

آثار مستقیم ناشی از نقص سیستم کارخانه غنی سازی اورانیوم

کارکنان و مردم اطراف کارخانجات غنی سازی اورانیوم ، در معرض خطرات ناشی از انتشار محصولات واکنش UF₆ با بخار آب می باشند و این مواد در محیط کارخانه باید اندازه گیری شده و به شدت تحت کنترل درآید . از آنجایی که واکنش های UF₆ به سرعت انجام می گیرد ، بنابراین باید در کمتر از 10 ثانیه از محل انتشار آلودگی دور شد و باقی ماندن در کنار آلودگی ، آن هم تنها به مدت 1 دقیقه بسیار مخاطره آمیز خواهد بود .

توده حاصل شده در اثر نشت مواد در کارخانه ، شامل ترکیبات زیر می باشد :

- بخار : HF.H₂O ، UF₆ ، HF ، (HF)₂ ، (HF)₆ ، (HF)₈ ، H₂O ، و هوای خشک .
- جامد : UF₆ ، UO₂F₂

هرگاه UF₆ به محیط نشت پیدا کند ، می توان عنوان نمود که به تدریج همه هگزافلورید اورانیوم تبدیل به HF و UO₂F₂ خواهد گردید .

هر ماده رادیواکتیوی که به محیط نشت پیدا کند ، دارای یک سری خطرات رادیولوژیکی است که با توجه به نوع و میزان ماده انتشار یافته ، خطرات آن ، برای افرادی که در تماس با این مواد می باشند متفاوت است .

باید در نظر داشت که خطرات ناشی از تماس مواد رادیواکتیو با بدن شامل دو دسته کلی خواهد بود : یکی خطرات شیمیایی و آثاری که ناشی از واکنش های شیمیایی ماده آلوده بر روی تجهیزات و انسان باقی می گذارد و دیگری خطرات ناشی از تشعشع و پرتوگیری فرد .

HF یک گاز به شدت خورنده و سمی است و می تواند باعث مرگ شود زیرا از نظر سمیت 5 بار خطرناک تر از سیانور است .

مهمترین خطر اورانیوم از نوع تشعشع است و همچنین می تواند اثرات شیمیایی سمی نیز داشته باشد . معمولاً ترکیبات اورانیوم به صورت استنشاق و یا بلعیدن وارد بدن خواهند گردید .

بخار HF به صورت یک گاز بدون رنگ با بویی تند می باشد و به هر

میزانی در آب محلول بوده و هنگام حل شدن در آب تولید حرارت می‌نماید .

نشت HF به خاطر واکنش با بخار آب ، به صورت يك بخار دودي شکل می‌باشد . بنابراین هر نقطه‌ای که این دود سفید رنگ مشاهده گردید حاکی از آن است که HF در محیط انتشار یافته است .

HF ، شدیداً خورنده بوده و باعث سوزش شدید پوست ، چشم و مخاط بویایی شده ، همچنین باعث سوزش شدید در دستگاه تنفسی می‌شود . استنشاق HF باعث سوزش غیر قابل تحمل ، احساس سوزش در بینی و گلو به همراه سرفه شدید و درد در زیر سینه می‌شود . تهوع ، استفراغ ، اسهال و زخم لثه از پی‌آمدهای استنشاق HF است .

اگر چشم در معرض تماس با HF قرار گیرد ، باعث سوزش ، سرخی و ترشح چشم می‌شود . تراوش اسید فلئوئوریدريك آبی به چشم باعث تورم ، التهاب قرنیه و بسیاری اثرات مخرب جدی خواهد شد .

سیمای آشکار سوزاندن HF بر روی پوست بدن ، با يك زخم دردناك شروع می‌شود و واکنش تدریجی این ماده بر روی پوست با کاهش هیدروژن و ایجاد PH کم و اثر سمی مخصوص حاصل از غلظت بالای یون های فلئوئور به همراه خواهد بود . این عمل باعث می‌شود تا بافت بدن جدا شده و به صورت ماده ظاهر شود و بدین وسیله با کاهش تدریجی در بدن و اضافه شدن در بافت به نهایت اثر نامطلوب خود خواهد رسید . اثر سوختگی HF بر روی پوست بدن می‌تواند توسط شستن با آب ، آن‌هم به مدت 15 دقیقه متوقف شود . در عین حال برای جلوگیری از ادامه واکنش HF با بافت بدن ، می‌توان علاوه بر شستن ، موارد زیر را نیز با توجه به موقعیت و میزان سوختگی مورد عمل قرار داد :

1- غوطه‌ور نمودن عضو آسیب دیده در محلول سرد ، یا استفاده از ذرات مرطوب آن .

2- تزریق زیر جلدی از يك محلول 10 درصدی گلوکونات کلسیم .

3- جراحی قسمت آسیب دیده در سوختگی شدید ناشی از HF .

در این زمینه خاطر نشان می‌سازد که توجهات پزشکی کاملاً ضروری خواهد بود حتی اگر اثر ناچیزی از آن ظاهر شده باشد . زیرا اثرات مخرب بعدی را ممکن است به دنبال داشته باشد .

فلسفه حفاظت در برابر اشعه

هدف کلی حفاظت در برابر اشعه را میتوان جلوگیری از اثرات قطعی اولیه یا ایجاد شده در مراحل بعدی و نیز ایجاد این اطمینان که همه مراحل باعث کاهش اثرات بالقوه ای مثل سرطان خواهند شد ، نام برد . اولین هدف مقامات محلی ، منطقه ای و یا کشوری پس از وقوع رخدادی که منجر به رهاسازی رادیواکتیو می شود ، تحت کنترل درآوردن وضعیت مرکز هسته ای و جلوگیری از ایجاد خسارت های بعدی ، مراقبت از پرسنل و نیز مردم اطراف ، و نهایتاً فراهم آوردن موقعیتی جهت نقل و انتقال و جا بجایی مردم به مکان امن تر می باشد .

هدف کلی حفاظت در برابر اشعه را میتوان جلوگیری از اثرات قطعی اولیه یا ایجاد شده در مراحل بعدی و نیز ایجاد این اطمینان که همه مراحل باعث کاهش اثرات بالقوه ای مثل سرطان خواهند شد ، نام برد . اولین هدف مقامات محلی ، منطقه ای و یا کشوری پس از وقوع رخدادی که منجر به رهاسازی رادیواکتیو می شود ، تحت کنترل درآوردن وضعیت مرکز هسته ای و جلوگیری از ایجاد خسارت های بعدی ، مراقبت از پرسنل و نیز مردم اطراف ، و نهایتاً فراهم آوردن موقعیتی جهت نقل و انتقال و جا بجایی مردم به مکان امن تر می باشد .

وقتی یک اقدام توجیه پذیر محسوب می شود که : اصول ALARA در توسعه و در هنگام اجرای طرح رعایت گردد. مسئولان مستقر در محل باید کل خطر پذیری پرسنل را در مورد انجام فعالیت های احتمالی در برگیرنده پرتوگیری و سایر خطرات قابل شناسایی ، مورد سنجش قرار داده این مسئله را با اثر کار آنها که همانا دور کردن یک جمعیت از خطرات پرتوگیری است مورد ارزیابی قرار دهند .

تعریف مراحل حادثه : اولیه ، میانی و نهایی

به طور معمول سه مرحله زمانی مختلف برای حوادث هسته ای تعریف شده

است . این مراحل که مرحله اولیه ، مرحله میانی و مرحله نهایی نامیده می شوند از روی درجه و میزان آلودگی ، محل استقرار آلاینده های رادیولوژیکی و مسیر اثرگذاری بر مردم و محیط زیست متمایز می گردند . مشخصات مربوط به هر مرحله تعیین کننده عملیاتی است که در هنگام بروز يك حادثه اضطراری بایستی انجام گیرد .

مرحله اولیه با شروع يك سانحه هسته ای آغاز می گردد . عملیات این مرحله بر مبنای پیش بینی هائی است که از پیامدهای بالقوه صورت می گیرد . در صورت امکان ، بهتر است اقدامات احتیاطی لازم در نظر گرفته شود . این مرحله تا هنگامی ادامه دارد که رهاسازی کنترل نشده مواد رادیواکتیو به محیط کماکان ادامه داشته باشد .

مرحله میانی وقتی شروع می شود که رهاسازی کنترل نشده مواد رادیواکتیو ، متوقف شده ، ابر باقی مانده های مواد رادیواکتیو فرو نشسته و عملیات نجات به پایان رسیده باشد . از آنجایی که بیشترین مقدار مواد رادیواکتیو معلق و غیر قابل کنترل در هوا فرو نشسته است ، منشاء آلودگی در موادی است که در گوشه و کنار ذخیره شده اند . این مواد می توانند باعث پرتوگیری مستقیم شده و یا اینکه ذرات معلق که مجدداً به هوا بر می خیزند استنشاق و یا مواد غذایی آلوده به آنها توسط افراد بلعیده شود .

در مرحله نهایی که به عنوان مرحله بازیابی نیز معروف است ، رادیو نوکلئیدهایی با عمر طولانی با چرخه غذایی و محیط زیست پیوند یافته و نتایج نمونه برداریهای گسترده در اختیار می باشد . در این مرحله عملیات احیاء سازی به منظور حذف عملیات بازدارنده و عادی سازی محیط برای انجام کارهای روزمره انجام خواهد گرفت .

گذر از يك مرحله به مرحله دیگر معمولاً صریح و روشن نیست و مرحله میانی می تواند با هر دو مرحله قبل و بعد تداخل داشته باشد . و این مسئله می تواند به دلیل تدریجی بودن تغییر مسیر انتقال آلودگی و مدت زمان ذخیره شدن و تنوع مواد رادیواکتیو باشد .

عملیات گروه امداد

اولین واکنش در چنین رویدادی ، ورود گروه امداد به صحنه می باشد . در بیشتر مواقع این افراد را گروه امداد و نجات آتش نشانی ، یا حفاظت و گاهی گروه اورژانس و آمبولانس تشکیل می دهند . اولین عملیاتی که توسط این افراد انجام می گیرد بسیار حیاتی است . به جهت هر چه کمتر کردن احتمال خطر پرتوگیری ، این افراد

بایستی سه مورد اساسی زیر را در حین انجام وظایف در نظر داشته باشند :

- 1- زمان ماندن در يك محیط رادیولوژیکی را به حداقل برسانند .
- 2- فاصله خود را تا منبع تابش رادیواکتیو در حد امکان زیاد کنند .
- 3- هر وقت امکان داشته باشد از حفاظ های مناسب جهت محافظت از تشعشعات رادیواکتیو استفاده نمایند .

3-4- عملیات حفاظتی

مناسبتترین اقدام فوری پس از وقوع يك سانحه ، حفاظ گذاری منطقه و یا تخلیه مردم از محلی است که در جریان وزش باد قرار دارند . همزمان بایستی در اطراف منطقه ای که سانحه اتفاق افتاده ، محدوده تحت کنترل را به وجود آورده و بلافاصله به مداوای مجروحین پرداخت . ورود به مناطقی که در پایین دست جریان باد قرار دارد وقتی امکان پذیر است که لوازم و تجهیزات دزیمتري در اختیار باشد و نیاز به ورود به این نقاط کاملاً احساس شود . استفاده از پناهگاه برای افرادی که در مسافت های زیاد در پایین دست جریان باد قرار دارند نیز توصیه شده است . افرادی که در هنگام رسیدن ابر غبارهای آلوده داخل اتومبیل هستند بایستی پنجره های اتومبیل را در حد امکان محکم کرده و تهویه هوا را خاموش کنند و اتومبیل را بطرف ایستگاه مونیتورینگ و پاکسازی هدایت نمایند .

3-4- ارزیابی و مونیتورینگ رادیولوژیکی

بلافاصله پس از وقوع يك حادثه اتمی ، ابهامات زیادی در مورد مقدار مواد رادیواکتیو موجود در فضا و وسعت انتشار آنها وجود دارد . در راستای به اجرا در آوردن يك برنامه فراگیر مقابله با این وضعیت اضطراری ، بایستی در اولین فرصت مناسب و با توجه به خطرات بالقوه ای که این مواد می توانند به همراه داشته باشند ، به صورت گسترده ای اندازه برداری رادیولوژیکی انجام گیرد . برای ارزیابی تأثیرات دراز مدت نیاز به اطلاعاتی در خصوص رادیو نوکلئیدهای موجود هستیم که بایستی توسط افراد متخصص و ماهر بدست آید . این اطلاعات

با یستی شامل واپاشی رادیولوژیکی ، شرایط آب و هوایی سرزمینی که این واقعه در آن اتفاق افتاده است و مسیری که مواد رادیواکتیو به وسیله آن می تواند توسط افراد بلعیده شوند باشد .

4-5- دستورالعمل پرتوگیری

در دستورالعمل مخصوص پرتوگیری افراد ، حد دز تعیین شده برای امدادگران معمولا بیشتر از افراد عادی خواهد بود زیرا اقداماتی که امدادگران انجام خواهند داد باعث کاهش پرتوگیری عده کثیری از مردم شده ، با این اقدام منفعت کثیری عاید جامعه خواهد گردید . پرتوگیری در مورد اموری که مبتنی بر نجات جان افراد نمی باشد باید در محدوده دز شغلی کنترل شود . چنانکه رعایت این محدوده امکان پذیر نباشد ، حد دز موثر سالیانه حداکثر 50 میلی سیورت و دز معادل 500 میلی سیورت در پوست رعایت می گردد .

جدول 1 : انواع دزها و حدود پیشنهادی برای مقایسه

تعریف سطح پرتوگیری	دز موثر(میلی سیورت)	مرجع
دز موثر اعمال پزشکی از جمله سی تی اسکن	1 - 4/0	NCRP , 1989
حد سالیانه پرتوگیری عموم مردم (به جز دزهای زمينه و پزشکی)	1 (میانگین 5 سال)	NRPD - BRSS - 1
دزهای زمین □ سالیانه مردم شامل دز رادون	3/1	ICRP , 1987
حد دز شغلی سالیانه (به جز دزهای زمينه و پزشکی)	20 (میانگین برای 5 سال)	NRPD - BRSS - 1
آستانه اثرات قطعی	500	ICRP , 1984

نظام ایمنی هسته ای کشور پیشنهاد نموده است که حد دز سالیانه موثر ناشی از همه انواع چشمه های یونیزه کننده غیر از پزشکی و زمينه طبیعی ، برای مردم حدود 1 میلی سیورت باشد . همچنین معیارهای مناسبی از مبنای پرتوگیری در جدول (1) آورده شده است .

4-6 - اقدامات مناسب در مرحله اولیه حادثه

اقدامات پیشگیرانه در مرحله اول ، بر مبنای اینکه فقط یک هشدار انجام گرفته و یا یک رویداد رادیولوژیکی اتفاق افتاده است بلافاصله پس از وقوع انجام می پذیرد . کنترل عبور و مرور باید جزو اقدامات مدیریت بحران در نظر گرفته شده باشد .

4-6-1- پناهگاه و حفاظت تنفسی

پناهگاه باید بعنوان یک اقدام متقابل موثر بدون وارد نمودن فشار بر روی پرسنل برای یک دوره کوتاه مثلا در حدود ساعت بکار گرفته شود . مدت زمان بیشتر در استفاده از پناهگاه براساس مسائل پزشکی و اضطراب مردم ناشی از پرتوگیری خواهد بود . پناهگاه همیشه در مواردی که دز حدود 20 میلی سیورت یا بیشتر باشد استفاده خواهد گردید .

4-6-2- استفاده و تزریق ید پایدار

تزریق ید پایدار (مثل یدید پتاسیم) می تواند باعث حذف و یا کاهش جذب ید رادیواکتیو توسط تیروئید شخص پرتو دیده شود . چنین اقدامی باعث حذف سایر اثرات و آسیبهای ناشی از مواد رادیواکتیو از جمله اثرات شیمیایی و نیز کاهش جذب مواد رادیواکتیو و پرتوگیری داخلی نخواهد گردید . دز لازم جهت انجام عملیات مداخله برای تیروئید بین 02/0 تا 5/0 سیورت در نظر گرفته شده است .

4-6-3- تخلیه مکان

تخلیه یکی از اقدامات اولیه است که اگر بطور درست اجرا شود به مدیران اجازه خواهد داد تا تصمیم صحیحی جهت کاهش دز رسیده به مردم از همه راههای انتقال اتخاذ نمایند . بهترین زمان برای تخلیه وقتی است که دود حامل مواد رادیواکتیو شروع به انتشار نموده است و چنانچه پناهگاه در نظر گرفته شده باشد باید به آنجا

نقل مکان نمود . در اقدام تخلیه اگر دز متوسط فرد 50 میلی سیورت در طول یک هفته باشد عملیات مذکور صورت خواهد گرفت . این مقدار جهت عملیات مداخله بین 02/0 تا 5/0 سیورت خواهد بود .

4-7- اقدام متقابل مرحله میانی

جابجایی ، رفع آلودگی افراد پرتو دیده ، جلوگیری از مواد غذایی و آب موجود و نیز کمک پزشکی ، همگی در مرحله میانی اقدامات متقابل از یک حادثه در نظر گرفته شده است و باید در این مورد طرحهای لازم مد نظر قرار داده شده باشد .

1-4-7-4- جابجایی

جابجایی باید از تخلیه تمیز داده شود ، زیرا تخلیه در زمان اولیه حادثه و جهت عدم پرتوگیری افراد صورت میگیرد حال آنکه جابجایی ممکن است هفته ها و ماهها بطول انجامد . در این موقع محل پرتو دیده خالی شده و پس از عبور گازهای حاوی مواد رادیواکتیو از آن و نیز کاهش اثر تشعشعی مواد در اثر واپاشی های صورت گرفته در طول زمان و یا فرسایش و سایر فعالیتهایی که باعث کاسته شدن پرتوگیری میشود ، اثر دز کاهش یافته و پس از تعیین دقیق میزان دز موجود ، امکان بازگشت افراد به محل تخلیه شده میسر خواهد گردید . همیشه جهت فرآیند جابجایی دز متوسط فردی 30 میلی سیورت مد نظر می باشد . دزی معادل 10 میلی سیورت باید در نقشه جابجایی مد نظر قرار گیرد .

2-4-7-4- رفع آلودگی افراد

اشخاص آلوده به مواد رادیواکتیو باید رفع آلودگی شوند . این عمل باید براساس طرح کاهش یا انتقال آلودگی صورت پذیرد . اشخاص باید در مورد درآوردن لباس ، دوش گرفتن و تعویض لباس تعلیم لازم را دیده باشند . لباسها و کفشهای آلوده باید در بسته هایی جمع آوری شوند تا پس از بازدید ، یا رفع آلودگی روی آنها صورت گیرد و یا اینکه دور انداخته شوند .

3-7-4- جلوگیری در منابع غذایی و آب موجود

مواد غذایی و آب موجود ممکن است در طی یک حادثه رادیولوژیکی با انتقال مواد رادیواکتیو به آنها از طریق راههای گوناگون آلوده شده باشند. نمونه گیری و بررسی آب و مواد غذایی موجود قبل از اتخاذ هرگونه تصمیمی در این زمینه لازم و ضروری به نظر می رسد. اعمال محافظتی در این زمینه به دو دسته تقسیم می شود:

- یکی اعمالی که بطور مستقیم مانع استفاده از مواد غذایی و آب آلوده می شود و
- دیگری اعمالی که باعث مسدود کردن راههای انتقال آلودگی به مواد غذایی و آب خواهد شد.

3-8-4- آخرین مرحله اقدام متقابل

آخرین مرحله اقدام متقابل ممکن است در نظر گرفته شده باشد برای توسعه و اجرای اقدامات جهت کاهش پرتوگیری. تصمیمات وضع شده براساس وضعیت سطوح آلوده ممکن است شامل برخی یا همه موارد زیر باشد:

- 1- پذیرش عبور و مرور محدود و یک طرح مونیترینگ دائم و کنترل در یک دوره نامحدود از نظر زمان.
- 2- کنترل و یا محدود کردن فعالیتهایی که باعث زیاد شدن مواد آلوده رادیواکتیو در محیط میشوند.
- 3- بازسازی کل کارخانه برای استفاده نامحدود.

برای اطلاعات بیشتر به کتاب مدیریت بحران در حوادث هسته ای اثر مهندس بدریان مراجعه نمایید

مشخصات و نتایج حوادث هسته‌ای

نوع اول حوادث مطرح شده در کتاب " مدیریت بحران در حوادث هسته ای " علاوه بر تجهیزات پخش رادیولوژیکی (RDD) شامل حمله عمدی به تاسیسات هسته‌ای ، مواد هسته‌ای و سایر مواد و تاسیسات در حال نقل و انتقال و ایجاد خرابی در آنها می‌باشد .

نوع اول حوادث مطرح شده در کتاب " مدیریت بحران در حوادث هسته ای " علاوه بر تجهیزات پخش رادیولوژیکی (RDD) شامل حمله عمدی به تاسیسات هسته‌ای ، مواد هسته‌ای و سایر مواد و تاسیسات در حال نقل و انتقال و ایجاد خرابی در آنها می‌باشد .

نوع دوم حوادث هسته‌ای که در کتاب " مدیریت بحران در حوادث هسته ای " بررسی می‌شود شامل کاربرد سلاح های هسته‌ای است . این سلاح‌ها می‌توانند توسط مواد هسته‌ای و مواد منفجره متعارف ساخته شوند .

سلاح‌های هسته‌ای علاوه بر قدرت تخریبی بر روی ساختمان‌ها و تاسیسات ، باعث اثرات رادیولوژیکی قابل توجهی در انفجارات کوچک هسته‌ای می‌گردند . این اثرات رادیولوژیکی حاصل پرتوزایی ذرات پرتوزای اولیه ناشی از انفجار و نیز ذرات پرتوزای تاخیری حاصل از واپاشی هسته‌هایی با نیمه عمر طولانی‌تر می‌باشد .

یک چشمه کوچک و یا مقادیر کمی از مواد با پرتوزایی پایین ، می‌تواند به منظور ایجاد ترس در میان کارکنان و سوء استفاده دشمن از وجود آلودگی در محل کار و برهم زدن نظم اجتماع بکار گرفته شود . این مواد می‌توانند درون بسته‌های کوچک مانند آمپول ، جعبه کفش یا حتی درون یک چمدان به محل مورد نظر آورده شود و یا حتی با آلوده نمودن کارکنان و وسایل آنها و با آورده شدن ناخودآگاه آلودگی توسط کارکنان به مراکز هسته‌ای انجام گیرد (در این زمینه کنترل در هنگام ورود و خروج کارکنان و اطمینان از عدم آلودگی آنان لازم است) . در حالتی که از مایع به عنوان ماده آلوده کننده استفاده شده باشد این مواد می‌توانند در یک ناحیه کوچک و یا حتی

وسیع ریخته شود و چون پرتوزایی این شکل از مواد کم است ، انتظار می‌رود پرتوگیری فردی نیز کم باشد و در نتیجه بنا بر این آسیب ناشی از این نوع چشمه‌ها در ابتدا روانی خواهد بود و هرگاه دوز کم خارجی و یا داخلی حاصل از این چشمه‌ها دریافت گردد اثرات بهداشتی سریعی نداشته و فقط احتمال بروز تاثیرات بهداشتی دراز مدت آن‌هم به مقدار کم را شامل خواهد شد .

خطرات انرژی هسته ای

مواد رادیواکتیو می‌تواند از طریق خوردن یا نوشیدن مواد آلوده ، ورود به داخل پوست از زخم‌های باز و یا از طریق تنفس گازها و گردوغبارهای رادیواکتیو وارد بدن شود . پوشیدن لباس‌های حفاظتی توسط کارکنان می‌تواند بطور موقتی اختلاط و نشت رادیونوکلئیدها را روی بدن شخص برطرف نماید . رفع آلودگی کامل ، به مقدار زیادی پرتوگیری شخص آلوده را کاهش می‌دهد .

مواد رادیواکتیو می‌تواند از طریق خوردن یا نوشیدن مواد آلوده ، ورود به داخل پوست از زخم‌های باز و یا از طریق تنفس گازها و گردوغبارهای رادیواکتیو وارد بدن شود . پوشیدن لباس‌های حفاظتی توسط کارکنان می‌تواند بطور موقتی اختلاط و نشت رادیونوکلئیدها را روی بدن شخص برطرف نماید . رفع آلودگی کامل ، به مقدار زیادی پرتوگیری شخص آلوده را کاهش می‌دهد . وقتی يك ماده رادیواکتیو وارد بدن می‌شود ، از طریق فرآیندهای فیزیولوژیکی که خواص فیزیکی و شیمیایی ماده تعیین کنند آن است ، در بدن پخش می‌شود . مواد رادیواکتیوی که روی سطح پوست می‌نشینند ، اگر وارد بدن نشوند ، از منابع پرتوگیری خارجی به حساب می‌آیند . البته مادامی که روی پوست قرار داشته باشند ، به راحتی می‌توانند توسط استنشاق ، خورده شدن و یا از طریق شکاف‌های پوست وارد بدن شوند .

عبارات مختلفی برای توصیف و دسته‌بندی اثرات پرتوها استفاده می‌شود که در این قسمت به بیان آن‌ها پرداخته خواهد شد :

1. اول دوره زمانی است که طی آن اثرات آشکار می‌شوند که می‌تواند با عبارت : **دیررس و زودرس** توصیف شود . اثرات زودرس معمولاً به پیامدهایی از پرتوگیری گفته می‌شود که در يك دوره چند روزه یا چند ماهه آشکار می‌شوند . اثرات دیررس به پیامدهای طولانی مدت پرتوگیری گفته می‌شود و اثراتی را شامل می‌شود که طی چند سال

ظاهر نخواهند گردید .

2. دسته دیگری از عبارت به کار رفته : حادث و مزمن است که برای توصیف طول مدت زمانی که شخص در معرض پرتو قرار می‌گیرد استفاده می‌گردد . به طور کلی پرتوگیری حادث به حالتی گفته می‌شود که پرتو طی یک دوره کوتاه چند ساعت یا کمتر دریافت شده باشد و در پرتوگیری مزمن معمولاً پرتو به طور طولانی مدت طی چندین روز یا بیشتر دریافت می‌شود . بسیار مهم است که بدانیم هر دو نوع پرتوگیری مزمن و حادث می‌توانند اثرات زودرس و دیررس ایجاد نمایند .

دو عبارت دیگر که برای توصیف اثرات ناشی از مواد رادیواکتیو به کار می‌رود قطعی و احتمالی (تصادفی) هستند :

3. اثرات قطعی یا غیر تصادفی : اثراتی هستند که یک آستانه بروز اثر برای آنها فرض می‌شود ، (یعنی یک میزان پرتوگیری که کمتر از آن مقدار ، اثر زیان‌بار بروز نمی‌کند) و شدت اثر با افزایش مقدار در معرض بودن ، افزایش می‌یابد . اما در اثرات تصادفی ، حد آستانه‌ای مفروض نبوده و شدت آن به آهنگ دوز وابسته نیست ولی احتمال آن با افزایش دوز افزایش خواهد یافت . سرخ شدن پوست (اریتما) نمونه‌ای از آثار قطعی پرتوگیری است زیرا بروز این اثر دارای یک حد آستانه است و شدت آن در پرتوگیری‌های بیشتر ، افزایش می‌یابد .

اثرات زیست شناختی اغلب در دسته اثرات غیر تصادفی محسوب می‌شوند . آثار غیر تصادفی با سه ویژگی کلی زیر مشخص خواهند شد :

- قبل از آنکه یک اثر ایجاد شود باید مقدار پرتوگیری بیش از مقدار مشخص برای آن بیماری باشد .
- هرچه میزان تابش مواد رادیواکتیو بیشتر باشد اثر آن نیز بیشتر و نمایان‌تر است .
- میان عامل زیان آور و اثر مشاهده شده یک رابطه مشخص وجود دارد .

4. اثرات احتمالی و تصادفی : سرطانی که بر اثر اشعه بوجود می‌آید نمونه‌ای از اثرات تصادفی پرتوگیری است . چون آستانه‌ای برای آن مفروض نیست و شدت سرطان و وقوع آن از پرتوگیری مستقل است به این معنی که در افراد مختلف احتمال بروز سرطان کاملاً اتفاقی بوده و نمی‌توان حدی را برای آن در نظر گرفت . همچنین سرطان مثالی از

اثرات دیررس پرتوگیری است چون زمان زیادی (معمولاً چند سال بین پرتوگیری و بروز بیماری) لازم می‌باشد .

به عنوان مثال ، برای این‌که در فردی اثر باده‌گساری مشاهده شود باید بیشتر از حد معینی الکل بیاشامد و پس از آن ، اثر الکل به مقداری که فرد مصرف نموده است ، بستگی خواهد داشت . در نهایت اگر رفتار مستانه از وی سرزند می‌توان گفت که بی‌تردید این رفتار ناشی از استعمال الکل است . این نوع اثر را اثر آستانه‌ای و یا غیر تصادفی می‌نامند .

اثرات تصادفی همان‌گونه که از نامشان برمی‌آید اثراتی هستند که بطور اتفاقی ، خواه این‌که شخص در معرض مواد رادیواکتیو قرار گرفته باشد و یا نباشد پدیدار خواهند شد . از این رو این اثرات را مثل رابطه مستی با الکل یا آفتاب‌زدگی با خورشید نمی‌توان بدون تردید ناشی از عامل زیان آور دانست .

اثرات مهم ناشی از پرتوگیری تصادفی به دو بیماری سرطان و اثرات ژنتیکی ختم می‌شود .

اثر پرتوگیری در مورد سرطان این است که احتمال وقوع آنرا در فرد افزایش خواهد داد و هرچه پرتوگیری بیشتر باشد احتمال وقوع سرطان هم بیشتر خواهد شد . بعد از این‌که فردی در تماس با مواد رادیواکتیو قرار گرفت و بیماری سرطان در وی پدید آمد نمی‌توان بطور قطعی وجود سرطان در او را به عامل پرتو نسبت داد اما می‌توان گفت که احتمالاً در اثر مواد رادیواکتیو بوده است . به عنوان مثال می‌توان به رابطه سرطان ریه و استعمال دخانیات اشاره نمود زیرا این نوع سرطان بیشتر در افرادی مشاهده می‌شود که سیگار استعمال نموده‌اند و در بین سیگاری‌ها نیز آن افرادی که بیشتر سیگار می‌کشند نیز بیشتر به این نوع سرطان دچار خواهند شد . با وجود این مطلب ، برخی از سیگاری‌ها هم به این بیماری مبتلا نمی‌شوند و نمی‌توان گفت که استعمال افراطی دخانیات بطور حتم منجر به بیماری سرطان ریه خواهد شد بلکه باید اذعان نمود احتمال وقوع سرطان را بیشتر می‌نماید .

دستکاری اطلاعات ژنتیکی مستقر در يك سلول و آسیب رساندن به اطلاعات نباشته شده در کروموزوم‌های يك سلول در بدن ، بیماری سرطان را ایجاد می‌نماید و با دستکاری کروموزوم‌های يك سلول زایشی (اسپرم یا تخمك) تحولات ژنتیکی ایجاد می‌گردد . بر طبق آزمایشات انجام

شده هر نوع افزایش در میزان تابش ناشی از مواد رادیواکتیو حتی به میزان کم ، به همان نسبت خطر حاصل از بیماری‌های تصادفی را افزایش خواهد داد .

سرطان

عوامل متعددی به ایجاد سلول‌های سرطانی کمک می‌کنند که دو مورد مهم آن عبارتند از :

1) استعداد میزبان : وجود نقص در کروموزوم و یا انتقال ژن‌های معیوب به جنین و سپس رشد یافتن این ژن‌ها و یا سایر عوامل ژنتیکی که در بدن میزبان وجود دارد .

2) عوامل محیطی : در محیط پیرامون ما موادی وجود دارند که سرطان را می‌باشند ، این مواد خصوصاً در مشاغل خاص به وفور یافت می‌شوند مانند : پرتونگاری ، کار با مواد رادیواکتیو ، کار با امواج الکترومغناطیس و غیره .

چگونگی ایجاد سرطان

سلول‌های سرطانی به دلیل ایجاد جهش در DNA یا RNA ایجاد می‌شوند . این جهش‌ها و تغییرات می‌توانند خودبخودی و یا توسط عوامل دیگر ایجاد شوند مثل : مواد رادیواکتیو ، الکترومغناطیس ، (میکروویو ، Xray و...) ، ویروس‌ها و باکتری‌ها ، انگل‌ها (به دلیل التهاب و تحریک بافت‌ها) ، گرما ، مواد شیمیایی موجود در هوا ، آب و غذا ، آسیب مکانیکی در سطح سلولی ، رادیکال‌های آزاد ، پیری DNA ، RNA و...

سلول‌های سرطانی به طور مداوم در بدن تولید می‌شوند اما همه‌ی آن‌ها قادر به تکثیر نخواهند بود بلکه تعدادی از آن‌ها به سرعت می‌میرند . در بعضی شرایط میزان جهش‌های DNA ، RNA بسیار بالاست مثل : محیط ناسالم (رادیواکتیو ، مواد شیمیایی و...) ، تغذیه ضعیف (محیط نا

مناسب سلولي) ، استعداد ژنتيكي جهش در بعضي افراد و افزايش سن (بالاي 80 سال) .

دلایل مستند و قطعي در دست است که دریافت پرتوگيري به میزان 1 گري و يا بیشتر ، وقتي با سرعت زياد به بدن برسد اثرات سرطانزايي خواهد داشت . هرچند هربافت يا اندامي ممکن است بعد از پرتوگيري به طور غير عادي رشد کند اما ظاهراً بعضي از بافتها از اين لحاظ حساستر از بافتهاي ديگر هستند . سرطان ناشي از تابش ، اغلب در دستگاه توليد خون ، تيروئيد ، استخوان و پوست مشاهده ميشود . در برون سرطان پوست ، ابتدا التهاب و خارش در روي پوست ايجاد خواهد شد و رفته رفته اين التهاب به لک و پيس شديد ، زخم ، رشد غيرعادي بافتها و در اثر پيشرفت سرانجام به مرگ تبديل خواهد شد . و تمام اين فرآيندها از ابتدا تا به انتها ممکن است حدود 9 سال به طول انجامد .

سرطان خون -

سرطان خون از محتملترين انواع آسيبهاي بدخيم پرتوگيري زياد تمام بدن هستند . پس از بمباران هسته‌اي ژاپن مشخص گرديد که ابتلا به سرطان خون در بين کسانی که در نزديکي مرکز انفجار بودند بيش از کسانی است که دورتر از آن قرار داشته‌اند . نخستين موارد ابتلا به سرطان خون سه سال پس از بمباران در ميان بازماندگان مشاهده گرديد و آهنگ آن تا 4 سال بعد بطور پيوسته افزايش يافت .

تحقيقات انجام شده در انگليس نشان مي‌دهد کودکانی که در رحم مادر هنگام عکسبرداری در معرض پرتو ایکس قرار مي‌گیرند بيشتر از آنهایی که در معرض عکسبرداری نبوده‌اند به سرطان خون مبتلا ميشوند . اين میزان پرتوگيري براي جنين در حدود 01/0 گري است .

سرطان استخوان -

بعد از جنگ جهاني دوم هنگامي که تعدادي از کارگران دختر براي رنگ زدن شبنما به روي صفحات ساعت ، استخدام شدند ، آنها غالباً قلم

موها را میان لبهایشان می‌گرفتند و در نتیجه هر بار مقداری رادیوم و مزوتوریوم را بطور ناخودآگاه وارد بدن می‌کردند . پس از مدتی چند نفر از آنان به علت کم خونی و فساد استخوان‌های فك جان سپردند . پس از تحقیقات فراوان مشخص شد که رادیوم میل دارد تا در استخوان باقی بماند و این مسئله باعث آسیب به بافت استخوان و خون‌سازی شده است .

مواد پرتوزای سنگین همچون اورانیوم و پلوتونیوم تمایل دارند تا در بافت استخوان قرار گرفته و بدین سان عامل ایجاد سرطان شوند .

سرطان ریه -

وقتی مواد پرتوزا از طریق استنشاق هوا وارد ریه شوند این مواد می‌تواند مدتی در آن باقی بماند و با پرتوزایی تولید سرطان ریه کنند . در بیشتر مواقع فاصله بین پرتوگیری و مشاهده سرطان ریه بیشتر از 100 روز بوده است ولی در موارد شدیدتر آن فقط 48 روز پس از پرتوگیری نیز سرطان سلول‌های پوست نای مشاهده خواهد شد .

آثار مستقیم ناشی از نقص کارخانه‌های غنی‌سازی اورانیوم

اگر رطوبت کم باشد ، در نتیجه ابر سفید رنگ حاصل نشده و ذرات UO_2F_2 جامد شکل به وجود می‌آید . UO_2F_2 قابلیت حل شدن در آب را دارد ، جامد زرد رنگی که رنگ آن دقیقاً به اندازه و درجه هیدراتی آن بستگی خواهد داشت .

کارکنان و مردم در معرض خطرات ناشی از انتشار می‌باشند و این ماده در محیط کارخانه باید اندازه‌گیری شده و به شدت تحت کنترل درآید . از آنجایی‌که واکنش‌های این ماده به سرعت انجام می‌گیرد ، بنابراین

باید در کمتر از 10 ثانیه از محل انتشار آلودگی دور شد و باقی ماندن در کنار آلودگی، آن‌هم تنها به مدت 1 دقیقه بسیار مخاطره آمیز خواهد بود.

توده حاصل شده در اثر نشت مواد در کارخانه، شامل ترکیبات زیر می‌باشد:

بخار: $HF.H_2O$ ، UF_6 ، HF ، $(HF)_2$ ، $(HF)_6$ ، $(HF)_8$ ، H_2O ، و هوای خشک.

جامد: UF_6 ، UO_2F_2 .

هرگاه UF_6 به محیط نشت پیدا کند، می‌توان عنوان نمود که به تدریج همه هگزافلورید اورانیوم تبدیل به HF و UO_2F_2 خواهد گردید.

هر ماده رادیواکتیوی که به محیط نشت پیدا کند، دارای یک سری خطرات رادیولوژیکی است که با توجه به نوع و میزان ماده انتشار یافته، خطرات آن، برای افرادی که در تماس با این مواد می‌باشند متفاوت است.

باید در نظر داشت که خطرات ناشی از تماس مواد رادیواکتیو با بدن شامل دو دسته کلی خواهد بود: یکی خطرات شیمیایی و آثاری که ناشی از واکنش‌های شیمیایی ماده آلوده بر روی تجهیزات و انسان باقی می‌گذارد و دیگری خطرات ناشی از تشعشع و پرتوگیری فرد.

HF یک گاز به شدت خورنده و سمی است و می‌تواند باعث مرگ شود زیرا از نظر سمیت 5 بار خطرناک‌تر از سیانور است.

مهمترین خطر اورانیوم از نوع تشعشع است و همچنین می‌تواند اثرات شیمیایی سمی نیز داشته باشد. معمولاً ترکیبات اورانیوم به صورت

استنشاق و یا بلعیدن وارد بدن خواهند گردید .

بخار HF به صورت يك گاز بدون رنگ با بويي تند مي‌باشد و به هر ميزاني در آب محلول بوده و هنگام حل شدن در آب توليد حرارت مي‌نمايد .

نشت HF به خاطر واكنش با بخار آب ، به صورت يك بخار دودي شكل مي‌باشد . بنا بر اين هر نقطه‌اي كه اين دود سفيد رنگ مشاهده گرديد حاكي از آن است كه HF در محيط انتشار يافته است .

HF ، شديداً خورنده بوده و باعث سوزش شديد پوست ، چشم و مخاط بويائي شده ، همچنين باعث سوزش شديد در دستگاه تنفسي ميشود . استنشاق HF باعث سوزش غير قابل تحمل ، احساس سوزش در بيني و گلو به همراه سرفه شديد و درد در زير سينه ميشود . تهوع ، استفراغ ، اسهال و زخم لثه از پي‌آمدهاي استنشاق HF است .

اگر چشم در معرض تماس با HF قرار گيرد ، باعث سوزش ، سرخي و ترشح چشم ميشود . تراوش اسيد فلوئوريدريك آبي به چشم باعث تورم ، التهاب قرنيه و بسياري اثرات مخرب جدي خواهد شد .

سيماي آشكار سوزاندن HF برروي پوست بدن ، با يك زخم دردناك شروع ميشود و واكنش تدريجي اين ماده بر روي پوست با کاهش هيدروژن و ايجاد PH كم و اثر سمومي مخصوص حاصل از غلظت بالاي يون هاي فلوئور به همراه خواهد بود . اين عمل باعث ميشود تا از بافت بدن جدا شده و به صورت ماده ظاهر شود و بدین وسيله با کاهش تدريجي در بدن و اضافه شدن در بافت به نهايت اثر نامطلوب خود خواهد رسيد . اثر سوختگي HF بر روي پوست بدن مي‌تواند توسط شستن با آب ، آنهم به مدت 15 دقيقه متوقف شود . در عين حال براي جلوگیری از ادامه واكنش HF با بافت بدن ، مي‌توان علاوه بر شستن ، موارد زير را نيز با توجه به موقعيت و ميزان سوختگي مورد عمل قرار داد :

1- غوطه‌ور نمودن عضو آسيب ديده در محلول سرد ، يا استفاده از

ذرات مرطوب آن .

2- تزریق زیر جلدی از یک محلول 10 درصدی گلوکونات کلسیم .

3- جراحی قسمت آسیب دیده در سوختگی شدید ناشی از HF .

در این زمینه خاطر نشان می‌سازد که توجهات پزشکی کاملاً ضروری خواهد بود حتی اگر اثر ناچیزی از آن ظاهر شده باشد . زیرا اثرات مخرب بعدی را ممکن است به دنبال داشته باشد .