صنعت نفت
Oilindustry.ir
CLICK HERE

فناوری‌های تصفیه آب تولید شده در صنایع نفت و گاز

جعفر کلبه زنجناب[1]، سیما رضوان طلب[2]
دانشگاه صنعتی ارومیه- دانشکده مهندسی شیمی
Jafarkolbeh@yahoo.com

www.Pasab.ir

چکیده

تصفیه بیولوژیکی مواد زاید صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، سالم‌ترین و پاک‌ترین گزینه برای از بین بردن آنها است. برخلاف روش‌های شیمیایی که مواد زاید دیگر نیز تولید می‌کنند، روش‌های بیولوژیکی فقط شامل میکروب‌هایی است که بعد از اتمام فرایند خود به خود از بین می‌روند. به علاوه این روش هزینه نسبتا کمتری دارد و مصرف انرژی آن نیز بسیار پایین‌تر است. در کنار این مشکلات، تصفیه شیمیایی هزینه اولیه و هزینه عملیاتی بسیار بالایی داشته و مواد زاید بسیار خطرناکی تولید می‌کند. مهمترین پساب تولیدی در صنایع نفت و گاز آب تولید شده (Produced water) از مخازن است که مخلوطی از مواد آلی و غیر آلی در آن وجود دارد. به دلیل گسترش فزاینده مقدار پساب تولیدی در این صنایع و صنایع دیگر، تاثیرات تخلیه آن به محیط زیست اخیرا به مهمترین موضوع زیست محیطی تبدیل شده است. این پساب به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه می‌شود. در سکوهای دریایی که در خشکی قرار ندارند، به علت کمبود فضا، از روش‌های فشرده فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود. در صنایعی که در خشکی قرار دارند، تصفیه اولیه بیولوژیکی پساب‌های نفتی می‌تواند روشی اقتصادی و سازگار با محیط زیست باشد. غلظت نمک‌ها و مواد موجود در پساب ورودی به طور مستقیم روی پساب تصفیه شده تاثیر می‌گذارد، بنابراین به کار گیری روش‌های فیزیکی مانند جداسازی با غشا لازم است. اگرچه تکنولوژی‌های امروزی قادر به حذف کامل ذرات بسیار ریز معلق نفتی و فلزات محلول در آن نیست ولی میزان مواد موجود در آب تولید شده را برای تخلیه به محیط یا استفاده در مصارف دیگر مناسب می‌کند. به همین جهت بیشتر تحقیقات آینده باید بر روی بهینه سازی روش‌های موجود و ترکیب روش‌های فیزیکی و شیمیایی و یا روش‌های بیولوژیکی باشد.

واژه‌های کلیدی: آب تولید شده، تصفیه بیولوژیکی، تصفیه شیمیایی، تصفیه فیزیکی.

[۱و ۲] دانشگاه صنعتی ارومیه- دانشکده مهندسی شیمی

1- مقدمه

تاثیرات نفت و گاز طبیعی بر تمدن مدرن شهری برای همه شناخته شده است. با این وجود، از استخراج نفت و گاز مقدار قابل توجهی آب تولید شده (Produced water) بدست می‌آید. آب تولید شده شامل مخلوطی از مواد آلی و غیرآلی است و هنگام استخراج نفت و گاز از مخازن به همراه آنها به‌دست می‌آید. عواملی مانند موقعیت زمین‌شناسی، موقعیت تشکیل، مدت زمان عمر مخزن ذخیره و نوع مواد هیدروکربن تولیدی بر میزان مواد موجود در آب تولید شده تاثیر می‌گذارند[1]. ویژگی‌های مواد موجود در آب تولید شده به نحوه تولید و ذخیره مواد، شرایط عملیاتی و مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند تولید بستگی دارد. ترکیب مواد موجود در آب تولید شده از محلی به محل دیگر فرق می‌کند، ولی تقریباً شبیه ترکیبات نفتی و یا گازی تولیدی است. ترکیبات اصلی تشکیل دهنده مواد زاید آب تولید شده عبارت‌اند از:

- مواد نفتی حل شده یا پراکنده شده
- فلزات حل شده
- مواد شیمیایی مورد استفاده در فرایند تولید
- نمک‌ها، خوردگی و رسوب گذاری‌ها، باکتری‌ها، واکس و مواد آسفالتی
- گازهای حل شده [2].

تخلیه این پساب به محیط، آب‌های سطحی و زیر زمینی را آلوده می‌کند. مقدار مجاز مواد نفتی در آب تصفیه شده برای تخلیه به محیط در کشورهای مختلف متفاوت است. برای مثال در استرالیا 30 میلی گرم بر لیتر و در امریکا 29 میلی گرم بر لیتر است. با افزایش نگرانی‌های زیست محیطی، کشورها استانداردهای شدید تری برای تخلیه این مواد به محیط وضع کرده‌اند. از سوی دیگر به دلیل اینکه مقدار قابل ملاحظه‌ای آب تولید شده در کشورهای دارای ذخایر نفتی بدست می‌آید و این کشورها دارای مشکلات جدی با تهیه آب تازه روبه رو هستند، به دنبال روش‌های جدید و با بازده بالا و اقتصادی می‌گردند تا با آن آلودگی‌های موجود در آب را از بین برده و از آن آب در آبیاری محصولات کشاورزی، استفاده در صنایع دامی و سایر صنایع مانند نیروگاه‌ها و آتشنشانی‌ها استفاده کنند. [1]

آب تولید شده بدست آمده از صنایع نفت و گاز را اغلب می‌توان به محیط تخلیه نمود. سمیت آب و میزان مواد آلی آن به طور عمده اثر نهایی تخلیه آن به دریا را مشخص می‌کند. تاثیر تخلیه این آب‌ها به محیط تابع شرایط نهایی این آب می‌باشد. برای مثال می‌توان به شوری آب دریا در اثر تخلیه پساب اشاره کرد. تاثیرات زیست محیطی نمک موجود در آب تولید شده در همه مناطقی که نفت و گاز در آنها تولید می‌شود مشاهده می‌شود و سهم زیادی در سمیت دارد. تخلیه مستقیم این آب به محیط باعث آلودگی آب‌های سطحی و سفره‌های آب زیرزمینی نیز می‌شود. نفت پخش شده و محلول در آب که به سرعت در کف دریا رسوب نمی‌کند و به سطح آب می‌آید، نیز یکی دیگر از پیامدهای تخلیه پساب‌های نفتی به دریاست. ترکیبات فرار و سمی که به سرعت بخار می‌شود، BOD (Biochemical Oxygen Demand) آب دریا را افزایش می‌دهند. ترکیبات غیرقطبی موجود در آب تولید شده نیز بشدت سمی هستند. قسمت عمده این گونه سمیت که استفاده آن را در مصارف دامداری غیرممکن می‌کند، هیدروژن سولفید و هیدروکربن‌ها هستند.

با توجه به این توضیحات باید قبل از تصمیم‌گیری در مورد روش استفاده مجدد و تخلیه آن به محیط زیست باید میزان مواد موجود آب تولید شده تعیین شود. روش‌های زیر برای اندازه گیری میزان خطرات آب تولید شده بر محیط زیست بکار می‌روند:

- اندازه گیری میزان این مواد در بدن گیاهان و جانوران
- کنترل دقیق و علمی آب تولید شده خروجی
- مدلسازی تئوری آب تولید شده خروجی[3].

2- مدیریت آب تولید شده

www.Pasab.ir

مدیریت آب تولید شده چه به عنوان مواد ضایعاتی و چه به عنوان مواد قابل بازیافت هزینه بر است. برای این کار سه مرحله در نظر گرفته می‌شود: در ابتدا از فناوری‌هایی که تولید آب تولید شده را به حداقل می‌رساند، مانند استفاده از دستگاه‌ها و روش-های نوین استخراج و یا دستگاه‌های جدید حفاری، استفاده می‌شود. در مرحله دوم از روش بازیافت و استفاده مجدد استفاده می‌شود. اگر هیچ کدام از این روش‌ها عملی نبود، دفع آخرین گزینه است.[5]

گاهی اوقات می‌توان از آب تولید شده استفاده کرد. برای مثال در مواردی می‌توان آب تولید شده را به همان صورت به محل تولید نفت برای استخراج بالا تزریق کرد. تخلیه به محیط، تصفیه آب تولید شده تا رسیدن به استانداردهای تخلیه به محیط های ساحلی یا دریایی و استفاده مجدد در عملیات‌های نفت و گاز و تصفیه آب تولید شده تا رسیدن به کیفیت مورد نظر برای استفاده در عملیات‌های نفت و گاز از روش‌های بکارگیری مجدد آب تولید شده است. استفاده از آب تولید شده در مصارف دیگر مانند استفاده در آتشنشانی، مصارف دامی و تهیه آب شرب از روش‌های دیگر بکارگیری آن می‌باشد. [6]

3- روش‌های تصفیه آب تولید شده

هدف عمده از تصفیه آب تولید شده حذف مواد نفتی محلول و یا پخش شده در آب، ضد عفونی و گندزدایی کردن، حذف مواد معلق و شن، حذف گازهای محلول مانند هیدروژن سولفید، کربن دی‌اکسید و گازهای هیدروکربنی سبک، نمک زدایی و حذف نمک‌های محلول، سختی گیری آب و حذف سایر مواد در آب است. برای تصفیه آب تولید شده روش‌های گوناگون فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مختلفی وجود دارد که آنها را بر اساس روش فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده دسته‌بندی می‌کنند.

3-1- روش‌های فیزیکی

به روش‌هایی که طی آنها از نیروها و ویژگی‌های فیزیکی مواد برای حذف آنها استفاده می شود، روش‌های فیزیکی می‌گویند. آشغالگیری، دانه گیری، فیلتراسیون و ته نشینی نمونه‌هایی از روش‌های فیزیکی تصفیه آب تولید شده هستند. در ادامه چند روش فیزیکی متداول توضیح داده می‌شود.

- **استفاده از جاذب‌های فیزیکی**

در این روش برای جداسازی مواد به توجه به خواص آنها از کربن فعال، رزین، زئولیت، خاک رس آلی (Organoclay) و کوپلیمرها استفاده می‌شود. در این روش، مواد آلی و برخی فلزات سنگین موجود در پساب بر روی سطوح متخلخل کربن فعال جذب می‌شوند. کربن فعال با تولید زغال از زغال سنگ، چوب گردو، نارگیل یا پوست گردو و یا استخوان حیوانات و با حرارت دادن آن‌ها در خلاء تا حدود 900 درجه سانتیگراد درست می‌شود. سپس با قرار دادن مواد زغال شده در معرض یک گاز اکسید کننده در درجه حرارت بالا فعال می‌گردند. گاز یک ساختمان مشبک در زغال ایجاد می‌کند، به دنبال آن یک سطح داخلی بزرگ در داخل زغال ایجاد می‌شود. مساحت سطح جذب ماده در حدود ۱،000،000مترمربع در هرکیلوگرم برآورد می-شود.

کربن فعال برای گرفتن مواد آلی فرار، رنگ، بو و تیرگی پساب بکار می‌رود . صافی‌های کربنی در بارهای کم مواد آلی بسیار موثر عمل می‌کنند. بعد از چند بار استفاده از کربن فعال، دوباره با عمل اکسید کردن احیا می‌شود. کربن فعال می‌تواند ترکیبات BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes) را حذف کند ولی خاک رس آلی فقط می‌تواند هیدروکربن‌های محلول که سهم بزرگی از مواد آلوده کننده را تشکیل می‌دهند حذف کند. خاک رس آلی از ترکیب سدیم منتمورلونیت کلی (Sodium Montmorillonite Clay) با یک نمک آمین کاتیونی به وجود می‌آید. زمانی که خاک رس آلی با کربن فعال ترکیب می‌شود، غلظت هیدروکربن به حد استاندارد آب می‌رسد[7].

زئولیت‌ها معمولاً به عنوان رزین‌های تعویض‌گر یونی استفاده می‌شوند. استفاده از دانه‌های زئولیتی در بستر ثابت و ستون‌های پرشده زرینی برای حذف مواد آلی پیشنهاد شده است. در هر دو روش می‌توان با اسید شویی بستر را دوباره احیا و آماده استفاده کرد. دما و pH، مقدار مواد نفتی معلق، مقدار ترکیبات فلزات سنگین و مواد آلی، مواد محلول و مقدار نمک عواملی

www.Pasab.ir

هستند بر بازده بستر موثر هستند[2]. مواد معلق موجود در پساب باعث کاهش کارایی و مسدود شدن تخلخل‌های مواد موجود در بستر می‌شود. از سوی دیگر مواد شیمیایی زاید که از جاذب‌ها بدست می‌آید، مشکل دیگری به این روش‌ها اضافه می‌کند.

- **عبور دادن از فیلترهای شنی**

فیلتراسیون عبارت است از جداسازی جامد- مایع که در آن سیال از داخل یک محیط یا مواد متخلخل عبور می کند تا مواد جامد معلق آن تا حد ممکن جدا شود. این فرآیند درتصفیه آب برای فیلتر نمودن آب‌هایی که در آنها لخته سازی شیمیایی صورت گرفته و ته نشین شده اند به کار می رود تا آب آشامیدنی با کیفیت بالا را تولید نماید. در تصفیه پساب، برای فیلتر نمودن خروجی‌های تصفیه نشده و خروجی های که به صورت شیمیایی تصفیه شده‌اند و پساب‌های خامی که به صورت شیمیایی تصفیه شده اند مورد استفاده قرار می گیرد. درتمامی موارد به کار رفته در تصفیه پساب، هدف بدست آوردن خروجی با کیفیت بالا می باشد. قبل از اینکه آب تولید شده وارد فیلتر شنی شود، 3 مرحله عملیات برای افزایش کارایی آن انجام می-گیرد و در مرحله 4 عملیات جداسازی انجام می‌گیرد.

1- تنظیم pH برای شروع واکنش اکسیداسیون

2- هوا دهی برای افزایش مقدار اکسیژن جهت انجام واکنش

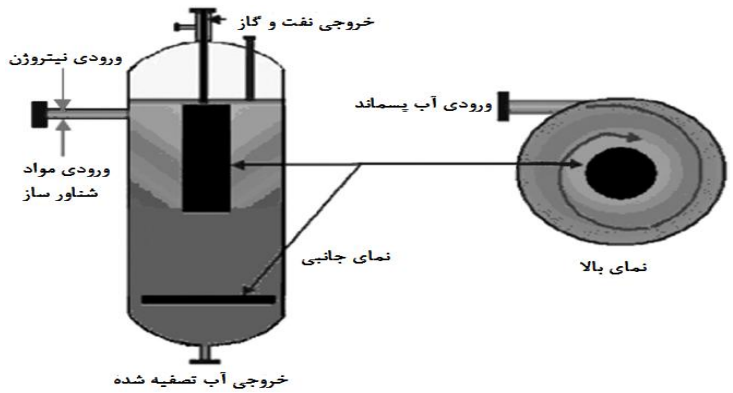
3- جداسازی ذرات معلق با دادن زمان ماند کافی جهت ته نشینی آنها

4- جداسازی مواد جامد با فیلترهای شنی که ته نشین نمی‌شوند.

بازده این روش در حدود 90% برای جداسازی ذرات آهن موجود در آب تولید شده است.

- **استفاده از سیکلون‌ها**

سیکلون‌ها بر اساس نیروی گریز از مرکز عمل جداسازی را انجام می‌دهند. بدین صورت که جریان سیال از جدار بالایی بدنه سیکلون که استوانه‌ای شکل بوده و به یک مخروط ناقص منتهی می‌شود، وارد سیکلون گردیده و به طرف پایین جریان می‌یابد. سیال ابتدا در فضای حلقوی بین سطح جانبی لوله خروجی و سطح داخلی استوانه سیکلون و سپس در محفظه سیکلون به چرخش در می آید و به این ترتیب یک گرداب محیطی بوجود می آید. این عمل باعث افزایش نیروهای گریز از مرکز می‌شود و ذرات معلق همراه سیال را به طرف جدار قسمت استوانه ای و مخروط می راند. در قسمت مخروطی جریان سیال جهت خود را عوض می‌کند و به طرف بالا و لوله خروجی می رود و باعث ایجاد گرداب در مرکز سیکلون می‌شود. ذرات معلق پس از تماس با جدار سیکلون به قسمت پایین سیکلون منتقل شده و از طریق لوله ای از سیکلون خارج می شوند. دستگاه جداسازی فشرده اپکون (Epcon) یک مخزن جداسازی عمودی است که می‌تواند مجموعه سه فازی شامل نفت، آب و گاز را با استفاده از نیروی گریز از مرکز و شناور سازی گاز از هم جدا کند. آب تصفیه شده از زیر مخزن خارج می‌شود و نفت و گاز به وسیله لوله از بالای مخزن خارج می‌شوند. بازده این وسیله در حدود 50 تا 70% است.

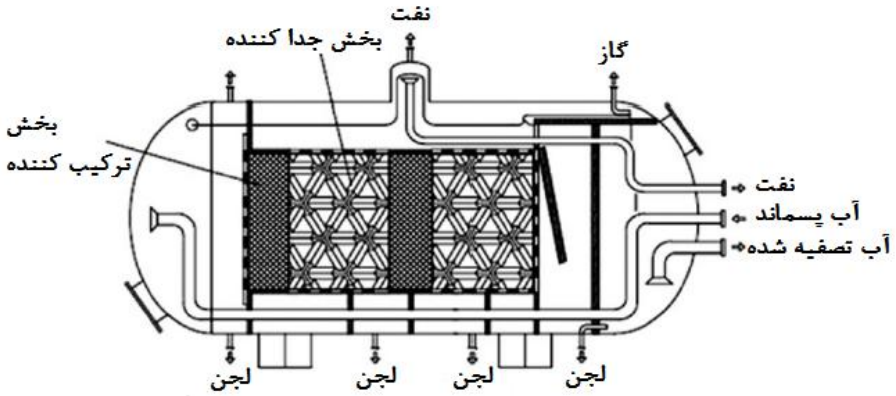


شکل 1- دستگاه جداسازی اپکون [8]

www.Pasab.ir

- **دستگاه‌های جدا کننده جریان متقاطع**

این دستگاه‌ها متشکل از چندین واحد جدا کننده و ترکیب کننده به صورت سری و پشت سر هم است. لجن‌ها و سایر مواد از کف مخزن و نفت وگاز از بالای آن خارج می‌شوند. میزان غلظت نفت در آب تصفیه شده خروجی کمتر از 100 ppm است.



شکل2- دستگاه جدا کننده متقاطع [9]

- **تبخیر**

برخی روش تبخیر را برای تصفیه آب شور تولید شده حاوی مواد نفتی را پیشنهاد می‌دهند. تبخیر کننده‌های عمودی فیلم ریزان و تبخیر کننده با تراکم مجدد بخار بیشترین بازده را دارند، زیرا:

1- به روش‌های فیزیکی و شیمیایی نیاز ندارند، در نتیجه مواد زاید شیمیایی تولید نمی‌شود و هزینه‌ها کاهش می یابد.

2- به مواد و نیروی انسانی کمتر احتیاج دارد.

3- به تجهیزات جدا کننده نفت از آب کمتری نیاز دارد.

در صورت استفاده از روش تبخیر، استفاده از تبخیر کننده‌ها با تراکم مجدد بخار بازده آن را افزایش می‌دهد. در کاربردهای صنعتی بیش از 95% از هزینه‌ها مربوط به انرژی است که با بهره‌گیری از تراکم مجدد بخار و WHR(Waste Heat Reboiler) بیش از 90% در هزینه‌ها صرفه جویی می‌شود.

- **روش C-TOUR**

در این روش از میعانات گازی فشرده و سرد شده به عنوان مایع استخراج کننده مواد حل شده در آب تولید شده استفاده می-شود. در این روش مراحل مختلفی وجود دارد. ابتدا مایع متراکم و سردسازی شده به داخل آب تولید شده تزریق می‌شود. مایع متراکم می‌تواند از چرخه تراکم گاز به دست آید. سپس زمان ماند مناسب به سیستم داده می‌شود. با زمان ماند مناسب مواد نفتی در مایع متراکم سرد حل می‌شوند و با جداسازی مایع فشرده شده، ای مواد از آب نیز جدا می‌شوند. در نهایت با بازیافت مایع متراکم چرخه به پایان می‌رسد. با این روش می‌توان مواد هیدروکربنی محلول را جدا کرد. بازده این روش با توجه به نوع هیدروکربن‌ها متفاوت است بطوریکه؛ بازده جداسازی C_7 در این روش حدود 70% ، فنول حدود 60% ، C_6 و C_5 حدود 20% است.

- **منجمد سازی- مایع سازی و تبخیر FTV(freeze–thaw/evaporation)**

در این روش آب تولید شده به طور متناوب منجمد شده و سپس مایع می‌شود که در نتیجه آن مواد محلول در آب متمرکز شده و آب صاف در حجم نسبتا بالایی که برای مصارف دیگر مناسب باشد تولید می‌شود.

- **روش الکترودیالیز**

www.Pasab.ir

این روش یک فرایند جداسازی غشایی می باشد که درآن از اختلاف پتانسیل الکتریکی به عنوان نیروی محرکه جهت انتقال یون‌ها استفاده می شود. در این سیستم از غشاهای پلیمری حاوی رزین های تبادل‌گر یونی استفاده می گردد. این رزین‌ها بر روی پارچه هایی پلیمری مانند پلی اتیلن پوشش داده شده‌اند . پرده‌های کاتیونی نسبت به کاتیون‌ها تراوا می‌باشند ولی آنیون-ها فقط می توانند از غشاهای آنیونی عبور نمایند. نمک‌های موجود در آب تولید شده دارای بارهای مثبت و منفی هستند. این یون‌ها می‌توانند به الکترود با بار مخالف جذب شوند. در بین این دو الکترود یک غشا قرار داده می‌شود. این غشا بر حسب نیاز می‌تواند یون‌های مثبت یا منفی را از خود عبور دهد. این روش برای آب پسماند با غلظت نمک‌های کم بسیار مناسب است ولی به دلیل هزینه بالا در غلظت‌های بالا استفاده نمی‌شود.

3-2- روش‌های شیمیایی

در مراحل مختلف تصفیه آب برای سبک کردن، حذف مواد سمی و منعقدسازی از مواد شیمیایی به عنوان لخته‌ساز و منعقدکننده استفاده می‌شود. اکسیداسیون یک روش بسیار متداول برای تجزیه مواد مقاوم در آب تولید شده است که در آن از یک اکسید کننده قوی، کاتالیست و پرتو افکنی استفاده می‌شود. ازون گازی تقریبا بی رنگ با بوی ترش با قدرت اکسیدکنندگی بالا است. مولکول ازون پایدارنبوده و در نتیجه نمی توان آن را انبار یا حمل نمود. این امر باعث می گردد که تولید ازون همواره در محل انجام گیرد . لذا مرحله حمل و انبار مواد شیمیایی در این روش حذف می شود. بطور کلی دلایل استفاده از گاز ازون عبارت‌اند از: اکسیداسیون جزیی و یا کلی مواد محلول در آب، ته نشینی مواد محلول، لخته سازی مواد آلی، ناپایدار ساختن اجسام کلوئیدی، ضد عفونی و از بین بردن باکتری‌ها، انگل‌ها، قارچ‌ها و...

بر خلاف کلر و مواد شیمیایی دیگر، اکسیداسیون بوسیله ازون، هیچگونه مواد سمی و یا مضردر آب بجای نمی‌گذارد و نیاز به تصفیه مجدد آب ندارد. تجربه نشان داده است که ازون به سرعت اجزای محلول در محیط را اکسید می نماید و حاصل این اکسیداسیون تنها اکسید اجزا واکسیژن می باشد، لذا برای استفاده در مواردی که عناصر باقی مانده دیگر ممکن است مشکلات جنبی دیگر بوجود آورند مناسب می باشد. مولکول ازون پایدار نیست و پس از مدت کوتاهی شکسته می‌شود و تبدیل به مولکول پایدار اکسیژن می گردد.

3-3- روش‌های بیولوژیکی

میکرواورگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی در تصفیه بیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. در روش هوازی از لجن فعال شده، فیلترهای چکنده، راکتورهای پیوسته سری، فیلترهای بیولوژیکی هوادهی شده و یا مرداب استفاده می‌شود. در کل چهار منبع میکرواورگانیسم در تصفیه بیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفته است:

1- میکرواورگانیسم‌های طبیعی

2- میکرواورگانیسم‌های تجاری

3- گروه‌های ویژه میکرواورگانیسم

4- میکرواورگانیسم‌های مردابی که با هر شرایطی سازگارند.[12]

گل و لجن فعال شده یک روش معمول برای تصفیه آب تولید شده است. در یک مقیاس نیمه صنعتی جریان مداوم، از یک کفگیر جدا کننده روغن برای جداسازی اولیه قبل از تصفیه با لجن فعال شده استفاده می‌شود. در این روش از میکراورگانیسم های طبیعی در تانک هوا دهی استفاده می‌شود. در روش استفاده از لجن فعال شده بازده جداسازی هیدروکربن‌ها به 98 تا 99% با زمان ماند حدود 20 روز می‌رسد.[13]

3-4- تصفیه با استفاده از غشا

www.Pasab.ir

روش‌های مختلفی مانند روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه آب تولید شده مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته است، اما به دلایل زیر استفاده گسترده از این روش‌ها با مشکل روبه رو شده است:

- هزینه بسیار بالا
- استفاده از مواد شیمیایی سمی و خطرناک
- فضای زیاد برای نصب تجهیزات
- مواد زاید تولید شده خود آلودگی ایجاد می‌کنند.

در نتیجه تصفیه با استفاده از غشا، یک فناوری امید بخش برای قرن 21 است. روش استفاده از غشا و نیروی محرکه فشار بر اندازه حفره و تخلخل غشا و ذرات موجود در آب تولید شده استوار است. روش جداسازی با غشا می‌تواند برای جداسازی ذرات با اندازه بسیار کم، آب تولید شده با مقدار زیاد مواد نفتی و دبی جریان بالای 150 متر مکعب بر ساعت، با روش‌های پیشرفته تصفیه دیگر کامل شود، در نتیجه برای سکوهای دریایی و تجهیزات غیر خشکی مناسب است.[14]

غشاها لایه نازک ساخته شده از ترکیبات آلی و یا غیر آلی هستند، که سیال را از مواد موجود در آن جدا می‌کند. جداسازی با استفاده از غشا می‌تواند برای جداسازی ذرات با اندازه گوناگون بکار رود. میکرو فیلتراسیون (MF) برای جداسازی ذرات معلق، اولترا فیلتراسیون(UF) برای جداسازی مولکول‌های درشت و اسمز معکوس(RO) برای جداسازی مواد محلول و یون استفاده می‌شود. اسمز معکوس یک فرایند فیزیکی است که می توان از محلولی (حلال + ناخالصی) به کمک یک غشاء نیمه تراوا، حلال تقریبا خالص تهیه کرد. بعنوان مثال به کمک این روش می توان از آب شور، آب آشامیدنی مطلوب تهیه کرد. اسمز معکوس می تواند تا 98% مواد معدنی حل شده و مواد آلی و کلوئیدی آب را حذف کند. تکنولوژی اسمز معکوس در دهه های اخیر با به بازار آمدن انواع جدیدی از غشاها، بطور قابل توجهی گسترش یافته است[10]. نانوفیلتراسیون(NF) عموما برای جداسازی یون-های چند بنیانی از تک بنیانی طراحی شده‌اند. اسمز معکوس نیز برای دفع کلیه ذرات بجز آب استفاده می‌شود. اما غشاها برای جداسازی گازهای محلول و مواد آلی با وزن مولکولی بسیار کم کارایی لازم را ندارند [11]. اولترافیلتراسیون یکی دیگر از مناسب‌ترین روش‌ها برای تصفیه آب تولید شده نفتی به ویژه آب بدست آمده از چاه نفت است. با وجود اینکه در بسیاری از کشورها، کلرزنی به عنوان یک روش شیمیایی متداول جهت ضدعفونی کردن و از بین بردن میکروارگانیزم‌های بیماری‌زای آب استفاده می‌شود، اما روش‌های دیگری نیز برای حذف میکروب ها و انگل ها از آب آشامیدنی وجود دارد که می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. یکی از این روش‌ها تصفیه آب به روش اولترافیلتراسیون می باشد. در تصفیه آب به روش اولترافیلتراسیون (Ultra Filtration) آب از یک غشاء (Ultra – Filter Membrane) که دارای منافذ بسیار ریز با حداکثر قطر 0/02 میکرون است، عبور داده می شود. با عبور آب از منافذ این غشاء مذکور کلیه میکروارگانیزم‌ها به طریق فیزیکی از داخل آب حذف می-شوند چرا که قادر به عبور از منافذ غشاء نیستند. در مقایسه با سایر روش‌های معمول قدیمی، و بدلیل بازده بالای این روش در جداسازی، دیگر نیازی به افزودن مواد شیمیایی نیست، هزینه و مصرف انرژی آن پایین است و فضای کمتری نیز نیاز دارد.

3-5- روش‌های ترکیبی

در روش‌های ترکیبی، روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای پیش تصفیه آب تولید شده و ارسال به تصفیه با غشا استفاده می‌شود. برای مثال، برای فرایند تصفیه آب تولید شده برای بدست آمدن آب آشامیدنی، فرایندهای فیزیکی و شیمیایی مختلفی قبل از انجام اسمز معکوس بر روی آن انجام می‌شود: [15]

- شناورسازی با هوا
- صاف کردن
- سختی گیری
- فیلتراسیون
- اسمز معکوس

www.Pasab.ir

7- برآورد هزینه تصفیه و دفع آب تولید شده

هزینه اولیه (Capital expenses) و هزینه عملیاتی (Operational expenses) تصفیه آب تولید شده تا حدود زیادی به قیمت مواد اولیه، هزینه طراحی، فیلتراسیون و ... بستگی دارد. برای برآورد هزینه اولیه موارد زیر در نظر گرفته می‌شود:

- طراحی و مدیریت پروژه
- تجهیزات مورد نیاز
- حمل و نقل
- فیلتراسیون
- هزینه‌های پیش بینی نشده[12].

هزینه‌های دفع آب تولید شده نیز به مقدار مواد شیمیایی موجود در آب، اندازه و موقعیت عملیاتی بستگی دارد. جدول1- تخمین برخی هزینه‌های تصفیه و دفع آب تولید شده را نشان می‌دهد.

جدول 1- تخمین هزینه‌های تصفیه و دفع آب تولید شده [16]

روش مورد استفاده	هزینه تخمینی (دلار بر بشکه)
تبخیر	0.01 -0.80
تخلیه به چاه	0.05 -2.65
الکترودیالیز	0.02 -0.64
شناور سازی با هوا و هوا دهی	0.05
استفاده از کربن فعال	0.083

8- نتیجه گیری

در این مقاله منابع، ویژگی‌ها و وسعت آلودگی ناشی از آب تولید شده از مخازن نفت و گاز و روش‌های مختلف موجود برای تصفیه و دفع آن بررسی شد. در تصفیه آب تولید شده، تنها یک روش نمی‌تواند پاسخ گوی نیاز باشد، در نتیجه دو یا چند روش تصفیه باید بکار گرفته شود. انتخاب بهترین و مناسب‌ترین روش بر خواص شیمیایی آب تولید شده، هزینه، بازده روش، فضای موجود، نحوه استفاده از آب تصفیه شده، زمان عملیات و محصولات جانبی تولیدی بستگی دارد. اگرچه آب تولید شده سمی است، ولی با استفاده از روش‌های موجود می‌تواند تصفیه شده و برای مصارف گوناگون، به ویژه برای کشورهایی که با مشکل کمبود آب رو به رو هستند، آماده شود.

مراجع

[۱] J. Veil, M.G. Puder, D. Elcock, R.J.J. Redweik, A White Paper Describing Produced Water From Production of Crude Oil, Natural Gas and Coal Bed Methane, http://www.netl.doe.gov/publications/oil pubs/prodwaterpaper.pdf, ۲۰۰٤.

[۲] B.R. Hansen, S.H. Davies, Review of potential technologies for the removal of dissolved components from produced water, Chem. Eng. Res. Des. ۷۲ (۱۹۹٤) ۱۷٦–۱۸۸.

[۳] C.C. Karman, H.G. Reerink, Dynamic assessment of the ecological risk of the discharge of produced water from oil and gas producing platforms, J. Hazard. Mater. ٦۱ (۱۹۹۸) ٤۳–٥۱.

[٤] S.J.W. Grigson, A. Wilkinson, P. Johnson, C.F. Moffat, A.D. McIntosh, Measurement of oilfield chemical residues in produced water discharges and marine sediments, Rapid Commun. Mass Spectrom. ۱٤ (۲۰۰۰) ۲۲۱۰–۲۲۱۹.

[٥] J.V. Veil, Research to Improve Water-use Efficiency and Conservation: Technologies and Practice, http://www.ead.anl.gov/pub/doc/testimony veil final.pdf, ۲۰۰۷.

www.Pasab.ir

صنعت نفت
Oilindustry.ir

[٦] F.T. Tao, R.D. Hobbs, J.L. Sides, J.D. Wieser, C.A. Dyke, D. Tuohey, P.F. Pliger, Conversion of oilfield producedwater into an irrigation/drinking quality water, in: SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio, USA, ٣–٧ October, ١٩٩٣.
[٧] D.H. Doyle, A.B. Brown, ProducedWater treatment and hydrocarbon removal with organoclay, in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, USA, ١–٤ October, ٢٠٠٠.
[٨] B.L. Knudsen, M. Hjelsvold, T.K. Frost, P.G. Grini, C.F. Willumsen, H. Torvik, Meeting the zero discharge challenge for produced water, in: Proceeding of the Seventh SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Calgary, Alberta, Canada, ٢٩–٣١ March, ٢٠٠٤.
[٩] S. Deng, R. Bai, J.P. Chen, Z. Jiang, G. Yu, F. Zhou, Z. Chen, Produced water from polymer flooding process in crude oil extraction: characterization and treatment by a novel crossflow oil–water separator, Sep. Purif. Technol. ٢٩ (٢٠٠٢) ٢٠٧–٢١٦.
[١٠] S.S. Madaeni, The application of membrane technology forwater disinfection. Review paper, Water Res. ٣٣ (١٩٩٩) ٣٠١–٣٠٨.
[١١] S. Judd, B. Jefferson, Membranes for Industrial Wastewater Recovery and Reuse, Elsevier, Oxford, United Kingdom, ٢٠٠٣.
[١٢] Fakhru'l-Razi Ahmadun, Alireza Pendashteh, Luqman Chuah Abdullah, Dayang Radiah Awang Biak, Sayed Siavash Madaeni, Zurina Zainal Abidin, Review of technologies for oil and gas produced water treatment, Journal of Hazardous Materials, Elsevier ١٧٠ (٢٠٠٩) ٥٣٠–٥٥١.
[١٣] G.T. Tellez, N. Nirmalakhandan, J.L. Gardea-Torresdey, Performance evaluation of an activated sludge system for removing petroleum hydrocarbons from oilfield roduced water, Adv. Environ. Res. ٦ (٢٠٠٢) ٤٥٥–٤٧٠.
[١٤] F.E. Ciarapica, G. Giacchetta, The treatment of produced water in offshore rig: comparison between tradition installations and innovative systems, in: fifth International Membrane Science & Technology Conference, University of New SouthWales, Sydney, Australia, ١٠ November, ٢٠٠٣.
[١٥] F.T. Tao, S. Curtice, R.D. Hobbs, J.L. Sides, J.D. Wieser, C.A. Dyke, D. Tuohey, P.F. Pilger, Reverse osmosis process successfully converts oil field brine into freshwater, Oil Gas J. ٩١ (١٩٩٣) ٨٨–٩١.
[١٦] L.M. Jackson, J.E. Myers, Design and construction of pilot wetlands for produced-water treatment, in: SPE Annual Technical Conference and Exhibition Denver, Colorado, USA, ٥–٨ October, ٢٠٠٣.

www.Pasb.ir