



پیامدهای نامطلوب زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش

رحیم فرجی^۱
علی وطن دوست^۲

چکیده

آتش سوزی های با مقیاس بزرگ رخدادهای پیچیده ای هستند که رفتار آنها به پارامترهای زیادی شامل سطح تهویه، بار آتش سوزی، وجود یا عدم وجود محفظه و خصوصیات سوختن مواد قابل احتراق بستگی دارد.

به علت آلودگی بالقوه طبیعی مواد منتشرشونده از آتش و عوامل خاموش کننده در این ساختار، انتشار آلودگی در محیط به طور کلی در یک فضای محصور نسبت به حالت آتش سوزی در محیط باز کمتر می باشد.

راه های مختلف انتشار و مکانیسم های انتقال و نشر اجزای گازی، اثر بر هوا یا نشر آب آلوده آتش نشانی و اثرات متقابل آنها و گستره گوناگونی از مواد منتشر شونده سمی (اولیه و ثانویه) در آتش سوزی ها و راه های متعدد اثر به انسان، حیوان یا دریافت کننده های گیاهی از جمله موضوعاتی است که باید به طور کارشناسی و تخصصی مورد بررسی قرار گیرند.

در یک آتش سوزی لازم است کلیه مدارک، مستندات و شواهد مربوطه در یک پرونده ثبت و نگهداری شود تا در زمان مقتضی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه براساس این اطلاعات انجام پذیرد. در این مقاله ضمن توصیف مواد منتشرشونده از آتش از لحاظ محلی و غیر محلی به چگونگی ارزیابی این پیامدها بر روی آب های سطحی و زیرزمینی، خاک، گیاهان و جانداران از جمله انسان اشاره شده و با ارائه راهنمایی برای بررسی این پیامدها و تجزیه و تحلیل آنها، راهکارهای پیشگیری، محدود کردن و همچنین کاهش آنها ارائه شده است. چارچوب ارائه شده، می تواند به عنوان یک راهنما برای تبادل اطلاعات اولیه و ضروری در راستای فرآیندهای ارزیابی مواد منتشرشونده از آتش برای قشر وسیعی از کارشناسان و افراد مسئول در امور زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته و همچنین می تواند یک راهنمای کلی برای تولید محصولات با حداقل پیامدهای زیست محیطی متاثر از مواد منتشرشونده از آتش باشد.

کلید واژگان: ارزیابی، مواد منتشرشونده از آتش، پیامدها، آتش سوزی

۱- کارشناس ارشد، کرج- سازمان ملی استاندارد ایران- پژوهشگاه استاندارد faraji.1839@yahoo.com

۲- کارشناس رسمی قوه قضاییه (آتش نشانی و آتش سوزی)، تبریز- مدرس مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار @vatan.ali@yahoo.com

مقدمه

آتش سوزی به طور طبیعی یک فرآیند اتفاقی است بنابراین پسماند آتش سوزی صرف نظر از رویداد آتش سوزی خاص بر محیط زیست موثر می‌باشد و مهم است توجه شود که آلودگی یک محل ناشی از آتش سوزی یک بحث جدا از مسموم کنندگی قبل و بعد از آتش سوزی می‌باشد. تعیین و تشخیص مواد منتشرشونده از آتش نیازمند به کارگیری روش‌های مختلف براساس نوع آنها در هوا، آب یا خاک می‌باشد که می‌تواند بر کیفیت هوا، آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک تاثیرگذار باشد. عملیات آتش‌نشانی نیز به طور خاص بر محیط زیست شامل آب و هوا و خاک تاثیر می‌گذارد. آگاهی از آلاینده‌های زیست محیطی حین رخداد آتش سوزی‌های بزرگ از اهمیت زیادی برخوردار است.

داده‌های کمی مربوط به ترکیبات زیان‌آور زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش نمی‌توانند به طور معمولی از آتش سوزی‌های تصادفی بدست آیند، در این راستا می‌توان داده‌های مناسب را از آتش‌های آزمون در مقیاس واقعی و شبیه‌سازی شده برپایه مدل‌های آتش فیزیکی بدست آورد.

آتش سوزی‌های بزرگ پیامدهای نامطلوب پایدار و قابل توجه بر روی محیط زیست دارند که به برخی از این رویدادها با پیامدهای زیاد زیست محیطی در نیم قرن گذشته اشاره می‌شود.

- دو مورد آتش سوزی ضایعات تایر در مقیاس وسیع در آمریکای شمالی اتفاق افتاد. آتش سوزی تایر ممکن است چندین روز تا چندین ماه ادامه داشته باشد که به سنگین شدن هوا، آلودگی آب و خاک و وجود مشکلات زیاد در آتش‌نشانی منجر خواهد شد. گاهی ممکن است لازم باشد که ساکنین محل را تخلیه نمایند و آب آشامیدنی ممکن است مدت‌ها دچار اشکال گردد. تجارب به‌دست‌آمده از این حادثه منجر به ایجاد راهنماهای مفیدی در آمریکای شمالی شد.

- در نتیجه تجاوز عراق به کویت، چاه‌های نفت به طور سیستماتیک به واسطه استفاده از مواد منفجره آسیب دید که به فوران غیر قابل کنترل گاز و نفت در بیش از ۷۰۰ چاه نفت و گاز منجر گردید. آلودگی زیست محیطی ناشی از نشت نفت و گازهای آتش سوزی بدلیل اهمیت فوق‌العاده و وجود آلاینده‌های پایدار (معادل ۷,۴۰۰,۰۰۰ bbls / day)، مطابق گزارش ارزیابی NIST در سال ۱۹۹۴، منابع آبی و خاکی را به شدت تحت تاثیر قرار داد.

- آتش سوزی بزرگ که در یک انبار ذخیره روغن حاوی ۳۵,۰۰۰,۰۰۰ لیتر از انواع مختلف سوخت، اتفاق افتاده بود. آتش سوزی به مدت چندین روز ادامه داشت و در نتیجه آن توده حجیمی از دود متراکم تولید شد و به خاطر شرایط متروپولوزیکی موجود در بالای اتمسفر هوا پخش گردید. آب‌های سطحی و زیرزمینی تا فاصله ۲ کیلومتری شمال، شرق و جنوب شرقی محل به هیدروکربن‌ها و کف‌های خاموش‌کننده استفاده شده برای خاموش کردن آتش، آلوده شده بودند و بعد از دو سال گسترش آلودگی ظاهر شده به محدوده مجاور انبار محدود می‌شد. در حدود ۲۲,۰۰۰,۰۰۰ میلیون لیتر از آب آتش‌نشانی آلوده، اصلاح شد و به طور ایمن در طبیعت رها گردید.



نتایج مهم چنین رخدادهائی تأیید می‌کند که پیامدهای زیست محیطی آتش‌سوزی‌ها، فشار بر عوامل بین‌المللی است که مصرانه به طور جهانی و سیستماتیک دست به کار شوند. [۱-۵]
فرآیند ارزیابی در یک حادثه آتش‌سوزی شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- ارزیابی پیامدهای نامطلوب زیست محیطی محلی و دور دست آتش‌سوزی‌ها و تعیین معیارهای پیشگیری مناسب؛

ب- تجزیه و تحلیل بعد از آتش‌سوزی جهت تعیین ماهیت و گسترش پیامدهای نامطلوب زیست محیطی آتش‌سوزی‌ها و

پ- جمع‌آوری داده‌های مرتبط برای استفاده در ارزیابی‌های خطر آتش‌سوزی محیطی. لازم است قبل از هر اقدامی محیط و وقایع متاثر از مواد منتشرشونده از آتش شناسایی شود.

۱ آتش و پیامدهای آن

آتش‌سوزی به طور بالقوه دارای پیامدهای نامطلوب بر روی محیط زیست می‌باشد و حذف آتش و فعالیت‌های آتش‌نشانی جهت جلوگیری از انواع پیامدها می‌باشد لیکن فعالیت‌های آتش‌نشانی می‌تواند دارای پیامدهای نامطلوب زیست محیطی (به طور مثال استفاده از کف‌های شیمیایی یا کاهش دهنده‌ها برای کنترل برخی از آتش‌سوزی‌ها و سمیت ناشی از مواد شیمیایی آزاد شده از عملیات سوختن) باشد و نیاز است این اثرات جهت به حداقل رساندن پیامدهای کلی آتش‌سوزی‌ها بر روی محیط زیست ارزیابی و کنترل شوند.

آتش‌سوزی‌های با مقیاس بزرگ رخدادهای پیچیده‌ای هستند که رفتار آنها به پارامترهای زیادی شامل سطح تهویه، بار آتش‌سوزی، وجود یا عدم وجود فضای محصور و خصوصیات سوختن مواد قابل احتراق بستگی دارد. [۶] به‌طور کلی انتشار آلودگی به محیط زیست در آتش‌سوزی‌های بسته نسبت به آتش‌سوزی‌های روباز کمتر است و این به دلیل ماهیت آلاینده‌ی بالقوه این آتش‌سوزی‌ها است.

۱-۱ منطقه آتش‌سوزی

سطحی در منطقه آتش‌سوزی (داخل منطقه سوختن، در منطقه دپوی زباله‌ها، محل ذخیره مواد سوختنی در فضای آزاد مواد سوختنی آلی، غیره) که آتش‌سوزی اصلی از آنجا شروع می‌شود و واکنش اضطراری نیز باید با توجه به آن صورت بگیرد. اگر مردم (ساکنان، کارگران و غیره) در منطقه آتش‌سوزی در خطر باشند، ارجحیت از نظر اقدام باید سلامتی و ایمنی آنها باشد. در چنین مواردی بهتر است اثرات زیست محیطی دومین ملاحظه ما باشد این موارد نیز با ارجحیت کمتر در مدیریت حادثه در نظر گرفته می‌شود. [۷]



۱-۲ منطقه توده دود آتش سوزی

منطقه توده دود آتش سوزی، ناحیه‌ای در بالای آتش سوزی است که بخار یا دود ناشی از آتش سوزی در آن پراکنده می‌شود.

هر دو 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 می‌باشند. به علاوه استراتژی‌های خاموش کردن آتش نیز بر روی سطوح آلاینده‌ها در توده موثر است. چنانچه فرآیند سوختن کنترل شود به دلیل احتراق بهتر و پراکندگی کمتر آلاینده‌ها می‌تواند باعث کاهش میزان آلودگی هوا گردد.

پیامدهای نامطلوب زیست محیطی کوتاه مدت در این ناحیه از اهمیت بیشتری برخوردارند. دره‌ها، حوضچه‌ها، ساختمان‌های بلند، کانال‌های 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 می‌کند زمینه گسترش سریع منطقه توده را افزایش داده و مانع پراکندگی آن می‌شوند. اثرات ترکیبی از وضعیت آب و هوایی که منجر به پراکندگی کمتر آلاینده‌ها شود منجر به افزایش غلظت آلاینده‌های هوا در منطقه دود آتش سوزی می‌گردد.

وجود ذرات اتمسفری، با پراکندگی و جذب نور موجب بروز اختلالات بصری و کاهش قابلیت دید می‌گردند. این موضوع از اولویت کمتری نسبت به سایر جنبه‌های زیست محیطی برخوردار است زیرا در این حالت هیچ نوع سمیت بیولوژیکی یا ضرر واضح و تعریف شده‌ای ایجاد نمی‌شود، با این وجود باعث کاهش فراگیر در کیفیت محیط زیست می‌شود. "ذرات شهری" از تبدیل گاز به ذره تشکیل می‌شوند. از جمله این ذرات می‌توان به ترکیبات فزاری که از تغلیظ دود احتراق ایجاد می‌شوند و یا تشکیل فتوشیمیایی سولفات آمونیم از آمونیاک و سولفور دی اکسید اشاره نمود. این ذرات در گستره اندازه‌ای هستند که در محیط جمع شده و به طور موثری موجب پراکندگی نور می‌گردند.

اجزای آلی بزرگ از قبیل آئروسول، PAHs و دی اکسین‌ها اجزای مهمی هستند که به هنگام تعیین کمی تاثیرات زیست محیطی توده دود ناشی از آتش سوزی مورد توجه قرار می‌گیرند.

۱-۳ منطقه انباشت توده دود

منطقه انباشت دود بخشی از منطقه زیر دود آتش سوزی می‌باشد. بنابراین مشابه آنچه درباره منطقه توده دود آتش سوزی مطرح شد، منطقه انباشت توده دود نیز تحت تاثیر شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرند. بیشترین انباشت ذرات نزدیک منبع آتش سوزی اتفاق می‌افتد.

دمای هوا به طور طبیعی با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. معکوس شدن این افزایش درجه طوری است که یک لایه از هوای گرم روی لایه سردتر قرار می‌گیرد که به وارونگی دما معروف است، عدم حرکت لایه سردتر هوا به دلیل تراکم بیشتر آن از لایه گرمتر منجر به حبس آلاینده‌های نشری زیر لایه واژگونی می‌شود.



مواد آزادشده در اتمسفر بر محیط آبریان و گیاهان زمینی نیز از طریق انباشت آلاینده‌ها تأثیر می‌گذارد. بسیاری از محصولات ناشی از تجزیه حرارتی می‌توانند متراکم شده یا به‌وسیله ذرات دوده جذب و با دود حمل شوند. همچنین رسوب در ساختارها به‌ویژه رسوب مواد ناشی از تجزیه اسیدی محصولات منجر به خوردگی آنها می‌گردد.

آلاینده‌های انباشته شده از طرق مختلفی می‌توانند موجب بروز خطرات زیست محیطی و سلامتی گردند برخی از این موارد عبارتند از:

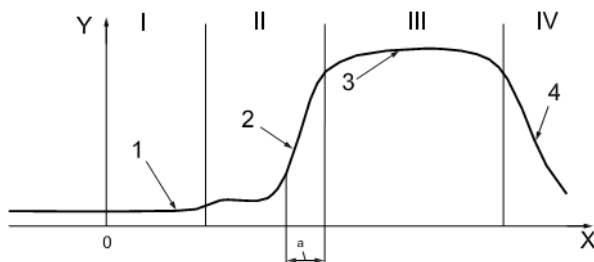
الف- نشت ذرات معلق در هوا بر آب و زمین و

ب- تجمع در زنجیره غذایی (از قبیل گیاهی و جانوری) و به دنبال آن مصرف، مستقیم یا غیر مستقیم از غذای آلوده شده.

اجزای مهم در این ناحیه شامل ترکیبات آلی با وزن مولکولی زیاد، از قبیل PAHs و دی اکسین‌ها می‌باشد. بدین ترتیب برای بدست آوردن اندازه دقیقی از پیامدهای نامطلوب زیست محیطی آتش سوزی شناخت کامل از شرایط آب و هوایی برای تعیین الگوهای رسوب، ضروری می‌باشد. [۶]

۲ مراحل آتش سوزی

چهار مرحله اصلی گسترش آتش سوزی در یک فضای محصور در شکل ۱، نشان داده شده است که گسترش آتش سوزی را با فرض اینکه خاموش کننده‌های آتش سوزی با سیستم‌های فعال خاموش کننده نظیر آب پاش‌ها هیچ مداخله‌ای ندارد را ارائه می‌دهد. مشتعل شدن^۳ به مرحله‌ای در آتش سوزی اطلاق می‌گردد که در آن رشد سریع در یک آتش کوچک با تهویه مناسب اتفاق افتاده و آن را به یک آتش گسترده کامل تبدیل می‌نماید. (به شکل ۲ مراجعه شود) زمانی آتش سوزی گسترش می‌یابد که از آتش سوزی کوچک در اثر تهویه مناسب به آتش سوزی گسترده تبدیل می‌شود.



شکل ۱- توسعه بالقوه آتش سوزی در یک فضای محصور [۴]



راهنما:

X: زمان	۱: آغاز	۲: رشد	۳: آتش سوزی کاملاً توسعه یافته
Y: دما	۴: زوال	۵: مشتعل شدن	

اترزیست محیطی مداخله آتش نشانی به وقوع در یکی از مراحل مختلف ۳، ۲ یا ۴ (نشان داده شده در شکل ۲)، بستگی خواهد داشت. جدول ۱، خلاصه‌ای از انتشارات ناشی از اثر مداخله آتش نشانی در مراحل مختلف شکل ۲، را نشان می‌دهد.

جدول ۱- توصیف اثر مداخله آتش نشانی بسته به مرحله آتش سوزی

اثرات اقدامات	انتشارات	شماره
فقط اثر محلی (مداخله سریع)	مولکول‌های ساده، غلظت کم	۱
اثر موضعی و فوری	ترکیبات آلی بسیار پیچیده، که در غلظت‌های بالاتری از مرحله ۱، ایجاد می‌شوند مولکول‌های ساده هنوز هم در غلظت‌های بالا تولید می‌شوند.	۲
بیشترین میزان اثر محیطی، یعنی محلی، بلافاصله و بیرونی (به بند ۳-۱ مراجعه شود). دقت شود پیامدهای نامطلوب زیست محیطی از طریق مداخله زیاد نشود.	مقدار زیادی ترکیبات آلی با وزن مولکولی بالا در غلظت‌های بالا، مولکول‌های ساده هنوز هم در غلظت‌های بالا تولید می‌شوند.	۳
امکان اثر بالقوه وجود دارد، در صورتی که مواد منتشر شونده به شدت محفوظ باشند و آتش رو به کاهش باشد و مداخله منجر به افزایش خطر انتشار و توزیع (و/یا سمیت) مواد منتشر شونده گردد، امکان تأثیر بسیار شدید بر روی محیط زیست وجود خواهد داشت.	مقدار زیادی از مواد منتشر شونده ایجاد می‌شود. اگر اقدامات آتش نشانی قبل از رسیدن به این مرحله ایجاد نشود، آتش سوزی خودبه‌خود خاموش می‌شود.	۴

۳ مواد منتشر شونده از آتش

برهم‌کنش بین آتش سوزی و مواد منتشر شونده با محیط در شکل ۱ نشان داده شده و نشان می‌دهد که چگونه آتش سوزی‌ها باعث ایجاد اثرات نامطلوب در محیط زیست از طریق موارد زیر می‌شوند:

- گازهای مستقیم و انتشار ذرات در اتمسفر،
- پخش مواد قابل انتشار در اتمسفر،
- رسوب مواد قابل انتشار در اتمسفر،
- آلودگی خاک و

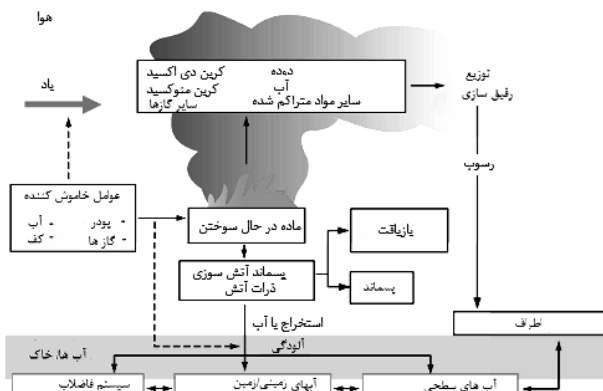


■ آب‌های سطحی و زیرزمینی.

شکل ۲، شامل برهم کنش‌های ناشی از تابش حرارتی نمی‌باشد. در ارتباط با محیط‌های حساس این اثرات نیز بهتر است در نظر گرفته شود.

اثرات‌تشنه‌های مختلف تا حدودی به مکانیسم انتقال بستگی دارد. به‌عنوان مثال، نشر اجزای گازی، اثر هوا یا نشر آب آلوده آتش‌نشانی و اثرات متقابل آنها با سیستم تخلیه در مورد اجزای خاص یعنی ترکیبات گازی کوچک و ذرات بزرگ و گستره‌ای از اجزا که بین این دو قرار دارند. لازم به ذکر است که انتشارات می‌توانند بعد از نشر دستخوش تغییرات شیمیایی شوند. به‌عنوان مثال تغییر شکل شیمیایی اکسیدهای نیتروژن (NOX) در فضا ناشی از تابش نور ماوراءبنفش (UV).

گستره گوناگونی از مواد منتشر شونده سمی (اولیه و ثانویه) در آتش‌سوزی منتشر می‌شوند. این مواد می‌توانند از طریق راه‌های متعددی به انسان، حیوان یا دریافت‌کننده‌های گیاهی آسیب بزنند. حتی در محل‌های صنعتی ارزیابی ریسک نمی‌تواند همه اثرات بالقوه را مورد توجه قرار دهد. اما گزینه‌های بدترین حالت ممکن نیز در برنامه‌ریزی‌های قبل از وقوع باید مد نظر قرار گیرد [۸].





شامل تجزیه حرارتی آرام تحت شرایط اکسایش بدون شعله می‌باشد. در این شرایط انتشاراتی ایجاد می‌شوند که اشباع از ترکیبات آلی می‌باشند. آتش سوزی‌های مشتعل از تهویه مناسب دارای نسبت هوا/سوخت بالا می‌باشند که شرایط احتراق مؤثرتری از آتش سوزی‌های بی‌اثر شده، فراهم می‌آورند. در زمینه اثرات بالقوه بر محیط زیست، آتش سوزی‌های شعله‌ور با تهویه کنترل شده غالباً خطر بالقوه بیشتری را در پی خواهند داشت. در یک رخداد مهم است که در نظر گرفته شود چه چیزی در هر مرحله از آتش سوزی رخ می‌دهد و چگونه می‌تواند در محیط منتشر شود. به عنوان مثال اجزای ایجاد شده در مراحل بعدی آتش سوزی تحت شرایط دمایی کم در اثر ترکیب با توده کاهش یافته‌ای از دود می‌تواند خطر محلی بیشتری را در مقایسه با اجزایی که در ابتدای آتش سوزی و تحت شرایط دمایی بالا با بازده بیشتر تولید می‌شود، به همراه داشته باشند. برای مقابله با این شرایط می‌توان اجازه داد که روند آتش سوزی ادامه یابد و عملیات آتش‌نشانی را زمانی که آتش رو به زوال است، شروع کرد. مزایای رسیدن به چنین حالتی این است که اجازه می‌دهد آب آتش‌نشانی کمتری مصرف شده و در نتیجه آلودگی کمتری ایجاد گردد.

تحقیقات جدید در مورد انتشارات آتش سوزی مشخص می‌کند که گازهایی از قبیل CO, CO₂, HCN, NO_x و سایر محرک‌ها از نقطه خطر سم‌شناسی مهم می‌باشند، همچنین ترکیبات آلی با وزن مولکولی بالا و ذرات معلق به عنوان مثال مواد خاص، هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک (PAHs) و دی‌اکسان‌ها از نظر زیست محیطی دارای اهمیت بیشتری می‌باشند [۹].

لازم به ذکر است که آلاینده‌های آب‌های سطحی یا زیرزمینی و خاک به طور بالقوه در اثر مواد منتشرشونده از آتش به طور فیزیکی با محصولات سوخته نشده و عوامل خاموش کننده آتش سوزی مخلوط می‌شوند.

۳-۳ پیامدهای نامطلوب زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش

پیامدهای نامطلوب زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش به دو گروه کوتاه مدت و طولانی مدت تقسیم می‌گردد.

۳-۳-۱ پیامدهای کوتاه مدت

پیامدهای زیست محیطی کوتاه مدت ناشی از قرار گرفتن در معرض آتش سوزی‌ها، از جمله اثرات ایجاد شده بعد از آتش سوزی، در بازه زمانی چند دقیقه تا چند روز پس از آن، غالباً به محیط زیست محلی داخل منطقه توده دود آتش سوزی و منطقه آب باقیمانده از عملیات خاموش کردن آتش بستگی دارد.

پیامدهای زیست محیطی کوتاه مدت ناشی از قرار گرفتن در معرض مواد آزاد شده اتمسفری اساساً به گازها و ذرات معلق خفه‌کننده و محرک مربوط می‌شود.

اغلب مواد سمی آزاد شده احتمالاً در غلظت‌های بالا (صرف نظر از محیط موضعی) ایجاد نمی‌شوند که بتوانند در زمان اتفاق ایجاد ناتوانی کنند. برای بسیاری از این گونه‌ها، سمیت فقط در صورت قرارگیری طولانی مدت در



معرض آنها ایجاد می‌گردد.

غلظت بالای مواد با سمیت حاد در باقیمانده آب حاصل از عملیات آتش‌نشانی که در یک محل آبیگر تخلیه می‌شود، بدترین حالت اثرگذاری بر روی مسیرهای آب‌های طبیعی و زیستگاه‌های آبریان و گونه‌های مرتبط می‌باشد.

۳-۲- پیامدهای طولانی مدت

پیامدهای زیست‌محیطی طولانی مدت ناشی از قرار گرفتن در معرض آتش‌سوزی‌های بزرگ، به‌عنوان مثال اثراتی که تا سال‌ها بعد باقی می‌ماند در منطقه رسوب پسماند آتش‌سوزی و بین آب‌های سطحی یا زیرزمینی بارها تجربه شده است.

پیامدهای زیست‌محیطی طولانی مدت از انتشارات در محیط زیست محلی و در منطقه تجزیه آتش‌سوزی اساساً با وجود آلاینده‌های آلی پایدار و سایر مسموم‌کننده‌های با طول عمر زیاد مرتبط می‌باشند.

پیامدهای زیست‌محیطی طولانی مدت بر روی آب‌های سطحی ناچیز هستند و تغییرات سریع آب را فراهم می‌آورند. پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی بر روی آب‌های سطحی نوعاً کوتاه مدت هستند.

پیامدهای زیست‌محیطی طولانی مدت بر روی آب‌های زیرزمینی می‌تواند ناشی از آلاینده‌های آلی پایدار و فلزاتی باشد، که قادرند به سیستم آب‌های زیرزمینی نفوذ کنند.

۴ انتشار مواد منتشرشونده از آتش در محیط

انتشار مواد منتشرشونده از آتش در محیط به طور خاص شامل انتشار در هوا، آب و خاک می‌باشد.

۴-۱ انتشار در هوا

- پراکندگی دود^۴ آتش‌سوزی در اتمسفر باعث:
- افزایش غلظت آلاینده‌ها در هوا؛
- افزایش خطر قرارگیری در معرض آلاینده‌های هوایی؛
- کاهش قابلیت دید.

صرف‌نظر از کاهش قابلیت دید و مسدود شدن عملیات آتش‌نشانی، ذرات منتشرشده اتمسفری باعث کاهش فراگیر در کیفیت محیط زیست و به‌طور بالقوه سمیت طولانی مدت می‌شود. ذراتی که اصطلاحاً ۱۰ PM گفته می‌شوند، ریزگردهایی به جرم متوسط با قطر آئرو دینامیکی ۱۰ میکرومتر یا کمتر از قبیل PAHs، دی اکسین‌ها و فوران‌ها می‌باشند که به دلیل برهم کنش مستقیم با سیستم تنفسی و انتقال اجزای آلی سرطان‌زا مشکلات

زیست محیطی جدی را ایجاد می نمایند.

۲-۴ انتشار در محیط زمین

آلودگی محیط زمین ممکن است از انتشارات مستقیم آتش سوزی و یا در نتیجه انتشار آلاینده‌ها توسط آتش نشانان در خلال فعالیت‌های پاکسازی بعد از آتش سوزی و یا از طریق واکنش با هوا (به عنوان مثال باد و باران) ممکن است ایجاد گردد. هنگام ارزیابی اثر آتش سوزی بر روی محیط زمین بررسی همه منابع بالقوه آلودگی ضروری می باشد.

مواد آزاد شده در هوا از طریق رسوب آلاینده‌ها بر روی زمین نیز اثر می گذارد که می تواند از طریق اثر هوا تشدید شود.

۳-۴ انتشار در محیط آب

تهدید اصلی در محیط‌های آبی قرارگرفته در معرض آتش سوزی‌ها، ناشی از اثر مستقیم آب آلوده خروجی از فعالیت آتش نشانی، کف و عوامل شیمیایی به داخل رودخانه‌ها، جویبارها، دریاچه‌ها، آب‌های ساحلی، آب‌های زیرزمینی یا تصفیه‌خانه‌ها (STW)^۵ می باشد. گرچه برخی تهدیدات در چنین آب‌هایی شامل تخلیه آلاینده‌های موجود در هوا به محیط آبی یا از طریق فاصلاب‌های زمینی می باشد.

اثری که تخلیه رواناب‌های ناشی از آتش سوزی بر روی محیط زیست آبی دارد به گستره‌ای از عوامل از جمله موارد زیر بستگی دارد:

الف- حجم رواناب تولیدشده، زمان انتقال از محل آتش سوزی به دریافت‌کننده و توانایی رقیق‌سازی آب پذیرنده، دما، ساختار شیمیایی و نوع آب پذیرنده،

ب- ترکیب شیمیایی مواد منتشر شونده ناشی از آتش سوزی، تا حد زیادی تحت تأثیر منبع آتش سوزی است به عنوان مثال در مورد آتش سوزی در محل ذخیره مواد شیمیایی می تواند شامل مخلوط پیچیده‌ای از جمله موارد زیر باشد:

- دوده، خاکسترو سایر جامدات معلق،
- محصولات ناشی از تخریب ساختمان سوخته شده،
- مخازن ذخیره و مواد ذخیره شده در محل،
- مواد شیمیایی ذخیره شده و محصولات تجزیه حرارتی آنها که در محل به وسیله رواناب‌ها شسته می شوند و
- کف‌های خاموش کننده آتش در صورتی که مورد استفاده قرار گیرند.



پ- حساسیت و فاصله (زمان انتقال از محل) دریافت‌کننده‌ها نظیر محل‌های آب آشامیدنی عمومی، حوضچه‌های پرورش ماهی و اکوسیستم‌های ارزشمند جانوری [۱۰].

۳-۴-۱ انتشار آب‌های سطحی

اثرات تخلیه رواناب‌ها در آب‌های سطحی معمولاً کوتاه‌مدت هستند، با این‌وجود این خطرات غالباً جدی می‌باشند. آلودگی منابع آب آشامیدنی عمومی حین یا بلافاصله بعد از آتش‌سوزی می‌تواند یک مورد از این قبیل خطرات باشد. اثرات معمولاً در فاصله بسیار نزدیک از محل آتش‌سوزی که سطح آلاینده‌ها در آن بیشترین مقدار را دارند، شدیدتر هستند.

همانند اثرات کوتاه‌مدت، امکان اثرات بلندمدت ناشی از مصرف مستقیم ترکیبات آلی سمی / سرطان‌زا / خارجی در جریان آب آلوده شده به وسیله آب باقیمانده از عملیات خاموش کردن آتش و / یا رسوب توده و اثرات مزمن بر روی گیاهان و جانوران نیز وجود دارد.

توجه به این نکته لازم است که آب باقیمانده از عملیات خاموش کردن آتش نمی‌تواند مورد تصفیه قرار گیرد زیرا این آب‌ها به واسطه دارا بودن حجم زیادی از آلاینده‌ها یا سورفکتانت‌ها (به عنوان مثال کف‌های خاموش‌کننده آتش‌سوزی) غیر کاربردی می‌باشند.

۳-۴-۲ انتشار در آب زیرزمینی

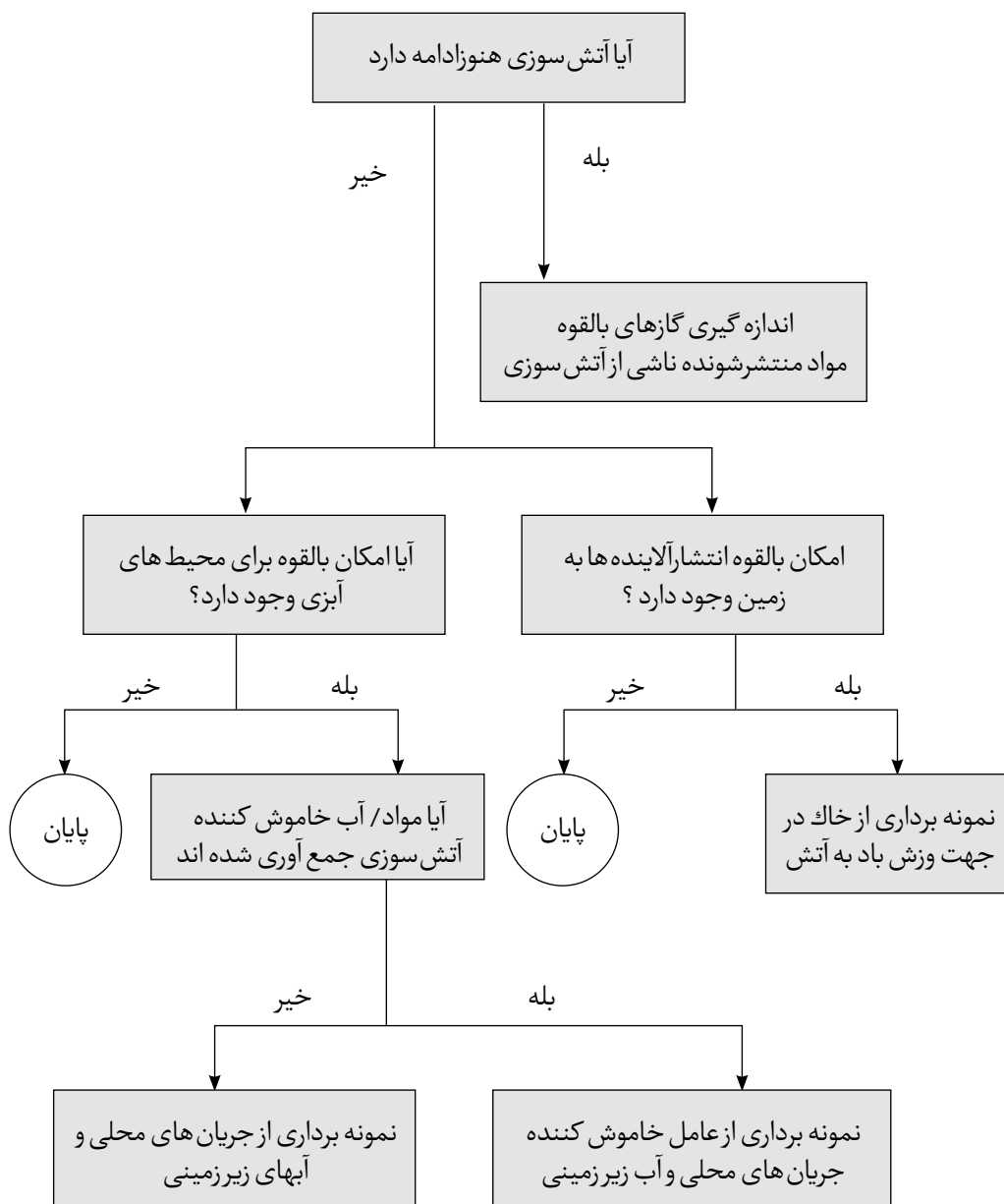
در مورد آلودگی آب‌های زیرزمینی، اثرات می‌توانند بعضی مواقع به مدت یک دهه دوام داشته باشند و منجر به محصور شدن طولانی مدت یا دائمی منابع آبی صنعتی / عمومی شوند. آلودگی آب‌های زیرزمینی همچنین می‌تواند در برگیرنده آلودگی وابسته به آب‌های سطحی نیز باشد.

۳-۴-۴ انتشار در محیط خاک

محیط خاک نیز بی‌تاثیر از اثرات زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش نمی‌باشد و این اثرات می‌تواند نفوذ پسماندها در خاک و با انباشته شدن و تجزیه شدن آنها می‌تواند در ادامه با تاثیر بر رشد گیاهان و جانوران باعث از بین رفتن اکوسیستم حاکم بر محیط خاک شود.

۵ ارزیابی پیامدهای نامطلوب زیست محیطی

اندازه آتش‌سوزی و توزیع یا پخش مواد منتشرشونده از آتش به محیط، تعیین‌کننده محل نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل در ارزیابی پیامدهای نامطلوب زیست محیطی بعد از آتش‌سوزی است. در نمودار نشان داده شده در شکل ۳، روش‌های تعیین انتخاب نمونه و روش‌های تجزیه و تحلیل آن، نشان داده شده است.



شکل ۳- نمودار تصمیم‌گیری برای نمونه برداری از پیامدهای زیست محیطی [۱۳]



۵-۱- انتخاب روش نمونه برداری از انتشارات و ارزیابی آنها [۱۳]

۵-۱-۱ انتشار در هوا

نمونه برداری از انتشارات (ناشی از آتش) در هوا فقط در حین آتش سوزی انجام می‌شود. نمونه برداری از دود آتش سوزی بسیار مشکل است. با وجود نمونه برداری هوایی در برخی موارد با استفاده از هواپیماهای مختلف چگونگی رسوب نمونه‌های گرفته شده از هر یک از نقاط مشخص نمی‌باشد. نمونه برداری زمینی از پایین توده دود می‌تواند اطلاعات مستقیم بیشتری در رابطه با امکان بالقوه رسوب آلاینده‌ها را فراهم آورد [۱۲].

نمونه برداری لحظه‌ای و تجزیه و تحلیل‌های ثانویه در آزمایشگاه می‌تواند داده‌های بیشتری در ارتباط با انتشارات و گونه‌های سمی اکولوژیکی، از قبیل گازهای غیرآلی، PAHs و دی اکسیدها را فراهم نماید. هرچند این داده‌ها از نظر زمانی پایدار نمی‌باشند.

۵-۱-۲ انتشار در محیط آب

اگر مواد خاموش کننده جمع آوری شده‌اند بهتر است نمونه برداری شده و تجزیه و تحلیل شوند.

از آب زیرزمینی و آب جاری اطراف یا دریاچه‌ها نیز باید نمونه برداری شود [۱۱].

بعد از وقوع آتش سوزی، بهتر است تجزیه و تحلیل دقیقی از مسیر صورت گیرد تا کلیه مسیرهای موجود و بالقوه برای رسیدن به گیرنده‌ها مشخص شود.

تجزیه و تحلیل دقیق نمونه‌ها بهتر است بر اساس محصولات ذخیره شده در محل و محصولاتی که احتمالاً از آنها مشتق می‌گردد، همچنین نوع مواد خاموش کننده صورت پذیرد. نمونه‌هایی از عوامل که می‌توانند مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، عبارتند از: PAHs، ترکیبات آلی فرار (VOCs)، هیدروکربن‌ها، دی اکسیدها، فلزات، آمونیاک، pH، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، ذرات جامد معلق (SSs)، در برخی موارد آزمون‌های سمیت و پایش بیوشیمیایی نیز می‌توانند مفید باشند [۱۴].

۵-۱-۳ انتشار در محیط خاک

نمونه برداری از انتشارات آتش سوزی در خاک بهتر است در جهت مسیر باد و در مسیر توده دود آتش سوزی انجام شود.

تجزیه و تحلیل دقیق نمونه‌ها بهتر است بر پایه محصولات ذخیره شده در محل و محصولات شکسته شده مشابه و به علاوه بر پایه عوامل خاموش کننده مورد استفاده، انجام شود.

مثال‌هایی از عوامل که می‌توانند تجزیه و تحلیل شوند شامل PAHs، دی اکسیدها، فلزات و PH می‌باشند. در برخی موارد آزمون‌های سمیت نیز می‌توانند مفید باشند [۱۴].

۶ اقدامات لازم برای کاهش خطر آتش سوزی

در طراحی محل‌هایی که خطر آلودگی حاصل از عملیات خاموش کردن آتش، اپراتورهای محلی مرتبط با آتش سوزی و سرویس‌های نجات، سایر افراد مسئول و کاربران وجود دارد، لازم است که روش‌های کاهش خطر در نظر گرفته شود.

چهار روش اساسی جهت کاهش خطری که می‌تواند در هریک از محل‌ها بکار گرفته شود، به شرح زیر می‌باشد.

الف- پیشگیری

اولویت اول در پیشگیری، جلوگیری از وقوع اولیه آتش سوزی می‌باشد: به عنوان مثال، تقسیم یا کنترل منابع اشتعال از قبیل تقسیم مواد قابل اشتعال.

ب- تشخیص

حصول اطمینان از اینکه اگر آتش سوزی رخ داد به سرعت تشخیص داده شده و در اسرع وقت به آن رسیدگی شود. استفاده از تجهیزات تشخیص اتوماتیکی و سیستم‌های محافظتی از قبیل پاشنده‌ها یکی از این روش‌ها است. اپراتورهای محلی بهتر است از توصیه‌های سرویس‌های آتش‌نشانی و نجات و بیمه‌گزاران در این رابطه بهره‌مند گردند.

پ- محدود کردن

با نصب دستگاه‌هایی برای ذخیره آب آتش‌نشانی از قبیل مخازن یا اتاقک‌های ذخیره، شیرهای قطع‌کننده و جداسازی محوطه یا محوطه‌ها و مخازن جداکننده [۴].

ت- کاهش

با طراحی استراتژی‌های آتش‌نشانی مناسب در سرویس آتش‌نشانی و نجات از قبیل:

- کاهش مقدار آب آتش‌نشانی ایجاد شده با استفاده از افشانه‌ها به جای جت‌ها،
- بازیابی آب آتش‌نشانی که مضر نیست و
- کنترل فرآیند سوختن

در مواردی که لازم است جهت جلوگیری از پراکندگی آتش سوزی اقدامی مانند کاربرد آب سرد در اطراف تانک‌های ذخیره صورت پذیرد، بهتر است جهت تضمین عدم آلاینده‌ی آب دقت لازم بعمل آید.

ماهیت و مکان انجام هر نوع اقدامی، پیامدهای زیست‌محیطی آن مداخله را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. بهتر است هنگام تعیین پیامدهای زیست‌محیطی یک نوع اقدام خاص در نظر گرفته و فرآیند سوختن کنترل شود، برای مثال گاهی ممکن است آتش‌نشانی به شیوه سنتی ترجیح داده شود.



۷ نتیجه گیری

مواد منتشرشونده از آتش نوعاً شامل تعداد زیادی از ترکیبات و ذرات می باشد که برای محیط زیست و انسان مضر هستند. مقدار آلودگی به شرایط آتش سوزی، نوع سوخت، محیط اطراف و زمان آن بستگی دارد. این مقاله می تواند به عنوان سندی جهت ایجاد چارچوب کاری مناسب برای تعیین پیامدهای زیست محیطی ناشی از آتش سوزی ها در قالب تدوین یک استاندارد ملی در نظر گرفته شود. الزامات ارائه شده در راستای ارزیابی پیامدهای زیست محیطی مواد منتشرشونده از آتش که در این مقاله اشاره شده است شامل دسته خاصی از آتش سوزی ها نبوده، گرچه هریک از این نوع آتش سوزی ها می توانند مواد منتشرشونده از آتش خاص مربوط به خود داشته باشند و به انواع گروه های آتش سوزی از جمله ساختمان و وسایل حمل و نقل و غیره قابل تعمیم می باشد. براساس ارزیابی های انجام شده در یک آتش سوزی لازم است کلیه مدارک، مستندات و شواهد مربوطه در یک پرونده ثبت و نگهداری شود تا در زمان مقتضی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه براساس این اطلاعات انجام پذیرد. مطالب اشاره شده در این مقاله می تواند به عنوان یک راهنما برای تبادل اطلاعات اولیه و ضروری در راستای فرآیندهای ارزیابی مواد منتشرشونده از آتش برای قشروسیعی از کارشناسان و افراد مسئول در امور زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این مطالب می تواند راهنمایی برای تولید محصولات با حداقل پیامدهای زیست محیطی متاثر از مواد منتشرشونده از آتش بکار گرفته شود.

۸ مراجع

- [1] Adams R, Simmons D 1999. Ecological effects of fire-fighting foams and retardants: a summary. *Australian Forestry Journal* 62(4): 307-14.
- [2] Hao, L. and W. Yu, Comparison of thermal protective performance of aluminized fabrics of basalt fiber and glass fiber. *Fire and Materials*, 2011. 35(8): p. 553560.
- [3] Jelle, B.P., Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions - Properties, requirements and possibilities. *Energy and Buildings*, 2011. 43(10): p. 2549-2563.
- [4] ISO 26367-1:2011, Guidelines for assessing the adverse environmental impact of fire effluents - Part 1: General
- [5] García Arenas, C., et al., High fire resistance in blocks containing coal combustion fly ashes and bottom ash. *Waste Management*, 2011. 31(8): p. 17831789.
- [6] Horrocks, A.R., Developments in flame retardants for heat and fire resistant textiles - The role of char formation and intumescence. *Polymer Degradation and Stability*, 1996. 54(2-3 SPEC. ISS.): p. 143-154. ISO Guide 64, Guide for addressing environmental issues in product standards
- [7] ISO 29904:2014, Fire chemistry- Aerosols generation and measurement in fire
8. Persson, B. and M. Simonson, Fire Emissions into the Atmosphere. *Fire Technology*, 1998. 34(3): p. 277-279.
- [9] Blomqvist, P., B. Persson, and M. Simonson, Fire emissions of organics into the atmosphere.



Fire echnology, 2007. 43(3): p. 213-231.

- [10] Hlemann, H. Environmental Problems caused by Fires and Fire-Fighting Agents. in Fire Safety Science - Proceedings of the Fourth International Symposium. 1994. Ottawa, Canada: International Association for Fire Safety Science.
- [11] Effects of ash-loaded post-fire runoff on the freshwater clam *Corbicula fluminea* Volume 90, May 2016, Pages 180–189
- [12] Lnnemark, A., H. Stripple, and P. Blomqvist, Modelling of emissions from fires, 2006, SP Technical Research Institute of Sweden: Borås, Sweden. p. 126.
- [13] ISO 19701:2013, Methods for sampling and analysis of fire effluents.
- [14] AFAP-3 NATO. Reaction-to-fire tests for materials – Toxicity of fire effluents, edition 3 (2010)