل و جابه جایی مواد شیمیایی و تولید منعقد کننده در محل نفش بسیار برجسته ای ایفا می کند که برای تصفیه ی بسیاری از آبهای آلوده به ترکیبات نفتی، جامدات، رنگها، فلزات سنگین، مواد آلی و غیر آلی محلول، بسیار کارآمد است [۳، ۶، ۱۱-۱۳].

در انعقاد الکتریکی، منعقد کننده با خورده شدن آند در محل ایجاد می شود و طی سه فرایند عمده زیر عمل تصفیه را انجام می دهد: ۱- واکنش الکترولیت در سطح الکتروود و شکل گیری منعقد کننده ها به وسیله ی اکسیداسیون الکترولیتی در فاز آبی ۲- جذب ذرات کلوئیدی بر روی منعقد کننده ها و ۳- حذف آن به وسیله ی ته نشینی یا شناورسازی [۹]. هم زمان با خورده شدن آند، در کاتد گازهای الکترولیت (عموماً  $H_2$ ) تولید می شوند. فلزاتی از قبیل آهن و آلومینیوم معمولا به عنوان آند استفاده می شوند که با اکسید شدن، هیدروکسیدها، اکسی هیدروکسیدها و هیدروکسیدهای پلی مریک را تولید می کنند [۱۲]. هیدروکسیدهای فلزی شکل گرفته به عنوان منعقدکننده ی

---

1. Electro-coagulation

ناخالصی‌های مایع عمل کرده و حبابهای هیدروژن شکل گرفته در سمت کاتد شکل گیری کف را فراهم می‌سازد [۱۴] این محصولات معمولاً بسیار موثرتر از مواد شیمیایی اضافه شده می‌باشند و قادر به ناپایدار سازی سوسپانسیون‌های کلوئیدی و امولسیونها هستند [۱۲].

همانطور که بیان شد تاکنون مطالعات مختلفی برای حذف انواع آلاینده‌ها از محیط‌های آبی با استفاده از انعقاد الکتریکی انجام شده است. بررسی منابع علمی نشان می‌دهد که تاکنون هیچ مطالعه‌ای روی تصفیه ی آب‌های زیرزمینی آلوده به ترکیبات نفتی با فرایند انعقاد الکتریکی صورت نگرفته است. بنابراین با توجه به ضرورتی که بیان شد، هدف از انجام این تحقیق، تصفیه آب‌های زیرزمینی آلوده به ترکیبات نفتی در فرایند انعقاد الکتریکی بوده است.

## ۲-۱. اهداف تحقیق

**هدف کلی:** بررسی کارایی فرایند انعقاد الکتریکی در تصفیه ی آب‌های زیرزمینی آلوده به

ترکیبات نفتی

**اهداف جزئی:**

- تعیین اثر pH آب در حذف مواد آلی نفتی از آب زیرزمینی آلوده با استفاده از فرایند انعقاد

الکتریکی

- تعیین اثر جنس آند و کاتد در حذف مواد آلی نفتی از آب زیرزمینی آلوده با استفاده از فرایند

انعقاد الکتریکی

- تعیین اثر دانسیته جریان در حذف مواد آلی نفتی از آب زیرزمینی آلوده با استفاده از فرایند

انعقاد الکتریکی

- تعیین اثر هوادهی در حذف مواد آلی نفتی از آب زیرزمینی آلوده با استفاده از فرایند انعقاد

الکتریکی

- تعیین کینتیک حذف مواد آلی نفتی از آب زیرزمینی آلوده با استفاده از فرایند انعقاد

الکتریکی