Archive of SID

JARC

امکان‌سنجی تصفیه‌پذیری پساب واحد نمک‌زدایی نفت خام برای تزریق به چاه دفع

مهدی سلیمانی[۱] و سپهر صدیقی[۲و*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، واحد امیدیه، دانشگاه آزاد اسلامی، خوزستان، ایران
۲- استادیار مهندسی شیمی، پژوهشکده کاتالیست، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵، اصلاحیه: خرداد ۱۳۹۵، پذیرش: خرداد ۱۳۹۵

چکیده: برای توسعه‌ی پایدار و حفاظت محیط‌زیست ضروری است روشی جامع و کاربردی برای تصفیه و مدیریت پساب حاصل از فراورش نفت خام در واحد نمک زدایی در نظر گرفته شود. در این پژوهش مطالعه امکان‌سنجی تصفیه‌پذیری این پساب با استفاده از سامانه غشایی برای دست‌یابی به استانداردهای تزریق به داخل چاه دفع، انجام گرفته است. مطالعات در پایلوت نیم‌صنعتی و با استفاده از مدول‌های غشایی میکروفیلتر، اولترافیلتر و تلفیقی از این دو مدول غشایی، که تمام آن‌ها از جنس پلی پروپیلن هستند، انجام شده است. در ضمن خوراک این پایلوت، پساب مخزن آب مازاد نفت ترش سازند بنگستان در واحد نمک زدایی شماره ۲ شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون اهواز است. درصد حذف عامل‌های مورد نظر نسبت به زمان در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه در سه فرایند میکرو فیلتراسیون، اولترا فیلتراسیون و روش تلفیقی (فرایند میکرو و اولترافیلتراسیون) بررسی شد. مطالعات نشان می‌دهد در فرایند تلفیقی با دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه، نتیجه‌های بهتری برای حذف عامل‌های مورد اندازه‌گیری، به دست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: غشا، میکروفیلتراسیون، اولترا فیلتراسیون، پساب نفت خام، نمکزدایی، تزریق به چاه دفع

مقدمه

پساب به دست آمده از فراورش نفت خام شور و ترش در حدود ۸۰ تا ۹۵ درصد آب آزاد و مابقی آن به صورت ذرات امولسیون آب نمک در نفت خام است. برای حذف این ذرات امولسیون در واحدهای نمک‌زدایی نفت خام از فن‌های ائتلاف ثقلی، تزریق مواد شیمیایی، گرما دهی و الکترواستاتیک استفاده می‌شود. ذرات جدا شده به همراه آب آزاد، پساب واحدهای نمک‌زدایی نفت خام را تشکیل می‌دهند [۱]. این پساب‌ها به دلیل ویژگی‌های کیفی و کمی خاص) نمک‌های محلول بالا، مواد نفتی، مواد آلی فرار و غیر فرار و سایر آلاینده‌های مخاطره‌آمیز برای محیط‌زیست (دارای حجم زیادی است که مشکل بزرگی برای واحدهای نفتی و محیط‌زیست اطراف آن‌ها ایجاد خواهد کرد. در حال حاضر این پساب به‌طور معمول بدون تصفیه یا پس از تصفیه اولیه، دوباره به چاه‌های در حال بهره‌برداری یا چاه‌های متروک با هدف ازدیاد برداشت و حفظ محیط زیست تزریق می‌شود. هم چنین می‌تواند پس از روغن‌گیری در واحدهای نفت خام برای حفظ محیط‌زیست به حوضچه‌های تبخیری مجاور این واحدها ارسال شود تا در طول زمان، با تبخیر خورشیدی از مقدار آن کاسته شده و حجم حوضچه برای ورود مجدد پساب‌های تولیدی خالی شود. البته این روش خطر نشت آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی، انتشار در هوا و صدمه به انسان، پرندگان و سایر موجودات اطراف محل حوضچه را ایجاد می‌کند [۲ و ۳].

*عهده‌دار مکاتبات: sadighis@ripi.ir

www.SID.ir

Archive of SID

فناوری‌های غشایی مانند میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون به تازگی در تصفیه پساب بهره‌برداری نفت کاربرد پیدا کرده که در مقایسه با روش‌های دیگر قیمتی بالاتر ولی مزایای بیشتری دارد. در این روش، بیشتر ترکیبی از فناوری غشایی با دیگر فرایندها به عنوان یک روش اقتصادی با کیفیت قابل قبول مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایای این سامانه‌ها می‌توان به بازده بالاتر در حذف ذرات، اشغال فضای کمتر، راهبری آسان‌تر، عدم افزایش ماده شیمیایی، انجام فرایند در دمای محیط، امکان تغییر ظرفیت با تغییر تعداد مدول‌ها و عدم تغییر در کیفیت فراورده با تغییر کیفیت خوراک ورودی اشاره کرد [۴].

در سال ۱۹۹۸، چن[1] و همکاران میکروفیلتر سرامیکی را برای حذف مواد نفتی و جامدات معلق مورد بررسی قرار دادند. غشا از جنس آلومینا با قطر منافذ بین ۰٫۸ تا ۰٫۲ میکرون و ضخامت حدود ۳۰ میکرون بوده است. سطح غشا نسبت به سرعت جریان تراونده برابر با ۲٫۱۸ فوت مربع و در جریان تصفیه شده خروجی، مقدار مواد نفتی کمتر از ۵ میلی گرم بر لیتر و جامدات معلق کمتر از ۱ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است [۱].

در سال ۲۰۰۶، بیورنت[2] مطالعاتی در رابطه با تصفیه آب بهره برداری با استفاده از اولترا فیلتر و سپس اسمزمعکوس انجام داد. تعیین مشخصات غشاها در یک سامانه آزمایشگاهی و سپس در مقیاس صنعتی انجام گرفت. نتیجه‌ها نشان داد که اولترا فیلتر می‌تواند کدورت و نفت را به ترتیب به مقدار ۹۹٪ و ۷۸٪ حذف کند [۲].

در سال ۲۰۰۷ کک مکی[3] و همکارانش در ترکیه پژوهشی برای دست‌یابی به بهترین فرایند پیش تصفیه برای اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون در مقیاس آزمایشگاهی انجام دادند. مطالعات بر روی چاه‌های واکیفلار[4] و دیویکاتگی[5] انجام گرفت که COD[6] آب تصفیه شده خروجی، مطابق با استانداردهای دفع و برابر ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر مد نظر بوده است. جریان نخست وارد یک کارتریج فیلتر شده و سپس به مدول غشایی هدایت می‌شد. با توجه به نتیجه‌های این فرایند برای تصفیه، پیشنهاد ته نشینی ساده، شناورسازی با هوای محلول، کارتریج فیلتر سرامیکی یا فلزی ۱ میکرون، میکرو فیلترسرامیکی یا فلزی ۰٫۲ میکرون و جاذب کربن فعال ارایه شد [۳].

در سال ۲۰۰۸، یگانه و عسگریان، پژوهشی درباره جداسازی امولسیون‌های روغن از آب را با فرایند میکروفیلتراسیون با جریان متقاطع برای دو خوراک شامل (الف) پساب مصنوعی از روغن امولسیونی و آب و (ب) پساب هیدروکربوری امولسیونی یک کارخانه آزمایش و تأثیر غلظت و pH بر روی شار خروجی و درصد حذف را در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد بررسی کردند. غشای مورد استفاده از جنس پلی وینیلیدین فلوراید با اندازه متوسط حفره ۰٫۲۲ میکرون و تخلخل حدود ۶۵٪ به شکل مستطیل به مساحت ۲۵ سانتی متر مربع انتخاب شد. pH خوراک ۵٫۵ و غلظت روغن آن ۵٪ وزنی بود. این پژوهش نشان داد که افزایش غلظت باعث کاهش شار و افزایش درصد حذف و هم چنین کاهش pH موجب کاهش درصد حذف می‌شود. با توجه به مطالعات انجام شده، فشار ۱ بار و سرعت ۱ متر بر ثانیه شرایط بهینه است [۴].

در سال ۲۰۰۸، رکابدار و همکارانش در یک پایلوت میکروفیلتراسیون دو نوع خوراک: (الف) سنتزی (آب/ گازوئیل/ سورفکتنت) و (ب) پساب خروجی واحدهای تصفیه‌خانه پالایشگاه تهران را مورد تصفیه قرار دادند. غشا به کار رفته از جنس پلی‌سولفون با اندازه حفرات ۰٫۲ میکرون بوده و در فشار ۱٫۵ بار، سرعت جریان عرضی ۱٫۲۵ متر بر ثانیه و دمای ۳۵ سانتی‌گراد، درصد حذف نفت ۹۷٫۱٪ و غلظت نفت خروجی ۲٫۹ میلی‌گرم بر لیتر بوده که آب تصفیه شده قابل تخلیه به محیط زیست و استفاده برای کشاورزی است [۵].

در سال ۲۰۱۱ فیاض و همکارانش در ایران برای بررسی تصفیه‌پذیری پساب واحد نمک‌زدایی نفت با استفاده از فناوری‌های غشایی انجام دادند. در این پژوهش، مطالعه امکان‌سنجی تصفیه‌پذیری پساب واحد نمک‌زدایی مارون ۲ با استفاده از سامانه‌های غشایی به منظور دست‌یابی به استانداردهای تزریق به داخل چاه دفع و کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از تخلیه

1. Chen 2. Burnett 3. Cakmakci 4. Vakiflar 5. Devecatagi 6. Chemical Oxygen Demand

www.SID.ir

Archive of SID

پساب به حوضچه‌های تبخیر به دلیل گرفتگی چاه در اثر تزریق پساب حاوی ذرات جامد و مواد و روغنی بیشتر از استاندارد به چاه انجام شد. در این پژوهش در مقیاس پایلوت از مدول‌های غشایی میکروفیلتر و اولترافیلتر استفاده شده است. در ضمن نوع پساب به دست آمده از نفت ورودی به این واحد ماهیت نمکی داشته و فاقد ترکیبات گوگرددار مانند H_2S، اکسیدهای گوگرد و مرکاپتان‌ها بوده است [۶].

در سال ۲۰۱۵ رضوی و همکارانش در ایران پژوهشی درباره‌ی بررسی تصفیه‌پذیری پساب تصفیه‌خانه اراک با استفاده از واکنشگاه زیستی غشایی انجام دادند. در این مطالعه ظرفیت غشای فیبر توخالی بیوراکتورغشایی طراحی شده و تصفیه‌پذیری در زمان ماند، شار، دما و شرایط عملیاتی متفاوت بررسی شده است. واکنشگاه زیستی حاوی یک غشاء اولترافیلتراسیون و پساب پالایشگاه اراک به عنوان یک جریان نافذ مورد استفاده قرار گرفته است. این واکنشگاه زیستی در سراسر ۱۶۰ روز در حال اجرا بود. نتیجه‌ها نشان داد که بازده حذف COD، BOD[1] ، TSS[2] ، VSS[3] و کدورت فراورده به ترتیب ۹۸، ۹۹، ۸۹ و ۸۲٪ بوده است. در ضمن MLVSS[4] و MLSS[5] به ترتیب ۶٫۱ و ۶٫۶ گرم بر لیتر گزارش شده است [۷].

در سال ۲۰۱۶ داداری و همکارانش در ایران پژوهشی درباره تصفیه پساب نمک‌زدایی نفت‌خام با استفاده از سنتز نانوکامپوزیت با شار بالا و بهینه‌سازی غشای نانوفیلتراسیون با روش پاسخ سطحی انجام دادند. این مطالعه، بر روی تصفیه‌پذیری پساب واحد نمک‌زدایی چشمه خوش صورت گرفته که یک سنتز جدید با عملکرد بالای غشا نانوفیلتراسیون متشکل از نانو ذرات آدیپیت فروکسان[6] غوطه‌ور در پلی اتر سولفان است. این آزمایش‌ها در غلظت‌های ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، فشار انتقال غشایی ۳ تا ۶ بار و غلظت‌های نانوذرات صفر تا ۱ درصد وزنی، انجام شده و ماهیت نفت ورودی به این واحد ترش و شور بوده است. نتایج نشان داد که غلظت نانوذرات ۰٫۵ درصد وزنی بهترین تأثیر را در عملکرد نانوفیلتراسیون برای پساب نمک گیر داشته است. آزمایش‌های نرم افزاری برای نانوذرات ۰٫۵ درصد وزنی جاسازی شده در غشا نانوفیلتر نشان داد عملکرد آن شبیه به اسمزمعکوس بوده اما در فشار عملیاتی کمتر نیز این فرایند انجام پذیر خواهد بود [۸].

در این پژوهش از پساب مخزن آب مازاد بنگستان که پساب نفت ترش بنگستان واحد نمک‌زدایی شماره ۲ شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون وارد آن شده، استفاده شده است. خروجی این مخزن با پمپ‌های آب مازاد برای تزریق به چاه دفع ارسال می‌شود. لذا خروجی مخزن به عنوان خوراک برای مقایسه عملکرد سه فرایند میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و تلفیقی از فرایند میکرو و اولترافیلتراسیون به منظور تصفیه آن با هدف دستیابی به استاندارد (اندازه ذرات کوچک‌تر از ۱۰ میکرون، مقدار مواد نفتی کمتر از ۱۰ قسمت در میلیون و SRB کمتر از ۱۰ عدد در میلی‌لیتر) برای تزریق به چاه دفع استفاده شده است. لازم به ذکر است که تصفیه این پساب برای رفع مشکل گرفتگی چاه دفع پس از تزریق، به دلیل وجود ذرات و مواد آلی، ضروری است.

بخش تجربی

روش کار

مشخصات پایلوت: در این پژوهش از پایلوت تصفیه پساب نصب شده در واحد نمکزدایی شماره ۲ شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون استفاده شد. پمپ مورد استفاده در پایلوت، قابلیت پمپاژ سیال را تا دبی ۲۰۰۰ لیتر بر ساعت دارا است. مخزن ذخیره خوراک با توجه به محدودیت‌ها یکی از مخازن ذخیره پساب واحد از جنس کربن استیل، مجهز به سامانه گاز پتویی با فشار ۰/۳ پوند بر اینچ مربع و حجم ۱۳۷ متر مکعب، انتخاب شد. تمام شیرها از جنس فولاد ضدزنگ و تمام لوله‌ها و اتصالات از جنس پلی پروپیلن تحت فشار بوده و جریان سنج قابلیت اندازه‌گیری جریان در گستره صفر تا ۱۰۰ لیتر بر دقیقه با قابلیت تحمل فشار ۶۰ بار را دارا است. هم چنین، فشارسنج ورودی و خروجی، قابلیت اندازه‌گیری فشار در گستره صفر تا ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع را دارد. پایلوت امکان شست‌وشوی معکوس و مستقیم اولترافیلتر را

1. Biological oxygen demand 2. Total suspended solids 3. Volatile suspended solids 4. Mixed liquor volatile suspended solids
5. Mixed liquor suspended solids 6. Adipate ferroxane

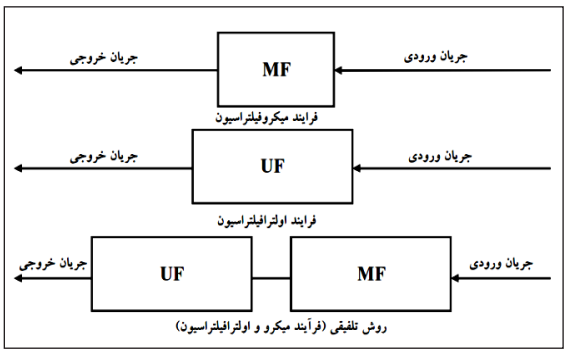
www.SID.ir

Archive of SID

داشته و برای انجام این کار یک مخزن ۱ متر مکعب از جنس پلی اتیلن در نظر گرفته شده و لوله‌کشی با منظور کردن هر دو حالت شست‌وشوی معکوس و مستقیم، انجام شده است. این پایلوت قابلیت بررسی هر یک از مدول‌ها را به صورت تکی و ترکیبی دارد. شیر تنظیم پس از پمپ و جریان کنار گذر امکان تغییر فشار و دبی را فراهم می‌آورد. در مسیر خروجی مدول‌ها و پایین هر کدام از مخازن نیز یک شیر نمونه‌گیری تعبیه شده است. که نمودار فرایندی آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

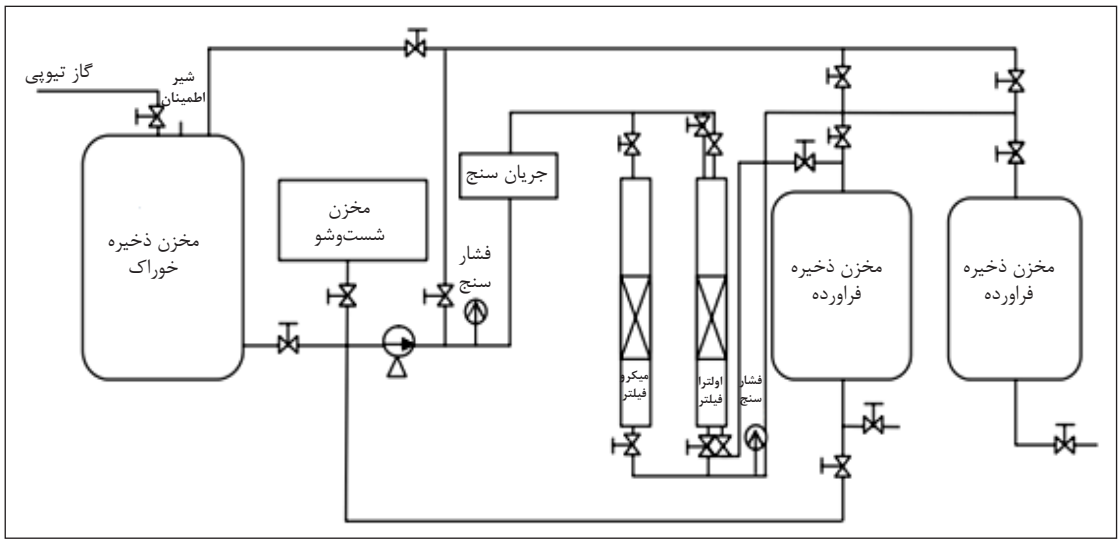
روش انجام آزمایش

در این پژوهش سه فرایند میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و روش تلفیقی (فرایندمیکرو و اولترافیلتراسیون) در پایلوت مستقر در واحد نمکزدایی شماره ۲ شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون، مورد مطالعه قرار گرفته است. در جدول ۲ ویژگی‌های غشاهای مورد استفاده (میکروفیلتر و اولترافیلتر) برای بررسی تصفیه‌پذیری پساب مخزن آب مازاد نفت خام ترش این واحد نمک‌زدایی، آمده است. هم‌چنین نمودار جعبه‌ای جریان‌ها در شکل ۲ رسم شده است. در هر یک از فرایندهای ذکر شده، مولفه‌های عملیاتی و کیفیت پساب در بازه زمانی چند ساعته به‌طور منظم پایش و ثبت شده‌اند. نمونه‌گیری از فراورده از طریق شیر نمونه‌گیری تعبیه شده درجریان خروجی از مدول‌های غشایی، در داخل ظروفی که به تناسب شرایط هر آزمایش آماده‌سازی شده بود، انجام گرفت و در مدت زمان مجاز به آزمایشگاه برای انجام آزمایش‌ها منتقل شد. روش‌های استاندارد و دستگاهی مورد استفاده برای انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه خوراک و فراورده، در جدول ۱ ارایه شده است.



شکل ۲ نمودار جعبه‌ای جریان در سه فرایند

در هر فرایند، در مجموع در دو دبی مورد مطالعه، ۱۰ متر مکعب پساب از غشا عبور داده شده است. به این ترتیب که فرایند میکروفیلتراسیون در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه انجام گرفت و پس از آن، غشای اولترافیلتر برای محاسبه نفوذپذیری با آب تمیز



شکل ۱ نمودار فرایندی پایلوت مطالعاتی

www.SID.ir

Archive of SID

به مدت ۱ ساعت آزمایش شد و سپس با خروجی میکروفیلتر در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه مورد مطالعه قرار گرفت. پس از آن پساب بهره‌برداری وارد اولترافیلتر شده و در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه مورد بررسی قرار گرفت.

در پایان غشای اولترافیلتر دوباره با آب تمیز شده و تحت شرایط اولیه برای محاسبه مقدار بازیابی آزمایش شد و از مقایسه ضریب تراوایی اولیه و نهایی، مقدار بازیابی محاسبه شد. محاسبه شار، ضریب تراوایی و مقدار بازیابی غشا با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ انجام شد.

جدول ۱ استانداردها و دستگاه‌های به کار رفته برای انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه خوراک و فرایند

نوع آزمایش	روش استاندارد
اندازه‌گیری TSS	ASTM D 5907-13
اندازه‌گیری سولفیت	ASTM D 1339
اندازه‌گیری سولفات	ASTM D4130-03
اندازه‌گیری CO_2	ASTM D 513- 02
اندازه‌گیری Ca	D 511-03ASTM
اندازه‌گیری Mg	D 511-03ASTM
اندازه‌گیری Ba	ASTM D 3651-02
اندازه‌گیری Sr	ASTM D 5811-00
اندازه‌گیری Fe	ASTM D 1068-05
اندازه‌گیری مواد نفتی و روغنی	ASTM D 3921-96
اندازه‌گیری H_2S	ASTM 427 D
اندازه‌گیری SRB	NACE TM 0194(2004)
اندازه‌گیری pH	دستگاه pH meter ساخت شرکت Metrohm مدل 826
اندازه‌گیری کدورت	دستگاه کدورت سنج ساخت شرکت HACH مدل 2100 Portable
اندازه‌گیری TDS	دستگاه TDS meter ساخت شرکت TES مدل TES-1381
اندازه‌گیری Total Sulfur	دستگاه کروماتوگرافی گاز ساخت شرکت Agilent مدل 6890
اندازه‌گیری Na	دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی ساخت شرکت واریان مدل 340FS
تعیین اندازه ذرات	دستگاه میکروسکوپ الکترونی زایس مدل EM 900

(۱) سطح غشا / دبی = شار

(۲) TMP × سطح غشا / دبی = تراوایی

(۳) ۱۰۰× (تراوایی اولیه / تراوایی پایانی) = مقدار بازیابی غشا

مؤلفه‌های فرایندی هر نیم ساعت پایش شده و نمونه‌گیری از محصول خروجی نیز ۵ بار برای هر فرایند انجام گرفت.

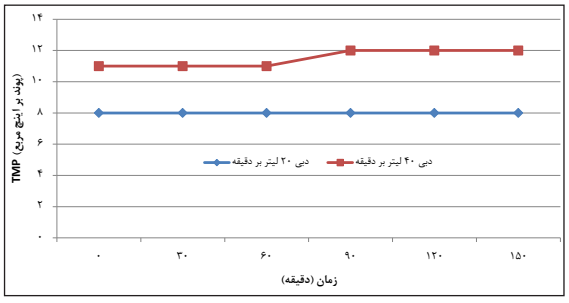
نتیجه‌ها و بحث

خوراک مورد نظر با حجم ۶۰ متر مکعب در واحد نمک‌زدایی ۲ به مخزن پایلوت منتقل شد. نمونه‌های خوراک برای تعیین ویژگی‌های کیفی در آزمایشگاه شرکت نفت و گاز کارون با روش‌های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفت. ویژگی‌های نمونه خوراک در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود غلظت مواد نفتی، روغنی و اندازه ذرات جامد موجود در نمونه از مقدار استاندارد تعیین شده برای تزریق به چاه بالاتر است.

فرایند میکروفیلتراسیون

در شکل ۳ تغییرات فشار در عرض غشا نسبت به زمان برای میکرو فیلتراسیون در دو دبی رسم شده است.

همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه مقدار TMP ثابت بوده ولی در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه پس از ۶۰ دقیقه در ازای تصفیه ۳۰۰۰ لیتر پساب، فشار ورودی ۱ پوند بر اینچ مربع افزایش می‌یابد. و در دبی ۲۰ لیتربر دقیقه این مقدار نیز برابر با ۳۰۰۰ لیتر است. با توجه به لزوم تعویض غشا پس از افزایش فشار تا حد ۲ بار، این حجم بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۳ تغییرات TMP نسبت به زمان در میکرو فیلتراسیون

1. Trans membrane pressure

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ ویژگی‌های غشاهای مورد مطالعه

نوع غشا	مدل	جنس	شکل	ابعاد (اینچ)	مساحت	شرکت سازنده	اندازه حفره (میکرون)	MWCO (Dalton)	جهت جریان	دبی (لیتر بر دقیقه)	فشار (بار)	دما (سانتی‌گراد)	گستره pH	اندازه ذرات ورودی (میکرون)	کدورت ورودی (NTU)
اولترافیلتر	H_2O S2000	پلی پروپیلن	الیاف توخالی	۴×۴۰	۱۶	Hydro One	۰٫۰۱ تا ۰٫۱	۳۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰	بیرون به درون	< ۳۳٫۳	۱-۶	۴-۴۰	۱-۱۴	۵۰	۲۰
میکروفیلتر	۰-۵ PPF	پلی پروپیلن	الیاف ریسیده	۸٫۳×۲۰ تا ۲	–	Water Safe	۰٫۴۵	–	بیرون به درون	< ۴۲	< ۲	۴-۶۲	–	–	–

جدول ۳ کیفیت خوراک ورودی به پایلوت

نام آزمایش	نتیجه آزمایش
اندازه ذرات (میکرون)	۷۵٫۱
مواد نفتی و روغنی (ppm)	۵۲
Na(ppm)	۱۳۹۰۹
Fe(ppm)	۳۸
Sr (ppm)	۱٫۲۰
Ba(ppm)	۵٫۲
Mg (ppm)	۲۴۸
Ca (ppm)	۱۶۸۰
CO_2 (ppm)	۱۰۵
سولفیت (ppm)	Nil
سولفات (ppm)	۲۱۵
TSS (ppm)	۵۱۰
*TDS (ppm)	۶۷۹۰۰
کدورت (FTU)**	۶۶۳
pH	۵٫۸
H_2S (ppm)	۶۸
Total sulfur (ppm)	۲۸۳

* Total dissolved solids
** Formazin turbidity unit

در جدول ۴ مؤلفه‌های کیفی خوراک و جریان خروجی و هم چنین درصد حذف برای میکروفیلتراسیون در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه، ارایه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، حداقل غلظت نفت خروجی در شدت جریان ۲۰ لیتر بر دقیقه برابر با ۳٫۹ قسمت در میلیون است. در شکل ۴ تغییرات درصد حذف مواد نفتی و روغنی نسبت به زمان برای این فرایند آمده است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود حداکثر درصد حذف در این فرایند در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه و برابر با ٪۹۲٫۷ است.

در شکل ۵ تغییرات درصد حذف اندازه ذرات نسبت به زمان براساس اندازه بزرگ‌ترین ذره که با میکروسکوپ الکترونی مشاهده شده، ترسیم شده است. بر اساس این نتیجه‌ها، اندازه بزرگ‌ترین ذرات در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه به ۶٫۸ میکرون رسیده و در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه به ۴٫۲ میکرون می‌رسد. این مقدار با توجه به گذشت زمان فیلتراسیون بر اثر گرفتگی منافذ کمتر شده و اندازه ذرات در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه پس از گذشت ۱۲۰ دقیقه به ۱٫۶ میکرون و در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه به ۲٫۶ میکرون خواهد شد. مطابق استانداردهای تزریق، تعداد SRB[1] یا باکتری‌های کاهنده سولفات در خروجی باید کمتر از ۱۰ عدد در میلی‌لیتر باشد. نمونه به مدت ۱۰ روز با کیت آزمایش SRB ساخت شرکت میکروب چک[2] مورد آزمایش قرار گرفت. کیت مورد نظر برای شناسایی باکتری‌های کاهنده سولفات است. این کیت طی زمان ۱ تا حداکثر ۱۰ روز مشخص می‌کند که مقدار باکتری‌های کاهنده سولفات در نمونه مورد آزمایش چقدر است که بر اساس نتیجه‌ها، تعداد باکتری‌های موجود در آن صفر گزارش شد.

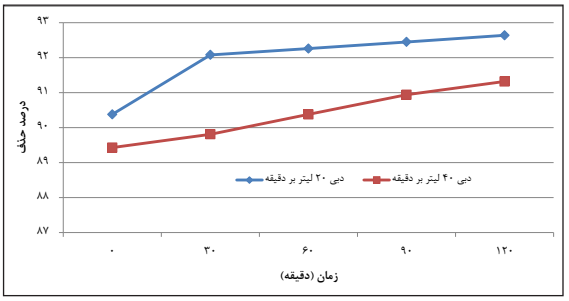
1. Sulfide reductive bacteria
2. Microb check

www.SID.ir

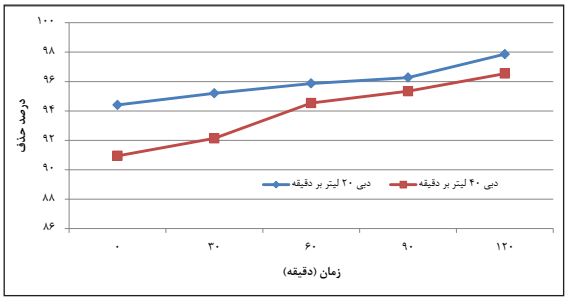
Archive of SID

جدول ۴ کیفیت خوراک و جریان خروجی در دو دبی نسبت به زمان در میکروفیلتراسیون

خوراک			pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (میکرون)	H_2S (ppm)	Total sulfur (ppm)
			۵/۸	۶۶۳	۶۷۹۰۰	۵۱۰	۳۸	۵۲	۷۵/۱	۶۸	۲۸۳
فراورده	دبی جریان (lit/min)	زمان (min)	pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (μ)	H_2S (ppm)	Total sulfur (ppm)
	دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵/۸	۱۰۷/۲	۶۶۰۳۶	۲۶	۲۱/۱	۵/۱	۴/۲	۶۸	۲۷۰
			درصد حذف	۸۳/۸	۲/۷۴	۸۵,۷۱	۸۵/۷۱	۹۰/۳۸	۹۴/۴۱	۰	۴/۵۹
		۳۰	۵/۸	۱۰۱/۶	۶۵۵۸۸	۲۲	۱۶/۹	۴/۲	۳/۶	۶۸	۲۶۸
			درصد حذف	۸۴/۷	۳/۴	۸۷/۹۱	۵۵/۵۶	۹۲/۰۸	۹۵/۲۰	۰	۵/۳
		۶۰	۵/۸	۸۳/۲	۶۵۰۹۷	۱۹	۱۴/۸	۴/۱	۳/۱	۶۸	۲۶۴
			درصد حذف	۸۷/۴	۴/۱۳	۸۹/۵۶	۶۱/۱۱	۹۲/۲۶	۹۵/۸۷	۰	۶/۷۱
		۹۰	۵/۸	۷۶/۲	۶۴۵۸۱	۱۶	۱۲/۷	۴/۰	۲/۸	۶۸	۲۵۷
			درصد حذف	۸۸/۵	۴/۸۹	۹۱/۲۰	۶۶/۶۷	۹۲/۴۵	۹۶/۲۷	۰	۹/۱۹
		۱۲۰	۵/۸	۷۱/۹	۶۴۱۲۷	۱۲	۱۲/۷	۳/۹	۱/۶	۶۸	۲۵۵
			درصد حذف	۸۹/۱	۵/۵۶	۹۳/۴	۶۶/۶۷	۹۲/۶۴	۹۷/۸۶	۰	۹/۸۹
	دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵/۸	۱۲۵/۵	۶۶۵۴۸	۳۰	۲۳/۲	۵/۶	۶/۸	۶۸	۲۷۴
			درصد حذف	۸۱/۱	۱/۹۹	۸۳/۵۲	۳۸/۸۹	۸۹/۴۳	۹۰/۹۵	۰	۳/۱۸
		۳۰	۵/۸	۱۱۷/۱	۶۶۳۳۹	۲۶	۲۱/۱	۵/۴	۵/۹	۶۸	۲۷۰
			درصد حذف	۸۲/۳	۲/۳۰	۸۵/۷۱	۴۴/۴۴	۸۹/۸۱	۹۲/۱۴	۰	۴/۵۹
		۶۰	۵/۸	۱۰۷/۲	۶۵۸۴۰	۲۳	۱۹	۵/۱	۴/۱	۶۸	۲۶۴
			درصد حذف	۸۳/۸	۳/۰۳	۸۷/۳۶	۵۰/۱۰	۹۰/۳۸	۹۴/۵۴	۰	۶/۷۱
		۹۰	۵/۸	۱۰۴/۴	۶۵۰۷۹	۱۹	۱۶/۹	۴/۸	۳/۵	۶۸	۲۵۸
			درصد حذف	۸۴/۳	۴/۱۵	۸۹/۵۶	۵۵/۵۶	۹۰/۹۴	۹۵/۳۴	۰	۸/۸۳
		۱۲۰	۵/۸	۱۰۰/۲	۶۴۹۱۳	۱۵	۱۶/۹	۴/۶	۲/۶	۶۸	۲۵۶
			درصد حذف	۸۴/۹	۴/۴۰	۹۱/۷۶	۵۵/۵۶	۹۱/۳۲	۹۶/۵۴	۰	۸/۸۷



شکل ۴ درصد حذف مواد نفتی و روغنی نسبت به زمان در میکرو فیلتراسیون



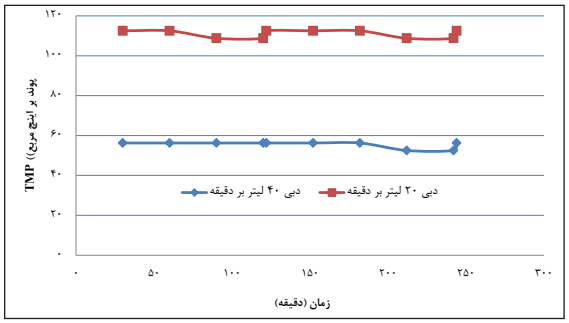
شکل ۵ درصد حذف اندازه ذرات نسبت به زمان در میکروفیلتراسیون

www.SID.ir

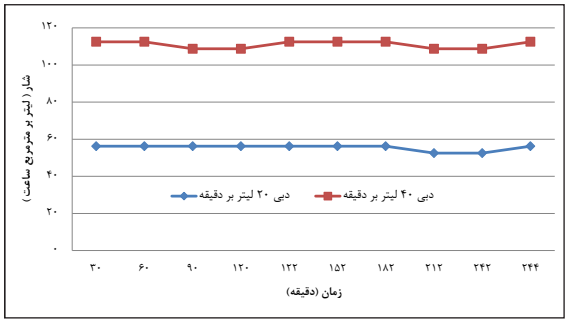
Archive of SID

فرایند اولترافیلتراسیون

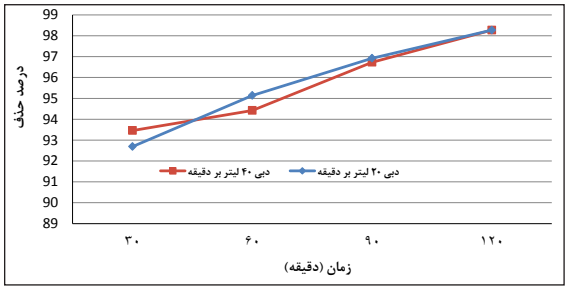
در شکل ۶ تغییرات TMP و در شکل ۷ تغییرات شار نسبت به زمان در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه برای فرایند اولترا فیلتراسیون مشاهده می‌شود. با توجه به شکل ۶، در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه، افزایش TMP نسبت به زمان در اولترا فیلتراسیون مشاهده می‌شود. با توجه به شکل در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه، افزایش TMP نسبت به دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه نیم ساعت زودتر اتفاق افتاده است. مقدار TMP در هر دو دبی پس از شست‌وشوی مرحله اول برابر مقدار اولیه و در مرحله دوم شست‌وشو ۱ پوند بر اینچ مربع افزایش یافته است. این افزایش فشار در عرض غشا در حین انجام عملیات و کاهش آن در هر مرحله از شست‌وشو به خوبی در شکل ۶ نمایان است. در جدول ۵ مولفه‌های کیفی خوراک و جریان خروجی و هم چنین درصد حذف برای فرایند اولترافیلتراسیون در دو دبی ۴۰ و ۲۰ لیتر بر دقیقه آمده است. با توجه به این جدول، حداقل غلظت نفت در اولترافیلتراسیون کمتر از ۱ قسمت در میلیون است. در شکل ۸ تغییرات درصد حذف مواد نفتی و روغنی در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه برای فرایند اولترافیلتراسیون رسم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود حداکثر درصد حذف ۹۸٫۳٪ است و افزایش دبی تأثیر چندانی در کاهش آن ندارد. با دو برابر شدن دبی، حداکثر درصد حذف به ۹۶٫۷٪ می‌رسد. اندازه ذرات براساس قطر بزرگ‌ترین ذره مشاهده شده در هر نمونه با میکروسکوپ الکترونی در جدول ۵ گزارش شده است. در این فرایند اندازه ذرات باقی مانده در نمونه خروجی از سامانه در هر دو دبی کوچک‌تر از ۰٫۰۶ میکرون (حداقل اندازه قابل اندازه‌گیری با دستگاه) است. در شکل ۹ درصد حذف ذرات در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه در دو دبی برای این فرایند آمده است. تغییرات درصد حذف براساس تعداد بزرگ‌ترین ذرات مشاهده شده در نمونه محاسبه شده است. نتیجه آزمایش SRB انجام شده بر روی نمونه برابر با صفر بود.



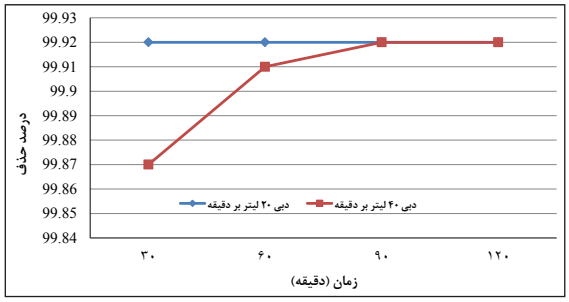
شکل ۶ تغییرات TMP نسبت به زمان در فرایند اولترا فیلتراسیون



شکل ۷ تغییرات شار نسبت به زمان در فرایند اولترا فیلتراسیون



شکل ۸ درصد حذف مواد نفتی و روغنی نسبت به زمان در فرایند اولترافیلتراسیون



شکل ۹ درصد حذف ذرات نسبت به زمان در فرایند اولترافیلتراسیون

www.SID.ir

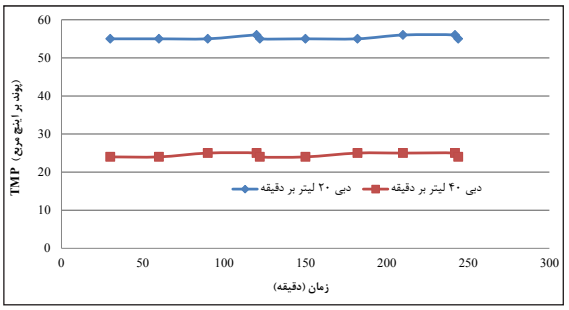
Archive of SID

جدول ۵ خوراک و جریان خروجی و درصد حذف نسبت به زمان در فرایند اولترا فیلتراسیون

خوراک ورودی			pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (میکرون)	H_2S (ppm)	Total sulfur (ppm)
			۵٫۸	۶۶۳	۶۷۹۰۰	۵۱۰	۳۸	۵۲	۷۵٫۱	۶۸	۲۸۳
فراورده	دبی جریان (لیتر بر دقیقه)	زمان (min)	pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (µm)	H_2S (ppm)	Total sulfur (ppm)
	دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵٫۸	۸۳٫۲	۶۵۱۸۱	۳۰٫۸۲	۱۲٫۷	۳٫۸	۰٫۰۶	۶۸	۲۶۷
			درصد حذف	۸۷٫۴۵	۴٫۰	۹۳٫۹۵	۶۶٫۵۸	۹۲٫۶۹	۹۹٫۹۲	۰	۵٫۶۵
		۳۰	۵٫۸	۸۰٫۴	۶۴۸۵۸	۲۵٫۲۲	۱۲٫۹	۳٫۴	۰٫۰۶	۶۸	۲۶۵
			درصد حذف	۸۷٫۸۷	۴٫۴۸	۹۵٫۰۵	۶۶٫۰۵	۹۳٫۴۶	۹۹٫۹۲	۰	۶٫۳۶
		۶۰	۵٫۸	۷۶٫۲	۶۳۱۷۱	۲۲٫۴۲	۱۳٫۲	۲٫۹	۰٫۰۶	۶۸	۲۶۴
			درصد حذف	۸۸٫۵۱	۶٫۹۶	۹۵٫۶۰	۶۵٫۲۶	۹۴٫۴۲	۹۹٫۹۲	۰	۶٫۷۱
		۹۰	۵٫۸	۷۰٫۵	۶۱۰۶۵	۱۶٫۸۱	۱۳٫۲	۱٫۷	۰٫۰۶	۶۷	۲۶۱
			درصد حذف	۸۹٫۳۶	۱۰٫۰۷	۹۶٫۷۰	۶۰٫۲۶	۹۶٫۷۳	۹۹٫۹۲	۱٫۴۷	۷٫۷۷
		۱۲۰	۵٫۹	۶۴٫۹	۵۸۴۳۴	۱۴٫۰۱	۱۳٫۵	۰٫۹	۰٫۰۶	۶۶	۲۵۶
			درصد حذف	۹۰٫۲۱	۱۳٫۹۴	۹۷٫۲۵	۶۴٫۴۷	۹۸٫۲۷	۹۹٫۹۲	۲٫۹۴	۹٫۵۴
	دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵٫۸	۱۰۷٫۲	۶۵۵۱۴	۳۳٫۶۳	۱۲٫۹	۴٫۲	۰٫۱۴	۶۸	۲۶۴
			درصد حذف	۸۳٫۸۳	۳٫۵۱	۹۳٫۴۱	۶۶٫۰۵	۹۱٫۹۲	۹۹٫۸۱	۰	۶٫۷۱
		۳۰	۵٫۸	۹۸٫۷	۶۴۵۸۳	۲۸٫۰۲	۱۳٫۴	۳٫۸	۰٫۱	۶۸	۲۶۱
			درصد حذف	۸۵٫۱۱	۴٫۸۹	۹۴٫۵۱	۶۴٫۷۴	۹۲٫۶۹	۹۹٫۸۷	۰	۷٫۷۷
		۶۰	۵٫۸	۸۷٫۵	۶۳۱۴۵	۲۵٫۲۲	۱۳٫۵	۲٫۴	۰٫۰۷	۶۸	۲۵۹
			درصد حذف	۸۶٫۸۱	۷٫۰	۹۵٫۰۵	۶۴٫۴۷	۹۵٫۳۸	۹۹٫۹۱	۰	۸٫۴۸
		۹۰	۵٫۹	۷۱٫۹	۶۰۶۴۲	۲۲٫۴۲	۱۳٫۵	۱٫۶	۰٫۰۶	۶۶	۲۵۵
			درصد حذف	۸۹٫۱۵	۱۰٫۶۹	۹۵٫۶۰	۶۴٫۴۷	۹۶٫۹۲	۹۹٫۹۲	۲٫۹۴	۹٫۸۹
		۱۲۰	۶٫۰	۵۶٫۴	۵۸۱۸۲	۱۶٫۸۱	۱۳٫۹	۰٫۹	۰٫۰۶	۶۴	۲۵۰
			درصد حذف	۹۱٫۴۹	۱۴٫۳۱	۹۶٫۷۰	۶۳٫۴۲	۹۸٫۲۷	۹۹٫۹۲	۵٫۸۸	۱۱٫۶۶

فرایند تلفیقی (میکرو و اولترافیلتراسیون)

در شکل ۱۰ تغییرات فشار در عرض غشا و شار نسبت به زمان در فرایند تلفیقی در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه و دو مرحله شست‌وشوی معکوس مشاهده می‌شود. مقدار TMP در هر دو دبی پس از هر مرحله شست‌وشو به مدت ۲ دقیقه برابر مقدار اولیه است. حالت موجدار شکل، بیان‌گر تغییرات فشار در عرض غشا حین انجام فرایند و هم چنین پیش و پس از هر مرحله شست‌وشو است.

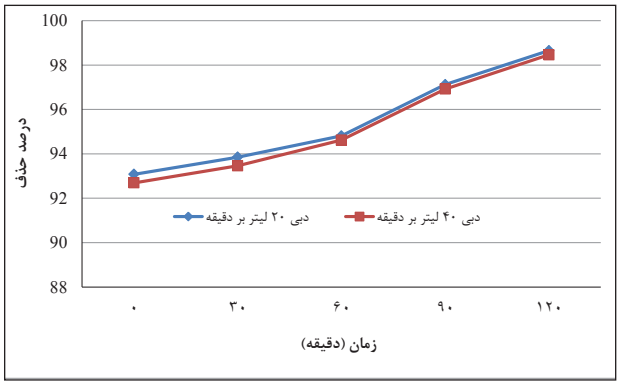


شکل ۱۰ تغییرات TMP نسبت به زمان در فرایند تلفیقی (میکرو و اولترا فیلتراسیون)

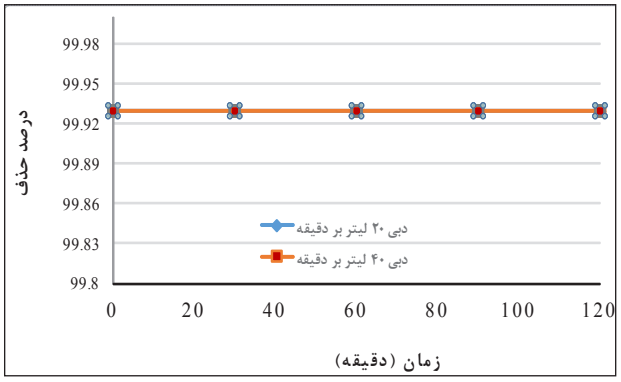
www.SID.ir

Archive of SID

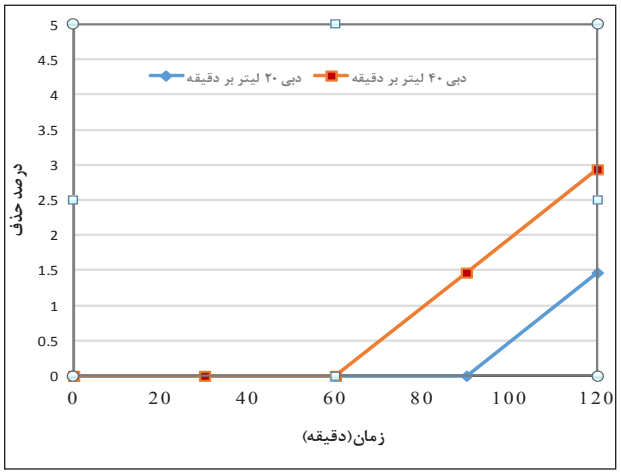
در شکل ۱۱ تغییرات درصد حذف مواد نفتی و روغنی در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه در دو دبی برای فرایند تلفیقی آمده است. در جدول ۶ کیفیت خوراک و جریان خروجی و درصد حذف نسبت به زمان در فرایند تلفیقی در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه گزارش شده است. با توجه به این جدول در فرایند تلفیقی غلظت مواد نفتی و روغنی کمتر از ۱ قسمت در میلیون است که کمترین مقدار آن ۰/۷ قسمت در میلیون و در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه حاصل می‌شود. با مقایسه کیفیت پساب تصفیه شده در فرایندهای اولترافیلتراسیون و تلفیقی مشاهده می‌شود که کیفیت در خروجی هر دو فرایند به تقریب با هم برابر است. افزایش دبی در هر فرایند نیز مقدار کمی درصد حذف را کاهش می‌دهد. در شکل ۱۲ تغییرات درصد حذف ذرات جامد از نظر تعداد و در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه در دو دبی برای این فرایند آمده است. همان‌طور که در این شکل و نتیجه‌های جدول ۶ برای درصد حذف ذرات مشاهده شده، مقدار درصد حذف در دو دبی برای فرایند تلفیقی مقداری یکسان است. این مقدار در فرایندهای اولترا فیلتراسیون و تلفیقی بیشتر از فرایند میکرو فیلتراسیون است. با توجه به این جدول اندازه ذرات در فرایند تلفیقی به زیر ۰/۰۵ (حداقل اندازه قابل اندازه‌گیری با دستگاه) می‌رسد. در شکل ۱۳ درصد حذف H_2S نسبت به زمان در دو دبی ۲۰ و ۴۰ لیتر بر دقیقه برای فرایند تلفیقی مشاهده می‌شود. با توجه به این شکل مشخص می‌شود که غشاهای میکرو و اولترافیلتر به کار رفته در این فرایند توانایی حذف H_2S را نداشته و مقدار جزیی کاهش پس از گذشت زمان ۶۰ دقیقه از فرایند در فراورده به علت گرفتگی غشا بوده است. در آزمون SRB انجام شده بر روی نمونه، باکتری مشاهده نشد.



شکل ۱۱ درصد حذف مواد نفتی و روغنی نسبت به زمان در فرایند تلفیقی (میکرو و اولترا فیلتراسیون)



شکل ۱۲ تغییرات درصد حذف اندازه ذرات نسبت به زمان در فرایند تلفیقی (میکرو و اولترا فیلتراسیون)



شکل ۱۳ درصد حذف H_2S نسبت به زمان در فرایند تلفیقی (میکرو و اولترفیلتراسیون)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶ خوراک و جریان خروجی و درصد حذف نسبت به زمان در فرایند تلفیقی (میکرو و اولترا فیلتراسیون)

خوراک ورودی			pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (میکرون)	H_2S (ppm)	Total sulfur (ppm)
			۵٫۸	۶۶۳	۶۷۹۰۰	۵۱۰	۳۸	۵۲	۷۵٫۱	۶۸	۲۸۳
فراورده	دبی جریان (لیتر بر دقیقه)	زمان (min)	pH	کدورت (FTU)	TDS (ppm)	TSS (ppm)	Fe (ppm)	مواد نفتی و روغنی (ppm)	اندازه ذرات (µ m)	H_2S (ppm)	Total sulfur
	دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵٫۸	۷۹	۶۴۴۵۷	۹	۸٫۴	۳٫۶	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۵
			درصد حذف	۸۸٫۰۹	۵٫۰۷	۹۵٫۰۵	۷۷٫۸۹	۹۳٫۰۸	۹۹٫۹۳	۰	۶٫۳۶
		۳۰	۵٫۸	۷۴٫۷۶	۶۳۴۷۲	۷	۸٫۵	۳٫۲	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۵
			درصد حذف	۸۸٫۷۲	۶٫۵۲	۹۶٫۱۵	۷۷٫۶۳	۹۳٫۸۵	۹۹٫۹۳	۰	۶٫۳۶
		۶۰	۵٫۸	۶۹٫۱۲	۶۲۰۹۸	۵	۸٫۹	۲٫۷	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۱
			درصد حذف	۸۹٫۵۷	۸٫۵۴	۹۷٫۲۵	۷۶٫۵۸	۹۴٫۸۱	۹۹٫۹۳	۰	۷٫۷۷
		۹۰	۵٫۸	۶۳٫۴۸	۶۰۷۳۱	۳	۹٫۱	۱٫۵	۰٫۰۵	۶۸	۲۵۸
			درصد حذف	۹۰٫۴۳	۱۰٫۵۶	۹۸٫۳۵	۷۶٫۰۵	۹۷٫۱۲	۹۹٫۹۳	۰	۸٫۸۳
		۱۲۰	۵٫۹	۵۶٫۴۳	۵۵۰۸۹	۲	۹٫۳	۰٫۷	۰٫۰۵	۶۷	۲۵۰
			درصد حذف	۹۱٫۴۹	۱۴٫۴۵	۹۸٫۹۰	۷۵٫۵۳	۹۸٫۶۵	۹۹٫۹۳	۱٫۴۷	۱۱٫۶۶
	دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه	۰	۵٫۸	۱۱۲٫۸۵	۶۴۷۵۷	۱۰	۸٫۸	۳٫۸	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۷
			درصد حذف	۸۲٫۹۸	۴٫۶۳	۹۴٫۵۱	۷۶٫۸۴	۹۲٫۶۹	۹۹٫۹۳	۰	۵٫۶۵
		۳۰	۵٫۸	۱۰۴٫۳۹	۶۴۱۲۸	۸	۹٫۰	۳٫۴	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۴
			درصد حذف	۸۴٫۲۶	۵٫۵۶	۹۵٫۶۰	۷۶٫۳۲	۹۳٫۴۶	۹۹٫۹۳	۰	۶٫۷۱
		۶۰	۵٫۸	۹۵٫۹۲	۶۲۷۶۹	۷	۹٫۳	۲٫۸	۰٫۰۵	۶۸	۲۶۰
			درصد حذف	۸۵٫۵۳	۷٫۵۶	۹۶٫۱۵	۷۵٫۵۳	۹۴٫۶۲	۹۹٫۹۳	۰	۸٫۱۳
		۹۰	۵٫۹	۸۶٫۰۵	۶۱۱۲۸	۶	۹٫۶	۱٫۶	۰٫۰۵	۶۷	۲۵۶
			درصد حذف	۸۷٫۰۲	۹٫۹۷	۹۶٫۷۰	۷۴٫۷۴	۹۶٫۹۲	۹۹٫۹۳	۱٫۴۷	۹٫۵۴
		۱۲۰	۶٫۰	۷۳٫۳۵	۵۸۸۵۷	۵	۱۰٫۲	۰٫۸	۰٫۰۵	۶۶	۲۵۲
			درصد حذف	۸۸٫۹۴	۱۳٫۳۲	۹۷٫۲۵	۷۳٫۱۶	۹۸٫۴۶	۹۹٫۹۳	۲٫۹۴	۱۰٫۹۵

تراوایی غشا در ابتدا و انتها و محاسبه درصد بازیابی

برای محاسبه بازیابی پیش از انجام آزمایش با پساب اصلی، ابتدا پایلوت با آب تمیز راه‌اندازی شد و مقدار تراوایی اندازه‌گیری شد. پس از پایان آزمایش‌ها با پساب اصلی نیز دوباره همین آزمایش با آب تمیز شاهد تکرار شده و از روی این دو مقدار تراوایی، درصد بازیابی غشا محاسبه شد. در جدول ۷ داده‌های آزمایش در ابتدا و انتها آمده است. آزمایش‌ها در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه انجام گرفته است.

با توجه به داده‌های آزمایش، ضریب تراوایی در ابتدا و انتهای کار به ترتیب برابر با ۵۵٫۱ و ۵۰ لیتر بر بار متر مربع ساعت است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷ داده‌های آزمایش تراوایی با آب تمیز در ابتدا و انتهای کار با پایلوت

زمان	فشار ورودی (بار)	فشار خروجی (بار)	TMP (بار)	دبی (لیتر بر ساعت)	سطح غشا (مترمربع)	شار (لیتر بر مترمربع ساعت)	تراوایی (لیتر بر متر مربع بار ساعت)
ابتدا	۱/۵	۰/۱	۱/۴	۱۲۰۰	۱۶	۵۶/۲۵	۵۵/۱۵
انتها	۱/۷	۰/۲	۱/۵	۱۱۰۰	۱۶	۵۶/۲۵	۵۰

مقدار بازیابی غشا پس از انجام آزمایش برابر ۹۰/۶ درصد است که نشان می‌دهد گرفتگی جدی و غیر قابل برگشتی در غشا رخ نداده است. نتیجه‌ها نشان می‌دهد غشای مورد استفاده برای این پساب مناسب است. آزمایش تراوایی بدون شست‌وشوی شیمیایی انجام گرفته است.

در پایان نتیجه پژوهش‌های پیشین با نتیجه‌های این پژوهش در جدول ۸ مقایسه شده است.

با مشاهده نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش انجام شده در جدول ۸ می‌توان دریافت که غشاهای میکروفیلتر و اولترافیلتر کارایی خوبی برای تصفیه پساب واحدهای نفتی بالاخص پساب واحدهای نمک زدایی نفت خام را دارد. هم چنین با مشاهده نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش انجام شده با دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه در مقایسه با نتیجه‌های پژوهش انجام شده توسط سمانه فیاض و همکارانش [۶] در دبی ۳۲ لیتر بر دقیقه می‌توان به کارایی روش تلفیقی میکرو و اولترافیلتراسیون پی برد. همان طور که در این جدول مشاهده می‌شود درصد حذف TSS و اندازه بیشتر و درصد حذف مواد نفتی و روغنی در هر دو پژوهش مقداری نزدیک ۹۸٪ است.

نتیجه‌گیری

- در فرایند میکروفیلتراسیون، در دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه افزایش مقدار TMP ثابت است ولی در مدت زمان یکسان در دبی ۴۰ لیتر بر دقیقه، TMP افزایش می‌یابد. بنابراین، دبی ۲۰ لیتر بر دقیقه به عنوان دبی بهینه برای این فرایند پیشنهاد می‌شود.
- فرایند اولترافیلتراسیون به دلیل وجود نوسانات کیفیت در خوراک و امکان بالاتر رفتن مقدار کدورت و اندازه ذرات از حد تحمل غشا، پیشنهاد نشد. افزایش TMP و کاهش شار نیز در این فرایند نسبت به فرایند تلفیقی بیشتر است.
- فرایند تلفیقی به دلیل ثابت بودن تقریبی شار و کیفیت بهتر محصول به عنوان فرایند بهینه توصیفه می‌شود. با توجه به عدم تأثیر زیاد دبی در کیفیت محصول خروجی، حداکثر دبی توصیه شده برای غشا برابر با ۴۰ لیتر بر دقیقه است.
- مقدار بازیابی غشاء پس از پایان فرایند برابر ۹۰/۶٪ است که نشان می‌دهد در غشای اولترا، گرفتگی جدی در طول فرایند رخ نداده است.
- کمیت مواد موجود در فراورده خروجی هر سه فرایند میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و روش تلفیقی به حد استاندارد تعیین شده برای تزریق به چاه دفع رسیده، اما هر سه فرایند توانایی حذف H_2S را ندارند.

علایم و نشانه‌ها

API: American petrolum institute

ASTM:American society for testing and materials

Ba: Barium

BOD:Biological oxygen demand

Ca: Calcium

CO_2: Carbon dioxide

COD:Chemical oxygen demand

Fe: Iron

FM: Flow meter

FTU: Formazin turbidity unit

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸ مقایسه نتیجه‌های پژوهش‌ها با مطالعات دیگر پژوهشگران

نام پژوهشگران	نوع پساب	نوع غشا	عامل‌های عملیاتی	نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش					
یگانه و همکاران ۲۰۰۸	پساب پالایشگاه گاز خانگیران	MF ۰/۲۲ میکرون	فشار: ۱ بار سرعت: ۱ متر بر ثانیه	**مؤلفه**	**غلظت خوراک (%wt)**	**درصد حذف**			
				مواد نفتی و روغنی	۵	۹۸			
رکابدار و همکاران ۲۰۰۷	پساب خروجی API	MF ۰/۲ میکرون	فشار: ۱/۵ بار سرعت: ۱/۲۵ متر بر ثانیه	**مؤلفه**	**غلظت ورودی**	**غلظت خروجی**			
				مواد نفتی و روغنی (ppm)	۹۹	۳			
Cakmakci وهمکاران	پساب نمک‌زدایی	MF, UF	-	**مؤلفه**	**خروجی UF**	**خروجی MF**			
				COD(mg/L) خروجی	۷۱۰	۷۸۱			
Burnett ۲۰۰۶	پساب نمک‌زدایی	UF	-	**مؤلفه**	**درصد حذف**				
				مواد نفتی و روغنی (ppm)	۷۸				
				کدورت (NTU)	۹۹				
Chen و همکارانش ۱۹۹۱	پساب نمک‌زدایی	MF -۰/۸ ۰/۲ میکرون	شار: ۸۵۰ – ۲۰۰۰ گالن بر ساعت فوت مکعب	**مؤلفه**	**غلظت ورودی**	**غلظت خروجی**			
				مواد نفتی و روغنی (ppm)	۱۰۵-۵۷۴	۵			
				TSS (ppm)	۷۳-۳۵۰	۱			
سمانه فیاض و همکارانش	پساب نمک‌زدایی	MF, UF	دبی: ۳۲ لیتر بر دقیقه	**مؤلفه**	**غلظت خوراک**	**درصد حذف**			
				مواد نفتی و روغنی (ppm)	۴۲-۲۶	۹۸/۸۱			
				TSS (ppm)	۱۷۰-۱۰۵	۹۷/۰۶			
				اندازه ذرات (میکرون)	۷۲/۳۴-۵۹/۸۹	۹۹/۹۲			
نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش	پساب نفت بنگستان واحد نمک‌زدایی شماره ۲ شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون	MF,UF	روش تلفیقی میکرو و اولترا فیلتراسیون دبی: ۴۰ لیتر بر دقیقه	**مؤلفه**	**ورودی**	**خروجی MF**	**خروجی UF**	**درصد حذف**	
				مواد نفتی و روغنی (ppm)	۵۲/۰	۴/۶	۰/۸	۹۸/۴۶	
				TSS (ppm)	۵۱۰	۱۵	۵	۹۹/۰۱	
				اندازه ذرات (میکرون)	۷۵/۱	۲/۶	۰/۱	۹۹/۹۳	
				کدورت (FTU)	۶۶۳/۰	۱۰۰/۲	۷۳/۴	۸۸/۹۳	
				H_2S	۶۸	۶۸	۶۷	۱/۴۷	
				Total sulfur (ppm)	۲۸۳	۸	۲۵۲	۱۰/۹۵	

www.SID.ir

Archive of SID

H_2S: Hydrogen sulfur

MF: Micro filtration

Mg: Magnesium

MLSS: Mixed liquor suspended solids

MLVSS: Mixed liquor volatile suspended solids

NACE:National association of corrosion engineers

PG: Pressure gauge

ppm: Part per million

Sr: Strontium

SRB: Sulfide reductive bacteria

TDS: Total dissolved solids

TMP: Trans mebrane pressure

TSS: Total suspended solids

UF: Ultra filtration

VSS:Volatile suspended solids

WT: Weight percent

سپاسگزاری

به این وسیله از تمام مدیران و کارمندان شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون برای همکاری و هماهنگی‌های ایشان تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] Chen, A.S.C.; Flynn, J.T.; Cook, R.G. & Casaday A.L.; SPE, 6, 131 – 136, 1991.

[2] Burnett, D.B.;Harold vance department of petroleum engineering Texas experimental engineering station (TEES), Texas A&M University, 2006.

[3] Cakmakci, M.; kayaalp, N.; & Koyuncu, I.; Desalination, 222, 176–186, 2008.

[۴] کسرایی یگانه، م؛ مسگریان، ر.؛ شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد (خانگیران)، سرخس، ۲۰۰۸.

[۵] رکابدار، ف.؛ رحمت‌پور، ع.؛ پژوهشکده علوم و تکنولوژی پلیمر، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ۲۰۰۸.

[۶] فیاض، س؛ گنجی دوست، ح؛ مشحون، ف؛ پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ۲۰۱۱.

[7] Razavi, S.M.R. & Miri, T.; J. Water Process Eng., 8, 136-141, 2015.

[8] Dadari, S.; Rahimi, M.; & Zinadini, S; Desalination, 377, 34-46, 2016.

www.SID.ir

Archive of SID

JARC

Feasibility study of injecting effluent of crude oil desalter to disposal wells

M. Soleimani[1] and S. Sadighi[2,*]

1. MSc in Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Omidieh Branch, Islamic Azad University, Khouzestan, Iran
2. Assistant Prof. of Chemical Engineering, Catalysis Research Development, Research Institute of Petroleum Industry, Tehran, Iran

Recieved: May 2016, Revised: June 2016, Accepted: June 2016

Abstract: For sustainable development and environmental protection, it is essential to find a comprehensive and practical approach for treating and managing the effluent stream produced from processing crude oil in desalination plants. In this research, the feasibility of using membrane technology to filter and treat that wastewater to meet the standard for injecting into disposal wells is studied. To do such a task, a semi-industrial pilot plant equipped with microfilter membrane modules and a combination of UF membrane modules made of polypropylene membranes is utilized. Moreover, the feed of the pilot is obtained from the waste water tank of sour crude Bangestan located at is Karoun (2) oil and gas company. Then, the removal of impurities at the feed flow rate of 40 and 20 lit/min during micro-filtration, ultra-filtration, and the combination of micro and ultrafiltration methods are investigated. Results show that by using the latter method with the feed flow rate of 40 lit/min, the quality of the produced water is closer to the obligatory environmental and operational standards.

Keywords: Membrane, Microfiltration, Ultrafiltration, Crude oil effluent, Desalination, Disposal well

*Corresponding author Email: sadighis@ripi.ir

www.SID.ir