

یافتن راه‌های برای تخریب مواد پر و پلی فلوروآلکیل موجود در پساب‌ها

زیست از طریق خاک یا هوا را داشته و در نهایت یک چرخه بی انتها از آلودگی ایجاد می‌کند.

در حالی که بعضی از فناوری‌ها قادر به تخریب مواد پر و پلی فلوروآلکیل می‌باشند اما مصرف بالای انرژی استفاده از این فناوری‌ها در مقیاس وسیع را از نظر مالی برای بسیاری از سازمان‌ها غیرممکن می‌کند.

با این وجود اکسیل ادعا می‌کند که فناوری آن نخستین روش اقتصادی و دایمی در جهان برای مقابله با آلودگی‌های ناشی از مواد پر و پلی فلوروآلکیل است.

سیستم اکسیل بر خلاف روش‌های قدیمی که تنها مواد شیمیایی مضر را فیلتر و یا تغلیظ می‌کرد، ملکول‌های PFAS را تخریب کرده

روش‌های قدیمی تنها مواد شیمیایی مضر را از پساب جداسازی نمی‌کند بلکه باعث تخریب دایمی آن‌ها می‌شود که این یک استاندارد جدید برای مقابله با بحران زیست محیطی است.

تخریب پر و پلی فلوروآلکیل‌ها

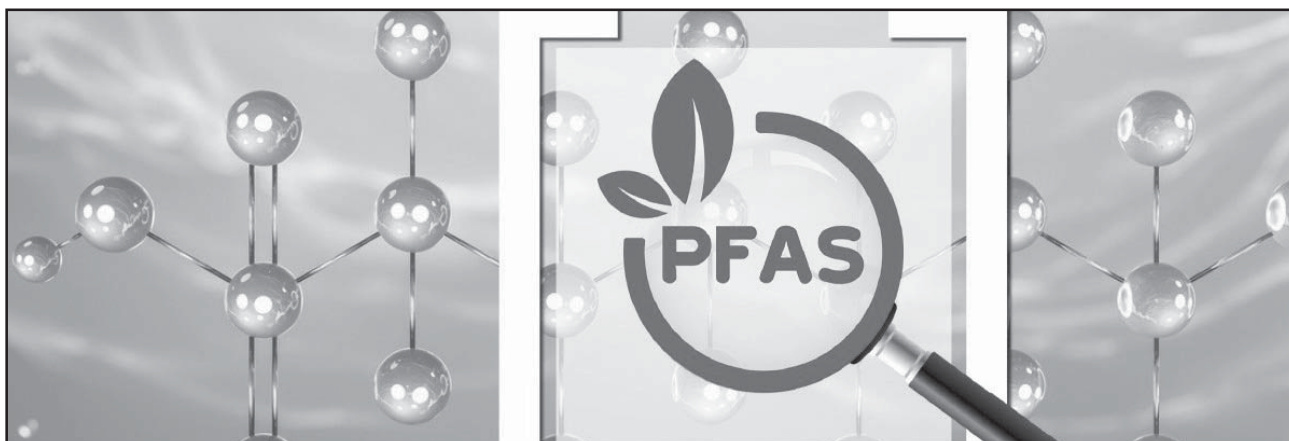
مدت زیادی است که صنایع درگیر از بین بردن مواد پر و پلی فلوروآلکیل از پساب‌ها هستند.

روش‌های فعلی مانند فیلتراسیون و جذب تنها باعث خارج کردن این مواد از پساب‌ها و ورود آن‌ها به پساب‌های دیگر می‌شود و نیازمند انجام عملیات هزینه‌بر سوزاندن یا دفن زباله می‌باشد که خطر ورود دوباره مواد به محیط

استارتاپ سویسی اکسیل در ژانویه ۲۰۲۵ اعلام کرد که قصد دارد بودجه‌ای به مبلغ ۱۶ میلیون دلار برای افزایش مقیاس فناوری خود در رابطه با تخریب PFAS یا مواد پر و پلی فلوروآلکیل و نه فقط جداسازی آن‌ها از پساب‌ها اختصاص دهد.

به گفته فاجر مشتاق، موسس و مدیرعامل شرکت این بودجه به گسترش تیم کاری، ارتقای فناوری و افزایش ظرفیت پروژه کمک می‌کند و این امکان را فراهم می‌سازد تا فناوری ما برای تخریب PFAS در سراسر جهان به کار گرفته شود و تاثیرمان بر منابع آبی به حداکثر برسد.

توماس نیوارد، شریک اکسیل در کمپانی ۳۶۰ کپیتال گفت: فناوری اکسیل بر خلاف





و با وجود مصرف انرژی حداقل ۱۵ برابر کمتر نسبت به روش‌های تخریب جایگزین باعث حذف بیش از ۹۹ درصدی این مواد می‌شود. مشتاق می‌گوید: در کل روش‌های تحلیلی نمی‌توانند حذف صد درصد PFAS ها را تایید کنند.

فناوری اکسیل قادر است با بهینه سازی زمان تخریب و بارگذاری کاتالیست مواد PFAS را تا پایین تر از محدوده تشخیص از بین ببرد. این بدان معناست که هرگونه آثار به جا مانده از این مواد فراتر از محدوده اندازه گیری است. در بعضی مواد میزان تخریب در روش ما فراتر از چیزی است که ابزارهای فعلی قادر به تشخیص آن هستند.

فرایند سه مرحله ای این سیستم ترکیبی از جزء جزء کردن کفی، تخریب کاتالیزوری و نظارت در لحظه توسط فرایند یادگیری ماشین می‌باشد.

تمامی این مراحل در یک سیستم مدولار انجام می‌شود و در نتیجه دیگر نیازی به دورریختن دوباره ضایعات از طریق سوزاندن یا دفن کردن در زمین نمی‌باشد.

در جایی که روش‌های قدیمی نیازمند چند هفته تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی هستند، سیستم اختصاصی نظارت اکسیل قادر به ارائه بازخورد فوری و بهینه سازی مداوم فرایند می‌باشد.

مشتاق اضافه می‌کند: کاتالیزور به ثبت رسیده اکسیل محرک فرایند تخریب مواد PFAS می‌باشد. کاتالیزور با تبدیل انرژی

حاصل از تلاطم آب به واکنش‌های شیمیایی موثر باعث تجزیه این مواد و تبدیل آن‌ها به محصولات معدنی بی‌ضرر نظیر یون‌های فلورید (F-) و دی‌اکسید کربن (CO₂) می‌شود.

تأسیس

استارت‌آپ اکسیل توسط مشتاق و سیلوان استافت در موسسه فناوری فدرال زوریخ تأسیس شده است.

مشتاق دکترای تخصصی خود را در زمینه میکرو و نانوسیستم‌ها با تمرکز بر اصلاح آب گرفته و کمبود آبی که در جوانی تجربه کرده الهام بخش او بوده است.

استافت نیز دارای دکترای تخصصی در زمینه مهندسی فرایند و مکانیک می‌باشد. مشتاق در زمان کودکی خود وقتی شیر آب را باز می‌کرد همیشه این سوال را از خود می‌پرسید که آیا این آب سالم است؟

امروزه همین سوال برای جوامع جهانی پیش می‌آید و علت آن مواد شیمیایی همیشه سمی PFAS است که در همه چیز مورد استفاده

قرار می‌گیرند از تابه‌های نچسب گرفته تا فوم‌های آتش نشانی و منسوجات که باعث آلودگی منابع آبی در سطح هشدار شده است. آنها با درک این که روش‌های نوآورانه برای تصفیه آب به این زودی وارد بازار نمی‌شوند، اقدام به توسعه یک فناوری برای تخریب دائمی مواد شیمیایی در چند دقیقه کرده‌اند. آنها عقیده دارند که این فناوری می‌تواند

دنیا را تغییر دهد اما چه می‌شد اگر روش جدید از آزمایشگاه به دنیای واقعی راه پیدا می‌کرد؟

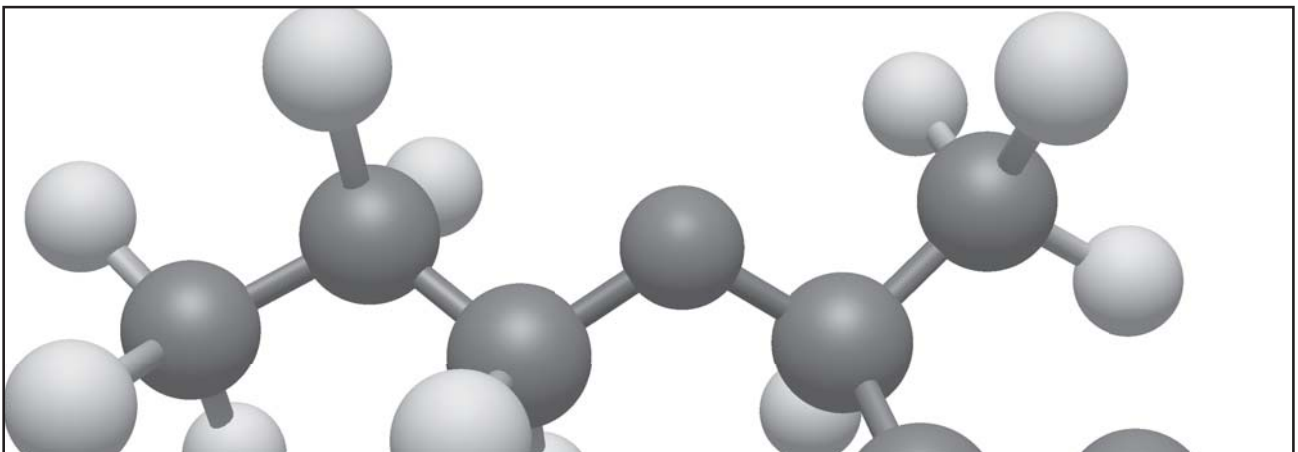
این دو نفر در طول تنها چند سال اکسیل را از ایده نوآورانه به اجرا تبدیل کرده‌اند. شرکت رشد کرد و به یک تیم ۲۶ نفره تبدیل شد، بیش از ۲۰ پروژه مشتریان را کامل کرد و توسط سازمان‌های معتبری از جمله SWISS TECHNOLOGY AWARD، SEIF WEF's UPLINK TOP INNOVATORS و به رسمیت شناخته شد.

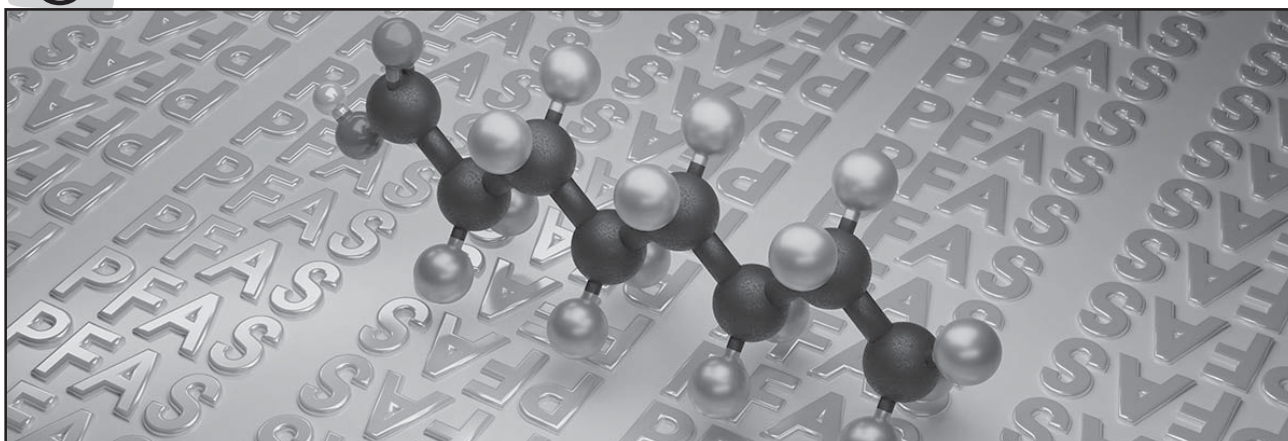
دور جدید سرمایه‌گذاری مجموع بودجه شرکت را به ۲۶ میلیون دلار رساند که شامل سرمایه‌گذاری غیرتسهیمی از طریق کمک‌های مالی و جوایز می‌شود.

مشتاق می‌گوید: دو سال پیش اکسیل از ما دو موسس و یک ایده بزرگ تشکیل می‌شد که همان خلاص شدن دائمی از مواد شیمیایی موجود در پساب‌ها بود. امروز این ایده ثابت شده، اجرایی شده و آماده پیاده‌سازی و اجرا در مقیاس بزرگ است.

سرمایه‌گذاری اخیر این امکان را به ما می‌دهد تا فناوری خود را به بخش‌های صنعتی و جوامعی که به آن نیازمند هستند، عرضه کنیم.

از سرمایه‌گذاران قدیمی و جدید خود قدر داریم که به ما ملحق شدند تا بتوانیم آب تمیز را به یک واقعیت برای همگان تبدیل کنیم. اثربخشی فناوری جدید در بخش‌های کاربردی





مختلفی به اثبات رسیده است. استفاده از این فناوری در تصفیه آب‌های زیرزمینی باعث کاهش غلظت PFAS از ۸۷۰۰ NG/L به زیر ۱۴ NG/L می‌شود.

به کارگیری آن در تصفیه آب حاصل از خاک شویی باعث حذف ۹۹/۸ درصد یازده گونه مختلف از PFAS می‌گردد.

در بررسی استفاده از این فناوری برای یکی از مشتریان صنعتی شاهد حذف ۹۸ درصد از PFAS زنجیر کوتاه و کاهش غلظت تری فلورواستیک اسید تا ۹۶ درصد بوده ایم. مهم تر از همه این که اکسیل در ماه نوامبر نخستین سیستم مقیاس کامل خود را در سوئیس برای تصفیه ۱۰ متر مکعب آب زیرزمینی آلوده در ساعت در کمتر از KWH/ ۱ M^۳ به کار گرفت.

در فناوری اکسیل زمان بندی از اهمیت زیادی برخوردار است. گسترش موج دعاوی حقوقی مرتبط با مواد PFAS و تسویه حساب های چند میلیارد دلاری در آمریکا شرکت ها را برای به کارگیری روش های پیشگیرانه تحت فشار می گذارد.

قوانین سختگیرانه در اتحادیه اروپا و آمریکا تقاضا را برای فناوری های تصفیه پیشرفته که رعایت قوانین را تضمین کرده و میزان مسئولیت شرکت ها را به حداقل برساند، افزایش داده است.

داده های جدید به دست آمده از FOREVER LOBBYING PROJECT نشان می دهد

که هزینه عمل نکردن و انفعال سرسام آور است. هزینه پاک کردن آب و خاک اروپا از آلاینده های PFAS می تواند ۱۰۰ میلیارد یورو در سال باشد که مجموع آن در بیست سال آینده ۲ تریلیون یورو می شود.

مشتاق می گوید: در اکسیل تمرکز ما بر روی بازار اروپاست، جایی که آلودگی با مواد PFAS گسترش یافته و صنایع به صورت فعال در جستجوی راهکار می باشند. با این حال در بازار آمریکا نیز به دلایل مشابه پتانسیل زیادی وجود دارد.

با این وجود با آغاز دوران ریاست جمهوری دونالد ترامپ این ترس وجود دارد که ایالات متحده با توجه به تصمیم تاریخی که ترامپ در دوره قبلی ریاست جمهوری خود گرفته بود، در زمینه راهکارهای پایدار برای صنایع چند گام به عقب بردارد.

با این وجود اکسیل می گوید: آلودگی های ناشی از مواد PFAS صرف نظر از تغییرات سیاسی یک موضوع مهم می باشد که در این دوره مورد توجه قرار گرفته است.

امروزه مردم به دنبال روش های تصفیه موثر هستند و صنایع نیاز به انجام اقدام مناسب را درک کرده اند. در حالی که قوانین سختگیرانه و حمایت سیاسی باعث شتاب گرفتن به کارگیری فناوری های جدید شده، افزایش حمایت های مردم و جامعه به این معناست که اصلاح PFAS ماندگار است.

اکسیل قصد دارد در پنج سال آینده ۱۰۰

میلیون لیتر آب آلوده را از آلاینده ها پاک کند. مشتاق در این باره می گوید: عقیده داریم که با توجه به خطراتی که مواد پر و پلی فلوروآکیل برای محیط زیست و سلامت ما دارند، حذف تدریجی آن ها ضروری اما زمان بر است.

بسیاری از فرایندهای تولیدی و صنایع به شدت وابسته به PFAS ها هستند. در بعضی موارد نظیر ابزار پزشکی، هوافضا و نیمه رساناها نیز هنوز جایگزین مناسبی برای این مواد وجود ندارد.

هرچند که اکسیل در حال حاضر با هیچ شرکتی در بخش نساجی و پوشاک کار نمی کند اما قصد دارد تا راهکارهای خود را در صنایع مختلف گسترش دهد.

علت این که هنوز همکاری با شرکت های نساجی و پوشاک صورت نگرفته این است که اکسیل عقیده دارد این صنایع در شناسایی و به کارگیری جایگزین های فاقد PFAS پایدار در محصولات خود کاملاً فعال هستند. در نهایت اکسیل قصد دارد بازایی و محافظت آب های سراسر جهان در برابر این مواد همیشه شیمیایی را ادامه دهد.

مرجع:

Otis Robinson, "How to Destroy PFAS in Wastewater", WTIN, February 2025

تهیه و تنظیم: آزاده موحد