



میکروپلاستیک‌ها، آلاینده‌هایی نوظهور در صنعت آب و فاضلاب



دکتر عباس اکبرزاده

عضو هیئت علمی و مدیر مرکز تحقیقات آب و فاضلاب،
موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو

۱- مقدمه‌ای بر میکروپلاستیک‌ها

از پلاستیک‌ها به‌عنوان نوعی ماده شیمیایی مصنوعی، در زندگی روزمره استفاده گسترده‌ای می‌شود، به‌عنوان مثال در بسته بندی‌ها، فیلم، روکش‌ها، کیسه‌ها و ظروف. در طی تجزیه بیولوژیکی پلاستیک‌ها، ذرات کوچک و کوچک‌تر تشکیل شده و میکروپلاستیک‌ها را به‌وجود می‌آورند. فراوانی آلودگی میکروپلاستیک‌ها ناشی از زباله‌های خانگی و صنعتی به نگرانی فزاینده‌ای برای محیط‌زیست تبدیل شده است. پلاستیک‌هایی با اندازه کوچکتر از ۵ میلی‌متر به‌عنوان میکروپلاستیک تعریف شده و در اثر تخریب و ساخت اشیاء پلاستیکی به‌صورت ذرات ناخواسته تولید می‌شوند. میکروپلاستیک‌ها به‌عنوان آلاینده‌های نوظهور و کمتر شناخته شده، طی چند دهه اخیر مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند. میکروپلاستیک‌ها با توجه به خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاصی که دارند، پتانسیل بالایی برای جذب مواد سمی چون هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، بی‌فیل پلی‌کلرین و فلزات سنگین دارند. به‌همین ترتیب پلاستیک‌های تولید شده در واحدهای صنعتی مانند مواد زائد ریخته شده از تجهیزات، مواد پرکننده و ... به‌راحتی وارد تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب شده و در آن‌جا به میکروپلاستیک تجزیه می‌شوند. سپس به محیط‌های آبی، محیط‌زیست و حتی سیستم‌های آب شهری راه پیدا کرده و سلامت محیط و جانداران را به خطر می‌اندازند.

۲- عوارض جانبی میکروپلاستیک

میکروپلاستیک‌ها به‌دلیل پتانسیل بالا در ایجاد صدمات فیزیکی و شیمیایی در انواع آبزیان، از زئوپلانکتون‌ها تا پستانداران، از

طریق انسداد دستگاه گوارش و امکان انتقال آلودگی‌های آلی به بدن موجودات به‌عنوان یک نگرانی محیط‌زیستی و هم‌چنین یک تهدید بالقوه برای سلامتی انسان به‌ویژه از طریق خوردن غذاهای دریایی آلوده مطرح هستند.

یکی از مخرب‌ترین آسیب‌هایی که میکروپلاستیک‌ها مستقیماً به بدن انسان وارد می‌کنند، تحریک هورمون‌هایی است که می‌توانند به غدد سرطانی تبدیل شوند. فنول و ترکیبات مشابه آن از جمله موادی هستند که در میکروپلاستیک‌ها و معمولاً در بسته‌بندی‌های پلاستیکی یا ظروف نگهداری مواد غذایی پیدا می‌شود. این مواد به‌راحتی می‌توانند وارد مواد غذایی شوند و آسیب‌های بسیاری نیز به ارگان‌های حیاتی بدن وارد کنند. این آسیب‌ها به‌اندازه‌ای مخرب هستند که برخی از شواهد نشان داده است در هورمون‌های تولید مثل، خصوصاً در زنان اختلال ایجاد می‌کنند. هم‌چنین براساس آمارهای منتشر شده، در حال حاضر ۹۰ درصد مرجان‌های خلیج فارس از بین رفته‌اند و ذخایر ماهی‌های آن نیز به‌سرعت در حال کاهش است و خطر انقراض چندین گونه دریایی در این منطقه وجود دارد. البته این خطر انقراض تنها به حیوانات منتهی نمی‌شود و برخی از گونه‌های گیاهی نیز در معرض خطر هستند.

۳- روش‌های حذف میکروپلاستیک‌ها از آب و فاضلاب

طی چند سال گذشته، مطالعات متعددی از وجود میکروپلاستیک‌ها در شبکه‌های آب شهری و آب بسته‌بندی انجام شده است. میکروپلاستیک‌ها طیف گسترده‌ای از مواد را با ترکیبات شیمیایی مختلف، اشکال، رنگ‌ها، اندازه و تراکم شامل می‌شود. این مواد در محیط فراگیر هستند و در آب‌های دریایی، فاضلاب، آب شیرین، مواد غذایی، هوا و آب آشامیدنی، بطری‌های آب تشخیص داده شده است.

ورود و مشاهده میکروپلاستیک‌ها در منابع آب شرب از جمله رودخانه‌های سطحی؛ نگرانی‌های گسترده‌ای به‌همراه داشته است. از طرفی دانش و تجارب کافی برای حذف کامل یا کاهش مناسب میکروپلاستیک‌ها با استفاده از روش‌های تکنیکی و فرآیندی از منابع آب شرب وجود ندارد. مطالعات انجام شده حاکی از ایجاد آثار میکروبی و سمی در اثر ورود میکروپلاستیک‌ها در منابع آب شرب است. اما هم‌چنان اطلاعات و داده‌های مرتبط از رفتار و چگونگی اثرگذاری فرآیندهای تصفیه در حذف میکروپلاستیک‌ها، ناکافی است. با توجه به این‌که میکروپلاستیک‌ها به‌طور کامل در تصفیه‌خانه‌ها حذف نمی‌شوند، لازم است تحقیقات مناسبی به کمک برنامه‌های پایش و نظارت‌های تکمیلی برای توسعه

تکنیک‌های مؤثر حذف و جداسازی میکروپلاستیک‌ها صورت گیرد.

در حال حاضر، تنها از روش‌های بسیار گران و ناکارآمد برای حذف میکروپلاستیک‌ها و ردیابی آلاینده‌ها استفاده می‌شود. برخی از این روش‌ها مانند انعقاد و ته‌نشینی بسیار ناکارآمد و غیرقابل انعطاف هستند. برخی دیگر نیز مانند اولترافیلتراسیون، میکروفیلتراسیون، فیلتراسیون عمیق به دلیل استفاده از معرف‌های شیمیایی، برای اکوسیستم‌ها، بازیابی مواد یا بازیابی ثانویه پرهزینه و مضر هستند. در مطالعات مرتبط مشخص شده است که فناوری بیوراکتورهای غشایی (MBR) در حذف میکروپلاستیک‌های فاضلاب نسبت به روش لجن فعال معمولی بسیار موثرتر است. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که فیلتراسیون نقش مهمی در حذف میکروپلاستیک‌ها دارد. با این حال، این روش اشکالاتی نیز دارد. زیرا تنش مکانیکی ایجاد شده توسط غشاء باعث تخریب و جداسازی میکروپلاستیک‌ها شده و به آن‌ها اجازه می‌دهد بدون محدودیت در محیط آزاد شوند. از عیوب دیگر روش فیلتراسیون این است که فیلتر شدن ذرات کوچکتر به زمان بیشتری نیاز دارد. در نتیجه زمان و هزینه‌های نگهداری بیشتری را نیز به مصرف کننده تحمیل می‌نماید.

دارد. امروزه مشخص شده استفاده از این فناوری در از بین بردن ناخالصی‌هایی همچون رنگ‌ها، فلزات سنگین، ذرات رس، حذف موثر برخی از ترکیبات آلی مایع بسیار موثر بوده است. علاوه بر این نتایج تحقیقات نشان داده است که شرایط آب مانند کدورت تأثیر کمی بر میزان حذف میکروپلاستیک‌ها دارد. از این رو پیشنهاد می‌شود از این نوع فناوری جداسازی نوآورانه، در جداسازی ذرات بیشتر استفاده شود.

۳-۳- غشاهای دینامیکی

اخیراً غشاهای دینامیکی توجه زیادی را به خود جلب کرده است؛ زیرا باعث کاهش مصرف انرژی و هزینه تصفیه فاضلاب می‌شوند. غشاهای دینامیکی، تکنولوژی امیدوارکننده‌ای برای حذف ذرات کم چگالی و غیرقابل تجزیه مانند پلاستیک‌ها هستند. از آنجا که در این روش از سایر آلاینده‌های موجود در آب برای ایجاد یک لایه فیلتر بدون نیاز به معرف شیمیایی، استفاده می‌شود، این فناوری به‌طور گسترده‌ای در تصفیه فاضلاب شهری، تصفیه فاضلاب آلوده به نفت و آب‌های سطحی قابل استفاده است.

۴- نتیجه‌گیری

در حال حاضر مطالعات بسیاری در مورد روش‌های تصفیه و تشخیص میکروپلاستیک‌ها با استفاده از مواد شیمیایی وجود دارد، اما این مواد ممکن است خواص میکروپلاستیک‌ها را تغییر و منجر به خطا در تشخیص آن‌ها شود. در شبکه‌های انتقال فاضلاب عمدتاً میکروپلاستیک‌های پلی استر و پلی اتیلن وجود دارد. ثابت شده است که افزایش سطح میکروپلاستیک‌ها تأثیر منفی بر تصفیه فاضلاب و لجن دارد. میکروپلاستیک‌ها می‌توانند تولید متان در لجن و آنزیم‌های کلیدی آن و واسطه‌های متابولیسمی را مهار کنند. علاوه بر آن تنوع جوامع بیولوژیکی و فراوانی میکروارگانیسم‌های موثر در تجزیه بیولوژیکی را کاهش دهند. در حال حاضر، روش‌های شناسایی و تشخیص میکروپلاستیک‌ها ناقص است. سیستم استاندارد در این زمینه وجود ندارد و انواع روش‌های تشخیص تصفیه ناقص هستند. همچنین روش‌های تشخیص میکرو و نانوپلاستیک‌ها از نظر فناوری فعلی بسیار پرهزینه و کم اثر هستند. بنابراین پیشنهاد تحقیق و پژوهش در تصفیه و تشخیص سریع میکروپلاستیک‌ها با هزینه کم، صرفه‌جویی در زمان و کاربری و عملکرد ساده ضروری است.

۳-۱- روش سل ژل

سل ژل یک روش جدید برای از بین بردن ترکیبات پلیمری از فاضلاب است. در این روش به دلیل صرفه‌جویی در هزینه و پایداری شیمیایی ترکیبات پلیمری، استفاده از لجن مازاد از فرایند لجن فعال به‌عنوان کاتالیزور، حامل و جاذب بسیار مناسب است. این روش را می‌توان تحت شرایط کاتالیزوری قلیایی و اسیدی انجام داد. در این فرایند با افزایش pH می‌توان میزان انعقاد میکروپلاستیک‌ها را افزایش داد. پس از آن لخته‌های شناور و بزرگ میکروپلاستیک به آسانی از فاضلاب قابل استخراج است. مزیت دیگر این لکه‌های پلاستیکی جمع شده این است که کاملاً مستقل از انواع، اندازه و میزان آلاینده‌ها و عوامل خارجی مثل دما، فشار و ... هستند.

۳-۲- روش انعقاد الکتریکی

روش الکتروانعقاد از فناوری‌های الکتروشیمیایی مانند الکتروفلوتاسیون است. با توجه به این‌که این روش نیازی به معرف‌های شیمیایی یا میکروارگانیسم ندارد، بسیار مقرون به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست بوده و حداقل لجن تولیدی را