منشأ ذرات معلق مؤثر در کیفیت هوای شهرها

هانیه فلاح

دانشجوی کارشناسی مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

fallah.hanie@ut.ac.ir

در نشستی که توسط آکادمی فلات و انجمن علمی دانشجویی محیط زیست دانشگاه تهران با همکاری تشکل‌های علمی دانشجویی در تاریخ بیست و دوم آذر ماه سال ۱۴۰۲، با حضور آقای دکتر یوسف رشیدی و ۸۰ نفر شرکت کننده برگزار شد؛ پیرامون موضوع "**منشا ذرات معلق موثر در کیفیت هوای شهرها**" صحبت شد.

در این نشست مباحثی همچون تاریخچه کنترل آلودگی هوا، ذرات معلق، نحوه تولید و منشا ذرات معلق و روش‌های کنترل این ذرات مطرح شد.

به حادثه لندن که تحت عنوان "مه‌دود بزرگ" شناخته می‌شود و در دسامبر سال ۱۹۵۲ میلادی رخ داد، نیز اشاره شد. این حادثه با گرفتن جان بیش از ده‌ها هزار انسان، از بزرگترین حوادث محیط‌زیستی با منشا آلودگی هوا به حساب می آید و نقطه عطفی برای پایه‌گذاری قوانین مربوط به کنترل آلودگی می باشد.

برای اولین بار آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان که وابسته به سازمان بهداشت جهانی می‌باشد، حدود ۱۱ سال پیش دود دیزل ،که یکی از ترکیبات آلوده‌کننده هوا محسوب می‌شود، را به عنوان عامل سرطان‌زا اعلام کرد.

به ذرات ریز جامد یا مایع معلق در اتمسفر ذرات معلق گفته می‌شود. این ذرات دارای شکل، اندازه (۱ نانومتر تا ۱۰۰ میکرومتر در اتمسفر)، ترکیبات شیمیایی و خواص فیزیکی متفاوتی می‌باشند. آن‌ها می‌توانند هم از طریق منابع طبیعی (گرده‌های گیاهی و یا گرد و غبار) و هم از منابع انسان ساخت (دودکش پالایشگاه‌ها و اگزوز خودروها) به اتمسفر وارد شوند.(شکل ۱)

شکل ۱- اندازه ذرات معلق با تشبیه آن‌ها به ذرات دیگر

ذرات معلق علاوه بر نقشی که می‌توانند در آلوده کردن هوا و کاهش میدان دید داشته باشند؛ همچنین می‌توانند با ایجاد کردن سطح واکنشی برای گازها و بخارات موجود در اتمسفر، واکنش های ثانویه را هدایت کنند. ترکیبات به‌وجود آمده از این واکنش‌ها می‌توانند بر کاهش سلامتی و بهداشت جامعه تاثیر بسزایی داشته باشند.

هرچه این ذرات درشت‌تر باشند، سریع‌تر ته نشین شده و هرچه کوچکتر باشند، خاصیت، رفتار و حرکت ذره شبیه به گازها شده و دیرتر ته‌نشین می‌شوند. ذرات معلق ناشی از فعالیت های انسان ساز، قطر کوچک‌تری دارند ولی عملیات مکانیکی مانند طوفان گرد و غبار، کارخانه شن و ماسه ذراتی با قطر بزرگ‌تر تولید می کنند. از طرفی، هرچه قطر ذره بزرگ‌تر باشد کنترل کردن آن سهل‌تر می‌شود؛ چراکه با در نظر گرفتن نیروی ثقل سریع‌تر ته‌نشین و ساکن خواهد شد.

غلظت جرمی ذرات مختلف در کنترل ذرات معلق می‌تواند حائز اهمیت باشد. برای مثال جرم کمتر از یک میکرومتر ناچیز است ولی تعداد ذرات با این اندازه بسیار زیاد است. به کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌توان از توزیع ذرات معلق مطلع شد.

چند روش برای تشخیص منابع تولید ذرات معلق وجود دارد. برای این تشخیص می‌توان از سیاهه یا فهرست انتشار و نمایه منبع (source profile) کمک گرفت.

فهرست انتشار با جدا کردن منابع ساکن و متحرک و شناسایی سهم هر کدام تدوین می‌شود. این فهرست در سال ۱۳۹۶ خورشیدی برای کشور ایران تدوین شد. برآورد شد که، ۶۱ درصد از ذرات معلق توسط منابع متحرک و ۳۹ درصد توسط منابع ساکن تولید می‌شود.

از جمله مشکلاتی که در خصوص تدوین فهرست انتشار وجود داشت و می‌توانست باعث کم دقتی شود، قلمرو جغرافیایی بود. بدین صورت که انتشار ذرات معلقی که در بیرون از محدوده و مرزبندی برای تدوین جدول سیاهه انتشار،صورت می‌گرفت، در آلودگی هوای داخل مرز نیز تاثیر گذار بود. و همچنین موارد کم اهمیت یا بی اهمیتی که تاثیری بر آلودگی نداشتند، داخل محدوده بودند. به همین دلیل معمولا مرز را به‌قدری بزرگ می‌بندند که سیاهه انتشار به صورت ملی و در سطح کلان کشور تدوین می‌شود.

در این نشست به برخی از آلاینده‌های گازی نیز پرداخته شد؛ اما چرا؟

چراکه برخی از آلاینده‌های گازی می‌توانند در اتمسفر تبدیل به ذرات معلق شده و باعث تولید آلاینده ثانویه شوند.

برای مثال اگر سوختی که حاوی گوگرد می‌باشد، بسوزد SO_2 تولید می‌شود و سپس تبدیل به SO_3 شده و این ترکیب با بخار آب در اتمسفر واکنش داده و تبدیل به اسید سولفوریک می‌شود. در نهایت از ترکیب اسید سولفوریک با آمونیاک موجود در اتمسفر، سولفات آمونیوم (آلاینده ثانویه) تولید می‌شود. برآورد شده است که ۳۰ درصد از SO_2 موجود در اتمسفر تبدیل به ذره معلق می‌شود.

همچنین اگر نیتروژن موجود در اتمسفر وارد محفظه احتراق شود، اکسید نیتروژن تولید شده و این اکسید به شدت ناپایدار بوده و در جو به سرعت تبدیل به NO_2 می‌شود. در ادامه اسید نیتریک با آمونیاک موجود در اتمسفر تبدیل به نیترات آمونیوم خواهد شد.

پس علاوه بر کنترل ذرات معلق، می‌بایستی گاز هایی که در اتمسفر تولید ذرات معلق می کنند را کنترل کنیم.

ذرات معلق آلاینده‌های پردردسری هستند؛ که شامل طیف وسیعی از ذرات می‌شوند. ذرات معلق اولیه که حاصل از سایش لنت ترمز و لاستیک خودرو می‌باشند، دودکش کارخانه‌ها و ذرات معلق ثانویه که حاصل از واکنش گازهای دیگر با ترکیبات موجود در اتمسفر است.

نحوه کنترل انتشار اکسیدهای نیتروژن، با کاتالیست‌ها امکان پذیر است. و یا اکسیدهای گوگرد را می توان با کم کردن مقدار گوگرد در سوخت، قبل از استفاده از آن کنترل کرد.

علاوه بر تدوین فهرست انتشار، می‌باست سهم عوامل مختلف در تولید ذرات معلق را بسنجیم.

دوسری ابزار مورد استفاده در سنجش آلودگی هوا در ذیل شرح داده شده است.

ابزار اول با نام Source dispersion model، اطلاعات و داده‌های مربوط به منبع آلودگی را برای آن تعریف می کنیم و در نهایت غلظت آلاینده‌ها در نقاط مختلف قابل نمایش است (مثلا نقش نیروگاه تولید انرژی در یک شهری را می سنجند).

دومین ابزار Receptor model (مدل های بر پایه گیرنده) است. در این روش ابتدا فیلتری را در منطقه مورد مطالعه قرار می دهیم و غلظت ذرات معلق را به کمک آن فیلتر اندازه‌گیری می کنیم. در مرحله بعد فیلتر را به آزمایشگاه می‌فرستیم تا از عناصر تشکیل دهنده آن مطلع شویم. سپس می توانیم منابعی را که در افزایش غلظت آن عنصر ،که جزئی از ذرات معلق است، را پیدا کنیم. در آخر می‌توانیم، مقدار تولید ذرات معلق را در منابع اصلی انتشار ذکر شده پایش و کنترل کرده و برنامه‌های مدیریتی انجام دهیم.

هر ذره معلق از هر منبعی دارای شدتی از عناصر خاص خودش است که به اصطلاح به آن source profile یا fingerprint می گوییم؛ مانند اثر انگشت که خاص هر انسان است. یعنی عناصر و غلظت عناصر تشکیل دهنده در هر ذره متفاوت است. جدول source profile را فقط دو کشور آمریکا و ژاپن تدوین کرده‌اند و بقیه کشورها با استناد به آن عمل می کنند.

حسن این روش نسبت به سیاهه انتشار در این است که می‌توان سهم واکنش شیمیایی در تولید ذرات معلق را متوجه شد. منابعی را که تاثیر گذاری اصلی و واقعی در انتشار ذرات معلق دارند، را در مرز کوچک‌تری می‌بندیم. پس دقت در این روش بیشتر از فهرست انتشار است.

یکی از معایبی که می‌توان برای روش دوم شرح داد بدین صورت است که؛ نمی‌بایست تغییری در عناصر تشکیل دهنده و یا آلاینده، از لحظه خروج از دودکش نیروگاه تا قرار گرفتن بر روی فیلتر اتفاق بیافتد (برای مثال عنصر آهن برخلاف SO_2 در ترکیب دست نخورده باقی می‌ماند. ولی SO_2 را نمی توان به راحتی اندازه گرفت، چراکه SO_2 از لحظه خروج تا زمانی که بر روی فیلتر بنشیند تبدیل به ذرات دیگر می‌شود.