

شوینده‌ها و محیط زیست

ناهید محمدحسینی[×]، میرعلی اصغر زینالی دانالو

تهران، خیابان انقلاب اسلامی، خیابان قدس، خیابان بزرگمهر غربی، پلاک ۹۷

پژوهشکده توسعه صنایع شیمیائی ایران

چکیده

رشد فزاینده جمعیت جهان، مشکلات عمده‌ای را در ارتباط با پاکیزه نگاه داشتن زمین ایجاد کرده است. نگرانی درباره تأمین بهداشت و رفع آلودگی‌های ناشی از صنعت که سرنوشت و حیات زمین را به مخاطره خواهند افکند برنامه‌ریزیهای جدی را برای تغییر و بهبود شرایط زندگی طلب می‌کند. در سالهای اخیر با پیدایش بیماریهایی مانند ایدز و انواع هپاتیت‌ها و همچنین بازگشت بیماریهای عفونی فراموش شده‌ای مانند سل و تداخل آن با ویروس ایدز، اهمیت مصرف محصولات بهداشتی بیش از پیش مشخص شده است. به طوری که تحولات عمده‌ای در نحوه تولید و مصرف فرآورده‌های شوینده بهداشتی پدید آمده است.

گسترش بیش از حد صنایع صابون و شوینده‌ها در جهان علیرغم دارا بودن جنبه‌های مثبت فراوان آلودگی‌های نوینی را به محیط زیست وارد کرد و توجه مسئولان محیط زیست کشورها را به خود جلب نمود.

ورود شوینده‌ها به فاضلاب به لحاظ بروز مسائل و عوارض متعدد چون پدیده مغذی شدن و تجزیه ناپذیری گروه سخت شوینده‌ها و ایجاد کف و ... سبب آلودگی منابع آبی و محیط زیست می‌شود.

[×] عهده دار مکاتبات

در این مقاله ترکیب شیمیایی شوینده‌ها، مشکلات زیست‌محیطی ناشی از شوینده‌ها و تأثیرات فسفات در محیط زیست و راهکارهای مقابله با این مشکلات نظیر انتخاب مواد اولیه مناسب، تهیه محصولاتی با کارایی بیشتر، کاهش مواد پرکننده، تجزیه‌پذیری شوینده‌ها و تولید محصولات شوینده کنسانتره بررسی و پیشنهادهایی به منظور کاهش اثرات مخرب شوینده‌ها در محیط زیست ارائه شده است.

مقدمه

آشنایی با صابون به عنوان اولین پاک کننده به قرن‌ها پیش برمی‌گردد، ولی رشد جمعیت و توجه انسان به بهداشت موجب شد که تولید صابون با منشأ طبیعی جوابگوی مصرف نباشد. در نتیجه از اوایل قرن نوزدهم میلادی مواد شوینده مصنوعی به نام دترجنت وارد بازار شد [۱]. استفاده از دترجنتها پس از جنگ جهانی دوم گسترش یافت.

به ترکیباتی که علاوه بر انحلال و پخش در آب قدرت پاک کنندگی آن را افزایش دهند دترجنت گفته می‌شود. انواع طبیعی پاک کننده‌ها مثل صابون، گل سرشور و غیره از زمانهای قدیم مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی آنچه که امروز به نام دترجنت مصرف می‌شود سنتیک (تولید شده به صورت مصنوعی) می‌باشد. ورود این مواد در زندگی انسان به سرعت باعث کاهش کاربرد انواع طبیعی پاک کننده‌ها شده است [۲].

کف کردن صابونها در آبی که املاح کلسیم و پتاسیم داشته باشد به تأخیر می‌افتد در نتیجه این املاح باعث کاهش قدرت پاک کنندگی می‌شوند. در حالی که این مشکل به علت فرمول خاص دترجنتها تا حدود زیادی برطرف شده است [۳].

اجزای شیمیایی یک پاک کننده به طور کلی به سه دسته عمومی طبقه‌بندی می‌شود:

۱- سورفاکتانتها (مواد فعال سطحی یا مواد مؤثر)

۲- سازنده‌ها (پرکننده‌ها)

۳- مواد متفرقه

سورفاکتانتها به عنوان عامل خیس کننده عمل کرده کشش سطحی آب را کم می‌کنند در نتیجه آب بهتر وارد بافت الیاف می‌گردد. این مواد همچنین ذرات کثیف و آب را به یکدیگر اتصال می‌دهند.

سازنده‌ها نقش اصلی در پاک کننده‌ها دارند و عامل جدا کنندگی هستند. سازنده‌ها، یون‌های منیزیم و کلسیم موجود در آب سخت را به شکل یون‌های بزرگ محلول در آب درمی‌آورند [۴]. مواد سازنده خاصیت قلیایی در آب ایجاد می‌کنند و مانع از نشست مجدد لکه‌ها می‌شوند. امروزه بیشترین سازنده‌های متداول مورد استفاده، پلی‌فسفات‌ها هستند [۴ و ۷].

پاک کننده‌ها دارای مواد دیگر مختلفی از قبیل براق کننده‌ها، عطرها، عوامل ضد خوردگی، آنزیم‌ها، نرم کننده‌ها، خوشبو کننده‌ها و مات کننده‌ها هستند [۷].

دترجنتها اصولاً ترکیبات آلی زنجیره‌ای کربن‌دار هستند که دارای ۲ قطب هیدروفیل و لیپوفیل می‌باشند. قطب هیدروفیل، آب دوست و قطب لیپوفیل، چربی دوست می‌باشد.

بر اساس خصوصیات قطب هیدروفیل دترجنتها به ۳ گروه تقسیم می‌شوند [۳]:

۱- دترجنتهای آنیونی: این ترکیبات در اثر یونیزاسیون در محیط آبی به یونهای منفی $R-O-S_3^-$ که در آن R یک زنجیر کربنی طولانی الکیلی و یک یون مثبت که اغلب سدیم است تفکیک می‌شوند. بیشترین دترجنت مصرفی در منازل و مصارف عمومی در این گروه قرار دارد [۳].

۲- دترجنتهای کاتیونی: این دترجنتها در اثر یونیزاسیون به یونهای مثبت گروه آمونیومی که دافع آب است و گروه یونهای منفی جاذب آب تبدیل می‌شود و دارای قدرت زیاد باکتری کشی می‌باشند [۳].

۳- دترجنتهای خنثی: این پاک کننده‌ها از ترکیب چند شاخه اتیلن بر روی یک ریشه‌ای که دافع آب است حاصل می‌شود و بهترین مثال از آنها پلی‌گلیکول اتوالکیل فنل است که قدرت پاک کنندگی شدیدی دارد [۴].

شوینده‌ها بر اساس مواد فعال سطحی به دو دسته سخت و نرم تقسیم می‌شوند که شوینده‌های نرم شامل LABS یا الکیل بنزن سولفونات خطی هستند که تجزیه پذیر می‌باشد. شوینده‌های سخت که شامل ABS یا الکیل بنزن سولفونات شاخه‌ای می‌باشند از این گروه می‌توان به مشهورترین عامل دودسیل بنزن سولفونات سدیم اشاره کرد که به دلیل داشتن شاخه فرعی در محیط زیست تجزیه نمی‌شود و سبب آلودگی محیط زیست می‌گردد [۴ و ۹].

در کشورهای پیشرفته با ارتقاء بهداشت و پاکیزه‌تر شدن محیط زندگی، بدون تردید مصرف پاک کننده‌ها افزایش یافته و لزوماً با رعایت جنبه‌های اقتصادی همراه شده است [۵]. برای ترسیم آینده‌ای که حتی‌الامکان کمتر دچار خطا و اشتباه باشد نگرشی بر روند تولید محصولات، تغییرات فرمولاسیون

و مصرف مواد اولیه مختلف در سطح جهان ضروری است [۸]. به طور کلی در کشورهای پیشرفته وضعیت شوینده‌ها متأثر از تغییراتی در فرمولاسیون محصولات بوده است مثل تمایل به تولید محصولات عاری از فسفات و یا تمایل به ساخت پودرهای سنگین و غیره [۵].

اثرات زیست‌محیطی شوینده‌ها و راهکارهای مقابله با آنها

سالهای زیادی است که صنایع صابون و دترجنت به دلیل ایجاد آلودگی‌هایی در آب مانند آلودگی کف و مغذی شدن توجه مسئولان محیط زیست را به خود جلب نموده است. دترجنتها پس از مصرف به همراه پساب به دریاچه‌ها یا رودخانه‌ها ریخته می‌شوند و بر روی محیط‌زیست تأثیر مخرب می‌گذارند. آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف دترجنتها بیشتر از نظر دو عامل قابل بررسی است.

۱- اثر مواد مؤثر موجود در دترجنت.

۲- اثر مواد پرکننده موجود در دترجنت.

آثار سوء حیاتی شوینده‌ها بر محیط زیست عبارتند از:

۱- تجمع کف بر روی آبهای سطحی و جلوگیری از عمل اکسیژن‌گیری آب

۲- تولید بو و طعم نامطبوع در آب

۳- اثرات سمی بر موجودات زنده مانند انسان، موجودات آبی و گیاهان

۴- تخریب و انهدام اکوسیستم

۵- حذف و کاهش مواد معلق آب در حضور شوینده‌ها به صورت دلخواه مقدور نیست.

۶- به خودگیری میکروبها بیماری‌زا و مساعد نمودن شرایط محیطی در جهت شیوع بیماریها

۷- اشکال در امر انعقاد و ته‌نشینی و صاف کردن آب

۸- وقوع پدیده EUTROFICATION به لحاظ مصرف فسفاتها

۹- تجزیه‌ناپذیری گروه سخت دترجنتها

۱۰- ایجاد واکنش فیزیولوژیکی در مصرف کننده آب آلوده [۹ و ۴].

به بررسی برخی از مهمترین آثار سوء شوینده‌ها و راهکارهای مقابله با آنها پرداخته می‌شود.

همچنان که پاک کننده بیشتری به وسیله پساب به آبهای طبیعی اضافه می‌شود، کف بیشتری

ایجاد می‌کند که تأثیر به‌سزایی در محیط زیست دارد. عامل ایجاد کف، سورفاکتانت پاک کننده‌ها

می باشد.

وجود کف در حوضهای هوادهی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب میزان انتقال اکسیژن به فاضلاب را به شدت تقلیل می‌دهد به طوری که گاهی تقلیل راندمان تصفیه در اثر کف دترجنتها به ۸۰ درصد می‌رسد. در حوضهای ته‌نشینی اولیه وجود ماده مؤثر دترجنت مانع ته‌نشینی کامل مواد معلق می‌شود و چربی موجود در فاضلاب در اثر کف زیاد به سایر قسمت‌های تصفیه خانه نیز راه می‌یابد [۹].

ماهیان و آبزیان نیز از آثار سوء شوینده‌ها بی‌بهره نیستند زیرا شوینده‌ها باعث کاهش میزان اکسیژن‌گیری آب می‌شوند. شوینده‌ها قادرند حالت و کیفیت پروتئین را تغییر دهند و متابولسیم باکتری‌ها را مختل سازند و موجب کندی اعمال حیاتی آنها گردند، این امر ناشی از اثر شوینده‌ها در کاهش کشش سطحی آب می‌باشد [۴].

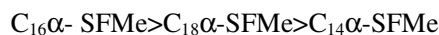
غشاء میکروارگانسیم‌ها در اثر شوینده‌ها پاره شده و موجب از بین رفتن آنزیم‌ها می‌شود. این موارد در مورد مصرف دترجنت‌هایی است که ماده مؤثر آن تجزیه شونده نیست. اما مواد مؤثر تجزیه شونده در روش‌های تصفیه و دیگر موارد یاد شده اشکالات مهمی به وجود نمی‌آورد [۴ و ۳].

به عنوان طرحی در جهت جلوگیری از پدیده کف کردن، الکیل بنزن سولفونات‌های خطی LAS در جهان مورد استفاده قرار گرفتند که جایگزین گروه آلکیلی شاخه‌دار ABS به منظور سهولت تجزیه شدند [۴ و ۱]. عموماً LAS در مقایسه با ABS سریعتر و شدیدتر تجزیه می‌شود. البته سرعت تجزیه LAS با موقعیت گروه فنیلی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

از طرفی تولید کنندگان تمام تلاش خود را صرف توسعه مواد خام دترجنت با قابلیت تجزیه بیشتر کردند. یکی از این مواد آلفا اولفین سولفونات بدون گروه فنیل (AOS) هستند. AOS به دلیل کارایی خوب شستشو، مانند پاک‌کنندگی، قدرت کف‌کنندگی و خواص آبکشی آن، یکی از بهترین سورفاکتانت‌ها می‌باشد. پاک‌کنندگی AOS نسبت به LAS در آب‌های سخت، کمتر کاهش پیدا می‌کند. طبق آزمایش‌های انجام شده بر روی حیوانات، ایمنی AOS اثبات شده است و هیچ مورد غیرعادی در آزمایش مسمومیت مزمن و حاد مشاهده نشده است.

با توجه به بحران نفت در سال ۱۹۷۳ میلادی تمایلات شدیدی برای معرفی سورفاکتانت‌هایی که از مواد خام طبیعی حاصل شوند پدیدار شد. یکی از این مواد آلفا سولفوفتی اسیدمتیل‌استر (α -SFMe) بود بعدها این ماده نظر سازندگان دترجنت را به دلیل درجه تجزیه‌پذیری زیاد و قابلیت پایداری در مقابل کلسیم، به عنوان سورفاکتانت آنیونی در دترجنت‌های بدون فسفات جلب کرد. α -SFMe را می‌توان از روغن موجود در خرما یا نارگیل به دست آورد. α -SFMe ساخته شده از روغن

نخل، مواد فعال در سطح آنیونی دارای طول زنجیر الکیل C18, C16, C14 هستند. از دیدگاه قدرت پاک‌کنندگی، α -SFMe با توجه به طول زنجیر کربنی به طریق زیر طبقه‌بندی می‌شود:



نتیجه قابل ذکر این است که $C_{16}\alpha\text{-SFMe}$ و $C_{18}\alpha\text{-SFMe}$ به طور نسبی قدرت پاک‌کنندگی بالاتر از مواد فعال سطحی موجود مثل LAS و یا AS را نشان می‌دهد. قدرت پاک‌کنندگی تقریبی $\alpha\text{-SFMe}$ به صورت زیر می‌باشد:



با وجود این، $\alpha\text{-SFMe}$ هنوز موقعیت سورفاکتانتهای صنعتی LAS و AS را به دست نیاورده است. دلیل اصلی این امر عدم شناخت کافی تکنولوژی سولفوناسیون $\alpha\text{-SFMe}$ با کیفیت بالاست [۱].

نگرانی کنونی محیط زیست بیشتر در مورد سازنده‌هاست. این مواد مشکل تجزیه زیست محیطی را ندارند بلکه فرآورده‌های هیدرولیز سازنده‌ها (ارتوفسفاتها) مسلماً دارای فسفر می‌باشد که باعث اشکال در فرآیند تغذیه طبیعی می‌شود [۴]. آبی که در آن مواد مغذی مانند نیترات و فسفات در اثر تخلیه فاضلاب زیاد باشد محیط خوبی برای رشد بیش از اندازه آلگها خواهد بود. این آلگها در اثر پدیده فتوسنتز با مصرف مواد غذایی موجود در آب باعث زیاد شدن اکسیژن در محیط می‌شوند. چون عمر این آلگها کوتاه است و از بین رفتن بیولوژیکی آنها مستلزم صرف مقدار زیادی اکسیژن می‌باشد، لذا بیلان اکسیژن محیط به هم می‌خورد و با کاهش این ماده حیاتی، فعل و انفعالات بی‌هوازی پیشرفت می‌کند در نتیجه به مرور لجن کف جریانها افزایش یافته و از عمق مفید کانالها کاسته شده و انواع گیاهان در این منطقه رشد می‌کنند و تمام منطقه به مرداب تبدیل می‌شود این پدیده EUTROPHICATION نامیده می‌شود. از سالهای ۱۹۶۸ و ۱۹۶۹ میلادی سر و صدای آلودگی آب در اثر این پدیده در آمریکا بپا خواست و دترجنتهای حاوی فسفات به این جرم محکوم شدند [۳]. بنابراین یکی از مهمترین علت‌های مغذی شدن آب، فسفر ناشی از مصرف دترجنتهای سنتزی خانگی است. برای حل این مسئله و رفع این آلودگی سعی شد که به طور تدریجی فسفات‌های موجود در دترجنتها را کاهش دهند و ماده دیگری را جایگزین کنند. در یک مطالعه و تحقیق مشترک که توسط تهیه‌کنندگان زئولیت صورت گرفت، ویژگیهای زئولیت مناسب برای جایگزین شدن و توسعه و ترویج مصرف زئولیت در دترجنتها مطرح شد [۱].

زئولیتها، ترکیبات طبیعی یا مصنوعی آلومینیم سیلیکاتها می‌باشند. ساختمان مولکولی زئولیت یک چهار وجهی با چهار اتم اکسیژن در حول یک اتم سیلیس (SiO_4) می‌باشد و رئوس این چهاروجهی‌ها

با اشتراک گذاشتن اتم اکسیژن بهم متصل می‌شوند تا واحدهای ساختمانی کوچک ثانویه را شکل دهند که خود با اتصال به همدیگر دامنه وسیعی از چند وجهی‌ها را تشکیل می‌دهند. پس از شناسایی خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد زئولیت توجه بسیاری از محققین علوم مختلف به این رشته جلب گردید و طی ۳۰ سال گذشته توسعه فوق‌العاده‌ای در زمینه علوم مختلف پدید آمد. ساختمان و ترکیب شیمیایی زئولیت‌های طبیعی و فرم‌های اصلاح شده گونه‌های مختلف، آنها را منابع بالقوه مهمی در زمینه‌های کاربردی و تحقیقاتی مختلفی از جمله تبادل یون، جذب و واجذب گازها و نیز استفاده به عنوان کاتالیست نموده است [۶].

انتخاب زئولیت به عنوان جایگزین فسفات‌ها به دو خاصیت اساسی متکی می‌باشد اول ظرفیت تعویض یونی بالا حتی در آب سرد و دوم سرعت جایگزینی بالا که بتواند یون‌هایی مانند کلسیم را به سرعت اسیر کند. در میان زئولیت‌های سنتز شده انواع A و P و X مشخص شده است که زئولیت A به فرم سدیم (NaA) نسبت به کاتیون کلسیم گزینش پذیری بسیار خوبی دارد ولی نسبت به منیزیم چندان مؤثر نیست در حالیکه زئولیت X تبادل با یون منیزیم را به سرعت و به خوبی انجام می‌دهد. بنابراین استفاده از مخلوط این دو زئولیت بسیار مؤثر خواهد بود [۱۰].

استفاده از دترجنت‌های کنسانتره، راهکاری نوین

در اثر فشارهای محیط زیستی در سراسر دنیا از سال ۱۹۸۷ میلادی انواع جدیدی از دترجنت‌های کنسانتره به بازار جهان وارد شد. دترجنت‌های کنسانتره هم در حجم و هم در وزن متراکم شده اند و وزنی ۲/۵ به ۴ و حجمی معادل ۱ به ۴ در مقایسه با انواع موجود دارند. استفاده از پودرهای کنسانتره دو مزیت دارد یکی صرفه جویی در انرژی و منابع است و دیگری صرفه جویی در فضای انبارخانه‌ها، حمل و نقل و فضای لازم در خرده‌فروشی‌ها می‌باشد [۱]. همراه با ورود دترجنت‌های پودری کنسانتره به بازار، مواد افزودنی جدید نظیر سلولز قلیایی و لیپازها قلیایی، فعال کننده برای پراکسید نیز در این زمینه معرفی شدند [۱].

پیشنهادها

- ۱- برای چاره جوئی رفع آلودگی پرکننده‌های دترجنت دو راه حل پیشنهاد می‌شود:
 - الف- محدود کردن مصرف فسفات‌ها در ساخت دترجنت‌ها و تغییر فرمولاسیون شوینده
 - ب- حذف کامل فسفات‌ها و جانشین ساختن ماده دیگری مانند زئولیت
- ۲- استفاده از مواد طبیعی در شوینده‌ها و افزایش سورفاکتانتهای به دست آمده از مواد طبیعی
- ۳- افزایش کاربرد آنزیم‌ها
- ۴- افزایش تولید پودرهای شوینده کنسانتره

نتیجه‌گیری

برای مدتی طولانی کشورهای جهان مشغول بهره‌برداری و استفاده از منابع طبیعت می‌باشند و این وابستگی به محیط‌زیست بی‌شک در آینده نیز ادامه خواهد داشت. بنابراین باید راه و روش بهره‌برداری و محافظت از منابع طبیعی را یاد بگیریم. مواد اولیه دترجنت‌ها به تدریج بایستی از ذخایر پتروشیمیایی به انواع طبیعی قابل تولید و مواد روغنی شیمیایی تغییر یابد. از میان منابع مختلف طبیعی، روغن نارگیل و روغن خرما، مهم‌ترین روغن‌ها و چربی‌ها در آینده خواهند شد. سورفاکتانت α -SFMe با ارزش بیولوژیکی که در روغن خام وجود دارند، می‌توانند به طور اقتصادی جداسازی شده و مورد استفاده قرار گیرد. در آینده سورفاکتانت‌های پتروشیمیایی و سورفاکتانت‌های روغنی طبیعی از نقطه نظر قیمت، پاک‌کنندگی و مزایای اقتصادی با هم رقابت خواهند داشت [۴].

فسفات‌ها را عامل پدیده مغذی شدن و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها می‌دانند، بنابراین از اوائل دهه ۱۹۷۰ میلادی به تدریج موادی جهت جایگزینی فسفات معرفی شده‌اند که هر یک نواقصی داشتند و موجب آلودگی محیط و حتی مسمومیت شده‌اند [۹]. اما زئولیت‌ها تنها موادی هستند که صرف نظر از نامحلول بودن آنها که مقدار مواد معلق در آب را افزایش می‌دهد آلودگی محیط زیستی ندارند [۹]. اما زئولیت‌ها توانایی حذف یونهای کلسیم از محلول آب شستشو را

دارند و به دلیل سطح جذب زیاد، ذرات پخش شده را به دام می‌اندازد و مانع نشست مجدد آنها روی پارچه می‌شوند [۷].

مقایسه‌ای میان دترجنتهای کنسانتره و انواع معمولی در جهان نشان می‌دهد که استفاده از دترجنتهای کنسانتره به دلیل صرفه‌جویی در انرژی و منابع و فضا مقرون به صرفه‌تر می‌باشد.

منابع

- ۱- ایرانی، نادر- یارندی، امیرعباس (۱۳۷۲) - مواد اولیه محصولات پاک کننده و مسائل محیط زیست آنها در ژاپن- انتشارات شرکت تحقیقات و توسعه صنایع شوینده و بهداشتی.
- ۲- تاریخچه شوینده‌ها (۱۳۶۸)- انتشارات کیمیا.
- ۳- حسینیان، مرتضی (۱۳۶۴)- دترجنتها و آلودگی آب- ناشر شرکت مهندسی مشاور مه‌هاب قدس.
- ۴- دبیری، مینو (۱۳۷۵)- آلودگی محیط زیست هوا، آب، خاک، صوت - انتشارات اتحاد.
- ۵- عراقی، عذرا (۱۳۷۲)- پروژه تحقیقات صنایع شوینده (بررسی وضعیت شوینده‌ها)- انتشارات شرکت تحقیقات و توسعه صنایع شوینده و بهداشتی.
- ۶- کاظمیان، حسین (۱۳۷۸)- حذف کاتیونهای فلزات سنگین از فاضلابهای صنعتی و معدنی به کمک مبادله کننده‌های ژئولیتی- سازمان انرژی اتمی ایران.
- ۷- فصلنامه شیمی (۱۳۷۴)- صابونها و شوینده‌ها.
- ۸- محمودی امین، زهرا (۱۳۷۶)- مقایسه فرمول و تکنولوژی ساخت محصول در ایران و کشورهای پیشرفته انتشارات شرکت تحقیقات و توسعه صنایع شوینده و بهداشتی.
- ۹- نوری، جعفر- شهریاری افشار، عباس- بررسی نقش دترجنتهای آنیونی در آلودگی محیط‌زیست- دانشگاه آزاد اسلامی.

10- Sherman, J. D. et. al. Soap, Cosmet. Chem.Spec., December, 33 (1978); u. s. patent, 4, 094, 778 (1978).