

« مقدمه

هوا یکی از حیاتی‌ترین ترکیبات جهت ادامه زندگی انسان می‌باشد. آلاینده‌ها می‌توانند آثار جبران ناپذیری بر سلامت انسان بگذارند. در بسیاری از کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه، صنایع، نیروگاه‌های تولید برق و وسایل نقلیه، مهمترین منبع آلودگی هوا می‌باشند. در این میان آنچه که مشکل آلودگی هوا ناشی از فلرینگ یا آزادسازی (Venting) آلاینده‌ها در واحدهای صنعتی نظیر پالایشگاه‌ها را تشدید می‌کند مضر، سمی بودن و تجدید ناپذیر و همچنین غیرقابل کنترل بودن آنها می‌باشد. مدیریت کیفیت هوا دائماً با چالش‌های جدیدی مواجه است، از یک طرف سخت‌گیرانه‌تر شدن قوانین و افزایش دانش عمومی جامعه و از طرف دیگر توسعه صنعتی و افزایش میزان مصرف انرژی بخشی از این چالش‌ها را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر شرکت‌های حاکمیتی نفت و گاز و دانشگاه‌ها و سایر موسسات علمی و فنی از زاویه‌های مختلف به موضوع فلرینگ و آزادسازی گاز در پالایشگاه‌ها پرداخته‌اند. یکی از موضوعاتی که کمتر به آن توجه شده است موضوع نوع تاثیر آلاینده‌های اشاره شده بر سلامتی می‌باشد. در این مبحث ضمن بررسی ماهیت آلاینده‌ها به بررسی انواع آلاینده‌های مهم تاثیرگذار بر سلامت پرداخته می‌شود. باید توجه کرد که میزان تاثیر این آلاینده‌ها به ویژه آلاینده‌های ثانویه بسیار گسترده می‌باشد و بررسی آنها در حوصله مبحث جاری نمی‌باشد.

۱ ماهیت آلودگی هوا

Williamson تعریف روشنی از این مساله را با تشریح تفاوت بین آلاینده و آلوده کننده ارائه داده است. یک آلوده کننده به صورت "هر چیزی که به محیط زیست افزوده می‌شود و موجب انحراف از ترکیب میانگین ژئوشیمیایی می‌شود." تعریف شده است. از سوی دیگر، یک آلاینده برای آنکه به این شکل بررسی شود، باید آلوده کننده‌ای باشد که اثر سویی بر محیط زیست بگذارد. مشخص شده است که تمایز بین آلاینده‌ها و آلوده کننده‌ها مبتنی بر درک محدود ما از آثار سوء کوتاه و دراز مدت از هر ترکیب شیمیایی است. این به آن مفهوم است که یک ماده آلوده کننده در درازمدت هم می‌تواند به مواد آلاینده‌تر تبدیل شود و هم انباشت آن می‌تواند مشکلات جدی زیست محیطی دیگر ایجاد نماید. بنابراین می‌توان گفت هر آلوده کننده یک آلاینده بالقوه است و در بسیاری موارد این دو واژه مترادف هستند. یک مثال می‌تواند موضوع آلاینده‌گی گاز CO_2 باشد. CO_2 در مقادیر کم آثار سوء چندانی برای انسان‌ها و حیوانات ندارد و برای گیاهان یک خوارک محسوب می‌شود. اما تجمع این گاز در درازمدت علاوه بر ایجاد مشکل برای سلامتی، در افزایش غلظت اسید در باران‌های اسیدی و همچنین تشدید اثر گلخانه‌ای موثر بوده و باعث تشدید تغییرات آب و هوایی و گرمایش زمین می‌شود. به همین جهت دی‌اکسید کربن باید به عنوان یک آلاینده لحاظ شود. همچنین برخی از آلاینده‌ها نظیر اکسیدهای نیتروژن، متان، مونواکسید کربن و $nmVOC$ ها تحت تاثیر اشعه ماوراءبنفش و شرایط جوی مناسب باعث تشکیل دود فتوشیمیایی می‌شوند. این نوع آلاینده‌ها علاوه بر مضرات ذاتی خودشان، با تولید آلاینده‌های جدید که عمدتاً دارای زیان‌های بیشتری نیز می‌باشند، مشکلات بیشتری را ایجاد می‌کنند. این مشکلات شامل مشکلات اولیه و مشکلات ثانویه می‌باشد که در مجموع مشکلات بسیار بیشتر برای محیط زیست و سلامتی ایجاد می‌کنند.

تاثیر آلاینده‌گی گازها فلر بر سلامت

محسن جمشیدی انگاس
کارشناس ارشد بهداشت و ایمنی



اکسیدنیترژن گازی است بی رنگ و تا حدودی سمی که در حین عمل احتراق و در حرارت نسبتاً بالا تولید می شود. حرارت احتراق به قدری بالا است که مناسب ترکیب اکسیژن و ازت هوا می باشد. چنین حرارتی فقط در کوره های با توان بالا یا احتراق در فشار زیاد و گازهای خروجی از فلرینگ پالایشگاه ایجاد می شود. بدین جهت علاوه بر پالایشگاه ها، گاز NO به مقدار زیاد در سیلندرهای موتور اتومبیل ها، نیروگاه های حرارتی و سایر محل های تبدیل انرژی تولید می شود. در اکثر شهرها، اتومبیل مهمترین منبع تولید NO می باشد.

دی اکسید نیترژن یکی از اجزاء اصلی تشکیل دهنده باران اسیدی یا آبروسل های اسیدی می باشد که می تواند درختان و برکه ها یا دریاچه ها را تخریب نماید و به آنها آسیب بزند. آبروسل های اسیدی میزان بینایی را نیز کاهش می دهند. آبروسل های اسیدی می توانند سنگ های مورد استفاده در نمای ساختمان ها، مجسمه ها و بناهای تاریخی را تخریب نمایند و جز مواد محرک (Irritants) دارای اثر سوزاننده و تاول آور بوده و سطح مخاط مرطوب را متورم می کنند. در مورد اثرات سوء ناشی از این ماده گفتنی است که عامل غلظت دارای اهمیت بیشتری نسبت به عامل زمان و طول مدت تماس است. دی اکسید نیترژن محرک قسمت های پایینی دستگاه تنفس و حبابچه های ششی هستند و تماس شدید آن با محرک های ریوی حتی می تواند به مرگ حاصل از خفگی منجر شود همچنین مقاومت دستگاه تنفسی را در برابر عوامل عفونی مانند آنفلوآنزا را نیز کاهش می دهد. اثرات کوتاه مدت ناشی از تماس با این گاز تاول است اما به همین محدود نمی شود و در صورت ادامه تکرار تماس با غلظت های بیش از حد، موجب افزایش بیماری های تنفسی حاد در کودکان می شود. بر اساس مقررات آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، میزان استاندارد دی اکسید نیترژن در هوا برابر ۰/۰۵۳ ppm است.

۲ «مونواکسید کربن»

مونواکسید کربن (CO) می تواند با کاهش توان اکسیژن رسانی به اندام های بدن مانند مغز، قلب و بافتها موجب آسیب شود و در غلظت های بسیار بالا می تواند موجب مرگ شود. مونواکسید کربن گازی است بی بو، بی رنگ و بی مزه و بسیار سمی که از احتراق ناقص ترکیبات کربن حاصل می شود. از آنجا که تعداد زیادی از گازهای مصرفی در صنعت، حاوی نسبت های گوناگونی از مونواکسید کربن می باشند، هر جا که این گازها مورد استفاده قرار گیرند، همیشه خطر وجود دارد. حوادث مربوط به استنشاق گاز مونواکسید کربن علاوه بر خروجی دودکش ها و فلرهای پالایشگاه غالباً استفاده از چراغ های نفتی، کرسی ذغالی در اتاق های در بسته، کانال های عبور دود و گرمای مشعل های حمام ها، دود آگروز اتومبیل ها در گاراژهای در بسته، آتش سوزی ها، انفجار و کوره ها هنگامی که سوخت در آنها ناقص می سوزد، می توانند از منابع مونواکسید کربن محسوب شوند. علت سمی بودن این گاز بالا بودن میل ترکیبی آن با هموگلوبین خون است. میل ترکیبی مونواکسید کربن تقریباً دو برابر بیشتر از اکسیژن است، در حضور مونواکسید کربن، کربوکسی هموگلوبین که یک ترکیب پایدار است تشکیل می شود و در نتیجه آن اکسیژن نمی تواند به هموگلوبین انتقال یابد. علاوه بر آن وجود کربوکسی هموگلوبین در خون از جدا شدن اکسیژن و هموگلوبین نیز جلوگیری می کند. همچنین افزایش مونواکسید کربن در خون، فشار نسبی گاز اکسیژن را کاهش می دهد و نیروی محرک انتشار اکسیژن در بافت های بدن نیز کم می شود. در این شرایط بافت های بدن دچار کمبود اکسیژن و در نهایت خفگی می شوند. مسمومیت با این گاز ظرفیت اکسیژن رسانی خون را کاهش می دهد. در افراد با سابقه اختلالات قلبی، فرد دچار کاهش خون رسانی (Ischaemic) به ماهیچه های قلبی (Myocardium) می گردد که غالباً با آئین صدری یا درد در ناحیه سینه همراه است.

غلظت	مدت	اثرات
۵ppm	۲۰ دقیقه	عکس العمل مرکز اعصاب
۳۰ppm	۸ ساعت	کاهش تیزی بینی و تیز هوشی
۱۰۰ppm	۲-۴ ساعت	سردرد خفیف
۲۰۰ppm	۲-۴ ساعت	احساس فشار در پیشانی یا سردرد جزئی
۵۰۰ppm	۲-۴ ساعت	سردرد شدید، ضعف و تهوع
۱۰۰۰ppm	۲-۳ ساعت	تیرگی دید یا امکان بیهوشی، ضربان شدید قلب با تشنج های متناوب
۲۰۰۰ppm	۱-۲ ساعت	مرگ

جدول ۱: تاثیر غلظت های مختلف مونواکسید کربن بر سلامتی

۲ آلاینده های هوا و عوارض آنها بر سلامتی

آلاینده های سمی هوا، مواد حاصل از منابع طبیعی یا منابع ساخته شده توسط انسان می باشند و قادرند به محیط زیست یا سلامتی انسان آسیب بزنند. استنشاق یا تنفس آلاینده های سمی می تواند احتمال ابتلاء به بیماری ها و مشکلات تنفسی را در جامعه افزایش دهد. به عنوان مثال استنشاق بخارات بنزین که به هنگام سوخت گیری اتومبیل منتشر می شود منجر به مشکلات تنفسی و بیماری هایی مانند سرطان خون می گردد. به طور ساده خطرات بهداشتی، ناشی از میزان و احتمال مواجهه شخص با مشکلات بهداشتی می باشند. هنگامی که فردی در معرض آلاینده های سمی قرار می گیرد، خطرات بهداشتی در مورد وی افزایش می یابد. هنگامی که شخص در نزدیکی کارخانه ای کار می کند که در آن مواد شیمیایی سرطان زا منتشر می شود، این احتمال وجود دارد که او به سرطان مبتلا گردد. استنشاق هوای سمی می تواند خطراتی غیر از ابتلاء به سرطان، مانند اختلال در سیستم تناسلی و نفخ را نیز به همراه داشته باشد. آلاینده های سمی که بیشترین اهمیت را دارند، آن دسته از موادی هستند که باعث ایجاد مسائل و مشکلات بهداشتی می گردند و تعداد افراد بسیاری را تحت تاثیر قرار می دهند. مسایل بهداشتی می توانند شامل سرطان، سوزش در سیستم تنفسی، اختلالات سیستم عصبی و کاهش زاد و ولد باشد.

۳ ترکیبات آلاینده هوا ناشی از فلر

مهمترین آلاینده ها و منابع تولید آنها بایستی در مجتمع های پالایشگاهی به تفصیل شناسایی شوند. در خصوص تعداد و محل ایستگاه های سنجش آلاینده های هوا عقیده واحدی حاکم نیست و دستورالعمل ثابتی که تعداد و محل را بر حسب یک نقشه خاص ارائه نماید وجود ندارد. مهمترین آلاینده های هوا در پالایشگاه گازی عبارتند از هیدروکربن ها، اکسیدهای گوگرد، مونواکسید کربن اکسیدهای نیترژن، گردوغبار، آمونیاک و هیدروکربن های معطر. آلاینده های معطر (EPA) عبارتند از:

ازن، سرب، مونواکسید کربن، دی اکسید کربن، ذرات معلق، دی اکسید سولفور

۱ «اکسیدهای نیترژن»

نیترژن به تنهایی گازی است بی طعم، بی رنگ، بی بو که ۷۸٪ درصد اتمسفر را تشکیل می دهد. بر خلاف نیترژن که گازی لطیف است، اکسیدهای نیترژن (NOx) برای انسان خطرناک هستند. تعداد اکسیدهای نیترژن زیاد است ولی از میان آنها دو آلوده کننده مهمتر می باشند، اکسید نیترژن (NO) و دی اکسید نیترژن (NO₂).

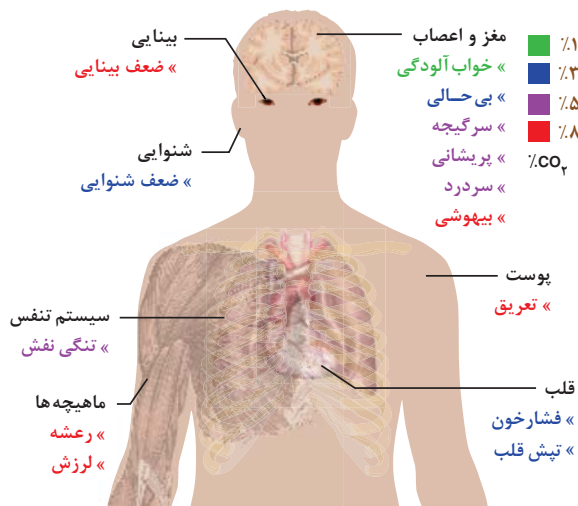
این اختلالات هنگام افزایش تهویه ریوی برای افرادی که از تنگی نفس رنج می‌برند اهمیت پیدا می‌کند. همچنین مطالعات نشان می‌دهند که ارتباط میان تماس کوتاه مدت و افزایش مراجعات به اورژانس‌ها و بیمارستان‌ها جهت بیماری‌های تنفسی خصوصاً افراد مستعد مانند بچه‌ها، سالمندان و افرادی که از عارضه تنگی نفس رنج می‌برند افزایش می‌یابد. مهمترین اکسید گوگرد که در موقع احتراق تولید می‌شود دی‌اکسید گوگرد (SO₂) می‌باشد. این گاز سنگین تر از هوا بوده، بویی زننده و نافذ داشته و بی‌رنگ است و به آسانی با بخار آب ترکیب و تولید اسید سولفور و (H₂SO₄) می‌کند. این اسید مایع بیرنگی بوده و نسبتاً خورنده می‌باشد. در صنعت به عنوان ماده سفید کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی در هوا بعنوان آلوده کننده عمل کرده و باعث ایجاد لکه‌های زرد در رنگ بدنه اتومبیل‌ها می‌شود. این اسید به آسانی با اکسیژن هوا ترکیب شده و تولید اسید سولفوریک می‌نماید که بسیار خورنده است. اسید سولفوریک از طریق دیگر نیز در هوا ایجاد می‌شود، بدین ترتیب که دی‌اکسید گوگرد با اکسیژن ترکیب شده و تری‌اکسید گوگرد (SO₃) تولید می‌شود. این گاز در هوا به صورت مایع بیرنگ یا ذرات جامد سفید رنگ در می‌آید. احتراق مواد گوگردار با مقدار زیادی اکسیژن نیز تولید تری‌اکسید گوگرد می‌کند. همچنین دی‌اکسید گوگرد و اکسیژن در مجاورت ذرات کاتالیزوری نظیر گرد و غبار معلق مخصوصاً اکسیدهای آهن موجود در جدار دیگ‌های بخار و دیوارها نیز با هم ترکیب می‌شوند. دی‌اکسید گوگردی که از دودکش کارخانجات خارج می‌شود به سرعت منتشر شده و به آهستگی اکسیده می‌شود. تری‌اکسید گوگرد حاصل، به سرعت با آب ترکیب شده و تولید اسید سولفوریک می‌نماید. اکسیدهای گوگرد برگ درختان را زرد نموده، سنگ مرمر را می‌خورد و باعث پوسیدگی آهن و فولاد نیز می‌شود. این اکسیدها میدان دید را کم کرده و مانع رسیدن نور خورشید به زمین می‌شوند. اکسیدهای گوگرد روی دستگاه تنفس انسان اثر می‌گذارند، بدین ترتیب که در غلظت‌های بالا گاز SO₂ باعث خارش و سوزش در قسمت‌های فوقانی ریه شده و در غلظت‌های پایین روی ذرات گرد و غبار جذب شده و سبب آسیب دیدگی سلول‌های تنفسی می‌گردد.

۵ « مواد معلق (PM10) »

این مواد که به آلودگی ذرات ریز نیز معروف می‌باشند، ترکیبی از ذرات ریز و قطرات مایع موجود در هوا می‌باشند و از اجزای مختلفی مانند نیترا تها، سولفات‌ها، ترکیبات آلی، فلزات و ذرات گرد و غبار و جامدات تشکیل شده‌اند. اندازه ذرات ارتباط مستقیم با اثرات بهداشتی ایجاد شده دارد. بر اساس یافته‌های EPA ذراتی که قطرشان ۱۰ میکرومتر یا کمتر است از گلو و بینی عبور کرده و وارد ریه می‌شوند. ذرات کوچکتر اثرات شدیدتری دارند به طوری که ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون حتی می‌توانند وارد جریان خون شوند. تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که اختلالات و بیماری‌های مختلفی در اثر وجود این ذرات معلق ایجاد می‌شود، مرگ زودرس در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی و تنفسی، حملات قلبی، نامنظم شدن ضربان قلب و تشدید حملات آسمی، برخی از این اختلالات را شامل می‌شوند. همچنین کاهش عملکرد ریه و افزایش علائم بیماری‌های تنفسی از قبیل تحریک رگ‌های هوایی، سرفه، اختلال در تنفس، سوزش گلو و بینی، آسیب به شش‌ها و ابتلا به برونشیت از دیگر تاثیرات ناشی از این ذرات هستند. ذرات ریز معلق می‌توانند باعث کاهش میدان دید شوند و موجب کثیفی و از بین بردن رنگ ساختمان‌ها می‌شوند. همچنین به سبب وزن بسیار کم، بوسیله باد به مسافت‌های زیادی حمل می‌شوند و همچنین قابلیت ته‌نشینی در آب‌ها یا سطح زمین را ندارند.

۶ « سولفید هیدروژن »

ترکیب آلوده کننده دیگری که در اثر تجزیه مواد و احتراق در فلر تولید می‌شود گاز سولفید هیدروژن (H₂S) است. منابع عمده تولید این گاز در عملیات حفاری (به صورت گاز ترش)، عملیات احداث تونل، معادن ذغال سنگ، چاه‌های فاضلاب و غیره می‌باشد. این گاز جزء گازهای خفغان آور شیمیایی است. این ماده به دلیل داشتن اثر شیمیایی، از عمل حمل اکسیژن توسط خون به ریه‌ها ممانعت نموده و با اکسیژنه کردن، نسوج را به هم می‌زند.



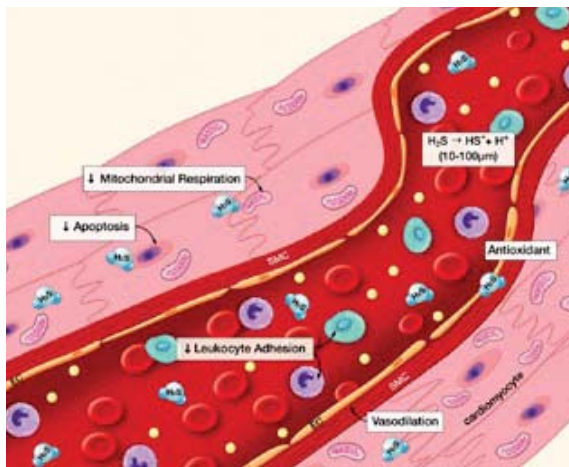
شکل ۱: تاثیر دی‌اکسید کربن بر سلامت

۳ « دی‌اکسید کربن »

از دیگر محصولات احتراق ناشی از فلرینگ، گاز دی‌اکسید کربن (CO₂) می‌باشد. گازی سنگین، خنثی، بی‌رنگ و بی‌بو که مطابق استاندارد سازمان ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (OSHA) حد تماس مجاز این گاز در طول ۸ ساعت کاری در روز برابر ۵۰۰۰ ppm معادل ۰/۵ در صد حجم هوا تعیین شده است. دی‌اکسید کربن جزء گازهای خفغان آور ساده است، بدین معنی که در غلظت‌های بالا می‌تواند جایگزین اکسیژن شده و سبب خفگی شود، در حالی که توانایی ترکیب با هموگلوبین خون را ندارد. بر اساس اعلام سازمان NIOSH، غلظت بیش از ۰/۴ درصد دی‌اکسید کربن برای سلامتی و حیات بسیار خطرناک است. بر اساس گزارش‌های OSHA تاکنون شواهدی مبنی بر سرطانیابی این گاز گزارش نشده است.

۴ « اکسیدهای گوگرد »

گوگرد موجود در مواد سوختنی موقع احتراق با اکسیژن هوا ترکیب شده و اکسیدهای گوگرد (SO_x) تولید می‌کنند. اثرات بهداشتی ناشی از این آلاینده عبارت است از اختلالات و مشکلات تنفسی ناشی از آن که ممکن است منجر به آسیب دایم به شش‌ها شود. یافته‌های علمی، ارتباط کوتاه مدت با SO₂ در محدوده زمانی پنج دقیقه تا ۲۴ ساعت را با علائم بالینی اختلالات تنفسی شامل انسداد نایزک‌های دستگاه تنفسی (Bronchiole) و تشدید علائم تنگی نفس همراه دانسته‌اند.



شکل ۲: H₂S در جریان خون

غلظت	اثرات
۰/۰۱-۰/۳ppm	بوی بد (شبیه تخم مرغ گندیده)
۱-۲۰ppm	بوی خیلی بد، تهوع، سردرد و چشم درد
۲۰-۵۰ppm	تحریک شدید بینی، گلو و ریه، تحریک سیستم گوارش، کاهش میل جنسی، خستگی، کاهش اشتها، احساس درد و حساس شدن به نور
۱۰۰-۲۰۰ppm	تحریک شدید بینی، گلو و ریه، از دست دادن موقت حس بویایی
۲۵۰-۵۰۰ppm	تورم ریه (افزایش مایعات در ریه)
۵۰۰ppm	تحریک شدید ریه، سردرد، سرگیجه، بیهوشی، از دست دادن حافظه به صورت موقت در صورت عدم کمک اولیه و انتقال به بیمارستان
۵۰۰-۱۰۰۰ppm	مشکلات تنفسی، نامنظم شدن ضربان قلب، سکنه ناقص، مرگ در صورت عدم کمک اولیه و انتقال به بیمارستان
>۱۰۰۰ppm	مرگ

جدول ۲: تاثیر غلظت‌های مختلف سولفید هیدروژن بر سلامتی انسان

تجارب قطعی و مشخص که روی حیوانات انجام یافته نشان می‌دهد که ترکیبات قلیایی بنزن این خاصیت را نداشته و خود بنزن است که از نظر خاصیت میلو تو کسیک [سمی برای مغز استخوان] بین هیدروکربن‌ها شاخص و منحصر به فرد است. بنزن در اثر فلرینگ گاز پالایشگاه به مقدار زیادی در هوا منتشر می‌شود. مواجهه تنفسی کوتاه مدت با این ماده می‌تواند منجر به سردرد، سرگیجه، کسالت یا بی‌حالی، تحریک چشم، تحریک پوست و مسیرهای تنفسی شود و در غلظت‌های بالا منجر به بیهوشی فرد نیز می‌شود. تماس تنفسی با بنزن، موجب اختلالات مختلف در خون از جمله کاهش تعداد گلبول‌های قرمز خون، آنمی آپلاستیک (Aplastic anemia) می‌شود. در زنان باردار که مواجهه تنفسی در غلظت‌های بالا داشته‌اند اثرات سوء بر روی جنین گزارش شده است. تماس شغلی انسان با بنزن احتمال ابتلا به سرطان خون (Leukemia) را افزایش می‌دهد. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا تماس بنزن از طریق تنفس، یا خوردن را سرطان‌زا معرفی کرده است. اگر تماس با بنزن نسبتاً شدت کمتری داشته ولی طول مدت آن تا اندازه‌ای طولانی باشد تغییرات مختلف و متعددی در خون حاصل خواهد شد. اگر جذب بنزن در بدن ادامه یابد به وضعی خواهیم رسید که دستگاه مولد خون قادر به تولید بیشتر گلبول‌های سفید خون نخواهد بود و در نهایت به عفونت و مرگ منتهی می‌شود. اغلب اتفاق افتاده که سیستم خون‌ساز بدن حتی پس از قطع شدن جذب بنزن نیز قادر نخواهد بود که کار خود را از سر گیرد و ممکن است بیمار پس از سال‌ها به عفونتی مانند آنفلوآنزا و غیره دچار شود که در اثر آن از پای در آید. استنشاق بخارات بنزن ممکن است در مرحله اول ایجاد حالت فرح و انبساط نماید و متعاقب آن گیجی، خواب آلودگی، خستگی، تهوع و سردرد ایجاد خواهد شد. اگر غلظت آن زیادتر و یا طول مدت تماس بیشتر باشد باعث تشنج در اثر فلج دستگاه تنفسی شده و در نهایت به مرگ منتهی می‌شود. بنزن در خون تقریباً نامحلول است و تعادل آن بر حسب میلی گرم بنزن در لیتر از خون تقسیم بر میلی گرم بنزن در لیتر هواست. در همان حالی که خون در حال گردش است بنزن با نسوج در حال تعادل قرار می‌گیرد و نسج چربی مقدار زیادی از آن را در خود ذخیره می‌کند. دفع این ماده نیز به طریق برعکس انجام می‌شود. بدین معنی که این ماده توسط خون و از راه مویرگ‌ها به ریه‌ها انتقال یافته و با هوای داخل حفره‌های ریه در وضع تعادل قرار می‌گیرد و بدین ترتیب دفع می‌شود.

منابع

- 1: Zannetti, P; Air pollution modeling theories, Computational Methods and Softwares. 1990
- 2: www.epa.gov
- ۳: آلودگی هوا منابع اثرات و کنترل، غیاث الدین منصور، ۱۳۸۵ انتشارات دانشگاه تهران
- ۴: مهندسی محیط زیست، عباسپور مجید، ۱۳۷۷ انتشارات دانشگاه آزاد

سولفید هیدروژن گازی بیرنگ با بوی تخم مرغ گندیده، قابل اشتعال و سنگین تر از هواست. تاثیر غلظت‌های مختلف این گاز بر سلامت انسان در جدول ۲ آمده است. مکانیسم تاثیر این گاز در بدن انسان و شرایط واکنش سلول‌های آن مشابه منواکسید کربن و گازهای سیانید است. به طور کلی گاز سولفید هیدروژن مانع تنفس سلولی و انتقال اکسیژن و موجب خفگی سلولی (بیوشیمیایی) می‌شود. یکی از مسیرهای ورود و انتقال آن در بدن در شکل ۲ نشان داده شده است.

۷ «ترکیبات آلی فرار»

یک دسته از آلاینده‌های مهم حاصل از خروجی گازهای فلر در پالایشگاه‌های گاز، ترکیبات آلی فرار (VOCs [Volatile organic compounds]) می‌باشند. این ترکیبات در دمای اتاق دارای فشار بخار بالایی می‌باشند. فشار بخار بالا به دلیل پایین بودن نقطه جوش این مواد است که موجب می‌شود مولکول‌های روی سطح این مواد در دمای اتاق تبخیر یا تصعید شده و به حالت بخار تبدیل شده و در هوای اطراف منتشر شود. ترکیبات آلی فرار، دسته بزرگی از مواد مختلف را تشکیل می‌دهند که تقریباً در همه جا حضور دارند. برخی از این مواد، ترکیبات طبیعی بوده و برخی دیگر بوسیله انسان ساخته شده‌اند. تعدادی از این ترکیبات برای سلامتی انسان یا محیط زیست مضر می‌باشند. مواد آلی فرار ممکن است سمی نباشند ولی در طولانی مدت اثرات ناماناسی بر سلامتی انسان و محیط زیست خواهند داشت. مقدار مجاز غلظت این نوع مواد مضر در محیط [بویژه در یک فضای بسته] توسط سازمان‌های زیست محیطی نظیر EPA یا استانداردهایی نظیر EN ISO 16000-10 تعیین می‌شود. ترکیبات معطر که به عنوان عطر استفاده می‌شوند، نمونه آشنایی از این مواد می‌باشند. بنزن، اتیلن، اتن، کلرید متیل، فرم آلدنید، متیل کلروفرم و... نمونه‌هایی دیگر از VOCها می‌باشند. این ترکیبات محدوده گسترده‌ای از ترکیبات هیدروکربنی را تشکیل می‌دهند. تعریف و دسته‌بندی این مواد در کشورهای مختلف با هم تفاوت دارد، در بیشتر کشورها حداکثر نقطه جوش این مواد ۲۵۰°C در نظر گرفته شده است. در برخی کشورها نظیر کانادا مقدار حداقل نقطه جوش ۲۵۰°C در نظر گرفته شده است. اما در بیشتر کشورها حداقل دما برای نقطه جوش در نظر گرفته نمی‌شود. تعداد قابل توجهی از این ترکیبات می‌توانند در حضور اشعه ماوراءبنفش تشکیل دود فتوشیمیایی دهند.

۸ «هیدروکربن‌ها»

هیدروکربن‌ها به مقدار قابل توجهی از منابع مختلف مرتبط با تولید، پالایش، انتقال یا توزیع نفت و گاز به جو منتشر می‌شوند. در قسمت قبل از هیدروکربن‌ها به عنوان مواد آلی فرار یاد شد. جدای از نقش اشاره شده، برخی هیدروکربن‌ها نظیر هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) و بنزن از جمله عوامل سرطان‌زا می‌باشند. بنزن بیش از مواد هیدروکربنی دیگر از نظر سم شناسی اهمیت دارد. این ماده خاصیت تجمع‌پذیری بالایی دارد. هیدروکربن‌های گازی مانند متان و اتان فقط در غلظت‌های بالا زیان‌آور می‌باشند. در این حالت بیشتر به علت کمبود یا فقدان اکسیژن این مواد زیان‌آور می‌باشند. هیدروکربن‌های معطر در مرحله اول محرک و سوزش‌آور بوده و در صورت تماس طولانی با پوست ایجاد التهاب پوستی یا درماتیت (Dermatitis) می‌نماید که باعث دی‌هیدراته کردن و از بین بردن چربی‌ها می‌باشد. تماس هیدروکربن‌های مایع با نسوج ریه از راه استنشاق باعث تورم شدید ریوی و پنومونی (Pneumonia) و خونریزی خواهد شد. به علت پایین بودن کشش سطحی این مواد، حجم کمی از این مایعات، سطح وسیعی را در بر خواهد گرفت و بدین ترتیب استنشاق مقادیر جزئی از این مایعات ایجاد عوارض شدید ریوی خواهد نمود. استنشاق بخارات هیدروکربن‌های معطر می‌تواند عوارض سیستمیک ایجاد نماید و بدین ترتیب مسلم گردیده است که بنزن ماده سمی است که دارای خواص مخرب اختصاصی روی نسوج مولد خون می‌باشد.