

گفته شد که محیط مصنوعی انسان ، در هر موقعیت طبیعی و بدون توجه به جامعه‌ای که بآن تعلق دارد ، شکل يك كل يگانه و سازمان یافته‌ای دارد . این ، كل پیچیده تحت تأثیر شرایط طبیعی و عمل انسانی قرار میگیرد ، و هر يك از اجزای ترکیب دهنده آن تحت تأثیر روابطی است که با اجزای دیگر دارد. تأسیسات محیط مصنوعی از نظر کارکرد بر اساس منابع اولیه ، شبکه راهها ، کارخانه‌های صنعتی ، زمینهای مزروعی ، مراکز خدمات ، و مساکن (نوع اخیر از تمام انواع دیگر مهمتر است) تقسیم‌بندی میشوند. این تأسیسات از نظر موقعیت محلی در هر جامعه‌ای دارای نیازها و محدودیتهای ویژه‌ای هستند .

مطالعات اولیه در مورد امکان انتخاب حاشیه کویر ایران بعنوان قبرستان پسماندهای راديو اکتیو جامد

دکتر جمشید متهیمی

پیشگفتار :

پیشرفت سریع تکنولوژی پس از جنگ بین‌المللی دوم - صرف نظر از بهبودی که در زندگی بشر ایجاد کرده است مشکلاتی را نیز ارمغان آورده است که شاید مهمترین آن آلودگی محیط زیست بشر و موجودات زنده باشد . مؤسسات صنعتی از از اواخر قرن هیجدهم تا آخر جنگ بین‌المللی دوم بدون هیچگونه نگرانی پس مانده‌های خود را در محیط زیست موجودات زنده (از قبیل جو زمین ، دریاها ، رودخانه‌ها و غیره ...) تخلیه میکردند . حجم کم این فضولات و وسعت زیاد کره زمین موجب گردید که تا این تاریخ مشکلاتی برای



بشر از نظر آلودگی محیط زیست پیش نیاید. ولی گسترش سریع صنایع پس از جنگ موجب گردید که حجم پسماندهای صنعتی سریعاً افزایش یافته و زندگی موجودات زنده در خطر تهدید قرار گیرد.

کلیات

هنگامیکه يك منطقه بعنوان قبرستان پسماندهای رادیواکتیو با ترکیبات مختلف و درجات اکتیویته متفاوت، مورد بررسی قرار میگیرد عامل ایمنی محیط زیست نقش اساسی را بعهده دارد. برای ایمنی کردن محیط زیست (آب، هوا و زمین) از آلودگی به مواد رادیواکتیو، مایعات و گازهای آلوده را با روشهای مختلف بصورت جامد تغییر شکل داده و سپس در محل های مخصوص نگهداری میکنند. تکنولوژی مربوط به جامد کردن پسماندهای مایع یکی از رشته های مهم تکنولوژی هسته ای است که هم اکنون پژوهش علمی و صنعتی بسیار در این زمینه انجام میشود.

منابع مولد پسماندهای جامد در مرکز اتمی بشرح زیر است.

۱ - مواد جامد آلوده مانند کاغذ، دستکش، روپوش و سایر موادی که در آزمایشگاهها مورد استفاده قرار میگیرند و همچنین ظروف پلی اتیلن که در قلب راکتور برای اکتیو کردن نمونهها قرار داده میشوند.

۲ - فیلترهای هوای راکتور و هودهای آزمایشگاه.

۳ - رزین های تصفیه آب راکتور که حاوی پارهای فسیون بوده که پس از استفاده بصورت مواد خمیری شکل در بشکه های مخصوص ریخته میشوند.

۴ - مواد خمیری شکل باقیمانده در سیستم تبخیر (Evaporator) که محتوی پسماندهای رادیواکتیو آزمایشگاهها میباشد.

پسماندهای نوع اول و دوم را در بشکه های آهنی قرار میدهند. برای کم حجم کردن این پسماندها از سیستم (Compaction) استفاده میکنند. ظرفیت تئوری این سیستم میزان ده به یک تعیین شده است ولی در عمل میزان کم شدن حجم این مواد در حدود نسبت ۶ به یک میباشد.

نگهداری این پسماندها بررسی های خاص را ایجاب نمیکند. برعکس برای نگهداری پسماندهای نوع ۳ و ۴ - بررسی های آزمایشگاهی لازم و ضروریست. هدفهای اساسی در روش جامد کردن پسماندهای مایع عبارتند از:

- جذب کردن حداکثر رادیو ایزوتوپهای معلق در مایعات بطوریکه رادیواکتیویته موجود در مایعات پس از عمل تصفیه از حداکثر در مجاز بیشتر نباشد.

خوشبختانه کشورهای پیشرفته جهان از ابتدای گسترش صنایع اتمی به مسئله پسماندهای اتمی که توسط این مؤسسات و مراکز تحقیقات اتمی تولید میشود توجه مخصوص مبذول نموده اند. شاید بتوان علت این توجه خاص کشورهای پیشرفته را به دو عامل بنیادی نسبت داد.

الف - آگاهی از بزرگ بودن خطری که پسماندهای رادیواکتیو برای زندگی بشر موجودات زنده دارد.

ب - توجه افکار عمومی جهان بخطرناک بودن رادیواکتیویته بخصوص پس از انفجارات اتمی هیروشیما و ناگازاکی.

با توسعه فعالیتهای مرکز اتمی دانشگاه تهران حجم پسماندهای رادیواکتیو آزمایشگاهها و راکتور اتمی دائماً در افزایش است. افزایش حجم این مواد موجب شده است که مرکز اتمی مانند سایر مراکز تحقیقات هسته ای، مناطقی را برای انبار کردن این مواد مورد مطالعه قرار دهد تا از آلودگی محیط زیست جلوگیری شود. مطالعات اولیه در این مورد چند سال قبل بوسیله بخش بهداشت انرژی اتمی مرکز شروع شده است. حاشیه کویر ایران در ۸۰ کیلومتری جنوب شرقی ورامین برای این بررسی در نظر گرفته شده است. مشخصات جغرافیائی و اقلیمی حاشیه شمالی کویر ایران از نظر غیر مسکونی بودن، پائین بودن سطح آب های زیرزمینی، کمی نزولات جوی، دوری از مناطق مسکونی و نزدیک بودن فاصله نسبت به تهران جالب توجه است. بالا بودن درجه حرارت منطقه نکته نگران کننده ایست که مطالعات آزمایشگاهی وسیعی را ایجاب میکند. زیرا احتمال تجزیه رادیوشیمی این مواد دردمای زیاد افزایش مییابد. گاز های متصاعد شده در اثر تجزیه شیمیائی موجب انفجار و متلاشی کردن ظروف محتوی مواد رادیواکتیو میگردد. مطالعات قبلی تنها جنبه ابتدائی از نظر شناسائی محل مورد نظر را داشته است که برای منظور نهائی کافی نمیباشد.

اخیراً مطالعات وسیع تری در سطح آزمایشگاهی و همچنین بررسی محل های مختلف در مراکز اتمی شروع شده است که احتمالاً همکاری آژانس بین المللی انرژی اتمی و وزارت بهداشت را برای مشارکت در انجام طرح بدنبال خواهد داشت موضوع این مقاله شامل بررسی مقدماتی، محلی، آزمایشگاهی و همچنین تحلیلی از روشهای رایج برای بررسی موضوع در زمینه یاد شده میباشد.

عمل تصفیه بطریقی انجام گیرد که برای مواد جامد خطر واکنش‌های شیمیایی قابل انفجار در حین عمل تصفیه . حمل و نقل و انبار کردن وجود نداشته باشد .

مواد جامد باید حتی‌المقدور از نظر رادیو شیمی پایدار باشند . یعنی عمل رادیو آنالیز که موجب پیدایش مواد گازی شکل میشود به اندازه باشد که فشار داخل ظرف از پنج صدم اتمسفر در ماه تجاوز نکند . بعلاوه غلظت گازهای قابل انفجار متان و ئیدرژن از ۴٪ و غلظت اکسیددو کربن ۱۵٪ در گازهای تولید شده بیشتر نباشد .

دمای متلاشی شدن پسماندهای جامد در حدود دمای انبار کردن این مواد باشد .

آنالیز عملیات تجربی جامد کردن مایعات در مقیاس آزمایشگاهی و یا صنعتی نشان میدهد که در صورت دسترسی بهدفعهای بالا ایمنی لازم بدست خواهد آمد .

رادیو ایزوتوپها موجود در پسماندهای جامد میتوانند با تأثیر متقابل بر یکدیگر . نفوذ آب در ظرفهایی که این پسماندها در آن قرار داده میشوند و یا بشکل گاز در اثر رادیو آنالیز و همچنین سایر عوامل از ظروف محتوی آنها خارج شده و موجب آلودگی محیط گردند .

روش دیگری که در مرکراتمی برای جامد کردن فضولات مایع با اکتیویته متوسط مورد توجه قرار گرفته است روش تهیه بلوک سیمانی با استفاده از آب محتوی مواد رادیو اکتیو میباشد . استفاده از این روش . بخصوص پس از براه افتادن آزمایشگاه تولید رادیو ایزوتوپ که پسماندهای مایع با اکتیویته متوسط را بمیزان زیادی افزایش میدهد . بسیار اقتصادی خواهد بود .

جامد کردن فضولات مایع با استفاده از سیمان

عموماً از این روش در مورد پسماندهای مایع با اکتیویته متوسط (بین یک میلی کوری تا صد میلی کوری در لیتر) استفاده میکنند و در صورتیکه شرایط کار مناسب باشد ساده‌ترین روش نیز بشمار می‌آید . طریقه عمل مخلوط کردن پسماندهای مایع با سیمان و ماسه است . استحکام مکانیکی سیمان و نحوه ارتباط مولکولی اجزاء داخل آن تابع غلظت کلسیم هیدرو سیلیکات . هیدرو آلومینات و هیدرو فیت میباشد . نمکهای موجود در فضولات مایع با سوار شدن بر سطح مولکولهای تشکیل دهنده سیمان به آن میچسبند .

عملیات در دمای اطاق انجام میشود و احتیاج بهسیستم تهویه مخصوص برای خارج کردن گاز نمیباشد . در مقیاس صنعتی با توجه به حجم پسماندها از این نوع میتوان ظرفیت دستگاه مربوط را تعیین نمود و برای یک راکتور قدرت در حدود ۵۰۰ مگاوات ظرفیت آن حدود 20 m/h است .

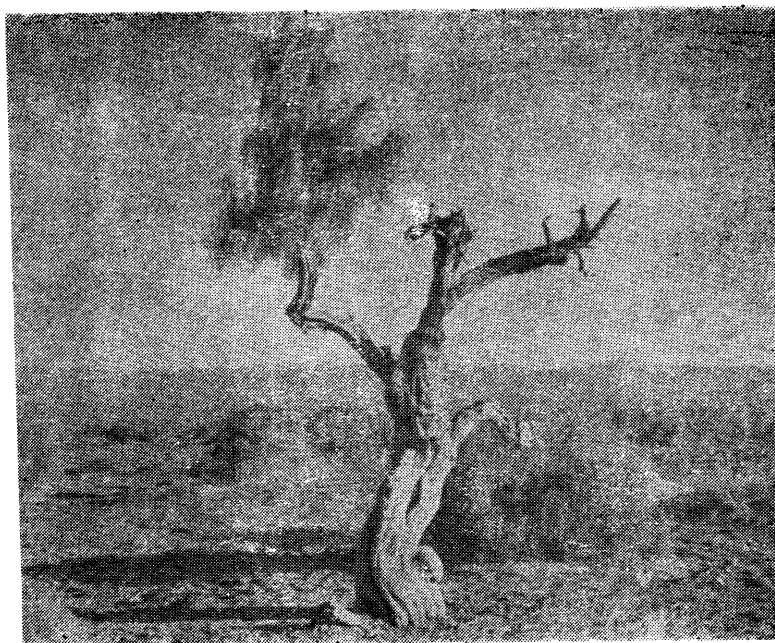
معهدا باید یادآوری نمود مواد رادیواکتیو جامدیکه بصورت بلوک های سیمانی در میانند همیشه ارزان و مطمئن نیستند زیرا پایداری شیمیائی و مکانیکی لازم همیشه بدست نمیآید .

مواد اضافی موجود در پسماندها موجب میشود که ساختمان کریستالی سیمان مقاومت و استحکام لازم را بدست نیاورد و در هنگام خشک شدن شکستگی‌های موثین در ساختمان بلوکها پدید آید که بعداً موجب از هم گسیختگی و خرد شدن بلوک گردد .

بعنوان مثال بالا بودن غلظت نیترات سدیم در پسماندهای مایع موجب شکستگی پیوند اجزاء مولکولی سیمان و کم شدن مقاومت مکانیکی آن میگردد . در این شرایط بلوک در فشاری پائین‌تر از 60 Kg/mm^2 باسانی خرد میشود . برای جلوگیری از آلودگی محیط لازمست غلظت نمک از ۱۳۰ گرم در یک کیلوگرم سیمان در فرآورده نهائی تجاوز نکند از اینرو در صورتیکه غلظت نمکهای موجود در آب آلوده $\frac{۲}{۱۰۰}$ گرم باشد حجم پسماند جامد که بصورت بلوک سیمانی در آمده است $\frac{۱}{۳}$ برابر حجم پسماند مایع و برای غلظت $\frac{۲}{۳۰۰}$ گرم این افزایش حجم به نسبت $\frac{۵}{۸}$ خواهد بود .

درحالیکه پسماند حاوی مواد بی‌شکل (Amorphous) و غیر قابل بلور شدن باشد تداخل این مواد در سیمان موجب کاهش سهم مواد قابل بلور شدن میگردد که نتیجه آن پیدایش خلل و فرج در بلوک سیمانی است این امر نه تنها موجب کمبود استحکام سیمان میگردد بلکه بعلت قابلیت حل شدن مواد رادیواکتیو در آب را نیز افزایش میدهد . بخصوص در مورد بلوک‌های سیمانی که حاوی پسماندهای $\text{Sr}90$ و $\text{Cs}^{۱۳۷}$ هستند دیگر سطح مقطع بلوک سیمانی در تماس با آب نمیتواند بعنوان یک عامل تعیین کننده آلودگی باشد .

بخصوص در مورد سیمان پرتلند و برای رادیو ایزوتوپ $\text{Cs}^{۱۳۷}$ آلودگی آب بمیزان زیادی افزایش مییابد از اینرو بلوکهای سیمانی که برای جامد کردن پسماندهای مایع $\text{Sr}90$ و $\text{Cs}^{۱۳۷}$ مورد استفاده قرار میگیرند ، در صورتیکه اکتیویته فضولات مایع از ده میلی کوری در لیتر بیشتر باشد ، لازمست بلوکهای سیمانی



در محیطی قرار گیرند که با آب تماس نداشته باشند. در غیر اینصورت بهتر است از مواد قیری شکل « Bitumen » برای جامد کردن استفاده شود که متأسفانه خرید این سیستم برای مرکز اتمی که حجم پسماندهای آن زیاد نیست از نظر اقتصادی بصره نیست.

بررسی‌های آزمایشگاهی

پژوهشهای آزمایشگاهی بشرح زیر خلاصه میشوند.
- تعیین میزان حل شدن مواد رادیواکتیو در تماس با آب.

- بررسی ساختمان فیزیکی و شیمیایی مواد جامد کننده و مقاومت مکانیکی آنها.

- بررسی مقاومت فیزیکی و شیمیایی موادیکه برای ساختن ظروف محتوی پسماندها بکار میروند.

- تعیین میزان جابجائی مواد رادیواکتیو نظیر Cs^{137} و Sr^{90} در زمین مورد نظر.

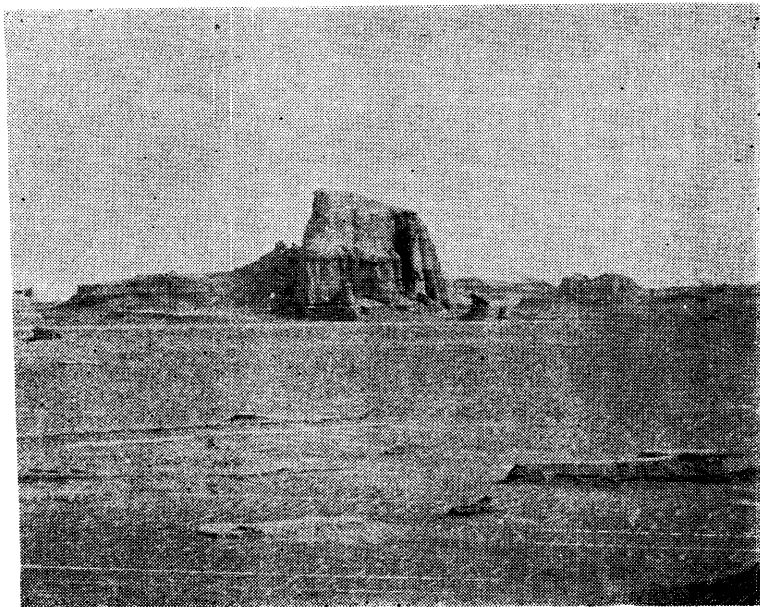
برای تعیین میزان حل شدن ماده رادیواکتیو با آب روابط متفاوت مورد استفاده قرار میگیرد ولی با در نظر گرفتن نتیجه حاصل از تجربیات بنظر میرسد که اعداد حاصل از رابطه زیر به نتایج تجربی نزدیکتر است:

$$A = \frac{Ao.K.Z.F}{V}$$

در روابط بالا A اکتیویته آب بر حسب C/L و K مقدار متوسط رادیو ایزوتوپ حل شده در آب بر حسب روز gr/Cm^3 و Ao اکتیویته جسم جامد بر حسب C و V حجم آئیکه در تماس با یک سانتی متر مربع از رادیو ایزوتوپ و با جسم جامد محتوی رادیو ایزوتوپ میباشد بر حسب L/Cm^3 و Z زمان تماس نمونه با آب بر حسب روز و F قسمتی از سطح نمونه در تماس با آب بر حسب Cm^2 میباشد.

از رابطه بالا میتوان همچنین برای محاسبه اکتیویته آب آلوده در تماس با فضولاتیکه با استفاده از سیمان جامد میشوند و یا بصورت مواد قیری شکل در میایند نیز استفاده نمود. برای تعیین مقدار اتمهای حل شده در آب در یک زمان معین آژانس بین المللی انرژی اتمی [۲] رابطه ۲ را توصیه میکند.

$$M = 2 FC \sqrt{D^{T/\pi}}$$



2. Waste management techniques and programmes. E. Malasek IAEA STR/3 1971Vienna 1971
3. Liquid radioactive wastes disposal into the siakouh desert. E. Mahjoubi, Tehran, 1349.

**PRELIMINARY STUDIES REGARDING SITE
SELECTION IN THE DESERTS OF IRAN
FOR RADIOACTIVE WASTE STORAGE**

By :

J. MOGHIMI, ASSOCIATE PROF.
NUCLEAR TECH. DEPT.
Tehran University Nuclear Centre

The ever increasing activities of the Tehran University Nuclear Center will produce high amount of radioactive wastes.

The desert near Tehran seems quite suitable area for storage of radioactive waste. T.U.N.C. has recently initiated a Preliminary study on possibility of using this area as a burial site. The advantages of using this desert are as follows:

- a) Low population density.
- b) Low rainfall.
- c) Possibility of locating an area with Lack of underground waterways.

The high temperature in the desert must be considered carefully since the produced gases can cause an explosion in the containers.

Therefore, a detail physico chemical studies on resistivity of containers are needed, before any commitment can be made and area would be selected.

These studies will be carried out at TUNC probably with cooperation of Ministry of Health and International Atomic Energy Agency.

This article analyse routine labouratory methods used for radioactive waste storage.

در رابطه (۲) C غلظت اتمها در جسم جامد D ضریب انتشار که در این مورد ضریب حل شدن ماده رادیواکتیو در آب است و M مقدار اتمهای حل شده در آب میباشد (F و Z در بالا تعریف شده) برای تعیین حرکت رادیوایزوتوپها تجزیه مکانیکی خاک از نظر دانه بندی ذرات ریز و درشت حائز اهمیت است آزمایشهایی که در قبل انجام شده است که در یک کیلو گرم خاک ۲۵۸ گرم آن ذراتی هستند که قطر آنها از ۲ میلی متر تجاوز میکند. برای هر صد گرم از خاک که دارای ذراتی با قطر کوچکتر از ۲ میلی متر است نسبت دانه بندی بشرح زیر است.

۶۹ گرم دارای قطری بین ۵۰ میکرون الی ۲ میلی متر
۱۴ گرم دارای قطری بین ۲ میکرون الی ۵۰ میکرون
۱۷ گرم دارای قطری کوچکتر از ۲ میکرون است

بررسیهای محلی

میزان باران سالانه مناطق حاشیه کویر بین مناطق ورامین، قم و کاشان از ۱۰۰ میلی متر در سال تجاوز نمیکند و میزان تبخیر سطحی بعلت بالا بودن درجه حرارت و کمی رطوبت هوا فوق العاده زیاد است. اختلاف درجه حرارت در ۲۴ ساعت در بعضی از فصول از ۵۰ Oc تجاوز میکند. این اختلاف درجه حرارت موجب میگردد که بررسی مسائل مربوط به مقاومت مکانیکی ظروف محتوی اهمیت بسزائی در مطالعات آتی کسب نماید. در مورد سطح آبهای زیر زمینی مطالعات وزارت آب و برق در منطقه حاشیه کویر نزدیک ورامین و کاشان و کویر نمک قم هنوز کامل نمیشد.

نتیجه: مطالعات فعلی تنها بررسیهای مقدماتی را دربر میگیرد تغییرات شدید درجه حرارت کویر در روز و شب موجب میگردد که مطالعه در مورد مقاومت فیزیکی و شیمیائی ظروف محتوی اهمیت درجه اولی را کسب نماید. این مطالعات نشان خواهد داد که آیا حاشیه شمالی کویر ایران برای انبار کردن پسماندهای جامد مناسب است یا خیر. در صورت مثبت بودن مسئله باید در مورد انبار کردن پسماندها در فضای باز و یا محیط سرپوشیده مطالعات دیگری نیز انجام گیرد.

منابع مورد استفاده:

1. Solidification of liquid radioactive wastes and necessary conditions for their safe burial V. V. Kulitchenko I.A.E.A. study of Radioactive wastes. Moscow, June 1973.

