

دفع مواد زائد و پسماندهای رادیوکتیو

م.معمارزاده قمی^۱، ف سعیدی^۱، ق آشتیانی مقدم^۱

مرکز آموزش جامع علمی کاربردی رودهن، سازمان انرژی اتمی ایران

Emails: mmemar@seai.org.ir ; fa.saeedi@yahoo.com ; g_ashtiani_m@yahoo.com

چکیده

با توجه به کاربرد روز افزون مواد پرتوزا در صنعت، پزشکی و کشاورزی، شاهد ورود مواد زائد هسته ای در زندگی روزمره و محیط زیست هستیم. پسماندهای پرتوزا به دلیل خصوصیات و ویژگی های منحصر بفرد خود، لازم است طبق معیارها و ضوابط مخصوص مورد عملیات قرار گیرند و سپس نگهداری یا دفع شوند. از میان مشکلاتی که صنعت انرژی هسته ای امروزه با آن مواجه است احتمالاً هیچ کدام به بزرگی مشکل پسماندهای پرتوزا و چگونگی دفع آن نمی باشد. مواد زائد پرتوزا علاوه بر سمیت شیمیایی بدلیل ساطع نمودن پرتوهای مضر و خطرناک در اثر واپاشی از جمله مواد سرطانزا به حساب می آیند و چنانچه مقادیر بسیار کمی از آنها از طریق آب، هوا و یا از طریق زنجیره غذایی وارد بدن گردد، با گذشت زمان موجب بروز سرطان و یا تاثیرات سوء ژنتیکی در نسل های بعدی می گردند. در این تحقیق به راهکارهای کاهش اثرات سوء پسماندهای رادیواکتیو، نگهداری، دفع و انهدام زباله های اتمی خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی

پسماند پرتوزا- زباله هسته ای - سرطان - تاثیرات سوء ژنتیکی - زنجیره غذایی

در کشورهای مختلف سازمان های متفاوتی دفع مواد رادیواکتیو را تحت کنترل دارند . در ایران این مهم بعهدہ سازمان انرژی اتمی است که کلیه مصرف کنندگان مواد رادیواکتیو به این سازمان گزارش می دهند و مجوز دفع، نگهداری و انهدام زباله های اتمی را از این سازمان دریافت می دارند.

استفاده از سوخت هسته ای در نیروگاه های هسته ای برای تولید انرژی و کاربرد مواد پرتوزا در پزشکی، صنایع ، تحقیقات و کشاورزی مانند دیگر صنایع همراه با تولید مواد زاید و ضایعات بلا استفاده (پسماند) می باشد. پسماندهای صنایع و بخش های غیر هسته ای با توجه به درجه سمیت تحت عملیات بسیار ساده جمع آوری و دور ریزی می شوند، اما پسماندهای پرتوزا بدلیل خصوصیات و ویژگیهای منحصر بفرد خود لازم است طبق معیارها و ضوابط مخصوص مورد عملیات قرار گرفته و سپس نگهداری یا دفع شوند . از میان مشکلاتی که صنعت انرژی هسته ای امروزه با آن مواجه است احتمالاً هیچ کدام به بزرگی مشکل پسماندهای پرتوزا و چگونگی دفع آن نمی باشد.

مواد زائد پرتوزا علاوه بر سمیت شیمیایی بدلیل ساطع نمودن پرتوهای مضر و خطرناک در اثر واپاشی از جمله مواد سرطانزا به حساب می آیند و چنانچه مقادیر بسیار کمی از آنها از طریق آب، هوا و یا از طریق زنجیره غذایی وارد بدن گردد. با گذشت زمان موجب بروز سرطان و یا تاثیرات سوء ژنتیکی در نسل های بعدی می گردند . مشکل اساسی در مورد پسماندهای پرتوزا این است که بعضی از هسته های پرتوزا موجود در آنها دارای نیمه عمر طولانی و در خلال این مدت بایستی از محیط زیست و مردم جدا نگهداری شوند. نیمه عمر بعضی از عناصر حاصل از شکافت هسته ای به ۳۰ سال و نیمه عمر عناصر ترانس اورانیوم به بیش از هزاران سال می رسد.

با توجه به این که مواد پرتوزا را نمی توان با هیچ روش شناخته شده شیمیایی و مکانیکی از بین برد و تنها راه از بین رفتن آنها فروپاشی و تبدیل به عناصر غیر پایدار می باشد، لذا مدیریت پسماند های پرتوزا شامل کنترل ، کاهش میزان دورریزی عناصر پرتوزا و تغلیظ و تبدیل آنها به شکلی است که بتوان اینگونه مواد را با اطمینان کافی تخلیه و یا برای مدت طولانی نگهداری نمود. به طور خلاصه اصول و فلسفه مدیریت پسماندهای پرتوزا در راستای حفظ سلامتی انسان ها ، حفاظت محیط زیست و نسل های آینده می باشد.

تعاریف :

- پرتوزایی عبارتست از تعداد هسته هایی که در واحد زمان واپاشی می کنند.
- نیمه عمر مدت زمانی است که طی آن پرتوزایی به نصف مقدار اولیه اش برسد.
- پسماند پرتوزا یا زباله اتمی به موادی اطلاق می گردد که حاوی و یا آلوده به مواد پرتوزا در غلظت های بیش از میزان متعارف باشد.

تقسیم بندی مواد زائد رادیواکتیو از لحاظ پرتوزایی

الف - پسماند های با پرتوزایی بالا HLW

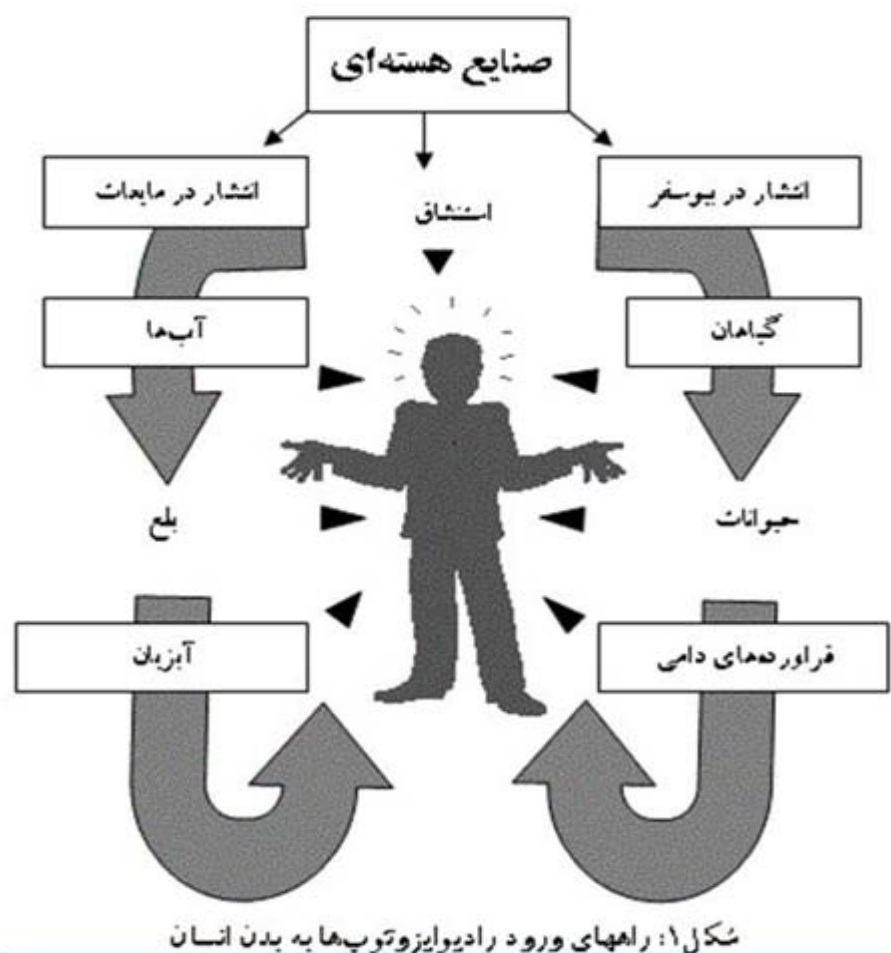
ب - پسماند های با پرتوزایی متوسط MLW

ج- پسماند های مایع با پرتوزایی پایین LLW

پرتوگیری:

پرتوگیری از راه های پخش اتمسفری ، منابع و محیط دریا ، انتقال از اکوسیستم کشاورزی ، انتقال از اکوسیستم آبهای شیرین و انتقال از راه مصرف مواد غذایی و آشامیدنی می باشد. زنجیره غذایی از مهمترین راه های آلودگی بدن به مواد پرتوزا است.

(در حوادث هسته ای مواد غذایی که انتظار می رود بطور وسیع آلوده شوند عبارتند از : شیر، گوشت ، حبوبات ، سبزیجات و میوه ، ماهی و قارچ)



حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی :

- ۱ - به حداقل رساندن زمان پرتوگیری (عامل زمان)
- ۲ - به حداکثر رساندن فاصله از منبع پرتو (عامل فاصله)
- ۳ - ایجاد حفاظ در مقابل منبع پرتو (عامل حفاظ)

منابع و انواع پسماند های پرتوزا

پسماندهای پرتوزا در کلیه مراحل چرخه سوخت هسته‌ای تولید می‌شوند. چرخه سوخت هسته‌ای شامل اکتشاف و استخراج سنگ معدن اورانیم، تولید سوخت هسته‌ای، کارکرد راکتورها، بازیابی سوخت‌های مصرف شده و برچیدن تاسیسات هسته‌ای می‌باشد. منابع دیگر تولید پسماند های پرتوزا مراکز تحقیقاتی، بیمارستان ها، مراکز تهیه و تولید رادیوایزوتوپ و مراکز صنعتی و کشاورزی می‌باشند. این پسماند ها می‌توانند به حالت جامد، مایع و یا گاز باشند. در این مواد از قبیل زباله، چشمه های پرتوزای مصرف شده، پمپ ها، لوله، رزین های تبادل یونی مصرف شده، رسوب های لجنی و سخت هسته ای مصرف شده وجود دارد.

در بررسی های انجام شده در بخشهای پزشکی هسته ای بیمارستانها عمدتاً از سه ماده جهت تشخیص و درمان به میزان های مشخص استفاده می‌شود. این مواد شامل ید ۱۳۱ بصورت کپسول و ید ۱۳۱ مایع و تکنسیوم بصورت مایع را شامل می‌شوند. خطر پسماندهای کم فعالیت مواد پرتوساز می‌تواند بعلت آلودگی سطوح خارجی ظروف یا رفتار نامناسب و یا طولانی بودن مدت ذخیره سازی آنها باشد. کارکنان بیمارستانها یا کسانی که با مواد پرتوساز سروکار دارند، یا کارکنان تمیز کار که با این نوع مواد پرتوساز مواجه هستند در معرض خطر می‌باشند.

طبقه بندی بر اساس حالت فیزیکی مواد زائد رادیواکتیو

طبقه بندی ها را میتوان با توجه به اهداف مورد نظر، به روش های گوناگونی انجام داد. یک روش طبقه بندی بر اساس حالت فیزیکی است که پسماند های پرتوزا را به سه دسته مایع، جامد و گازی طبقه بندی می‌نماید. هر یک از سه دسته فوق را نیز بر حسب میزان پرتوایی به چند گروه تقسیم می‌نمایند که در زیر به آنها اشاره می‌گردد.

الف - پسماند های مایع:

آژانس بین المللی انرژی اتمی میزان پرتوایی این پسماند ها را طبق مقررات خود بر حسب کوری در متر مکعب بیان می‌کند.

ب - پسماند های جامد:

طبقه بندی پسماند های جامد در مقایسه با پسماند های مایع پیچیده تر است. این پسماند ها ممکن است بر حسب نوع پرتوایی (بتا، گاما و یا آلفا) یا بر حسب قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال طبقه بندی می‌شوند. برای سنجش میزان پرتوایی بتا و گاما در پسماند های جامد معمولاً مقدار تشعشع آنها را در سطح خارجی محفظه های حاوی آنها اندازه گیری می‌نمایند، در مواردی نیز دز واقعی را می‌توان در سطح پسماند اندازه گیری نمود.

ج - پسماند های گازی:

پسماند های گازی را بر حسب میزان پرتوایی در واحد حجم هوا دسته بندی می‌نمایند. البته عوامل دیگری از قبیل فشار، درجه حرارت، میزان رطوبت و روغن موجود در گاز نیز باید مشخص باشند.

آمایش پسماند های پرتوزا

پسماند های پرتوزا که در قسمت های مختلف تولید می شوند دارای خواص فیزیکی ، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی می باشند. جهت جلوگیری از پخش و انتشار غیر متعارف مواد پرتوزا در محیط زیست و آلودگی تاسیسات اقتصادی لازم است پسماند های پرتوزا به تنه سب خواص مختلفی که دارند مورد عملیات و فرآیندهای متفاوتی قرار گیرند تا آنها را مطابق معیارها و شرایط پذیرفته شده بین المللی به طور ایمن در محیط زیست نگهداری و یا دور ریزی نمود . امروزه روش های متعددی با هدف اصلی کاهش حجم پسماند در دسترس می باشند. برای به کلر گیری اکثر این فرآیندها ، لازم است حتی الامکان پسماند ها را به انواعی با خواص یکسان و یکنواخت تقسیم بندی نمود

مهم ترین روش های آمایش انواع پسماند ها به اختصار به شرح زیر می باشند

الف- آمایش پسماند های گازی

پسماند های گازی شکل که در مراحل مختلف فعالیت های هسته ای تولید می شوند به روش های زیر آمایش می شوند:

- تصفیه گازها از طریق عبور از فیلترها، این فیلترها ذرات جامد موجود در هوا را جدا می نمایند. برای این منظور فیلترهای متنوعی بکار می روند. نوعی از آنها که در صنعت هسته ای کاربرد وسیعی دارد و عملاً در تمام تاسیسات هسته ای بکار می رود فیلتر های با بازده بالا (HEPA) می باشد که می توانند ۹۹/۹ درصد ذرات ریز را جدا نموده و در خود نگهدارند. این فیلترها در موارد متعدد بعد از فیلتر نمودن اولیه که ذرات بزرگ را جدا می کنند برای تصفیه نهایی گازها بکار گرفته می شوند.
- شستشوی گازها با محلول های شستشو دهنده
- جذب گازها بر روی مواد جاذب مانند ذغال فعال
- جدا نمودن گازهای پرتوزا به روش تقطیر در درجات حرارت پایین، گازهای نادر و بخصوص کریپتون-۸۵

در کلیه روش های ذکر شده پسماند های گازی شکل پس از انجام عملیات به داخل دودکش هایی که در داخل آنها نیز فیلترها و تله های مخصوص برای جذب هسته های پرتوزا خاص تعبیه شده است هدایت می شوند و نهایتاً پس از کنترل و اطمینان از سطح پرتوزایی قابل قبول آنها در محیط تخلیه می شوند.

ب - آمایش پسماند های جامد

بیشترین حجم پسماند های جامد که در مراحل مختلف تولید می شوند شامل کاغذ های مصرف شده، لباس و دستکش آلوده، شیشه آلات و لوازم فلزی آلوده می باشند.

روش های متداول برای آمایش این پسماند ها عبارتند از:

۱- قطعه قطعه کردن:

بعضی از تجهیزات آلوده و یا قطعات بزرگ پسماند ها بایستی قبل از جدا سازی و انجام عملیات دیگر بر به قطعات کوچکتر تبدیل شوند.

۲ - سوزاندن:

پسماند هایی که قابل سوزاندن می باشند پس از جدا سازی در دستگاهی بنام **زباله سوز اتمی** سوزانده می شوند. با این روش حجم پسماند به میزان قابل توجهی کاهش یافته و تبدیل به خاکستر با حجم بسیار کم اما پرتوزایی بیشتر می گردد. خاکستر حاصل را بایستی در مواد مناسب مانند سیمان ، قیر ، شیشه و یا سرامیک ثابت نمود تا بتوان آنها را با اطمینان به مدت طولانی نگهداری نمود.

۳- متراکم کردن:

با این روش که در دستگاهی بنام متراکم کننده انجام می شود پسماند ها توسط یک پرس هیدرولیکی فشرده می‌شوند و حجم آنها به میزان قابل توجهی کاهش می یابد که عملیات نگهداری و دفع آنها را تسهیل می نماید.

ج- آمایش پسماند های مایع

پسماند های مایع در اغلب فعالیت های هسته ای و آزمایشگاهی در حجم های زیاد تولید می شوند . از نقطه نظر کمی معمولا پسماند های جامد را می توان قبل از انجام هر گونه عملیات موقتا انبار و نگهداری نمود، حال اینکه مقادیر زیادی از پسماند های مایع را نمی توان برای مدت زمان طولانی انبار کرد. با توجه به پرتوزایی موجود در پسماند های مایع روش هایی که برای آمایش آنها بکار می روند متفاوت می باشد

پسماند های با پرتوزایی بالا HLW که معمولا حجم کمی دارند بیشتر حاصل فعالیت کارخانه های بازیابی سوخت های مصرف شده است که محصولات شکافت از مواد سوختی دیگر مانند اورانیوم - ۲۳۵ و پلوتونیم - ۲۳۹ جدا می شوند. نگهداری و انبار کردن طولانی مدت اینگونه پسماند ها بعلاوه نیمه عمر طولانی هسته های پرتوزای موجود در آنها و حرارت بالای این محلولها روش مناسبی نمی باشد . امروزه این گونه پسماند های با پرتوزایی بالا را با مواد مناسب تثبیت و جامد سازی نموده و سپس در محل های مطمئن دفن و نگهداری طولانی مدت می نمایند. جامد سازی این پسماند ها عمل بسیار پیچیده و حساسی است و در بعضی موارد نیاز به تکنولوژی بسیار پیشرفته و هزینه بالا دارد.

روش های مورد استفاده برای جامد سازی پسماند ها عبارتند از:

- تبدیل مواد زائد رادیو اکتیو به پودر از طریق حرارت دادن پسماند و نگهداری پودر یا خاکستر
- جامد سازی در سیمان، در این روش پسماند با مخلوطی از سیمان و ماسه به نسبت مناسب مخلوط شده و در داخل بشکه هایی قرار داده می شوند . بدین ترتیب از بخش هسته های پرتوزا می توان جلوگیری نموده و سیمان حاصل را در انبار ها یا محل های مخصوص نگهداری کرد.
- جامد سازی در قیر
- جامد سازی در پلیمر
- جامد سازی در شیشه و سرامیک

پسماند های با پرتوزایی متوسط MLW را می توان به روش تبخیر کردن آمایش نمود . با این طریق حجم این گونه پسماند ها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و رسوبات حاصل از عمل تبخیر را در مواد مناسبی جامد سازی و سپس برای مدت زمان طولانی نگهداری می نمایند.

- تزریق در طبقات مناسب زمین شناسی همراه با مخلوطی از سیمان و مواد جامد دیگر پسماند های مایع با پرتوزایی پایین LLW که در حجم های بسیار زیاد در مراکز هسته ای تولید می شوند؛ ابتدا بایستی تا حد امکان از نظر حجمی کاهش داده شوند و سپس عملیات بعدی را بر روی آنها انجام داد . روش های بسیاری برای کاهش حجم این گونه پسماند ها موجود است که انتخاب هر روش بستگی به عواملی از قبیل نحوه رفع آلودگی مورد نظر، ترکیب شیمیایی پسماند، هسته های پرتوزا موجود در پسماند ، حجم پسماند ، هزینه تاسیسات و امکانات مالی دارد.

دوریزی و دفع نهایی پسماند های پرتوزا

پسماندهای پرتوزای تولید شده از فعالیت های مختلف هسته ای را امروزه پس از آمایش و بسته بندی به منظور کاهش احتمال نشت مواد پرتوزا موجود در آنها به محیط زیست و پیش آمدهای ناگوار ناشی از آن، بطرق نهایی تا آنجا که امکان پذیر است از محیط زیست دور می نمایند. مطالعات و تحقیقات زیادی در جهان در دست اجرا است تا بتوانند آسانترین، مطمئن ترین و کم هزینه ترین روش را در این زمینه ارائه دهند . روشهای متفاوتی که امروزه متداول بوده و مورد استفاده قرار می گیرند به شرح زیر می باشند:

الف- انبار نمودن:

پسماند های پرتوزا پس از کاهش حجم در داخل بشکه هایی از جنس فولاد و یا در بلوک های سیمانی قرار داده می شوند. این پسماند ها جهت انبار شدن و نگهداری در داخل ساختمانهایی در زیر و یا روی زمین که به همین منظور طراحی و ساخته می شوند قرا می گیرد . این ساختمانها طوری طراحی می شوند که در مقابل سیل، زلزله و غیره مقاوم باشند . در بعضی از کشورها مثل آلمان از معدن نمک و یا در فر انسه از غار و معادن متروکه برای انبار نمودن پسماند ها استفاده می کنند. در این گونه اماکن بشکه ها را در تونل معدن نمک روی هم قرار می دهند.

ب- تخلیه در دریا:

این روش اصولاً در مورد پسماندهای بسته بندی شده جامد با پرتوزایی متوسط انجام می شود و اغلب در کشورهای که مسافت چندانی با دریا ندارند و در ضمن از نظر وضعیت جغرافیایی منطقه، محدودیت هایی داشته باشند مورد استفاده قرار می گیرد. در گذشته بسیاری از کشورها از جمله بلژیک، هلند، انگلیس و سوئیس بشکه های خود را مشترکاً در دریا غرق می کردند و محل تخلیه را از نظر آلوده بودن تحت کنترل داشتند، که این روش امروزه مورد اعتراض بسیاری از کشورها و گروه های هوادار بهداشت محیط زیست قرار گرفته و تقریباً منسوخ گردیده و به کشورها اجازه این کار داده نمی شود.

ج- دفن کردن:

امروزه دفن پسماندهای پرتوزا در داخل زمین مناسب ترین روش جهت نگهداری بشمار می رود. بخصوص در مورد پسماند های با پرتوزایی کم و متوسط و یا نیمه عمر کوتاه بهترین روش می باشد. چنانچه دفن پسماند ها در داخل زمین مورد نظر باشد بایستی روش دفن با خصوصیات پسماند مطابقت داشته باشد. یعنی پسماند های با پرتوزایی بالا و هسته های پرتوزا با نیمه عمر طولانی باید در اعماق زمین دفن شوند، در حالی که پسماند های با پرتوزایی کم را می توان در نزدیکی سطح زمین دفن کرد. بطور کلی هدف از دفن پسماند ها در داخل زمین، جلوگیری

از ورود مقادیر غیرمتمعارف مواد پرتوزا به محیط زیست به وسیله محبوس کردن هسته ه ای پرتوزا در محلی مناسب برای مدت طولانی می باشد.

مهمترین و اساسی ترین قسمت در دفن پسماند های پرتوزا انتخاب محل مناسب می باشد . انتخاب محل دفن با توجه به مطالعات زمین شناسی، آب شناسی، هواشناسی، جمعیت شناسی و کاربرد محل در آینده و غیره انجام می گیرد. از عوامل مهم در انتخاب محل، جنس طبقات و لایه های زمین، پایین بودن سطح آب هنای زیرزمینی و دور بودن از مراکز جمعیت می توان نام برد. با توجه به بررسی های انجام شده گرانیپت و سنگ نمک بهترین حفاظ برای نگهداری پسماند ها بمدت طولانی می باشند.

د- سایر روش ها:

یکی از روش ه ای جدید در حال بررسی و مطالعه ، دفن پسماند های پرتوزا در لایه های ثابت زمینی زیر بستر اقیانوسها می باشد، در این روش با حفر چاه های در کف اقیانوس ها پسماند های پرتوزا را در آنها دفن می کنند . این روش بسیار پیچیده و نیاز به تکنولوژی پیشرفته دارد و فاکتورهای زیادی از قبیل محفظه حاوی پسماند و جنس آن، جنس طبقات زیر اقیانوس، تغییرات درجه حرارت و حرکت آبهای زیر اقیانوس و غیره باید در نظر گرفته شود. روش دیگر، فرستادن و انتقال پسماند ها به سایر کرات می باشد که جزو روش های بسیار پرهزینه است.

نتایج و بحث

نیاز به حفاظ گذاری به منظور کاهش و جلوگیری از پرتوگیری چه در هنگام کار با مواد پرتوزا یا انهدام و دفع و هم چنین در مکان های نگهداری و دفن در بخش های پزشکی و صنعت هسته ای از ضروری ترین مراحل مدیریت پسماند مواد پرتوزا و زباله های هسته ای است. بطور عمده از انواع مواد رادیواکتیو جهت کاربردهای صلح آمیز استفاده می شود. مواد رادیواکتیو مورد استفاده در صنایع پزشکی شامل ید ۱۳۱ (بصورت کپسول) ید(مایع) و تکنسیم (بصورت مایع) بمیزان متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرد.

در بخش صنعت نیز معمولا از چشمه های ایریدیم، کبالت و دستگاه پرتو ایکس استفاده می نمایند که کاربری آنها در صنایع مورد نیاز به تست های غیر مخرب و تجهیزات کنترلی می باشد.

با توجه به اینکه مواد رادیواکتیو مذکور دارای نیمه عمر کوتاه بوده ضروری است جمع آوری نگهداری و دفع زائدات آنها شرایط خاصی داشته باشد. تأمین سلامت و حفاظت افراد و همچنین محیط زیست در مقابل تأثیرات پسماندهای رادیواکتیو و خطرات ناشی از آن در بلندمدت در این مطالعه و بررسی مورد نظر بوده است. با گسترش استفاده از مواد رادیواکتیو با نیمه عمر کوتاه در سازمان های مختلف بخصوص در امور پزشکی داروئی و دیگر فعالیت های مرتبط با آن لزوم بازنگری و داشتن دیدگاه صحیح نسبت به نحوه دفع این مواد یکی از راه های تأمین حفاظت می باشد . صنایع مختلفی که از منابع پرتوساز برای مقاصد تشخیصی، درمانی، پژوهشی و صنعتی استفاده می کند باید یک مدیر آموزش دیده برای امور پرتوتابی داشته باشد که پاسخگوی استفاده ایمن مواد پرتوساز و حفظ سوابق پرتوکاران یا عملیات مربوط به مواد رادیواکتیو باشد . برای پایش سرعت مقدار مصرف و آلودگی هم باید اسباب های کاملا دقیق در دسترس باشد. یک نظام اطلاعات مدارک پزشکی و سوابق کاری و محیطی برای اطمینان از قابل ردیابی بودن پسماندهای پرتوساز منتقل شده یا دفع شده در محل هم باید ایجاد شود و همواره نگه داشته شود.

در کشورهای مختلف از جمله ایران مدیریت پسماندهای هسته ای بعهدده سازمان انرژی اتمی و بر کلیه مراحل جمع آوری نگهداری و دفع نظارت داشته و برای رسیدن به اهداف حفاظت افراد و محیط زیست کلیه مراکز پزشکی هسته ای صنعتی و تحقیقاتی را ملزم به رعایت قوانین بین المللی و کشوری در جهت جمع آوری و نگهداری زائدات هسته ای نموده است.

مدیریت مطمئن پسماندهای پرتوساز باید تابع راهبرد مناسب ملی و با داشتن زیر ساختاری شامل مقررات مناسب، دستگاه قانونگذاری، و سازمانهای عملیاتی ذیصلاح و مقدار کافی کارمند آموزش دیده باشد. همچنین در راهبرد کشوری باید تعیین شود که آیا مدیریت این پسماندها باید بصورت متمرکز باشد، یا می توان تمامی پسماندها را در محل تولید مدیریت کرد. چنین تصمیمی باید بر پایه مقدار و سطح فعالیت پسماندهای تولید شده و پیامد تحلیل هزینه ها باشد. در پایان بایسته ضمن رعایت استاندارد های بین ملی و استاندارد های ایران، آموزش و اطلاعات کافی در دسترس عموم در رویارویی با علائم و خطرات مواد پرتوزا و زباله های هسته ای قرار گیرد، این امر به عهده مسئولین امر از جمله مدیریت پسماندهای پرتوزا و امور حفاظت در برابر مواد رادیواکتیو است. در این حالت چه صنایع داخلی و چه محصولاتی که از خارج وارد کشور می شود بایستی تحت پوشش و نظارت قرار گیرند، دزیمترهای شخصی و محیطی و هشدار دهنده ها به همراه علائم هشداری سبب کاهش و به حداقل رسیدن آسیب های محتمل از مواد و زباله های اتمی خواهد شد.



شکل ۲: پرتوگیری ناخواسته در عدم آشنایی با زباله های هسته ای

منابع و مراجع

[۱] غیائی نژاد، مهدی - کاتوزی، مهرا ن؛ حفاظت در برابر اشعه، شرکت دریید، ۱۳۸۷

[۲] IAEA, “Geological disposal of radioactive waste: Technological implications for retrievability “

IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.1, VIENNA, ۲۰۰۹.

[۳] IAEA “Licence Applications for Low and Intermediate Level Waste Predisposal Facilities

A Manual for Operators”, VIENNA, ۲۰۰۹

[۴] National Low-Level waste management program (۱۹۹۳). DOE/LLW-۱۸۱