

## فرآیندهای پتروشیمی و مسائل زیست محیطی

امین رستمی<sup>۱\*</sup>

۱- فوق لیسانس مهندسی شیمی گرایش طراحی فرآیند

\**Aminrostami ۳۹@gmail.com*

### چکیده

آلودگی یکی از مهم ترین پیامدهای ناشی از زندگی جوامع انسانی است که محیط اطراف ما را تحت تاثیر خود قرار داده و زمینه مناسبی برای تهدید زندگی انسان ها به وجود آورده است، به طور کلی آلاینده به ماده ای گفته می شود که تولید و پراکنده شدن مقدار بیش از اندازه ای آن در محیط زیست به سلامتی انسان و دیگر جانداران آسیب برساند. اگر چه ممکن است مفهوم آلودگی از نظر افراد مختلف متفاوت باشد، اما به طور کلی می توان گفت هر عاملی که وجود آن در محیط زیست به نحوی در چرخه طبیعی اختلال به وجود آورد و حیات انسان، حیوان یا گیاه را در معرض تهدید قرار دهد، آلودگی به شمار می آید. اگر بخواهیم تعریف جامع و کلی برای آلودگی محیط زیست در نظر بگیریم چنین می توان گفت که آلودگی محیط عبارت است از وجود یک یا چند ماده آلوده کننده در محیط زیست به مقدار و مدتی که کیفیت یا چرخه طبیعی را بطوری که مضر به حال انسان یا حیوان، گیاه و یا اثار و ابنیه باشد تغییر دهد. روش تحقیق کتابخانه ای می باشد.

**کلمات کلیدی:** پتروشیمی، زیست، جامعه، آلودگی



## ۱- مقدمه

آلودگی به بیان ساده تر هر گاه ماده یا موادی بیگانه با غلظتی خاص وارد عناصر محیطی شوند و تعادل طبیعی آنها را بر هم بزنند صحبت از آلودگی می شود. آلودگی آب ها، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، دیداری و نوری نوعی آلودگی محسوب می شوند که به نوعی متفاوت محیط زیست را تهدید می کنند. با توجه به این که آلودگی هوا و آب ها آثار جبران ناپذیری در زندگی انسان ها داشته اند بیشتر تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است منابع به وجود آورنده این دو نوع آلودگی را بیشتر مورد بررسی قرار داده اند.

در دههٔ اخیر، روان آب‌های شهری به دلیل پیشرفت‌های چشمگیر در روند شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها، حاوی انواع آلاینده‌ها می‌باشند. آلاینده‌های هوا در هنگام بارش باران به سطح زمین منتقل شده و ضمن عبور از نواحی مختلف باعث آلودگی منابع زیست محیطی از جمله منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی، خاک و محصولات کشاورزی می‌گردد و نهایتاً وارد زنجیره غذایی گشته و موجبات مسمومیت گیاهان و جانوران را فراهم می‌آورد. صنعت نفت به ویژه عملیات پالایش از مواردی است که در ایجاد این آلودگی سهم زیادی دارد. در این میان عواملی چون افزایش کمی تصفیه نفت خام به علت رشد تقاضا و احداث پالایشگاه‌های بزرگ به ویژه در کنار شهرها و مناطق پرجمعیت به علت صرفه جویی در هزینه‌های حمل و نقل، سبب افزایش میزان آلودگی، از سوی این صنایع شده است. برای کنترل و یا حذف آلودگی می‌بایستی منشاء تشکیل دهنده آلودگی را شناسایی کرده و راهکارهای لازم برای رفع آنرا بیابیم.

## ۲- معرفی انواع آلاینده‌های زیست محیطی و تاثیرات آنها بر محیط

زیست:

الف) آلودگی هوا:

بسیاری از فرآیندهای طبیعی هم چون فوران آتشفشانی، باعث وارد شدن مقادیر زیادی خاکستر و گازهای سمی به هواکره می شود. طوفان‌های صحرایی، مقدار زیادی غبار در هوا پراکنده می کنند و مرداب‌ها نیز گازهای زیان‌آوری در هوا پخش می کنند. اما جالب توجه این است که در بیشتر موارد محیط زیست، خود این مواد را پیش از آنکه غلظت آن‌ها به



سطح خطرناکی برسد، رقیق می‌کند یا از جایی به جای دیگر انتقال می‌دهد. انسان‌ها نیز همواره محیط زیست خود را تغییر داده‌اند. با گسترش صنایع استفاده از زغال سنگ برای گرم‌کردن خانه‌ها و تولید برق در نیروگاه‌ها گسترش یافت و از این طریق افزون بر دوده و دود، گاز گوگردی اکسید ( $SO_2$ ) نیز به اندازه‌ای زیاد به هوا راه یافت. به طور کلی آلاینده‌های هوا را به دو دسته نوع اول و دوم تقسیم می‌کنند:

آلاینده‌های نوع اول آلاینده‌هایی اند که به شکل اولیه خود وارد هوا کرده می‌گردند. به عنوان مثال میتوان (کربن مونواکسید)  $CO$  که به طور طبیعی از آتش‌سوزی‌ها و یا از سوخت ناقص سوختها تولید می‌شود،  $CO_2$ ،  $NO_x$  و  $SO_2$  را نام برد. کربن دی‌اکسید ( $CO_2$ ) آلاینده‌ای است که مقدار تولید شده آن، چه در بین منابع طبیعی (تنفس و فساد بافت‌های گیاهی و جانوری فسیلی و...) و چه در تولید انسانی (سوزاندن سوخت و...) بیشتر از سایر آلاینده‌ها می‌باشد.

آلاینده‌های نوع دوم آلاینده‌هایی هستند که با یکی از اجزای هوا واکنش داده و محصول آلاینده جدیدی است که باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. برای مثال، گوگرد دی‌اکسید یک آلاینده نوع اول است و در هوا با اکسیژن که واکنش می‌دهد و گاز گوگرد تری اکسید را به وجود می‌آورد واکنش گوگرد تری اکسید با آب آن را به سولفوریک اسید تبدیل میکند سولفوریک اسید یک آلاینده نوع دوم به شمار می‌آید.

### ب) باران اسیدی:

اکسیدهای نافلزهایی مانند کربن، گوگرد و نیتروژن در صورت حل شدن در آب باران اسید تولید می‌کنند، به این علت به آن‌ها اکسیدهای اسیدی گفته می‌شود. گازهایی چون گوگرد دی‌اکسید و اکسیدهای نیتروژن گازهایی هستند که از هوا سنگین تر بوده و به سطح زمین می‌آیند. لذا کارخانجات برای دفع بیشتر آن‌ها از دودکش‌های بلند استفاده می‌کنند، که به خاطر همین امر، متأسفانه این گازها در ارتفاعات در قطره‌های آب باران حل میشوند و تولید باران اسیدی می‌کنند و به سطح زمین برمی‌گردند و باعث فرسایش و آسیب سنگ‌ها و دیگر مواد معدنی می‌شوند. باران اسیدی با اسیدی کردن آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها شرایط زندگی آبزیان را به خطر می‌اندازد، باعث فرسایش سنگ‌ها می‌شود و با بارش بر روی خاک حاصل خیز، مواد معدنی را در خود حل می‌کند و از حاصل خیزی خاک میکاهد.



### ۳- منابع آلودگی هوا:

بطور کلی منابع آلوده کننده هوا عبارتند از منابع طبیعی و منابع غیرطبیعی یا مصنوعی با توجه به تأثیرات مثبت فعل و انفعالات عناصر طبیعی در دراز مدت مانند طوفانها، گرد و غبار صحراها، دود و خاکسترهای آتش سوزیهای جنگلی، املاح موجود در جو، فعالیتهای آشفشانی، شهابهای آسمانی و منابع گیاهی و حیوانی، بعضی عقیده دارند که در کوتاه مدت، اینگونه منابع در اثر بر هم زدن تعادل ظاهری در محیط زیست، موجب آلودگی می شوند. بدان جهت اینگونه فعل و انفعالات طبیعی را در گروه آلاینده های طبیعی قرار می دهند.

در نقطه مقابل، منابع غیرطبیعی یا مصنوعیه دست انسان بوجود آمده و آلودگیهای ناشی از آن حاصل فعالیتهای آدمی است. از جمله وسایل نقلیه، صنایع، منابع تجاری و خانگی و... مطالعات و اندازه گیریهای انجام یافته بر روی غلظت آلاینده ها در نقاط مختلف شهرهای پرتراфик نشان داده است که در خیلی از موارد هوایی که تنفس می کنیم از نقطه نظر مونواکسید کربن و هیدروکربوهای نسوخته به مراتب از حد مجاز آلوده تر است. اگرچه صنعت و تکنولوژی، عامل رشد اقتصادی کشورها هستند ولی آلودگی هوا نیز ره آورد آنهاست. در صورت عدم وجود عناصر آلوده کننده درصد گازهای موجود در هوای پاک بصورت جدول زیر است که تأثیر عوامل آلوده کننده، می تواند ترکیب موجود را بر هم زده و با افزایش یا کاهش میزان نسبت گازها هوا را آلوده کند.

ازت	٪۷۸	هلیوم	۵ ppm
اکسیژن	٪۱۹	متان	۵,۱ ppm
بخار آب	٪۲	دی اکسیدازت	۰,۳ ppm
آرگون	٪۱	هیدروژن	۰,۲ ppm
دی اکسیدکربن	٪۰,۳	زنون	۰,۱ ppm
نئون	۱۸ ppm	ازن	۰,۰۲ ppm



در پالایشگاه‌های ساده، پالایشگاه‌هایی که در آنها عمل تقطیر، تبدیلات کاتالیستی، تصفیه با هیدروژن و تأسیسات خارج از محل وجود دارد، مقدار کل نفت مصرف شده که شامل سوخت مصرفی و نفت به هدررفته در عملیات تولیدی است نباید از  $\frac{5}{3}$  درصد مقدار محصول بیشتر شود. همچنین برای پالایشگاه‌هایی که دارای واحدهای تبدیلی ثانویه (Secondary Conversion Units) همچون هیدروکراکرها یا واحدهای تولید روانساز هستند، این مقدار نباید بیشتر از ۵-۶ درصد و در برخی موارد تا ۱۰ درصد محصول شود.

### ۴- عوامل آلودگی هوا

صحت از آلودگی هوا در حقیقت گفتگویی است درباره بسیاری مواد و ترکیبات که از منابع گوناگون و بخصوص ساخته دست انسان پدید آمده و اکولوژی شیمیایی اتمسفر را دگرگون نموده است این مواد بصورت جامد، مایع و گاز در هوا پراکنده می‌شوند. برای بررسی دقیق پدیده آلودگی هوا باید از مسیری که این مواد از ابتدا می‌پیماند تا بر محیط تأثیرات منفی خود را بگذارند، املاح کافی داشت. با این حال آلوده کننده‌های مهم هوا بدون در نظر گرفتن حالات خاص، عبارتند از **مونواکسید کربن - اکسیدهای گوگرد - اکسیدهای ازت - اکسید کننده‌های فتوشیمیایی - هیدروکربورها - ذرات معلق در هوا و مواد رادیو اکتیو.**

#### مونواکسید کربن:

گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه که قسمت اعظم آن از احتراق ناقص مواد کربن دار ایجاد می‌شود. منبع اصلی تولید مونواکسید در شهرها، وسایط نقلیه موتوری است. البته فعالیتهای صنعتی و احتراق ناقص سوخت در تأسیسات تجاری و دستگاههای حرارتی و سوختن زباله نیز در تولید این گاز سهمیم هستند ولی میزان تولید این گاز از طریق این منابع در درجات بعدی اهمیت قرار دارد.

میل ترکیبی هموگلوبین خون که عامل انتقال اکسیژن به بافتهای بدن است با مونواکسید کربن ۲۰۰ مرتبه بیشتر از میل ترکیبی آن با اکسیژن است در نتیجه وجود مقدار کمی از این گاز و ترکیب آن با هموگلوبین خون موجب ایجاد کربوکسی هموگلوبین، که یک ترکیب پایدار است می‌شود. این ترکیب از مقدار هموگلوبینی که اکسیژن را به بافتهای بدن می‌رساند می‌کاهد و همچنین از جداسدن اکسیژن و هموگلوبین از یکدیگر جلوگیری می‌کند. ضمناً مونواکسید کربن در خون، فشار نسبی گاز اکسیژن را کاهش می‌دهد و نیروی محرکه انتشار



در بافتهای بدن را کم می کند مجموعه این تغییرات ، موجبات ایجاد مسمومیتها و حساسیتهای زیادی از جمله تضعیف مرکز اعصاب و ایجاد مسمومیت ، عدم تشخیص زمان ، حساسیت به نور و کاهش قدرت بینایی ، کاهش قوه با صره و کنترل حرکات اختیاری را فراهم می آورد .

### اکسیدهای گوگرد :

از گروه اکسیدهای گوگرد ، ایندريد سولفور و ( $SO_2$ ) از نظر آلودگی هوا اهمیت بیشتری دارد.

منابع اصلی تولید این گاز ، فعالیت انسان ، سوختها و کانه های گوگرد دار می باشند . گاز اخیر در محیط مرطوب به سرعت در ذرات آب حل گردیده و تولید اسید سولفوریک می نماید که به نوبه خود ممکن است به تشکیل نمکهای سولفات از قبیل سولفات آمونیم بیانجامد . اسید سولفوریک چنانکه توسط باران در آنها وارد گردد حیات آبیانی را که در pH معینی قادر به ادامه زندگی هستند را به خطر می اندازد .

گاز ایندريد سولفور در غلظت های بسیار کم هم موجب ایجاد واکنشهایی در مغز می گردد. تنفس هوایی که حاوی مقادیر کمتر از یک واحد در میلیون (ppm) از این گاز باشد در مدت ده دقیقه موجب افزایش ضربان قلب و سرعت حرکات تنفسی می گردد و اگر غلظت آن اندکی بیشتر شود ظرفیت جاری تنفسی را کاهش می دهد و گلو و مجاری تنفسی را خشک می کند. در صورتیکه غلظت آن اندکی بیشتر شود ظرفیت مجاری تنفسی را کاهش می دهد و گلو و مجاری تنفسی کاملا خشک می شوند . آزمایش خون افرادی که تحت تأثیر گاز ایندريد سولفور قرار گرفته اند نشان می دهد که این گاز سنتز DNA (عامل وراثت) را مختل نموده و از رشد برخی از گلبولهای سفید خون جلوگیری می کند و در نتیجه به حالت دفاعی بدن آسیب وارد می سازد و گاهی نیز قادر است دگرگونیهای توارثی به بار آورده و نحوه وراثت را تغییر دهد.

### اکسیدهای ازت:

مهمترین اکسیدهای ازت آلوده کننده هوا، اکسید نیتريك ( $NO$ ) و دی اکسید ازت ( $NO_2$ ) می باشند که در واکنشهای فتوشیمیایی دخالت دارند . دی اکسید ازت موجود در جو در اثر جذب نور خورشید به اکسید نیتريك و اکسیژن اتمی تجزیه می شود. اکسیژن اتمی در ترکیب با مولکول اکسیژن ، گاز ازن ( $O_3$ ) را تشکیل می دهد . هر گاه در محیط هیدروکربور نسوخته وجود داشته باشد (به علت اکسیداسیون ناقص هیدروکربورها ، مقادیر اکسید کربن ، ترکیبات



آلی اکسیژن دار ، هیدروکربورهای اشباع نشده به اضافه هیدروکربورهای سوخته نشده وارد هوا می شود) می تواند اکسید نیتریک را از سیستم خارج سازد. در صورتی که هیدروکربورهای سوخته در محیط موجود نباشند اکسید نیتریک می تواند مجدداً روی ازن اثر نموده و مولکول اکسیژن و دی اکسید ازت تولید کند .

تشکیل مه در هوای سرد نزدیک زمین و ترکیب ذرات آن با اکسیدهای فتوشیمیایی حاصل از اکسیدهای ازت و نیز ایجاد پدیده وارونگی (اینورژن) ، دودمه خطرناکی را ایجاد می کنند که در آن ترکیبات آلودگیها غلیظتر شده و سوزش چشم ، سرفه ، آبریزش چشم ، خفگی ، سردرد ، خستگی شدید، کاهش مقاومت بدن در مقابل عفونتهاودر نتیجه افزایش درصد بیماری و مرگ و میر را به دنبال دارد.

### هیدروکربورها:

تولید ، ذخیره و پخش مواد نفتی ، فعالیتهای صنایع پتروشیمی ، استعمال حلالها ، سوزاندن ضایعات و زغال چوب و همچنین تبخیر و احتراق ناقص سوختها در موتور وسایط نقلیه ، همگی از عوامل موثر پخش هیدروکربورها در هوا می باشند. معادن زغال سنگ ، گاز طبیعی و نواحی نفت خیز نیز مقادیری از این گاز را در هوا پخش می کنند .

اثرات مفید هیدروکربورها بر انسان اغلب از طریق واکنشهای فتوشیمیایی که مواد ثانویهآلوده ساز تولید می کنند می باشد. در مورد اثرات مستقیم این ترکیبات می توان اثر تحریک کنندگی برخی نظیر آلونیدها را بر چشم و نیز خاصیت سرطان زایی ترکیباتی از قبیل بنزوپیرن را ذکر نمود.

سرب نیز یکی از عناصر خطرناک است از جمله اثرات سرب بر انسان می توان به موارد زیر اشاره کرد : در بانوان باردار، سرب از طریق هوا به بدن مادر راه یافته و از طریق جفت ، جنین را تحت تأثیر قرار می دهد . بر سیستم مرکزی اعصاب کودکان که در حال تکامل و رشد هستند تأثیر منفی می گذارد . در عملکرد سیستم اعصاب، تولید خون، عملکرد دستگاه گوارشی و کلیه ها اختلال ایجاد می کند و در نهایت از طریق زنجیره غذایی در گیاهان و جانوران تجمع یافته و در نهایت وارد بدن انسان شده و موجب آسیب رسیدن به روده ها می شود .

### ذرات معلق در هوا:



ذرات از منابع مختلف وارد هوا می شوند که احتراق مواد سوختی، ذوب فلزات، کارخانجات شیمیایی، عملیات خرد کردن و ساییدن و کارخانجات تولید مصالح ساختمانی از آنجمله اند.

مطالعات زیست محیطی نشان داده اند که ذرات معلق هوا در انتقال و ورود بسیاری از گازهای آلوده کننده به قسمتهای مختلف دستگاه تنفس نقش عمده ای دارند زیرا نفوذ آنها در مجاری تنفسی به تنهایی و بدون کمک ذرات امکان پذیر نیست.

#### مواد رادیو اکتیو:

بعد از جنگ جهانی دوم، استخراج کانه های مواد رادیو اکتیو طبیعی، انفجارهای اتمی، راکتورهای جدید و صنعت انرژی اتمی، مصرف مواد رادیو اکتیو در کشاورزی، صنعت، طب و سایر امور سبب آلودگی هوا با مواد رادیو اکتیو گردیده است. **استرنسیوم، سزیم، پد، اورانیوم، کربن، پلوتونیوم، فسفر، سدیم و کلسیم** نمونه هایی از این مواد رادیواکتیواند. سالانه مقداری رادیواکتیو نیز بطور طبیعی در اثر تشعشعات کیهانی، رادون و تورون موجود در هوا و غیره وجود می آیند که میزان و اثرات آنها در مقایسه با مواد رادیواکتیو ناشی از فعالیتهای انسانی بسیار ناچیز است.

مخفی ترین و وحشتناکترین منبع آلودگی محیط، مواد رادیو اکتیو هستند که اثرات جسمانی و ژنتیکی در کلیه موجودات زنده پدید می آورند زیرا هر نوع در معرض تشعشع قرار گرفتن با اثرات سویی به ویژه در ریه ها، چشمها، پوست و اعضا سازنده ترکیبات خون همراه بوده و به دلیل تکثیر ناسالم، اثرات نامطلوبی در اجتماع بر جای می گذارند. بارزترین نمونه این نوع آلودگی را می توان در بمباران اتمی ناکازاکی و هیروشیما ژاپن و حادثه نیروگاه اتمی چرنوبیل شوروی سابق مشاهده کرد با وجود اینکه از حادثه ژاپن پنجاه و هشت سال می گذرد باز هم مردم از اثرات آن رنج می برند و نوزادان ناقص الخلقه به دنیا می آیند.

#### (پ) آلودگی آب:

از نظر مقدار و حجم، ۹۷/۲ درصد از آبهای موجود در سیاره زمین در اقیانوسها و دریاها انباشته اند. حجم آبهای شیرین در جهان بسیار کم و فقط ۲/۸ درصد آنها است. از این میزان نیز، مقدار زیادی به شکل یخ در یخچالهای قطبی و کوهستانی (۲/۱۵ درصد) و آبهای زیرزمینی (۰/۶۲ درصد) قرار دارد و تنها ۰/۰۰۱ درصد از کل حجم آبهای جهان در دسترس انسان است. این میزان نیز در معرض آلودگی قرار دارند. آلودگی آب یکی دیگر از مسایل مهم و مورد





مطالعه شناخته می‌شود و منظور از آن افزایش غلظت مواد آلوده کننده و افزایش میزان حجم مقدار آب های خروجی (Effluent Water) و پسابهای صنعتی (Waste Water) خروجی از پالایشگاه است که وارد آب می‌شود. در پسابهای یک پالایشگاه همیشه نفت یافت می‌شود و احتمال نشت آن در محیط زیست همواره وجود دارد. مقادیر مجاز آلاینده های آبی به شرح زیر است:

۵ mg/l	روی
۰,۰۵ mg/l	سرب
۱ mg/l	مس
۰,۱ mg/l	نیکل
۰,۰۰۵ mg/l	کادمیوم

### ۵- منابع آلودگی آب ها

از جمله منابع و عوامل آلوده کننده آبها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:  
**ضایعات تقاضا کننده اکسیژن :**

این ضایعات مواد آلی هستند که بوسیله باکتریها اکسیده شده و به دی اکسید کربن و آب تبدیل شده اند. منابع تولید کننده این ضایعات مصارف محلی، صنعتی و کشاورزی می‌باشند که موجبات کمبود اکسیژن در آب را فراهم می‌کنند. این خصیصه به BOD معروف است. افزایش BOD نشانگر کاهش میزان اکسیژن در آب و در نتیجه تهدید حیات آبی و ایجاد اختلال در فتوسنتز در آب است.

#### عوامل چرک زا:

اصولاً می‌بایست در نظر داشت که در یک جامعه زنده، تعدادی از موجودات زنده می‌میرند و جسدشان به آب وارد گردیده و عوامل چرک زا را نیز با خود به آن وارد می‌کنند. به علاوه بیمارستانها نیز مقدار زیادی ضایعات تولیدی را به راههای آبی و سیستمهای آب زیرزمینی وارد می‌سازند. این مواد اکثراً مواد آلی بوده و توسط باکتریها تجزیه گردیده و به نیتراتها،



فسفات‌ها و دی اکسید کربن تبدیل می شوند و به این طریق حیات آبی را مورد تهدید قرار می دهند .

### مواد غذایی گیاهی :

فسفر و ازت و سایر عناصر تشکیل دهنده مواد غذایی گیاهان بتدریج با وارد شدن به سیستم آبهای شیرین، اوتروفیک‌ترین موجود را تسریع می کنند . اینگونه مواد معمولاً در آبهای زیر زمینی جمع می گردند. از آنجایی که آبهای زیر زمینی به آبهای سطحی می پیوندند ، آبهای سطحی آلوده شده و در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرند . وفور مواد غذایی در آبهای سطحی توازن فسفر و ازت را بهم زده و بر مقدار رشد گیاهی نیز تأثیر می گذارد. وقتی گیاهان می میرند بقایای آنها در ته جریانات آب قرار گرفته و تجزیه می شوند. بدینوسیله BOD محیط آبی بالا می رود .

### مواد شیمیایی آلی :

این مواد، موادی هستند که در ساختمان شیمیایی آنان یک یا دو اتم کربن وجود دارد. سمهای گیاهی ، پاک کننده ها شامل مواد آلی و هیدروکربن ها هستند که ورودشان به آب موجبات آلودگی را فراهم می آورد. سمهای گیاهی ، دسته ای از مواد معدنی هستند که کشنده آفت‌های گیاهی ، جلبکی و جوندگان می باشند .

### عناصر و ترکیبات معدنی:

هیدروکربن هایی مثل گازوئیل و روغن موتور که در آب غیر محلولند از طریق راههای حمل و نقل و پارکینگها پس از بارندگی وارد آب می شوند. در نتیجه از طریق ورود به چاهها و کانالهای فاضلاب مستقیماً وارد آبهای تحت الارضی و سیستمهای آبی شده و آلودگی شدیدی را ایجاد می کنند. علاوه بر هیدروکربن ها مواد دیگری مانند کرم ، جیوه ، نیکل ، سرب ، مس و کادمیوم نیز موجب آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می شوند تعدادی از این مواد سمی نیستند ولی در زنجیره غذایی جمع گردیده و در آنرا باقی می مانند ولی برخی مستقیماً موجب مسمومیت می شوند .

### رسوبات:

رسوبات در اثر باران ، آب سیلابها و آبیاری زمینها، شسته شده و حمل می گردند. منشاء اصلی آنان از مازاد مواد جنگلی ، چراگاههای تعلیف شده توسط چرای بی رویه دامها، پروژه



های جاده سازی و عملیات معدن کاوی می باشد. به علاوه مواد غذایی شده خاک، ذرات گیاه کش موجود بر روی خاکهای سطحی و سایر عناصر فرسایش یافته خاک که با رسوبات همراه هستند، علاوه بر اینکه شفافیت آب ها را کاهش می دهند نسبت واکنش فتوسنتز را پایین آورده و برانسی های ماهیان بالغ را پر می کنند و بدین طریق بر روی دستگاه تنفسی آنان اثر کرده و باعث خفگی شان می گردند .

### مواد رادیواکتیو :

همچنانکه در قبل اشاره گردید مواد رادیواکتیو در غلظتهای بسیار کم هم کشنده بوده و در کمترین زمان بالاترین مقدار آلودگی را ایجاد می کنند. بالاترین موارد آلودگی مواد رادیواکتیو از جانب آزمایشات اتمی ، کارخانجات تولید برق هسته ای، کارخانجات تهیه مواد اولیه اتمی ، آزمایشگاههای تحقیقات اتمی و بیمارستانهایی که از مواد رادیواکتیو بهره گیری می نمایند متوجه محیط زیست است. امروزه، توجه بشر در این مورد بر روی ید رادیواکتیو و استرانسیوم رادیواکتیو که در انتهای زنجیره غذایی جمع می گردد تمرکز یافته است .

### حرارت :

مهمترین عامل ایجاد آلودگی حرارتی آبها، کارخانه های تولید کننده انرژی الکتریکی بصورت حرارتی هستند که از آب به عنوان سرد کننده به مقدار بسیار زیاد استفاده می کنند. آب گرم شده به سیستمهای آبی وارد و باعث گرم شدن آبهای مسیرش می شود. زمانی این نوع آلودگی اثرات سوء را نشان می دهد که آب گرم شده به آبهای که مورد تصفیه دقیق قرار نگرفته اند وارد شود. پس از مدتی درجه حرارت آب تصفیه نشده افزایش یافته و در نتیجه قابلیت حل اکسیژن، کاهش می یابد. در دریاچهها ، اشکالات از این هم فزاینده و باعث بوجود آمدن دوران قطعی مواد غذایی و توزیع دوباره مواد غذایی می شود .

### هیدروکربورها و ترکیبات نفتی:

نفت خام کمپلکس پیچیده ای از مخلوط صد ها نوع ترکیبات مختلف که عمدتاً هیدروکربورها هستند ، مقادیر کمیاز عناصری مانند نیتروژن سولفور و فلزات سنگین مانند، نیکل و انادیم و ... میباشد. فرآورده های نفتی مانند انواع حلال های آبی ، محصولات پتروشیمی مانند انواع مواد پلیمری و اتیلنی ، قیر، روغن های صنعتی و... از جمله موادی هستند که از طریق بنادربارگیری و یا تخلیه می شوند. در کلیه این مراحل و یا ذخیره سازی ، مقادیر قابلتوجهی از این مواد به صورت زائدات در می آیند ، که نهایتاً به منابع آبهای ساحلی بصورت مستقیم و یا غیر مستقیم وارد شده و باعث آلودگی می گردند. حداکثر مقدار نفت در آب باید به  $30 \text{ ppm}$  -



۲۰ و در برخی مکانها حتی کمتر از ۵ppm کاهش یافته و علاوه بر آن غلظت مواد شیمیایی آنها نیز به سطح ایمن و بی خطر برسد. فاضلاب باید از مواد سمی یا مواد شیمیایی سرطانزا عاری و بنزن موجود در آب به حدود ۱۰ppm اوزنی تقلیل داده شود.

هیدروکربورهای آروماتیک دارای نقطه جوش پایینی هستند. بنزن، تولوئن و زایلن در گروه این ترکیبات قرار دارند که بر سلامت انسان بسیار تاثیر گذارند. این ترکیبات بیشتر از ترکیبات اشباع در آب محلول هستند. این ترکیبات در بدن موجودات دریایی وارد شده و چنانچه وارد زنجیره غذایی انسان گردند میتوانند در دراز مدت باعث بروز بیماری شوند. اگر غلظت مواد نفتی زیاد باشد منجر به مرگ موجودات دریایی می شود. ترکیبات هیدروکربنی اشباع با نقطه جوش بالا و آروماتیک هامتوانند اثرات فحیعی بر روی انواع گوناگون موجودات دریایی داشته باشند. این ترکیبات میتوانند در بدن موجودات دریایی تغلیظ شده و غلظت شان به چندین برابر برسد. نکته قابل توجه اینکه مقدار مجاز غلظت مواد شیمیایی در مناطق گوناگون متفاوت است و در برخی نقاط، مقررات ایجاب می کند که برای پسابهای صنعتی، دستگاه های تصفیه نصب شود. البته مواد شیمیایی این پسابها همیشه سمی نیست، ولی از آنجاییکه بیشتر آنها به سرعت اکسیده می شوند، اکسیژن آب را جذب کرده و سبب نابودی موجودات آبی شوند. نبودن اکسیژن در آب، اکسیده شدن پسابهای مواد آلی را که یک عمل طبیعی تصفیه آب است متوقف کرده و سبب تشدید واکنش های تخمیر کننده این مواد می شود. درجه حرارت پساب های خروجی پالایشگاه ها نیز بسیار مهم است زیرا بالا بودن آن، سبب مرگ ماهی ها و دیگر آبیان می شود. از سویی جدا کردن مواد نفتی از آب جزو ضروریات عملیاتی هر پالایشگاه است.

## ت) آلودگی خاک

هرگونه تغییر در ویژگی های اجزای تشکیل دهنده خاک به طوری که استفاده از آن ناممکن گردد آلودگی خاک نامیده می شود. خاک منبع درآمد و تولید و اساس جمیع تمدن مادی است حفظ خاک همانند حفظ آب و هوا ضروری می باشد. خاک درگذر زمان به قبرستان مواد زینببخش و دریافت کننده مواد زیان آور تبدیل شده است و توان خود پالائی آن به علت کم بودن مبادله ی آن کمتر از توان خود پالائی هوا و آب است. از طرفی به طور روز افزون بر اثر ایجاد ساختمان و راه و تاسیسات شهری و صنعتی مقدار زیادی از خاک از گردش طبیعی نیز از حوزه زراعتی خارج می گردد و تبدیل به خاک مرده می شود.



آلودگی خاک می‌تواند از طریق صنعت، از طریق زباله و فاضلاب‌های شهری و از طریق مواد مورد استعمال در کشاورزی اتفاق بیافتد.

در بخش صنعت، دود کارخانه‌ها و سوخت موتورها ابتدا به صورت گاز یا دود به هوا می‌رود و توسط باران و برف یا بر اثر نیروی گرانش سقوط می‌کند، وارد خاک می‌شود و موادی چون ترکیبات سربی - ترکیبات گوگردی آن را آلوده می‌کنند. همچنین فاضلاب‌ها و مواد زائد صنعتی که از کارخانه‌ها بیرون می‌روند چون کارخانه‌های سازنده مواد پلاستیکی و مواد غذایی، کارخانه‌هایی که با ترکیبات سربی و مسی سروکار دارند و یا فاضلاب‌هایی که از پالایشگاه‌های تصفیه نفت حاصل می‌شوند، با ورود به زمین سبب آلودگی خاک می‌گردند.

اما در بخش کشاورزی، مصرف بی‌رویه و نامناسب کود شیمیایی، استعمال حشره‌کش‌ها و سموم دفع‌آفات (دواها) در بسیاری از موارد سلامت خاک را به خطر می‌اندازند و این مواد در زمین باقی می‌مانند و با تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، محیط را آلوده می‌کنند. همچنین بسیاری از سموم دفع‌آفات و امراض گیاهی و همچنین علف‌کش‌ها و مواد شیمیایی که برای از بین بردن آفات و امراض و علف‌های هرز به کار می‌روند، پس از آن که بر روی گیاه پاشیده می‌شوند، وارد خاک شده و مدت‌ها اثر مسموم‌کننده دارند. از این رو اغلب بازماندگی‌های آنها در خاک موجب آلودگی خاک می‌گردد. دولت‌ها می‌توانند با تدوین دستورالعمل‌ها در مورد حفظ خاک از خارج شدن از بهره‌برداری کشاورزان و یا محدود شدن بهره‌برداری از زمین و کنترل بهره‌برداری موثر از زمین و جلوگیری از آلودگی آن به روشهای عملی و کارشناسی اقدام کنند.

### ۶- ارایه راهکارهایی در جهت حذف آلاینده‌ها و روشهای جلوگیری

#### از ایجاد آلودگی در بعضی از موارد:

امروزه مشکلات ناشی از آلاینده‌های زیست‌محیطی که از منابع مختلف در هوا منتشر می‌شوند، به یک نگرانی عمومی در جوامع تبدیل شده است. حفاظت از جوامع شهری و روستایی در برابر آلاینده‌های زیست‌محیطی مستلزم انجام تحقیقاتی برای شناخت انواع آلاینده‌ها، منابع تولید آنها و همچنین در نظر گرفتن راهکارهای مناسبی برای کنترل و مهار آلودگی‌ها در محیط است. با توجه به این که رفع آلودگی‌های محیط زیست که می‌تواند پیامدهای نامطلوبی را در زندگی انسان‌ها و دیگر موجودات زنده ساکن این کره خاکی به همراه داشته باشد، نیازمند تعلیم و آموزش نیروهای متخصص در این زمینه است، بنابراین انجام تحقیقات



پژوهشی که بتواند به روش های جدید و موثر برای مبارزه با آلودگی در محیط زیست دست یابد از اهمیت و ضرورت بسیار زیادی برخوردار است و به همین علت تاکنون مطالعات بسیاری در این زمینه از سوی محققان کشور انجام شده که اجرایی شدن آن می تواند نقش مهمی در **سنجش، شناخت، کنترل و کاهش** آلاینده هایی مانند آلودگی های نفتی، شیمیایی و میکروبی و همچنین بررسی اثرات مخرب آن بر محیط زیست داشته باشد.

انتشار ترکیبات آلی فرار **VOCs** از واحدهای فرآیندی می تواند به ۰/۵ درصد میزان محصول و کل انتشارات **VOC** کمتر از ۱ کیلوگرم در هر تن نفت خام یا ۱/۰ درصد میزان محصول کاهش یابد. روشهای مورد استفاده در تخمین این اعداد شامل **Emissions monitoring** (دیده بانی انتشار آلاینده ها)، **Mass Balance** (نوسان حجمی) و

**Inventories of Emission Sources** (شناسایی منابع انتشار) است.

سیستم های بازیافت بخار برای کنترل خروج **VOCs** از تانک های ذخیره کننده و محل های بارگیری، باید ۹۰ تا ۱۰۰ درصد بازیافت داشته باشند. سوخت هایی که دارای گوگرد بالا هستند باید به واحدهای مجهز به کنترل کننده **SOX** برده شوند. راه دیگر، مخلوط کردن سوخت ها (**Fuel Blending**) است. در صورتی که غلظت سولفید هیدروژن در گازهای انتهایی به بیش از  $230 \text{ mg/Nm}^3$  برسد باید از یک سیستم بازیافت گوگرد که حداقل ۹۷ درصد گوگرد (ترجیحاً بیش از ۹۹ درصد) را بازیافت می کند، استفاده کرد. مقدار کل انتشار اکسید گوگرد در یک پالایشگاه هیدرواسکیمینگ (**Hydro Skimming Refinery**)، دارای برجهای تقطیر اتمسفریک و تحت خلاء واحدهای رفرمینگ و فرآیند تقطیر، باید کمتر از ۵/۰ و برای یک پالایشگاه تبدیلی، کمتر از ۱ کیلوگرم در هر تن باشد.

- **کنترل انتشار آلاینده ها**
- از جمله راههای کنترل انتشار آلاینده ها به هوا شامل می توان به موارد زیر اشاره کرد:
  - حداقل رساندن نشت از تانک های ذخیره کننده و مسیرهای حمل فرآورده توسط روش هایی چون استفاده از سیستم های بازیافت بخار و نصب دو سیستم آب بندی (**Double seals**)
  - به حداقل رساندن انتشار اسید گوگرد توسط گوگرد زدایی سوخت ها تا حد ممکن
  - استفاده از کنترل کننده های انتشار اکسید گوگرد در واحدهایی با سوخت های گوگرد بالا



- همچنین بازیافت گوگرد از گازهای انتهایی (Tale Gasses) در واحدهای باز یافت گوگرد با کارایی بالا،
- بازیافت کاتالیزورهایی با پایه بدون سیلیکا و کاهش انتشار ذرات ریز
- استفاده از کوره های با اکسید نیتروژن پایین برای کاهش انتشار این گاز
- جلوگیری و محدود کردن انتشار ترکیبات فرار (VOCs) با طراحی صحیح فرآیند
- تعمیر و نگهداری مناسب
- استفاده از حداقل سوخت

در صورتی که در سیستم های کنترل آلودگی از طراحی مناسب، عملکرد و تعمیر و نگهداری خوب استفاده شود سطوح حداکثر مجاز انتشار آلاینده ها به طور کامل، قابل دستیابی خواهد بود. تمام سطوح حداکثری باید حداقل برای ۹۵ درصد مواقعی که واحد صنعتی در حال فعالیت است به دست آیند تا به عنوان قسمتی از ساعات عملکرد سالیانه مورد محاسبه قرار گیرند.

پالایشگاه هایی که در کنار سواحل هستند گذشته از پساب های تولیدی خود آبهای آلوده نفتکش های اقیانوس پیما را نیز از طریق آب مصرفی از دریا دریافت می کنند، بنابراین نفتکش های دریایی مجاز نیستند که آب مخزن های خود را در دریا تخلیه کنند. امروزه برای تصفیه آب های آلوده امکانات فنی گسترده ای در دست است چنانکه می توان آب های به دست آمده از صنایع را به صورتی تصفیه کرد که مستقیماً مورد استفاده شهری قرار گیرند. از دیگر راهبرد های حذف آلاینده ها می توان به استفاده از نانو ذرات اشاره کرد که امروزه مورد توجه بسیاری از مهندسين محیط زیست و همچنین مهندسين شیمی واقع شده است.

### کاربرد نانو کاتالیست ها:

مونواکسید کربن گازی بی رنگ، بی بو و بی مزه است که از احتراق ناقص مواد سوختنی حاوی کربن به وجود می آید و وسایل نقلیه موتوری، منبع اصلی تولید کننده این گاز در شهرها هستند.

مواد کاتالیتیکی از قدیمی ترین مواد نانو ساختاری هستند و امروزه کاربرد کاتالیست ها در حوزه های گوناگونی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهم ترین کاربردهای کاتالیست ها، استفاده از آنها در حذف آلاینده های زیست محیطی و صنعتی است که کاربرد موثر این گروه از مواد در فرآیندهای کاتالیستی به نوع ماده کاتالیستی مورد استفاده بستگی دارد. فعالیت،



گزینش پذیری و پایداری کاتالیست، مجموعه عواملی هستند که در انتخاب کاتالیست ها نقش بسیار مهمی دارند.

بیشتر کاتالیزورهای ناهمگن، کاتالیزورهای جامدی هستند که در نتیجه تماس با واکنش دهنده مایع یا گازی، تغییراتی در آنها ایجاد می شود. کاتالیستهای پیشرفته امروزی به صورت مواد کریستالی متشکل از منافذی در ابعاد نانو طراحی می شوند. با کنترل دقیق اندازه کریستال ها، مساحت سطوح، مواد تشکیل دهنده و همچنین ساختار و اندازه منافذ می توان فعالیت، گزینش پذیری و پایداری این کاتالیست ها را برای انجام واکنش های گوناگون موثر ساخت. گزینش پذیری مواد، یکی از مهم ترین خواص و ویژگی های کاتالیست هاست. به عبارت دیگر، کاتالیست ها باید بتوانند از میان صدها واکنشی که ممکن است انجام شود، واکنش مورد نظر را تسریع کنند.

گاز منواکسید کربن که پیش از این درباره آن توضیحاتی داده شد، یکی از مهم ترین گازهای آلاینده هوا در شهرها و محیط های صنعتی است. موثرترین روش حذف این گاز، اکسیداسیون کاتالیستی آن به گاز بی اثر دی اکسید کربن است. یک نمونه قدیمی از کاتالیزورها، پلاتین است که به طور مثال، از آن در سیستم اگزوماشین استفاده می شود. پلاتین به واکنش های تبدیل گاز سمی مونوکسید کربن و اکسید نیتروژن به دو گاز سمی دی اکسید کربن و نیتروژن کمک می کند. هر چند کاتالیزورهای قدیمی هنوز هم کارایی دارند، ولی با پیشرفت علم نانو، کاتالیزورهای کارآمدتری در صنایع نفت و گاز ایجاد شده است. هر چه سطح کاتالیزورها بزرگ تر باشد، کارایی آنها نیز بیشتر است؛ چون در یک زمان با مولکول های بیشتری واکنش می دهند. تا چند سال اخیر، دانشمندان به ابزارهای لازم برای تولید و استفاده از نانوذرات مجهز نبودند؛ اما امروزه پژوهشگران، کاتالیزورهای متشکل از نانوذرات را با شناخت بهتری از چگونگی عملکرد آنها طراحی می کنند.

یکی از کاتالیست هایی که با توجه به خاصیت انتخاب پذیری مناسب و فعالیت مطلوب برای حذف گاز مونواکسید کربن به تازگی مطرح شده، **نانو ذرات طلا** است. مهم ترین ویژگی نانو ذرات، بالا بودن نسبت سطح به حجم در این گروه از مواد و ذرات است. با استفاده از این خاصیت می توان کاتالیزورهای قدرتمندی در ابعاد نانو تولید کرد که می توانند عملکرد واکنش های شیمیایی را به میزان قابل توجهی افزایش دهند و از تولید مواد زائد در واکنش های جلوگیری کنند.





تغییر خواص فیزیکی مواد با آرایش اتمی، اندازه جامد و ترکیب شیمیایی آنها ارتباط مستقیم دارد. نانو ذرات طلا از محلول حاصل از اسیدشویی که در مرحله نهایی طلاسازی به دست آمده تولید می شود و امروزه از این ذرات در وسایل نوری، الکترونیک، بیوشیمی و همچنین در زمینه بیوتکنولوژی استفاده می شود.

ویژگی مهم کاتالیست های با پایه طلا، اکسیداسیون مونواکسید کربن در دماهای پایین است. عوامل زیادی فعالیت کاتالیست ها را تحت تأثیر قرار می دهند که از میان آنها می توان به اندازه نانوذرات طلا، خصوصیات پایه، روش های آماده سازی و شرایط پیش از عملیات اشاره کرد که مهم ترین عامل تأثیرگذار از این بین، اندازه ذرات طلاست.

خصوصیات پایه یکی از عوامل تعیین کننده میزان فعالیت کاتالیست هاست، موارد گوناگونی به عنوان پایه نانو ذرات طلا مورد استفاده قرار می گیرند. اکسید تیتانیوم و اکسید آهن از پایه های فعال و هیدرواکسید منیزم، اکسید آلومینیوم و سیلیکا، فیبرهای کربن فعال و زئولیت (مواد معدنی حاوی سیلیکات) از پایه های خنثی هستند که در ساخت نانوذرات طلا استفاده می شوند.

ویژگی متمایز زئولیت ها در مقایسه با دیگر موادی که به عنوان پایه مورد استفاده قرار می گیرند این است که این نوع پایه خنثی به دلیل داشتن مساحت سطح بالا از توانایی چشمگیر و قابل توجهی در تبادل یونی و پایدار کردن ذرات کوچک طلا از طریق تثبیت آنها در سایت های کوچک ساختار زئولیت برخوردار است و در این طرح تحقیقاتی نیز از انواع مختلف کاتالیست زئولیت برای اکسیداسیون مونواکسید کربن استفاده شده است.

نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت کاتالیست ها نشان می دهد که وجود یون سدیم سبب می شود نانو ذرات طلا با اندازه ای بهینه و مناسب روی سطوح و همچنین درون منافذ ساختاری زئولیت ها تشکیل شوند. در صورتی که مقدار سدیم مناسب باشد کاتالیست مورد نظر بدون انجام هیچ گونه مرحله ای فعال شده و تنها افزایش دما سبب خواهد شد فعالیت کاتالیست تا حدودی کاهش یابد. برای فعال سازی کاتالیست های نانو ذرات طلا بر بعضی مواد پایه از جریان هیدروژن در دمای بالا به عنوان پیش عملیات استفاده می شود که می تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد اجرای طرح برای کاهش آلودگی ناشی از انتشار گاز مونواکسید کربن در محیط داشته باشد.

هوا:

CO<sub>2</sub>

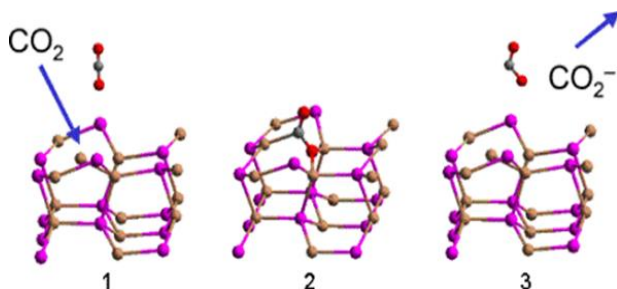
کاهش



یکی از مشکلات جهان امروز، افزایش میزان دی‌اکسید کربن در هواست. اگر بتوانیم روشی

مؤثر و کارآمد در کاهش و پالایش گازهای خروجی دودکش‌ها بیاپیم کمک بزرگی به رفع این مشکل کرده‌ایم. در این زمینه، نانوفناوری می‌تواند روش‌های موثر و ارزان تری در مقایسه با روش‌های فعلی ارائه نماید.

پوهشگران در پژوهشگاه ملی اوک ریج، نانوکریستالی از کادمیم، سلنیم و ایندیم طراحی کرده‌اند که وقتی دی‌اکسید کربن روی این نانوکریستال می‌نشیند، نانوکریستال یک الکترون به دی‌اکسید کربن می‌دهد، و این الکترون اضافی سبب می‌شود، دی‌اکسید کربن با دیگر مولکول‌های موجود در دودکش واکنش دهد، و به گازی با خطر کمتر تبدیل شود. در واقع؛ این نانوکریستال یک کاتالیزور است. اگر هزینه تولید فیلترهای حاوی این نانو کریستال‌ها کمتر شود، می‌توان آن‌ها را به صورت فراگیر به کار برد.



### جلوگیری از انتشار بخارات سمی جیوه:

از دیگر چالش‌هایی که پژوهشگران امیدوارند بتوانند با نانوکریستال‌ها از پس آن برآیند، بخار جیوه است. نیروگاه‌های برق زغال سنگی، بخار جیوه منتشر می‌کنند. یکی از روش‌های جلوگیری از انتشار آن، استفاده از نانوکریستال‌های اکسید تیتانیوم در زیر تابش پرتو فرابنفش است، که باعث تبدیل بخار جیوه به اکسید جیوه که ماده‌ای جامد است خواهد شد.

### کاربرد نانوکاتالیست‌ها در تصفیه آب:

از نانومواد کاتالیستی در صنایع تصفیه آب هم استفاده زیادی می‌شود. دانشگاه رایس و جورجیا تک، در طرحی مشترک روش کارآمدی برای حذف تری‌کلرواتیلن از آب ارائه کرده‌اند.



لذا، انجام پروژه‌های تحقیقاتی و کاربردی در راستای کنترل این ترکیبات، به‌عنوان یکی از اولویت‌های مهم بهداشتی و زیست‌محیطی این صنعت مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. براساس اصلاحات قانون هوای پاک ۱۹۹۰ سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA)، **اکریلونیتریل و استایرن** در لیست ۱۸۹ آلاینده خطرناک هوا قرار داشته و در تقسیم‌بندی سازمان جهانی بهداشت (WHO) نیز، اکریلونیتریل در لیست A۲ و استایرن در لیست B۲ قرار دارند. بایستی عنوان شود که آلاینده‌های موجود در هر دو لیست دارای اثرات سرطان‌زایی برای انسان می‌باشند. در این راستا و با توجه به اهمیت موضوع، تصفیه همزمان آلاینده‌های فرار موجود در پساب و بخارات خروجی از واحد ABS صنایع پتروشیمی با استفاده از راکتور بیولوژیکی هیبریدی به انجام رسید. در این کار تحقیقاتی، از یک راکتور بیولوژیکی هیبریدی در مقیاس آزمایشگاهی به‌منظور حذف همزمان اکریلونیتریل و استایرن از پساب و جریان گاز استفاده کرده‌اند. لازم به‌ذکر است که حذف همزمان این دو آلاینده از پساب و جریان گاز با استفاده از فرآیندهای بیولوژیکی مهم‌ترین جنبه نوآوری این تحقیق به‌شمار می‌رود. علاوه بر این تعیین ضرایب سینتیکی و ارائه مدل‌های ریاضی مبتنی بر آزمون‌های تصفیه بیولوژیکی در راکتور مورد استفاده، ویژگی‌های نوآوری دیگر این تحقیق به‌شمار می‌رود. گفتنی است در تحقیقات انجام شده در زمینه حذف VOCs از جریان‌های آلوده، انواع فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است. در این میان فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی متداول مورد استفاده از جمله **فرار نمودن آلاینده‌ها از پساب، شستشوی آلاینده‌ها از فاز گاز و جذب**، باعث انتقال آلاینده‌های فرار از یک محیط به محیط دیگر شده و حذف نهایی این آلاینده‌ها از محیط جدید مستلزم استفاده از سامانه تصفیه بعدی خواهد بود. به‌علاوه، برخی از روش‌های تصفیه دیگر از جمله روش اکسیداسیون حرارتی علاوه بر نیاز به هزینه‌های بالا، تولید جریان‌های آلوده ثانوی و گازهای گلخانه‌ای را به دنبال خواهد داشت. لذا، با توجه به معایب ذکر شده و دیگر مشکلات موجود سامانه‌های متداول، استفاده از فناوری‌های نوین، کم‌هزینه و سازگار با محیط‌زیست به منظور تصفیه VOCs اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در کار تحقیقاتی اخیر، یک بیوراکتور رشد چسبیده مورد استفاده قرار گرفته است. تجمع و ماندگاری توده بیولوژیکی در سامانه مورد نظر، اندازه کوچکتر راکتور، راهبری آسان و انعطاف‌پذیری بیشتر، این سامانه را به گزینه‌ای مناسب برای کاربردهای صنعتی تبدیل نموده است.



از مزایای دیگر این سامانه جدید می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اقتصادی بودن در مقایسه با فناوری‌های متداول موجود
- حذف آلاینده‌های فاز مایع و گاز در یک مرحله
- حذف ترکیبات سمی از طریق تجزیه بیولوژیکی
- قابل استفاده به‌منظور حذف گستره وسیعی از آلاینده‌ها
- عدم ایجاد گازها و جریان‌های آلوده در خروجی سامانه
- سهولت کاربرد در مقیاس واقعی و راهبری آسان
- مصرف انرژی و تولید لجن دفعی کمتر
- امکان کاربرد در فضاهای کوچکتر به‌دلیل فشرده بودن ساختار سامانه

به‌طور کلی، براساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که سامانه بیولوژیکی رشد چسبیده هوازی مورد مطالعه دارای قابلیت بسیار مناسبی در حذف ترکیبات آلی موجود در پساب‌های صنعتی می‌باشد. این سامانه قادر است ترکیبات سخت تجزیه‌پذیر از نظر بیولوژیکی از جمله اکریلونیتریل و استایرن را در محدوده غلظت‌های اعمال شده از طریق تجزیه بیولوژیکی حذف نماید. همچنین، حذف همزمان اکریلونیتریل از جریان پساب و گاز در این سامانه امکان‌پذیر بوده و تحت شرایطی، استایرن را نیز می‌توان با غلظت معین از فاز گازی به سامانه اعمال نمود.

(مقاله)



PERGAMON

Chemical Engineering Science 54 (1999) 1959–1973

Chemical  
Engineering Science

### Environmentally friendly processes

Carmo J. Pereira\*

*DuPont Engineering, Wilmington, DE 19898, USA*



مسائل زیست محیطی آگاهی عمومی از مسائل محیط زیستی را افزایش داده اند و آنها را به سمت تنظیم الزامات سوق داده است. هم‌منطور که انتظار می رود تاثیر قوانین بر هزینه های تولید در تعیین رقابت های بین المللی صنایع شیمیایی مسئله مهمی شده است. در پاسخ به فشار هزینه ، صنعت، تعدادی از ابتکارات با هدف بهبود بهره وری و کاهش اثرات زیست محیطی راه اندازی کرده است.

برخی از این داستان های موفقیت آمیز زیست محیطی توجه ملی را افزایش داده برای مثال می توان به برنامه هایی مانند ( Presidential Green Chemistry Challenge Awards Program ) اشاره کرد. علاوه بر معیارهای سنتی ارزیابی عملکرد فرآیند، از جمله بهره وری، ملاحظات زیست محیطی به طور فزاینده در فرایند توسعه پر اهمیت اند. فرایندهای شیمیایی از طریق تکامل مراحل چرخه زندگی، با تحقیق آغاز، و سپس به سمت مراحل فرایند مهندسی، عملیات پلنت، و در نهایت انهدام در حرکت اند. تعدادی گزینه های تکنولوژی در دسترس برای کاهش اثرات زیست محیطی در ابتدای چرخه زندگی در بالاترین نقطه اند و پس از آن به شدت کاهش می یابند. در مقابل، هزینه های مرتبط با حل و فصل یک مشکل زیست محیطی معمولاً به طور نمایی با رشد فرایند و بزرگتر شدن مقیاس تجهیزات افزایش می یابد. بنابراین، انگیزه قابل توجهی برای رسیدگی و حل و فصل مسائل زیست محیطی در مراحل اولیه life cycle وجود دارد. واکنشهای شیمیایی مربوط به تولید محصولات با ارزش افزوده ، در اکثر موارد، به جهت تولید محصولات جانبی و مواد آلاینده نیز مسئول اند. روش های جدید شیمیایی و بیوشیمیایی مفاهیم جدیدی از واکنش ها ارائه داده اند. همانطور که در توسعه فرایندهای سنتی شیمیایی و پتروشیمی، مهندسی واکنش، بطور گسترده به عنوان زمینه ای که جنبه های مهندسی سیستم های شیمیایی فعال را به جهت کمی بررسی میکند، تعریف شده است، تهیه ابزارهای قادر به افزایش سرعت توسعه فرآیندهای سازگار با محیط زیست را ممکن می سازد. روش های مهندسی واکنش هسته (core reaction) هستند که برای مدل سازی جنبشی، انتخاب راکتور، افزایش مقیاس (scale up)، و طراحی مورد استفاده قرار می گیرند. ضمناً، مرزهای پژوهش ابزارهای جدید مهندسی واکنش را، به وسیله شیمی محاسباتی برای بررسی ماهیت سایت های کاتالیزوری فعال در مدل سازی دینامیک محاسباتی سیال برای طراحی داخلی سیستم های جداسازی واکنش تهیه می کنند.

هدف بلند مدت توسعه فرآیندهایی با مصرف ۱۰٪ی مواد اولیه یا با عدم تولید زباله است. استراتژی کوتاه مدت برای کنترل تولید گازهای گلخانه‌ای تاسیس برنامه‌های پیشگیری از آلودگی و نصب تکنولوژی‌های *cost-effective end-of-pipe* است. این تکنولوژی‌ها معمولاً تولید گازهای آلاینده هوای طبقات عمومی را کنترل می‌کنند مثل مونوکسید کربن، ترکیبات آلی فرار (VOCs)، اکسیدهای نیتروژن (NOx) و اکسیدهای گوگرد (SOx). فن آوری‌های تصفیه فاضلاب نیز در دسترس هستند. با گذشت زمان، انتظار می‌رود نقطه تمرکز تغییر کند و فرهنگی یکپارچه که مسائل زیست محیطی و امنیتی را در کنار هم دارد داشته باشیم. مقاله حاضر به بحث در مورد نقش مهندسی واکنش در توسعه فرآیندهای محیط زیست می‌پردازد. بنا به تجربه نویسنده، نمونه‌هایی از فرآیندها انتخاب شده، که مزایای مهندسی واکنش را ارائه داده است.

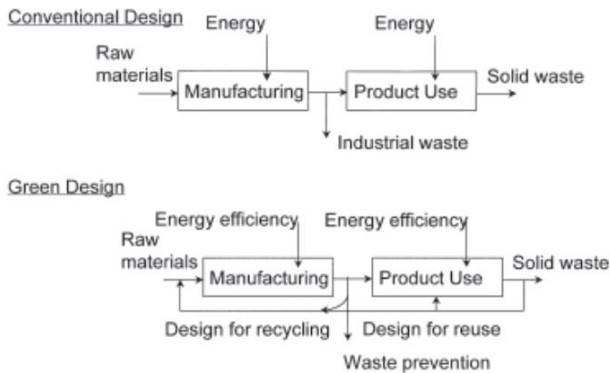


Fig. 2. Life cycle framework for clean manufacturing technology and green design (Office of Technology Assessment, 1992).

تفاوت روند تولید مواد در طراحی سبز و طراحی به روش سنتی را در شکل بالا می‌توان ملاحظه کرد. همانطور که در شکل نیز پیداست در طراحی سبز سعی بر آن است تا ضایعات کمتری تولید شده و تا جای ممکن از محصولات جانبی در سایر فرایندها استفاده شود.

از نقطه نظر زیست محیطی، یک فرآیند ممکن است تعدادی از ویژگی‌های مطلوب (جدول ۲) را دارا باشد. واضح است که فرآیند با استفاده اتمی بالاتر و یا انتخاب پذیری بالاتر محصول



بسیار مطلوب است. فراتر از تاثیر آشکار بر تولید، میزان تبدیل بر هزینه های تصفیه و بازیافت محصول تاثیر می گذارد. توانایی کاهش یا حذف استفاده از مواد خام یا حلال خطرناک یک مزیت بوده و بازده بالاتر انرژی با بهبود جمع آوری حرارت و معرفی مفاهیم فرایندی جدید و مبتکرانه مطلوب ماست. علاقه زیادی در مبحث پیدا کردن کاربردهای جدید برای محصولات جانبی و همچنین در زمینه فرآیندهای در حال توسعه ای که محصولات را به محصولات مفید تبدیل میکنند وجود دارد. روندی دور از تولید، حمل و نقل و ذخیره سازی در مقیاس بزرگ و نیز حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک وجود دارد.

**Table 2**  
**Some environmental process objectives**

---

Higher product selectivity
High conversion
Improved energy efficiency
Use of benign solvents
Raw materials substitution
Conversion of hazardous products to less hazardous products prior to shipment
On-site production of hazardous materials
Conversion of by-products to products
Lower secondary emissions
Low aqueous waste

---

در برخی موارد، کنترل یکی از آلوده کننده ها می تواند منجر به مشکل انتشار ثانویه شود ( به عنوان مثال، تشکیل محصولات کلر سمی در طول اکسیداسیون کاتالیزوری از هیدروکربن های هالوژنه). چنین تولید ثانویه گازهای گلخانه ای را باید کاهش داد و یا حذف کرد.





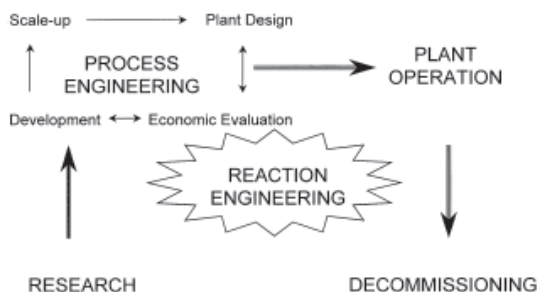


Fig. 3. Schematic of life cycle phases of a typical chemical process (adapted from Bollinger et al., 1996).

### Research

در بسیاری از موارد، سایت فعال کاتالیزوری، مسئول ساخت محصول و همچنین تولید نامطلوب محصولات جانبی و آلاینده‌ها اند. علاوه بر کاهش بهره‌وری مواد خام، این مواد نامطلوب باید جداسازی شده و دور انداخته شوند. کشف پژوهش با هدف شناسایی ۱۰۰٪ سایت فعال انتخابی در صنعت و در دانشگاه‌ها در حال انجام است. به عنوان مثال، یک کاتالیزور که باعث کاهش گزینش‌پذیری محصول جانبی و آلاینده  $CCL_4$  در تولید فسژن شده است به تازگی کشف شده است. کاتالیزور جدید سطح  $CCL_4$  را به زیر ۵۰ ppm کاهش می‌دهد و فسژن بیشتری تولید می‌کند. درک دقیق از مکانیسم سرعت واکنش برای شناسایی شرایط عملیاتی که تولید محصولات جانبی را به حداقل می‌رساند. کاتالیزورهای جدید در حال توسعه، بسیار مفید است. در اکسیداسیون جزئی متان به فرمالدئید، تجزیه و تحلیل ماکرو سینتیکی نشان داده است که فرمالین و دی‌اکسید کربن محصولات اولیه کاتالیزور  $MoO_3/SiO_2$  اند. در مقابل، فرمالدئید محصول اولیه کاتالیزور  $V_2O_5/SiO_2$  است.

### Process Engineering

مهندسی فاز (phase engineering)، فرصتی برای ارزیابی جنبه‌های طراحی فرآیند جدید فراهم می‌کند. اهداف فنی شامل جزئیات کمی از محصولات واکنش، مدل‌سازی راکتور و توسعه معیارهای scale-up، ارزیابی دوام و فرآیند سنتز است. واضح است که اولین قدم بررسی طراحی راکتور و شرایط عملیاتی است که گزینش‌پذیری محصول جانبی را کاهش می‌



دهد. تجزیه و تحلیل نظری شرایطی که ضایعات واکنش های سری و موازی را به حد اقل می رساند در دسترس هستند.

## Plant Operation

در این مرحله، ماهیت و انتشار آلاینده ها شناخته می شوند. پیروی از مقررات و مسائل مربوط به هزینه اغلب انتخاب تکنولوژی و زمان بندی اجرا را به همراه دارد. روش های پیشگیری از آلودگی می تواند به طور موثر برای به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه ای استفاده می شود. روش های واضح عبارتند از اصلاحات ساده فرایند، تغییر فرمول محصول، جایگزینی مواد اولیه و بازیافت است. هر یک از واحد عملیاتی در فرآیند را می توان از نقطه نظر کاهش آلودگی مورد بررسی قرار داد. روش منطقی برای پیشگیری از آلودگی، که شامل انتخاب جریان زباله (waste stream)، تولید ایده برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای، و اجرای مقرون به صرفه ترین تغییرات است به تازگی مورد بحث قرار گرفته است.

## Decommissioning and disposal

از بین بردن و مدیریت ایمن تجهیزات طرح توسط Bollinger توضیح داده شده است. موادی هم وجود دارند که از زمانی به زمانی، در طول عملیات پلنت بایستی از بین بروند. مثلا از بین بردن کاتالیست استفاده شده یک مسئله مهم در پلنت های شیمیایی و نیروگاههاست. کاتالیزر های مصرف شده فلزات نابل، به طور معمول به خاطر ارزش فلز احیا می شوند. کاتالیست های مصرف شده هایدروتريتينگ، ۵ درصد وزنی NiO یا CoO و ۱۵ درصد وزنی MoO<sub>3</sub> دارند. این دسته از کاتالیست ها، می توانند احیا شده و فلزات با ارزش، مثل کبالت، مولیبدن، نیکل، وانادیم و حتی آلومینا را مجددا به دست دهند.

## منابع و ماخذ

۱. B. Arstad, S.K., *Hydrocarbon pool mechanism*. J. Am. Chem. Soc, ۲۰۰۱. ۱۲۳: p. ۸۱۳۷.
۲. T. Mole, J.A.W., D.J. Seddon, *Hydrocarbon pool Mechanism*. J. Catal, ۱۹: ۸۲. ۸۳p. ۲۶۱.



۳. W. Von, E.D., M. Saunders, H.G. Boyton, H.W. Earhart, E.F.Wadley, W.R. Edwards, G. Laber, *The study of methanolto- olefin over proton type aluminosilicateCHA zeolites*. *Microporous and Mesoporous Materials*, ۱۹۵۸: p. ۱۷۸.
۴. W. Song, J.B.N., A. Sassi, J.F., Haw, *The effect of Si/Al ratio of ZSM-۵ zeolite on its morphology, acidity and crystal size Catal. Lett*, ۲۰۰۲, ۸۱: p. ۴۹.
۵. Haw, J.F., *Phosphorous modified ZSM-۵: deactivation and productdistribution for MTO*. *Chem. Phys.*, ۲۰۰۲. ۴: p. ۵۴۳۱.
۶. R.F. Sullivan, C.J.E., G.E. Langlois, R.P. Sieg, *effect of phosphorus on a high silica HZSM-۵ catalyst*. *Catalysis Communications JACS*, ۱۹۶۱. ۸۳: p. ۱۱۵۶.
۷. R.M. Dessau, R.B.L., *Selective production of propylene from methanol*. *J. Catal.*, ۱۹۸۲. ۷۸: p. ۱۳۶.
۸. S. Svelle, P.O.R., IRU. Olsbye, S. Kolboe,, *study on methanol-to-olefin reaction over zeolites with different pore structures and acidities*. *J. Catal*

۹. فتحی جوکندان، پرویز، اسفند ماه ۱۳۸۶، فرآیندهای پتروشیمی و زیست

محیطی - ثابت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شیمی، دانشگاه

<http://www.springer.com>

تبریز

<http://www.elsevier.com>

