

بررسی راه های آمایش، دفع و دور ریزی پسماندهای هسته ای

ارسلان محمدی

مدرس دانشگاه جامع علمی - کاربردی

Arsalanbavy@yahoo.com

چکیده

امروزه استفاده از مواد رادیواکتیو در تاسیسات و نیروگاه های هسته ای برای تولید انرژی و کاربرد وسیع رادیوایزوتوپ ها در بخش های مختلف پزشکی، تحقیقاتی، کشاورزی، صنعتی و ... با تولید مواد خطرناک زائد و ضایعات رادیواکتیو بلا استفاده همراه است. پسماندهای صنایع و بخش های غیر هسته ای با توجه به درجه سمیت، با استفاده از عملیات بسیار ساده، جمع آوری، دفع و دور ریزی می شوند. اما پسماندها و ضایعات هسته ای و مواد رادیواکتیو به دلیل خصوصیات و ویژگی های منحصر به فرد، می بایست بر اساس معیارها، قوانین و استانداردهای ویژه و مخصوص مورد آمایش، دفع و دور ریزی قرار گیرند.

پسماندها و مواد زائد هسته ای دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی می باشند که علاوه بر سمیت شیمیایی به دلیل ساطع نمودن تشعشعات و مواد رادیواکتیو، از جمله عوامل سرطان زا به حساب می آیند و چنانچه مقادیر بسیار کمی از آنها از طریق آب، هوا و یا از طریق زنجیره غذایی وارد بدن انسان گردد، با گذشت زمان موجب بروز سرطان و یا تاثیرات سوء ژنتیکی در نسل های بعدی می گردد. بنابراین از میان مشکلات و چالش هایی که امروزه فناوری هسته ای با آن مواجه گردیده است احتمالاً هیچکدام به اندازه مشکل پسماندهای رادیواکتیو و چگونگی آمایش، دور ریزی و دفع دائمی این پسماندها نمی باشد.

نظر به اهمیت موضوع و اثرات زیانبار پسماندهای هسته ای بر روی سلامت انسان و محیط زیست و همچنین با عنایت به ضرورت شناخت و آشنایی بیش از پیش با فرایند آمایش، دفع و دور ریزی پسماندهای هسته ای، در این نوشته تلاش گردیده است تا راه های آمایش، دفع و دور ریزی ضایعات و پسماندهای هسته ای مورد تبیین و بررسی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پسماندهای هسته ای، آمایش، ضایعات رادیواکتیو، دفع و دور ریزی پسماند

امروزه مشکل اساسی در مورد پسماندهای هسته ای و ضایعات رادیواکتیو این است که برخی از هسته ها و مواد رادیواکتیو موجود در آنها دارای نیمه عمرهای طولانی بوده و در خلال این مدت بایستی از محیط زیست و مردم جدا نگهداری شوند. این در حالی است که نیمه عمر برخی از عناصر حاصل از شکافت هسته ای از قبیل عناصر ترانس اورانیوم به بیش از هزاران سال می رسد. بنابراین تجزیه و فروپاشی این قبیل عناصر رادیواکتیو نیز هزاران و بلکه میلیون ها سال به طول خواهد انجامید. از همین رو تا فروپاشی و تجزیه کامل مواد رادیواکتیو و پسماندهای هسته ای، همواره انسان در معرض مخاطرات ناشی از آنها قرار دارد. [3]

از سوی دیگر بشر در حال استفاده روزافزون از فناوری هسته ای در بخش های مختلف صنعت، کشاورزی، تحقیقات، پزشکی و ... است که همگی این بخش ها با تولید مواد زائد و پسماندهای رادیواکتیو و هسته ای همراه است. چنانچه امروزه جهان با حجم زیاد و متنوعی از این مواد مواجه گردیده است. بنابراین در چنین شرایطی، بشر می بایست به نحوی این مواد و پسماندهای رادیواکتیو را از محیط زیست خود دور کرده تا ضمن حفظ سلامتی خود، حفاظت محیط زیست و سلامت نسل های آینده را نیز با بحران و چالشی جدی مواجه نسازد.

بدون تردید دستیابی به این مهم، نیازمند داشتن مدیریت کارآمد و هوشمند پسمانداری هسته ای است و صد البته مدیریت موفق پسمانداری ایمن و کارآمد هسته ای، نیز بدون توجه به اصول و بکارگیری راه های علمی و عملی مبتنی بر اجرای مقررات و استانداردهای بین المللی تدوین شده در خصوص اصول و راه های آمایش، دفع و دور ریزی پسماندهای رادیواکتیو و ضایعات بلا استفاده هسته ای امکان پذیر نمی باشد.

۲- آمایش پسماندهای هسته ای

تنوع پسماندهای رادیواکتیوی که در بخش ها و مراکز مختلف هسته ای تولید می شوند، موجب گردیده که این پسماندها و ضایعات رادیواکتیو، دارای خواص فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی باشند. به منظور جلوگیری از پخش و انتشار غیر متعارف مواد و تشعشعات رادیواکتیو در محیط زیست و ممانعت از آلودگی افراد، محیط زیست و ... لازم است پسماندهای رادیواکتیو به تناسب خواص مختلفی که دارند مورد عملیات و فرایندهای مختلف و متنوعی قرار گیرند تا بتوان آنها را بر اساس معیارها، ضوابط و استانداردهای پذیرفته شده بین المللی به صورت کاملاً استاندارد و ایمن نگهداری، دور ریزی و یا دفن نمود.

بر همین اساس امروزه روش های متعددی با هدف اصلی کاهش حجم پسماندهای هسته ای در دسترس می باشند. به منظور بکارگیری اکثر فرایندها، لازم است حتی الامکان پسماندها را به انواعی با خواص یکسان و یکنواخت تقسیم بندی نمود. مهمترین روش های آمایش انواع پسماندهای رادیواکتیو و هسته ای را می توان به اختصار به شرح زیر تقسیم بندی کرد. [1,5]

۲-۱- آمایش پسماندهای رادیواکتیو گازی

پسماندهای رادیواکتیو گازی شکل که در مراحل مختلف فعالیت های هسته ای تولید می شوند، به روش های زیر مورد آمایش قرار می گیرند:

- تصفیه گازهای رادیواکتیو از طریق عبور از فیلترها، این فیلترها ذرات جامد موجود در هوا و گازهای رادیواکتیو را جدا می نمایند. برای این منظور فیلترهای متنوعی مورد استفاده قرار می گیرند. نوعی از این فیلترها که در صنعت هسته ای، کاربرد وسیعی دارد و عملاً در تمام تاسیسات هسته ای به کار می روند، فیلترهای با بازده بالا می باشند. این فیلترها می توانند ۹۹٫۹٪ ذرات ریز را جدا نموده و در خود نگهداری نمایند. لازم به توضیح است که 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. [4]
- شستشوی گازهای رادیواکتیو با محلول های شستشو دهنده

- جذب گازهای رادیواکتیو بر روی مواد جاذب مانند زغال فعال
 - جدا نمودن گازهای رادیواکتیو به روش تقطیر در درجه حرارت پایین. به عنوان مثال گازهای نادر و به خصوص کریپتون ۸۵ را با استفاده از این روش از سایر گازهای رادیواکتیو جدا می کنند.
- در کلیه روش های ذکر شده بالا، پسماندهای رادیواکتیو گازی شکل را به داخل دودکش هایی که در داخل آنها نیز فیلترها و تله های مخصوص برای جذب هسته های رادیواکتیو خاص تعبیه شده است، هدایت می کنند و در نهایت پس از کنترل و اطمینان از سطح رادیواکتیویته قابل قبول، این گازها در محیط تخلیه می شوند.

۲-۲- آمایش پسماندهای رادیواکتیو جامد

بیشترین حجم پسماندهای جامد که در مراحل مختلف فعالیت های هسته ای تولید می شوند شامل لباس ها و دست کش های آلوده، شیشه جات و لوازم فلزی آلوده و ... می باشند. روش های متداول برای آمایش این سری پسماندهای رادیواکتیو عبارتند از: [1]

- **قطعه قطعه کردن پسماند:** بعضی از تجهیزات و وسایل آلوده و یا قطعات بزرگ پسماندها بایستی قبل از جداسازی و انجام عملیات دیگر به قطعات کوچکتر تبدیل شوند.
- **سوزانیدن پسماند:** پسماندهایی که قابل سوزاندن می باشند پس از جداسازی در دستگاهی به نام پسماند سوز اتمی، سوزانده می شوند. با این روش حجم پسماندها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و تبدیل به خاکستر با حجم بسیار کم ولی با رادیواکتیویته بالاتر می گردد. خاکستر رادیواکتیویته حاصل را بایستی در مواد مناسب، مانند سیمان، قیر، شیشه و یا سرامیک ثابت نمود تا بتوان آنها را با اطمینان مناسب برای مدت زمان طولانی نگهداری نمود.
- **متراکم نمودن پسماند:** این روش در دستگاهی به نام متراکم کننده صورت می پذیرد. عملیات فشره سازی پسماندها توسط یک پرس هیدرولیکی صورت می گیرد و بدینوسیله حجم پسماندها را به میزان قابل توجهی کاهش می دهند. لازم به توضیح است که از این طریق عملیات نگهداری و دفع پسماندهای رادیواکتیو جامد به نحو بسیار مناسبی تسهیل می یابد.

۲-۳- آمایش پسماندهای رادیواکتیو مایع

پسماندهای رادیواکتیو مایع در اغلب فعالیت های هسته ای و آزمایشگاهی در حجم های نسبتاً زیادی تولید می شوند. از نقطه نظر کمی معمولاً پسماندهای رادیواکتیو جامد را می توان قبل از انجام هر گونه عملیاتی، موقتاً انبار و نگهداری نمود. حال اینکه مقادیر نسبتاً زیادی از پسماندهای رادیواکتیو مایع را نمی توان برای مدت زمان طولانی انبار کرد. با توجه به میزان رادیواکتیویته موجود در پسماندهای مایع، روش هایی که برای آمایش این نوع پسماندها به کار می برند متفاوت بوده و به شرح ذیل می باشند: [1,4]

۲-۳-۱- پسماندهای با سطح رادیواکتیویته بالا (HLW)^۱

این سری پسماندها معمولاً حجم کمی دارند و بیشتر حاصل فعالیت کارخانه های بازفرآوری سوخت های مصرف شده است که محصولات شکافت از مواد سوختنی دیگر مانند اورانیوم ۲۳۵ و پلوتونیوم ۲۳۹ جدا می شوند. نگهداری و انبار کردن طولانی مدت این گونه پسماندها به علت نیمه عمر طولانی هسته های رادیواکتیو موجود در آنها و حرارت بالای این محلول ها روش مناسبی به نظر نمی رسند. امروزه این گونه پسماندهای رادیواکتیویته بالا را با مواد مناسب تثبیت نموده و جامد سازی می کنند. سپس این پسماندها را در محل های مطمئن، دفع و برای مدت های طولانی

¹ - High Level Waste

نگهداری و ذخیره می کنند. جامد سازی این گونه پسماندها عمل بسیار پیچیده و حساسی است و در بعضی موارد نیاز به فناوری بسیار پیشرفته و هزینه بالایی دارند. روش های مورد استفاده برای جامد سازی این نوع پسماندهای رادیواکتیو مایع عبارتند از: [6]

- کلسینه کردن یا تبدیل آنها به پودر از طریق حرارت دادن پسماند و نگهداری پودر یا خاکستر حاصل.
- جامدسازی در سیمان، در این روش پسماند را با مخلوطی از سیمان و ماسه به نسبت مناسب مخلوط می کنند و سپس آنها را در داخل بشکه هایی قرار می دهند و بدین وسیله از پخش هسته های رادیواکتیو، جلوگیری نموده و سیمان حاصل را در انبارها یا محل های مخصوص نگهداری می کنند.
- جامد سازی در قیر
- جامد سازی در مواد پلیمری

۲-۳-۲- پسماندهای با سطح رادیواکتیویته متوسط (MLW)^۲

این پسماندها معمولاً از حجم نسبتاً زیادی برخوردارند و آنها را می توان با استفاده از روش تبخیر کردن، آمایش نمود. لازم به توضیح است که در جاهایی که پسماند دارای اکتیویته متوسط و یا نسبتاً بالا وجود داشته باشد با استفاده از عملیات تبخیر سازی، حجم اینگونه پسماندها را به میزان قابل توجهی تا حدود یک بیستم کاهش می دهند و رسوبات حاصل از عمل تبخیر را در مواد مناسب جامدسازی و سپس برای مدت زمان طولانی در بشکه های مهر و موم شده نگهداری می نمایند. [8]

روش دیگری که برای آمایش اینگونه پسماندهای رادیواکتیو مرسوم بوده و بیشتر در کشور امریکا مورد استفاده قرار گرفته، این است که آنها را در طبقات مناسب زمین شناسی همراه با مخلوطی از سیمان و مواد جامد دیگر تزریق می کنند.

۲-۳-۳- پسماندهای مایع با سطح رادیواکتیویته پایین (LLW)^۳

این نوع از پسماندها در حجم های بسیار زیاد در مراکز هسته ای تولید می شوند. به منظور پایش این پسماندها ابتدا آنها را تا حد امکان از نظر حجمی کاهش داده و سپس عملیات بعدی را بر روی آنها انجام می دهند. امروزه روش های بسیاری برای کاهش حجم پسماندهای مایع با سطح رادیواکتیویته پایین موجود است که انتخاب هر روش بستگی به عوامل متعددی از قبیل نحوه رفع آلودگی مورد نظر، ترکیب شیمیایی پسماند، هسته های رادیواکتیو موجود در پسماند، حجم پسماند، هزینه تاسیسات، امکانات مالی و... دارد. [2]

روش های آمایش اینگونه پسماندهای رادیواکتیو بر پایه دانش فنی که برای تصفیه آب های آشامیدنی و صنعتی و فاضلاب ها مورد استفاده قرار می گیرد، استوار است. با وجود این، لازم است این فرایندها از کارایی بالاتری که استفاده از روش ها و تجهیزات اختصاصی را طلب می نمایند، بهره مند باشند. روش های مورد استفاده برای آمایش این نوع پسماندها عبارتند از: [1]

- استفاده از صافی یا فیلتر

این فرایند برای جدا کردن مواد و ذرات جامد معلق و ته نشین شده از مایع به کار می رود. با عبور محلول پسماند از فیلترهای مخصوص شنی آنتراسیت، می توان مواد رادیواکتیو معلق در محلول را جدا نمود. صاف کردن به صورت عملیات پیش تصفیه، پسماندها را برای انجام عملیات بعدی از قبیل رسوب گیری، تبادل یونی و یا تبخیر کردن آماده می سازد.

² - Medium Level Waste

³ - Low Level Waste

- روش رسوب گیری شیمیایی

روش رسوب گیری شیمیایی، یکی از مناسبترین روش ها برای آمایش پسماندهای با رادیواکتیویته کم است که به دلیل هزینه پایین و مکانیسم ساده عملیات در اکثر مراکز متداول است. اساس این روش بر پایه نامحلول بودن هیدروکسیدها، کربنات ها، فسفات ها و اغلب کاتیون های عناصر رادیواکتیو استوار است. در این فرایند با اضافه نمودن مواد شیمیایی مناسب، رسوبات نامحلول حاصل می شوند که نسبتاً سنگین می باشند و مواد رادیواکتیو را نیز به همراه خود ته نشین کرده و از محلول خارج می نمایند. مواد رادیواکتیو در نهایت در گل و لای و رسوبات تولید شده، باقی مانده و پس از جداسازی گل و لای، آنها را در سیمان تثبیت می نمایند. [6]

- روش تبادل یونی

این روش به میزان بسیار زیادی برای جدا نمودن هسته های رادیواکتیو از پسماندهای مایع مورد استفاده قرار گرفته است. در این فرایند، عوامل یونی بین قسمت مایع و مجموعه ای جامد که دارای گروه های قطبی یونیزه شونده می باشند، تعویض می شوند. هنگامیکه تعویض کننده کاملاً اشباع و یا از مدار خارج گردید، خود نیز به عنوان پسماند رادیواکتیو جمع آوری می گردد و یا بوسیله محلول های اسیدی و یا بازی احیاء می شوند. روش تبادل یونی کاربرد بسیار زیادی در چرخه سوخت هسته ای و تصفیه فاضلاب های آلوده به مواد رادیواکتیو و همچنین پسماندهای رادیواکتیو مایع که در مراکز تحقیقات هسته ای تولید می شوند دارد. پسماندهای رادیواکتیو مایعی که دارای شرایط زیر باشند را می توان به روش تبادل یونی مورد تصفیه و آمایش قرار داد. [1,7]

- غلظت مواد جامد معلق در آنها پایین باشد.
- هسته های رادیواکتیو به شکل یونی مناسب در پسماند باشند.
- مواد تبادل کننده یونی، قادر به تحمل درجه حرارت محلول پسماند باشند.

- روش تبخیر کردن

از روش تبخیر کردن می توان به منظور تغلیظ پسماندهای فوق الذکر استفاده نمود. اما چون هزینه عملیات تبخیر نسبتاً زیاد است، لذا بیشتر برای پسماندهای با رادیواکتیویته متوسط به کار می رود. این روش برای پسماندهایی که حاوی اسید نیتریک بوده و مقادیر املاح موجود در آنها نسبتاً بالا و دارای حجم کم باشد و از طرفی نیاز به فاکتور رفع آلودگی بالایی داشته باشد، بهترین روش تصفیه و آمایش به شمار می رود.

۳- دور ریزی و دفع نهایی پسماندهای رادیواکتیو

امروزه به منظور کاهش احتمال نشت مواد رادیواکتیو به محیط زیست و جلوگیری از پیامدهای ناگوار ناشی از پسماندهای رادیواکتیو تولید شده حاصل از فعالیت های مختلف هسته ای؛ این پسماندها را مورد آمایش و بسته بندی قرار داده و تا آنجا که امکان پذیر است از محیط زیست دور می نمایند. امروزه مطالعات و تحقیقات بسیاری در جهان در دست اجراست تا بتوانند آسانترین، ایمن ترین، کم هزینه ترین روش را در این زمینه ارائه دهند. روش های متفاوتی که امروزه به منظور دور ریزی و دفع نهایی پسماندهای هسته ای در جهان متداول بوده و مورد استفاده قرار می گیرند، عبارتند از: [1,5]

۳-۱- انبار نمودن

در این روش پسماندهای رادیواکتیو را پس از کاهش حجم در داخل بشکه هایی از جنس فولاد و یا در بلوک های سیمانی قرار می دهند. سپس این پسماندها را جهت انبار شدن و نگهداری در داخل ساختمان هایی در زیر و یا روی زمین که به همین منظور طراحی و ساخته شده اند، قرار می دهند. لازم به ذکر است که این ساختمان ها طوری

طراحی و ساخته می شوند که در مقابل عوامل طبیعی از قبیل سیل، زلزله و سایر بلاهای طبیعی و غیر طبیعی مقاوم باشند. در بعضی از کشورها مثل آلمان از معدن نمک و در فرانسه از غارها و معادن متروکه برای انبار نمودن پسماندهای هسته ای استفاده می کنند.[5]

۳-۲- تخلیه در دریا

این روش اصولاً در مورد پسماندهای بسته بندی شده جامد با رادیواکتیویته متوسط صورت می پذیرد و اغلب در کشورهایی که مسافت چندانی با دریا ندارند و از نظر وضعیت جغرافیایی منطقه دارای محدودیت 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 آلودگی بدون وقفه تحت کنترل داشتند که این روش امروزه مورد اعتراض بسیاری از کشورها و گروه های هوادار محیط زیست قرار گرفته و تقریباً دیگر به کشورها اجازه این کار داده نمی شود.

۳-۳- دفن کردن

امروزه دفن پسماندهای رادیواکتیو در داخل زمین مناسبترین روش جهت نگهداری به شمار می رود. دفن کردن در زیر زمین به خصوص در مورد پسماندهای رادیواکتیویته کم و متوسط و یا نیمه عمر کوتاه، بهترین روش است. چنانچه دفن پسماندها در داخل زمین مورد نظر باشد، می بایست روش دفن با خصوصیات پسماند مطابقت داشته باشد. یعنی پسماندهای رادیواکتیویته بالا و مواد و هسته های رادیواکتیو با نیمه عمر طولانی باید در اعماق زمین دفن شوند، در حالی که پسماندهای با سطح رادیواکتیویته پایین را می توان در نزدیکی سطح زمین نیز دفن کرد.[5]

به طور کلی هدف از دفن پسماندهای هسته ای در داخل زمین، جلوگیری از ورود مقادیر غیر متعارف مواد رادیواکتیو به محیط زیست با استفاده از محبوس کردن هسته های رادیواکتیو در محلی مناسب برای مدت زمان طولانی می باشد.

۳-۴- سایر روش ها

از جمله روش های جدید و در حال مطالعه دفن ایمن و استاندارد پسماندهای رادیواکتیو، این است که این پسماندها را در لایه های ثابت زمینی زیر بستر اقیانوس ها دفن کنند. در این روش با ایجاد و حفر چاه هایی در کف اقیانوس، پسماندهای رادیواکتیو را در آنها دفن می کنند. این روش بسیار پیچیده و نیاز به فناوری پیشرفته دارد و فاکتورهای زیادی از قبیل محفظه حاوی پسماند و جنس آن، جنس طبقات زیر اقیانوس، تغییرات درجه حرارت و حرکت آب های زیر اقیانوس و سایر موارد دیگر را باید مد نظر قرار داد. یکی دیگر از روش های دفن پسماندهای رادیواکتیو، فرستادن و انتقال این پسماندها به سایر کرات می باشد که البته این روش هنوز اجرایی نشده و جزء روش های بسیار پر هزینه است.

۴- نتیجه گیری

امروزه روند رو به گسترش استفاده از فناوری هسته ای در بخش های مختلف تحقیقاتی، صنعتی، کشاورزی، پزشکی و ... موجب گردیده است که هر کدام از این بخش ها با حجم بسیار بالایی از تولید مواد زائد و پسماندهای رادیواکتیو و هسته ای مواجه گردند. پسماندها و ضایعات رادیواکتیو و هسته ای، دارای نیمه عمرهای طولانی و خواص فیزیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی متفاوتی می باشند که با هیچ روش شناخته شده شیمیایی و یا مکانیکی نمی توان آنها را از بین برد. بنابراین تنها راه از نابودی این گونه پسماندها، فروپاشی و تبدیل آنها به عناصر پایدار است و این خود

مستلزم بررسی و شناخت کافی با اصول و راه های علمی، استاندارد و ایمن آمایش، دفع و دور ریزی پسماندهای هسته ای است.

به عبارت دیگر به منظور جلوگیری از پخش و انتشار غیر متعارف مواد و تشعشعات رادیواکتیو حاصل از مواد و پسماندهای هسته ای در محیط زیست و ممانعت از آلودگی های پرتویی و اثرات سوء حاصل از این تشعشعات بر سلامتی افراد و در جهت حفاظت محیط زیست و سلامت نسل های آینده، لازم است پسماندهای رادیواکتیو به تناسب خواص مختلفی که دارند مورد عملیات و فرایندهای ویژه و متنوعی قرار گرفته و سپس آنها را بر اساس معیارها، ضوابط و استانداردهای پذیرفته شده بین المللی، به صورت کاملاً ایمن نگهداری، دفع، دور ریزی و یا دفن نمود.

بنابراین همچنانکه در این نوشتار بیان گردید، می بایست اینگونه مواد رادیواکتیو زائد را متناسب با نوع و خصوصیات پسماند، بر اساس استانداردها و ضوابط بین المللی، مورد عملیات آمایش، دفع و دور ریزی قرار داده و برای مدت های طولانی در محل های ایمن نگهداری، تا بدینوسیله فرایند تجزیه و فروپاشی این پسماندها و تبدیل آنها به عناصر پایدار و غیر پرتوزا بدون هیچگونه مخاطره ای برای انسان و محیط زیست صورت پذیرد. به هر روی با عنایت به ضرورت و اهمیت موضوع، در این مقاله تلاش گردید تا بر اساس آخرین روش های اجرایی و استانداردهای بین المللی صورت گرفته در دنیا، راه های مختلف آمایش، دفع و دور ریزی پسماندهای متنوع هسته ای مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

۵- منابع و مراجع

- [۱]. غیائی نژاد، مهدی و کاتوزی، مهران؛ دروس عمومی حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی، ۱۳۷۹.
- [2]. A Nuclear Waste Primer, League of Women Voters Education Fund, Washington, D. C, 1999.
- [3]. Environmental and Source Monitoring for Purpose of Radiation Protection, IAEA, 2005.
- [4]. Fundamental Principle Safety, IAEA, 2006.
- [5]. Geological Disposal of Radioactive Waste, Vienna, 2006.
- [6]. *Introduction to Nuclear Engineering John Lamarsh. Prentice Hall, 2005.*
- [7]. Radioactive Waste Management Glossary, IAEA, 1999.
- [8] [Http://www.nutramed.com/Environment.html](http://www.nutramed.com/Environment.html), Jan 2007.