

## CÁC VẤN ĐỀ AN TOÀN MÔI TRƯỜNG KHI XÂY DỰNG NHÀ MÁY ĐIỆN NGUYÊN TỬ (NMDNT) Ở VIỆT NAM

ThS. NGUYỄN SƠN LÂM

Viện KHCN Xây dựng

### 1. Đặt vấn đề

Nhà máy điện nguyên tử (NMDNT) có những ưu thế nổi trội không nhà máy điện nào sánh nổi như: nguồn năng lượng sạch không gây ô nhiễm, hiệu suất cao, chiếm ít đất sử dụng... Tuy nhiên, song song với những ưu điểm nổi bật này, NMDNT vẫn còn một nhược điểm cố hữu là những bất cập trong xử lý chất thải và sự rò rỉ chất phóng xạ. Chính nhược điểm này cộng với những thảm họa hạt nhân trong quá khứ đã làm cho các nhà lãnh đạo nhiều quốc gia phải đau đầu trong việc lập kế hoạch xây dựng chúng.

Nói chung yêu cầu đối với việc xây dựng NMDNT là phải đảm bảo an toàn cao. Việc này được thực hiện thông qua lựa chọn giải pháp hợp lý về lò phản ứng và vật liệu, kết cấu, nguồn phóng xạ từ lò phản ứng cũng như qui hoạch lựa chọn vị trí và công tác bảo vệ môi trường. Bài báo này chỉ đề cập đến các vấn đề liên quan đến an toàn môi trường và qui hoạch trong xây dựng NMDNT ở Việt Nam.

### 2. Các vấn đề môi trường đối với việc xây dựng và vận hành NMDNT

#### 2.1 Các khía cạnh môi trường

Các khía cạnh môi trường cần nghiên cứu trong xây dựng NMDNT bao gồm: quy mô đất dành cho nhà máy, đường dây truyền tải điện, nhiệt thải, tác động phóng xạ, quản lý chất thải phóng xạ, quan trắc và kiểm soát môi trường.

#### *Quy mô đất*

Diện tích đất cần cho xây dựng NMDNT không cố định mà biến đổi tùy vào từng trường hợp cụ thể, tùy theo loại và kích thước lò phản ứng, điều kiện khí tượng thủy văn, đặc điểm kinh tế-xã hội của khu vực... Diện tích điển hình cho một NMDNT công suất 2000 MW không có hồ làm lạnh vào khoảng 120-240 ha. Tuy nhiên, nhà máy có công suất nhỏ hơn không đồng nghĩa với việc có quy mô nhỏ hơn tương ứng. Ở Mỹ, diện tích đất trung bình dành cho xây dựng NMDNT được ước tính vào khoảng 41ha/1000 MW. Ngoài ra còn phải tính thêm đất dành cho trạm biến thế và hệ thống đường dây truyền tải.

#### *Nhiệt thải*

Nhiệt sản sinh ra do phản ứng phân hạch hạt nhân trong lò phản ứng. Nước lấy từ sông, hồ hay biển được dùng làm nguồn làm lạnh các thiết bị trong nhà máy.

Theo tính toán, nếu tốc độ dòng chảy qua thiết bị của nước làm lạnh là  $50\text{m}^3/\text{s}$  thì tại điểm xả nhiệt độ nước sẽ tăng lên khoảng  $10^\circ\text{C}$ . Sự tăng nhiệt độ của nước có thể gây ra tác động tiêu cực cho môi trường, đặc biệt là hệ thủy sinh nếu nước được thải trực tiếp trở lại nguồn.

#### *Đường dây truyền tải điện*

Việc xây dựng hệ thống đường dây truyền tải điện cũng có tác động không nhỏ tới môi trường tự nhiên và môi trường xã hội do yêu cầu phát quang hành lang tuyến để dựng cột, kéo dây và đảm bảo an toàn điện. Một số biện pháp thường dùng để giảm thiểu loại tác động này bao gồm (ví dụ cho đường dây truyền tải 500kV): chỉ cắt các cây có chiều cao lớn hơn 6m, chọn tuyến tránh các khu dân cư hoặc nhạy cảm về môi trường, trồng lại những cây đã bị đốn tại khu vực lân cận để duy trì hệ sinh thái, chọn giải pháp thiết kế móng cột và hành lang tuyến vẫn đảm bảo về mặt kỹ thuật mà có diện tích nhỏ nhất, chọn giải pháp thi công ít phải mở đường tạm... Một loại tác động khác cũng thường được quan tâm của đường dây truyền tải là tác động do điện từ trường gây ra, đặc biệt với đường dây có hiệu điện thế lớn như đường dây 500kV.

#### *Quản lý chất thải phóng xạ*

Các tác động do phóng xạ có thể coi là vấn đề quan trọng nhất cần nghiên cứu trong các dự án NMDNT do mức độ tác động lên môi trường là rất lớn. Hầu hết các chất phóng xạ sinh ra từ phản ứng phân hạch nằm lại trong các thanh uranium nguyên liệu. Tuy nhiên, một phần nhỏ phóng xạ có thể thoát ra ngoài lò phản ứng theo các khe hở của nắp lò (nếu có), thâm nhập vào trong khu vực làm mát. Hầu hết các chất đồng vị phóng xạ này có thể được tách ra khỏi nước làm mát bằng hệ thống xử lý bằng khí ga hay chất lỏng. Tuy nhiên, một phần nhỏ chất phóng xạ vẫn có khả năng thoát ra môi trường do hệ thống xử lý không tách được hết. Những chất thải nhiễm phóng xạ có thể được chia làm hai loại:

- *Chất thải lỏng*: Mức độ nhiễm phóng xạ của chất thải lỏng phụ thuộc vào thiết kế hệ thống lò phản ứng, ví dụ như lò phản ứng nước nhẹ và lò phản ứng gas-graphite có chất thải lỏng dạng hơi nhiễm phóng xạ ở các mức độ khác nhau. Sau đó, hơi nước bị nhiễm phóng xạ lại có thể thoát ra khỏi khu vực làm mát lò qua khe hở của các bộ phận như hệ thống tinh lọc,

bơm khí, trục bơm, van... Các nguồn chất thải phóng xạ khác bao gồm nước thải phòng thí nghiệm, nước thải lau rửa sàn nhà, nước thải của hệ thống giặt, rửa thiết bị,... Do vậy, việc tiết kiệm nước dùng trong nhà máy giúp tiết kiệm đáng kể chi phí xử lý chất thải lỏng nhiễm phóng xạ. Chất thải lỏng của NMDNT có thể chia làm hai loại: chất thải bẩn hoặc có độ dẫn cao và chất thải sạch hoặc có độ dẫn thấp. Sự phân loại này không dựa trên mức độ nhiễm xạ của nước thải mà dựa vào lượng kim loại và chất ô nhiễm có trong nước thải. Sở dĩ được phân loại như vậy là do mức độ ô nhiễm của nước thải sẽ tác động đến phương pháp xử lý dùng để loại chất phóng xạ trong nước thải.

- *Chất thải rắn*: So với chất thải lỏng, lượng chất thải rắn nhiễm phóng xạ phát sinh trong NMDNT là tương đối lớn. Mức độ nhiễm phóng xạ trong chất thải phụ thuộc vào nguồn phát sinh chất thải. Ví dụ, màng lọc và các thanh chất dẻo đã qua sử dụng của hệ thống tách chất phóng xạ trong chất thải lỏng và khí là một loại chất thải rắn có chứa nhiều nuclit phóng xạ. Các bộ phận của lò phản ứng được tháo dỡ trong quá trình sửa chữa hay bảo trì cũng thuộc vào loại chất thải rắn có mức độ nhiễm phóng xạ cao. Nguồn chất thải rắn nhiễm phóng xạ ở mức độ thấp hơn bao gồm găng tay, chất thải của quá trình giặt, rửa, thùng chứa, quần áo dùng trong phòng thí nghiệm,... được dùng trong quá trình vận hành NMDNT tại các công đoạn có liên quan đến chất phóng xạ. Trung bình, mỗi năm một NMDNT phát sinh khoảng 2.800m<sup>3</sup> chất thải rắn nhiễm phóng xạ, không kể các thanh nhiên liệu đã qua sử dụng.

Một phần số chất thải rắn phát sinh có thể được xử lý tại chỗ, ngay tại nhà máy. Những loại chất thải rắn nhiễm phóng xạ này được sàng lọc, xử lý bằng các phương pháp như trao đổi ion, trung hoà. Phần chất thải lỏng sau xử lý có thể được cho quay trở lại hệ thống nước làm lạnh của lò phản ứng hoặc thải thẳng ra ngoài môi trường. Chất thải rắn khô được thu gom, nén, giữ trong thùng chứa và đem đi chôn lấp. Chất thải rắn ướt được trộn với xi măng hoặc các chất kết dính khác sau đó cho vào các thùng chứa rồi đem chôn lấp.

Khi chất thải rắn nhiễm phóng xạ mức độ thấp được lưu giữ và chôn lấp ngay tại nhà máy, địa điểm xây dựng bãi chôn lấp cần được lựa chọn cẩn thận dựa trên các điều tra khảo sát về địa chất, thủy văn. Việc chôn lấp chất thải phóng xạ chỉ có thể được coi là thành công nếu các chất phóng xạ có trong chất thải không tiếp xúc với nước ngầm xung quanh. Mức nước ngầm nên thấp hơn cốt đáy bãi chôn lấp. Việc rò rỉ nước rác có thể được ngăn ngừa nếu cấu trúc địa chất có độ thấm thấp. Việc sử dụng đất sét, đá phiến sét làm vật liệu lót đáy và thành bãi chôn lấp cũng

giúp ngăn ngừa hiện tượng thẩm thấu, rò rỉ chất phóng xạ.

Tại hầu hết các NMDNT, việc vận chuyển chất thải phóng xạ diễn ra theo tháng hoặc theo quý. Do vậy việc lưu giữ tạm thời chất thải cũng như việc ổn định và hoá rắn chất thải trong thời gian chờ đợi đến khi vận chuyển ra khỏi nhà máy cần được đặc biệt quan tâm. Cần quan trắc thường xuyên nhằm phát hiện mọi hiện tượng rò rỉ có thể xảy ra. Tại một số nhà máy, chất thải phóng xạ được lưu giữ trong các hố bê tông xi măng hay asphalt chôn dưới đất trong vòng 10-20 năm. Tuy nhiên, cách lưu giữ này cũng gặp phải một số vấn đề như lứt lọi, thu hút các loài gặm nhấm và đào bới,... mà có thể dẫn tới việc làm thủng các hố và rò rỉ chất phóng xạ. Tuy nhiên, vấn đề sẽ không quá nghiêm trọng nếu như chất thải đã được ổn định và đóng rắn trước khi đem chôn.

Việc chôn lấp chất thải phóng xạ dưới lòng đất cũng có một số hạn chế. Ví dụ, cách xử lý chất thải này không nên áp dụng cho việc lưu giữ một số lượng lớn các chất đồng vị phóng xạ có thời gian phân rã lâu như Strontium 90 hay Cesium 137 do việc tiếp cận các chất thải này cần được duy trì trong một thời gian dài cũng như việc lập hồ sơ quản lý phải được tiến hành trong nhiều năm nhằm đảm bảo việc bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

### *Quan trắc và kiểm soát môi trường*

Một khía cạnh quan trọng khác của công tác quản lý chất thải phóng xạ là thiết lập một hệ thống quan trắc và kiểm soát hiệu quả các nguồn phóng xạ. Quan trắc là đo lường mức phóng xạ của các chất đồng vị phóng xạ một cách liên tục hay định kỳ. Kiểm soát là cung cấp hệ thống thông báo, tín hiệu bất kỳ khi nào mức phóng xạ vượt ngưỡng cho phép cũng như cung cấp các biện pháp, quy trình giúp giảm mức phóng xạ xuống thấp hơn ngưỡng báo động ngay lập tức. Các biện pháp kiểm soát bao gồm: lưu giữ lại trong các bể chứa đợi phân rã, quay vòng với các biện pháp xử lý bổ sung làm giảm hàm lượng phóng xạ hay làm bay hơi, và đóng tạm thời đường ống, hệ thống thải cho đến khi nguyên nhân được tìm ra và giải quyết triệt để.

NMDNT có lợi ích to lớn trong việc có khả năng tạo ra một lượng điện vô cùng lớn. Nhìn chung, các NMDNT là an toàn và hiệu quả; tuy nhiên đi kèm với chúng luôn tồn tại một rủi ro nhất định. Trong trường hợp xảy ra tai nạn, sự cố tại NMDNT và chất thải phóng xạ thoát ra ngoài môi trường thì sẽ là một thảm họa. Do vậy, việc xây dựng NMDNT cần được nghiên cứu một cách kỹ lưỡng tại tất cả các giai đoạn, từ lựa chọn địa điểm đến nghiên cứu khả thi, thiết kế kỹ thuật, xây dựng và về tất cả các khía cạnh, từ công nghệ, kỹ thuật đến môi trường.

### **2.2 Đánh giá tác động môi trường cho NMDNT**

Việc đánh giá tác động môi trường cần được thực hiện trong nhiều giai đoạn từ khi lựa chọn địa điểm xây dựng, khi nhà máy đi vào hoạt động và đến khi nhà máy ngừng hoạt động:

## a. Giai đoạn xem xét đánh giá môi trường tự nhiên khu vực lựa chọn địa điểm xây dựng.

**Môi trường khí:** Đánh giá điều kiện khí hậu địa phương, nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm không khí, hướng gió,... Đánh giá tính chất khí quyển, chế độ gió, phân tầng khí quyển theo chiều cao,... Đánh giá nồng độ các chất khí  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $CO_2$ , ... trong khí quyển.

**Môi trường nước:** Đánh giá chất lượng các nguồn nước mặt, nguồn nước ngầm. Đánh giá điều kiện thủy văn, thông số lưu lượng, dòng chảy của sông, hồ.

**Thổ nhưỡng khu vực xây dựng:** Đánh giá thổ nhưỡng khu vực, cấu tạo các lớp đất.

**Địa hình và địa chất:** Các thông số cần đánh giá: Đánh giá địa hình khu vực. Đánh giá điều kiện địa chất khu vực. Đánh giá mức địa chấn tại khu vực.

**Sự sinh sống các loài động thực vật dưới nước:** Các thông số cần đánh giá: Thống kê các loài động thực vật sống dưới nước. Đánh giá hệ thủy sinh, đời sống động thực vật. Danh sách các loài cần được bảo vệ.

**Sự sinh sống các loài động thực vật trên cạn:** Các thông số cần đánh giá: Thống kê các loài động thực vật sống trên cạn. Đánh giá hệ sinh vật, đời sống động thực vật, danh sách các loài cần được bảo vệ.

**Hiện trạng cảnh quan:** Với chiều cao của lò phản ứng cùng với các công trình phụ trợ, tổ hợp các công trình nhà máy điện hạt nhân sẽ tác động tới cảnh quan thiên nhiên của khu vực.

**Hiện trạng kinh tế xã hội:** Thống kê dân số và nghề nghiệp, đánh giá đời sống dân cư trong khu vực. Đánh giá hiện trạng sử dụng đất khu vực. Đánh giá hiện trạng sử dụng nguồn nước mặt, nguồn nước ngầm. Đánh giá hiện trạng quy hoạch dịch vụ công cộng và khu dân cư; **Cấp nước:** Đánh giá nguồn nước cấp cho nhà máy điện nguyên tử. Các hệ thống sông đổ vào nguồn cấp nước cho nhà máy; **Giao thông:** Đánh giá hệ thống giao thông trong phạm vi vùng 1, 2 (bán kính 10 km, 80 km). Mật độ giao thông các tuyến đường trong khu vực.

**Lịch sử văn hóa, khảo cổ:** Các hạng mục cần đánh giá: Các di chỉ, di tích khảo cổ và di sản văn hóa trong khu vực.

**Các dự án khác liên quan đến khu vực:** Đánh giá hiện trạng sử dụng đất và các dự án đã và đang thực hiện xung quanh khu vực xây dựng nhà máy.

## b. Giai đoạn xây dựng nhà máy gây ra

**Phương pháp xây dựng:** Dựa theo quy mô, phương pháp xây dựng, đánh giá tác động tới môi trường khí, môi trường nước,... do hoạt động xây dựng gây ra.

**San nền:** Các hạng mục cần đánh giá: Phương pháp và quy mô đào đắp. Địa điểm và quy mô (chặt phá cây). Các loại chất thải công nghiệp do xây dựng công trình. Các hạng mục liên quan đến địa điểm vận chuyển đất san nền (địa điểm đổ đất, địa điểm lấy đất)

**Các tác động môi trường liên quan đến việc xây dựng:** (1) **Môi trường khí:** Các loại khí độc hại như  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ , bụi (đất, cát) cần phải đo đạc xác định; (2) **Tiếng ồn chấn động và rung:** Mức ồn  $L_{Amax}$ ,  $L_{Amin}$  và  $L_{Aeq}$ ; (3) **Môi trường nước:** Các chỉ tiêu cần đo đạc bao gồm: COD, BOD, độ đục, TDS, nhiệt độ, dòng chảy, dầu...; (4) **Hệ động thực vật trên cạn;** (5) **Hệ động thực vật dưới nước;** (6) **Cảnh quan thiên nhiên;** (7) **Quản lý chất thải do hoạt động xây dựng gây ra;** (8) **Kinh tế xã hội:** Đánh giá tác động trong giai đoạn xây dựng thi công dự án tới đời sống, kinh tế xã hội địa phương; (9) **Văn hóa và khảo cổ;** (10) **Dự báo và đánh giá tác động đối với các công trình lịch sử văn hóa trong khu vực;** (11) **Tác động tới các dự án xây dựng trong khu vực;** (12) **Các hạng mục liên quan đến nội dung dự án và các vấn đề gây ra sự biến đổi môi trường do sự thay đổi nội tại của môi trường tự nhiên.**

## c. Giai đoạn hoạt động của NMDNT

Sự tác động tới môi trường tùy thuộc theo đặc điểm, tính chất các loại lò phản ứng của nhà máy điện nguyên tử, đặc biệt là sự tác động của tia phóng xạ được sinh ra bởi sự phân hạch trong phản ứng hạt nhân.

Quản lý, giám sát hoạt độ phóng xạ trong quá trình hoạt động của nhà máy như: quản lý chất thải lỏng, chất thải khí, chất thải rắn,...

Đánh giá các tác động gây ra do nước thải từ nhà máy tới hệ sinh thái, đời sống các loài động thực vật trên cạn, dưới nước,... do việc sử dụng nước làm mát của các nhà máy điện nguyên tử.

Tác động của điện từ trường do hệ thống đường điện cao thế tới sức khỏe cộng đồng trong khu vực.

## d. Đánh giá tác động môi trường khi thay thế nhiên liệu lò phản ứng

Thời gian phải thay thế nhiên liệu Uranium từ 18-24 tháng. Nhiên liệu đã cháy có hoạt độ phóng xạ cao cần xử lý và cách ly. Các dây chuyền xử lý phải đảm bảo độ an toàn, giảm thiểu khả năng nhiễm xạ ra môi trường.

## e. Đánh giá TĐMT khi nhà máy hết hạn vận hành

Các hạng mục cần đánh giá khi ngừng hoạt động và tháo dỡ nhà máy:

- Đánh giá mức độ phóng xạ môi trường và mức nhiễm xạ của nhân viên nhà máy;
- Đánh giá phương án QL chất thải phóng xạ;
- Đánh giá tác động môi trường khí;
- Đánh giá tác động môi trường nước;
- Đánh giá tác động tới môi trường sinh thái;
- Đánh giá tác động tới các vấn đề KT- xã hội.

### 3. Một số chiến lược môi trường và an toàn trong thiết kế, xây dựng và vận hành NMDNT

*Chiến lược phòng chống cháy nổ trong thiết kế và vận hành NMDNT*

Một trong những nguyên tắc cơ bản của chiến lược phòng chống cháy nổ trong thiết kế nhà máy điện nguyên tử là nguyên tắc “phòng thủ có chiều sâu”. Để đảm bảo nguyên tắc phòng thủ có chiều sâu trong suốt thời gian vận hành nhà máy, có 3 mục tiêu chính cần phải đạt được:

- Phòng tránh và ngăn ngừa cháy nổ ngay từ đầu.
- Phát hiện, dập tắt nhanh chóng đám cháy nhằm giảm thiểu thiệt hại.
- Ngăn ngừa hiện tượng lan rộng đám cháy nhằm giảm thiểu tác động lên các bộ phận khác trong nhà máy.

*Chiến lược phòng tránh ngập lụt cho nhà máy điện hạt nhân ven biển*

Đối với các nhà máy điện hạt nhân ven biển, ngập lụt được coi là loại tác động nghiêm trọng nhất. Có các nguyên nhân như sau: Ngập lụt do bão kết hợp với sóng to. Ngập lụt do sóng thần tạo ra bởi động đất, lở đất đáy biển, hoạt động của núi lửa dưới đáy biển.. Ngập lụt do triều giá tạo ra bởi sự thay đổi áp suất không khí, địa chấn. Ngập lụt do gió và hiệu ứng sóng, có thể xem xét độc lập hay liên quan tới các động thái ngập lụt nêu trên.

Có 2 phương pháp chính để bảo vệ nhà máy và phòng tránh ngập lụt:

- Tất cả các hạng mục quan trọng có liên quan đến sự an toàn của nhà máy phải được xây dựng cao hơn cốt ngập lụt thiết kế, có tính đến tác động của sóng, gió.
- Xây dựng các rào cản bên ngoài cố định như đê, tường, vách ngăn.

*Chiến lược phòng tránh các tác động do địa chấn, động đất đối với NMDNT*

Tác động của những chuyển động hay vết đứt gãy địa chất tới nhà máy điện nguyên tử cần được nghiên cứu kỹ lưỡng, bao gồm các đặc điểm địa chất, địa vật lý, và địa chấn của khu vực và đặc điểm địa kỹ thuật của địa điểm xây dựng nhà máy.

*An toàn bức xạ*

Cần thiết lập *Chương trình bảo vệ bức xạ* trong vận chuyển chất phóng xạ. Phạm vi và quy mô của các biện pháp để ra trong chương trình cần tính đến mức độ và xác suất của khả năng nhiễm xạ.

*Phản ứng trong tình huống khẩn cấp*

Cần lập kế hoạch đối phó, xử lý trong trường hợp xảy ra sự cố hay tai nạn trong quá trình vận chuyển chất phóng xạ. Các đối tượng cần bảo vệ trong trường hợp xảy ra sự cố là con người, tài sản, và môi trường. Kế hoạch phản ứng khẩn cấp cần phải tính đến cả sự tạo ra các chất nguy hại khác do phản ứng của các chất vận chuyển với môi trường.

*Chương trình đảm bảo chất lượng*

Các cơ quan chức năng có trách nhiệm giám sát việc thực hiện chương trình này tại tất cả các công đoạn có liên quan đến vận chuyển chất thải phóng xạ như: Thiết kế, sản xuất, sử dụng, bảo dưỡng các thiết bị vận chuyển hay bao bì đựng vật liệu có chứa phóng xạ.

*Chiến lược quản lý chất thải phóng xạ*

Có 3 chiến lược chính trong quản lý chất thải phóng xạ: (i) Tập trung và lưu giữ; (ii) Làm giảm và phân tán và (iii) Làm chậm và phân rã.

Hai chiến lược đầu cũng được dùng trong quản lý chất thải thông thường (không phóng xạ). Chất thải được thu gom tập trung và cô lập hoặc được xử lý tới một mức độ cho phép thải vào môi trường. Chiến lược thứ 3 chỉ được dùng cho xử lý chất thải phóng xạ: Chất thải được lưu giữ và hoạt độ phóng xạ của nó sẽ giảm dần một cách tự nhiên theo chu kỳ phân rã của các đồng vị phóng xạ trong nó.

*Phân loại chất thải phóng xạ*

*Chất thải phóng xạ hoạt độ thấp:* phát sinh từ các bệnh viện, phòng thí nghiệm, các ngành công nghiệp, và cả NMDNT. Chất thải hoạt độ thấp bao gồm quần áo, giấy, túi, dụng cụ, màng lọc,... có chứa một lượng rất nhỏ chất phóng xạ có chu kỳ bán rã nhanh. Mặc dù loại chất thải này không quá nguy hại nhưng vẫn phải được xử lý cẩn thận hơn so với chất thải thông thường. Mặc dù chất thải loại thấp chiếm tới 90% lượng chất thải phát sinh trên toàn thế giới nhưng chúng chỉ chứa khoảng 1% lượng phóng xạ có trong tất cả các loại chất thải phóng xạ. Chất thải loại này thường được đem chôn tại các bãi chôn lấp nông. Để làm giảm thể tích của chất thải cần chôn lấp, phương pháp nén ép hoặc đốt thường được sử dụng trước sau đó chúng được đem lưu trữ trong các container kín trước khi đem chôn lấp.

*Chất thải phóng xạ hoạt độ trung bình:* có chứa lượng phóng xạ lớn hơn chất thải hoạt độ thấp và có thể cần các biện pháp xử lý đặc biệt. Chất thải hoạt độ vừa bao gồm bùn hoá học, các cấu kiện lò phản

ứng,... cũng như các vật liệu bị nhiễm xạ từ quá trình loại bỏ lò phản ứng. Chất thải phóng xạ hoạt độ trung bình chiếm khoảng 7% tổng lượng chất thải phát sinh trên toàn thế giới nhưng chứa 4% lượng phóng xạ có trong các loại chất thải phóng xạ. Chất thải loại này có thể được làm ổn định và cứng hoá trong bê tông hay nhựa đường trước khi đem chôn lấp. Biện pháp xử lý chung đối với chất thải mức độ vừa là chôn lấp. Tuy nhiên, độ sâu chôn lấp và kỹ thuật xử lý trước và trong khi chôn lấp tùy thuộc vào chu kỳ bán rã của đồng vị phóng xạ có trong chất thải. Chất thải có chu kỳ bán rã ngắn (phát sinh từ lò phản ứng) thường được đem chôn lấp nông. Các chất thải có chu kỳ bán rã lâu (phát sinh từ quá trình tái chế nhiên liệu hạt nhân) thường được đem chôn lấp sâu dưới lòng đất.

**Chất thải phóng xạ hoạt độ cao:** Có thể là vật liệu đã qua sử dụng trong lò phản ứng hay chất thải phát sinh từ quá trình tái chế nhiên liệu đã sử dụng. Trong khi chỉ chiếm khoảng 3% tổng lượng chất thải, chất thải hoạt độ cao có tới 95% lượng phóng xạ của tất cả các loại chất thải phóng xạ. Chất thải loại này chứa những sản phẩm phân hạch có hoạt độ phóng xạ rất cao và chu kỳ bán rã lâu. Đồng thời chúng sản sinh ra một lượng nhiệt lớn và do vậy cần được làm mát cũng như lưu giữ đặc biệt trong suốt quá trình xử lý và vận chuyển. Nếu nhiên liệu đã qua sử dụng được tái chế lại, phần chất thải phóng xạ hoạt độ cao được tách ra thường được nấu chảy lẫn vào trong silicat (thủy tinh) và sau đó lưu giữ trong những thùng thép không gỉ đóng kín trước khi chôn lấp rất sâu dưới lòng đất. Trong trường hợp thanh nhiên liệu đã qua sử dụng không được tái chế lại. Tất cả các đồng vị có hoạt độ phóng xạ cao sẽ tồn tại trong thanh nhiên liệu và vậy toàn bộ thanh nhiên liệu sẽ phải được xử lý như đối với chất thải có hoạt độ phóng xạ cao. Cả hai loại chất thải hoặc thanh nhiên liệu đã qua sử dụng đều có hoạt độ phóng xạ cao. Người làm việc với các loại chất thải này đều phải được bảo vệ cẩn thận để chống lại bức xạ hạt nhân. Loại chất thải này được vận chuyển trong các container đặc biệt để tránh rò rỉ bức xạ ra môi trường bên ngoài.

Tuy nhiên, lượng chất thải phóng xạ hoạt độ cao phát sinh tại NMDNT là rất nhỏ, chỉ vào khoảng 3m<sup>3</sup> hay 25-30 tấn/năm cho 1 lò phản ứng loại lớn. Do vậy, việc xử lý và quản lý loại chất thải này tương đối thuận lợi và không quá tốn kém.

**Chất thải phóng xạ phát sinh trong suốt chu trình sống của nhiên liệu hạt nhân:**

Chất thải phóng xạ phát sinh tại tất cả các công đoạn của chu trình sống của nhiên liệu hạt nhân dùng cho NMDNT, bao gồm: công đoạn khai thác quặng uranium tại các mỏ; xử lý, chế biến để tạo thành nhiên liệu sử dụng cho nhà máy; phản ứng phân hạch diễn ra trong lò phản ứng; quá trình xử lý nhiên liệu sau sử

dụng từ lò phản ứng; và cuối cùng quá trình chôn lấp chất thải phóng xạ. Chu trình sống này thường được chia làm 2 giai đoạn: “đầu vào” bắt đầu từ công đoạn khai thác quặng cho đến giai đoạn sử dụng trong lò phản ứng, và “đầu ra” bắt đầu từ việc tháo dỡ các thanh nhiên liệu đã qua sử dụng đến lúc xử lý, chôn lấp các chất thải phóng xạ. Giai đoạn sau là giai đoạn mà tính nguy hại của chất thải phóng xạ trở nên tiềm tàng hơn. Trong giai đoạn “đầu ra” của chu trình sống của nhiên liệu hạt nhân, một lượng lớn chất thải phóng xạ được sản sinh từ phản ứng phân hạch của uranium trong lò phản ứng. Hơn 99% lượng phóng xạ phát sinh bị giữ lại trong các thanh nhiên liệu của lò phản ứng. Tỷ lệ này có thể dao động tùy theo thiết kế lò phản ứng. Trung bình, khoảng 25 tấn nhiên liệu qua sử dụng phát sinh tại một lò phản ứng có công suất 1000 MW trong một năm. Tất cả nhiên liệu sau sử dụng đều được coi là chất thải phóng xạ (khoảng 40% phát sinh tại Mỹ và Canada) mặc dù chúng có thể được đem đi tái chế (ở châu Âu). Dù được coi là rác thải hay nguyên liệu tái chế thì nhiên liệu sau sử dụng đều được lưu giữ dưới nước trong các bể lạnh bằng bê tông tại nhà máy trong một vài năm. Nước và bê tông giúp tạo ra một môi trường bảo vệ tránh phát tán phóng xạ ra môi trường, đồng thời làm giảm nhiệt phát sinh trong suốt quá trình phân rã của các chất đồng vị phóng xạ. Chi phí xử lý chất thải phóng xạ hoạt độ cao được tính trong giá thành bán điện. Ví dụ, ở Mỹ người tiêu dùng phải trả khoảng 0,1 cent/kWh (khoảng 16 VNĐ).

**Lưu giữ chất thải phóng xạ:** Lưu giữ chất thải phóng xạ tại các cơ sở hạt nhân được thực hiện với việc cách ly và kiểm soát một cách thích hợp. Lưu giữ chất thải phóng xạ là bước đệm để các chất phóng xạ phân rã cho đến khi có thể đem đi chôn lấp, tái sử dụng...

Chất thải phóng xạ có thể được lưu giữ ở dạng rắn, lỏng và dạng khí. Mục tiêu của việc lưu giữ là để đạt được mức cho phép thải, tái chế hoặc chôn lấp chất thải. Các hệ thống lưu giữ chất thải phóng xạ được thiết kế trên cơ sở các điều kiện hoạt động bình thường, điều kiện có sự cố và tai nạn xảy ra.

**Các biện pháp xử lý chất thải phóng xạ hoạt độ thấp**

**Tiền xử lý:** Tiền xử lý bao gồm thu gom chất thải, cách ly cô lập, điều chỉnh bằng hoá học và khử nhiễm xạ. Các biện pháp cơ bản của tiền xử lý là làm giảm thể tích, loại bỏ chất phóng xạ, thay đổi thành phần hoá học. Xử lý chất thải phóng xạ bao gồm các công đoạn chuyển hoá chất phóng xạ thành dạng ổn định để phục vụ cho các công đoạn sau như: vận chuyển, lưu giữ, và chôn lấp. Xử lý bao gồm khử tính hoạt động của chất thải, đặt chất thải vào các container. Khi thực hiện việc thu gom chất thải phóng xạ cần chú ý rằng các chất thải phóng xạ có thời gian sống ngắn không được trộn lẫn với các chất phóng xạ có thời gian sống

lâu. Khả năng cách ly cô lập có thể được xem xét từ các khía cạnh sau:

- Chất thải đốt hoặc không đốt được;
- Chất thải có thể nén ép hoặc không nén ép được;
- Chất thải ở dạng kim loại hoặc không ở dạng kim loại.

**Xử lý:** Xử lý chất thải có hoạt độ phóng xạ thấp có thể được thực hiện bởi các phương pháp sau đây:

- Giảm thể tích của chất thải (đốt, nén ép, cô lập cách ly hoặc tháo rời chất thải dạng khối thành khối nhỏ);

- Loại bỏ chất phóng xạ bằng bay hơi, trao đổi ion đối với chất thải lỏng và lọc đối với chất thải dạng khí;

- Thay đổi dạng thể hoặc thành phần của chất thải bằng xử lý hoá học như kết tủa, tạo bông tụ, a xít hoá và ô xy hoá khử bằng hoá học hoặc bằng nhiệt;

**Các biện pháp xử lý chất thải phóng xạ hoạt độ cao:**

**Tái chế:** Việc tái chế nhiên liệu sau sử dụng hiện chỉ được thực hiện ở châu Âu còn tại các nước khác đều được coi là chất thải cần xử lý và chôn lấp. Nếu nhiên liệu sau sử dụng được đem đi tái chế, chúng được làm cho hoà tan và phân tách bằng hoá học thành uranium, plutonium, và các dung dịch thải hoạt độ cao khác. Khoảng 97% lượng nhiên liệu sau sử dụng có thể được tái chế và chỉ còn 3% không thể tái chế và được coi là rác thải. Phần lớn sản phẩm sau tái chế là uranium 1% U-235 và một lượng nhỏ plutonium (phần có giá trị nhất).

Việc tái chế nhiên liệu sau sử dụng trong vòng một năm của một lò phản ứng công suất 1000MW có thể giúp thu hồi được 230 kg plutonium (1% tổng lượng nhiên liệu sau sử dụng). Sau đó lượng plutonium này được chế biến và sử dụng dưới dạng các ô xít trộn tươi (fresh mixed oxide-MOX) làm nhiên liệu cho các lò phản ứng. Công nghệ sản xuất MOX hiện được áp dụng tại 5 nhà máy chế biến ở châu Âu trong suốt 20 năm qua. Trên toàn châu Âu, 35 lò phản ứng được cấp phép sử dụng 20-50% lượng nhiên liệu đầu vào là MOX.

Khoảng 3% lượng nhiên liệu đã sử dụng không thể tái chế được coi là chất thải phóng xạ hoạt độ cao và có khối lượng khoảng 700 kg/năm và do vậy cần được cô lập khỏi môi trường trong một thời gian dài. Chất thải lỏng loại này được lưu giữ trong các bể thép không gỉ đặt trong các hầm bê tông đến tận khi trở nên đóng cứng ổn định. Phần lớn các nhà máy tái chế nhiên liệu sau sử dụng trên thế giới được đặt ở Pháp và Anh với tổng công suất trên 5.000 tấn/năm, tương đương với 1/3 tổng lượng thải của toàn thế giới. Các nhà máy này đã hoạt động trong suốt 35 năm qua với tổng sản lượng là 55.000 tấn nhiên liệu sau sử dụng.

**Ổn định hoá chất thải phóng xạ hoạt độ cao:**

Công nghệ ổn định hoá và cứng hoá chất thải phóng xạ hoạt độ cao đã được áp dụng và liên tục phát triển tại Pháp, Anh, Mỹ và Đức trong 35 năm qua. Chất thải phóng xạ hoạt độ cao dạng lỏng được làm cho bay hơi, cô lại và trộn lẫn với các vật liệu thuỷ tinh trước khi được nấu chảy và cất giữ trong thùng thép không gỉ hàn kín. Nhà máy áp dụng công nghệ nấu chảy và trộn chất thải phóng xạ hoạt độ cao vào thuỷ tinh đầu tiên trên thế giới ở Anh, từ những năm đầu thập kỷ 60. Mỗi khối thuỷ tinh này có khả năng lưu giữ một lượng chất thải phóng xạ tương đương với lượng chất thải phóng xạ sản sinh từ sản xuất điện hạt nhân cung cấp cho một người trong cả cuộc đời. Tổng lượng chất thải phóng xạ phát sinh trong một năm của một lò phản ứng công suất 1000MW sau khi được nấu chảy trong thuỷ tinh có thể được lưu giữ trong 12 hộp trụ chuyên dụng, mỗi hộp có chiều cao 1,3m, đường kính 0,4m và có khả năng chứa 400kg thuỷ tinh. Các nhà máy xử lý chất thải phóng xạ bằng phương pháp nấu chảy trong thuỷ tinh ở Pháp, Anh và Bỉ sản xuất được khoảng 1.000 tấn chất thải thuỷ tinh/năm (2.500 hộp). Gần đây, một công nghệ ổn định hoá chất thải phóng xạ hoạt độ cao đã được phát triển ở Úc, có tên là "đá tổng hợp" (SYNROC). Nguyên tắc xử lý của công nghệ này là nhúng chất thải phóng xạ vào trong mạng tinh thể của một loại quặng có tính ổn định tự nhiên có tên gọi là đá tổng hợp.

**Chôn lấp:** Chôn lấp chất thải là công đoạn cuối cùng trong xử lý chất thải phóng xạ hoạt độ cao, được trì hoãn thực hiện đến tận khi chất phóng xạ đã tương đối phân rã. Theo ước tính, 40 năm sau khi được dỡ khỏi lò phản ứng, chất thải vẫn còn chứa khoảng 1/1000 hàm lượng phóng xạ ban đầu. Hàm lượng phóng xạ này là tương đối nhỏ, không còn quá nguy hại và khi đó biện pháp chôn lấp bắt đầu được áp dụng. Do vậy, chất thải phóng xạ hoạt độ cao đã được nấu chảy trong thuỷ tinh phải được lưu giữ trong những bể nước đặc biệt hoặc những cấu trúc bê tông khô trong suốt khoảng thời gian này (40 năm) trước khi được đem đi chôn lấp tại những bãi chôn lấp có cấu trúc địa chất ổn định, khô ráo ở độ sâu 500 m. Sau 1000 năm kể từ khi chôn lấp, hầu hết các chất phóng xạ được phân rã hoàn toàn và hàm lượng phóng xạ trong chất thải xuống thấp tới mức như đối với quặng uranium tự nhiên.

Do vậy, để đảm bảo phóng xạ không thoát ra ngoài môi trường trong suốt 1000 năm lưu giữ ở bãi chôn lấp, nguyên tắc "nhiều lớp bảo vệ" được sử dụng để cô lập các nguyên tố phóng xạ. Các lớp bảo vệ mang tính nguyên lý này bao gồm:

- Ổn định chất thải trong một mạng ổn định, không hoà tan như thuỷ tinh, đá tổng hợp,...

- Lưu giữ trong những thùng, hộp có cấu trúc không vỡ như thùng thép không gỉ, bê tông khô,...

- Thùng, hộp đựng chất thải được bao phủ bằng đất sét hay nhựa đường để tránh sự thâm nhập của nước ngầm.

- Chôn rất sâu dưới đất tại nơi có cấu trúc địa chất ổn định.

- Bãi chôn lấp được đặt ở những vùng sâu, vùng xa.

*Chiến lược vận chuyển an toàn chất phóng xạ*

#### 4. Kết luận

Theo dự báo thì Việt Nam sẽ cần khoảng 200 đến 230 tỷ kWh vào năm 2020. Trong khi đó tổng công suất từ các nguồn năng lượng trong nước lúc đó chỉ có thể đáp ứng 165 tỷ kWh mà thôi. Để bù số 65 tỷ kWh còn thiếu, các giải pháp như tiết kiệm, sử dụng năng lượng tái tạo hay nhập khẩu than và điện cũng chỉ đáp ứng 1/3 số này, tức là vào khoảng 20 tỷ 3 kWh. Như vậy Việt Nam vẫn còn thiếu khoảng 40 tỷ kWh nữa mới đảm bảo đủ điện năng tiêu thụ như dự báo, và đương nhiên điện nguyên tử sẽ là nguồn cung cấp ổn định cho Việt Nam lúc đó. Việc xây dựng nhà máy điện nguyên tử không những giúp Việt Nam bảo đảm an ninh năng lượng mà còn giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi trường do sản xuất điện từ các nguồn năng lượng hóa thạch gây ra.

Trong báo cáo "*Chiến lược phát triển ngành Điện Việt Nam giai đoạn 2004 - 2010, định hướng 2020*" đã được Thủ tướng chính phủ phê duyệt theo quyết định số 176/2004/QĐ-TTG ngày 5 tháng 10 năm 2004, dự án xây dựng NMDNT đầu tiên ở Việt Nam sẽ được triển khai vào năm 2010 và sẽ đưa vận hành sau năm 2015 với quy mô công suất khoảng 2000MW.

NMDNT với các thể hệ lò phản ứng mới có tính an toàn cao. Trong số các nguồn năng lượng, năng lượng hạt nhân có tác động tới môi trường thuộc loại nhỏ nhất, đặc biệt nếu tính theo số KW điện sản xuất.

Lý do là các NMDNT không phát thải các khí độc hại và không đòi hỏi diện tích lớn, do vậy giảm thiểu tác động tới môi trường. Mặc dù có nhiều ưu điểm khi so sánh với các nguồn năng lượng khác nhưng nếu có sự cố xảy ra thì mức độ tác động là rất lớn và lâu dài. Do vậy để có thể hạn chế đến mức tối đa các rủi ro gây ra các sự cố đối với NMDNT thì vấn đề an toàn

môi trường và qui hoạch xây dựng và vận hành cần phải được xem xét đánh giá chi tiết theo các khía cạnh đã nêu ở trên.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo tổng kết đề tài mã số RD 32-03 (2005): Nghiên cứu giải pháp môi trường, vật liệu, kết cấu và công nghệ xây dựng công trình NMDNT ở Việt Nam.
2. Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.2*;
3. Design of Fuel Handling and Storage Systems in Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.4*;
4. External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.5*;
5. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.6*;
6. Protection Against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.7*;
7. Design of the Reactor Coolant System and Associated Systems in Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.9*;
8. Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants Safety Guide - *Safety Guide No. NS-G-1.10*;
9. Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-1.11*;
10. Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-3.6. 2005*;
11. Site Evaluation for Nuclear Installations - *Safety Guide No. NS-R-3*;
12. Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. NS-G-3.4*;
13. Flood Hazard for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites - *Safety Guide No. NS-G-3.5*;
14. Design Aspects of Radiation Protection for Nuclear Power Plants - *Safety Guide No. 50-SG-D9*;
15. Design of Spent Fuel Storage Facilities- *Safety Guide No. 116*;

*Ngày nhận bài: 12/11/2006.*