



دانشگاه مازندران
مجمع آموزش عالی فنی مهندسی شیروانی

موضوع :

مدلسازی فرآیند هیبریدی هوادهی-تراوش تبخیری جهت جداسازی ترکیبات آلی فرار از آبها و پسابهای صنعتی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی

استاد راهنما :

دکتر سید علی اصغر قریشی

استاد مشاور :

دکتر قاسم نجف پور

نگارش:

فرشته انتظاریون

دی ۱۳۸۷

تقدیر و تشکر

با سپاس به پیشگاه آنکس که ستایش گویندگان تا آخرین حد مبالغه ، وصف کمالش را کفایت نمی کند و صفات کمالش را حدی نیست. کریمی که الطاف بیکرانیش در طول زندگی بویژه دوران تحصیل و تحقیق شامل حال اینجانب بوده است .

بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را به حضور استاد گرانقدر جناب آقای **دکتر علی اصغر قریشی** که با نهایت دقت و دلسوزی ، صبر و متانت ، صمیمیت ودانش در تمامی مراحل تهیه و تنظیم این پایان نامه نقش بسزایی داشته اند، تقدیم می دارم.

برخود لازم میدانم از حسن توجهات اعضاء محترم هیات علمی دانشکده فنی دانشگاه مازندران که در دوران تحصیل همواره از مساعدت های بیدریغ آنان بهره مند گشته ام، و نیز از راهنمایی های مهندس صادقی فر قدردانی و تشکر نمایم.

چکیده

امروزه فرایندهای مختلف مورد استفاده دارای محدودیت هایی هستند. فرایند جذب سطحی کربن فقط در غلظت های کم ترکیبات آلی فرار اقتصادی بوده و لزوم احیای کربن ، فرایند را برای غلظت های بالای آلودگی غیر مناسب می سازد. غیر فعال شدن میکروارگانیسم به علت تماس با آلودگی های ترکیبات آلی فرار در طول فراورش بیولوژیکی و کم بودن دانش ما از مکانیسم آن ، این فرایند را از نظر عملیاتی پیچیده می سازد. فرایند هوادهی در برج های آکنده یک فرایند شناخته شده ولی با کاربردهای محدود می باشد. استفاده از این فرایند محدود به حذف ترکیبات غیر قطبی و نسبتا فرار (با ضریب هنری بالا) می باشد و برای ترکیبات با حلالیت بالا (با ضریب هنری کم) برج هایی با ارتفاع زیاد لازم است. جداسازی غشایی بر پایه تراوش تبخیری با توجه به سطح غشای مورد نیاز بالای برای مقیاس های بزرگ ، هنوز یک فرایند چالش انگیز می باشد. به نظر می رسد که یک فرایند هیبریدی شامل یک برج هوادهی آکنده و در ادامه یک واحد تراوش تبخیری می تواند نقص هر فرایند به صورت جداگانه را از بین ببرد.

در این تحقیق مزایای استفاده از یک فرایند هیبریدی هوادهی-تراوش تبخیری ، به صورت تئوری بوسیله یک مدل ریاضی بررسی شده است. پروفایل غلظت در برج هوادهی با استفاده از معادلات دیفرانسیل ساده بر پایه موازنه جرم اجزا در شرایط دما ثابت مدل شده، در حالیکه مدل مقاومت های سری با در نظر گرفتن مقاومت در فاز غشا و لایه مرزی مایع برای توصیف انتقال جرم در فرایند تراوش تبخیری استفاده شده است. با استفاده از تعادل مایع-بخار مناسب و ضرایب انتقال جرم ، معادلات مدل هوادهی حل شدند تا بازده برج تحت شرایط عملیاتی مختلف مانند فشار ، دما و نسبت های حجمی هوا به آب تخمین زده شود. نتایج مدل مطابق با داده های تجربی بود و آنالیز حساسیت مدل، نشان داد که حتی در شرایط عملیاتی بهینه یک برج خیلی بلند ، برای رسیدن به بازده حذف بالا برای ترکیباتی با ثابت هنری کم مورد نیاز می باشد. از طرف دیگر ، بررسی های مدل تراوش تبخیری نشان داد که فقط در غلظت های ورودی بالا و شدت جریان های بالای آب استفاده از یک واحد تراوش تبخیری تنها برای حذف می تواند قانع کننده باشد. در هر حال ، در غلظت های کم با توجه به سطح غشای مورد نیاز بالا اقتصادی نمی باشد. نتایج بدست آمده از امتحان مدل هیبریدی هوادهی-تراوش تبخیری نشان داد که حذف آلودگی های ترکیبات آلی فرار ، با استفاده از یک برج آکنده در یک اندازه اقتصادی و باقیمانده ترکیبات در واحد تراوش تبخیری با سطح خیلی کوچکتر غشا، امکان پذیر می باشد. با توجه به هزینه های یک واحد غشایی در مقایسه با برج های هوادهی آکنده ، استفاده از یک فرایند هیبرید برای این شرایط توصیه می شود.

فهرست

صفحه	عنوان
	فصل اول : ترکیبات آلی فرار و روش های حذف آنها
۱۳	۱-۱ مقدمه
۱۳	۲-۱ VOC'S ها و حضور آنها در محیط
۱۳	۳-۱ معرفی VOC'S's
۱۴	۴-۱ VOC'S و آلودگی هوا
۱۴	۵-۱ VOC'S و آلودگی خاک
۱۵	۶-۱ VOC'S و آلودگی آب
۱۵	۷-۱ جنبه های محیط زیستی ترکیبات آلی هالوژنه در آب
۱۷	۸-۱ نفت در آب دریا
۱۸	۹-۱ روشهای حذف VOC'S
۱۸	۱-۹-۱ روش دفع به وسیله هوادهی در برجهای آکنده
۱۹	۲-۹-۱ فرایند حذف بیولوژیکی
۲۰	۳-۹-۱ روش جذب سطحی
۲۵	۴-۹-۱ روش جداسازی غشایی
۲۷	۵-۹-۱ روش ترکیبی
۲۷	۱-۵-۹-۱ روش هوادهی-جذب سطحی
۲۸	۲-۵-۹-۱ اکسیداسیون بیولوژیکی-تراوش تبخیری
۲۹	۳-۵-۹-۱ روش هوادهی-تراوش گاز
۳۳	۴-۵-۹-۱ روش ترکیبی هوادهی-تراوش تبخیری
۳۳	۱۰-۱ انتخاب روش مناسب برای جداسازی VOC's
۳۶	فصل دوم : هوادهی در برج های آکنده
۳۶	۱-۲ تئوری انتقال جرم در برج های آکنده
۳۷	۱-۱-۲ تحلیل انتقال جرم در فرآیندهای گاز-مایع
۳۸	۲-۱-۲ تئوری در فیلمی
۴۰	۳-۱-۲ برج های آکنده
۴۰	۲-۲ برآورد ضرائب تعادل گاز-مایع و ضرائب انتقال جرم در برجهای آکنده
۴۰	۱-۲-۲ ضرائب تعادلی
۴۰	۱-۱-۲-۲ تعریف قانون هنری و تخمین مقادیر آن برای VOC's در آب
۴۴	۲-۱-۲-۲ ضرائب انتقال جرم

۴۹	تخمین خواص فیزیکی	۲-۲-۲
۵۰	ضرایب نفوذ	۱-۲-۲
۵۰	ضریب نفوذ در گازها	۲-۲-۲
۵۰	ضرایب نفوذ در مایعات	۳-۲-۲
۵۱	کشش سطحی	۴-۲-۲
۵۱	ویسکوزیته	۵-۲-۲
۵۲	مدلسازی فرایند هوادهی و حل معادلات مدل	۳-۲
۵۳	معادلات مدل	۱-۳-۲
۵۴	انتخاب ترکیبات	۲-۳-۲
۵۵	فرضیات مدل	۳-۳-۲
۵۵	الگوریتم حل	۴-۳-۲
۵۷	نتایج مدل فرایند هوادهی	۴-۲
۵۷	تأثیر فشار	۱-۴-۲
۵۹	تأثیر نسبت هوا به آب	۲-۴-۲
۶۱	تأثیر ارتفاع آکنه	۳-۴-۲
۶۲	تأثیر دما	۴-۴-۲
۶۴	تأثیر غلظت ورودی	۵-۴-۲
فصل سوم : مروری بر فرایند تراوش تبخیری و توسعه مدل انتقال		
۶۸	مقدمه	۱-۳
۶۹	ساختمان غشا	۱-۱-۳
۷۱	جنس غشا	۲-۱-۳
۷۴	تاریخچه تراوش تبخیری و کاربردهای آن	۳-۱-۳
۷۵	تئوری عمومی انتقال جرم در فرایند PV	۴-۱-۳
۷۸	انواع ساختارهای مهندسی غشا برای استفاده در فرایند PV	۵-۱-۳
۷۹	مدل سازی فرایند تراوش تبخیری	۲-۳
۸۰	تئوری سه فیلمی	۱-۲-۳
۸۱	فرضیات مدل	۲-۲-۳
۸۲	توصیف معادلات مدل بر اساس مقاومت های سری	۳-۲-۳
۸۴	بدست آوردن پارامترهای مدل	۴-۲-۳
۸۵	برآورد پتانسیل شیمیایی در فاز مایع و گاز	۱-۴-۲-۳
۸۸	جمع آوری اطلاعات لازم برای تخمین پارامترهای مدل	۲-۴-۲-۳

فصل چهارم : تخمین پارامترهای تراوش تبخیری و ارائه نتایج		
۹۴	تخمین پارامترها و ارائه نتایج	۱-۴
۹۲	محاسبه ضریب انتقال جرم کل برای سیستم های مختلف	۱-۱-۴
۱۰۴	محاسبه ضریب انتقال جرم فاز انفرادی مایع و غشا برای سیستم های مختلف	۲-۱-۴
۱۰۸	محاسبه بازده حذف VOC's	۲-۴
۱۰۹	محاسبه سطح غشا مورد نیاز برای رسیدن به درصد حذف معین	۳-۴
۱۱۱	بررسی تاثیر دبی ورودی بر سطح غشا	۴-۴
۱۱۲	بررسی تاثیر بازده حذف VOC's بر سطح مورد نیاز غشا در دبی ثابت	۵-۴
۱۱۴	نتیجه گیری کلی	۶-۴
فصل پنجم : فرایند هیبرید هوادهی-تراوش تبخیری		
۱۱۶	مقدمه	۱-۵
۱۱۷	سابقه تحقیقات در زمینه فرایند هوادهی-تراوش تبخیری	۲-۵
۱۲۱	نتایج	۳-۵
۱۲۲	بررسی تاثیر غلظت ورودی	۴-۵
۱۲۳	بررسی تاثیر دبی ورودی	۵-۵
۱۲۵	نتیجه گیری و پیشنهادات	۶-۵
۱۲۶	منابع	

فهرست شکلها و نمودارها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۱- نمایشی از فرایند دفع به وسیله هوادهی..... ۱۷
- شکل ۲-۱- شمای سیستم حذف به وسیله بیوفیلتر..... ۱۸
- شکل ۳-۱- سیستم جذب سطحی ACF و GAC..... ۲۰
- شکل ۴-۱- شمایی از فرایند تقطیر غشایی..... ۲۱
- شکل ۵-۱- پروفایل غلظت و دما در تقطیر غشایی تحت خلا..... ۲۲
- شکل ۶-۱- اثر فشار و دما روی فلاکس..... ۲۳
- شکل ۷-۱- مکانیزم نفوذ در داخل غشاء..... ۲۴
- شکل ۸-۱- شمای سیستم ترکیبی جذب سطحی و هوادهی..... ۲۵
- شکل ۹-۱- فرایند ترکیبی تراوش تبخیری - بیوراكتور جهت حذف ترکیبات آلی..... ۲۷
- شکل ۱۰-۱- فرایند جداسازی هیبریدی هوادهی/غشایی بخار آلی شکل..... ۲۸
- شکل ۱۱-۱- هزینه های فراورش تکنولوژی های رقابتی به عنوان تابعی از غلظت VOC's..... ۳۰
- شکل ۱۲-۱- هزینه های فراورش به عنوان تابعی از شدت جریان پساب شامل ۱ wt% متیلن کلرید..... ۳۰
- شکل ۱-۲- تئوری دو فیلمی در انتقال جرم بین دو فاز..... ۳۵
- شکل ۲-۲- شمای یک برج آکنده..... ۳۷
- شکل ۳-۲- برش دیفرانسیلی ستون آکنده..... ۵۲
- شکل ۴-۲- فلوجارت حل معادلات مدل..... ۵۴
- شکل ۵-۲- تاثیر فشار بر راندمان حذف تری کلرو اتان..... ۵۶
- شکل ۶-۲- تاثیر فشار بر راندمان حذف متیلن کلرید..... ۵۶
- شکل ۷-۲- تاثیر فشار بر راندمان حذف تولوئن..... ۵۷
- شکل ۸-۲- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف تری کلرو اتان..... ۵۸
- شکل ۹-۲- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف متیلن کلرید..... ۵۸
- شکل ۱۰-۲- تاثیر نسبت هوا به آب بر حذف تولوئن..... ۵۹
- شکل ۱۱-۲- تاثیر ارتفاع آکنه برای رسیدن به ۹۹ درصد حذف ۳ ترکیب آلی..... ۶۰

- شکل ۲-۱۲ تاثیر دما برای رسیدن به ۹۵ درصد حذف تولوئن..... ۶۱
- شکل ۲-۱۳ تاثیر دما برای رسیدن به ۹۵ درصد حذف متیلن کلرید..... ۶۲
- شکل ۲-۱۴ تاثیر دما برای رسیدن به ۹۵ درصد حذف تری کلرواتان..... ۶۲
- شکل ۳-۱ - نمایی از فرایند جداسازی به وسیله غشاء..... ۶۷
- شکل ۳-۲ - نمایی از جداسازی با استفاده از غشاء متخلخل..... ۶۸
- شکل ۳-۳ - نمایی از جداسازی با استفاده از غشاء متراکم..... ۶۸
- شکل ۳-۴ - نمایی از فرایند تراوش تبخیری..... ۷۲
- شکل ۳-۵ - نمایی از اختلاف پتانسیل شیمیایی در طول غشاء..... ۸۰
- شکل ۳-۶ - نحوه بدست آوردن مقاومت کل..... ۸۲
- شکل ۳-۷ - تخمین پارامترهای مدل مقاومت های سری..... ۸۵
- شکل ۳-۸ - مقادیر فلاکس بر حسب غلظت VOC'S در غشاء PDMS..... ۸۷
- شکل ۳-۹ - نمودار فلاکس آب در مقابل غلظت VOC'S در سه نوع غشاء مختلف..... ۸۷
- شکل ۳-۱۰ - مقدار Y_i / Y_w در مقابل X_i برای غشاء PDMS..... ۸۸
- شکل ۳-۱۱ - اثرات تغییرات فشار فاز بخار بر فلاکس آب در غشاء PDMS..... ۸۸
- شکل ۳-۱۲ - اثرات تغییرات فشار فاز بخار بر گزینش پذیری در غشاء PDMS..... ۸۹
- شکل ۳-۱۳ - نمودار فلاکس تولوئن در مقابل غلظت در غشاء کامپوزیت..... ۹۰
- شکل ۴-۱ - محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $140 \mu m$ ۹۳
- شکل ۴-۲ - محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $270 \mu m$ ۹۳
- شکل ۴-۳ - محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء = $472 \mu m$ ۹۴
- شکل ۴-۴ - محاسبه $K^0 RT$ برای متیلن کلراید با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $140 \mu m$ ۹۵
- شکل ۴-۵ - محاسبه $K^0 RT$ برای متیلن کلراید با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $270 \mu m$ ۹۶
- شکل ۴-۶ - محاسبه $K^0 RT$ برای متیلن کلراید با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $472 \mu m$ ۹۶
- شکل ۴-۷ - محاسبه $K^0 RT$ برای تری کلرواتان با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $140 \mu m$ ۹۷
- شکل ۴-۸ - محاسبه $K^0 RT$ برای تری کلرواتان با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $270 \mu m$ ۹۸

- شکل ۹-۴ محاسبه $K^0 RT$ برای تری کلرو اتان با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء PDMS = $472 \mu m$ ۹۸
- شکل ۱۰-۴ محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء کامپوزیت = $50 \mu m$ ۱۰۰
- شکل ۱۱-۴ محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء کامپوزیت = $100 \mu m$ ۱۰۱
- شکل ۱۲-۴ محاسبه $K^0 RT$ برای تولوئن با استفاده از شیب خط در ضخامت غشاء کامپوزیت = $200 \mu m$ ۱۰۱
- شکل ۱۳-۴ - مقاومت کل برای انتقال تولوئن در مقابل ضخامت غشاء..... ۱۰۲
- شکل ۱۴-۴ مقاومت کل برای انتقال متیلن کلراید در مقابل ضخامت غشاء..... ۱۰۳
- شکل ۱۵-۴ مقاومت کل برای انتقال تری کلرو اتان در مقابل ضخامت غشاء..... ۱۰۴
- شکل ۱۶-۴ مقاومت کل برای انتقال تولوئن در غشاء کامپوزیت در مقابل ضخامت غشاء..... ۱۰۵
- شکل ۱۷-۴ بازده حذف تولوئن در مقابل غلظت ورودی..... ۱۰۷
- شکل ۱۸-۴ سطح مورد نیاز غشا در مقابل غلظت VOC's ورودی..... ۱۰۸
- شکل ۱۹-۴ سطح غشا در مقابل دبی برای تولوئن در $\text{removal}=90\%$ ۱۰۹
- شکل ۲۰-۴ سطح غشا در مقابل دبی برای متیلن کلراید در $\text{removal}=90\%$ ۱۰۹
- شکل ۲۱-۴ سطح غشا در مقابل دبی برای تری کلرو اتان در $\text{removal}=90\%$ ۱۱۰
- شکل ۲۲-۴ سطح مورد نیاز غشا در مقابل درصد حذف برای تولوئن در غلظت های مختلف..... ۱۱۱
- شکل ۲۳-۴ سطح مورد نیاز غشا در مقابل درصد حذف برای متیلن کلراید در غلظت های مختلف..... ۱۱۱
- شکل ۲۴-۴ سطح مورد نیاز غشا در مقابل درصد حذف برای تری کلرو اتان در غلظت های مختلف..... ۱۱۲
- شکل ۱-۵ فرآیند هیبرید هوادهی-تراوش تبخیری..... ۱۱۶
- شکل ۲-۵ آرایش بهینه هیبرید هوادهی-تراوش تبخیری..... ۱۱۷
- شکل ۳-۵ فرآیند جداسازی هیبریدی هوادهی/غشایی بخار آلی..... ۱۱۸
- شکل ۴-۵ شکل شماتیک فرآیند هیبرید هوادهی-تراوش تبخیری..... ۱۱۹
- شکل ۵-۵ تاثیر ارتفاع آکنه برای رسیدن به ۹۹ درصد حذف ۳ ترکیب آلی..... ۱۲۰
- شکل ۶-۵ سطح غشا در مقابل غلظت ورودی VOC's در فرآیند هیبرید، فلاکس ورودی، $\text{removal}=90\%$ غشا..... ۱۲۰
- شکل ۷-۵ سطح غشا در مقابل فلاکس ورودی در فرآیند هیبرید، غلظت ورودی ۱ ppm، $\text{removal}=90\%$ غشا..... ۱۲۱
- شکل ۸-۵ سطح غشا در مقابل فلاکس ورودی در فرآیند هیبرید، غلظت ورودی ۱۰۰ ppm، $\text{removal}=90\%$ غشا..... ۱۲۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ مقادیر مجاز تعدادی از آلاینده ها در آب آشامیدنی.....	۱۶
جدول ۲-۱ انواع جاذب ، روش تولید ، کاربرد و احیا آنها.....	۲۱
جدول ۱-۲ ثوابت هنری مطابق معادله ۳-۵.....	۴۲
جدول ۲-۲ ضرایب انتقال جرم تجربی.....	۴۵
جدول ۳-۲ خصوصیات اصلی تعدادی از آکنه ها.....	۴۸
جدول ۴-۲ ثوابت هنری تعدادی از VOC's.....	۴۹
جدول ۱-۳-۱ ساختمان غشاهای مورد استفاده در فرایند PV.....	۷۳
جدول ۲-۳-۲ خواص برخی از VOC'S جداسونده توسط فرایند PV.....	۷۸
جدول ۳-۳-۳ خواص فیزیکی چند نوع VOC'S و آب.....	۸۸
جدول ۴-۳-۴ ضریب کلی انتقال جرم برای غشا های بررسی شده.....	۹۲
جدول ۱-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء PDMS = $140\mu m$	۹۴
جدول ۲-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء PDMS = $270\mu m$	۹۵
جدول ۳-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء PDMS = $472\mu m$	۹۶
جدول ۴-۸ مقادیر $K^0 RT$ برای انتقال تولوئن در غشاء PDMS در ضخامت های مختلف.....	۹۶
جدول ۵-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای متیلن کلراید در ضخامت غشاء PDMS = $140\mu m$	۹۷
جدول ۶-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای متیلن کلراید در ضخامت غشاء PDMS = $270\mu m$	۹۷
جدول ۷-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای متیلن کلراید در ضخامت غشاء PDMS = $472\mu m$	۹۸
جدول ۸-۸ مقادیر $K^0 RT$ برای انتقال متیلن کلراید در غشاء PDMS در ضخامت های مختلف.....	۹۹
جدول ۹-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تری کلرو اتان در ضخامت غشاء PDMS = $140\mu m$	۹۹
جدول ۱۰-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تری کلرو اتان در ضخامت غشاء PDMS = $270\mu m$	۱۰۰
جدول ۱۱-۸ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تری کلرو اتان در ضخامت غشاء PDMS = $472\mu m$	۱۰۰

- جدول ۸-۱۲ مقادیر $K^0 RT$ برای انتقال تری کلرو اتان در غشاء PDMS در ضخامت های مختلف..... ۱۰۱
- جدول ۸-۱۳ ضریب انتقال جرم کل برای غشاء PDMS در شرایط سیستم مورد بررسی..... ۱۰۱
- جدول ۸-۱۴ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء کامپوزیت $= 50 \mu m$ ۱۰۲
- جدول ۸-۱۵ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء کامپوزیت $= 100 \mu m$ ۱۰۲
- جدول ۸-۱۶ داده های لازم برای تخمین مقاومت کل بر حسب $K^0 RT$ برای تولوئن در ضخامت غشاء کامپوزیت $= 200 \mu m$ ۱۰۳
- جدول ۸-۱۷ مقادیر $K^0 RT$ برای انتقال تولوئن در غشاء کامپوزیت در ضخامت های مختلف..... ۱۰۴
- جدول ۸-۱۸ مقاومت کل در ضخامت های مختلف..... ۱۰۴
- جدول ۸-۱۹ اندازه گیری پارامترهای مدل برای تولوئن..... ۱۰۵
- جدول ۸-۲۰ مقادیر مقاومت کل برای انتقال متیلن کلراید در مقابل ضخامت..... ۱۰۵
- جدول ۸-۲۱ اندازه گیری پارامترها مدل برای متیلن کلراید..... ۱۰۵
- جدول ۸-۲۲ مقادیر مقاومت کل برای انتقال تری کلرو اتان در مقابل ضخامت..... ۱۰۶
- جدول ۸-۲۳ اندازه گیری پارامترها مدل برای تری کلرو اتان..... ۱۰۶
- جدول ۸-۲۴ محاسبه پارامترها برای غشاء PDMS در شرایط سیستم مورد بررسی..... ۱۰۷
- جدول ۸-۲۵ مقادیر مقاومت کل برای انتقال تولوئن در مقابل ضخامت غشاء کامپوزیت..... ۱۰۷
- جدول ۸-۲۶ اندازه گیری پارامترها مدل برای تولوئن غشاء کامپوزیت..... ۱۰۷
- جدول ۸-۲۷ تراوایی کلی ترکیب آلی و آب..... ۱۰۸

« فصل اول »

« ترکیبات آلی فرار و روشهای حذف آنها »

۱-۱ مقدمه

امروزه با پیشرفت روزافزون علم و تکنولوژی و تولید هزاران ماده شیمیایی و در نتیجه ورود آنها به محیط زیست مشکلات زیادی در زندگی انسانها به وجود آمده است. آلودگی منابع به انواع آلاینده ها که به واسطه فعالیت های انسانی رخ می دهد، استفاده از روشهای نوین کنترل و تصفیه را الزامی نموده است. اثرات سوء ناشی از ترکیبات آلی و عدم کنترل موثر آنها توسط فرایندهای معمول تصفیه، نیاز به روشهای ویژه ای را برای کنترل این ترکیبات مطرح نموده است. در حال حاضر روشهای مختلفی برای حذف آلاینده های مختلف نظیر مواد آلی، طعم و بو و فرآورده های جانبی ناشی از گندزدایی که ضمن عملیات تصفیه تولید می شوند، پیشنهاد شده اند. در این فصل ابتدا به معرفی ترکیبات آلی فرار^۱ که به اختصار آن را VOC's می نامند، پرداخته و سپس روشهای مختلف حذف این ترکیبات از آبهای آشامیدنی و فاضلاب های صنعتی بیان گردیده و قابلیت هر کدام از این فرایندها در حذف این ترکیبات و مزایای نسبی آنها را مورد بررسی قرار می گیرد.

۱-۲ VOC's ها و حضور آنها در محیط

وجود ترکیبات آلی موضوعی است که اهمیت آن در صنعت و محیط زیست به علت احتمال به خطر افتادن زندگی موجودات زنده افزایش می یابد. این ترکیبات که در بسیاری از مواد طبیعی و مصنوعی وجود دارند یکی از آلاینده های رایج در آب های سطحی و بخصوص فاضلاب های صنعتی می باشند. کاربرد این ترکیبات متنوع بشمار است و در حلالها، سوختها، عطرها، بیواسیدها و.. یافت می شود.

۱-۳ معرفی VOC'S`s

بر اساس تعریف WHO (سازمان بهداشت جهانی) ترکیبات آلی فرار (VOC'S`s) موادی هستند که شامل اتم های کربن بوده و حداقل فشار بخار ۰/۱۳ کیلو پاسکال را در دما و فشار استاندارد (۲۹۳ کلوین و ۱۰۱ کیلوپاسکال) دارند. البته CO ، CO_2 ، اسیدهای آلی و ترکیبات فلزی آلی از این تقسیم بندی مستثنی هستند.

^۱volatile organic compounds

۱-۴ VOC's و آلودگی هوا

سالانه میلیونها تن VOC's به وسیله مواد دست ساز بشر وارد اتمسفر می شود. حضور VOC's ها در اتمسفر یک مشکل جدی برای سلامت انسانها می باشد و عوارضی همچون بیقراری، سرطان در افراد بروز می نماید. منبع تعداد زیادی از هیدروکربن های موجود در هوا، بخار بنزین و یا دود خروجی از آگروزها است.

به عنوان مثال بر اساس تحقیقاتی که در اروپا صورت گرفت حدود ۸۵٪ بنزن موجود در هوا از منابع متحرک و تنها ۱۵٪ از منابع ثابت می باشد. مطالعات در مورد هوای داخل منازل نشان می دهد که در مورد خانه هایی با عمر بیش از یک سال، مهمترین منبع VOC's لباسهای خشکشویی شده، وسایل آرایشی، خوشبوکننده های هوا و مواد پاک کننده هستند و در ساختمان های نوساز مهمترین منبع VOC's رنگ نقاشی و چسب می باشد. همچنین بنزن که یک ماده سرطان زا برای انسان شناخته شده است در تنفس افراد سیگاری حدود ۱۰ مرتبه نسبت به افراد غیر سیگاری بیشتر است.

۱-۵ VOC's و آلودگی خاک

خاک شاید پیچیده ترین قسمت محیط زیست است که شامل تعداد زیادی از VOC's ها با خصوصیات متفاوت می باشد. آلودگی خاک با VOC's ها غالباً در نتیجه فعالیت و برخورد انسان با طبیعت است. مقادیر عظیمی از VOC's در صنایع نفت تولید می شود. بعضی از این ترکیبات به عنوان سوخت موتور یا به عنوان مواد خام به مصرف صنایع شیمیایی می رسند. صنایع شیمیایی با تولید مواد صنعتی و مصرفی یک تولید کننده مهم VOC's می باشند. از جمله مهمترین آلاینده های خاک می توان آلکان ها و سیکلو آلکان ها، هیدروکربن های آروماتیک (بنزن، تولوئن)، فنل ها و .. را نام برد. از عمده ترین خصوصیات ترکیبات آلاینده خاک غیر قطبی بودن آنها می باشد.

برخی VOC's ها می توانند به وسیله گیاهان و حیوانات و بر اثر تجزیه بیولوژیکی مواد آلی حاصل شوند. آلودگی خاک با این ترکیبات ممکن است نتیجه مستقیم انتشار در نزدیکی جایگاه سوخت یا مناطق صنعتی باشد. فرایندهای جذب و دفع باعث نفوذ این ترکیبات در خاک می شوند. آلودگی وارد سیستم خاک می شود و ممکن است جذب مواد آلی خاک گشته و در آب های زیر زمینی حل شود و یا مجدداً تبخیر و در اتمسفر رها شود.

۶-۱ VOC's و آلودگی آب

آلاینده های اصلی در صنعت آب و فاضلاب ترکیبات آلی می باشند. مقادیر فراوان ماده آلی (آفت کشها ، دترجنتها ، حلالها و ...) در منابع آبی وجود دارد . در میان این ترکیبات آلی ، ترکیبات آلی فرار گروهی از آلاینده ها با خصوصیات فیزیکی شیمیایی مشابه به وجود می آورند که اساسا آب گریز با تمایل به واکنش دهندگی پایین می باشند. دسترسی به روشهای حساس و پیشرفته آنالیز مواد برای به دست آوردن میزان غلظت آلاینده ها کافی است تا ما را در قادر به درک وسعت آلودگی محیط بنماید. منبع اصلی تخلیه VOC's به داخل آنها ، صنایعی همچون صنعت خشکشویی ، جابجایی نفت خام و فرایند کلریناسیون آب آشامیدنی می باشد . با وجود سرعت بالای تبخیر VOC's به علت حجم بالای محصولات دفع شده به محیط ، این ترکیبات در آبهای طبیعی نیز یافت می شوند . نیمه عمر VOC's ها در آبهای سطحی به علت تبخیر و تجزیه نسبت به آبهای زیرزمینی بسیار کوتاهتر است . برای مثال نیمه عمر ۱ و ۲ دی کلرواتان در هوا ۱۰ تا ۱۹۰ روز است در حالیکه در خاک ماهها ماندگار است . تتراکلرید کربن به سرعت از آبهای جاری تبخیر می شود (نیمه عمر از ۰/۳ تا ۳ روز است) اما مقاومت آن در آبهای راکد و آبهای زیرزمینی بیشتر است (نیمه عمر بین ۳۰ تا ۳۰۰ روز می باشد) [۱].

میزان آلودگی در مناطق مختلف و با شرایط محیط متفاوت است . بادهای مناطق صنعتی و سواحل آلوده باعث تبادل آلودگی بین آب - هوا در رسیدن به غلظت مناسب میشود .

۷-۱ جنبه های محیط زیستی ترکیبات آلی هالوژنه در آب

راهنمای WHO در خصوص کیفیت آب آشامیدنی که در سال ۲۰۰۳ منتشر شد ، مطابق جدول ۱-۱ مقادیر مجاز برای چند ترکیب آلی در آب آشامیدنی را ارائه می دهد.

USEPA^۱ ماکزیمم سطح آلودگی را برای ترکیبات آلی هالوژنه ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر و برای تولوئن و

زایلن ۰/۰۰۲ میلی گرم بر لیتر تعریف کرده است [۱] .

^۱ U. S. Environmental Protection Agency.

جدول ۱-۱ مقادیر مجاز تعدادی از آلاینده ها در آب آشامیدنی

مقادیر مجاز	ترکیبات (µg / lit)
۱۰ ^a	بنزن
۴	تتراکلرید کربن
۸	دی فتالات
۱۰۰۰	۱و۲ دی کلروبنزن
۳۰۰	۱و۴ دی کلروبنزن
۵۰	۱و۲ دی کلرو اتن
۳۰	۱و۱ دی کلرو اتن
۲۰	دی کلرومتان
۵۰ ^a	۱و۴ دی اکسان
۶۰۰	اسید ادتیک (EDTA)
۳۰۰	اتیل بنزن
۰/۶	هگزا کلرو بوتادین
۲۰۰	نیتریلو تری استیک اسید (NTA)
۹ ^a	پنتا کلرو فنل
۲۰	استیرن
۴۰	تتراکلرواتان
۷۰۰	تولونن
۷۰	تری کلرواتن

^a = برای موادی که سرطان زا می باشند

۱-۸ نفت در آب دریا

گزارشهای مهمی در مورد حوادث تخلیه نفت در دریا، بازیابی و تخمین اثرات این تخلیه انجام شده است. فرایندهای کنترل کننده در این زمینه عبارتند از:

- انتشار^۱

این فرایند پیچیده به وسیله فاکتورهای مختلف (تبخیر، فتولیز و ..) تاثیر می پذیرد. نفت خام تمایل به گسترش به صورت لایه ای با ضخامت متوسط ۰/۱ میلیمتر دارد.

- تبخیر

این فرایند بیشتر به وسیله فشار بخار کنترل می شود. حدود ۳۰٪ از نفت خام تخلیه شده ممکن است در هر روز تبخیر شود.

- فتولیز

این پدیده می تواند به عنوان یک عامل مهم دگرگونی در مناطقی با شدت تابش بالا در نظر گرفته شود. تجزیه به وسیله نور، مواد اکسیده فعالی می دهد که ممکن است در نهایت منجر به تشکیل ترکیبات آلی سمی در آب شود. اخیرا آلودگی های زیر زمینی به وسیله VOC's ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. VOC's ها در آبهای طبیعی در غلظت های نسبتا پایین وجود دارند. بعد از حوادثی که در نتیجه فعالیت های انسانی رخ می دهد این غلظت ها می توانند به حد بالایی برسند. به طور طبیعی فرایندهای متعددی از جمله فراریت، تجزیه بیولوژیکی و جذب فتوشیمیایی بر حضور این ترکیبات موثر است، اما فرایندهای فوق در مورد آبهای زیر زمینی انجام نشده یا اثر زیادی در حذف آنها ندارد.

آلودگی منابع آب به وسیله VOC's ها اثر مستقیم بر سلامت انسان دارد و مشکلی است که تنها با بکار بردن بهترین تکنولوژی های در دسترس قابل حل می باشد.

۹-۱ روشهای حذف VOC's

منابع آب مورد استفاده بیشتر به وسیله VOC's ها آلوده می گردند و به این ترتیب ، توصیه ها و مقررات جدید کیفیت آب آشامیدنی روی این آلاینده ها سخت تر و دقیق تر شده و تکنولوژی های جدیدی جهت حذف این آلاینده ها بررسی و آزمایش میگردد . تکنولوژیهای جداسازی مرسوم از قبیل تقطیر^۱ و استخراج مایع - مایع^۲ به علت حجم زیاد پسابها کاربرد ندارند . در حال حاضر جذب سطحی به وسیله کربن^۳ و دفع به وسیله هوادهی^۴ به طور گسترده برای حذف VOC's ها استفاده می شوند . از تکنولوژی های دیگر می توان فرآیند غشایی تراوش تبخیری^۵ ، اسمز معکوس^۶ ، حذف بیولوژیکی و فرآیندهای ترکیبی را نام برد . فرآیند تراوش تبخیری امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است . چون غلظت VOC's ها در آب بسیار ناچیز می باشد ، استفاده از روش تراوش تبخیری با استفاده از غشاء آب گریز ، بسیار مناسب می باشد. البته این روش بیشتر در اشل آزمایشگاهی مقیاس های کوچک مورد قرار گرفته و در کاربردهای صنعتی هنوز توسعه زیادی نداشته است .

۹-۱-۱ روش دفع به وسیله هوادهی در برج های آکنده

برجهای هوادهی آکنده اغلب برای حذف VOC's های آب آشامیدنی بکار می روند . خالص سازی فاضلابهای صنعتی ، اصلاح و آلودگی زدایی از آنها برای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی انجام می گیرد . اجرای یک طرح موفق هوادهی برای حذف آلودگی نیاز به درک مناسب از فرایند و استفاده از پارامترهای انتقال جرم و پارامترهای فیزیکوشیمیایی موثر بر بازده جذب دارد. ثابت تعادلی یا ثابت هنری (H_c) و ضریب انتقال جرم ($K_L a$) فاکتورهای اصلی در توصیف پدیده انتقال جرم VOC's ها در برجهای هوادهی آکنده هستند .

طبق مطالعات انجام شده برجهای هوادهی آکنده که به اختصار PTA نامیده می شوند، در کنترل ترکیبات

آلی بسیار فرار از جمله وینیل کلراید موثرترین روش میباشند[۲].

^۱ Distillation

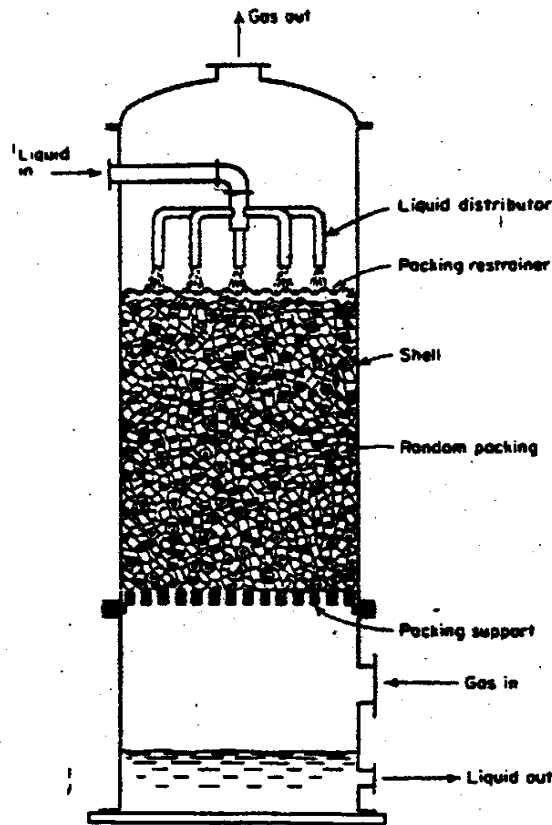
^۲ Liquid-liquid extraction

^۳ Carbon adsorption.

^۴ Air Stripping.

^۵ Pervaporation.

^۶ Reverse osmosis.



شکل ۱-۱- نمای از فرایند دفع به وسیله هوادهی

۲-۹-۱ فرایند حذف بیولوژیکی

میکروارگانیسرها پتانسیل بالایی برای تجزیه VOC's ها دارند . در تحقیقاتی که به وسیله Jong O

Kim در سال ۱۹۹۷ انجام شد حذف تری کلرواتیلن و تتراکلرواتیلن گازی به وسیله بیوفیلتر کربن فعال بررسی

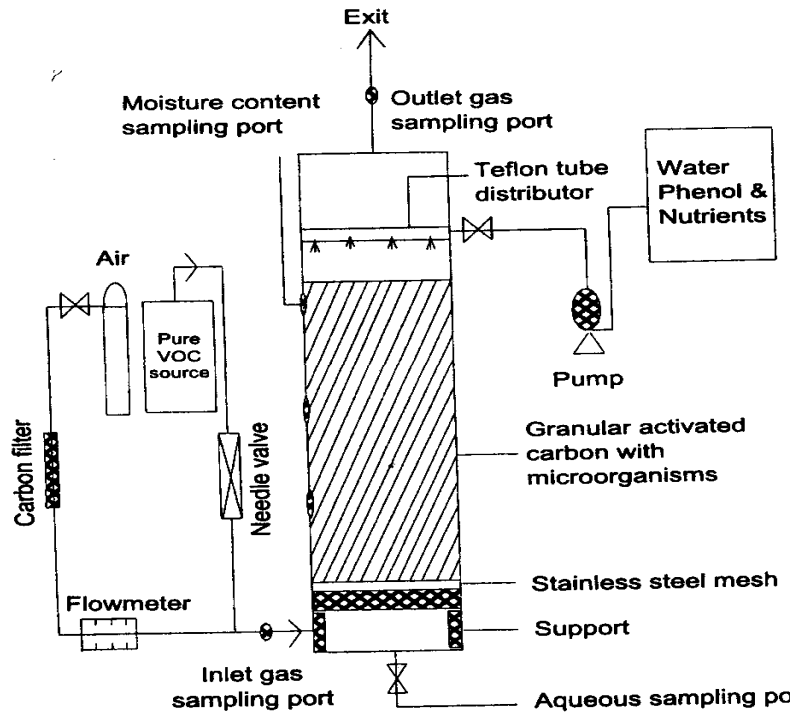
گردید [۳].

مطابق شکل (۲-۱) ستونهایی برای حذف تری کلرواتیلن (TCE) و تتراکلرواتیلن در نظر گرفته شد . این

ستونها حاوی کربن گرانول فعالی هستند که با میکروارگانیسرهای فنل اکسید شده پوشیده شده اند .

دو بیوفیلتر کربن فعال با فنل در غلظتهای مشخص همراه با آب حاوی مواد مغذی برای بهینه سازی واکنشهای

بیوشیمیایی خوراک دهی میشوند . اکسیژن مورد نیاز به وسیله هوای ورودی تامین می شود .



شکل ۱-۲ شمای سیستم حذف به وسیله بیوفیلتر

بیوفیلتراسیون میکرو ارگانسیم ها روی محیط فیلتر، تکنولوژی معتبری برای کنترل VOC's ها می باشد . انواع مختلف بیوفیلتر ها براساس اختلاف در محیط فیلتر دسته بندی شده اند . محیط فیلتر در بیوفیلتر می تواند از مواد طبیعی یا مصنوعی باشد .

بیوفیلترهای تری کلرواتیلن (TCE) و تتراکلرواتیلن (PCE) براساس اختلاف زمان اقامت عمل می نمایند. Ergas [۴] از بیوفیلتر کمپوست همراه با پزودوموناس برای حذف PCE گازی استفاده کرده و بازده حذف ۷۴ تا ۱۰۰ درصد در غلظتهای کم (۰/۰۶۲ میلی گرم بر لیتر) را به دست آورد [۴]. با این غلظت کم PCE گازی (کمتر از ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) ۱۰۰٪ حذف در زمان اقامت ۴ تا ۷ دقیقه به دست می آید . این غلظتهای کم در آبهای زیرزمینی و خاکها وجود دارد.

در کل می توان گفت استفاده از بیوفیلتر کربن فعال همراه با میکروارگانسیم های فنل اکسید شده تکنولوژی مناسبی برای حذف TCE و PCE گازی در غلظتهای بالاتر نسبت به بیوفیلتر کمپوست میباشد .

۳-۹-۱ روش جذب سطحی

این فرایند از قابلیت برخی جامدات در جذب بعضی مواد موجود در محلول ، روی سطح استفاده می نماید . جذب جامد متخلخلی است که از مواد حاوی کربن یا مواد غیر آلی به صورت طبیعی یا مصنوعی حاصل شده است . عمده ترین خصوصیات جاذبها سطح داخلی زیاد ، خصوصیات مکانیکی مانند مقاومت و سختی مناسب ، قابلیت احیاء و