جداسازی شوینده‌های آنیونی با فرایند شناورسازی با هوای محلول از آب‌های سطحی

محمد هادی مهدی‌نژاد[1]، محمدرضا شاه منصوری[2]، بیژن بینا[3]

چکیده

مقدمه: توسعه صنایع و رشد جمعیت همراه با ارتقای سطح بهداشت موجب به کارگیری وسیع مواد شوینده شده است. این مواد از طریق فاضلاب‌ها به آب‌های سطحی تخلیه شده، موجب مخاطرات زیست محیطی می‌شوند. هدف از این تحقیق، جداسازی شوینده‌های آنیونی از آب‌های سطحی توسط سیستم شناورسازی با هوای محلول بود.

روش‌ها: یک واحد پایلوت شناورسازی با هوای محلول با جریان پیوسته شامل حوضچه انعقاد، لخته‌سازی و شناورسازی ساخته شد. منحنی کالیبراسیون با غلظت‌های استاندارد شوینده آنیونی تهیه شد. با مخلوط کردن نمونه‌های آب خام با سورفاکتانت آنیونی، آزمایشات در فشارهای اشباع‌سازی ۳، ۴ و ۵ اتمسفر، غلظت‌های مختلف منعقد کننده از mg/l ۱۵-۵ و در زمان‌های شناورسازی ۱۹/۳ و ۲۶ دقیقه، انجام گرفت.

یافته‌ها: در کلیه نمونه‌های آزمایش شده pH آب خام بین ۸ تا ۸/۲ و کدورت اولیه بین NTU ۱۴۴-۷/۴ بود. دوز اپتیمم ماده منعقد کننده mg/l ۱۵ به دست آمد. در دوزهای مختلفی از منعقد کننده بین mg/l ۱۵-۵ و در زمان شناورسازی ۲۶ دقیقه و ۱۹/۳ دقیقه، حداکثر راندمان حذف LAS (Linear alkylbenzene sulfonates) در فشارهای مختلف به ترتیب ۹۱ درصد و ۴۱/۱ درصد به دست آمد. آنالیزهای آماری رابطه معنی‌داری بین حذف کدورت با حذف شوینده‌های آنیونی نشان داد.

نتیجه‌گیری: در این فرایند فاکتورهایی مانند فشار اشباع‌سازی، زمان شناورسازی و کاربرد ماده منعقد کننده در کارایی سیستم تأثیرگذار بوده است و حذف شوینده‌ها به دو طریق کف کردن و جذب بر روی ذرات فلوک سر سوزنی صورت می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: شوینده‌های آنیونی، شناورسازی با هوای محلول، آب‌های سطحی.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۹۰/۷/۲۵ *پذیرش مقاله: ۹۰/۱۰/۲*

مقدمه

یکی از پیامدهای توسعه صنایع، ورود فاضلاب حاوی مواد آلی مصنوعی به محیط زیست می‌باشد. در این میان شوینده‌ها از ترکیبات بسیار مهمی می‌باشند که در پساب صنایع تولید مواد پاک کننده وجود دارند. به طور کلی شوینده‌ها گروهی از مواد شیمیایی هستند که خصوصیات پاک کنندگی دارند. این ترکیبات دارای یک گروه قطبی آب‌دوست و یک شاخه هیدروکربنی غیر قطبی آب‌گریز می‌باشند (۱). شوینده‌های آنیونی یا (LAS یا Linear alkylbenzene sulfonates) از مهم‌ترین شوینده‌هایی هستند که در محیط یون‌های منفی تولید می‌نمایند و نسبت به سایر شوینده‌ها در مقیاس وسیع‌تری به کار برده می‌شوند. LAS شامل یک زنجیره آلکیل است که در موقعیت پارا به حلقه بنزن و گروه سولفونات وصل شده

۱. استادیار، عضو مرکز تحقیقات بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران. (نویسنده مسؤول)
Email: hmnejad@yahoo.com

۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

www.mui.ac.ir

است. همولوگ‌های آن شامل تولیدات تجاری با زنجیره آلکیل از $C_{۱۰}$-$C_{۱۳}$ کربن است که متوسط طول زنجیره $C_{۱۱/۶}$ می‌باشد و زنجیره از طریق اتم‌های کربن شماره ۲ تا ۶ به حلقه بنزن وصل می‌شود (۳، ۲).

این مواد به دلیل قابل تجزیه بودن بیولوژیکی جایگزین آلکیل بنزن سولفونات‌های غیر خطی شده‌اند که تجزیه آن‌ها در محیط سخت‌تر انجام می‌شود. شوینده‌های آنیونی در دترجنت‌های خانگی مانند پودر لباس‌شویی و مایع ظرف‌شویی و سایر شوینده‌ها به کار می‌رود و از طریق تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی وارد منابع آبی می‌شوند. پایداری آن‌ها در محیط با توجه به فرمولاسیون، نوع تولید، فاز کاربردی و فاز تخلیه محاسبه می‌شود. این ترکیبات با تأثیر بر روی اکوسیستم‌های آبی و خشکی، ایجاد کف در سطح آب، اختلال در فرایندهای تصفیه آب، افزایش هزینه‌های تصفیه و مرگ آبزیان عوارض جبران ناپذیری را در محیط پدید می‌آورند (۳).

در کنترل کیفی آب‌های آشامیدنی وجود شوینده‌ها نشانه آلودگی تلقی می‌گردد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در سال ۱۹۸۹ حداکثر غلظت ثانویه عوامل کف کننده را ۰/۵ mg/l توصیه نموده است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۸۴ عنوان کرد که هیچ عامل کف کننده‌ای نبایستی در آب خام وجود داشته باشد (۴). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سال ۱۳۷۵ حداکثر مجاز شوینده‌ها را ۲۰۰ µg/l در آب آشامیدنی تعیین کرد (۵). برای حذف فلوک‌های ریز در تصفیه آب‌های آشامیدنی، مناسب‌ترین کاربرد شناورسازی با هوای محلول با یک جریان برگشتی تحت فشار می‌باشد. این سیستم در حذف جامدات با دانسیته کم همانند کدورت، رنگ، جلبک، ژیاردیا، کریپتوسپوریدیوم، فلزات و مواد آلی قابل ته‌نشین مؤثر است. این آلاینده‌ها به خوبی ته‌نشین نمی‌شوند، اما تمایل به شناور شدن در ستون آب را دارند. امروزه کاربرد فرایند شناورسازی با هوای محلول (Dissolved air floatation یا DAF) با توجه به کوچک بودن سیستم، راندمان خوب در زلال‌سازی آب در کوتاه‌ترین زمان (۴۵ دقیقه)، نیاز به دوز منعقد کننده کم، زمان لخته‌سازی کم و تولید لجن غلیظ‌تر بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گرفته است، ولی در کشور ما برای حذف شوینده‌ها کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۶). تحقیقات انجام شده توسط Zor نشان داد که توسط کربن فعال می‌توان شوینده‌های آنیونی را حذف کرد. او توانست توسط این ترکیب LAS را به میزان ۹۱/۴۸ درصد در pH برابر ۳ و با غلظت اولیه ۱۵ ppm حذف کند. معادلات جذب از قانون فروندلیچ تبعیت می‌کرد (۷). نتایج مطالعات Mungray و Kumar بر روی سورفاکتانت‌های آنیونی در لجن و فاضلاب تصفیه شده نشان داد که غلظت نهایی LAS در رودخانه‌ها بستگی به درصد حذف آن‌ها در تصفیه‌خانه فاضلاب، فرایند جذب، ته‌نشینی جامدات و تجزیه‌پذیری آن‌ها در محیط دارد. نتایج فوق نشان داد که تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هوازی می‌توانند بالاتر از ۹۹ درصد LAS را حذف نمایند تا از ورود بیش از حد آن‌ها به رودخانه‌ها جلوگیری شود (۸).

با توجه به مشکلات ناشی از شوینده‌ها در منابع آبی و هزینه‌های گزاف تصفیه این مواد از طریق روش‌های بیولوژیکی و از آن جایی که تاکنون تحقیقات جامعی در خصوص جداسازی شوینده‌های آنیونی توسط فرایند شناورسازی با هوای محلول صورت نگرفته است، از این رو هدف از انجام تحقیق، حذف شوینده‌های آنیونی از آب‌های سطحی توسط سیستم شناورسازی با هوای محلول بود. در این راستا برخی متغیرهای مؤثر در عملیات مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش‌ها

- **تهیه محلول پلی الومینیوم کلراید**

پلی آلومینیوم کلراید با فرم ملکولی $AL_n (OH)_m Cl_{3n-m}$ از نوع مرک و با خلوص ۱۰۰ درصد تهیه شد. ۲ گرم پودر PAC (Polyaluminium chloride) خشک با خلوص ۱۰۰ درصد را در مقداری آب مقطر دی یونیزه حل کرده، سپس حجم محلول توسط آب مقطر دی یونیزه به ۱ لیتر رسانده شد. هر ۱ میلی‌لیتر این محلول حاوی ۲ mg ماده منعقد کننده می‌باشد.

www.mui.ac.ir

- **تهیه محلول LAS**

LAS با فرم ملکولی ($C_{۱۳} H_{۲۷} C_{۶} H_{۴} SO_{۳} H$) با خلوص ۹۶ درصد و دانسیته ۱/۰۶ kg/l و حاوی ۶۹ درصد ماده فعال LAS به عنوان سورفاکتانت آنیونی انتخاب شد. سپس مقدار ۱۷/۵ گرم LAS را در آب مقطر دیونیزه شده (Double distilled water یا DDW) حل کرده، تا سقف ۱ لیتر رقیق گردید. محلول ذخیره به دست آمده حاوی ۱۰۰۰ mg LAS/l می‌باشد.

- **ساخت پایلوت**

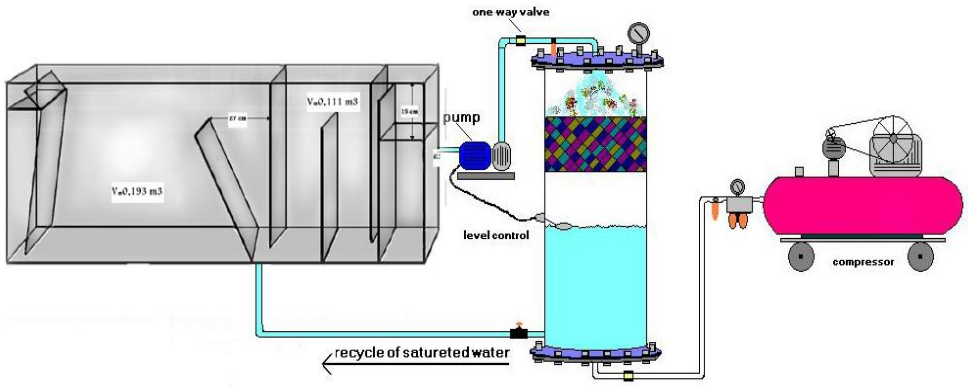
پایلوت شامل سه حوضچه انعقاد- لخته‌سازی و شناورسازی مطابق با شکل ۱ ساخته شد. در این پایلوت، حوضچه انعقاد به ابعاد ۱۰ × ۲۰ × ۳۵ سانتی‌متر با حجم ۷ لیتر، دو حوضچه اختلاط آرام هر یک به ابعاد ۲۶ × ۳۵ × ۶۲ سانتی‌متر و حجم کلی ۱۱۱ لیتر و حوضچه شناورسازی با ابعاد ۶۲ × ۳۵ × ۹۰ سانتی‌متر با حجم کلی ۱۹۳ لیتر به صورت سری به دنبال هم قرار گرفتند. نوع جریان در سیستم پیوسته بود و جهت تأمین هوا و تأمین فشارهای مورد نیاز از یک کمپرسور هوا و به منظور تهیه آب با هوای اشباع شده از یک تانک اشباع سازی با بستر ثابت استفاده شد.

- **تعیین دوز اپتیمم ماده منعقد کننده**

جهت تعیین دوز اپتیمم پلی آلومینیم کلراید از آزمایش جار با استفاده از دستگاه جار تست Phipps and bird six-paddle استفاده شد. در این مرحله نمونه‌ها در واحد اختلاط سریع در زمان ماند ۶۰ ثانیه و با شدت اختلاط ۱۰۰ دور در دقیقه و در واحد اختلاط کند در زمان ماند ۲۰ دقیقه و با شدت اختلاط ۳۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. نمونه‌ها پس از انجام اختلاط و گذشت زمان ته‌نشینی به مدت ۲۰ دقیقه، برای تعیین کدورت مورد آزمایش قرار گرفتند و بدین ترتیب دوز اپتیمم پلی آلومینیم کلراید ۱۵ mg/l به دست آمد. pH آب با استفاده از دستگاه pH متر METROHM مدل ۶۰۵ ساخت کشور سوئیس تعیین گردید. کدورت آب با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج HACH مدل P ۲۱۰۰ ساخت کشور آمریکا تعیین شد.

- **تهیه منحنی استاندارد**

غلظت‌هایی از ۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱/۱، ۱/۲، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۴ و ۵ mg از محلول شوینده آلکیل بنزن سولفونات خطی استاندارد را به داخل قیف‌های جداساز ریخته، سپس آب مقطر اضافه شد تا حجم کل آب در هر قیف جداساز به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد. سپس با استفاده از روش عوامل فعال متیلن بلو (MBAS یا Substances methylene blue active) طبق روش C-۵۵۴۰ در کتاب استاندارد متد آزمایشات انجام گرفت. میزان جذب نمونه استانداردها در مقابل شاهد کلروفرم در ۶۵۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SPECTRONIC 20D اندازه‌گیری شد. پس از آن با داشتن



شکل ۱: پایلوت سیستم شناورسازی با هوای محلول در فرایند تصفیه آب

www.mui.ac.ir

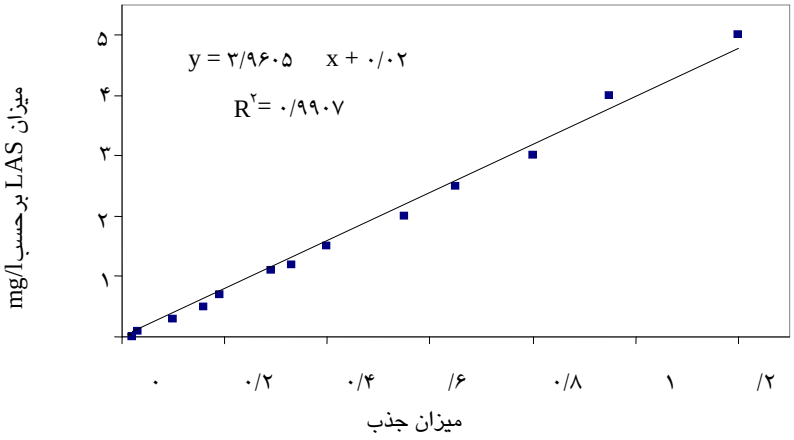
میزان جذب و غلظت استاندارد تهیه شده، منحنی کالیبراسیون ترسیم شد (۹). نمودار ۱ منحنی کالیبراسیون غلظت‌های استاندارد سورفاکتانت آنیونی را بر اساس میزان جذب نمایش می‌دهد.

- **روش آزمایش با جریان پیوسته**

قبل از ورود آب حاوی LAS به سیستم، میزان LAS، کدورت و pH تعیین شد. در این تحقیق از دو دبی مختلف استفاده شد. بدین منظور جریانی از آب خام به میزان ۷/۵ l/min و ۱۱ l/min به سیستم تزریق شد. مطابق با شکل ۱، در واحد اختلاط سریع با توجه به حجم جریان عبوری، زمان ماند در این واحد به ترتیب ۶۰ و ۳۸ ثانیه، زمان ماند در واحد اختلاط آرام به ترتیب ۱۵ و ۱۱ دقیقه و زمان شناورسازی ۲۶ و ۱۹ دقیقه حاصل گردید. به دنبال عبور جریان مشخصی از آب (۳۰۸ لیتر) سیستم راه‌اندازی شد. به منظور تعیین اثر غلظت‌های مختلف ماده منعقد کننده در حذف LAS، غلظت‌های مختلفی از PACl به میزان ۱۵، ۱۰ و ۵ mg/l به سیستم اضافه گردید. کلیه آزمایشات در فشارهای اشباع‌سازی ۵، ۴ و ۳ اتمسفر صورت گرفت. با توجه به این که LAS به آب خام برداشت شده از رودخانه تزریق می‌شد، از این رو میزان‌های مختلفی از LAS در آب خام بین ۵-۰/۲ mg/l وجود داشت. تعداد نمونه‌های لازم متناسب با متغیرهای گفته شده ۵۸ نمونه به دست آمد. نمونه‌برداری از قسمت شیر برداشت خروجی تعبیه شده با استفاده از ظروف نمونه‌برداری شیشه‌ای تمیز به حجم ۲۵۰ ml مطابق با شرایط استاندارد انجام و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه بر اساس روش عوامل فعال متیلن بلو (MBAS) طبق روش C ۵۵۴۰ در کتاب استاندارد متد نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (۹). با به دست آوردن میزان جذب و استفاده از رگرسیون خطی به دست آمده (y = ۳/۹۶۰۵X + ۰/۰۲) در منحنی کالیبراسیون مطابق با نمودار ۱، میزان LAS بر حسب میلی‌گرم بر لیتر (mg/l) در طول موج ۶۵۲ نانومتر تعیین شد. لازم به ذکر است که جهت تعیین دقت و صحت کاربرد معادله رگرسیون خطی با به کار بردن نمونه‌هایی با غلظت مشخص، میزان جذب هر یک از آن‌ها تعیین و سپس با قرار دادن میزان جذب به دست آمده در معادله خطی، این معادله با R^2 = ۰/۹۹ مورد تأیید قرار گرفت.

یافته‌ها

در کلیه نمونه‌های آزمایش شده pH آب خام بین ۸ تا ۸/۲ متغیر بود. در واقع در تمام مراحل کار تغییرات در این ارتباط مشاهده نشد. دمای اندازه‌گیری شده نمونه‌های آب خام بین ۸ تا ۱۱ درجه سانتی‌گراد قرار داشت و به طور کلی در اکثر موارد دمای آب خام ۹ درجه سانتی‌گراد بود. کدورت آب خام در این تحقیق بین NTU ۱۴۴-۷/۴ متغیر بود. بر اساس آزمایش جار، دوز اپتیمم ماده منعقد کننده ۱۵ mg/l به دست آمد و بالاترین راندمان حذف کدورت ۸۳/۸ درصد حاصل گردید.



نمودار ۱: منحنی کالیبراسیون غلظت‌های استاندارد شوینده آنیونی بر اساس میزان جذب

www.mui.ac.ir

با جریان ورودی ۷/۵ l/min، زمان ماند در واحد اختلاط آرام و شناورسازی به ترتیب ۱۵ و ۲۶ دقیقه به دست آمد. از آن جایی که در فرایند DAF نیاز به لخته‌های سرسوزنی داریم، از این رو دوزهایی کمتر از دوز اپتیمم در شرایط جار، یعنی ۵ و ۱۰ mg/l به کار برده شد. بر اساس جدول ۱ در دوز اپتیمم ۵ mg/l از ماده منعقد کننده، راندمان حذف کدورت در فشارهای ۳، ۴ و ۵ اتمسفر به ترتیب ۸۲، ۸۱/۴ و ۵۸/۱ درصد و راندمان حذف LAS به ترتیب ۷۸/۳، ۵۶/۶ و ۳۵ درصد به دست آمد. همچنین در غلظت ۱۰ mg/l از ماده منعقد کننده در فشارهای ۳، ۴ و ۵ اتمسفر، میزان حذف کدورت به ترتیب ۸۴/۴، ۵۲ و ۳۲/۸ درصد و راندمان حذف LAS به ترتیب ۹۱، ۸۶ و ۴۷ درصد حاصل شد. بر اساس طراحی انجام شده با دبی ورودی ۱۱ l/min، زمان ماند در واحد اختلاط آرام و شناورسازی به ترتیب ۱۱ و ۱۹/۳ دقیقه به دست آمد. بر اساس جدول ۲، در دوز اپتیمم ۵ mg/l از ماده منعقد کننده، راندمان حذف کدورت در فشارهای ۳، ۴ و ۵ اتمسفر به ترتیب ۱۸/۹، ۱۳/۸ و ۲۱/۶ درصد و راندمان حذف LAS به ترتیب ۲۸/۶، ۲۰/۶ و ۴۱/۱ درصد به دست آمد. همچنین در غلظت ۱۰ mg/l از ماده منعقد کننده در فشارهای ۳، ۴ و ۵ اتمسفر، میزان حذف کدورت به ترتیب ۴۷/۷، ۵۰/۱ و ۶۱/۶ درصد و راندمان حذف LAS به ترتیب ۲۵، ۳۰ و ۳۷ درصد حاصل شد. کلیه مقادیر LAS بر حسب mg/l طبق نمودار ۱ و بر اساس معادله خط تعیین شد.

جدول ۱: میزان درصد حذف کدورت و شوینده آنیونی در زمان شناورسازی ۲۶ دقیقه در غلظت‌های مختلف پلی آلومینیوم کلراید

فشار(atm)	۳		۴		۵	
غلظت منعقد کننده (mg/l)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)
PAC = ۰	۱۱/۱	۶/۹	۱۶/۶	۲۱	۲۲/۲	۲۵/۶
PAC = ۵	۸۲	۷۸/۳	۸۱/۴	۵۶/۶	۵۸/۱	۳۵
PAC = ۱۰	۵۲	۹۱	۳۲/۸	۸۶	۳۸	۴۷
PAC = ۱۵	۷۱/۸	۸۰	۷۵/۴	۷۵	۷۵/۷	۶۸/۵

PAC: Poly aluminum chloride

جدول ۲: میزان درصد حذف کدورت و شوینده آنیونی در زمان شناورسازی ۱۹/۳ دقیقه در غلظت‌های مختلف پلی آلومینوم کلراید

فشار (atm)	۳		۴		۵	
غلظت منعقد کننده (mg/l)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)	حذف کدورت (٪)	حذف شوینده آنیونی (٪)
PAC = ۰	۳۵/۳	۳۷/۵	۳۵/۵	۴۰	۳۷	۴۰/۷
PAC = ۵	۱۸/۹	۲۸/۶	۱۳/۸	۲۰/۶	۲۱/۶	۴۱/۱
PAC = ۱۰	۴۷/۷	۲۵	۵۰/۱	۳۰	۶۱/۶	۳۷
PAC = ۱۵	۴۱/۸	۳۹	۵۰/۷	۴۷	۴۹/۳	۵۰

PAC: Poly aluminum chloride

www.mui.ac.ir

بحث

با توجه به کدورت آب‌های سطحی مورد مطالعه و وجود LAS محلول در آن، به دلیل خنثی‌سازی بار در مرحله انعقاد، احتمال چسبیدن ذرات محلول آب به ذرات ریز وجود دارد و حذف کدورت می‌تواند عاملی برای حذف LAS نیز باشد. بدین منظور در این مطالعه قبل از تعیین میزان حذف شوینده‌ها، میزان حذف کدورت نیز بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده، تحت شرایط یکسان از نظر زمان شناورسازی و فشار اشباع‌سازی با افزایش راندمان حذف کدورت، راندمان حذف LAS نیز افزایش داشت. نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالعات انجام شده توسط Chung و همکاران مطابقت داشت. آن‌ها با کاربرد سیستم شناورسازی با هوای محلول توانستند در فشار ۴۴۰ کیلو پاسکال کدورت را به میزان ۹۰ درصد کاهش دهند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فرایند DAF در مقایسه با ته‌نشینی در حذف آهن، منگنز و کلروفیل عملکرد بهتری دارد (۱۰).

نتایج به دست آمده از جدول ۱ نشان می‌دهد که میزان حذف شوینده‌های آنیونی در زمان شناورسازی بالاتر و در فشارهای اشباع‌سازی پایین‌تر بیشتر از فشارهای اشباع‌سازی بالاتر می‌باشد. در واقع علت اصلی میزان حذف شوینده آنیونی در این فشارها، تولید حباب‌هایی با قطر بزرگ‌تر، افزایش سرعت بالا آمدن حباب و زمان کافی برای به سطح آمدن لخته‌ها بوده است. با کاهش زمان شناورسازی نتایج متفاوتی از نظر راندمان حذف LAS به دست آمد و میزان حذف شوینده‌های آنیونی با کاهش زمان شناورسازی نسبت به زمان شناورسازی بالاتر، کاهش محسوسی داشت؛ به طوری که محدوده راندمان حذف شوینده‌ها در فشارهای مختلف بین ۲۰ تا ۵۰ درصد متغیر بود. از آن جایی که شوینده‌های آنیونی در محلول مایع به صورت یون‌های منفی در می‌آیند و در اثر کاربرد ماده منعقد کننده از نظر الکتریکی خنثی می‌شوند، از این رو این یون‌های محلول در اثر چسبیدن به حباب‌های تولیدی، زمان کافی برای بالا آمدن به سطح را دارند و تولید کف زیاد در این مرحله بیان‌گر حذف بیشتر این ترکیب از طریق شناورسازی می‌باشد؛ به طوری که میزان راندمان حذف شوینده‌ها در فشار یکسان (۳ اتمسفر) و غلظت یکسان منعقد کننده پلی آلومینیم کلراید (۱۰ mg/l) در زمان شناورسازی ۲۶ دقیقه، ۹۱/۷ درصد و در زمان شناورسازی ۱۹/۳ دقیقه برابر ۲۵ درصد بوده است. این اعداد نشان می‌دهد که راندمان حذف در زمان شناورسازی ۲۶ دقیقه ۳/۶ برابر راندمان حذف در زمان شناورسازی ۱۹/۳ دقیقه می‌باشد. البته برای حذف LAS تحقیقات زیادی توسط روش‌های مختلفی ارایه شده است. تحقیقات Ying نشان داد که حذف این ماده توسط تجزیه بیولوژیکی به صورت هوازی در پساب‌های آلوده می‌تواند به بیشتر از ۹۹ درصد برسد و در محیط آب شور درصد حذف آن کمتر می‌شود (۱).

در زمان‌های شناورسازی طولانی‌تر، به دلیل وجود زمان کافی برای اتصال حباب به ذره و تولید حباب‌های بزرگ‌تر، میزان بالا آمدن حباب- ذره بیشتر است. نتایج نشان داد در مواقعی که زمان شناورسازی کمتر می‌شود، میزان حذف شوینده‌های آنیونی در فشارهای بالاتر به دلیل تولید حباب ریزتر و احتمال تصادم حباب به ذره افزایش داشته است. این نتیجه مشابه نتایج به دست آمده توسط Liu و همکاران بود. بررسی‌های آن‌ها بر روی اثر حباب‌های ریز در انعقاد فاضلاب صنایع نساجی مؤید آن بود که کوچک‌تر بودن اندازه حباب‌ها، آلاینده‌های بیشتری را حذف می‌کند و باعث کمتر شدن زمان شناورسازی و دوز ماده منعقد کننده می‌شود (۱۱).

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزودن میزان ماده منعقد کننده تا دوز اپتیمم، میزان حذف کدورت و LAS نزدیک به یکدیگر می‌باشد. آنالیزهای آماری و استفاده از ضریب Pearson، ارتباط معنی‌داری را بین این دو پارامتر یعنی حذف کدورت و حذف LAS با $P < ۰/۰۵$ نشان داد. این نکته بیان‌گر آن است که با حذف کدورت می‌توان غلظت LAS موجود در آب‌های سطحی را کاهش داد. همچنین در حذف LAS فرایند جذب نیز دخالت دارد و از مدل جذب Langmuir تبعیت می‌کند. این نتایج مشابه نتایج به دست آمده توسط Schouten و همکاران بود. مکانیسم جذب LAS توسط کربن فعال از ایزوترم جذب Langmuir تبعیت می‌کرد و بالاترین ظرفیت جذب تقریباً ۰/۵ mg LAS/g به

www.mui.ac.ir

دست آمد و حفره‌های متوسط و بزرگ در جذب LAS بهتر از حفره‌های کوچک بودند که علت آن بزرگ بودن مولکول‌های LAS نسبت به حفره‌های کوچک کربن فعال می‌باشد (۱۲). مطالعات انجام شده توسط Venhuis و Mehrvar نشان داد که غلظت ۱-۰/۰۲ mg/l از LAS در محیط آبی می‌تواند سبب از بین رفتن تخم ماهی‌ها و کاهش تنفس در موجودات آبزی شود و این اثر زیان‌آور یکی از علت‌های مهم حذف شوینده‌ها از محیط زیست می‌باشد (۱۳). Tansel و Pascual توانستند هیدروکربن‌های نفتی محلول را از آب توسط فرایند شناورسازی با هوای محلول در یک سیستم پیوسته و با فشار بالا به میزان ۸۶ درصد حذف نمایند (۱۴). در فرایند DAF بدون اضافه کردن ماده منعقد کننده در زمان‌های مختلف شناورسازی، حذف LAS تا کمتر از ۴۰ درصد را شاهد بودیم؛ در صورتی که با افزودن منعقد کننده PACl به میزان ۱۰ mg/l می‌توان میزان حذف را تا ۹۱ درصد افزایش داد. اختلاف این دو عدد بیان‌گر آن است که کاربرد منعقد کننده در سیستم DAF به طور قابل توجهی در حذف شوینده‌ها تأثیرگذار است.

به طور کلی نتایج این تحقیق در واقع مدلی از حذف شوینده‌ها از آب‌های سطحی توسط سیستم DAF بوده، نشان داد که فاکتورهایی مانند فشار اشباع‌سازی، زمان شناورسازی و استفاده از ماده منعقد کننده در کارایی سیستم مؤثر است. کاربرد ماده منعقد کننده، استفاده از زمان شناورسازی کوتاه‌تر و تولید حباب‌های ریزتر در افزایش راندمان حذف شوینده‌ها تأثیر به سزایی دارد. همچنین نتایج فوق نشان داد که به منظور حذف شوینده‌ها در فرایندهای تصفیه آب دو مکانیسم یعنی کف کردن و بالا آمدن به سطح محفظه شناورسازی و جذب بر روی ذرات فلوک سر سوزنی، مهم‌ترین عوامل حذف شوینده‌ها از آب‌های سطحی می‌باشند.

تشکر و قدردانی

مجری و همکاران این تحقیق از همکاری مدیر و پرسنل محترم تصفیه‌خانه آب بابا شیخ‌علی اصفهان، معاونت پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و همچنین از سرکار خانم مهندس وحید مسؤول محترم آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده بهداشت، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌نمایند.

References

1. Ying GG. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. Environ Int 2006; 32(3): 417-31.
2. Sawyer CN, McCarty PL, Parkin GF. Chemistry for Environmental Engineering and Science. 5th ed. New York: McGraw-Hill p. 200-20; 2003.
3. Mungray AK, Kumar P. Fate of linear alkylbenzene sulfonates in the environment: A review. International Biodeterioration & Biodegradation 2009; 63(8): 981-7.
4. Zuane JD. Handbook of Drinking Water Quality. 2nd ed. New Jersey: John Wiley and Sons; 1997. p. 162-3.
5. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Drinking water -Physical and chemical specifications [Online]. 1996; Available from: URL: http://std.isiri.org/std/1053/
6. HDR Engineering. Handbook of Public Water Systems. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons p. 339-50; 2001.
7. Zor S. Investigation of the adsorption of anionic surfactants at different pH values by means of active carbon and the kinetics of adsorption. J Serb Chem Soc 2004; 69(1): 25-32.
8. Mungray AK, Kumar P. Anionic surfactants in treated sewage and sludges: risk assessment to aquatic and terrestrial environments. Bioresour Technol 2008; 99(8): 2919-29.
9. Eaton AD, Franson MA, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
10. Chung Y, Choi YC, Choi YH, Kang HS. A demonstration scaling-up of the dissolved air flotation. Water Research 2000; 34(3): 817-24.
11. Liu S, Wang Q, Ma H, Huang P, Li J, Kikuchi T. Effect of micro-bubbles on coagulation flotation process of dyeing wastewater. Separation and Purification Technology 2010; 71(3): 337-46.
12. Schouten N, Van Der Ham LG, Euverink GJ, De Haan AB. Selection and evaluation of adsorbents for the removal of anionic surfactants from laundry rinsing water. Water Research 2007; 41(18): 4233-41.
13. Venhuis SH, Mehrvar M. Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water. International Journal of Photoenergy 2004; 6(3): 115-25.
14. Tansel B, Pascual B. Factorial evaluation of operational variables of a DAF process to improve PHC removal efficiency. Desalination 2004; 169(1): 1-10.

www.mui.ac.ir

Separation of Anionic Surfactants from Surface Waters by Dissolved Air Floatation (DAF) Method

***Mohammad Hadi Mehdinejad*[1], *Mohammad Reza Shahmansouri*[2], *Bijan Bina*[3]**

Abstract

Background: Development of industries, population growth, and improved health level have caused wide usage of detergents. These materials are discharged into surface waters through domestic wastewater and make environmental risks. The aim of this study was to separate anionic surfactants from surface waters by dissolved air flotation (DAF) method.

Methods: A DAF pilot unit was constructed with continuous flow including coagulation, flocculation, and flotation basins. The calibration curves were made with standard concentrations of anionic surfactants. Raw water was mixed with anionic surfactants and the experiments were performed in saturation pressures between 3-5 atm, coagulant dosages from 5 to 15 mg/l, and flotation times from 19.3 min to 26 min.

Findings: During the experiments, pH of the water was 8-8.2 and the raw water turbidity varied normally from 7.4 to 144 NTU. The optimum dosage of coagulant was found as 15 mg/l. The maximum efficacy of linear alkylbenzene sulphonate (LAS) removal in the flotation time of 26 min and 19.3 min was between 91% and 41.1%. Statistical analysis showed a positive correlation between LAS removal and turbidity.

Conclusion: In this process, the performance of dissolved air flotation was affected by pressurized recycle water or saturation pressure, flotation time, and the concentration of coagulant. Removal of surfactants was obtained by foaming as well as rising particles attached to bubbles.

Key words: Anionic Surfactants, Dissolved Air Floatation, Surface Water.

1- Assistant Professor, Environmental Health Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran (Corresponding Author) Email: hmnejad@yahoo.com
2- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

www.mui.ac.ir