الزامات پدافند غیرعامل به منظور کاهش خطرات ناشی از ماده شیمیایی پرخطر و سمی استرانسیم به انسان و محیط زیست

حسین اسفندیان[1]، سید محسن کامروافر[2,*]، علیرضا خواجه امیری[3]

[1] استادیار، دانشکده فناوری های نوین مهندسی، دانشگاه تخصصی فناوری های نوین آمل، آمل، ایران.
[2] دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.
[3] استادیار، دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران، مرکز تحقیقاتی توکسین، تهران، ایران.
*آدرس پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.mohsenkamrava@yahoo.com

چکیده

به دلیل استفاده از ترکیبات مختلف و مواد شیمیایی سمی در تاسیسات چرخه سوخت هسته ای، و نیز با توجه به اینکه تاسیسات چرخه سوخت هسته ای جزو مراکز حیاتی کشور می باشند لذا جهت مصون سازی به منظور کاهش آسیب پذیری و جلوگیری از پیامدهای شیمیایی، بایستی ملاحضات ایمنی، امنیتی و دفاعی در اینگونه زیرساخت ها مطالعه و اجرایی گردد تا از وقوع حوادث ناشی از آنها مانند حادثه چرنوبیل اوکراین، فوکوشیمای ژاپن، کیشتیم روسیه و ... جلوگیری گردد. از آنجایی‌که تاسیسات چرخه سوخت هسته ای از نظر طبقه بندی جزو تاسیسات شیمیایی محسوب شده، ملاحظات ایمنی آن ها نیز مشابه سایر تاسیسات شیمیایی می باشد. حفاظت از سلامت انسان، محیط زیست و نسل های آینده در برابر اثرات زیان بار مواد و دستگاه ها از طریق وضع قوانین و مقرارت مربوطه و رعایت جوانب ایمنی و به کارگیری استاندارد های خاص در طراحی، ساخت، نصب، راه اندازی و بهره برداری درازمدت تجهیزات و تاسیسات هسته ای و همچنین کنترل و نظارت بر رعایت این معیار ها و قوانین در کلیه مراحل از طراحی گرفته تا بهره برداری و جمع آوری تاسیسات میسر و ممکن می گردد. هدف از این مطالعه، بررسی الزامات پدافند غیرعامل به منظور کاهش خطرات ناشی از ماده شیمیایی پرخطر و سمی استرانسیم به انسان و محیط زیست است .

کلمات کلیدی: استرانسیم، الزامات پدافند غیر عامل، محیط زیست، ماده شیمیایی پرخطر.

1. مقدمه

در یک انفجار اتمی انواع مختلفی از رادیوایزوتوپ ها بر روی زمین منتشر می‌شود. از این میان، رادیونوکلییدهایی برای انسان خطرناک هستند که در عضو خاصی متمرکز شده و از نیمه عمر نسبتا بالایی برخوردارند و باعث ایجاد آسیب‌های برگشت‌ناپذیر چون بیماری‌های بدخیم، ناهنجاری‌های کروموزومی و در نهایت آثار ژنتیکی می‌شوند. از این رو بایستی با استفاده از روش‌های درمانی خاص از اشخاص آلوده، رفع آلودگی شود. استفاده از انرژی هسته‌ای برای مصارف صلح آمیز، در کنار منافع و مزایای بسیاری که برای کشورها به ارمغان می‌آورد، خطرات و چالش‌های بهداشتی و زیست محیطی متعددی را نیز ممکن است با خود در پی داشته باشد، به خصوص زمانی که به کارگیری انرژی هسته‌ای از قالب کنترل شده خارج شود و اصول ایمنی و حفاظتی مربوطه رعایت نشود. هر گونه کوتاهی و اهمال کاری در این خصوص، عوارض جبران ناپذیری برای سلامت انسان و محیط زیست به همراه خواهد داشت. یک انفجار هسته‌ای ناخواسته یا تعمدی، نشت مواد رادیواکتیو از راکتورهای آسیب دیده یا فرسوده نیروگاه‌ها یا مراکز فناوری هسته ای، بروز آلودگی رادیواکتیو در حین حمل، جابه جایی و ذخیره سازی سوخت و زباله اتمی و آلوده شدن محیط و افراد درگیر عواقب فاجعه باری خواهند داشت [1, 2]. در یک انفجار

اتمی انواع مختلفی از رادیوایزوتوپ ها بر روی زمین منتشر می‌شود. از این میان، رادیونوکلییدهایی برای انسان خطرناک هستند که در عضو خاصی متمرکز شده و از نیمه عمر نسبتا بالایی برخوردارند و باعث ایجاد آسیب‌های برگشت‌ناپذیر چون بیماری‌های بدخیم، ناهنجاری‌های کروموزومی و در نهایت آثار ژنتیکی می‌شوند. از این رو بایستی با استفاده از روش‌های درمانی خاص از اشخاص آلوده، رفع آلودگی شود. در سال های اخیر، حذف آلودگی ناشی از فلزات خطرناک، به ویژه فلزاتی که خاصیت رادیو اکتیو دارند به دلیل سمیت زیاد و زیست تخریب ناپذیر بودن آن ها، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. حضور این فلزات در آب به شدت سلامت انسان و موجودات زنده را تهدید می کند. در مناطق آلوده به مواد رادیواکتیو، تمامی نیروگاه و منطقه اطراف شامل هر ذره آب یا هردانه خاک که ممکن است آلوده به رادیواکتیو باشد باید پاکسازی شود[3]. استرانسیم اولین بار در سال ۱۷۹۰ توسط کرافورد دانشمند اسکاتلندی کشف گردید [4, 5]. نام عنصر شیمیایی استرانسیم از لغت Strontian که نام شهری در اسکاتلند می‌باشد، گرفته شده است. در سال ۱۸۰۸، شخصی به نام داوی طی الکترولیز توانست این عنصر را کشف کند. البته در سال 1790، کرافورد کانی جدیدی به نام استرونتیانیت را شناسایی کرد که کانی‌های باریم دار متفاوت بود. استرانسیم در کانی‌های سلستیت و استرونتیانیت یافت می‌شود. فلز استرانسیم از الکترولیز مخلوط کلر گداخته همراه با کلرید پتاسیم حاصل می‌شود، یا از احیا اکسید استرانسیم با آلومینیم در شرایط خلا و در دمایی که استرانسیم تقطیر می‌شود، بدست می‌آید. سه شکل آلوتروپی این فلز وجود دارد که نقطه انتقال آنها ۲۳۵ و ۵۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد [6]. در نتیجه واکنشهای شیمیایی، ترکیباتی از استرانسیم که در آب نا محلول هستند، محلول می‌شوند. ترکیبات محلول در آب، نسبت به ترکیبات نامحلول برای سلامتی انسان مضرتر هستند. بنابراین ترکیبات محلول استرانسیم، آب آشامیدنی را آلوده می‌کنند. خوشبختانه غلظت استرانسیم در آب آشامیدنی بسیار کم است. تنفس هوا یا گرد و غبار، خوردن غذا، آب آشامیدنی یا تماس با خاک آلوده به استرانسیم، باعث می‌شود که مقدار کمی استرانسیم وارد بدن انسان شود. احتمال ورود استرانسیم به بدن از راه خوردن و آشامیدن بیشتراست. استرانسیم موجود در غذا به استرانسیم موجود در بدن افزوده می‌شود. دانه‌ها، سبزیهای برگدار و لبنیات، استرانسیم بالایی دارند. میزان استرانسیم موجود در بدن اکثر افراد متوسط است. از بین ترکیبات استرانسیم، تنها کرومات استرانسیم است که حتی مقادیر بسیار اندک آن هم برای سلامتی بدن مضر است. معمولاً کروم سمی است که باعث بیماری می‌شود. کرومات استرانسیم باعث سرطان ریه می‌شود اما با استفاده از روشهای صحیح در کارخانجات خطرات و بیماریهای ناشی از استرانسیم کاهش می‌یابد. بنابراین استرانسیم خطری جدی برای سلامتی انسان محسوب نمی شود. جذب مقدارزیاد استرانسیم برای سلامتی انسان خطری ندارد. تنها در یک مورد، فردی نسبت به استرانسیم حساسیت نشان داد اما مورد دیگری گزارش نشده است. در بچه‌ها جذب استرانسیم زیادی، باعث اختلالات رشد می‌شود. نمکهای استرانسیم باعث خارش پوست یا دیگر مشکلات پوستی نمی‌شوند. وقتی جذب استرانسیم بسیار زیاد باشد، رشد استخوانها دچار مشکل می‌شود. اما این مشکل تنها زمانی پیش می‌آید که جذب استرانسیم بیش از هزار ppm باشد. میزان استرانسیم موجود در غذا و آب آشامیدنی به حدی نیست که باعث این قبیل عوارض شود. خطر استرانسیم رادیو اکتیو برای سلامتی انسان بیشتر از استرانسیم پایدار است. اگر جذب استرانسیم رادیواکتیو خیلی زیاد باشد، باعث کم خونی و کمبود اکسیژن می‌شود. غلظت بسیار بالای استرانسیم به خاطر آسیب به ماده ژنتیکی سلولها باعث سرطان می‌شود. استرانسیم عنصری است که به طور طبیعی در بسیاری از بخشهای محیط زیست مانند سنگها، خاک، آب و هوا وجود دارد. ترکیبات استرانسیم به آسانی در محیط زیست حرکت می‌کنند زیرا بسیاری از این ترکیبات در آب محلول هستند. استرانسیم به صورت غبار، همیشه و به میزان مشخصی در هوا وجود دارد. میزان استرانسیم موجود در هوا در اثرفعالیتهای بشری مانند سوختن ذغال و نفت، ذرات غباری که حاوی استرانسیم هستند در آبهای سطحی، خاک یا سطح گیاهان ته‌نشین می‌شوند. ذراتی که ته نشست نکرده‌اند به هنگام ریزش باران یا برف به زمین برمی گردند. بنابراین مقدار استرانسیم در خاک یا کف آبهای سطحی افزایش می‌یابد و با استرانسیم موجود مخلوط می‌شود. استرانسیم از طریق خاک و هوازدگی سنگها، وارد آب می‌شود. تنها بخش کوچکی از استرانسیم موجود در آب از گرد و غبار موجود در هواست. قسمت عمده استرانسیم موجود در آب به صورت محلول است. اما بخشی از آن هم به صورت معلق می‌باشد که در بعضی جاها باعث گل آلود شدن آب می‌شود. میزان استرانسیم در آب آشامیدنی زیاد نیست. معمولاً در اثر فعالیتهای بشری و عمدتاً در اثر ریختن زباله‌ها در آب، میزان استرانسیم موجود در آب بیشتر از حد طبیعی است. به علاوه در اثر ته‌نشینی ذرات گرد و غبار موجود در هوا که با ذرات استرانسیم

حاصل از فرایندهای صنعتی واکنش داده‌اند هم میزان استرانسیم افزایش می‌یابد. غلظت استرانسیم موجود در خاک در اثر فعالیتهای بشری و توسط خاکستر ذغال سنگ و زباله‌های صنعتی افزایش می‌یابد. استرانسیم موجود در خاک در آب حل می‌شود بنابراین به اعماق زمین نفوذ می‌کند و وارد آب زیرزمینی می‌شود. بخشی از استرانسیمی که توسط انسان ایجاد می‌شود، وارد آب زیرزمینی نمی‌شود و دهها سال در خاک باقی می‌ماند. به خاطرطبیعت استرانسیم بخشی از آن وارد بدن ماهی‌ها، سبزیجات، دامها و جانوران دیگر می‌شود. یکی از ایزوتوپهای استرانسیم رادیو اکتیو است. این ایزوتوپ به طور طبیعی در محیط وجود ندارد و در نتیجه فعالیتهای بشری مانند آزمایش بمبهای اتمی در محیط افزایش می‌یابد. تنها راه کاهش غلظت این ایزوتوپ تجزیه رادیواکتیو آن به زیرکونیم پایدار است. غلظت استرانسیم رادیواکتیو در محیط زیست نسبتاً کم است و ذرات آن همیشه در خاک و کف آب تجمع می‌یابد. در نتیجه با دیگر ذرات استرانسیم مخلوط می‌شود. اما میزان آن در آب آشامیدنی افزایش نمی‌یابد [7-10].

2. نتایج و بحث روی نتایج

برای بررسی الزامات پدافند غیرعامل برای ماده سمی و خطرناک استرانسیم ابتدا ایمنی این ماده بررسی می شود. ایمنی ماده استرانسیم (MSDS) در جدول (1) آورده شده است.

جدول 1- جدول ایمنی ماده استرانسیم.

نام ماده : استرانسیم فرمول شیمیائی : Sr وزن مولکولی: 87/62 gr/mol			CAS – NO : 7440-24-6
نوع خطر/مواجهه	خطرات حاد/علائم	پیشگیری	کمک های اولیه / اطفاء حریق
آتش	جامد قابل اشتعال، در صورت آتش سوزی از آب، دی اکسید کربن و مواد هالوژن استفاده نکنید.		از مواد خاموش کننده شیمیایی، شن و ماسه خشک یا دولومیت خشک استفاده کنید. استفاده از ماسک، لباس های مقاوم در برابر شعله و مواد شیمیایی؛ کلاه، چکمه و دستکش. مواد را از منطقه آتش حذف کنید. مخزن داغ را با آب از حداکثر فاصله خنک کنید.
انفجار	تماس با آب، هیدروژن (مواد منفجره) را آزاد می کند.		
مواجهه	استنشاق، بلع، جذب از راه پوست و نفوذ از راه زخم‌های باز. تماس بسیار می تواند سبب بزاق بیش از حد، استفراغ، کولیک، اسهال و نارسایی تنفسی شود	استفاده از عینک، دستکش و ماسک استفاده از لباس محافظ شیمیایی و تجهیزات تنفسی	هوای تازه تنفس کنید . شستشو با آب فراوان و در آوردن لباس آلوده
استنشاق	پودر یا گرد و غبار ممکن است باعث تحریک شود.	در زمان تولید ذرات استفاده از ماسک تنفسی لازم می باشد .	هوای تازه را تنفس کنید . در صورت لزوم تنفس مصنوعی را ارائه دهید. گرم نگه داشتن بیمار، مشاوره فوری پزشکی

پوست	پوست را تحریک می کند .	استفاده از دستکش و لباس محافظ	شستشو با آب فراوان . در آوردن لباس آلوده ، مشاوره فوری پزشکی
چشم ها	چشم ها را تحریک می کند	استفاده از عینک ایمنی مورد تأیید ANSI.	شستشو چشم با آب فراوان از جمله زیر پلک ها با مقدار زیادی آب برای حداقل 15 دقیقه. سپس با دکتر مشورت کنید.
گوارش	استفراغ ، اسهال و کولیک	در حین انجام کار خوراندن و آشامیدن ممنوع	شستشوی معده تا رفع کامل مواد رادیواکتیو، استفاده از داروهای تهوع آور به عنوان تکمیل کننده شستشوی معده مانند آپومورفین هیدروکلراید به‌صورت زیر جلدی و اپیکاک به‌صورت خوراکی، استفاده از مواد مسهل برای افزایش تحریک روده‌ای و دفع سریع آن‌ها مانند روغن کرچک، بیزاکودیل و سولفات منیزیوم 10 درصد (مسهل نمکی
زخم باز			آلودگی‌زدایی کلیه آتل‌ها، گچ‌ها، پانسمان و شستشوی زخم زیر پانسمان با 5 لیتر نرمال سالین و سایر محلول‌های شستشوی جراحی (عدم استفاده از محلول‌های آنتی‌باکتریال و دترژانت‌های دیگر) باید انجام گیرد. در صورت وجود سوختگی تاول‌های بسته را باید رها کرد و تاول‌های ترکیده باید کاملاً برداشته شده و شستشو داده شوند.

پایداری	ناسازگاری	پلیمریزاسیون خطرناک
پایدار	آب / رطوبت، عوامل اکسید کننده، اسیدها، O_2 (هوا)، هالوژن. در هوا اکسید می شود. گاز هیدروژن را از آب ایجاد می کند.	ندارد
دفع ضایعات	**نحوه بسته بندی**	**تمهیدات کار**
با دولت، قوانین محلی یا فدرال EPA برای دفع مناسب مشورت کنید. از تجهیزات حفاظتی کامل استفاده کنید، تهویه مناسب تهیه کنید، از منابع احتراق اطمینان داشته باشید. سرباره را با شن و ماسه خشک	برای جلوگیری از اکسیداسیون، تحت نفت سفید یا روغن معدنی یا گاز خشک و بی اثر نگهداری کنید. ظرف را به صورت مهر و موم نگه دارید. در جای خنک و خشک در بسته های محکم بسته نگهداری کنید. دور از آب / رطوبت نگه دارید. دور از هوا ذخیره کنید. با مواد اکسید کننده و اسیدی ذخیره نشود. دور از هالوژن ها ذخیره کنید. از رطوبت و آب محافظت کنید. منابع احتراق را دور نگه دارید	پیاده سازی مهندسی و تمرین برای کاهش و حفظ تمرکز قرار گرفتن در معرض. از روش های نگهداری و بهداشت عمومی استفاده کنید. از تنباکو یا غذا در محل کار استفاده نکنید. قبل از غذا خوردن یا سیگار کشیدن دست ها را کاملا شستشو دهید. گرد و غبار را از لباس یا پوست با هوا فشرده خارج نکنید. دوش گرفتن و امکانات بهداشتی برای شستشو

پوشش دهید. خوب مخلوط کنید و به راحتی به یک ظرف منتقل کنید. با آب و یا عوامل پاک کننده آب آشامیدنی نپوشانید.		
اطلاعات مهم	حالت فیزیکی و وضعیت ظاهری: جامد – زرد نقره ای ، جامد قابل اشتعال کلاس خطر: 4/3 دسته بندی گروه: II راه های مواجهه: از طریق تماس با پوست ، تماس با چشم ، بلعیدن و استنشاق کردن و زخم باز اثرات مواجهه کوتاه مدت: سوزش و خارش چشم ها و بعد از بلعیدن استفراغ ، آشفتگی ، گیجی ، تشنج از حال رفتن و بی هوشی اثرات مواجهه طولانی مدت یا مکرر: سرطان و مرگ	
خواص فیزیکی: نقطه ذوب : 777 °C نقطه جوش: 1377 °C نقطه اشتعال : در دسترس نمی باشد. محدده انفجار بالا : در دسترس نمی باشد . محدوده انفجار پایین : در دسترس نمی باشد . چگالی در دمای اتاق : 2/64 g/cm3 چگالی مایع در نقطه ذوب : 2/375 g/m3 گرمای هم جوشی: 7/43 kJ/mol گرمای تبخیر : 136/9 kJ/mol		
اطلاعات زیست محیطی: تخریب محیط زیست ، اجازه ندهید داخل سیستم پساب شود. استرانسیم موجود در خاک در آب حل می‌شود بنابراین به اعماق زمین نفوذ می‌کند و وارد آب زیرزمینی می‌شود. یکی از ایزوتوپهای استرانسیم رادیو اکتیو است. این ایزوتوپ به طور طبیعی در محیط وجود ندارد و در نتیجه فعالیتهای بشری مانند آزمایش بمبهای اتمی در محیط افزایش می‌یابد. تنها راه کاهش غلظت این ایزوتوپ تجزیه رادیواکتیو آن به زیرکونیم پایدار است.		

الزامات پدافند غیرعامل برای ماده پرخطر و سمی استرانسیم براساس زیر تعریف می شود.

الف- الزامات حفاظتی و ایمنی

- به کاربردن عوارض زمین، مناطق کوهستانی و پستی بلندی های زمین برای احداث تأسیسات و نیروگاه های اتمی که توسط دشمن به سهولت قابل رؤیت و تشخیص نباشد.

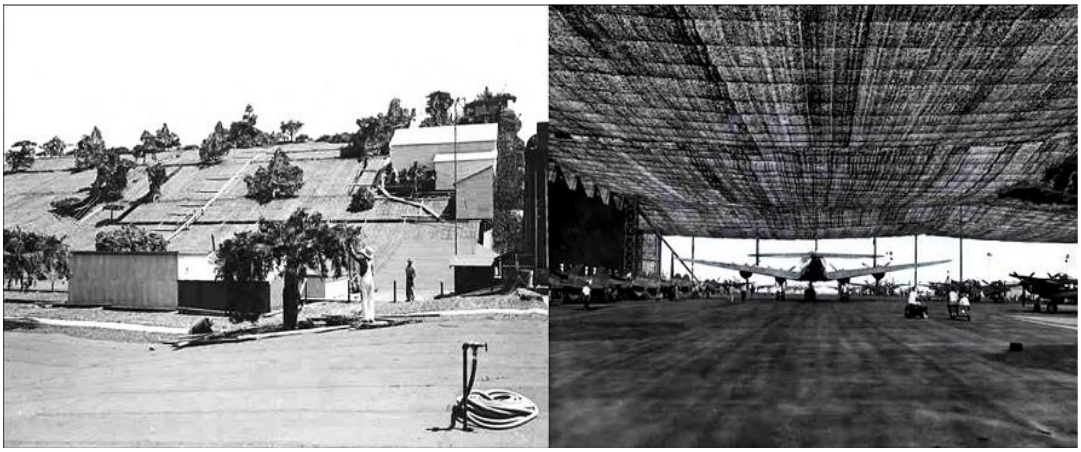
- غیر عادی و غیر مهم جلوه دادن تأسیسات با جدول بندی، درختکاری و گسترش ساختمانهای اداری، مسکونی و مراکز خدماتی برابر الگوی مراکز آموزشی، درمانی و....
- جداسازی منطقی تأسیسات صنعتی که به علت نوع فعالیت نمی توان آنها را به طور کلی دگرگون نمود، به نحوی که تأثیر زیادی بر نوع فعالیت نگذارد وتأسیسات را به صورت واحد های صنعتی مجزا و کم اهمیت ،جلوه دهد
- حذف نقاط حیاتی، حساس و مهم از روی نقشه هایی که به دلایل خاص باید در رسانه های عمومی بازتاب شود
- نشان ندادن نمای خارجی تأسیسات حیاتی و حساس در رسانه های عمومی به خصوص در ارتباط با محیط اطراف و جاده ها
- عدم درج آگهی در جراید به گونه ای که وقوع فعالیت مهمی در محدوده زمانی و درموقعیت جغرافیایی خاصی را مشخص نماید.
- استتار ساختمان های نیروگاه های اتمی بوسیله رنگ و متروکه جلوه دادن آن ها مانند شکل (1) و استتار هدف های مهم (نیروگاه های اتمی) و جلوگیری از شناسایی آنها توسط ماهواره ها مانند استفاده از تورهای استتار

شکل1- استتار ساختمان بوسیله رنگ و متروکه جلوه دادن آن

- ساخت هدف های کاذب و فریبنده در نیروگاه های اتمی مثلا تعبیه گودال هایی که اطراف آنها بوسیله دیوارها محصور وبا مواد قابل احتراق پر شده بود، تجسمی از ساختمان های در حال سوختن را در ذهن دشمن پدید می آوردند.
- انجام اقداماتی برای ایجاد موانع در عکسبرداری و فریب ماهواره ها
- دریافت زمان دقیق عبور ماهواره ها، نوع و مسیر احتمالی آنها جهت جابجایی تجهیزات، موشکها و...
- ایجاد سیستم های دودزای پیروتکنیک در نیروگاه های اتمی به منظور ایجاد فریب دشمن در اصابت موشک به محل مانند شکل (2):

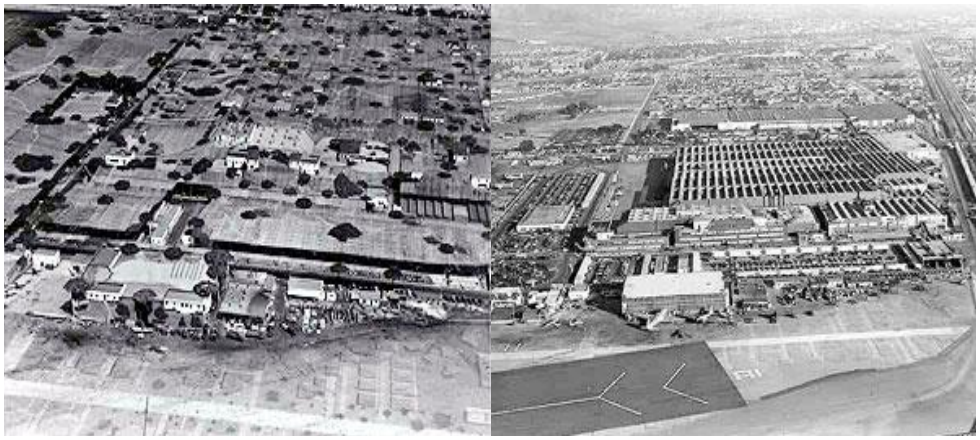
شکل2- پوشش نیروگاه به وسیله دود های پیروتکنیک و ایجاد فریب دشمن در اصابت موشک به محل

- استفاده از پوشش فیزیکی موقت و دایم مانند پرده دود یا بخار غلیظ و یا لانه های موقت همرنگ با محیط در نیروگاه های اتمی مانند شکل (3):



شکل3- انواع پوشش فیزیکی موقت و دائم.

- استفاده از روش فریب در نیروگاه های اتمی مانند شکل (4) که نشان می‌دهد که چگونه یکی از کارخانجات مهم هواپیماسازی در آمریکا (متعلق به شرکت لاکهید مارتین و نیروگاه تامین برق آن) در جریان جنگ جهانی دوم برای در امان ماندن از تیررس هواپیماهای کامیکازه ژاپنی مورد اختفا قرار گرفته به طوری که از بالا شبیه یک دهکده متروک به نظر می رسد [11].



شکل4- اختفا و فریب استفاده شده کارخانه هواپیماسازی آمریکا (متعلق به شرکت لاکهید مارتین) [11].

- مخازن ذخیره مواد رادیو اکتیو را در مناطق مختلف نیروگاه های اتمی قرار دهید و در محل استقرار نداشته باشند یا انتقال آنها به محلی غیر از محل استقرار دائمی و نجات آنها از تاثیر یک حمله هوایی موشکی احتمالی

- ایجاد پناهگاه های سنگین خیلی عمیق با قدرت مقاومت 20 آتمسفراضافه فشار، نزدیک به نقطه انفجار هسته ای برای اقامت طولانی مقامات دولتی ، حزبی و....

- احداث پناهگاه های منفرد دور از منطقه حساس با قدرت مقاومت بین 10 تا 15 آتمسفر اضافه فشاربرای اقامت طولانی 150 نفر به بالا برای حفاظت موسسات صنعتی و...
- پناهگاه ها مجهز به فیلترهای مناسب تصفیه باشند و نیز دارای دستگاه تهویه دستی و برقی باشند و دارای ضریب حفاظت درمقابل تشعشع اتمی100تا 600 باشند (سیستم تهویه باید طوری باشد که بازگشت مجدد هوا ممکن نباشد و قسمت خروجی دستگاه تهویه به نقطه مناسب منتهی شود که شرایط ایمنی لازم در آن رعایت شده باشد و هوای خروجی از یک صافی یا دستگاه جذب کننده عبور داده شود تا از بازگشت مجدد هوای آلوده به محیط کار کاملا جلوگیری گردد.).
- تهویه معادل 6 مترمکعب درساعت هوای تازه برای هر نفر

- نگهداری قطعات یدکی و بحرانی در پناهگاه های مستحکم زیرزمینی
- آب و غذا ی سالم برای توقف7 تا 14روز متغیر وجود داشته باشد. همچنین حوله یا دستمالهای کاغذی که پس از استعمال دور انداخته میشود تهیه گردد.
- داروهای ضروری به میزان لازم.
- ذخایر مواد سوختی وتدارکات ضروری درزیرزمین نگهداری شوند.
- پیش بینی تخلیه اضطراری مناطق هدف (نیروگاه های اتمی) به میزان66٪با وسایل عمومی
- احداث شیلترهای ضد بمب.
- یک سیستم عالی اعلام خطر در نیروگاه های وجود داشته باشد.
- مناطقی که در آنها از مواد رادیو آکتیو استفاده می شود باید به وسیله علامت خطر مناسب قابل تشخیص شود. دیوارها و کف کارگاه و همچنین کلیه سطوح و وسائل موجود در آن باید از مصالح صاف و غیر قابل نفوذ و عاری از هر گونه موانع ساخته شده و یا این که با مواد صاف و غیر قابل نفوذ به نحوی که تمام منافذ و درزها بطور کامل گرفته شده باشد پوشانیده شده وتمیز نگاهداری شود.
- کارکنان باید به وسائل اندازه گیری قابل حمل به منظور تعیین پرتوگیری خارجی بدن مجهز باشند و همچنین به وسابل تشخیص الودگی دسترسی داشته باشند تا در صورت وقوع حادثه دستها و لباسهای خود را از نظر آلودگی به مواد رادیو اکتیو آزمایش کنند.
- رخت کنهای مخصوص باید به نحوی تعبیه و در دسترس کارکنان گذارده شود که از هر گونه آلودگی لباسهای غیر کار جلوگیری به عمل آید.
- برای هر یک از کارکنانی که در منطقه خطر کار می کنند باید لباس مخصوص و مشخص تهیه شود به نحوی که تمام قسمتهای آن کاملا بسته بوده و شامل کلاه مخصوص و کفش غیر قابل نفوذ و سایر لوازم باشد. لباسهای مذکور باید بطور جداگانه و با احتیاط لازم شسته شود. هر گاه ماکزیمم غلظت مجاز در هوا از حداکثر قابل قبول تجاوز نماید باید وسایل مخصوصی نظیر ماسکهای تنفسی و کلاه و لباس مخصوص در اختیار کارکنان قرار داده شود. برای کار در محلهائی که خطر آلودگی وجود ندارد از لباسی که بطریق دیگری علامت گذارده شده باشد استفاده شود.
- کار با محلولهای رادیو اکتیو باید روی سینی لبه دار با ظروف دوگانه ای که یکی داخل دیگری باشد انجام شود تا خطر ناشی از شکستن و یا ریختن به حداقل برسد.

- برای انبارکردن مواد رادیو اکتیو باید اطاق مخصوص در نظر گرفته شود. باید از نگهداری مواد رادیو اکتیو در کنار مواد ناسازگار و یا موادی که ممکن است با آنها واکنش های خطرناک ایجاد نمایند، اکیدا اجتناب گردد مثلا ترجیحا مواد خطرناک (مواد رادیو اکتیو) را در یک محل مشخص انبار نمایید. انبارها را در مقابل حریق حفاظت نموده و محوطه ای جداگانه برای انبار کردن مواد خطرناک یا بسیار سمی در نظر بگیرید. حلالهای آتش گیر را در محفظه های مخصوص یا یخچالهای ضد حریق دور از مواد رادیواکتیو نگهداری کنید. از محفظه های ویژه برای حلالهای آتش گیر در حجمهای بیشتر از 2 لیتر استفاده کنید. اسیدها و بازها را جداگانه در فضایی که بخوبی تهویه شود و بدور از مواد رادیو اکتیو قرار دهید. از محفظه هایی (لاستیکی یا پلاستیکی) برای انتقال اسیدها و بازها استفاده کنید.

ب- الزامات رفع آلودگی

1- روش های ساده و فوری جهت آلودگی‌زدایی

- شستشوی دهان و نازوفارنکس
- شستشوی معده تا رفع کامل مواد رادیواکتیو

- استفاده از داروهای تهوع آور به عنوان تکمیل کننده شستشوی معده مانند آپومورفین هیدروکلراید به‌صورت زیر جلدی و اپیکاک به‌صورت خوراکی
- استفاده از مواد مسهل برای افزایش تحریک روده‌ای و دفع سریع آن‌ها مانند روغن کرچک، بیزاکودیل و سولفات منیزیوم 10 درصد (مسهل نمکی)
- تنقیه با آب یا فسفات سدیم
- لاواژ ریه

2- مراحل رفع آلودگی خارجی از بیماران

- درآوردن لباس‌های آلوده و قرار دادن آن در کیسه‌های برچسب‌دار. خارج نمودن لباس‌های خارجی و کفش‌ها حدوداً 95٪-90٪ آلودگی را از بین می‌برد.
- شستشوی سریع پوست:

محلول‌های شستشو: آب ولرم و صابون اسکراب جراحی یا صابون pH خنثی به مدت 3 تا 4 دقیقه مالش با اسفنج نرم یا برس نرم (از آب داغ یا سرداستفاده نشود)، سالین نرمال، بتادین و آب، پراکسیدئیدروژن، محلول 0.25٪ هیپوکلریت سدیم و محلول 0.05٪ کلرین.

در صورت عدم رفع آلودگی دست و اندام انتهایی منطقه آلوده باید بسته شود تا آلودگی از راه تعریق دفع شود. در صورت وجود زخم باز، قبل از رفع آلودگی پوست اطراف، زخم باید بسته شود.

- شستشوی موها:

از هر نوع شامپوی بدون نرم کننده برای شستشوی موها می‌توان استفاده کرد و آب نباید وارد چشم، گوش، بینی و دهان شود.

از ماشین اصلاح جهت کوتاه نمودن موها می‌توان استفاده نمود (عدم استفاده از تیغ).

- آلودگی‌زدایی از زخم‌ها:

در صورت وجود زخم در بیمار آلودگی‌زدایی آن اولویت دارد.

در صورت وجود تورنیکه رفع آلودگی محل اتصال تورنیکه باید انجام شود.

آلودگی‌زدایی کلیه آتل‌ها، گچ‌ها، پانسمان و شستشوی زخم زیر پانسمان با 5 لیتر نرمال سالین و سایر محلول‌های شستشوی جراحی (عدم استفاده از محلول‌های آنتی‌باکتریال و دترژانت‌های دیگر) باید انجام گیرد.

در صورت وجود سوختگی تاول‌های بسته را باید رها کرد و تاول‌های ترکیده باید کاملاً برداشته شده و شستشو داده شوند.

- آلودگی‌زدایی از منافذ بدن:

چون جذب از منافذ آلوده بدن سریع‌تر از پوست سالم است به توجه خاصی نیازمند است. رفع آلودگی از حفره دهانی با مسواک زدن با خمیردندان و شستشوی مکرر دهان، رفع آلودگی از حلق با قرقره به‌وسیله محلول 3٪ آب اکسیژنه، رفع آلودگی از چشم‌ها با شستشو به‌طوری‌که آب از سمت کانتوس داخلی به کانتوس خارجی جریان یابد و رفع آلودگی از گوش به شرط آن که پرده صماخ سالم باشد انجام می‌شود، مجرای گوش خارجی را می‌توان با سرنگ گوش شستشو داد.

هر زمان که سطح آلودگی رادیواکتیو نمی‌تواند به سطح پایین‌تر کاهش یابد رفع آلودگی باید متوقف شود.

3- آلودگی‌زدایی از بیماران یاری رسان روی برانکارد در حوادث هسته‌ای

قبل از رفع آلودگی، میزات آلودگی بیمار به مواد رادیواکتیو باید با قرار دادن یک دوزیمتر در فاصله کمتر از 10 سانتیمتری بدن و علامت گذاری مناطق آلوده با ماژیک تعیین گردد.

- رفع آلودگی از کلاه محافظ و برداشتن آن: شستشو با آب و صابون و اسفنج، آزاد کردن اتصال کلاه و قیچی کردن لایه‌های کلاه از مرکز پیشانی به طرفین و پایین.

- رفع آلودگی از ماسک محافظ و صورت: ابتدا با گاز یا دست‌ها (با دستکش) جلوی دریچه‌های ورودی ماسک گرفته شده و سپس بقیه قسمت‌های ماسک با آب و صابون شستشو داده می‌شود. سپس گاز یا دست را برداشته و نواحی بدون پوشش صورت بیمار شسته می‌شود.
- برداشتن دوزیمتر شخصی: دوزیمتر با پارچه آغشته به آب و صابون شسته شده و در کیسه پلاستیکی جداگانه قرار داده می‌شود.
- برداشتن توده‌های آلودگی: تکه‌های واضح آلودگی چسبیده به لباس بیمار باید برداشته شده و در محفظه‌های مشخص و سر بسته قرار داده شود.
- بریدن و خارج کردن لباس محافظ: ابتدا قیچی با آب و صابون شستشو داده شده، زیپ لباس باز و با قیچی آستین از مچ به بالا و روی شانه و گردن بریده می‌شود، برش پاچه شلوار تا مسیر درز شلوار تا کمر و برش از پاچه دیگر شلوار تا زیپ و سپس به سمت برش اول انجام می‌شود.
- برداشتن دستکش‌های خارجی: در صورت دو لایه بودن لایه رویی روی انگشتان جمع شده و خارج می‌شود، در صورت یک لایه بودن با آب و صابون شستشو داده شده و خارج می‌شود.
- خارج کردن پوشش محافظ چکمه‌ها: بندهای پوشش بریده شده و به سمت پایین کشیده شده و خارج می‌شود.
- خارج کردن لوازم شخصی از جیب‌ها و قرار دادن آن‌ها در کیسه‌های پلاستیکی جداگانه.
- کندن چکمه‌ها: بریدن بندهای چکمه و خارج کردن آن به سمت پایین.
- کندن لباس‌ها و لباس زیر به همان ترتیبی که گفته شد انجام می‌شود.
- پس از دوزیمتری، بیمار به برانکارد جدید منتقل شده و بهبخش آلودگی‌زدایی پوست منتقل می‌شود و پس از رفع آلودگی و دوزیمتری نهایی به محوطه درمانی منتقل می‌شود.

4- آلودگی‌زدایی از بیماران سرپایی

- خارج کردن وسایل و تجهیزات و دوزیمتر شخصی، رفع آلودگی از ماسک و کلاه محافظ و در آوردن کلاه، رفع آلودگی از پوست اطراف ماسک، برداشتن توده‌های آلودگی از لباس محافظ مطابق آنچه گفته شد؛ انجام می‌شود.
- درآوردن ژاکت محافظ: بیمار مستقیم ایستاده و پاهایش را به اندازه عرض شانه باز می‌کند و دست‌ها را مشت کرده رو به پایین نگاه داشته و با زاویه 30 درجه به پشت می‌برد. فرد امدادگر کلیه زیپ‌ها و اتصالات را قطع نموده سپس یقه ژاکت را از سمت رو به گردن گرفته، آن را به سمت پایین می‌کشد تا ژاکت خارج شود.
- خارج کردن روپوش محافظ چکمه‌ها و درآوردن شلوار محافظ با قطع بندها و اتصالات به‌راحتی انجام می‌شود.
- رفع آلودگی از بدن:
- رفع آلودگی موضعی: استفاده از یک لگن آب و صابون.
- رفع آلودگی وسیع: استفاده از دوش آب به‌طوری‌که آب چندان به اطراف پخش نشده و به داخل چشم‌ها، گوش‌ها، دهان و بینی وارد نشود.

ت- الزامات اورژانسی

پرسنل بیمارستانی در فضای محصور از طریق تماس مستقیم یا متصاعد شدن بخارات از لباسها یا استفراغ (افرادی که به استرانسیم آلوده شده اند) در معرض ریسک آلودگی ثانویه هستند. پس از درآوردن لباس و شستن پوست و موی این افراد، دیگر ریسک آلودگی محسوب نمیشوند.

- آلودگی از طریق استنشاق استرانسیم: به سرعت باعث ایجاد تحریک می شود. باید شخص آلوده هوای تازه را تنفس کند. در صورت لزوم تنفس مصنوعی را به او ارائه دهید. گرم نگه داشتن بیمار، مشاوره فوری پزشکی.
- آلودگی پوست: استرانسیم پوست را تحریک می کند . استفاده از دستکش و لباس محافظ، شستشو با آب فراوان . در آوردن لباس آلوده ، مشاوره فوری پزشکی

- چشم ها: استرانسیم چشم ها را تحریک می کند. استفاده از عینک ایمنی مورد تأیید ANSI. شستشو چشم با آب فراوان از جمله زیر پلک ها با مقدار زیادی آب برای حداقل 15 دقیقه. سپس با دکتر مشورت کنید.
- گوارش: استرانسیم سبب استفراغ، اسهال و کولیک می شود. در حین انجام کار خوراندن و آشامیدن ممنوع می باشد. شستشوی معده تا رفع کامل مواد رادیواکتیو، استفاده از داروهای تهوع آور به عنوان تکمیل کننده شستشوی معده مانند آپومورفین هیدروکلراید به‌صورت زیر جلدی و اپیکاک به‌صورت خوراکی، استفاده از مواد مسهل برای افزایش تحریک روده‌ای و دفع سریع آن‌ها مانند روغن کرچک، بیزاکودیل و سولفات منیزیوم 10 درصد (مسهل نمکی
- زخم باز: آلودگی‌زدایی کلیه آتل‌ها، گچ‌ها، پانسمان و شستشوی زخم زیر پانسمان با 5 لیتر نرمال سالین و سایر محلول‌های شستشوی جراحی (عدم استفاده از محلول‌های آنتی‌باکتریال و دترژانت‌های دیگر) باید انجام گیرد. در صورت وجود سوختگی تاول‌های بسته را باید رها کرد و تاول‌های ترکیده باید کاملاً برداشته شده و شستشو داده شوند.

ث- الزامات درمانی

- آبی پروس

برای درمان آلودگی استرانسیم، سزیوم، تالیوم و روبیدیوم مناسب است که به‌صورت یک گرم خوراکی، 3 بار در روز و برای 2-3 هفته ادامه می‌یابد. این دارو جذب اکثر رادیونوکلییدهای داخل سیستم گوارشی را کاهش داده و در واقع روده را در بر می‌گیرد و از جذب ثانویه آن‌ها جلوگیری می‌کند. اگر بلافاصله بعد از بلع مواد رادیو اکتیو تجویز شود موثرتر است.

- عوامل بلوک کننده و رقیق کننده

این عوامل با جذب رادیونوکلییید در یک عضو هدف یا با محصور کردن عضو با ترکیبات پایدار عمل می‌کنند و شامل یدید پتاسیم و سدیم (برای رفع آلودگی ید که با تجویز روزانه 130 میلیگرم برای بزرگسالان و 65 میلیگرم برای کودکان است). در بیماران حساس به ید 200 میلیگرم پرکلرات پتاسیم تجویز می‌شود. استرانسیوم پایدار مانند لاکتات و گلوکانات به مقدار 2 گرم به‌صورت تزریقی (برای رفع آلودگی استرانسیوم رادیواکتیو)، فسفات‌های خوراکی به مقدار 300 گرم (برای رفع آلودگی فسفر و استرانسیوم)، نمک‌های کلسیم برای کاهش جذب روده‌ای و استخوانی استرانسیوم و کلسیم به‌مقدار 2 گرم به‌صورت تزریقی استفاده می‌شود. آب و مایعات خوراکی به میزان 3-4 لیتر در روز (برای رفع آلودگی تریتیوم).

- عوامل جابجا کننده

عواملی هستند که باعث تحریک رادیوایزوتوپ‌های متمایل به تجمع در اندام‌ها شده و در نتیجه باعث افزایش دفع آلودگی داخلی می‌شوند مانند آنتی تیرویید‌ها (پروپیل تیویوراسیل، متی‌مازول و تیوسیانات پتاسیم)، کلرید آمونیم و دیورتیک‌ها که به‌ترتیب برای دفع ید، استرانسیوم، رادیوم و تریتیوم استفاده می‌شوند.

- شلاتورها

عوامل تشکیل دهنده کمپلکس برای درمان آلودگی داخلی هستند که باعث حذف مواد رادیواکتیو موجود در گردش خون قبل از جایگزینی آن‌ها در اندام هدف می‌شوند و قادر به تعویض یون‌های باند شده ضعیف با یون‌های فلزی هستند که این ترکیب پایدار شلاتور با فلز به‌وسیله کلیه‌ها ترشح و از ادرار دفع می‌شوند. این عوامل شامل:DMSA، DMSP، DTPA ، Ca-DTPA، Dimercaprol و Penicillamine هستند که برای حذف فلزات سنگین رادیواکتیو (سرب، جیوه و ارسنیک) و عناصر ماورای اورانیوم مانند پلوتونیوم، آمرسیوم، کالیفرنیوم، سزیوم، کوریوم و لانتانیوم استفاده می‌شوند. بهترین ماده دی اتیلن تری آمین پنتااستیک اسید (DTPA) به صورت نمک‌های کلسیمی است که برای استفاده باید 1 گرم از آن در 250 سی سی سرم قندی 5٪ حل و بتدریج داخل بدن تزریق شود. مدت تجویز آن 5 روز است.ماده دیگر اتیلن دی آمین تترااستیک اسید (EDTA) که معمولاً برای مسمومیت با سرب کاربرد درمانی دارد (7/5میلیگرم برکیلوگرم) در هر نوبت در سرم قندی 5٪ حل و به صورت وریدی تزریق می‌شود (حداکثر دوز درمانی 550 میلیگرم بر کیلوگرم).

ج- الزامات انبار کردن مواد رادیواکتیو

- ترکیبات مواد رادیواکتیو که از نظر شیمیایی فعال هستند نباید در بطری های شیشه ای که دارای در پوش پیچی یا در شیشه ای هستند نگهداری و انبار گردند بلکه باید از درهای لاستیکی یا چوب پنیه ای ویا نظیر آنها استفاده شود.
- محلولهای پایداری که محتوی اکتیویته آلفا بمیزان بیش از 5 میلی کوری یا اکتیویته بتا بمیزان 50 میلی کوری باشند و محلولهای ناپایداربا هر نوع و هر درجه آکتیویته باید در ظروف قابل تهویه نگهداری شوند.
- محلولهایی که درجه آکتیویته آلفای آنها متجاوز از یک میلی کوری در سانتیمتر مکعب باشد نباید در ظروف شیشه نازک نگهداری و انبار شوند.
- بطری های محتوی محلولهای رادیواکتیوباید در ظرف لبه دار یا در سطحی به اندازه مناسب گذارده شوندتادر صورت شکسته شدن آنها از پراکندگی محلول جلو گیری شود.
- محل انبار کردن مواد رادیواکتیوی که قادرند از خود گاز رادیواکتیو متصاعد سازند باید بطور کلی تهوبه شود.
- باید فهرست کاملی از کلیه مواد رادیواکتیو انبار شده تهیه شده در محل نگهداری شود.
- انبارها باید در فواصله زمانی منظم مورد برسی قرار گیرند.

ح- الزامات تخلیه مواد رادیواکتیو

- با دولت، قوانین محلی یا فدرال EPA برای دفع مناسب مشورت کنید.
- از تجهیزات حفاظتی کامل استفاده کنید، تهویه مناسب تهیه کنید، از منابع احتراق اطمینان داشته باشید.
- سرباره را با شن و ماسه خشک پوشش دهید و خوب مخلوط کنید و به راحتی به یک ظرف منتقل کنید. با آب و یا عوامل پاک کننده آب آشامیدنی نپوشانید.
- محل جمع آوری پسماندهای پرتوزا باید از زباله های معمولی جدا باشد.
- ظروف نگهداری موقت و وسایل حمل و نقل باید طوری ساخته شده باشند که به آسانی تمیز گردند.
- کیسه داخل ظروف نگهداری حتما از جنس پلاستیک محکم و ضخیم باشند.
- به کیسه حاوی پسماندرادیواکتیو کارتی ویژه متصل و مشخصات زباله کاملا روی آن نوشته و ثبت گردد.
- پسمانده های جامد رادیو اکتیو قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال باید بطور جداگانه جمع آوری و نگهداری شود.
- پسمانده های رادیو اکتیو قابل اشتعال باید در کوره مناسبی که از پراکنده شدن مواد رادیو اکتیو جلوگیری نماید سورازنده شود و خاکستر باقی مانده از سوزاندن مواد مذکور باید همراه با پسمانده های غیر قابل اشتعال به طریقی انبار یا دفن شود که از پراکنده شدن آنها جلوگیری به عمل آید .
- اگر پرتوزایی بیش از 5 میلی راد در ساعت است باید از ظروف حفاظدرا ویژه استفاده نمود.
- تخلیه پسمانده های رادیو اکتیو مایع در فاضلاب عمومی باید منحصرا طبق مقررات وضع شده وسیله وزارت کار وامور اجتماعی انجام گیرد و از طریق رسوب گیری تغلیظ و غیره مورد عمل قرار گیرد.
- در مورد پسمانده های رادیو اکتیوی که به شکل گاز یا آئروسل باشد باید از طریق رها کردن در هوای آزاد بطور مستقیم و یا پس از رقیق کردن آن عمل کرد به بشرطی که خطر پرتوگیری حاصل کمتر از یک دهم مقادیر ماکزیمم 7 باشد.

خ- الزامات حمل و نقل پسماند رادیواکتیو

- پسماندهایی که پرتوزایی آنها کمتر از 0/2 راد در ساعت است و مولد اشعه های گاما و بتا می باشند بدون مقررات ویژه ای حمل و نقل، دفع شدنی اند.
- پسماندهایی که مواد رادیواکتیو آنها 0/2 تا 2 راد در ساعت هستند و بیشتر مولد اشعه های گاما و بتا اند برای حمل و نقل این گونه پسماندها باید از ظروفی مخصوص که دارای حفاظ سیمانی یا سربی می باشند، استفاده نمود.
- پسماند هایی که اشعه گاما و بتا تولید می کنند ولی مقدار اشعه گاما آنها زیاد نیست. شدت رادیواکتیو این مواد بیش از 2 راد در ساعت است حمل و نقل این مواد باید طبق مقررات ویژه بین المللی انجام پذیرد. استفاده از ظروف حفاظدار در

هنگام حمل و نقل و توجه خاصی به نداشتن کوچکترین مخاطره برای موجودات زنده، هنگام دفن یا پس از آن الزامی است.

- این پسماندها مولد اشعه الفا و دارای نیمه عمر بسیار طولانی می باشند. پسماندهای جامد که معمولا شامل اجسامی آلوده مانند حوله، دستمال کاغذی، شیشه، دستکش و فیلترهای مختلف می باشند، باید در ظروف ویژه سرپوشیده که به وسیله پا باز و بسته می شوند نگهداری گردند.

د- الزامات آتش نشانی

- در صورت آتش سوزی از آب، دی اکسید کربن و مواد هالوژن استفاده نکنید.
- از مواد خاموش کننده شیمیایی، شن و ماسه خشک یا دولومیت خشک استفاده کنید.
- استفاده از ماسک، لباس های مقاوم در برابر شعله و مواد شیمیایی؛ کلاه، چکمه و دستکش.
- مواد را از منطقه آتش حذف کنید.
- مخزن داغ را با آب از حداکثر فاصله خنک کنید.

ذ- الزامات حریم

جداکننده‌های محیط پیرامون هم مانع فیزیکی در مقابل ورود افراد غیرمجاز هستند هم بازدارندهٔ روانشناختی به شمار می‌روند و از این طریق ورود اجباری را به تاخیر می‌اندازند یا از آن جلوگیری می‌کنند. نمونه‌ای از این موانع به شرح ذیل هستند، البته تمام موارد محدود به این موانع نمی‌شوند:

- موانع مربوط به ورود انسان‌ها (مانند حصارها، دروازه‌های نرده‌ای)
- موانع مربوط به ورود وسایل نقلیه (مانند جداکننده‌های، دروازه‌ها و گیت‌ها، بولاردها یا همان میله‌های مهار، بلوک‌های سیمانی)
- موانع طبیعی و محوطه‌سازی (مانند ردیف‌هایی از بوته‌های پرچین، صخره‌ها، الوارها، آب)
- دیوارها (دیوارهای آجری، بلوکهای زغالی، بتون‌ریزی)

به طرق مختلفی می‌توان از جداکننده‌های محیط پیرامون استفاده کرد و محیط پیرامون منطقهٔ موردنظر را محدود ساخت و امنیت کل تأسیسات را افزایش داد که این روش‌ها عبارت‌اند از:

- کنترل دسترسی وسایل نقلیه و عابران پیاده
- استفاده از کانال‌کشی در نقاط کنترل ورودی تأسیسات
- به تاخیر انداختن ورود اجباری
- محافظت از دارایی‌های حیاتی

ر- الزامات هشدار

در سیستم تشخیص و هشدار در مورد یک تأسیسات شیمیایی پرخطر می‌تواند از ترکیبی از دو یا تعداد بیشتری از موارد زیر استفاده کند:

- سنسورهایی که بر حصارها، تیرهای مهار یا در فضای آزاد نصب شده‌اند (مثلاً سنسورهای ارتعاشی تشخیص، حسگر حرکت دوربین مداربسته، سنسورهای مادون قرمز، سنسورهای آکوستیک)
- نظارت از راه دور (مثلاً دوربین‌های مدار بسته، تصاویر حرارتی، دوربین‌های تحت شبکه)
- پایش انسانی از طریق نیروهای حفاظتی.

ز- الزامات آموزش تخصصی

اهداف یک برنامه آموزش شامل اعتبارسنجی برنامه‌ها، سیاست‌ها و رویه‌ها و تضمین این مطلب است که پرسنل آشنایی کافی با سیستم‌های اعلام خطر، اعلان وضعیت اضطراری، صف‌آرایی و سایر رویه‌های امنیتی دارند. مولفه‌های این نوع برنامه آموزش فراگیر عبارت‌اند از:

- آموزش (هر سه ماه یکبار)- فعالیتهای عملی، سمینارها، تعیین موقعیت‌ها، کارگاه‌ها، برنامه‌های آنلاین یا تعاملی، جلسات توجیهی و سخنرانی‌هایی که بر مسائل امنیتی تأسیسات تمرکز دارند.
- تمرینات- مجموعه‌ای از فعالیتهای زمانبندی و مستندی هستند که از قبل مشخص شده‌اند و شامل نمایش واقعی یا شبیه‌سازی یک وضعیت اضطراری جهت افزایش آمادگی افراد هستند و قابلیت واکنش افراد به شرایط اضطراری را بهبود می‌بخشند و اعتبار برنامه‌ها، سیاستها و رویه‌ها را تعیین می‌کنند. مثالها عبارت‌اند از: تمرینات دورمیزی (هر دوسال یکبار)، تمرینات کارکردی(هر سال) و تمرینات مقیاس کامل یا تمام عیار (هر دوسال یکبار).
- تمرینات محدود یا مشق (هر شش ماه یکبار)- تمرینات محدود زیرمجموعه یا نوعی تمرین هستند که بر یک کارکرد یا عملیات خاص و منحصر بفرد تمرکز دارند. می‌توان از تمرینات محدود در آموزش نحوۀ کار با تجهیزات یا دستگاههای جدید استفاده کرد و سیاستها یا رویه‌های جدید را توسعه داد یا مهارتهای فعلی را اجرا نمود و آن‌ها را حفظ کرد.
- تست‌ها (هر سه ماه یکبار)- تست کردن، تکنیکی است که نحوۀ عملکرد صحیح تمام دستگاهها، رویه‌ها، پروسه‌ها و سیستم‌هایی را ثابت می‌کند که از زیرساخت امنیت پشتیبانی می‌کنند. تست‌ها می‌توانند تستهای ایستایی، پویایی یا تستهای کارکردی باشند.
- فعالیتهای مشترک (هر سال یکبار)- فعالیتهای مشترک عبارت‌اند از آموزش، تمرینات کلی یا تمرینات محدودی که مستلزم مشارکت سازمانها یا نهادهای بیرون از تأسیسات هستند مانند اولین مسئولین پاسخگویی یا نهادهای پاسخگویی مجری قوانین همراه با پرسنل تأسیسات.

س- الزامات حفاظت از مراکز، زیرساخت‌ها و تأسیسات مواد شیمیایی و رادیواکتیو

اولین موضوع نگران کنندۀ منحصر بفرد این است که تأسیساتی که مواد هسته ای را منتشر می‌کنند می‌توانند از فعالیت‌ها یا معیارهای سنجش حفاظتی خاصی استفاده کنند که تأسیساتی که فقط از مسائل امنیتی ناشی از خرابکاری‌های به بار آمده به واسطۀ مواد شیمیایی یا مواد شیمیایی مسروقه یا انحرافی رنج می‌برند معمولاً نمی‌توانند از این فعالیت‌ها یا ملاک‌ها استفاده کنند. این ملاک‌ها یا فعالیت‌ها می‌توانند شامل موارد ذیل باشند:

- استفاده از موانع قدرتمند بازدارندۀ وسایل نقلیه حول مناطق استقرار مواد شیمیایی و رادیواکتیو قابل انتشار
- حذف راه‌های شفاف انتشار مواد شیمیایی و رادیواکتیو
- استفاده از فاصلۀ توقف اطراف مواد شیمیایی و رادیواکتیو قابل انتشار.
- محدودیته‌ای مربوط به پارک کردن در محل و سایر معیارهای سنجش امنیت پارک کردن
- عدم پذیرش بارگیری‌های بدون مجوز یا اسکله‌بندی‌های خارج از محل بارگیری‌های بدون مجوز تا زمانی که صحت آن‌ها تایید شود. دومین دغدغۀ اصلی (یعنی پیامدهای فوق‌العاده زیانباری که تقریباً همیشه در محل مرجع آغاز می‌شوند) نیاز به انجام فعالیت‌های خاصی را ایجاب می‌کند که در مورد تأسیساتی که از انتشار مواد شیمیایی و رادیواکتیو برخوردارند مثمرثمرتر هستند تا در مورد تأسیساتی که با سایر مسائل امنیتی دست و پنجه نرم می‌کنند. این نوع فعالیتهای خاص می‌توانند شامل موارد زیر باشند:
- طرح مدیریت بحران و واکنش اضطراری همه جانبه؛
- استفاده از سیستم اعلان خطر اضطراری در محل

- روندهای خاموشی امنیتی در مورد فرآیندها یا مناطقی که از مواد شیمیایی و رادیواکتیو استفاده می‌کنند یا شامل انتشار مواد شیمیایی و رادیواکتیو هستند
- آموزش جامعی که شامل تمارین و مانورهای مربوط به واکنش نشان‌دادن در مقابل انتشار مواد شیمیایی و رادیواکتیو کنترل نشده است (تا جایی‌که مقدور باشد این نوع آموزش به اولین واکنش دهندگان محلی نیز داده می‌شود).

3. نتیجه‌گیری

پس از وقوع حوادث اتمی و برای پیشگیری از وقایع آتی و عواقب ناشی از آن، ارزیابی و سنجش آلودگی مواد اتمی منابع آبی مهم است و می بایست از طریق برآورد درصد آلودگی ایجاد شده، نوع ماده آلاینده رادیواکتیو و اثرات و خطرات جانبی ناشی از آن مورد کنترل قرار داد.

مراجع

1. Isnard H., Aubert M., Blanchet P., Brennetot R., Chartier F., Geertsen V. and Manuguerra, F., 2006, Determination of 90Sr/238U ratio by double isotope dilution inductively coupled plasma mass spectrometer with multiple collection in spent nuclear fuel samples with in situ 90Sr/90Zr separation in a collision-reaction cell, J Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, vol. 61, pp. 150-156.
2. http://www.tabnak.ir/fa/news/160865/, 2015
3. http://www.ngdir.ir/minemineral/PMineMineralChapterDetail.asp?PID=7990, 1396.
4. Gogda A.A., Patidar R. and Rebary B., 2017, An adsorption study of Sr2+ from saline sources by coconut shell charcoal, J Journal of Dispersion Science Technology, vol. 38, pp. 1162-1167.
5. Ober J.A. 2014, Mineral resource of the month: Strontium", J Earth.
6. Lide D.R. 2004, CRC handbook of chemistry and physics", CRC press.
7. Meunier P.J., Roux C., Seeman E., Ortolani S., Badurski J.E., Spector T.D., Cannata J., Balogh A., Lemmel E.-M. and Pors-Nielsen S.2004, The effects of strontium ranelate on the risk of vertebral fracture in women with postmenopausal osteoporosis, J New England Journal of Medicine, vol. 350, pp. 459-468.
8. Mashiba T., Hirano T., Turner C.H., Forwood M.R., Johnston C.C. and Burr D.B., Suppressed bone turnover by bisphosphonates increases microdamage accumulation and reduces some biomechanical properties in dog rib, J Journal of Bone Mineral Research, vol. 15, pp. 613-620.
9. Reginster J.-Y., Seeman E., De Vernejoul M., Adami S., Compston J., Phenekos C., Devogelaer J.-P., Curiel M.D., Sawicki A. and Goemaere S., 2005, Strontium ranelate reduces the risk of nonvertebral fractures in postmenopausal women with osteoporosis: Treatment of Peripheral Osteoporosis (TROPOS) study, J The journal of clinical endocrinology, vol. 90, pp. 2816-2822.
10. Beuttenmuller A. and Dziak, R., 2007, The effects of strontium citrate on osteoblast proliferation and differentiation, J SDM College of Dental Sciences. Buffalo, NY.
11. پیمان ص., 1386، استحکامات و سازه هاي امن ، دانشگاه صنعتی مالک اشتر – مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل.