

## نقش ایمنی و مدیریت حریق در کاهش آثار مخرب زیست محیطی (قسمت اول)

علیرضا یآوری<sup>۱</sup>

ماندانا یآوری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس، مشاور و مدرس ایمنی و آتش نشانی

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد محیط زیست

آتش خدمتگذار خوب، اما ارباب بدی است. بزرگترین عامل پیشرفت جوامع بشری، کشف آتش بوده که زمینه بسیاری از پیشرفتهای صنعتی را فراهم کرده، به نحوی که اگر مثلث ساده ی سوخت-اکسیژن-انرژی نباشد، ادامه ی حیات متصور نیست. اما تشکیل ناخواسته ی همین مثلث و بروز آتش سوزی های ویرانگر، نه تنها بنیان خانواده یا جامعه را متزلزل خواهد کرد، بلکه آثار مخرب آن پیامدهای زیست محیطی خطرناکی را در بر خواهد داشت که برخی آثار آن قریب الوقوع بوده، اما شاید غالب آثار سوء آن در دراز مدت نمایان خواهد شد.

در این مقاله تلاش شده است تا آثار سوء زیست محیطی ناشی از آتش سوزی ها مورد بررسی قرار گرفته و بر ضرورت رعایت، تداوم و نظارت بر اقدامات پیشگیرانه، از منظری دیگر، تأکید گردد، باشد تا با ارتقاء فرهنگ ایمنی و اقدامات پیشگیرانه، گامهای مؤثرتری در راستای نیل به جامعه ی ایمن که بستر اصلی توسعه ی پایدار است، برداشته شود.

لذا پس از اشاره به شیمی و رفتارشناسی حریق، و آثار مخرب آتش سوزی ها بر محیط زیست، که صیانت از آن، تکلیف شرعی، قانونی، عرفی و اخلاقی تک تک اعضای جامعه است، بر ضرورت استفاده از سیستمهای فعال و غیر فعال پیشگیری و حفاظت از حریق تأکید می کنیم، اما قبل از آن، نگاهی بر آتش سوزی هایی که در دنیا اتفاق افتاده و از دیدگاه زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته، می افکنیم:

### نمونه ای از آتش سوزی های مهم با پیامدهای زیست محیطی:

- در نوامبر سال ۱۹۸۶ در بازل سوئیس در یک انبار مواد شیمیایی آتش سوزی بزرگی رخ داد. بعد از این حادثه مسائل زیست محیطی مربوط به مواد منتشرشونده ناشی از آتش سوزی به شکل جهانی مطرح شد و بعنوان منبعی برای گسترش اطلاعات در این حوزه مورد استفاده قرار گرفت. با گذشت ده سال بعد از وقوع این حادثه هنوز ماهی های رودخانه راین غیرقابل مصرف بودند.
- در آتش سوزی تورس فرانسه در ژانویه ۱۹۸۸ که به پروتکس معروف شده، ناحیه دود (منطقه دود آتش سوزی) تقریباً ۳۰ کیلومتر طول و ۱۲ کیلومتر وسعت داشت و موجب آلودگی رودخانه برن گردید.
- در جریان تجاوز عراق به کویت در سال ۱۹۹۰، چاه های نفت بطور نظام مند به واسطه استفاده از مواد منفجره آسیب دید که به فوران غیرقابل کنترل گاز و نفت در بیش از ۷۰۰ چاه منجر شد. مطابق گزارش ارزیابی NIST در سال ۱۹۹۴ آلودگی زیست محیطی ناشی از نشت نفت و گازهای چاههای یاد شده، به دلیل اهمیت فوق العاده وجود آلایند های پایدار، منابع آبی و خاکی را به شدت تحت تأثیر قرار داد.
- در فوریه و می ۱۹۹۰، دو مورد آتش سوزی ضایعات تایر در مقیاس وسیع در اگراسیلو و سنیت امبل کانادا اتفاق افتاد. این آتش سوزی ها تا چندین روز ادامه داشت که به سنگین شدن هوا، آلودگی آب و خاک و وجود مشکلات زیاد در عملیات اطفاء حریق منجر گردید و تخلیه محل توسط ساکنین و آلودگی آب آشامیدنی را به همراه داشت. تجارب بدست آمده از این حادثه منجر به ایجاد راهنمایی های مفیدی در آمریکای شمالی شد.
- در دسامبر ۱۹۹۵ در یک انبار سولفور در سامراست غربی آفریقای جنوبی که به وسیله سه کمپانی مختلف در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گرفت، آتش سوزی بزرگی رخ داد که به دلیل سمیت مواد حاصل از آتش سوزی، تهدیدات کشنده ای حتی در محیط باز را به اثبات رساند.
- طی یک آتش سوزی بزرگ با تداوم چندین روزه در دسامبر ۲۰۰۵ در اکراینکه در یک انبار ذخیره روغن حاوی ۳۵ میلیون لیتر از انواع مختلف سوخت، اتفاق افتاد، توده حجیمی از دود متراکم تولید و در هوا پخش گردید. آبهای سطحی و زیرزمینی تا فاصله ۲ کیلومتری شمال، شرق و جنوب شرقی محل به

هیدروکربن ها و کف های خاموش کننده استفاده شده برای خاموش کردن آتش ، آلوده شدند و به دلیل گستردگی ، آثار این آلودگی تا بعد از دو سال در محدوده ی انبارها مشاهده می گردید. سرانجام با تلاش فراوان ، در حدود ۲۲ میلیون لیتر از آب که به مواد اطفائی آلوده شده بود ، تصفیه و در طبیعت به مصرف رسید.

## شیمی حریق و مراحل احتراق:

احتراق یا سوختن که یک واکنش اکسایشی است، نتیجه ی یک فرآیند شیمیایی گرمازا میان یک ماده ی سوختنی و عامل اکسیدکننده است که با تولید گرما و تغییر شیمیایی مواد اولیه همراه می شود. آزاد کردن گرما می تواند با تولید نور بصورت شعله یا درخشش باشد. مواد سوختنی پرکاربرد معمولا از ترکیب های آلی به ویژه هیدروکربن ها بصورت گازی ، مایع یا جامد درست شده اند. واکنش های احتراق به دو صورت احتراق کامل و ناقص صورت می پذیرد که در احتراق ناقص، علاوه بر دی اکسیدکربن و بخار آب، آلاینده های زیادی تولید می شوند.



شکل ۱: مراحل گسترش آتش سوزی در یک فضای محصور

مراحل اصلی گسترش آتش سوزی در یک فضای محصور در شکل (۱) ، که توسعه ی آتش سوزی را با فرض اینکه خاموش کننده های آتش سوزی با سامانه های فعال خاموش کننده نظیر اسپرینکلرها هیچ مداخله ای ندارد نشان داده شده است. احتراق شامل مراحل زیر است:

- شروع آتش: که در این زمان آتش سوزی رخ داده است.
- رشد آتش: در این مرحله معمولا سوخت کند می سوزد، دود و گاز تولید می شود و ممکن است از چند دقیقه تا چند ساعت به طول بینجامد.
- گسترش آتش : در این مرحله آتش به حداکثر شدت خود رسیده و مواد براحتی در حال سوختن می باشند.
- زوال آتش : زنجیره ی واکنش های خودکار احتراق در حال از هم گسیختن می باشد و آتش خاموش می شود.

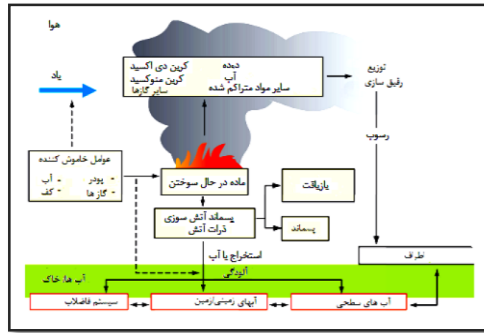
به طور کلی انتشار آلودگی به محیط زیست در آتش سوزی های بسته ، نسبت به آتش سوزی های روباز کمتر است و این به دلیل ماهیت آلاینده های بالقوه این آتش سوزی هاست

## محصولات حریق:

احتراق نه تنها انرژی آزاد می نماید بلکه علاوه بر شعله و حرارت ، موادی تولید می کند که گاه صدمات آنها به تجهیزات و افراد از خود حریق بیشتر بوده و آسیب های زیادی به محیط زیست وارد می نماید. محصولات حریق به عواملی چون ماده سوختنی ، درجه حرارت و میزان اکسیژن موجود بستگی دارد.

**گازها و بخارات حاصل از احتراق :** یکی از خطرناکترین محصولات آتش که نقش مهمی در افزایش تلفات انسانی دارد گازها و بخارات ناشی از آتش است.

**ذرات معلق :** آنچه بصورت دود در اثر حریق تولید می شود ، در واقع ذراتی است که مانع عبور نور می گردد و بسیاری از آنها برای سلامت افراد نیز خطرناکند. اصولا ذرات در اثر احتراق ناقص و دمای پایین ایجاد می گردند و در حریق های گسترده که مواد ، اکسیژن کامل در اختیار ندارند نیز تولید می گردد.



شکل ۲: مسیرهای انتشار آلاینده ها

## نحوه تولید محصولات حریق:

تجزیه اولیه معمولاً از طریق پیرولیز است که در نتیجه آن مواد توسط حرارت شکسته شده و گستره ای از محصولات جانبی آلی ایجاد می شود که این مواد سوخت فراری را برای احتراق فراهم می آورد. بازده نسبی پیرولیز و احتراق ترکیبات گوناگون بستگی زیادی به شرایط احتراق دارد. آتش سوزی های کندسوز شامل تجزیه حرارتی آرام تحت شرایط اکسایش بدون شعله می باشند. در این شرایط محصولاتی ایجاد می شوند که اشباع از ترکیبات آلی هستند. در زمینه اثرات بالقوه بر محیط زیست، آتش سوزی های شعله ور با تهویه کنترل شده غالباً خطر بالقوه بیشتری را در پی خواهند داشت. در یک رخداد، اینکه چه چیزی در هر مرحله از آتش سوزی رخ می دهد و چگونه می تواند در محیط منتشر شود، باید مد نظر قرار گیرد.

تحقیقات جدید در مورد محصولات آتش سوزی مشخص می کند که گازهایی از قبیل  $CO$ ،  $CO_2$ ،  $HCN$ ،  $NOX$  و سایر محرکها از نقطه نظر سمیت حاد مهم می باشند، همچنین ترکیبات آلی با وزن مولکولی بالا و ذرات معلق، به عنوان مثال مواد خاص، هیدروکربن های آروماتیک پلی سیکلیک (PAHs) و دی اکسین ها از نظر زیست محیطی دارای اهمیت بیشتری می باشند.

## منطقه آتش سوزی:

سطحی از منطقه آتش سوزی (داخل منطقه آتش سوزی، در منطقه دپوی مواد منتشر شونده، محل ذخیره مواد سوختنی در فضای آزاد مواد سوختنی آلی، غیره) که آتش سوزی اصلی از آنجا شروع می شود و واکنش اضطراری نیز باید با توجه به آن صورت بگیرد. اگر مردم در منطقه آتش سوزی در خطر باشند، سلامتی و ایمنی آنها در اولویت اقدام باید قرار گیرد. در چنین مواردی بهتر است پیامدهای نامطلوب زیست محیطی دومین ملاحظه ما باشد.

## منطقه توده دود آتش سوزی:

منطقه توده دود آتش سوزی، ناحیه ای در بالای آتش سوزی است که بخار یا دود ناشی از آتش سوزی در آن پراکنده می شود. هردو عامل شرایط آب و هوایی توپوگرافی مانند سرعت باد و خصوصیات پایداری هوا دارای اثراتی بر روی خاصیت پراکندگی و گسترش ناحیه توده دود آتش سوزی می باشند. بعلاوه استراتژی های خاموش کردن آتش نیز بر روی سطوح آلاینده ها در توده مؤثر است. چنانچه فرآیند سوختن کنترل شود بدلیل احتراق بهتر و پراکندگی کمتر آلاینده ها می تواند باعث کاهش میزان آلودگی هوا گردد.

پیامدهای نامطلوب زیست محیطی کوتاه مدت در این ناحیه از اهمیت بیشتری برخوردارند. دره ها، حوضچه ها، ساختمان های بلند، کانال های بیابانی نزدیک آتش سوزی باعث پراکندگی اجباری توده دود میشوند. سرعت کم باد، وارونگی دما و سایر شرایطی که خیلی سریع زمینه تجمع توده دود را فراهم می کند زمینه گسترش سریع منطقه توده را افزایش داده و مانع پراکندگی آن می شوند. اثرات ترکیبی از وضعیت آب و هوایی که منجر به پراکندگی کمتر آلاینده ها شود منجر به افزایش غلظت آلاینده های هوا در منطقه دود آتش سوزی می گردد.

وجود ذرات اتمسفری، با پراکندگی و جذب نور موجب بروز اختلالات بصری و کاهش قابلیت دید می گردند. این موضوع از اهمیت کمتری نسبت به سایر جنبه های زیست محیطی برخوردار است زیرا در این حالت هیچ نوع سمیت بیولوژیکی یا ضرر واضح و تعریف شده ای ایجاد نمی شود، با این وجود باعث کاهش فراگیر در کیفیت محیط زیست می شود.

ذرات شهری از تبدیل گاز به ذره تشکیل می شوند. از جمله این ذرات می توان به ترکیبات فراری که از تغلیظ دود احتراق ایجاد می شوند و یا تشکیل فتوشیمیایی سولفات آمونیم یا آمونیاک و سولفور دی اکسید اشاره نمود. این ذرات در گستره اندازه ای هستند که در محیط جمع شده و به طور موثری موجب پراکندگی نور می گردند.

اجزای آلی بزرگ از قبیل ذرات معلق ، PAHs و دی اکسین ها اجزای مهمی هستند که به هنگام تعیین کمی تأثیرات زیست محیطی توده دود ناشی از آتش سوزی مورد توجه قرار می گیرند.

### منطقه انباشت توده دود:

منطقه انباشت دود، بخشی از منطقه زیر دود آتش سوزی می باشد، بنابراین مشابه آنچه درباره منطقه توده دود آتش سوزی مطرح شد، منطقه انباشت توده دود نیز تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار می گیرند. بیشترین انباشت ذرات نزدیک منبع آتش سوزی اتفاق می افتد.

دمای هوا بطور طبیعی با افزایش ارتفاع کاهش مییابد. معکوس شدن این افزایش درجه طوری است که یک لایه از هوای گرم روی لایه سردتر قرار می گیرد که به وارونگی دما معروف است ، عدم حرکت لایه سردتر هوا به دلیل تراکم بیشتر آن از لایه گرمتر منجر به حبس آلاینده های ناشی از لایه واژگونی می شود.

مواد آزاد شده در اتمسفر بر محیط آبیان و گیاهان زمینی نیز از طریق انباشت آلاینده ها تأثیر می گذارد. بسیاری از محصولات ناشی از تجزیه حرارتی می توانند متراکم شده یا به وسیله ذرات دوده جذب و با دود حمل شوند. همچنین رسوب در ساختارها به ویژه رسوب مواد ناشی از تجزیه اسیدی محصولات منجر به خوردگی آنها می گردد.

آلاینده های انباشته شده از طرق مختلفی نظیر نشت ذرات معلق در هوا ، آب و زمین یا تجمع در زنجیره غذایی ( از قبیل گیاهی و جانوری) و به دنبال آن مصرف مستقیم یا غیرمستقیم از غذای آلوده شده، می توانند موجب بروز خطرات زیست محیطی و سلامتی گردند.

اجزای مهم در این ناحیه شامل ترکیبات آلی با وزن مولکولی زیاد، از قبیل PAHs و دی اکسین ها است. بدین ترتیب برای بدست آوردن اندازه دقیقی از پیامدهای نامطلوب زیست محیطی آتش سوزی خاص، شناخت کامل از شرایط آب و هوایی برای تعیین الگوهای رسوب ، ضروری است.

### منابع:

۱-یاوری ، علیرضا (از نگارندگان این مقاله) ، "روشهای شناسائی،نگهداری،ایمنی،ومدیریت ضایعات مواد شیمیائی خطرناک" کتاب در شرف چاپ

۲- استاندارد ملی ایران ، ایزو ۱۹۵۰۵۲

3 سایت شرکت پوشش گستر ،حفاظت ساختمانها در برابر حریق

4-Nick Artim, "An Introduction to Automatic Fire Sprinklers, Part II"

5-Drew MartinEmail, Mai Tomida , Brian Meacham," Environmental impact of fire" Fire Science Reviews2016

6-John R. Hall, Jr., "NFPA's "U.S. Experience with Sprinklers", June 2013

7-Landcare Research," Impact of Fire Service Activity on the Environment", March 2007

8-Fowles,J," the Ecotoxicity of Fire Water run-off part I", August 2001

9-Noiton, D, ," the Ecotoxicity of Fire Water run-off part II", August 2001