

Thông tin

& Khoa học  
& Công nghệ

HẠT NHÂN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM



**HỘI NGHỊ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN  
TOÀN QUỐC LẦN THỨ 12 (NHA TRANG 02 - 04/8/2017)**



VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM  
Website: <http://www.vinatom.gov.vn>  
Email: [infor.vinatom@hn.vnn.vn](mailto:infor.vinatom@hn.vnn.vn)

**SỐ 52**  
**09/2017**

## BAN BIÊN TẬP

TS. Trần Chí Thành - Trưởng ban  
TS. Cao Đình Thanh - Phó Trưởng ban  
PGS. TS Nguyễn Nhị Điền - Phó Trưởng ban  
TS. Trần Ngọc Toàn - Ủy viên  
ThS. Nguyễn Thanh Bình - Ủy viên  
TS. Trịnh Văn Giáp - Ủy viên  
TS. Đặng Quang Thiệu - Ủy viên  
TS. Hoàng Sỹ Thân - Ủy viên  
TS. Thân Văn Liên - Ủy viên  
TS. Trần Quốc Dũng - Ủy viên  
ThS. Trần Khắc Ân - Ủy viên  
KS. Nguyễn Hữu Quang - Ủy viên  
KS. Vũ Tiến Hà - Ủy viên  
ThS. Bùi Đăng Hạnh - Ủy viên

Thư ký: CN. Lê Thúy Mai  
Biên tập và trình bày: Nguyễn Trọng Trang



### Địa chỉ liên hệ:

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam  
59 Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội  
ĐT: (024) 3942 0463  
Fax: (024) 3942 2625  
Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn  
Giấy phép xuất bản số: 57/CP-XBBT  
Cấp ngày 26/12/2003



# THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN

## NỘI DUNG

1- Khảo sát tốc độ DPA trên vỏ thùng lò của lò phản ứng VVER-1000/V320

NGUYỄN HỮU TIỆP, PHẠM NHƯ VIỆT HÀ, NGUYỄN MINH TUÂN

8- Nghiên cứu, chế tạo một mẫu máy đo độ ẩm bảo ôn bằng phương pháp neutron tán xạ

TRẦN THANH MINH, VƯƠNG ĐỨC PHỤNG, MAI CÔNG THÀNH, LẠI VIẾT HẢI, LÊ VĂN LỘC

14- Nghiên cứu áp dụng kỹ thuật PIXE trên máy gia tốc PELLETTRON 5SDH-2 phân tích hàm lượng các nguyên tố hóa học trong mẫu bụi khí PMI

VƯƠNG THU BẮC

24- Những kết quả và thách thức hiện nay về phát triển ứng dụng bức xạ ion hoá trong y tế

PHAN SỸ AN

34- Thép bền nhiệt cho tổ hợp năng lượng siêu tới hạn

NGUYỄN ĐỨC THẮNG

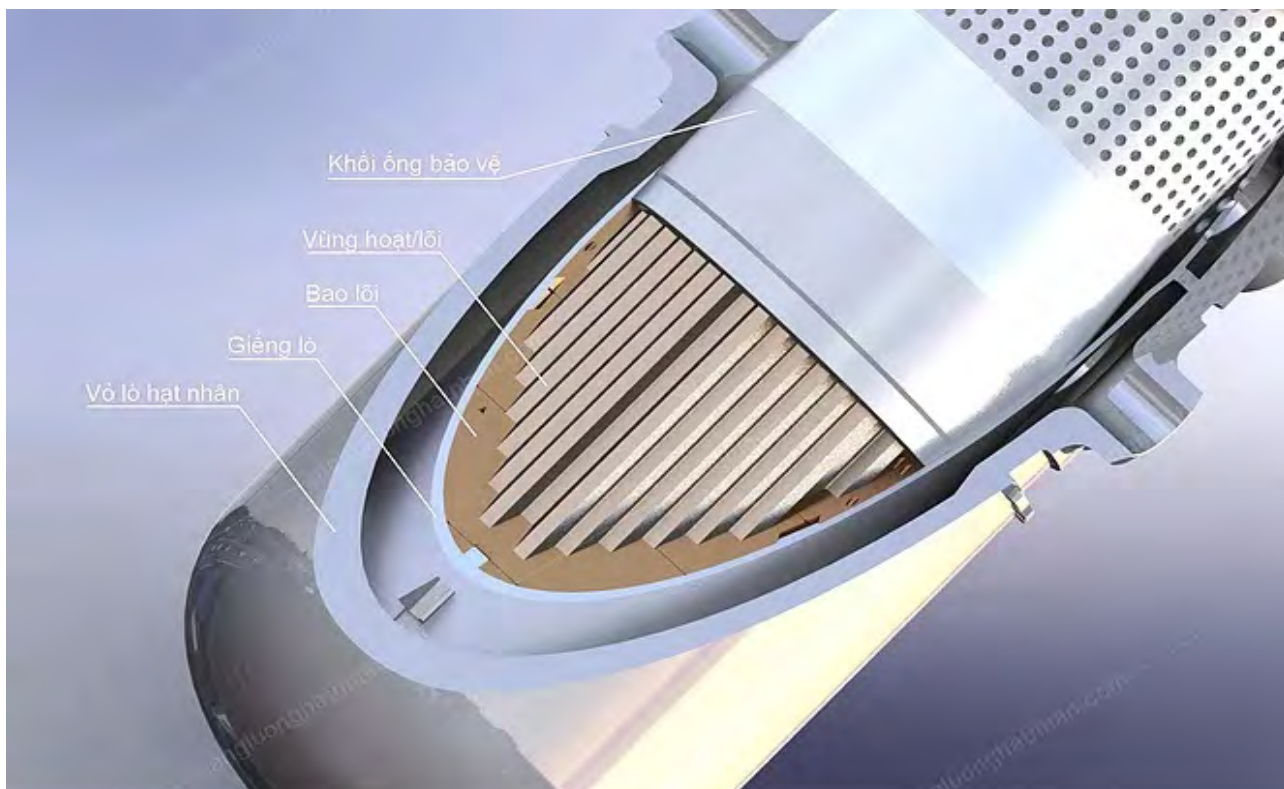
## TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

39- Thủ tướng Pakistan tuyên bố khánh thành nhà máy điện hạt nhân thứ năm

40- Một phát hiện có thể làm giảm chất thải hạt nhân với phương pháp cải tiến để tạo ra các phân tử hóa học

41- Loại vật liệu thế hệ mới có thể loại bỏ Iốt khỏi nước





# KHẢO SÁT TỐC ĐỘ DPA TRÊN VỎ THÙNG LÒ CỦA Lò PHẢN ỨNG VVER-1000/V320

Hiệu ứng quan trọng nhất liên quan tới tuổi thọ của vỏ thùng lò phản ứng là sự giòn hóa do bức xạ, gây ra bởi neutron có năng lượng cao trong suốt quá trình vận hành lò phản ứng hạt nhân. Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát tốc độ DPA (displacement per atom), một đại lượng quan trọng liên quan tới sự ảnh hưởng của bức xạ đến vỏ thùng lò phản ứng, và xác định vị trí lớn nhất của tốc độ DPA trên vỏ thùng lò VVER-1000/V320 sử dụng phương pháp Monte Carlo. Để giảm sai số trong những kết quả tính toán mô phỏng bằng MCNP5, kỹ thuật giảm sai số đã được áp dụng cho vùng hình học phía ngoài vùng hoạt. Kết quả thu được đã chỉ ra rằng tốc độ DPA lớn nhất trên vỏ thùng lò tại những milimét đầu tiên của bề dày vỏ thùng lò và tại những vị trí gần với bó nhiên liệu nhất. Do vậy, kết quả tính toán này có thể giúp ích cho việc đánh giá ảnh hưởng của bức xạ tới vỏ thùng lò phản ứng VVER về sau.

## I. GIỚI THIỆU

Trong suốt thời gian vận hành của nhà máy điện hạt nhân, việc đánh giá tác động của bức xạ neutron tới các vật liệu trong vùng hoạt và vỏ thùng lò là một trong những vấn đề quan trọng

nhất cần được quan tâm để đảm bảo sự nguyên vẹn của chúng. Một điều quan trọng nữa đó là tuổi thọ của vỏ thùng lò bị giới hạn nguyên nhân chính là do sự tác động bức xạ neutron.

Tính đến năm 2014, trên thế giới có hơn

100 tai nạn và sự cố hạt nhân nghiêm trọng liên quan tới lò phản ứng hạt nhân, trong đó phải kể tới sự cố Three Mile Island năm 1979, Chernobyl năm 1986, và gần đây nhất là Fukushima Daiichi năm 2011. Trong đó, vỏ thùng lò phản ứng có vai trò như là một lớp rào chắn không cho phóng xạ phát tán ra ngoài môi trường, chính vì vậy việc đảm bảo sự toàn vẹn của vỏ thùng lò trong suốt quá trình vận hành của lò phản ứng là vô cùng quan trọng. Vì vậy, việc tính toán khảo sát tốc độ chuyển dịch nguyên tử (DPA) một thông số quan trọng miêu tả sự giòn hóa vỏ thùng lò do bức xạ đã và đang được quan tâm trong thời gian gần đây [2] – [4].

Trong báo cáo được đưa ra bởi tổ chức OECD/NEA năm 1996 đã trình bày giới thiệu tổng quát về tính toán DPA cho vỏ thùng lò. Bên cạnh đó, phương pháp tính toán DPA và liều do neutron và gamma tích lũy trên vỏ thùng lò đã được đưa ra và thảo luận trong báo cáo này dựa trên những báo cáo của các nước thành viên thuộc nhóm NEA. Báo cáo cũng chỉ ra rằng sai số giữa các phương pháp tính toán và thực nghiệm cũng như sai số giữa các chương trình tính toán với nhau là khoảng 20%.

Một nghiên cứu khác được thực hiện năm 2002 bởi Boehmer và cộng sự [3] cũng đưa ra các kết quả tính toán phổ neutron, thông lượng tích phân và đại lượng DPA trên vỏ thùng lò của các loại công nghệ lò VVER-1000, PWR-1300 và BWR 900. Tuy nhiên, phân bố DPA và phân bố thông lượng neutron chưa được đưa ra trong báo cáo này.

Trong một nghiên cứu gần đây của nhóm nghiên cứu Argentina đã trình bày tính toán DPA và phân bố thông lượng neutron trên vỏ thùng lò Atucha II [4] sử dụng chương trình MCNP. Báo cáo này đã đưa ra kết quả tính toán phân bố thông lượng neutron và DPA tại vị trí có thông lượng lớn nhất trên vỏ thùng lò. Tuy nhiên, các kết quả về sử

dụng kỹ thuật giảm sai số chưa được trình bày, vì trong thực tế trong những tính toán thông lượng hạt của bài toán truyền sâu “deep penetration” việc sử dụng kỹ thuật giảm sai số khi sử dụng chương trình tính toán Monte Carlo để thu được kết quả tin cậy là rất quan trọng.

Trong nghiên cứu này, việc khảo sát phân bố thông lượng neutron và tốc độ DPA trên vỏ thùng lò cho loại công nghệ lò VVER-1000/V320 [5] đã được thực hiện, bằng việc sử dụng chương trình MCNP5 [6] để xác định vị trí thông lượng và DPA lớn nhất trên vỏ thùng lò. Mục đích của nghiên cứu này là thiết lập phương pháp tính toán tốc độ DPA (một đại lượng quan trọng trong đánh giá tác động bức xạ tới vỏ thùng lò) để khảo sát tác động của bức xạ tới vỏ thùng lò cho công nghệ lò VVER-1000. Trong tính toán và mô phỏng dùng MCNP5, kỹ thuật giảm sai số đã được áp dụng với mục đích tăng tính chính xác cho các kết quả tính toán DPA và phân bố thông lượng neutron trên vỏ thùng lò. Kết quả tính toán đã chỉ ra thông lượng và DPA đạt lớn nhất tại những milimét đầu tiên trên bề dày của vỏ thùng lò và tại các vị trí gần với bó nhiên liệu nhất.

## II. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

Lò phản ứng VVER-1000 sử dụng 163 bó nhiên liệu, mỗi bó nhiên liệu chứa 312 thanh nhiên liệu và 18 ống dẫn thanh điều khiển. Những thông số chính của công nghệ lò VVER-1000/V320 và các thông số về bó nhiên liệu được trình bày trong Bảng 1 và 2 tương ứng. Nhiên liệu và vật liệu của vùng hoạt lò phản ứng được trình bày chi tiết trong tài liệu tham khảo số [5].

Vùng hoạt VVER-1000/V320 được mô phỏng trên MCNP5 gồm các bó nhiên liệu (vùng lưới lặp - repeated structure) và vùng không dùng lưới lặp (non-repeated structure) gồm giỏ đỡ vùng hoạt (steel barrel), down-comer và vỏ thùng lò (xem Hình 1). Mô hình toàn vùng hoạt lò phản

ứng VVER-1000/V320 mô phỏng trên MCNP5 được thể hiện trên Hình 2.

*Bảng 1: Một số thông số chính của lò VVER-1000/V320*

Đại lượng	Giá trị
Loại lò	VVER-1000
Phiên bản	V320
Công suất nhiệt, MWt	3000
Công suất điện, MWe	1000
Nhiệt độ nước lõi vào, °C	288
Số bó nhiên liệu	163
Bán kính vùng hoạt, mm	1580
Bán kính trong vỏ thùng lò, mm	2075
Bán kính ngoài vỏ thùng lò, mm	2267,5

*Bảng 2: Thông số của bó nhiên liệu*

Đại lượng	Giá trị
Khoảng cách giữa các bó nhiên liệu, mm	236
Kích thước một bó nhiên liệu, mm	234
Bề dày khe nước giữa các bó, mm	2
Số thanh nhiên liệu	312
Khoảng cách các thanh trong bó, mm	12,75
Loại lưới	Tam giác
Thanh nhiên liệu	
Lớp vỏ:	
Vật liệu	Zirconium alloy (Zr+1%Nb)
Mật độ, g/cm <sup>3</sup>	6,52
Bán kính ngoài, mm	9,1
Bề dày lớp vỏ, mm	0,65
Viên nhiên liệu:	
Vật liệu	UO <sub>2</sub>
Mật độ, g/cm <sup>3</sup>	10,22
Bán kính ngoài, mm	7,55
Đường kính lỗ khí, mm	2,4
Chiều cao của thanh UO <sub>2</sub> , mm	3550
Khối lượng thanh UO <sub>2</sub> , g	1460

Trong bài báo này, thư viện tính toán ENDF/B-VII.1 được sử dụng. Để tính toán được

thông lượng neutron trên toàn bộ vùng vỏ thùng lò VVER-1000/V320 cách lấy F4 và FMESH tally được sử dụng. FMESH tally sẽ giúp chúng ta có thể khảo sát phân bố thông lượng cho toàn bộ không gian lưới lấy tally với đơn vị thu được là hạt/cm<sup>2</sup>. Ngoài ra, FMESH tally còn có thể sử dụng cho các tính toán phân bố thông lượng, phân bố công suất và đỉnh công suất. Kết quả tính toán thông lượng neutron được hiển thị bằng chương trình Scilab với môđun “pcolor” [7]. Công thức tính toán thông lượng và tốc độ DPA từ FMESH được biểu diễn dưới đây.

Công thức tính thông lượng neutron từ MCNP5:

$$\Phi(E_i) = \frac{P_{core}(W) \cdot v \left( \frac{n}{\text{fission}} \right)}{1.6022 \cdot 10^{-13} \left( \frac{J}{\text{MeV}} \right) \cdot Q \left( \frac{\text{MeV}}{\text{fission}} \right)} \cdot \frac{1}{k_{eff}} \cdot \Phi_{FMESH}^{E_i} \left( \frac{\text{hạt}}{\text{cm}^2} \right), \quad (1)$$

trong đó Q năng lượng phát ra từ một phản ứng phân hạch, P<sub>core</sub> là công suất nhiệt danh định của lò, v là số neutron trung bình được tạo ra từ một phản ứng phân hạch, và  $\Phi_{FMESH}^{E_i}$  là thông lượng thu được từ FMESH tally với năng lượng của neutron là E<sub>i</sub>.

Để tính toán tốc độ chuyển dịch nguyên tử DPA, tiết diện phản ứng DPA của sắt với neutron được sử dụng [8] và áp dụng công thức sau:

$$R_{DPA} \cong \sum_{i=1}^N \sigma_{Di} \int_{E_{i-1}}^{E_i} \Phi(E_i) dE_i = \sum_{i=1}^N \sigma_{Di} \cdot \Phi_i, \quad (2)$$

trong đó  $\sigma_{Di}$  là tiết diện DPA vi mô,  $\Phi_i$  là thông lượng của neutron nhóm i (thu được từ phương trình (1)), và N là số nhóm năng lượng neutron (trong trường hợp này N= 640 nhóm).

Cuối cùng, tốc độ DPA được tính toán dựa trên công thức sau:

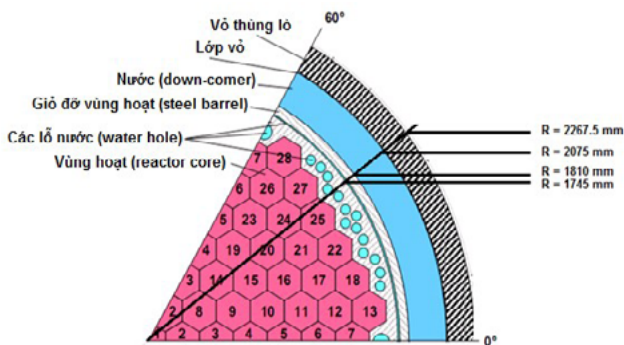


$$DPA = \frac{R_{DPA}}{n}, \quad (3)$$

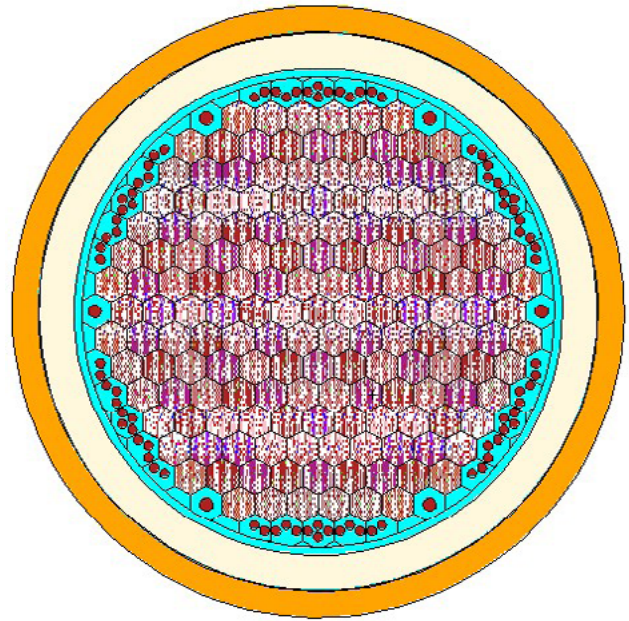
trong đó  $n$  là số hạt nhân nguyên tử.

Sai số thống kê của thông lượng tính từ FMESH cao nhất là 0,1 khi không áp dụng kỹ thuật giảm sai số (với số lịch sử cần có để đạt được là  $10^9$ ). Để giảm sai số thống kê và giảm thời gian tính toán khi sử dụng chương trình MCNP5, kỹ thuật giảm sai số dùng trọng số cửa sổ (weight window technique) đã được sử dụng cho vùng không gian không sử dụng lưới lặp (non-repeated structure) trong bài toán.

Trong điều kiện nhiệt độ của thanh nhiên liệu được lấy trung bình và bằng nhau theo chiều cao của vùng hoạt thì thông lượng neutron lớn nhất được dự đoán tại vị trí giữa vùng hoạt (core mid-plane). Thông lượng neutron theo góc phương vị và bề dày của vỏ thùng lò được dự đoán lớn nhất tại những vị trí gần với bó nhiên liệu nhất, sau đó tốc độ DPA được khảo sát dựa trên kết quả tính toán phân bố thông lượng neutron trên vỏ thùng lò. Phổ phân bố tốc độ DPA cũng được khảo sát để chỉ ra đóng góp của từng nhóm năng lượng neutron. Các kết quả tính toán được trình bày trong phần sau.



Hình 1. Vùng hoạt lò phản ứng VVER-1000/V320 đối xứng 60°



Hình 2. Mô hình toàn vùng hoạt mô phỏng trên MCNP5

### III. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Để xác định được vị trí thông lượng neutron lớn nhất trên vỏ thùng lò phản ứng, thông lượng neutron tại mặt trong của vỏ thùng lò phụ thuộc chiều cao và góc phương vị được khảo sát. Khoảng cách từ tâm lò tới vỏ thùng lò rất xa (226,75 cm) yêu cầu cần phải áp dụng kỹ thuật giảm sai số để thu được kết quả có tính tin cậy, vì nếu chỉ tính toán analog thông thường trong những bài toán truyền sâu “deep penetration” như thế này sẽ dẫn tới kết quả không đáng tin cậy mặc dù chạy với số lịch sử neutron rất lớn.

Đặc biệt, kỹ thuật giảm sai số trọng số cửa sổ (weight window) không áp dụng được cho hình học dạng lưới lặp, bởi vì sẽ rất phức tạp để tính toán được hàm trọng số trong không gian nhiều vùng bị chồng chập lên nhau nếu sử dụng hình học lưới [6]. Tuy nhiên, trong mô hình mô phỏng của nghiên cứu này, cả hai loại hình học đó là hình học lặp (repeated structure) trong mô hình bó nhiên liệu và vùng hoạt, hình học không sử dụng lưới lặp (phía ngoài vùng hoạt - non-repeated structure) đã được sử dụng. Do

vậy, có thể áp dụng kỹ thuật giảm sai số trọng số cửa sổ cho những vùng không sử dụng lưới lập như phía ngoài vùng hoạt trong bài toán này. Đầu tiên, tính toán đơn thuần (analog calculation) được thực hiện để tạo ra hàm trọng số cho từng vùng hình học trong bài toán. Tiếp theo, hàm cận dưới (weight window lower bounds) cho vùng hình học không sử dụng lưới lập cụ thể là vùng vỏ thùng lò trong trường hợp này được xác định. Bảng 3 mô tả kết quả tính toán thông lượng neutron cho toàn bộ vùng vỏ thùng lò có và không có áp dụng kỹ thuật trọng số cửa sổ, ở đây sau khi sử dụng kỹ thuật trọng số cửa sổ thì sai số đã được giảm từ 0,00682 xuống còn 0,0028.

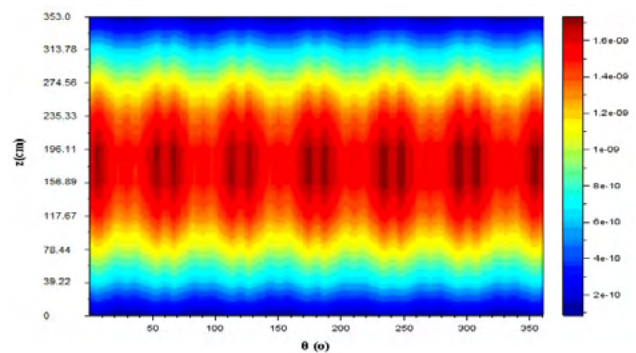
*Bảng 3. Kết quả tính toán có và không áp dụng trọng số cửa sổ (nps: tổng số lịch sử neutron, FOM: figure of merit)*

Không áp dụng trọng số cửa sổ				Có áp dụng trọng số cửa sổ			
nps	Trung bình	Sai số	FOM	nps	Trung bình	Sai số	FOM
1024000	1,3140E-10	0,6321	3,6E-01	1024000	1,1405E-10	0,0540	9,0E-01
2048000	1,2170E-10	0,2186	6,4E-02	2048000	1,3746E-10	0,0088	7,1E-01
3072000	1,3742E-10	0,1400	8,2E-02	3072000	1,3931E-10	0,0062	7,2E-01
4096000	1,1784E-10	0,1207	7,4E-02	4096000	1,3954E-10	0,0051	7,1E-01
5120000	1,1846E-10	0,1057	7,3E-02	5120000	1,3755E-10	0,0044	7,2E-01
6144000	1,2638E-10	0,1003	6,5E-02	6144000	1,3782 E-10	0,0039	7,2E-01
7168000	1,3375E-10	0,0881	7,0E-02	7168000	1,3810 E-10	0,0036	7,2E-01
8192000	1,2626E-10	0,0826	6,9E-02	8192000	1,3779 E-10	0,0033	7,2E-01
9216000	1,2582E-10	0,0761	7,1E-02	9216000	1,3736 E-10	0,0031	7,2E-01
10240000	1,2432E-10	0,0712	7,2E-02	10240000	1,3734 E-10	0,0029	7,2E-01
10997019	<b>1,2432E-10</b>	<b>0,0682</b>	7,3E-02	1099762	<b>1,3713 E-10</b>	<b>0,0028</b>	7,2E-01

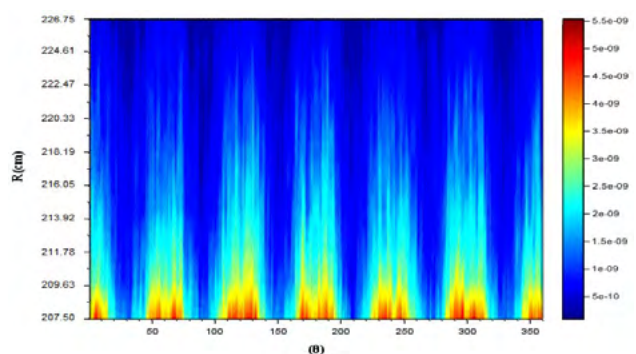
Từ đó, FMESH tally để tính toán phân bố thông lượng neutron và tốc độ DPA cho vùng vỏ thùng lò được áp dụng dựa trên kết quả áp dụng kỹ thuật giảm sai số trọng số cửa sổ đã thực hiện. Trong bài toán này, số lịch sử neutron là 107 và sai số tương đối lớn nhất là 0,035.

Hình 3 trình bày thông lượng neutron tại mặt trong của vỏ thùng lò theo chiều cao và góc phương vị  $\Phi r$  ( $\theta, z$ ) ( $R_{in} = 207,5$  cm). Như

dự đoán từ trước, thông lượng neutron lớn nhất được tìm thấy tại các góc phương vị được cho là gần với bó nhiên liệu nhất, ngoài ra thông lượng cũng đạt lớn nhất tại vị trí giữa vùng hoạt theo chiều cao của lò, điều này hoàn toàn trùng khớp với những dự đoán đưa ra ban đầu. Cụ thể, các đỉnh thông lượng neutron được tìm thấy tại vị trí giữa vùng hoạt (core mid-plane) và những vị trí có góc phương vị tương ứng như sau:  $\theta_1=7^\circ, \theta_2=53^\circ, \theta_3=67^\circ, \theta_4=113^\circ, \theta_5=127^\circ, \theta_6=173^\circ, \theta_7=187^\circ, \theta_8=233^\circ, \theta_9=247^\circ, \theta_{10}=293^\circ, \theta_{11}=307^\circ, \theta_{12}=353^\circ$ . Có thể thấy rằng các đỉnh thông lượng lặp lại sau mỗi  $60^\circ$  điều này hoàn toàn dễ hiểu do vùng hoạt của lò là đối xứng 1/6 như đã trình bày trong phần trước.



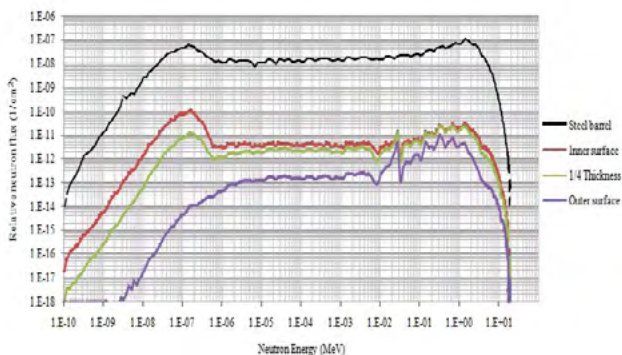
*Hình 3. Phân bố thông lượng neutron tại mặt trong của vỏ thùng lò (1/cm<sup>2</sup>)*



*Hình 4. Phân bố tốc độ DPA một nhóm theo bề dày vỏ thùng lò tại mặt giữa vùng hoạt (core mid-plane)*

Hình 4 biểu diễn tốc độ DPA một nhóm theo bề dày vỏ thùng lò trên mặt phẳng giữa vùng hoạt theo chiều cao. Từ kết quả cho thấy, tốc độ

DPA lớn nhất tại các vị trí góc phương vị giống như phân bố thông lượng neutron đã trình bày. Trong trường hợp này, tốc độ DPA một nhóm là đại lượng tuyến tính với thông lượng neutron do tiết diện DPA được tính toán trung bình dựa trên một nhóm năng lượng của neutron. Mặt khác, tốc độ DPA được phát hiện là lớn nhất tại những milimét đầu tiên trên bề dày của vỏ thùng lò. Sự đóng góp cụ thể của mỗi nhóm năng lượng neutron vào tốc độ DPA tổng cộng được trình bày trong phần sau.



Hình 5. Phổ thông lượng neutron tại các vị trí khác nhau trên vỏ thùng lò

Hình 5 biểu diễn phổ thông lượng neutron tại giỏ vùng hoạt (steel barrel -  $R = 181$  cm), mặt trong của vỏ thùng lò (Rinner = 207,5 cm), bề dày 1/4 của vỏ thùng lò ( $R_{1/4} = 212,31$  cm) và mặt ngoài của vỏ thùng lò (Router = 226,75 cm). Kết quả tính toán phổ thông lượng cho ta thấy, phổ neutron bị cứng đi khi neutron từ trong vùng hoạt ra tới vỏ thùng lò. Giá trị tương đối cao nhất của phổ thông lượng là tại vị trí giỏ vùng hoạt (trước khi đi qua vùng nước tại down-comer) và giá trị nhỏ nhất được phát hiện tại mặt ngoài của vỏ thùng lò. Điều này có thể được giải thích là do neutron sau khi đi qua vùng down-comer đã bị làm chậm và hấp thụ một phần trước khi đi được tới vùng vỏ thùng lò.

Tốc độ DPA được tính toán dựa trên công thức số (2) và số (3) bởi sự kết hợp giữa phổ

thông lượng neutron và tiết diện DPA [9]. Kết quả trên Hình 6 cho thấy đóng góp của neutron nhiệt tới tốc độ DPA tại mặt trong của vỏ thùng lò và mặt 1/4 bề dày là cao hơn so với tại mặt ngoài của vỏ thùng lò. Sự chênh lệch này bị giảm đối với vùng neutron cộng hưởng và neutron nhanh.

Bảng 4. Thông lượng neutron và tốc độ DPA tại các vị trí trên bề dày vỏ thùng lò

Nhóm năng lượng (MeV)	Thông lượng neutron ( $1/cm^2$ )				Tốc độ DPA ( $s^{-1}$ )			
	Mặt trong	%	1/4 bề dày	%	Mặt trong	%	1/4 Bề dày	%
0 đến 4E-7	1,00E-09	57,8	1,13E-10	17,4	1,08E-10	1,9	1,11E-11	0,2
4E-7 đến 0,1	3,31E-10	19,1	2,06E-10	31,8	2,30E-10	4,2	1,94E-10	5,0
0,1 đến 1	2,53E-10	14,6	2,37E-10	36,5	1,75E-09	31,4	1,63E-09	41,8
1 đến 20	1,48E-10	8,5	9,23E-11	14,3	3,49E-09	62,5	2,06E-09	53,0
<b>Tổng</b>	<b>1,73E-09</b>	<b>100</b>	<b>6,47E-10</b>	<b>100</b>	<b>5,57E-09</b>	<b>100</b>	<b>3,90E-09</b>	<b>100</b>

Thông lượng neutron và tốc độ DPA phụ thuộc vào bốn nhóm năng lượng neutron (neutron nhiệt, neutron trên nhiệt, neutron cộng hưởng và neutron nhanh) tại các vị trí khác nhau trên bề dày của vỏ thùng lò được thể hiện trên Bảng 4. Kết quả cho thấy, đóng góp rất lớn vào tốc độ DPA tại vị trí mặt trong của vỏ thùng lò đến từ neutron nhanh (62% của tổng tốc độ DPA) và neutron cộng hưởng (31,4% của tổng tốc độ DPA). Đóng góp này tương ứng với 23,1% của tổng thông lượng neutron do neutron nhanh và neutron cộng hưởng gây ra trong khi đóng góp của neutron nhiệt và trên nhiệt (76,9% của tổng thông lượng) là nhỏ (gây ra chỉ 6,1% của tổng tốc độ DPA). Tại mặt 1/4 bề dày cũng tương tự như vị trí mặt trong của vỏ thùng lò. Tuy nhiên, đóng góp của neutron nhanh tới tốc độ DPA giảm khoảng 10% trong khi đóng góp của neutron cộng hưởng tăng khoảng 10% so với vị trí mặt trong của vỏ thùng lò.

#### IV. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tính toán phân bố thông lượng neutron và tốc độ DPA trên vỏ thùng lò của lò phản ứng VVER-1000/V320 sử dụng



chương trình MCNP5 đã được thực hiện. Phân bố thông lượng neutron và tốc độ DPA tại các vị trí khác nhau trên vỏ thùng lò cũng đã được khảo sát để chỉ ra vị trí mà chúng đạt giá trị lớn nhất. Các kết quả chính thu được như sau:

- Kỹ thuật giảm sai số sử dụng phương pháp trọng số cửa sổ đã được áp dụng nhằm giảm sai số thống kê trong các tính toán dùng MCNP5. Khi áp dụng phương pháp này, sai số thống kê khi tính toán FMESH đã giảm từ 0,1 tới 0,035.

- Thông lượng và tốc độ DPA lớn nhất trên vỏ thùng lò được tìm thấy tại vị trí giữa vùng hoạt theo chiều cao và tại các góc phương vị gần với bó nhiên liệu nhất. Mặt khác, thông lượng neutron và tốc độ DPA lớn nhất được tìm thấy tại những milimét đầu tiên trên bề dày của vỏ thùng lò.

- Tốc độ DPA theo năng lượng neutron cũng đã được khảo sát, tại đó tốc độ DPA được khảo sát theo các vị trí khác nhau trên bề dày của vỏ thùng lò phản ứng (mặt trong, mặt 1/4 bề dày và mặt ngoài của vỏ thùng lò). Kết quả tính toán cho thấy tốc độ DPA là giảm khi neutron đi từ tâm vùng hoạt ra tới vỏ thùng lò. Ngoài ra, sự đóng góp chủ yếu tới tốc độ DPA là từ neutron cộng hưởng và neutron nhanh (93,9% tại mặt trong vỏ thùng lò và 94,8% tại mặt 1/4 bề dày của vỏ thùng lò).

Trong các nghiên cứu tiếp theo, sự kết hợp giữa một số các phương pháp giảm sai số khác nhau sẽ được áp dụng để giảm hơn nữa sai số thống kê trong các kết quả tính toán dùng MCNP5. Ngoài ra, kiểm chứng các kết quả tính toán cũng là một nội dung quan trọng, do vậy việc kiểm tra các kết quả tính toán từ MCNP5 sẽ được thực hiện bằng việc sử dụng các dữ liệu hạt nhân và chương trình tính toán khác.

**Nguyễn Hữu Tiệp, Phạm Như Việt Hà -**

**Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân,**

**Nguyễn Minh Tuấn -**

**Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt**

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ODETTE, G., R., LUCAS, G., E. Embrittlement of Nuclear Reactor Pressure Vessels: JOM journal, No. 7, 2001, p. 18-22

2. OECD/NEA State-of-the-art Report, "Computing Radiation Dose to Reactor Pressure Vessel and Internals," NEA/NSC/DOC (96)5, 1996.

3. B. Boehmer, J. Konheiser, K. Noack, A. Rogov, G. Borodkin, E. Polke, P. Vladimirov, "Neutron and gamma fluence and radiation damage parameters of ex-core components of Russian and German light water reactors". Proceedings of the 11th International Symposium on Reactor Dosimetry, 18-23 August 2002 in Brussels, Belgium. World Scientific Publishing Co. ISBN #9789812705563; 2003, 286-294.

4. J. A. Mascitti and M. Madariaga, "Method for the Calculation of DPA in the Reactor Pressure Vessel of Atucha II," Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2011, Article ID 534689, 2011.

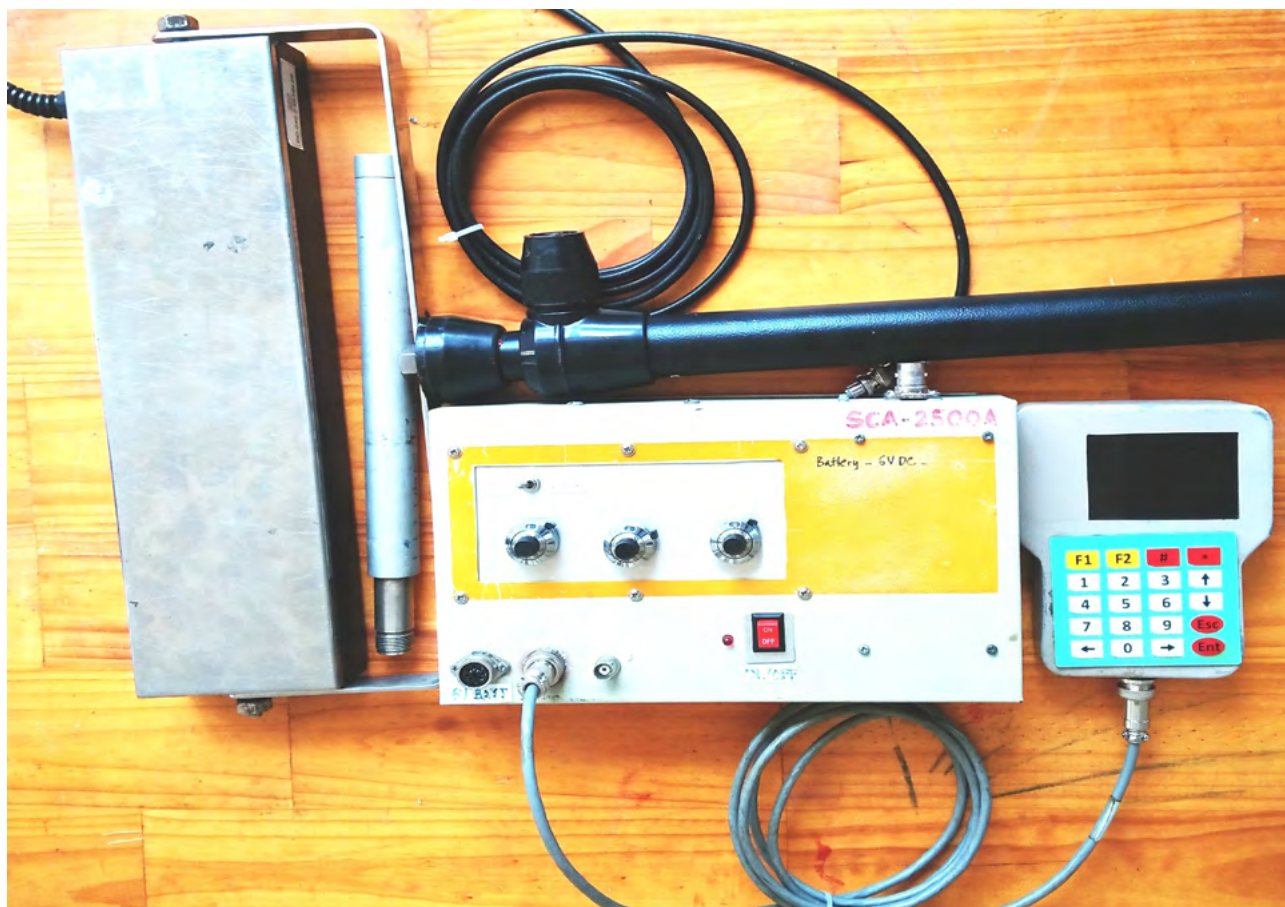
5. G. Borodkin, B. Boehmer, K. Noack, and N. Khrennikov. "Balakovo-3 VVER-1000 EX-vessel neutron dosimetry benchmark experiment," Forschungszentrum Rossendorfe. V, Moscow - Dresden, November 2002.

6. X-5 Monte Carlo Team, MCNP5 - A General Monte Carlo N-Particle Transport Code - Volume I, II, III, Version 5, Los Alamos National Laboratory Report LA-UR-03-1987, April 24, 2003.

7. S.L. Campbell, J.P. Chancelier, and R. Nikoukhah, Modeling and Simulation in Scilab/Scicos, Springer, 2000.

8. Preliminary Assessment of the Impact on Reactor Vessel dpa Rates Due to Installation of a Proposed Low Enriched Uranium (LEU) Core in the High Flux Isotope Reactor (HFIR), prepared by Oak Ridge National Laboratory, managed by UT-BATTELLE, LLC for the US DEPARTMENT OF ENERGY, Charles Daily, ORNL/SPR-2015/263, October 2015.

9. A Sample Problem for Variance Reduction in MCNP, Thomas Booth Los Alamos National Lab. Report: LA-10363-MS, 1985.



## NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO MỘT MẪU MÁY ĐO ĐỘ ẨM BẢO ÔN BẰNG PHƯƠNG PHÁP NEUTRON TÁN XẠ

*Trong quá trình vận hành, các đường ống trong các Nhà máy lọc hóa dầu, Nhà máy đạm và hóa chất thường phải được duy trì ở nhiệt độ nào đó theo yêu cầu của chế độ vận hành bằng việc sử dụng bảo ôn bên ngoài đường ống. Tuy nhiên theo thời gian làm việc, bảo ôn có thể bị nhiễm ẩm gây ra hiện tượng ăn mòn dưới lớp bảo ôn.*

*Việc kiểm tra độ ẩm bảo ôn nhằm ngăn ngừa ăn mòn trên đường ống là một nhu cầu thiết yếu nằm trong quy trình vận hành của các nhà máy. Một vài phương pháp có thể ứng dụng để kiểm tra nhiễm ẩm bảo ôn như bóc tách bảo ôn để kiểm tra nhiễm ẩm bằng thị giác, phương pháp hồng ngoại, phương pháp đo điện trở, phương pháp neutron tán xạ, trong đó phương pháp neutron tán xạ có nhiều ưu điểm về độ nhạy, không bóc tách bảo ôn cũng như khả năng di động.*

*Trên nhu cầu thực tế sản xuất, một mẫu máy đo độ ẩm bảo ôn di động được nghiên cứu chế tạo sử dụng đầu dò He-3 và nguồn neutron Am-Be hoạt độ 1 Ci. Hệ đo có thể đạt giới hạn phát hiện độ ẩm trong bảo ôn vào khoảng 32%, 48%, 63%, 76%, 86%, 90%, 93%, 94% tại các mức dầu 0 cm, 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm tương ứng.*

## I. GIỚI THIỆU

Neutron là hạt không mang điện, có khối lượng lớn hơn nhiều so với electron nên không tương tác với trường electron. Neutron chỉ mất năng lượng thông qua tương tác với hạt nhân nguyên tử khi đi qua vật chất qua quá trình tán xạ. Tán xạ được chia thành 2 loại: tán xạ không đàn hồi và tán xạ đàn hồi. Trong tán xạ không đàn hồi, năng lượng mà neutron truyền cho hạt nhân thường được phát ra bức xạ gamma. Tán xạ đàn hồi là loại tán xạ mà động năng của neutron và hạt nhân được bảo toàn và thường xảy ra trên các hạt nhân nhẹ. Trong tán xạ đàn hồi, neutron bị làm chậm và đổi hướng.

Nếu năng lượng của neutron trước khi va chạm là  $E_1$  và sau va chạm là  $E_2$  thì năng lượng truyền cho hạt nhân được xác định bằng công thức sau:

$$E_2/E_1 = [(A-1)/(A+1)]^2 \quad (1)$$

Trong đó:

$A$  là số khối của hạt nhân.

Qua phương trình (1) có thể thấy rằng neutron có thể mất nhiều năng lượng khi va chạm với hạt nhân hydro.

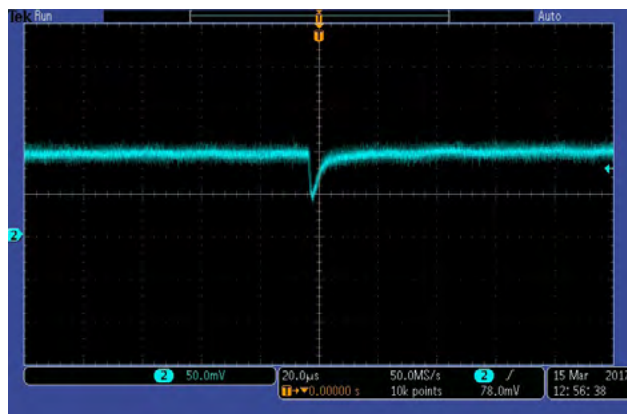
Dựa vào nguyên lý này, phương pháp neutron tán xạ ngược có thể được áp dụng để kiểm tra độ ẩm bảo ôn của đường ống và bình bồn. Một nguồn phóng xạ phát neutron năng lượng cao hướng về phía bảo ôn. Nếu bảo ôn bị nhiễm ẩm, hạt nhân hydro sẽ làm suy giảm năng lượng của neutron. Neutron được làm chậm và chuyển động ngược về phía đầu dò có thể được ghi nhận bằng một đầu dò neutron nhiệt. Số đếm neutron nhiệt ghi nhận được biểu thị cho mức độ nhiễm ẩm bảo ôn.

Trước nhu cầu thực tế về khảo sát nhiễm ẩm bảo ôn, một hệ đo nhiễm ẩm bảo ôn di động được nghiên cứu, chế tạo. Những nội dung chính

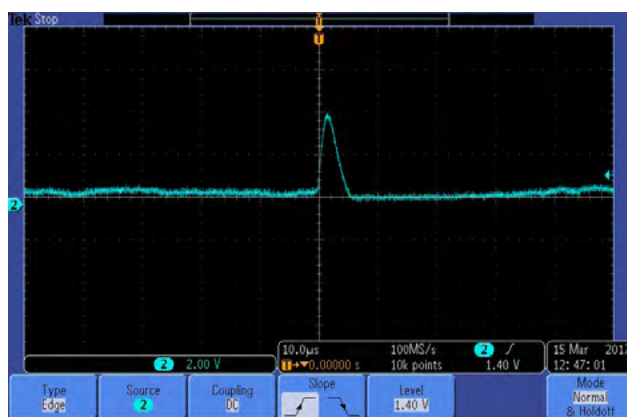
trong việc chế tạo và kết quả khảo sát được trình bày sau đây.

## II. NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÁY ĐO ĐỘ ẨM BẢO ÔN CÀM TAY

Tín hiệu ra từ đầu dò He-3 số hiệu LND 252, sản xuất bởi LND INC thường rất bé vào khoảng vài miliVolt. Để ghi nhận được tín hiệu khi neutron đi vào đầu dò, một bộ tiền khuếch đại thích hợp được nghiên cứu chế tạo trên cơ sở sử dụng các tụ điện và bán dẫn. Tiền khuếch đại có khả năng nhân xung tín hiệu lên 10 lần và giảm nhiễu từ bộ cao thế và nhiễu từ đầu dò neutron.



Hình 1: Xung tín hiệu từ tiền khuếch đại

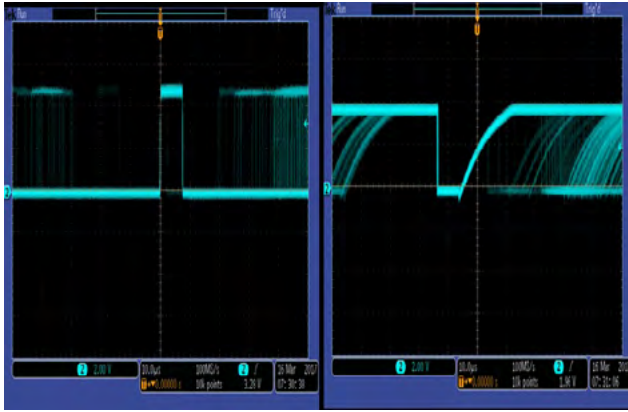


Hình 2: Xung tín hiệu từ khuếch đại

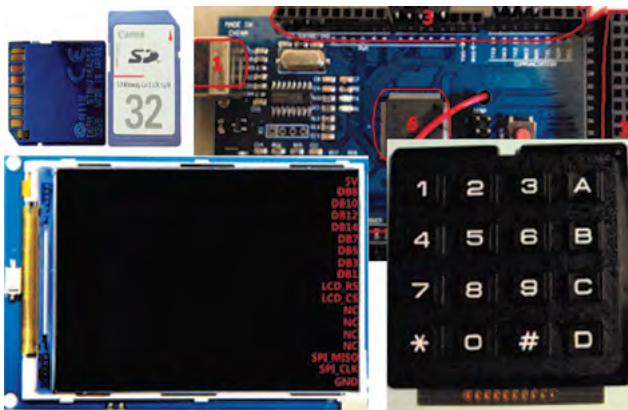
Tín hiệu TTL được ghi nhận, xử lý và hiển thị tại một hệ thống xử lý dựa trên nền Arduino Mega 2560. Trên hệ thống này người dùng có thể nhận thông tin về số đếm neutron tán xạ, mức độ nhiễm ẩm. Ngoài ra, người dùng có



thể chọn chế độ đo liên tục theo thời gian hay đo khi có tác động. Tất cả các chức năng này được thiết kế nhằm phục vụ tốt nhất công tác khảo sát độ ẩm bảo ôn trên hiện trường.



Hình 3: Xung tín hiệu tại bộ phận cắt ngưỡng



Hình 4: Bộ mạch Arduino Mega 2560, màn hình LCD và bàn phím

### III. KHẢO SÁT CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA HỆ ĐO

Bảo ôn Rockwool được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống đường ống của các nhà máy lọc dầu và chế biến khí, đạm... có thành phần chủ yếu là  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$  và nhựa tổng hợp. Để phục vụ thí nghiệm, bảo ôn này được cắt thành tấm có kích thước 25 x 40 x 25 (cm) và làm nhiễm ẩm với các mức nhiễm ẩm khác nhau.

Phần trăm độ ẩm trong bảo ôn Rockwool

được tính theo công thức sau:

$$\%m_a = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

Trong đó:

$\%m_a$ : Phần trăm của nhiễm ẩm trong bảo ôn;

$m_0$ : Khối lượng của bảo ôn khô (g);

$m_1$ : Khối lượng của bảo ôn nhiễm ẩm (g).

Bảo ôn được làm ẩm trong dải từ 50% đến 650% với bước 50%.



Hình 5: Bảo ôn khô



Hình 6: Bảo ôn nhiễm ẩm

Sử dụng hệ đo neutron tán xạ ngược được phát triển từ dự án bao gồm một đầu dò neutron nhiệt He-3 và một nguồn phóng xạ Am-Be hoạt độ 1 Ci.

Thí nghiệm được tổ chức trên cấu hình mô phỏng hệ thống bảo ôn trên đường ống dẫn

dầu. Gồm có một mẫu chứa dầu có thể thay đổi nhiều mức dầu khác nhau, bảo ôn nhiễm ẩm được đặt sát bên dưới mẫu dầu, hệ thống nguồn và đầu dò neutron được đặt bên dưới lớp bảo ôn nhiễm ẩm.



Hình 7: Hệ đo neutron tán xạ ngược



Hình 8: Nguồn neutron

Thí nghiệm để xác định mức độ bão hòa độ ẩm và giới hạn phát hiện độ ẩm trong bảo ôn được tiến hành tại các mức dầu từ 0-14 cm. Tại mỗi mức dầu, số đếm neutron tán xạ ngược được ghi lại theo phần trăm độ ẩm khác nhau. Số đếm neutron tán xạ ngược và độ ẩm có thể được làm khớp theo hàm số sau:

$$I = I_0 * (1 - e^{-\mu * x}) \quad (2)$$

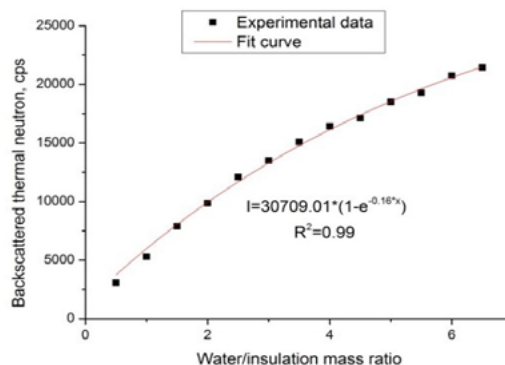
Trong đó:

$I_0$ : Cường độ neutron tới (cps);

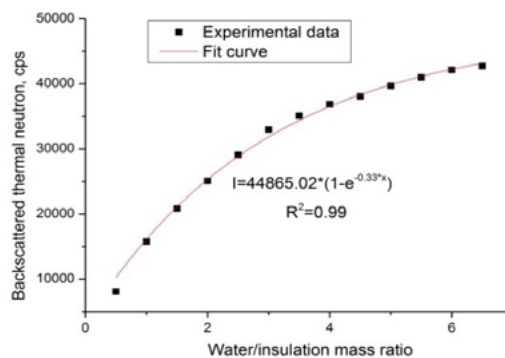
$I$ : Cường độ neutron ghi nhận tại đầu dò (cps);

$x$ : Phần trăm độ ẩm trong bảo ôn (%);

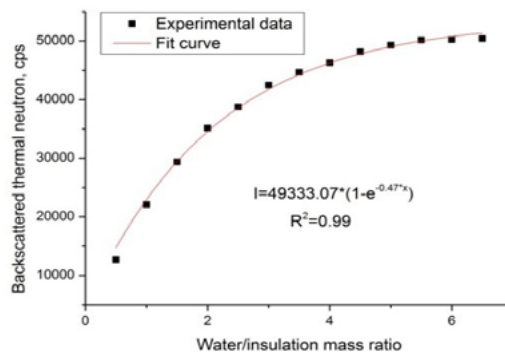
$\mu$ : Hệ số suy giảm neutron.



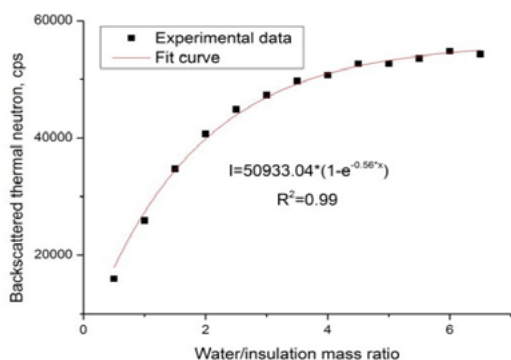
Hình 9: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 0 cm



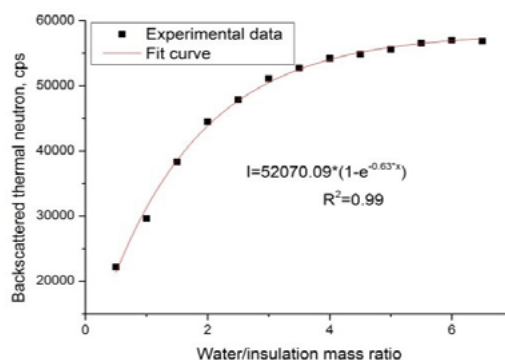
Hình 10: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 2 cm



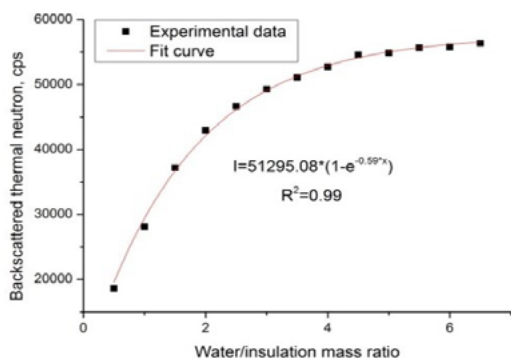
Hình 11: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 4 cm



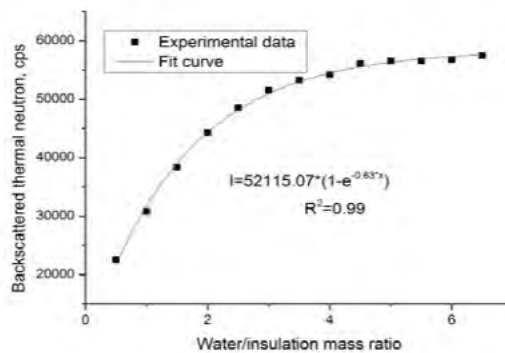
Hình 12: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 6 cm



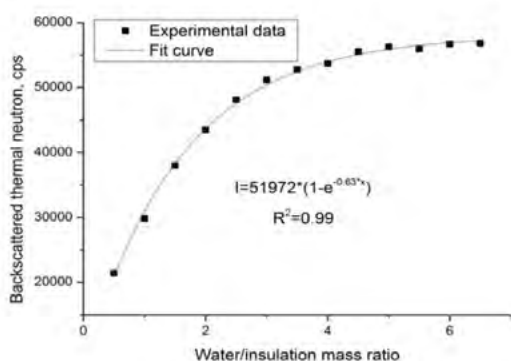
Hình 15: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 12 cm



Hình 13: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 8 cm



Hình 16: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 14 cm



Hình 14: Số đếm neutron tán xạ tại các độ ẩm bảo ôn khác nhau ở mức dầu 10 cm

Các tham số của hàm khớp từ số đếm neutron tán xạ ngược và mức độ nhiễm ẩm bảo ôn tại các mức dầu khác nhau được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Tham số của hàm khớp của neutron tán xạ ngược và mức độ nhiễm ẩm bảo ôn tại các mức dầu khác nhau

Mức dầu (cm)	$I_0$	Sai số	$\mu$	Sai số	Phông	Sai số
0	30709,01	±16699,71	0,16	±0,01	1302,56	±52,10
2	44865,02	±1068,91	0,33	±0,02	6107,34	±305,37
4	49333,07	±654,56	0,47	±0,02	11905,67	±476,23
6	50933,04	±583,20	0,57	±0,02	16976,98	±848,85
8	51295,08	±388,97	0,60	±0,01	19622,83	±981,14
10	51972,00	±328,98	0,63	±0,01	21616,64	±864,67
12	52070,09	±378,61	0,63	±0,02	22168,12	±1108,41
14	52115,07	±314,78	0,64	±0,01	22565,93	±1128,30



Từ các tham số của hàm khớp trên bảng 1, phần trăm độ ẩm bảo hòa và giới hạn phát hiện độ ẩm trong bảo ôn được ước tính như trong Bảng 2 sau:

Mức dầu (cm)	Phần trăm độ ẩm bảo hòa (100%)	Sai số của phần trăm độ ẩm bảo hòa	LOD, (100%)	Sai số LOD
0	25,48	±1,53	0,32	±0,02
2	12,92	±1,03	0,48	±0,02
4	9,17	±0,55	0,63	±0,03
6	7,65	±0,38	0,76	±0,04
8	7,23	±0,36	0,86	±0,03
10	6,87	±0,41	0,90	±0,04
12	6,86	±0,48	0,93	±0,05
14	6,80	±0,54	0,94	±0,03

#### **Nhận xét:**

- Độ ẩm bảo hòa tại các mức dầu khác nhau 0 cm, 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm là 2548%, 1292%, 917%, 765%, 723%, 687%, 686%, 680% tương ứng;

- Giới hạn phát hiện độ nhiễm ẩm bảo ôn tại các mức dầu khác nhau 0 cm, 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm là 32%, 48%, 63%, 76%, 86%, 90%, 93%, 94% tương ứng;

#### **IV. KẾT LUẬN**

- Dựa trên hàm số tương quan giữa số đếm neutron tán xạ ngược và phần trăm độ ẩm, phần trăm độ ẩm bảo ôn trong trường hợp thực tế có thể xác định.

- Độ ẩm bảo hòa tại mỗi mức dầu khác nhau được ước tính. Giá trị này phụ thuộc vào từng mức dầu khác nhau, cụ thể: 2548%, 1292%, 917%, 765%, 723%, 687%, 686%, 680% tại mức dầu 0 cm, 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 14 cm tương ứng;

- Giới hạn phát hiện độ ẩm trong bảo ôn tại những mức dầu khác nhau được xác định, cụ thể: 32%, 48%, 63%, 76%, 86%, 90%, 93%, 94% tại mức dầu 0 cm, 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm,

12 cm, 14 cm tương ứng.

*Trần Thanh Minh,*

*Vương Đức Phụng, Mai Công Thành,*

*Lại Viết Hải, Lê Văn Lộc*

*Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân  
trong công nghiệp - CANTI*

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Glenn F. Knoll (2000), Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Inc, USA.

[2] IAEA, 2005, Development of protocols for corrosion and deposits evaluation in pipes by radiography.

[3] E.Bardal, Corrosion and Protection (Engineering materials and process), Springer.

[4] Delahunt, J. F. "Corrosion Control Under Thermal Insulation and Fireproofing." Proceedings: Exxon Research & Engineering Co. Internal Conference on Corrosion Under Insulation (1984): p 554.

[5] Butler, G., and H. C. Ison. "Corrosion and Its Prevention in Waters." Melbourne, FL: Robert E. Krieger. (1976): Ch. VI, p 102.

[6] Midwest Insulation Contractors Association. "Commercial and Industrial Insulation Standards." Omaha, NE. (1983): Plate No.1-50.

[7] National Board Inspection Code, NB-23, Rev.6. Columbus, OH: The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors. (1987).



## NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG KỸ THUẬT PIXE TRÊN MÁY GIA TỐC PELLETRON 5SDH-2 PHÂN TÍCH HÀM LƯỢNG CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC TRONG MẪU BỤI KHÍ PM1

Kỹ thuật PIXE (Proton Induced X-ray Emission - Phát xạ tia X tạo bởi chùm hạt proton) lần đầu tiên được đề xuất bởi Johansson vào năm 1970 [1]. Đây là một trong số các kỹ thuật phân tích hạt nhân rất hữu dụng và ngày càng được áp dụng rộng rãi trên thế giới, đặc biệt trong lĩnh vực nghiên cứu môi trường, địa chất, khảo cổ... Kỹ thuật này có nhiều ưu thế vượt trội về khả năng phân tích đồng thời đa nguyên tố, nhanh, độ nhạy và độ chính xác cao, khả năng phân tích các mẫu có khối lượng nhỏ với độ lặp lại tốt và không đòi hỏi áp dụng các qui trình xử lý mẫu quá phức tạp, hơn nữa mẫu không bị phá hủy nên có thể sử dụng cho các phép phân tích khác. Nhờ có các ưu thế này mà kỹ thuật PIXE có thể cung cấp được các số liệu về hàm lượng các nguyên tố hoá học rất phong phú và đảm bảo chất lượng cho các mô hình thống kê toán học, đặc biệt trong nghiên cứu xác định nguồn gây ô nhiễm bụi khí [2-6]. Kỹ thuật này rất phát triển ở các nước như Úc, Nhật, Mỹ, Newzealand... khi khai thác các máy gia tốc chùm hạt proton có năng lượng khoảng vài MeV.

### 1. MỞ ĐẦU

Trường Đại học Khoa học tự nhiên Hà Nội (HUS) được trang bị máy gia tốc 5SDH-2 PELLETRON của Mỹ từ 2006 (Hình trên và Hình 1). Buồng chiếu mẫu chân không đi kèm máy gia tốc được thiết kế đa năng có thể triển

khai các kỹ thuật phân tích như RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry), NRA (Nuclear Reaction Analysis), PIXE và PIGE (Particle Induced Gamma Emission). Một số nghiên cứu khai thác thiết bị đã và đang được triển khai tích cực nhưng chủ yếu tập trung vào các phương pháp

phân tích mẫu dày. Mẫu bụi khí PM1 có những đặc thù riêng biệt như lượng mẫu rất ít, mẫu rất mỏng, trung bình chỉ vài chục  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Do đó tán xạ proton trên để gắn mẫu sẽ ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng phổ tia X đặc trưng và làm giảm giới hạn phát hiện của hệ phổ kế.

Trong thực tế, việc thu gộp và phân tích mẫu PM1 là bài toán cực kỳ khó khăn và phức tạp nhưng có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Vì vậy, một số nghiên cứu bụi khí siêu mịn ở nước ta gần đây chỉ chủ yếu tập trung vào quan trắc PM1 mà chưa đi sâu vào phân tích thành phần hóa học cũng như thành phần ion của mẫu PM1. Do đó không có đủ thông tin để nghiên cứu bản chất cũng như nguồn gốc của PM1. Báo cáo này tập trung vào trình bày kết quả nghiên cứu để thiết lập kỹ thuật phân tích PIXE trên máy gia tốc 5SDH-2 PELLETRON của HUS để phân tích xác định hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu bụi khí PM1 ở Hà Nội được thu gộp trên phin lọc Polycarbonate Nuclepore. Kết quả nghiên cứu này sẽ tạo ra công cụ kỹ thuật thiết thực góp phần vào giải quyết bài toán nghiên cứu ô nhiễm bụi khí ở Việt Nam - một bài toán luôn mang tính thời sự, khoa học và nan giải cho các thành phố lớn như Hà Nội, Tp. Hồ Chí Minh và các khu công nghiệp.



Hình 1. Máy gia tốc 5SDH-2 PELLETRON của HUS

Trong thực tế, việc thu gộp và phân tích

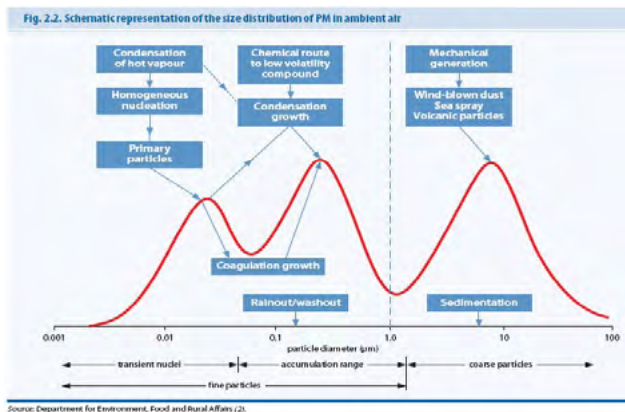
mẫu PM1 là bài toán cực kỳ khó khăn và phức tạp nhưng có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Vì vậy, một số nghiên cứu bụi khí siêu mịn ở nước ta gần đây chỉ chủ yếu tập trung vào quan trắc PM1 mà chưa đi sâu vào phân tích thành phần hóa học cũng như thành phần ion của mẫu PM1. Do đó không có đủ thông tin để nghiên cứu bản chất cũng như nguồn gốc của PM1. Báo cáo này tập trung vào trình bày kết quả nghiên cứu để thiết lập kỹ thuật phân tích PIXE trên máy gia tốc 5SDH-2 PELLETRON của HUS để phân tích xác định hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu bụi khí PM1 ở Hà Nội được thu gộp trên phin lọc Polycarbonate Nuclepore. Kết quả nghiên cứu này sẽ tạo ra công cụ kỹ thuật thiết thực góp phần vào giải quyết bài toán nghiên cứu ô nhiễm bụi khí ở Việt Nam - một bài toán luôn mang tính thời sự, khoa học và nan giải cho các thành phố lớn như Hà Nội, Tp. Hồ Chí Minh và các khu công nghiệp.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. Kỹ thuật thu gộp mẫu PM1

Bụi khí PM1 là các hạt sol khí có đường kính khí động lực (EAD)  $\leq 1\mu\text{m}$  thường lơ lửng trong không khí và lắng đọng rất chậm chạp. Trong điều kiện thời tiết bình thường, chúng có thể lơ lửng từ vài giờ đến vài ngày hoặc lâu hơn và có thể lan truyền đi rất xa từ vài trăm thậm chí đến vài nghìn km. PM1 là một trong những tác nhân có thể gây ra các vấn đề rất nghiêm trọng liên quan đến sức khỏe con người (đặc biệt là các bệnh liên quan đến hệ thống hô hấp và cả bệnh về tim mạch) so với các loại bụi khí khác có kích thước hạt lớn hơn (ví dụ như PM2.5, PM10...) do có thời gian lưu giữ rất lâu trong không khí và sự bất lực của hệ thống hô hấp người trong việc chống lại loại bụi khí này [13]. Sự phân bố của bụi khí theo kích thước của các hạt bụi được thể hiện trong hình 2.





Hình 2. Sự phân bố của bụi khí theo kích thước của các hạt bụi

Thiết bị thu góp mẫu bụi khí chủ động TWIN DUST do Italia sản xuất gồm 2 kênh thu góp mẫu có thể ghép nối với 2 đầu thu mẫu khác nhau, hoạt động luân phiên nhau. Đầu thu góp mẫu cyclone BGI.SCC do Mỹ sản xuất được sử dụng để thu góp mẫu bụi khí PM1 (Hình 3).



Hình 3. Thiết bị thu góp mẫu bụi khí Twin Dust, đầu thu góp mẫu PM1 và mẫu bụi khí PM trên phin lọc Polycarbonate Nuclepore

Đầu thu mẫu này hoạt động theo nguyên tắc sử dụng dòng gió xoáy để tách các hạt bụi khí có  $EAD \leq 1 \mu m$ . Lưu lượng dòng khí được tự động điều chỉnh cố định là 16,7 lít/phút nhờ bộ điều khiển chế độ hoạt động của thiết bị và nhiệt kế theo sự thay đổi của nhiệt độ môi trường và lưu lượng dòng khí qua phin lọc. Nhờ cấu tạo đặc

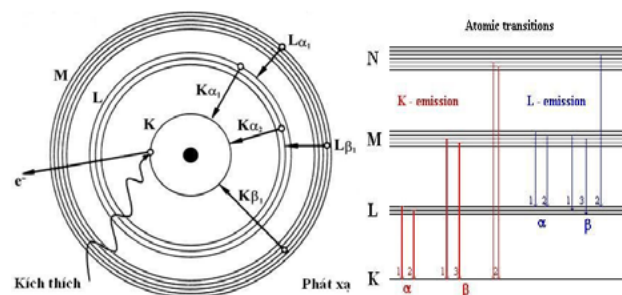
biệt của bộ tạo dòng khí xoáy nên chỉ có luồng không khí chứa các hạt bụi có  $EAD \leq 1 \mu m$  mới đi đến phin lọc Polycarbonate Nuclepore, bám dính vào phin và tạo thành mẫu PM1 (Hình 3). Các hạt bụi có kích thước lớn hơn đều bị loại bỏ.

## 2.2. Kỹ thuật PIXE

### Nguyên tắc vật lý của kỹ thuật PIXE

Khi chùm hạt proton tương tác với các electron của nguyên tử vật chất trong mẫu phân tích và nếu năng lượng  $E$  của chúng lớn hơn năng lượng liên kết  $\epsilon$  của electron trong nguyên tử thì electron có thể bị bật ra khỏi vị trí trong nguyên tử và bay ra với động năng bằng  $(E - \epsilon)$ , nguyên tử chuyển sang trạng thái kích thích. Electron bay ra được gọi là quang electron. Vị trí mà electron bay ra trở thành lỗ trống điện tử.

Trạng thái kích thích của nguyên tử không bền và luôn có xu hướng trở về trạng thái cơ bản thông qua 2 quá trình: i) quá trình sắp xếp lại các điện tử và phát ra electron Auger (hiệu ứng Auger); ii) quá trình dịch chuyển electron từ các lớp điện tử bên ngoài vào lấp đầy lỗ trống điện tử và phát ra tia X đặc trưng. Năng lượng của tia X đặc trưng bằng sự khác nhau về năng lượng giữa trạng thái đầu và cuối của electron trong quá trình dịch chuyển (Hình 4).



Hình 4. Các dịch chuyển tạo ra tia X đặc trưng và sơ đồ các mức năng lượng của chúng

- Khi lỗ trống trên lớp K được lấp đầy bởi electron từ lớp L ta có tia X đặc trưng  $K_{\alpha}$ , nếu từ lớp M ta có tia X đặc trưng  $K_{\beta}$ .
- Khi lỗ trống trên lớp L được lấp đầy bởi

electron từ lớp M ta có tia X đặc trưng  $L_{\alpha}$ , nếu từ lớp N ta có tia X đặc trưng  $L_{\beta}$ .

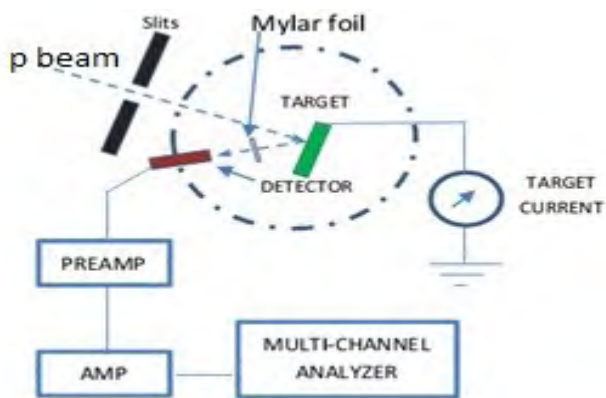
- Tương tự như vậy, khi lỗ trống trên lớp M được lấp đầy bởi electron từ lớp N ta có tia X đặc trưng  $M_{\alpha}$ , nếu từ lớp O ta có tia X đặc trưng  $M_{\beta}$ ...

Cường độ tia X đặc trưng liên quan đến hàm lượng của nguyên tố hóa học tương ứng. Từ mối quan hệ này, kỹ thuật PIXE đã được thiết lập.

### 2.3. Phổ kế PIXE

#### 2.3.1. Sơ đồ cấu trúc của phổ kế PIXE

Sơ đồ cấu trúc của phổ kế PIXE ở HUS được minh họa trên hình 4. Chùm proton có năng lượng cực đại là 3,4 MeV được tạo ra từ máy gia tốc Pelletron 5SDH-2 kiểu Tandem. Điện tích của chùm hạt proton có thể thay đổi được. Tiết diện chùm hạt proton tại bề mặt mẫu phân tích được xác định nhờ hệ thống chuẩn trực để hạn chế sự tán xạ. Khi phân tích mẫu PM1, tiết diện này được đặt là  $5 \times 5 \text{ mm}^2$ . Tia X đặc trưng phát ra từ mẫu phân tích sẽ được ghi nhận bằng detector bán dẫn Si(Li) có diện tích nhạy  $30 \text{ mm}^2$ , cửa sổ Be dày  $12,7 \mu\text{m}$  và độ phân giải năng lượng ở đỉnh  $5,9 \text{ keV}$  là  $138 \text{ eV}$ . Trục của detector tạo với hướng chùm proton một góc  $32,8^\circ$ . Khoảng cách từ vị trí đặt mẫu đến detector là  $159 \text{ mm}$ . Bộ lọc Mylar được sử dụng để hấp thụ tia X tán xạ có bề dày  $100 \mu\text{m}$  được đặt vào khoảng giữa mẫu và detector (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ cấu trúc phổ kế PIXE ở HUS

#### 2.3.2. Diện tích đỉnh đặc trưng và hàm lượng nguyên tố

Phổ PIXE được xử lý bằng chương trình Guelph PIXE [7]. Chương trình này được thiết lập dựa trên phương pháp tham số cơ bản (FP) bao gồm các thông số về tiết diện tạo ra tia X, hệ số suy giảm tia X, năng lượng dừng của proton, hiệu suất ghi của detector, điện tích của chùm proton và các hiệu ứng hình học để tính toán hàm lượng các nguyên tố trong mẫu phân tích. Để phân tích mẫu PM1, phương pháp FP có sử dụng mẫu chuẩn đã được áp dụng. Ở đây mối quan hệ giữa cường độ tia X đặc trưng và hàm lượng nguyên tố trong mẫu phân tích được xác định thông qua phép đo mẫu chuẩn có matrix tương tự như mẫu phân tích, còn ảnh hưởng của hiệu ứng hấp thụ và tăng cường sẽ được tính toán bởi thuật toán của phương pháp FP. Phương pháp này có độ chính xác tốt hơn.

Từ phương trình cơ bản của Sherman (1955) [8], nhiều tác giả đã xây dựng được các mô hình toán học rất phù hợp với thực nghiệm. Trong phân tích định lượng mẫu mỏng và khi chùm p tới đập vuông góc với bề mặt mẫu phân tích thì diện tích đỉnh đặc trưng sẽ là [9]:

$$Y = N * n_z * \sigma_x * \varepsilon \quad (1)$$

trong đó:

$N$  - số proton tới chiếu vào mẫu phân tích,  
 $n_z$  - số nguyên tử trong 1 đơn vị diện tích bề mặt mẫu phân tích,

$\sigma_x$  - tiết diện tương tác sinh ra tia X ứng với năng lượng của proton tới,

$\varepsilon$  - hiệu suất ghi tia X ứng với góc khối  $\Omega$  và  
 $\varepsilon = \Omega * \varepsilon_d / 4\pi$  ( $\varepsilon_d$  là hiệu suất ghi thực của detector) (2)

với  $\Omega = r^2 \cdot \pi / d^2$  là góc khối của chùm bức xạ tới detector (3)

Hàm lượng nguyên tố  $c_z$  được xác định từ diện tích đỉnh đặc trưng rõ nhất của nguyên tố

cần phân tích. Các tia  $K_\alpha$  thường được sử dụng đối với các nguyên tố nhẹ và trung bình, tia  $L_\alpha$  thường được sử dụng cho các nguyên tố nặng. Đối với tia  $K_\alpha$ , hàm lượng nguyên tố được xác định theo công thức [9]:

$$c_z = Y \cdot \left[ \frac{4\pi A_z}{N_0} \right] \cdot \left[ \frac{1}{N\rho t\Omega} \right] \cdot \left[ \frac{1}{\sigma_K \omega_K \varepsilon_{d\alpha}} \right] \quad (4)$$

Các hệ số trong ngoặc vuông thứ nhất là các hằng số, các tham số trong ngoặc vuông thứ 2 được xác định bằng thực nghiệm còn các tham số trong ngoặc vuông thứ 3 được xác định bằng các tính toán lý thuyết. Thông thường người ta sử dụng đại lượng mật độ diện tích  $m_z$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) và được xác định theo công thức:

$$m_z = c_z \cdot \rho \cdot t = Y/N/k_z \quad (5)$$

trong đó  $k_z$  (số đếm/ $\mu\text{C}/\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) còn được gọi là độ nhạy nguyên tố và:

$$k_z = \frac{N_0 \Omega \sigma_K \omega_K \varepsilon_{d\alpha}}{4\pi A_z} \quad (6)$$

Dựa vào hình học đo  $\Omega$  và  $k_z$  được xác định bằng cách đo phổ PIXE các mẫu chuẩn có hàm lượng nguyên tố đã biết.

### 2.3.3. Giới hạn phát hiện (LOD)

Đối với mẫu mỏng dạng phin lọc, cường độ bức xạ phong  $N_B$  được xác định theo công thức [10]:

$$N_B = \frac{N_0 \sigma_B(E_0) nFWHM \varepsilon_j N \rho t}{A_B \sin \theta} \quad (7)$$

Trong đó:

$\sigma_B$  là xác suất tạo ra bức xạ phong liên tục/1 đơn vị năng lượng tia X,

$A_B$  là khối lượng nguyên tử của nguyên tố quan tâm,

$FWHM$  là độ phân giải năng lượng,  
 $n$  là số kênh trong vùng phổ quan tâm.

Với  $Y_j(Z) = 3\sqrt{N_B}$ , thì LOD sẽ được xác định theo công thức sau:

$$LOD = \frac{3A_z}{\sigma_{jz}^X(E_0)} \sqrt{\frac{\sigma_B(E_0) nFWHM \sin \Phi}{N_0 A_B \varepsilon_j N \rho t}} \quad (8)$$

## 3. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

### 3.1. Cải tiến giảm nhiễu và chuẩn bị mẫu phân tích

Ban đầu để gắn mẫu của phổ kế được chế tạo bằng Al. Do đó chùm hạt proton sau khi chiếu xuyên qua mẫu phân tích sẽ kích thích phát bức xạ đặc trưng của Al từ đó, làm tăng cường độ bức xạ đặc trưng của Al trong mẫu phân tích, đồng thời sẽ tán xạ trên đế làm cho nền phong liên tục của phổ huỳnh quang đặc trưng tăng cao. Do đó, bột  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (99,5%) không chứa các nguyên tố cần phân tích đã được nén thành viên dẹt dày khoảng 3 mm dưới áp suất 10 tấn đã được sử dụng làm đế gắn mẫu phân tích. Đồng thời 2 thanh nam châm vĩnh cửu cũng được bố trí trước cửa sổ của detector tạo ra từ trường để loại bỏ các proton tán xạ đi vào detector.

Mẫu PM1 được thu gộp trên phin lọc Polycarbonate Nuclepore có đường kính 47 mm. Loại phin lọc này rất phù hợp cho kỹ thuật PIXE vì rất ít ảnh hưởng đến hàm lượng các nguyên tố cần phân tích. Lượng bụi PM1 trung bình trên phin lọc chỉ khoảng  $30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (thực tế nằm trong dải từ  $3-90 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). Khoảng 1/4 mẫu (về diện tích mẫu trên phin lọc) đã được sử dụng cho phân tích PIXE. Phần mẫu phân tích được gắn chặt trên đế  $\text{H}_3\text{BO}_3$  bằng băng dính carbon 2 mặt. Vài sợi tơ carbon mỏng cũng được bố trí ngay sát phía trên mẫu và nối với giá Al giữ đế gắn mẫu để khử điện tích do chùm hạt proton tạo ra. Mỗi đế chỉ gắn được khoảng 4-5 mẫu. Thời gian chiếu mỗi mẫu khoảng 20-30 phút. Phổ tia X đặc trưng của mẫu



được xử lý bằng phần mềm GUPIXWIN V.2.2.1.

### 3.2. Chuẩn năng lượng và xác định hệ số chuẩn

#### 3.2.1. Chuẩn năng lượng phổ kế

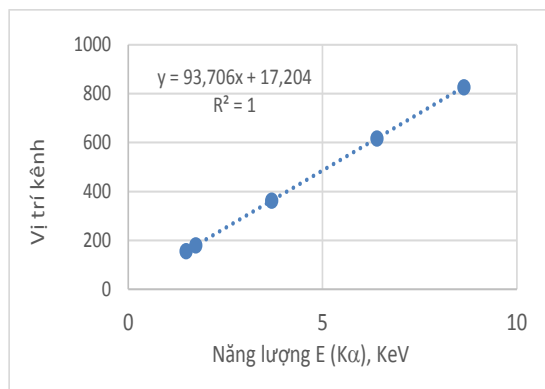
Hệ phổ kế PIXE với các đặc trưng được mô tả trong mục 2.2.1, buồng chiếu mẫu chân không cao  $5.10^{-6}$  Torr, chùm hạt proton có năng lượng là 2,6 MeV phát ra từ máy gia tốc Tandem model 5SDH-2, cường độ dòng 10 nA, tiết diện chùm tia tại bề mặt mẫu đo là  $5 \times 5$  mm<sup>2</sup>, thời gian chiếu mẫu khoảng 1200 giây, được áp dụng trong nghiên cứu này.

Để nhận diện được các nguyên tố trong mẫu phân tích từ phổ năng lượng bức xạ đặc trưng thu nhận được cần phải xác định mối tương quan giữa vị trí đỉnh của bức xạ đặc trưng trong phổ PIXE (vị trí kênh) với năng lượng của bức xạ đặc trưng tương ứng. Vị trí kênh của vạch  $K_{\alpha}$  tạo ra từ Al, Si, Ca, Fe và Zn được sử dụng để xây dựng đường chuẩn năng lượng cho phổ kế. Các số liệu đo phổ và dạng đường chuẩn năng lượng được chỉ ra trong Bảng 1 và Hình 5.

Bảng 1. Vị trí kênh của vạch  $K_{\alpha}$  sử dụng để xây dựng đường chuẩn năng lượng

Nguyên tố	E ( $K_{\alpha}$ ), KeV	Vị trí kênh
Al	1.487	157
Si	1.740	180
Ca	3.692	363
Fe	6.404	617
Zn	8.639	827

Các hệ số của phương trình đường chuẩn năng lượng cho hệ phổ kế là một trong những thông số chuẩn được tích hợp trong phần mềm GUPIXWIN và được sử dụng khi xử lý phổ PIXE xác định hàm lượng các nguyên tố trong mẫu phân tích.



Hình 5. Đường cong chuẩn năng lượng của hệ phổ kế PIXE ở HUS

#### 3.2.2. Xác định hệ số chuẩn (H)

Trong trường hợp lý tưởng thì hệ số chuẩn H chính là góc khối của chùm bức xạ tới detector ( $\Omega$ ) trong công thức (6) và là một hằng số. Tuy nhiên trong thực tế H lại phụ thuộc vào quá trình kích thích tạo ra bức xạ đặc trưng và có thể được xác định bằng cách đo các mẫu chuẩn đa nguyên tố đã biết trước hàm lượng [14]. Hàm lượng của các nguyên tố trong mẫu chuẩn được mô tả bằng một hàm toán học phụ thuộc vào khá nhiều thông số bao gồm hệ số H. Phần mềm GUPIXWIN sẽ giải bài toán này với giá trị H ban đầu và lặp đi, lặp lại để tìm được H mô tả tốt nhất sự tương quan giữa hàm lượng các nguyên tố trong mẫu chuẩn và hiệu suất phát tia X đặc trưng. Giá trị đó gọi là hệ số chuẩn H. Hệ số chuẩn này sẽ được lưu giữ trong phần mềm GUPIXWIN và sử dụng khi phân tích các mẫu đo.

### 3.3. Xác định giới hạn phát hiện (LOD)

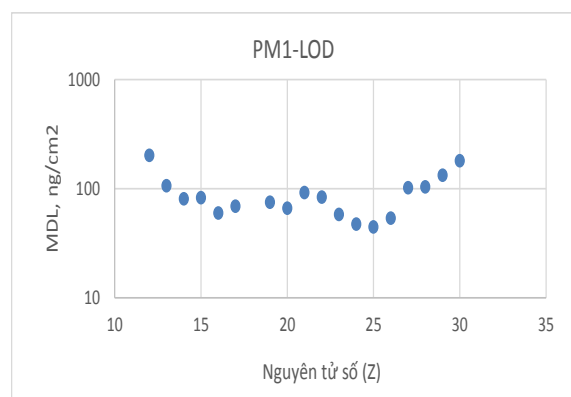
Giới hạn phát hiện các nguyên tố trong mẫu bụi khí PM1 với kỹ thuật PIXE được xác định theo công thức (8). Theo Keith [15] thì LOD có thể tỷ lệ với góc khối  $\Omega$ . Tuy nhiên, thực tế thì LOD phụ thuộc vào một số tham số như lượng mẫu phân tích, năng lượng chùm tia tới, thời gian chiếu mẫu, tiết diện chùm hạt proton tại bề mặt mẫu phân tích, nền phóng xạ trong phổ tia X

đặc trưng...

Bảng 2. Giới hạn phát hiện trung bình của các nguyên tố hóa học trong mẫu PM1 ( $\text{ng}/\text{cm}^2$ ) đối với tia X đặc trưng  $K_\alpha$

Nguyên tố	Z	LOD	Nguyên tố	Z	LOD
Mg	12	201,9	Ti	22	84,0
Al	13	106,8	V	23	58,1
Si	14	80,9	Cr	24	47,4
P	15	82,6	Mn	25	44,7
S	16	59,9	Fe	26	53,7
Cl	17	69,4	Co	27	102,1
K	19	75,1	Ni	28	103,9
Ca	20	66,3	Cu	29	132,9
Sc	21	92,2	Zn	30	181,0

Đối với mẫu bụi khí PM1 thu góp trên phin lọc Polycarbonate Nucleopore có lượng mẫu trung bình  $30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , tiết diện chùm tia tại bề mặt mẫu là  $5 \times 5 \text{ mm}^2$ , chùm hạt proton có năng lượng 2,6 MeV, thời gian chiếu mẫu 1000 giây và buồng chiếu mẫu chân không cao  $5 \cdot 10^{-6}$  Torr thì LOD trung bình của các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu PM1 đối với tia X đặc trưng  $K_\alpha$  được xác định và trình bày trong Bảng 2 và Hình 6.

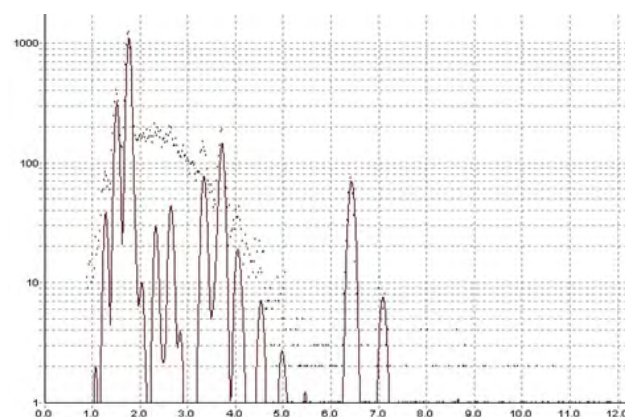


Hình 6. Sự phụ thuộc của LOD đối với tia X đặc trưng  $K_\alpha$  vào nguyên tử số Z

### 3.3. Xác định hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu PM1

Bảng 3. Dải hàm lượng và hàm lượng trung bình của các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu PM1 ở Hà Nội

Nguyên tố	Hàm lượng, $\text{mg}/\text{m}^3$		
	Min	Max	Trung bình
Na	60	1312	$578 \pm 202$
Mg	10	597	$167 \pm 30$
Al	15	742	$143 \pm 5$
Si	60	9543	$699 \pm 9$
P	4	289	$66 \pm 24$
S	162	8864	$2505 \pm 613$
Cl	4	896	$156 \pm 32$
K	98	2324	$623 \pm 56$
Ca	12	1199	$193 \pm 8$
Sc	4	500	$65 \pm 20$
Ti	7	362	$74 \pm 20$
V	8	145	$44 \pm 12$
Cr	11	322	$55 \pm 16$
Mn	7	153	$44 \pm 16$
Fe	26	856	$163 \pm 7$
Co	18	442	$109 \pm 38$
Cu	19	323	$123 \pm 47$
Zn	48	5676	$642 \pm 148$



Hình 7. Phổ PIXE đặc trưng của mẫu bụi khí PM1

80 mẫu PM1 ở Hà Nội thu góp trên phin lọc Polycarbonate Nucleopore sử dụng thiết bị TWIN DUST đã được phân tích trên hệ phổ kê

Bảng 4. Giá trị phê chuẩn và kết quả phân tích trung bình hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu NIST SRM 2783

Z	Nguyên tố	Giá trị phê chuẩn (ng/cm <sup>2</sup> )		Kết quả phân tích trung bình (ng/cm <sup>2</sup> )	
		Hàm lượng	Sai số	Hàm lượng	Độ lệch chuẩn
13	Al	2330,3	53,2	2229,1	172,6
20	Ca	1325,3	170,7	1360,8	376,5
24	Cr	13,5	2,5	23,2	6,6
29	Cu	40,6	4,2	84,6	23,8
26	Fe	2660,6	160,6	2935,6	627,6
19	K	530,1	52,2	601,5	154,3
12	Mg	865,5	52,2	706,5	271,1
25	Mn	32,1	1,2	33,0	2,1
16	S	105,4	26,1	109,9	20,6
14	Si	5883,5	160,6	6231,8	758,3
22	Ti	149,6	24,1	185,9	86,5
30	Zn	179,7	13,1	158,4	36,6

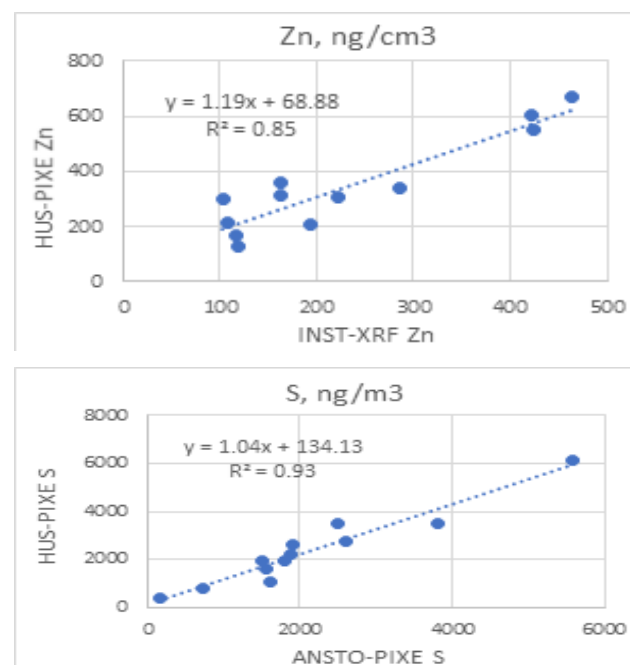
PIXE của HUS theo qui trình phân tích đã được thiết lập trên đây. Dải làm lượng và hàm lượng trung bình của các nguyên tố hóa học chủ yếu được trình bày trong Bảng 3. Phổ PIXE đặc trưng của mẫu bụi khí PM<sub>1</sub> được trình bày trên Hình 7.

### 3.4. QA/QC kết quả phân tích

Để kiểm chứng qui trình phân tích PIXE mẫu PM<sub>1</sub> đã được thiết lập trên máy gia tốc 5SDH-2 PELLETRON của HUS, mẫu chuẩn NIST SRM 2783 dạng phin lọc đã được phân tích. Giá trị phê chuẩn và kết quả phân tích trung bình hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu được chỉ ra trong Bảng 4 (từ 7 phép phân tích độc lập). Kết quả phân tích cho thấy chỉ các nguyên tố có hàm lượng rất nhỏ như Cr và Cu là có sự sai khác đáng kể do hàm lượng quá nhỏ. Hàm lượng các nguyên tố khác đều nằm trong phạm vi sai số phân tích.

Kết quả phân tích mẫu PM<sub>1</sub> theo kỹ thuật PIXE đã được so sánh với kết quả phân tích lập 12 mẫu thu được từ các kỹ thuật phân tích khác như PIXE ở ANSTO và XRF ở INST. Hình 8 cho

thấy sự tương quan khá tốt giữa các kết quả phân tích Zn và S từ 2 kỹ thuật phân tích khác nhau XRF và PIXE.



Hình 8. Sự tương quan giữa các kết quả phân tích Zn và S từ 2 kỹ thuật phân tích khác nhau: XRF (trên) và PIXE (dưới)



Phép thử giả thiết thống kê t-Test cũng đã được áp dụng để đánh giá so sánh kết quả phân tích Zn (bằng kỹ thuật PIXE ở HUS và bằng kỹ thuật XRF ở INST) và kết quả phân tích S (bằng kỹ thuật PIXE) từ các phòng thí nghiệm khác nhau. Khi  $\alpha$  là 0,05 (tương ứng với độ tin cậy là 95%) thì trị tuyệt đối của t-Stat (Zn) = 1,80 và t-Stat (S) = 0,37. Các giá trị này đều nhỏ hơn 2,07 (giá trị của t- Critical two-tail) trong cả 2 trường hợp. Điều đó chứng tỏ rằng kết quả phân tích Zn và S bằng các kỹ thuật phân tích khác nhau chỉ nằm trong phạm vi sai số phân tích và có thể xem như trùng khớp với nhau.

#### 4. BÀN LUẬN

Phân tích hàm lượng các nguyên tố hóa học trong mẫu bụi khí PM1 là một trong những bài toán khó và phức tạp lần đầu tiên được thực hiện ở nước ta nhưng có ý nghĩa khoa học rất thiết thực vì nó có thể cung cấp được các số liệu về hàm lượng các nguyên tố hoá học rất phong phú và đảm bảo chất lượng cho các mô hình thống kê toán học, đặc biệt trong nghiên cứu xác định nguồn gây ô nhiễm bụi khí. Mục tiêu của nghiên cứu này là thiết lập được kỹ thuật phân tích PIXE trên máy gia tốc Pelletron 5SDH-2 của HUS bao gồm cả kỹ thuật thu gộp mẫu PM1 sử dụng thiết bị TWIN DUST đã được trang bị tại INST.

Kết quả nghiên cứu xây dựng qui trình kỹ thuật và triển khai áp dụng phân tích 80 mẫu PM1 cho thấy hoàn toàn có thể áp dụng kỹ thuật PIXE này trong phân tích mẫu mỏng dạng phin lọc. Các nguyên tố phổ biến hơn như Al, Ca, Fe, K, S, Si và Ti có sai số phân tích dưới 15%. Các nguyên tố vết khác như Cr, Cu, Mg, Mn, V,... có sai số phân tích lớn hơn và tất nhiên phụ thuộc vào hàm lượng của chúng trong mẫu phân tích. LOD trung bình của hệ phổ kế đối với mẫu PM1 còn cao hơn so với hệ phổ kế PIXE của ANSTO chủ yếu do ảnh hưởng của bức xạ tán xạ làm nền

phông tăng cao.

Để qui trình kỹ thuật phân tích mẫu PM1 có chất lượng cao hơn và được áp dụng sâu rộng hơn trong thực tiễn, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu cải tiến cấu hình đo nhằm nâng cao hơn nữa LOD của hệ phổ kế.

#### 5. KẾT LUẬN

Phổ kế PIXE trên máy gia tốc Pelletron 5SDH-2 của HUS không được thiết kế chuyên dụng cho phân tích mẫu bụi khí mịn PM1 thu gộp trên phin lọc Polycarbonate Nuclepore. Tuy nhiên, phổ kế đã được nghiên cứu, qui trình kỹ thuật đã được thiết lập để phục vụ bài toán nghiên cứu ô nhiễm bụi khí mịn PM1. Hàm lượng các nguyên tố hóa học chủ yếu trong mẫu bụi khí PM1 đều có thể phân tích được. LOD trung bình nằm trong dải từ 0,04 đến 0,80  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  phụ thuộc vào hàm lượng của các nguyên tố. Kỹ thuật phân tích cũng đã được đánh giá và áp dụng để phân tích 80 mẫu bụi khí PM1 ở Hà Nội. Đặc trưng, nguồn gốc và phần đóng góp của các nguồn ô nhiễm bụi khí sẽ được công bố trong một công trình khác.

Kết quả nghiên cứu này là một trong những nội dung của nhiệm vụ KHCN mã số ĐTCB. 08/15/VKHKTHN. Tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Bộ KH&CN, Viện NLNTVN, Viện KH&KTHN và sự cộng tác nhiệt tình của các cộng sự để thực hiện nghiên cứu này.

*Wương Thu Bắc*

*Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Johansson S A E and Johansson T B 1976 Nuclear Instrument and Methods 137 473 DOI:10.1016/0029-554X(76)90470-5.
- [2] David D. Cohen, J. Crawford, Ed. Stelcer, V. Thu Bac. Characterisation and source apportionment of fine particulate sources at Hanoi from 2001 to 2008. Atmospheric Environment 44, p. 320-328 (2010).
- [3] David D. Cohen, Jagoda Crawford, Eduard Stelcer, Vuong Thu Bac. Long range transport of fine particle windblown soils and coal fired power station emissions into Hanoi between 2001 to 2008. Atmospheric Environment 44, p. 3761-3769 (2010).
- [4] Hien, P. D., V. T. Bac, N.T.H. Thinh (2005). "Investigation of sulfate and nitrate formation on mineral dust particles by receptor modeling". Atmospheric Environment 39, pp. 7231-7239. 2005.
- [5] Hien, Pham Duy; Bac, Vuong Thu et al (2004). "PMF receptor modeling of fine and coarse PM10 in air masses governing monsoon conditions in Hanoi, northern Vietnam". Atmospheric Environ.38, pp.189-201. 2004.
- [6] Hien, Pham Duy; V.T.Bac, H.C.Tham, D.D.Nhan et al (2002). "Influence of meteorological conditions on PM2.5 and PM2.5-10 concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam". Atmospheric Environment 36, pp. 3473-3484. 2002.
- [7] Strivay, D., Ramboz, C., Gallien, J.-P., Grambole, D., Sauvage, T., and Kouzmanov, K. (2008). Micro-crystalline inclusions analysis by PIXE and RBS. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 266(10), 2375-2378.
- [8] Sherman J. (1955). Spectrochem. Acta. 1, 283, 1955.
- [9] Mark B H Breese (2002). PC4250-Advanced analytical techniques: Ion Beam Analysis Techniques. NUS, 2002.
- [10] Md. Hasnat Kabir (2007), practice induced X-ray emission (PIXE) setup and quantitative elemental Analysis, PhD thesis, Kochi university of technology, Japan.
- [11] Mark B H Breese (2002). PC4250-Advanced analytical techniques: Ion Beam Analysis Techniques. NUS, 2002.
- [12] Bac, Vuong Thu; Kregsamer P., Markowicz A. (2003). "Elemental Sensitivity Method in XRF Analysis of PM10 Aerosol Filters". Nuclear Science and Technology No.2, VAEV. P. 8-28.
- [13] U.S. Environmental Protection Agency. Basic Concepts in Environmental Sciences. <http://www.epa.gov/eogapti1/module3/index.htm>
- [14] Campbell et al, Nucl. Instrum. Meth. B77 (1993) 95 and Nejedly et al, Nucl. Instrum. Meth. B160 (2000) 415.
- [15] Md. Hasnat Kabir. Particle Induced X-ray Emission (PIXE) Setup and Quantitative Elemental Analysis. Kochi University of Technology Kochi, Japan. September, 2007.



## **NHỮNG KẾT QUẢ VÀ THÁCH THỨC HIỆN NAY VỀ PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG BỨC XẠ ION HÓA TRONG Y TẾ**

Việc ứng dụng các kỹ thuật bức xạ trong y học hạt nhân (YHHN), xạ trị ung thư và chẩn đoán hình ảnh ở Việt Nam ngày càng phát triển, bao gồm phát triển cơ sở hạ tầng, trang thiết bị và kết quả ứng dụng những kỹ thuật mới trong cả 3 chuyên ngành. Đó là kết quả của ghi xạ hình chức năng chẩn đoán bằng SPECT, trước hết là ung thư của các mô và cơ quan như phổi, xương, tuyến giáp, thận... Xạ hình tưới máu cơ tim, đặc biệt có giá trị chẩn đoán và tiên lượng trong các bệnh của động mạch vành. Bên cạnh đó là các kết quả của việc sử dụng kỹ thuật hiện đại PET/CT trong tim mạch và ung thư. Bài báo cũng nêu lên một số kết quả của việc sử dụng sử dụng các kỹ thuật xạ trị mới như 3D-CRT; IMRT; IGRT; VMAT ... hay mô phỏng bằng hình ảnh PET/CT trong xạ trị ung thư, các phương pháp X- quang can thiệp để điều trị. Kết quả điều trị ung thư tuyến giáp bằng I-131, ung thư gan bằng Y-90 microspheres, kỹ thuật cấy hạt phóng xạ gần đây tại Việt Nam cũng được đề cập. YHHN đã áp dụng kỹ thuật mới gắn đồng vị phóng xạ vào kháng thể đơn dòng trong điều trị đích cho các bệnh ung thư khác nhau. Trong chẩn đoán hình ảnh là kết quả sử dụng các kỹ thuật tiên tiến về CT đa dãy, MRI công suất lớn, siêu âm 3D, 4D để chẩn đoán và điều trị bằng điện quang can thiệp.



Tại Việt Nam, trong nhiều năm qua, các ứng dụng bức xạ đã được áp dụng rộng rãi tại các cơ sở y tế trong chẩn đoán, điều trị mà vai trò và hiệu quả của chúng không thể thay thế được bằng các phương pháp khác. Những ứng dụng đó đã tạo nên 3 chuyên ngành khác nhau là Chẩn đoán hình ảnh (Điện quang), Y học hạt nhân (YHHN) và Xạ trị ung thư (XTUT).

Tính đến năm 2016, ngành y tế có hơn 1.400 cơ sở bức xạ đang hoạt động, chiếm 88,7% tổng số cơ sở sử dụng bức xạ của tất cả các ngành trong cả nước. Ngày 04 tháng 11 năm 2011 với Quyết định số 1958/QĐ-TTg, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Quy hoạch chi tiết phát triển, ứng dụng bức xạ trong y tế đến năm 2020. Để tìm cách đẩy mạnh tiến độ và khắc phục các khó khăn, nhược điểm nhằm thực hiện thành công Quy hoạch đó, chúng tôi xin có vài nhận xét và đánh giá về triển khai thực hiện và kết quả thu được từ đó đến nay đồng thời đưa ra một số bàn luận về thách thức và đề nghị cụ thể.

## 1. Nhiệm vụ cụ thể của ngành y tế theo Quy hoạch:

- Xây dựng và thực hiện kế hoạch phát triển kỹ thuật chẩn đoán và điều trị bệnh sử dụng năng lượng hạt nhân và bức xạ nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng ở nước ta. Thành lập và triển khai kế hoạch xây dựng sao cho tại mỗi tỉnh có ít nhất một cơ sở cho từng chuyên ngành Điện quang, YHHN và Xạ trị ung thư.

- Đầu tư phát triển kỹ thuật ghi hình bức xạ (xạ hình) đến bệnh viện (BV) tỉnh, mỗi BV tỉnh có ít nhất một máy ghi hình cắt lớp đơn photon (SPECT), cả nước có một số máy ghi hình sử dụng đồng vị phát positron (PET).

- Tăng cường đầu tư thiết bị điều trị bệnh ung thư bằng kỹ thuật chiếu xạ dùng các nguồn phóng xạ (PX) kín, hở và bằng máy gia tốc, đạt tỉ lệ ít nhất một thiết bị chiếu xạ trên 1 triệu dân.

- Lập kế hoạch sản xuất từng bước tăng dần các loại đồng vị PX và dược chất phóng xạ (DCPX) trong nước cho các máy SPECT/CT và

PET/CT để phục vụ cho chẩn đoán và điều trị.

- Đánh giá tình hình sức khỏe và dinh dưỡng cộng đồng, sàng lọc một số dị tật bẩm sinh bằng kỹ thuật đồng vị phóng xạ (ĐVPX).

- Xây dựng Trung tâm quốc gia về YHHN, xạ trị và điều trị các bệnh phóng xạ.

## 2. Các kết quả đã đạt được từ lúc có Quy hoạch đến nay (2011-2017):

### 2.1. Phát triển thêm cơ sở, trang bị và kỹ thuật:

- Thành lập mới hoặc mở rộng trong vài năm gần đây một số cơ sở (bệnh viện, trung tâm, khoa, đơn vị) cho cả 3 lĩnh vực YHHN, Xạ trị ung thư và Điện quang. Hiện cả nước có hàng trăm cơ sở Điện quang lớn, nhỏ. Tăng dần các cơ sở Ung bướu đơn thuần có xạ trị hoặc cơ sở YHHN và Ung bướu có xạ trị hoặc chưa có xạ trị tại BV tỉnh, thành phố. Đó là các cơ sở ở các tỉnh Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Nguyên, Lào Cai, Lạng Sơn, Hoà Bình, Phú Thọ, Tuyên Quang, Vĩnh Phúc, Bắc Giang, Hải Dương, Thái Bình, Nam Định, Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Khánh hòa, Quảng Bình, Đà Nẵng, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Cần Thơ... nâng tổng số cơ sở ung thư hiện có lên hơn 20.

- Trang bị thêm máy SPECT hoặc SPECT/CT và PET/CT tại Trung tâm YHHN và Ung bướu của BV đa khoa và BV ung bướu TP Đà Nẵng, BV Quảng Ninh, BV Quân y 103 nâng tổng số máy SPECT lên 31 và 4 SPECT/CT, 12 PET/CT với 5 cyclotron hiện đang hoạt động trong cả nước. Các thiết bị này gần đây phát triển khá nhanh vì trong thời gian ngắn sắp tới sẽ có thêm 1 Cyclotron ở VINATOM Hà Nội, 1 Cyclotron tại TP HCM, 1 PET/CT tại BV Ung bướu TP HCM, 1 PET/CT tại BV đa khoa tỉnh Kiên Giang, 1 PET/MRI tại BV Bạch Mai và máy SPECT cho một số tỉnh thành khác. Toàn quốc hiện có trên 30 cơ sở YHHN hoạt động với khoảng 20 cơ sở YHHN có trang bị máy xạ hình (Gamma Camera, SPECT và SPECT/CT, PET/CT) đang phát huy được nhiều tác dụng.

- Thời gian qua một số cơ sở đã được trang bị thêm máy gia tốc thẳng (Linac), máy điều trị áp sát suất liều cao (HDR-Brachytherapy)

sử dụng nguồn Ir-192 và Co-60, thiết bị cấy hạt phóng xạ I-125.

- Mua sắm thêm và đưa vào hoạt động một số máy CT đa lát cắt 16, 32, 64, 128, 256, 320 và 640 lát, máy X quang tăng sáng truyền hình, máy cộng hưởng từ (MRI) công suất 0,3; 1,5 và 3,9 Tesla, MRI chụp toàn thân, máy chụp mạch xóa nền (DSA) ở các BV trung ương và cấp khu vực, tỉnh, thành phố.

- Hiện cả nước đã có nhiều cơ sở XTUT được nâng cấp và thành lập mới. Một số thiết bị gia tốc với công nghệ hiện đại như Elekta-Execes; VARAN Clinac-iX đã xuất hiện tại Việt Nam.

## 2.2. Triển khai ứng dụng các kỹ thuật mới:

### a) Y học hạt nhân:

- Mở rộng việc áp dụng một số kỹ thuật xạ hình mới bằng SPECT, SPECT/CT cho ung thư các loại, trước hết là ung thư tuyến giáp thể biệt hóa để phát hiện các mô ung thư tồn dư, tái phát và di căn, ung thư vú, ung thư phổi không tế bào nhỏ, u Lympho ác tính không Hodgkin... Thực hiện thường quy xạ hình cho hầu hết các mô tạng bằng các in vivo kit thích hợp để chẩn đoán, đánh giá kết quả điều trị, và theo dõi tái phát, di căn của nhiều loại ung thư, một số biến chứng huyết khối trong ung thư. Phát hiện dị tật bẩm sinh ở hệ tiết niệu và gan mật, các bệnh của hệ tiêu hóa, xương khớp, đánh giá chức năng thận sau phẫu thuật ghép thận tại các cơ sở có trang bị thích hợp [1], [2].

- Xạ hình cũng giúp ích cho kỹ thuật về tim mạch can thiệp [7]. Xạ hình bằng I-131 cho các bệnh nhân ung thư giáp sau phẫu thuật cắt bỏ tuyến giáp để chỉ định liều triệt mô giáp tồn dư. Với bệnh nhân có xạ hình bằng I-131 âm tính nhưng nồng độ Thyroglobulin hoặc Anti thyroglobulin trong máu cao, kỹ thuật PET/CT đã giúp chỉ định đúng cho điều trị cần thiết tiếp theo. Chuyên khoa YHHN đã phối hợp với các trung tâm sinh học phân tử để nghiên cứu các biến đổi gen vận chuyển iod NIS ở các bệnh nhân ung thư giáp kháng với I-131 điều trị. Đã triển khai việc ghi hình PET/CT trong đánh giá sự sống còn của cơ tim trong bệnh mạch vành, giúp chỉ định

đúng các kỹ thuật điều trị thích hợp. Đó là bước đi cập nhật và theo kịp thế giới về kiến thức và kỹ năng hiện đại của vấn đề này. Cũng có nghiên cứu so sánh hình ảnh PET/CT với hình ảnh MRI trong ung thư vùng vòm hầu. Nhiều công trình nêu rõ PET/CT có giá trị đặc biệt trong ung thư như: Chẩn đoán u nguyên phát, hướng dẫn sinh thiết; phát hiện di căn, đánh giá giai đoạn; dự báo đáp ứng điều trị; đánh giá đáp ứng điều trị; phát hiện tái phát, di căn sau điều trị, áp dụng hình ảnh PET/CT mô phỏng trong xạ trị ung thư bằng Linac và Cyberknife [8].

- Áp dụng thành công kỹ thuật điều trị cho gần 100 bệnh nhân ung thư tế bào gan (HCC) bằng kỹ thuật xạ trị trong chọn lọc (SIRT) với kỹ thuật gây tắc mạch bằng các vi cầu phóng xạ Y-90 tại BV Trung ương quân đội 108, BV Bạch Mai và BV Chợ Rẫy [2], [4]...

- Áp dụng kỹ thuật điều trị miễn dịch phóng xạ (Radioimmunotherapy) cho bệnh nhân Lymphosarcoma non Hodgkin bằng kháng thể đơn dòng Rituzumab gắn I-131 và đang chuẩn bị điều trị một số ung thư đầu cổ bằng Ninotuzumab gắn Y-90 [4].

- Triển khai thành công kỹ thuật cấy hạt PX trong điều trị ung thư tuyến tiền liệt tại BV Bạch Mai [9].

Tuy nhiên nhược điểm chính của YHHN nước ta hiện nay là mạng lưới cơ sở còn mỏng, trang bị chuyên khoa còn thiếu, bác sỹ chuyên khoa YHHN thiếu, trình độ chuyên môn của cán bộ không đồng đều, số có trình độ chuyên môn sâu còn ít. Việc đào tạo chuyên khoa YHHN cũng gặp rất nhiều khó khăn. Cho đến nay mới chỉ có sinh viên hệ bác sỹ đa khoa của trường Đại học Y Hà Nội và Học viện quân y 103 được học môn YHHN. Các trường Đại học Y dược trong cả nước do thiếu cán bộ giảng dạy và cơ sở thực hành nên chưa được học về môn học này. Việc đào tạo sau đại học về YHHN (từ nội trú, CKI, CKII, Thạc sỹ, Tiến sỹ) cũng mới chỉ được tiến hành tại 2 cơ sở kể trên và đang gặp rất nhiều khó khăn do bác sỹ khó đi xa nơi làm việc học tập trung để có

chứng chỉ chuyên khoa đúng theo yêu cầu.

*b) Xạ trị:*

Tổng cộng hiện nay trong cả nước có trên 30 cơ sở xạ trị và 42 máy gia tốc đang hoạt động điều trị bệnh nhân. Nhìn chung thời gian qua Xạ trị đã có những tiến bộ như: Loại bỏ dần việc xạ trị chiếu ngoài bằng các máy Co-60 cũ, tăng cường áp dụng kỹ thuật xạ trị áp sát suất liều cao bằng nguồn Ir-192 và Co-60 [5]. Đang triển khai và mở rộng một số kỹ thuật xạ trị hiện đại như:

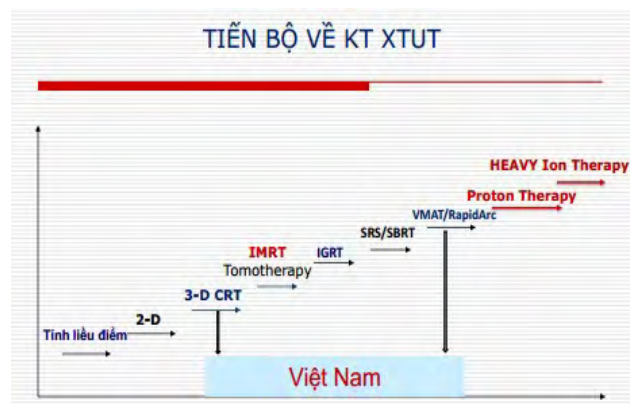
- *Kỹ thuật xạ trị ba chiều theo hình dạng khối u (3D-CRT).* Mở rộng ứng dụng hình ảnh CT mô phỏng trong lập kế hoạch xạ trị kể cả kỹ thuật theo kích thước khối u 3D ở hầu hết các cơ sở xạ trị trong cả nước.

- *Một số cơ sở đã và đang triển khai áp dụng kỹ thuật xạ trị điều biến liều (IMRT) bằng ngàm (Jaw-only) hoặc Collimator đa lá-MLC.* Kỹ thuật xạ trị nhờ hình ảnh hướng dẫn – IGRT; xạ trị hình cung, điều biến liều theo thể tích - VMAT (VolumetricArc Radiotherapy), xạ phẫu định vị - SRS; xạ trị định vị - SRT, xạ trị định vị một số khối u vùng thân - SBRT...

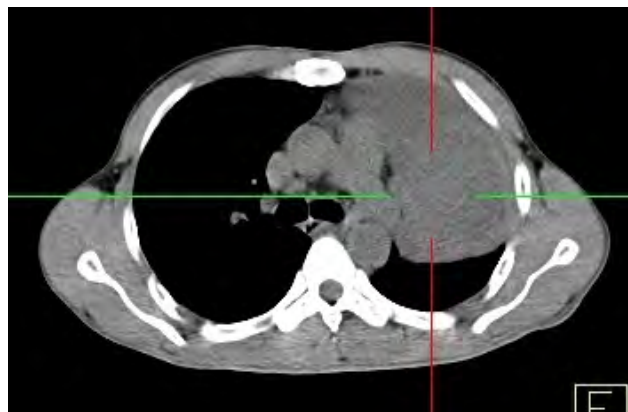
- *Kỹ thuật PET/CT mô phỏng lập kế hoạch xạ trị:* Kỹ thuật PET/CT mô phỏng đã được tiến hành ở một số nước phát triển: Mỹ, Đức, Ý, Úc... Trung tâm YHHN và Ung bướu BV Bạch Mai là nơi đầu tiên tại Việt Nam ứng dụng thành công kỹ thuật PET/CT mô phỏng cho lập kế hoạch xạ trị gia tốc và cho đến nay đã có gần 1.000 bệnh nhân được mô phỏng nhờ PET/CT góp phần vào khả năng điều trị thành công bệnh ung thư do mang lại độ chính xác cao hơn, kết quả và chất lượng điều trị được tốt hơn [6].

- *Xạ phẫu (Radiosurgery): Dao gamma, CyberKnife) và Dao gamma quay (Rotating Gamma Knife).* Hiện nay cả nước có 6 Dao gamma cổ điển và Dao tia X đang hoạt động ở một số bệnh viện lớn. Tháng 7/2007, lần đầu tiên tại Việt Nam, hệ thống xạ phẫu Dao Gamma quay có nhiều ưu điểm nổi trội được lắp đặt tại Trung tâm Y học hạt nhân và Ung bướu, BV Bạch Mai và cho đến nay đã điều trị hơn 4.000 ca u não và một số bệnh lý sọ não.

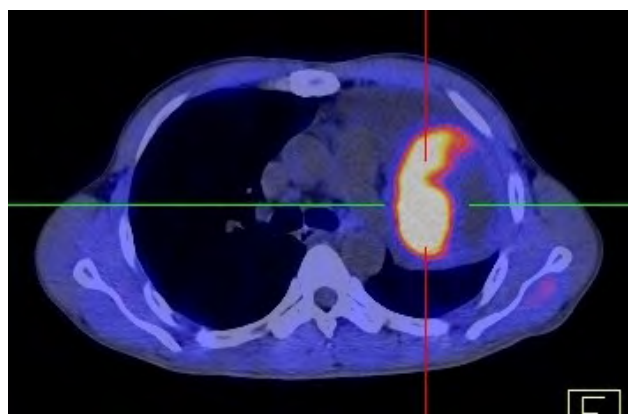
- *Xạ trị trong, chọn lọc (Selective Internal Radiotherapy: SIR) hay còn gọi là phương pháp tắc mạch phóng xạ (Radio Embolization: RE) :*



Hình 1: Tiến bộ về kỹ thuật XTUT

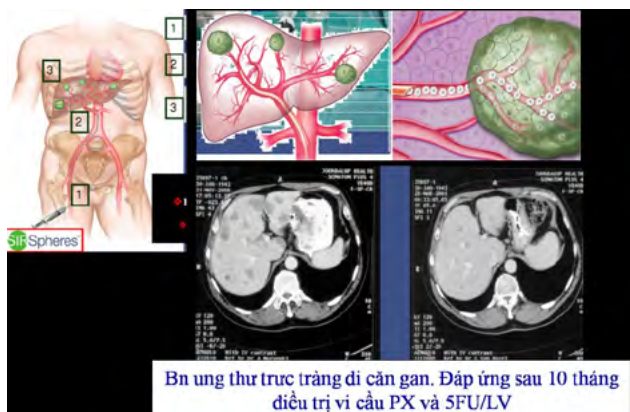


**Trên CT:** không phân biệt được u và tổ chức phổi xẹp



**Trên PET/CT:** dễ xác định u và phổi xẹp để sinh thiết đúng chỗ





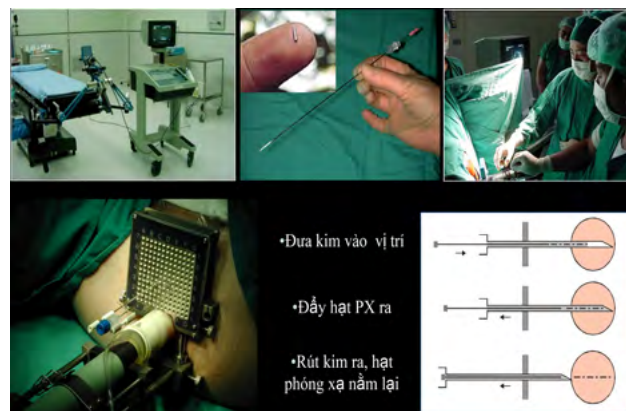
Hình 2: Hình ảnh minh họa kỹ thuật SIR và hình ảnh CT gan bệnh nhân trước và sau điều trị

Các hạt vi cầu phóng xạ Y-90 (kích thước 35  $\mu\text{m}$ ,  $T_{1/2} = 64,1 \text{ h}$ ;  $E_{\beta} = 0,93 \text{ MeV}$ ; quãng chạy trong tổ chức: 2,5-11 mm) được bơm vào động mạch nuôi khối u sẽ đi vào các nhánh động mạch nhỏ khắp trong khối u gây tắc mạch cắt nguồn dinh dưỡng nuôi u, mặt khác bức xạ beta với mức năng lượng 0,93 MeV do ĐVPX Y-90 gắn trên các hạt vi cầu phát ra sẽ tiêu diệt các tế bào ung thư, hiệu quả chung sẽ làm giảm thể tích hoặc tiêu hoàn toàn khối u mà rất ít ảnh hưởng đến tổ chức lành xung quanh. Kỹ thuật này mang lại lợi ích lớn cho bệnh nhân và đang có triển vọng mở rộng áp dụng tại các bệnh viện lớn trong cả nước. Đến nay cả nước đã tiến hành thành công cho gần 100 bệnh nhân bị ung thư gan tiên phát hoặc thứ phát (di căn từ nơi khác đến gan).

Cấy hạt phóng xạ điều trị ung thư tuyến tiền liệt

Cấy hạt phóng xạ điều trị ung thư là phương pháp xạ trị áp sát suất liều thấp với các hạt phóng xạ I-125 kích thước nhỏ 4,5 x 0,8 mm (Hình 3), phát tia gamma năng lượng 35 keV, cấy vào trong tổ chức khối u, có tác dụng tiêu diệt tế bào ung thư tại chỗ mà không hoặc ảnh hưởng rất ít tới mô lành xung quanh. Ưu điểm nổi bật của kỹ thuật này là tạo ra liều hấp thụ khá cao cho mô bệnh (HDR) mà không chiếu xạ cho mô lành. Các đồng vị phóng xạ (ĐVPX) có thời gian bán rã không quá ngắn và không quá dài (60 ngày đối với I-125) nên có thể để lại các hạt phóng xạ mà

không cần lấy ra sau khi cấy hạt phóng xạ vào. BV Bạch Mai đã thực hiện thành công một số ca đầu tiên tại Việt Nam với kết quả tốt đẹp [9].



Hình 3: Các thiết bị cấy hạt PX điều trị ung thư tuyến tiền liệt

Xạ trị trong mổ (IntraOperative RadioTherapy: IORT):

IORT được sử dụng ở Mỹ từ năm 1999, đến nay hơn 80 cơ sở trên khắp các châu lục ứng dụng kỹ thuật này. Có thể áp dụng IORT cho nhiều loại ung thư như: Ung thư Vú, Trực tràng, Tử cung, Phổi, Bàng quang, Di căn xương, cột sống, NHL - B, Sarcoma, Adeno CUP, Kypho-IORT. Trung tâm Ung bướu của Bv đa khoa trung ương ở Huế đã áp dụng thành công kỹ thuật này đối với ung thư vú.

Nhìn chung, ngành xạ trị ở nước ta còn nhiều khó khăn, hạn chế do thiếu thốn cả về cơ sở trang thiết bị và cán bộ được đào tạo bài bản, có kinh nghiệm. Hiện cũng chưa có quy hoạch cụ thể cho việc phát triển các khoa xạ trị nói riêng. Kinh phí hàng năm Nhà nước cấp cho ngành ung thư luôn thấp nên việc đầu tư, nâng cấp các cơ sở xạ trị sẵn có và mở thêm cơ sở mới gặp nhiều khó khăn vì các trang bị xạ trị rất đắt tiền, mua từ nước ngoài, xây dựng cơ sở hạ tầng tốn kém, chi phí bảo dưỡng, thay nguồn xạ định kỳ rất cao. Ở nước ta tỷ lệ xạ trị mới đạt khoảng hơn 15% số lượng bệnh nhân có nhu cầu do số lượng các thiết

bị xạ trị còn thiếu, một số thì đã cũ... cần sớm được thay thế. Quy mô, mạng lưới, cách thức tổ chức, trang thiết bị kỹ thuật, số lượng và chất lượng kỹ thuật còn yếu, sự chấp nhận của xã hội và vai trò tác dụng của xạ trị còn bị hạn chế. Xạ trị ung thư ở nước ta phát triển chậm, chưa đều còn do những hạn chế về nhân lực (bác sỹ và kỹ sư vật lý, kỹ thuật viên về xạ trị). Cả nước hiện mới có một số ít cơ sở có khả năng chẩn đoán và điều trị ung thư một cách toàn diện, bao gồm cả chẩn đoán hình ảnh, YHHN, điều trị phẫu thuật, hóa trị và xạ trị.

### c) Chẩn đoán hình ảnh:

Thời gian qua chuyên khoa chẩn đoán hình ảnh đã có một số tiến bộ rõ rệt như:

- Phổ cập các kỹ thuật chẩn đoán bằng siêu âm xuống các tuyến huyện. Ứng dụng các kỹ thuật siêu âm 3D, 4D, siêu âm Doppler, siêu âm đàn hồi, siêu âm cắt lớp ở các BV tuyến trên. Có các nghiên cứu về giá trị của siêu âm Doppler, siêu âm đàn hồi trong chẩn đoán phân biệt u xơ với u lành tuyến vú, siêu âm Doppler vi mạch trong u gan, bệnh Gout...

- Phát triển các kỹ thuật chụp CT có hoặc không tiêm thuốc cản quang trong hầu hết các bệnh trong ổ bụng, lồng ngực, sọ não bằng CT đa dãy (64, 128, 256 và 320) thích hợp để phát hiện bệnh dò động mạch vành, các bệnh trong não và các mô tạng, xương khớp trong cơ thể. Các nghiên cứu cho thấy hình ảnh MSCT rất có giá trị trong chẩn đoán ung thư tụy, thận, bàng quang và giúp phân giai đoạn nhiều loại ung thư. Trong chuyên khoa Tai Mũi Họng, CT độ phân giải cao giúp phát hiện bất thường của xương thái dương gây điếc, chẩn đoán xẹp xơ tai...

- Triển khai kỹ thuật sinh thiết các khối u phổi, u nằm sâu trong cơ thể dưới sự hướng dẫn của hình ảnh CT.

- Áp dụng các kỹ thuật mới của cộng hưởng từ (MRI) có hoặc không tiêm thuốc đối quang từ để phát hiện các bệnh tim, não, tủy sống và nhiều bệnh của sụn xương khớp, ổ bụng, bệnh lý mạch máu não (phình mạch, nhồi máu não, huyết khối

trong mạch não...) và theo dõi sau điều trị can thiệp.

- Gần đây áp dụng kỹ thuật MRI ở nước ta phát triển mạnh để chẩn đoán thiếu máu não cấp (đột quy), thiếu máu cơ tim cục bộ, bệnh van tim bằng MRI tưới máu, dùng MRI khuếch tán để phân biệt u tế bào thần kinh đệm độ IV với di căn ung thư não đơn độc hoặc phân biệt apxe não với u não hoại tử, u não dạng nang.

- Dùng kỹ thuật MRI phổ để chẩn đoán mức độ ác tính của các khối u nhất là u thần kinh đệm.

- Mở rộng kỹ thuật chụp mạch xóa nền (DSA) cho nhiều bộ phận trong cơ thể, nhất là để phát hiện các dị dạng mạch máu (AVM) trong não tại các bệnh viện trung ương, khu vực.

- Đặc biệt gần đây đã triển khai mạnh mẽ các kỹ thuật điện quang can thiệp mạch để điều trị hiệu quả một số bệnh như dị dạng mạch máu (AVM), thông động tĩnh mạch trong hộp sọ, thông động tĩnh mạch thận, nút tắc động mạch tử cung điều trị bằng huyết sau đẻ, nút tắc tĩnh mạch cửa bằng dù kim loại gây phì đại gan trước phẫu thuật, nút mạch để kiểm soát chảy máu nặng do chấn thương, điều trị u xơ tử cung và tăng sản lành tính tuyến tiền liệt bằng kỹ thuật can thiệp nội mạch. Đặc biệt kỹ thuật điện quang can thiệp mạch đã phối hợp với YHHN để nút mạch bằng vi cầu Y-90 điều trị ung thư gan... Vừa qua Chủ tịch nước đã trao tặng 2 giải thưởng Hồ Chí Minh về khoa học kỹ thuật cho các chuyên ngành ứng dụng bức xạ trong y học là Điện quang can thiệp và YHHN.

Tuy nhiên thực trạng chung của Điện quang chẩn đoán và điều trị của Việt Nam hiện nay hầu hết có quy mô nhỏ và thiếu thốn về cơ sở (mạng lưới), trang bị, nhân lực, hệ thống đào tạo, cán bộ kỹ thuật liên quan, dịch vụ kỹ thuật (kiểm định và bảo dưỡng, sửa chữa máy móc thiết bị) chưa ngang tầm so với các nước trong khu vực. Thực trạng điện quang chẩn đoán và điều trị của Việt Nam hiện nay không đồng đều. Hiện tại các kỹ thuật cao về điện quang mới chỉ được áp dụng ở những BV lớn như BV Bạch Mai, BV Chợ Rẫy,

BV Trung ương Huế và BV Quân y 108, 103... Một số cơ sở thiếu máy điện quang chẩn đoán và đặc biệt là máy điện quang can thiệp điều trị.

#### **d) Sản xuất và cung cấp các dược chất phóng xạ (DCPX)**

Nhu cầu sử dụng Tc-99m ngày càng tăng, ước tính hằng tuần thế giới sử dụng khoảng 7.000-8.000 Ci. Trong lúc đó việc cung cấp và sản xuất của các nước đều có nhiều khó khăn. Sự thiếu hụt đó đòi hỏi mỗi quốc gia phải tự có các giải pháp thích hợp để đáp ứng nhu cầu cần thiết. Vì vậy Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt đã đề ra một chương trình khoa học nhằm giải quyết việc cung ứng Tc-99m cho các cơ sở YHHN trong cả nước [1, 3].

Hiện nay Việt Nam chính thức có 5 máy Cyclotron (1 máy ở Bệnh viện Chợ Rẫy TP. Hồ Chí Minh, 3 máy ở Hà Nội, 1 máy ở Bệnh viện đa khoa Đà Nẵng, sắp tới có thể thêm 1 máy ở Kiên Giang và 1 máy ở TP HCM) và sắp có thêm 2, trong đó 4 máy đang hoạt động ổn định để cung cấp DCPX  $^{18}\text{F}$ FDG dùng cho PET/CT. Hai trung tâm Cyclotron ở phía nam và phía bắc cũng đã điều chế thử thành công dược chất phóng xạ Carbon-11 gắn CHOLINE, ACETAT để sử dụng trong chụp PET/CT chẩn đoán ung thư tuyến tiền liệt và các khối u ở gan.

Nhìn chung, nhu cầu trước mắt về  $^{18}\text{F}$ FDG cho PET/CT đang được thỏa mãn, thậm chí nếu tổ chức và quản lý tốt các Cyclotron hiện có còn có thể sản xuất đủ  $^{18}\text{F}$ FDG cho nhiều máy PET/CT hơn nếu được lắp đặt không quá xa các Cyclotron đó. Tuy nhiên, trên thị trường hiện tại đang có một loại minicyclotron với các phần phụ trợ được gọi là Biomarker Generator System for Molecular Imaging của Mỹ có nhiều ưu điểm. Minicyclotron có kích thước nhỏ hơn, vận hành đơn giản hơn, cần ít cán bộ kỹ thuật hơn, tính an toàn cao hơn, có thể cung cấp các liều  $^{18}\text{F}$ FDG

hàng ngày cho từng máy PET/CT tại chỗ. Chúng tôi cho rằng cần nghiên cứu áp dụng loại thiết bị này vì đó là giải pháp có triển vọng tốt cho việc trang bị thêm các máy PET/CT riêng lẻ các ở địa phương xa hoặc giao thông khó khăn (Tây Bắc, Tây Nguyên, Miền tây Nam bộ...).

### **2.3. Bồi dưỡng và Đào tạo cán bộ cho các chuyên khoa**

- Tổ chức được một số sinh hoạt chuyên môn, hội thảo khoa học, tập huấn nghiệp vụ để trao đổi kinh nghiệm về cả 3 chuyên ngành trên riêng biệt hoặc kết hợp với các chuyên khoa khác.

- Xuất bản một số sách giáo khoa, sách chuyên khảo về YHHN, Điện quang và Xạ trị.

- Nhiều báo cáo khoa học trong và ngoài nước được đăng trong tạp chí chuyên ngành hoặc tạp chí Y học thực hành, Y học Việt Nam, Ung thư học cũng như Điện quang và Xạ trị ung thư. Một số trang web hoạt động tốt cập nhật thông tin và các bài vở chuyên môn kể cả các bài dịch từ báo chí chuyên môn của nước ngoài.

### **3. Khó khăn, tồn tại và thách thức trong ứng dụng bức xạ y tế**

#### **3.1. Tồn tại của ứng dụng bức xạ trong y tế:**

a) Công tác xạ trị còn hạn chế, do thiếu thốn cả về cơ sở trang thiết bị lẫn cán bộ được đào tạo đúng chuyên khoa, có kinh nghiệm và quy hoạch cho việc phát triển các khoa xạ trị nói riêng cũng chưa cụ thể:

- Cơ sở vật chất của một số đơn vị X quang và YHHN hiện hữu còn thiếu các trang thiết bị cơ bản và hiện đại phục vụ chẩn đoán, điều trị. Cơ sở vật chất và trang thiết bị chưa đồng bộ ở tại các bệnh viện tuyến trung ương và các BV tỉnh, huyện. Các BV tuyến tỉnh còn thiếu rất nhiều trang thiết bị xạ trị, điện quang và YHHN cơ bản để chẩn đoán. Thậm chí ở nhiều BV đang



phải sử dụng những thiết bị cũ và lạc hậu. Với tốc độ phát triển như hiện nay khó đạt được chỉ tiêu do Quy hoạch xác định nhất là về YHHN và Xạ trị.

- Mạng lưới Xạ trị, X quang và YHHN trong nước chưa đồng bộ, số lượng thiết bị còn thiếu so với quy hoạch yêu cầu. Với tình hình này đến năm 2020 rất khó đạt được chỉ tiêu 80% bệnh viện tỉnh và thành phố trực thuộc trung ương có ít nhất 1 máy chụp mạch số hóa, 1 máy chụp cắt lớp vi tính (CT) và 100% bệnh viện đa khoa huyện có máy xạ trị XQ cao tần, 80% các bệnh viện nêu trên có cơ sở YHHN và Ung bướu, toàn quốc đạt ít nhất 1 thiết bị xạ trị và 1 thiết bị xạ hình cho 1 triệu dân vào năm 2020.

- Thuốc phóng xạ cho PET/CT đáp ứng được nhu cầu của các máy PET/CT ở các thành phố lớn nhưng mới tập trung vào 18FDG mà chưa phát triển các thuốc khác của ĐV PX 18F tuy rằng cyclotron 30 MeV tại BV Quân y 108 có khả năng kỹ thuật sản xuất được. Việc cung cấp nguồn thuốc phóng xạ trong nước cho điều trị và xạ hình SPECT chưa đáp ứng đủ nhu cầu thực tế, còn cần nhập khẩu phần lớn, nhất là  $^{131}\text{I}$ Na, Tc-99m.

- Nguồn nhân lực xạ trị, X quang, YHHN còn thiếu, trình độ không đồng đều nhất là cán bộ có trình độ chuyên môn để đảm nhiệm các chức năng khám chữa bệnh với kỹ thuật cao, hiện đại. Chưa có hệ thống đào tạo cán bộ chuyên ngành xạ trị, bao gồm cả y học và kỹ thuật và vật lý y học một cách đầy đủ, đặc biệt là đào tạo ngành chuyên sâu của xạ trị, X-quang và YHHN.

b) Hiện nay cũng chưa có kế hoạch về việc xây dựng Trung tâm YHHN trung ương, Trung tâm Điện quang Trung ương tại Bệnh viện Bạch Mai và Trung tâm xạ trị trung ương tại Bệnh viện K nhằm có thể tiến tới thành lập Viện Y học bức xạ quốc gia vào năm 2020 như Quy hoạch vạch ra.

c) Vấn đề đào tạo bài bản, cấp chứng chỉ hành nghề và chính thức hóa chức danh kỹ sư vật lý y học chưa được đề cập tới do đó cũng chưa có kế hoạch triển khai. Đây đang là khâu yếu kém của chất lượng công việc trong ứng dụng bức xạ vào y học. Cần tiến tới đảm bảo các cơ sở sử dụng bức xạ trong y tế nhất là các cơ sở xạ trị phải có đủ các cán bộ vật lý đã qua đào tạo cơ bản, chính quy để trở thành những cán bộ vật lý y học có trình độ chính thức, tiến tới có chứng chỉ hành nghề trong các ngành xạ trị, điện quang và YHHN.

d) Công việc bảo dưỡng và kiểm chuẩn các thiết bị bức xạ trong y tế còn chưa được quan tâm đúng mức và tổ chức thành hệ thống. Các lĩnh vực tăng cường năng lực cho phòng chuẩn đo lường bức xạ, sản xuất phụ kiện và thiết bị y tế chưa thấy có kế hoạch triển khai.

e) Nội dung về đánh giá tình hình sức khỏe và dinh dưỡng cộng đồng, sàng lọc một số dị tật bẩm sinh bằng kỹ thuật đồng vị phóng xạ (ĐV PX) hoàn toàn chưa được triển khai.

3.2. Các khó khăn và thách thức trong thực hiện quy hoạch:

- Sự phối hợp giữa Bộ Y tế với các Bộ ngành liên quan chưa chặt chẽ trong kế hoạch thực hiện Quy hoạch do Thủ tướng chính phủ phê duyệt và quyết định.

- Chưa có dự toán cụ thể về ngân sách tài chính. Đến nay về tổ chức, đã có một số Trung tâm và Khoa mới bao gồm cả Ung bướu và YHHN. Tuy nhiên, về trang thiết bị cần thiết vẫn còn thiếu. Nhiều cơ sở YHHN và Xạ trị hiện nay vẫn chưa có SPECT, chưa có LINAC. Cá biệt, một vài cơ sở vẫn còn phải sử dụng máy Co-60 đã quá cũ, hoạt độ nguồn quá yếu nên không thể đảm bảo chất lượng điều trị. Việc thành lập các trung tâm khác ở Tây Bắc, Tây Nguyên hay miền đông, Tây Nam bộ cũng chưa có kế hoạch rõ ràng.

- Nhân lực chuyên khoa còn thiếu, chưa có hệ thống đào tạo chính thức nhất là cho cán bộ kỹ thuật và vật lý cho xạ trị ung thư.

- Chưa thấy triển vọng về cải thiện việc cung ứng thuốc phóng xạ trong nước.

#### 4. Đề xuất các giải pháp:

Để thực hiện tốt nội dung cần làm cho giai đoạn I của Quy hoạch chúng tôi xin đề nghị thực hiện một số biện pháp sau đây:

a) Thành lập Ban điều hành thực hiện Quy hoạch bao gồm lãnh đạo Bộ Y tế gồm các Vụ, Cục và một số đơn vị liên quan của Bộ Y tế, Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Bộ Tài chính...

b) Trước mắt cần thêm trang bị về YHHN và Xạ trị cho một số cơ sở chuyên khoa (đơn vị, khoa, trung tâm) đang hiện hữu như Bệnh viện đa khoa hoặc bệnh viện ung thư tỉnh Nghệ An, Bệnh viện Đa khoa Trung ương Thái Nguyên, Hòa Bình, Khánh Hoà, Lâm Đồng, Đắk Lắk... và tiếp theo là các bệnh viện ung thư và đa khoa tuyến tỉnh khác theo lộ trình. Cần tạo bước đột phá về đầu tư, nhất là đầu tư từ nguồn ngân sách nhà nước, các nguồn vốn ODA, nguồn liên doanh, liên kết... cho phát triển mạng lưới các cơ sở y tế ứng dụng bức xạ để khám, chữa bệnh. Tăng cường huy động các nguồn vốn hợp pháp khác trong xã hội để thực hiện quy hoạch, tăng cường xã hội hóa theo đúng qui định của Nhà nước để đầu tư xây dựng, mua sắm thiết bị bức xạ, điện quang.

c) Tại Việt Nam, hiện vẫn chưa có chương trình chính thức nào về đào tạo cán bộ vật lý, kỹ thuật viên theo yêu cầu thực tế. Vấn đề này chưa thấy có bước chuyển biến hoặc chuẩn bị nào như Quy hoạch đề ra. Cần phải có một tổ chức đào tạo với giáo trình thống nhất về kiểm chuẩn cho tất cả các kỹ sư ở các trung tâm xạ trị. Cần có đề tài nghiên cứu các vấn đề cần giảng dạy cũng như giải pháp thực hiện yêu cầu này. Ngoài đào

tạo cán bộ chuyên môn cho các cơ sở, chúng ta cần phải có quy trình và những tiêu chuẩn chung, đáng tin cậy, để các trung tâm tham khảo, thực hiện theo và tạo ra sự thống nhất trong cả nước. Đây là công việc đòi hỏi sự phối hợp của nhiều cơ quan và Bộ nhưng chưa có một cơ chế chuyên trách thích hợp về vấn đề này. Chúng tôi xin nêu ra đây một vài ý kiến về nhu cầu và sự cần thiết cấp bách của vấn đề đào tạo nhân lực về kỹ thuật: Cần phối hợp giữa Bộ y tế, Bộ Giáo dục và Đào tạo với Bộ Khoa học và Công nghệ và các cơ quan liên quan xây dựng kế hoạch cụ thể về tổ chức, tài chính để thiết lập cơ sở đào tạo chính quy cán bộ chuyên môn về 3 lĩnh vực YHHN và Xạ trị và Điện quang, đặc biệt là các chuyên gia về vật lý y học, hoá dược phóng xạ, kỹ thuật viên vận hành, bảo dưỡng, kiểm tra và sửa chữa thiết bị.

d) Xây dựng và trang bị thêm cho các cơ sở xạ trị YHHN và Điện quang để mở rộng việc ứng dụng các kỹ thuật tiên tiến trong ung thư, tim mạch và thần kinh để chẩn đoán, điều trị và theo dõi đánh giá kết quả điều trị. Phát triển thêm các cơ sở sản xuất, điều chế, phân phối các thuốc phóng xạ mới dùng trong chẩn đoán bệnh bằng SPECT, PET/CT và điều trị nhất là điều trị miễn dịch PX. Muốn vậy nước ta cần sớm có lò phản ứng hạt nhân với công suất lớn hơn. Trước mắt cần triển khai thành lập các cơ sở nghiên cứu, sản xuất phụ tùng, trang thiết bị y tế công nghệ cao ứng dụng năng lượng nguyên tử.

e) Định kỳ tổ chức các sinh hoạt chuyên đề, hội thảo khoa học để trao đổi kinh nghiệm, cập nhật kiến thức cho cả 3 chuyên ngành trên.

#### 5. Kết luận

Ứng dụng bức xạ ion hoá nói chung và trong y tế nói riêng mang lại nhiều lợi ích thiết thực cả về khoa học, kinh tế và xã hội. Trên cơ sở nhận thức đó Nhà nước ta đã có Chiến lược và

Chính phủ đã có Quy hoạch về ứng dụng bức xạ vì mục đích hoà bình trong đó có riêng cho ngành y tế đến năm 2020. Quy hoạch chia ra 2 giai đoạn; giai đoạn I đến hết năm 2015. Đến nay tuy đã làm được một số việc và có khá nhiều kết quả nhưng nhìn chung vẫn còn nhiều khó khăn trong thực hiện cho đúng Quy hoạch. Có nhiều việc đã làm được nhưng cũng còn nhiều khó khăn, thách thức nhất là về tài chính, nhân lực và phương pháp tổ chức thực hiện. Điềm qua một số kết quả đã đạt được, chúng ta thấy về tiếp thu kỹ thuật không đến mức khó khăn mà vấn đề đáng quan tâm nhất là làm sao các cơ sở có được trang thiết bị cần thiết, con người cần phải được đào tạo bài bản và các kỹ thuật chẩn đoán, điều trị bệnh bằng bức xạ được tiến hành một cách hiệu quả, an toàn góp phần nâng cao chất lượng chẩn đoán và điều trị. Tác giả đề nghị một số giải pháp nêu trên đề nghị các nhà chuyên môn, các cấp quản lý tham khảo, nhằm đẩy mạnh việc thực hiện một cách hiệu quả những yêu cầu của Quy hoạch để mang lại lợi ích tốt nhất cho con người, cho xã hội.

*Phan Sỹ An*

*Chủ tịch Danh dự Hội vật lý y học VN,  
Phó Chủ tịch Hội Điện quang  
và Y học hạt nhân Việt Nam*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kỹ yếu Hội nghị Điện quang và YHHN toàn quốc lần thứ 18 ngày 19-20/8/2016 tại Đà Nẵng.
2. Phan Sỹ An (2017): Sự hình thành, phát triển và đóng góp 45 năm qua của Y học hạt nhân Việt Nam. Tạp chí Y học thực hành, số 4 (1038), trang 4-9.
3. Phan Sỹ An (2013): Những kỹ thuật Y học hạt nhân (YHHN) tiên tiến được triển khai gần đây ở Việt Nam và lợi ích chúng mang lại. Tạp chí KH&CN hạt nhân online 9/2014
4. Phan Sỹ An (2013): Những tiến bộ gần đây và triển vọng sắp tới của chuyên ngành y học hạt nhân VN. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Bộ KH&CN. Số 661, trang 46-51
5. Nguyễn Xuân Kử - Bùi Diệu. Một số tiến bộ về Kỹ thuật Xạ trị Ung thư. NXB Y học, 2010; trang 340-355.
6. Mai Trọng Khoa, Vũ Hữu Khiêm, Phạm Cẩm Phương, Phạm Văn Thái et al: Application of PET/CT simulation in radiation therapy planning at the Nuclear Medicine and Oncology, Bạch Mai Hospital, Hanoi, Vietnam. Hội nghị quốc tế về ứng dụng lâm sàng của PET và PET/CT do IAEA tổ chức tại Vienne vào 7-8.11.2011. Paper Number: IAEA-CN-185/XXX. See Section C of Announcement: Cancer management and treatment planning with PET.
7. Vũ Thị Phương Lan, Lê Ngọc Hà: Nghiên cứu giá trị tiên lượng của xạ hình SPECT tưới máu cơ tim ở bệnh nhân sau nhồi máu cơ tim. Tạp chí Điện quang, 8.2012.
8. Trần Đình Hà, Dương Đình Phùng, Mai Trọng Khoa và CS (2017): Đánh giá vai trò của PET/CT trong một số bệnh ung thư thường gặp tại Trung tâm Y học hạt nhân và Ung bướu, bệnh viện Bạch Mai. Tạp chí Y học thực hành, số 4 (1038), trang 43-51.
9. Phạm Thị Len, Phạm Anh Tuấn, Trần Văn Thống: Kỹ thuật cấy hạt phóng xạ I-125 điều trị ung thư tuyến tiền liệt. Tạp chí Y học thực hành, số 4 (1038), trang 40-43.





## THÉP BỀN NHIỆT CHO TỔ HỢP NĂNG LƯỢNG SIÊU TỚI HẠN

Hướng phát triển hứa hẹn của năng lượng hạt nhân, đóng góp vào “Chiến lược năng lượng Nga đến năm 2030”, là chế tạo ra lò phản ứng hạt nhân thế hệ mới với thông số hơi siêu tới hạn (BBЭP-CKД), mà tính năng nổi trội của nó là hiệu suất cao (lên đến 45%) và tập trung sử dụng vào chu trình nhiên liệu khép kín. Một trong những thách thức chính trong việc phát triển BBЭP-CKД là chế tạo thép kết cấu ứng dụng trong đường ống và thiết bị trao đổi nhiệt, hoạt động ở thông số hơi siêu tới hạn: nhiệt độ làm việc của nước làm mát tại đầu ra của lò phản ứng tới 600 °C và áp suất lên đến 30 MPa. Trong trường hợp này, các yêu cầu chính về vật liệu kết cấu, hoạt động ở thông số hơi siêu tới hạn là khả năng chịu nhiệt, độ dai phá hủy cao, chống ăn mòn tốt và tính công nghệ cao.

Các loại thép lò hơi và đường ống của các nhà máy điện tại Liên xô/ LB Nga có tuổi thọ 40 năm, đã được chế tạo vào những năm 1950 - 1960 bao gồm:

- Thép carbon và hợp kim thấp kí hiệu 10, 20, 15ГC, nhiệt độ làm việc đến 500 °C;
- Thép pearlite chromium-molybdenum và chromium-molybdenum-vanadium kí hiệu 15XM, 12X1MΦ, 15X1M1Φ, 12X2MΦCP,

25X1M1Φ, có nhiệt độ làm việc đến 585 °C (khi nhiệt độ cơ bản không quá 540 - 565 °C);

- Thép không gỉ austenite kí hiệu 12X18H12T và 08X16H9M2 khi nhiệt độ đến 640 °C (đối với các phần nhiệt độ cao của lò hơi quá nhiệt).

Trong những năm 1980, để chế tạo các kết cấu lò hơi quá nhiệt và đường ống dẫn hơi, tổ hợp ЦНИИТМАШ đã nghiên cứu chế tạo thép

10X9MΦБ có khả năng nâng cao độ bền nhiệt, tính công nghệ trong luyện kim, bằng cách giảm hàm lượng Cr xuống dưới 10%, cân bằng các thành phần hợp kim, đảm bảo tạo thành cấu trúc chứa delta ferrite và tạo nên chuỗi carbide M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> của phase bền phân tán ổn định nhiệt V(CN).

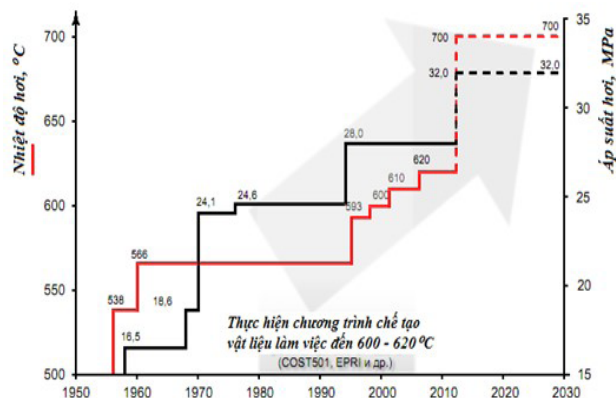
So sánh các đặc điểm của thép 10X9MΦБ với thép pearlite truyền thống 12X1MΦ và 15X1M1Φ cho thấy nó làm tăng hiệu quả và giảm đáng kể (25 - 30%) khối lượng kim loại, làm việc ở nhiệt độ 540 °C - 575 °C nhờ giảm chiều dày các phần tử thành ống.

Cùng trong thời gian này ở các nước khác (Hoa Kỳ, Nhật Bản, Trung Quốc ...), loại thép X10CrMoVNb 9-1 (9Cr-1Mo và V+Nb+N, kí hiệu T/P 91) tương tự với thép 10X9MΦБ được sử dụng rộng rãi để chế tạo đường ống dẫn hơi, bộ gom, bộ hơi quá nhiệt có nhiệt độ làm việc đến 605 °C. Ngoài ra thép X10CrWMoVNb 9-2 (T/P 92) tương đương với 10X9B2MΦБP cũng được sử dụng. Thời gian phục vụ của hệ thống đường ống làm từ loại thép này lên đến 100.000 h.

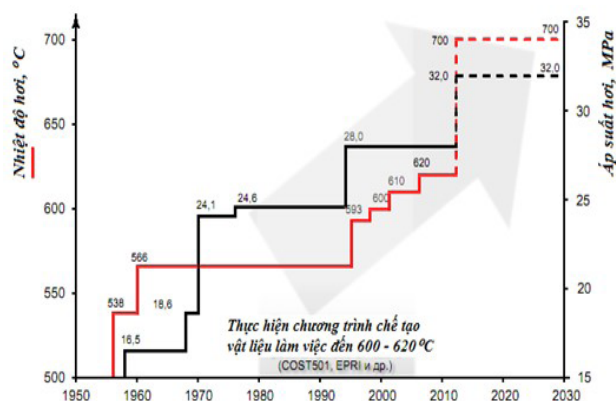
Hình 1 cho thấy sự thay đổi thông số hơi của các thiết bị nhiệt theo sự phát triển của thép kết cấu. Khi nghiên cứu tạo thử nghiệm vật liệu mới, cần giải quyết nhiệm vụ:

- Đảm bảo mức độ cần thiết về các tính chất phục vụ và công nghệ sản xuất
- Phát triển chu kỳ sản xuất đầy đủ chế tạo các thành phần thiết bị điện trong điều kiện các nhà máy cơ khí luyện kim.

Các loại thép 12X11B2MΦ và 10X9MΦБ được dùng làm cơ sở để nghiên cứu thép tại Nga. Sau khi nghiên cứu các lô thép hợp kim với Cr, Mo, V, Nb, cùng các nguyên tố vi lượng như nitrogen, boron và cerium, hạn chế tạp chất có hại như Al, Sn, Pb, As trong phòng thí nghiệm bằng công nghệ nấu chảy tiên tiến, người ta đã sản xuất các lớp thép chromium mới là 10X9B2MΦБP và 12X10M1B1ΦБP chịu nhiệt độ đến 600 °C - 620 °C, (Hình 2).

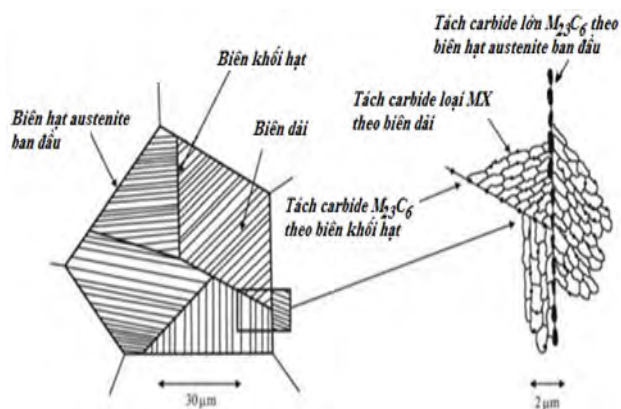


Hình 1. Thay đổi thông số hơi của các thiết bị nhiệt do phát triển vật liệu mới.



Hình 2. Nhiệt độ thực tế cao nhất của thép bền nhiệt theo tiêu chí độ bền lâu 100 MPa sau 100000 h; (\*) - giới hạn sử dụng đối với bộ quá nhiệt; (\*\*) - ống dẫn và bộ gom.

Đặc điểm bền nhiệt cao của thép lớp martensite hàm lượng 9% Cr được đảm bảo bằng cách hợp kim hóa, thay đổi tổ chức qua nhiệt luyện. Do chuyển biến martensite trong thép khi làm nguội nhanh ngoài không khí từ 1030 °C - 1070 °C tạo thành cấu trúc xô lệch. Sự ổn định trong quá trình biến đổi (bò) được đảm bảo bằng giảm tốc độ khuếch tán trong dung dịch đặc và bằng tiết phase khi ram từ 730 °C ÷ 780 °C của phase thứ cấp phân tán (carbide M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> và carbonitrides của vanadium và niobium), cản trở sự phát triển của hạt đa cạnh động ở nhiệt độ làm việc. Hình 3 cho thấy sơ đồ tổ chức thép bền nhiệt chromium.



Hình 3. Sơ đồ tổ chức (cấu trúc) của thép bền nhiệt chromium

Để tiến hành tính toán thiết kế đường ống dẫn bằng thép 10X9MΦБ, cần xác định các đặc điểm về tính chất cơ - lý và các đặc tính tiêu chuẩn: giới hạn bền lâu, ứng suất cho phép, cơ tính khi thay đổi nhiệt độ tức thời, hệ số độ bền liên kết hàn...

Cho đến nay đã nghiên cứu các phối ống đúc, cán, rèn của hơn 30 lô thép 10X9MΦБ, sản xuất trong các nhà máy khác nhau. Các thử nghiệm về độ bền lâu được tiến hành trực tiếp trên cơ sở  $3 \times 10^4$  h với tổng thời gian thử lên đến 106 h. Ngân hàng dữ liệu độ bền lâu bao gồm các thông số về phối ống cán, rèn, các mối hàn cùng loại (10X9MΦБ + 10X9MΦБ), mối hàn khác loại (10X9MΦБ + 15X1M1Φ, 10X9MΦБ + 12X1M1Φ) ở các nhà máy khác nhau.

Tuy nhiên, dù có độ bền nhiệt cao và tính công nghệ tốt, nhưng các cơ sở chế tạo máy năng lượng LB Nga vẫn không có nhu cầu về thép 10X9MΦБ. Từ năm 2001 đến 2006 chỉ có hai đơn hàng cung cấp cho nhà máy nhiệt điện Uông Bí và một nhà máy của Ấn Độ. Điều này có thể giải thích là tuy có hàm lượng nguyên tố chính giống nhau nhưng thép bền nhiệt hệ phương Tây P/T 91 có thêm các nguyên tố vi lượng gồm V (0,18-0,25%), Nb (0,06-0,10%), N (0,03-0,07%) cùng công nghệ luyện kim tiên tiến đã cho những sản phẩm tuyệt vời. Bằng chứng nữa là các nhà

máy nhiệt điện của Nga như Черепетская ГРЭС, Южноуральская ГРЭС-2, Нижневартовская ГРЭС đã đi vào vận hành từ năm 2013-2014 vẫn phải sử dụng thép P/T 91 bên cạnh thép Nga 10X9MΦБ.

Theo quan niệm của РАО «ЕЭС России», tái trang bị, mở rộng và xây dựng mới các nhà máy nhiệt điện chạy than ở Nga phải được thực hiện bằng cách sử dụng tổ hợp thông số hơi siêu tới hạn đáp ứng được yêu cầu về hiệu quả, tính linh hoạt, tài nguyên, và các thông số môi trường.

Trong những năm 2005-2006, tổ hợp НПО ЦНИИТМАШ đã nghiên cứu và sản xuất thép hợp kim chromium - molybdenum có tính bền nhiệt cao đến 620 °C để chế tạo lò hơi, ống dẫn hơi và thiết bị turbine có các thông số hơi trên - siêu tới hạn, đó là thép 10X9B2MΦБP. Khác với thép 10X9MΦБ, thép 10X9B2MΦБP được hợp kim hóa bổ sung bằng wolfram và boron, nên có độ bền nhiệt cao hơn.

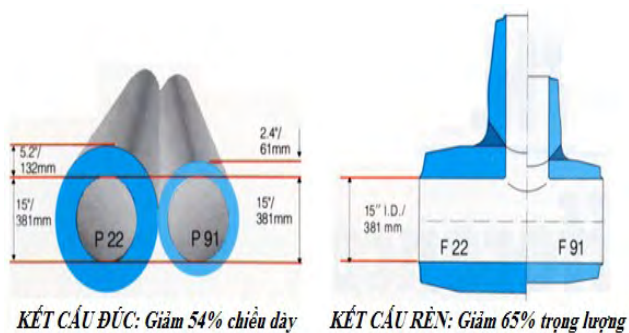
Thép 10X9B2MΦБP chiếm vị trí chủ đạo trong sản xuất luyện kim và chế tạo máy, dưới dạng tấm, ống không hàn... Dựa trên kết quả qua kiểm định tại các cơ sở nghiên cứu chế tạo hàng đầu, thép 10X9B2MΦБP đã được cấp chứng chỉ sử dụng ТУ 14-136-349-2008 và ТУ 14-3P-55-2001.

Thép bền nhiệt chromium 10X9B2MΦБP có độ bền nhiệt đến 650 °C và nó được khuyến cáo làm phối để chế tạo đường ống hơi cho nhà máy nhiệt điện chạy than với thông số hơi trên - siêu tới hạn công suất 660 MW.

Trước kia ở Việt Nam trong nhà máy nhiệt điện như Phả Lại 1 được Liên xô giúp đỡ xây dựng, người ta sử dụng chủ yếu là thép 12X1MΦ. Từ những năm 1990 đã bắt đầu sử dụng các loại thép của phương Tây cho các nhà máy nhiệt điện mà phổ biến là thép P/T 22 (2,25Cr-1Mo). Gần đây để tăng hiệu suất sử dụng người ta đã xây



dựng những nhà máy dùng hơi ở trạng thái cận tới hạn ( $T=540\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $p=16,8\text{ MPa}$ ) như Nhiệt điện Vũng Áng 1 và Nhiệt điện Thái Bình... Việc sử dụng thép T91/ P91 thay cho P/T 22 khi xây dựng nhà máy điện làm giảm khối lượng, tăng hiệu quả kinh tế (Hình 4).



Hình 4. Hiệu quả sử dụng thép P/F 91 so với P/F 22: Áp suất 28 MPa; Nhiệt độ 550 °C

Ví dụ, các chỉ số kinh tế về ứng dụng thép P91 cho hệ thống đường dẫn ống hơi, thay cho thép P22 khi xây dựng tổ máy 2×800 MW (thông số hơi 550 °C/28,5 MPa, hâm nóng 583 °C/6,7 MPa). Mỗi tổ máy tiết kiệm được 173 tấn thép, đó mà chưa tính đến chi phí kim loại làm hệ thống đỡ - treo cũng như giảm chi phí hàn do ống thành mỏng.

Để tiếp tục nâng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu than trong các nhà máy nhiệt điện Việt Nam, các thông số hơi cần đạt đến trạng thái siêu tới hạn ( $T=620\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $p=30\text{ MPa}$ ) như nhà máy Nhiệt điện Sông Hậu 1, Vĩnh Tân 4, Long Phú 1, vì vậy thép cho các phần tử nhiệt đang sử dụng là P/T 91 hoặc P/T 92. Tuy ban đầu đề xuất thép P/T 92 tốt hơn, nhưng sau khi so sánh, người ta đã quyết định sử dụng P/T 91 vẫn đảm bảo điều kiện làm việc. Riêng nhiệt điện Long Phú 1 do áp dụng công nghệ Nga, sử dụng loại thép 10X9MΦБ tương đương P/T 91 thỏa mãn điều kiện ASME Section II.

Trong các nhà máy nhiệt điện đốt than, hiệu suất càng tăng, phát thải CO<sub>2</sub> càng ít khi

hiệu suất càng cao. So sánh một nhà máy nhiệt điện hiện đại làm việc ở trạng thái trên - siêu tới hạn (A-USC), nhiệt độ 700 °C - 730 °C với nhà máy làm việc ở trạng thái siêu tới hạn, nhiệt độ 600 °C - 630 °C có cùng công suất, thấy rằng nhà máy A-USC tiêu thụ lượng than giảm đi 11% và thải ra lượng CO<sub>2</sub> ít hơn 11%.

Trong 10 năm qua đã có tiến bộ đáng kể trong việc phát triển hợp kim mới dùng cho các phần tử nhiệt của nhà máy trên - siêu tới hạn tiên tiến (+700 °C,  $p=34 - 36\text{ MPa}$ ). Các chương trình phát triển vật liệu lò hơi để giải quyết nhu cầu và đánh giá theo code thiết kế đã được tiến hành ở châu Âu (Thermie AD700) và Hoa Kỳ (U.S. DOE/OCDO). Chương trình METI Cool Earth ở Nhật Bản bắt đầu vào năm 2008. Nghiên cứu phòng thí nghiệm, thí điểm pilot và thử nghiệm hiện trường các phần tử lò hơi đã được thực hiện trên vật liệu khác nhau. Trong số những vật liệu được thử nghiệm, người ta đã sử dụng hai loại hợp kim chính, đó là Haynes 282 và Inconel 740H. Khác với những loại thép bền nhiệt trên, vật liệu sử dụng trong nhà máy nhiệt điện tiên tiến ở trạng thái trên - siêu tới hạn là hợp kim nền nickel. Hãng Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc. đang chế tạo các tổ hợp năng lượng A-USC với sự hợp tác của hãng chế tạo turbine Toshiba Corporation. Những nhà máy này đã được xây dựng tại Hoa kỳ, Ấn Độ, Thái Lan... Tương lai sẽ xây dựng ở Việt nam.

## Kết luận

1. Kinh nghiệm vận hành các tổ máy nhiệt điện với thông số siêu tới hạn trên thế giới đã có những tiến bộ đáng kể: thép bền nhiệt lớp martensite chứa 9% Cr được sử dụng làm bộ trao đổi nhiệt và đường ống làm việc đến nhiệt độ 620 °C, áp suất đến 30,0 MPa. Kinh nghiệm sử dụng những thép kể trên cho thấy triển vọng sáng sủa trong việc chế tạo các thành phần của thiết bị trao

đổi nhiệt và đường ống hơi của PY ВВЭР-СКД.

2. Để sử dụng được trong nhà máy nhiệt điện và điện hạt nhân, tổ hợp «ЦНИИТМАШ» đã nghiên cứu chế tạo và làm chủ được công nghệ sản xuất thép bền nhiệt thế hệ mới:

- Thép 10X9MΦБ được sử dụng trong các thành phần thiết bị dẫn hơi với nhiệt độ làm việc 600 °C và thiết bị lò hơi nhiệt độ 620 °C.

- Thép 10X9B2MΦБР trong thiết bị ống dẫn hơi có nhiệt độ làm việc đến 620 °C.

3. Có đủ cơ sở tiêu chuẩn và thử nghiệm rộng rãi để tiến hành tính toán độ bền và các đại lượng, bao gồm độ bền lâu giới hạn, ứng suất cho phép, tính chất cơ học chuyển tiếp khi thay đổi từ nhiệt độ phòng đến nhiệt độ cao, hệ số bền của các mối hàn sau 2×10<sup>5</sup> h đối với thép 10X9MΦБ và 105 h đối với 10X9B2MΦБР.

4. Nhiệt độ và áp suất làm việc trong các nhà máy điện hạt nhân đều thấp hơn trong nhà máy nhiệt điện. Các tính chất cơ học và hóa học của thép bền nhiệt có thể được sử dụng chung. Tuy nhiên những hành vi trong môi trường bức xạ của thép bền nhiệt chromium - molybdenum cùng các nguyên tố vi lượng cần có những nghiên cứu và thử nghiệm thêm.

5. Trong những năm tới các loại hợp kim nền nickel sẽ được sử dụng rộng rãi để làm các phần tử chịu nhiệt độ và áp suất trong các nhà máy A-USC, nhằm đáp ứng được hiệu suất, tính linh hoạt, tiết kiệm tài nguyên, giảm phát thải CO<sub>2</sub>.

*Giải thích kí hiệu tiếng Nga thành phần thép:*

X - chromium; H - nickel; M - molybdenum; Γ - manganese; Φ - vanadium; Б - niobium; T - titanium; В - wolfram; P - nitrogen.

**Nguyễn Đức Thắng**

**Trung tâm Đánh giá không phá hủy**

---

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Дуб А.В., Скоробогатых В.Н., Щенкова И.А., Козлов П.А. Современные жаропрочные стали для энергоблоков СКД, Gidropress\_2013.

[2] В.Н. Скоробогатых, И.А. Щенкова. Разработка и освоение материалов для тепловых блоков на суперсверхкритические параметры, Gidropress\_2013.

[3] AWS WELDING HANDBOOK. Materials and Applications, Part 1, Ninth Ed. Volume 4, 2011.

[4] P.S. Weitzel, PE et al. Babcock & Wilcox Power Generation Group, Inc., N. Okita et al. Toshiba Corporation. Advanced Ultra-Supercritical Power Plant (700 to 760 °C) Design for Indian Coal. October 3-5, 2012, Bangkok, Thailand.

## TIN TRONG NƯỚC VÀ QUỐC TẾ

### THỦ TƯỚNG PAKISTAN TUYÊN BỐ KHÁNH THÀNH NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN THỨ NĂM

Vào thứ 6 ngày 08/9/2017, Thủ tướng Pakistan Shahid Khaqan Abbasi đã tuyên bố khánh thành nhà máy điện hạt nhân thứ năm của nước này, được hoàn thành trong khuôn khổ hợp tác với Trung Quốc với hy vọng rằng chính phủ của ông có thể chấm dứt tình trạng thiếu hụt nguồn điện trầm trọng trong năm nay.

Pakistan là một trong một vài nước đang phát triển theo đuổi chính sách năng lượng nguyên tử kể từ sau tai nạn Fukushima ở Nhật Bản năm 2011, đây được coi là nỗ lực để chấm dứt tình trạng thiếu hụt nguồn điện, có lúc lên tới 7000 MW trong tháng mùa hè cao điểm, hoặc khoảng 32 phần trăm tổng lượng điện yêu cầu.

Lò phản ứng Chashma-IV với công suất 340 MWe, nằm cách thủ đô Islamabad 250 km về phía Tây Nam, là nhà máy điện hạt nhân thứ tư được xây dựng trong chương trình hợp tác giữa Ủy ban Năng lượng nguyên tử Pakistan (PAEC) và Tập đoàn Hạt nhân quốc gia Trung Quốc (CNNC).

Nhà máy điện hạt nhân trước đó đã được Thủ tướng Nawaz Sharif, người đã buộc phải từ chức do bê bối tham nhũng tiền thuế vào tháng trước, khánh thành vào tháng 12/2016.

Ông Abbasi phát biểu trong buổi khánh thành được truyền hình trực tiếp rằng: “Việc loại bỏ một số đường dây tải điện phụ trợ là ưu tiên cao nhất của chính phủ chúng tôi và các dự án 10.000 MW điện sẽ được hoàn thành vào tháng

6 năm sau.” Ông Abbasi cho biết thêm “Chúng ta có thể loại bỏ các đường dây tải điện phụ trợ trước tháng 11/2017 và các nhà máy điện hạt nhân này có tính hiệu quả, an toàn và hoạt động dưới sự thanh sát của quốc tế.”

Ông Abbasi cho hay tốc độ phát triển kinh tế của nước này đã vượt qua con số 5% và nó sẽ đạt 6% trong năm nay bởi vì rất nhiều dự án điện đã bắt đầu sản xuất điện và một vài dự án đang trong quá trình hoàn thành.

Chính phủ Pakistan đang nỗ lực trong việc cung cấp đủ điện năng cho gần 200 triệu người dân nhiều năm nay, và ông Sharif đã thề sẽ chấm dứt cuộc khủng hoảng này trước năm 2018.

Theo một báo cáo gần đây của chính phủ Vương quốc Anh đưa ra, lĩnh vực năng lượng truyền thống đang phải nỗ lực để hỗ trợ chi phí sản xuất điện dẫn tới chính phủ phải bỏ ra 2 tỷ USD tiền trợ cấp hàng năm.

Trong khi đó, Trung Quốc đang đẩy mạnh đầu tư vào khu vực láng giềng Nam Á như một phần của dự án 46 tỷ USD kết nối vùng Tân Cương phía tây xa xôi của nước này với cảng Gwadar của Pakistan với một chuỗi các cơ sở hạ tầng, năng lượng và nâng cấp vận tải.

**Đoàn Mạnh Long**

**Trung tâm Đào tạo hạt nhân**

**Nguồn:** [http://www.nuclearpowerdaily.com/reports/Pakistan\\_PM\\_opens\\_countrys\\_fifth\\_nuclear\\_power\\_plant\\_999.html](http://www.nuclearpowerdaily.com/reports/Pakistan_PM_opens_countrys_fifth_nuclear_power_plant_999.html)



## **MỘT PHÁT HIỆN CÓ THỂ LÀM GIẢM CHẤT THẢI HẠT NHÂN VỚI PHƯƠNG PHÁP CẢI TIẾN ĐỂ TẠO RA CÁC PHÂN TỬ HÓA HỌC**

Một phát hiện bởi các nhà nghiên cứu thuộc Đại học Indiana có thể thúc đẩy quá trình lưu giữ lâu dài chất thải hạt nhân, một công việc ngày càng nặng nề và tốn kém đối với các cơ quan công cộng và tư nhân để bảo vệ con người khỏi những chất hóa học nguy hại này.

Trong một nghiên cứu được xuất bản ngày 14/9/2017, các nhà khoa học đã thông báo rằng họ đang phát triển một nguyên lý hóa học mới với khả năng cách mạng hóa quá trình tạo ra các phân tử được thiết kế đặc biệt mà có thể tách các nguyên tố phóng xạ từ chất thải hạt nhân, làm giảm đáng kể lượng vật liệu nguy hiểm này. Phương pháp này cũng có thể áp dụng cho các phân tử được tạo ra để tách các chất hóa học ô nhiễm có trong đất và nước.

GS Amar Flood, tác giả chính của bài báo, Khoa Hóa, Đại học Khoa học và Nghệ thuật Bloomington IU, cho biết “Nghiên cứu này thể hiện một bước tiến lớn trong nỗ lực thiết kế các cấu trúc nano bằng một phương pháp mới có độ chính xác cao để dự đoán các phân tử này sẽ thay đổi thế nào trong dung dịch.”

Nghiên cứu này được đưa ra trong một bài báo ở tạp chí CHEM.

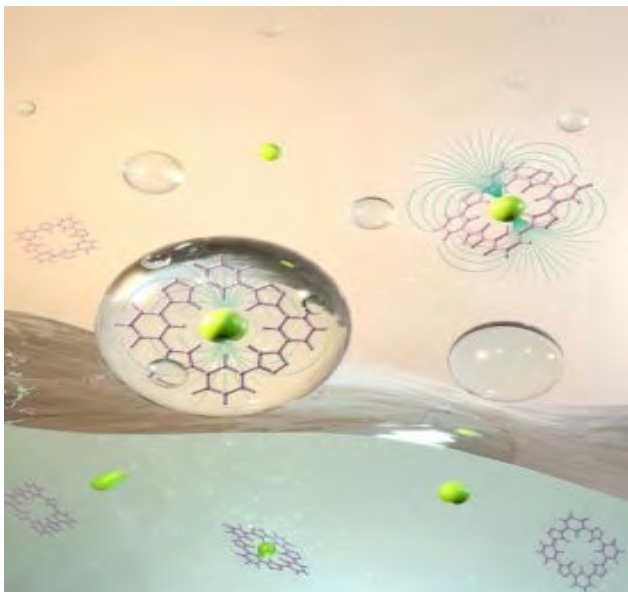
GS Flood cho biết nghiên cứu này đã giải quyết một thực tế rằng gần như không thể dự đoán trước được sự hiệu quả của một phân tử được thiết kế trong môi trường thực. Điều này là do các nhà hóa học, hiện nay, chỉ thiết kế các phân tử để thực hiện chức năng trong môi trường biệt lập, mặc dù thực tế rằng các phân tử tồn tại trong hợp chất hoặc trong dung dịch với các phân tử khác. Ví dụ, nước muối là sự hòa tan của muối trong nước.

Ông so sánh trường hợp này với việc thiết kế một chiếc máy ở ngoài vũ trụ và sau đó đặt nó ở đáy biển. Thiết bị ngập trong nước này sẽ không hoạt động giống như thiết kế ban đầu.

Điều này thật đặc biệt bởi vì việc tạo ra các phân tử nhân tạo để thực hiện một nhiệm vụ riêng biệt đòi hỏi việc thiết kế phải vô cùng chính xác - giống như việc chế tạo một chiếc khóa phù hợp với một cái chìa khóa. Ví dụ, một phân tử đặc biệt được phát triển bởi phòng thí nghiệm của GS Flood, được gọi là ngôi sao xanh (cyanostar), bao gồm mạng tinh thể hình lục giác năm mặt của các nguyên tử cac-bon và nguyên tử Nitơ với một tâm rỗng - chiếc khóa này với hình dạng đặc biệt đó đã tạo ra một phân tử có điện tích âm như hợp chất phốt-phát và nitrat - chiếc chìa khóa ăn khớp vào trong tâm và phá vỡ cấu trúc của phân tử “khóa”. Nếu giải pháp này điền đầy hoặc làm hỏng chiếc khóa, chiếc chìa khóa có thể không còn dùng được nữa.

Các cấu trúc có dạng như ngôi sao xanh cũng được biết đến như các “phân tử thụ quan” bởi vì chúng được thiết kế đặc biệt để tiếp nhận các phân tử cụ thể. Bên cạnh việc giảm thiểu chất thải hạt nhân, công nghệ này có thể được sử dụng để loại bỏ clo ra khỏi nước - một phần của quá trình được sử dụng để biến nước biển thành nước ngọt - để loại bỏ phân bón hóa học tồn dư khỏi đất hoặc để thu thập các ion liti được sử dụng trong năng lượng tái tạo.

Với các phương pháp được trình bày trong bài báo này, các nhà hóa học có thể bắt đầu thiết kế các phản ứng phân tử mới với mục đích cuối cùng trong đầu. Đặc biệt, nguyên lý mới này cho thấy rằng lực hút giữa các phân tử thụ cảm và các phân tử ion âm được dựa vào hằng số điện môi của dung môi mà chúng được kết hợp ở trong đó. Hằng số điện môi là một phép đo khả năng cân bằng điện tích của một chất.



*Minh họa phân tử Triazolophane với nguyên tử Clo ở trong tâm lỗ rỗng trong dung dịch chất lỏng*

Để kiểm tra phương pháp này, nhóm thuộc đại học Indian đã áp dụng nguyên lý hóa học được phát triển mới này đối với triazolophane - một phân tử được thiết kế để tách clo ra khỏi các phân tử xung quanh - kết hợp với các dung môi hóa học thường được dùng trong các phản ứng để loại bỏ các ion tạp chất ra khỏi các dung dịch. Trong mỗi trường hợp, các nguyên lý được phát hiện bởi nhóm GS Flood đã dự đoán chính xác tính hiệu quả của các phân tử.

Nhà nghiên cứu đảm nhiệm công việc chính trong phương pháp này là Yun Liu, một nghiên cứu sinh của phòng thí nghiệm Flood.

Liu cho biết: “Về lý thuyết, mô hình hiện nay chỉ có tác dụng với các thiết kế dạng phân tử trên bản vẽ. Nhưng chúng tôi muốn tạo ra các phân tử mà sẽ có tác dụng trong thực tế để hỗ trợ giải quyết các vấn đề trong thế giới thực.”

Nhóm nghiên cứu cũng lưu ý rằng khả năng để dự đoán chính xác một phân tử sẽ thực hiện chức năng trong dung dịch như thế nào sẽ hỗ trợ trong việc phát triển các hệ mô phỏng máy

tính chính xác cao để kiểm tra nhanh các phân tử được thiết kế về mặt hóa học để đạt được các hiệu quả cụ thể.

Các đồng tác giả trong nghiên cứu này bao gồm GS Krishnan Raghavachari và nghiên cứu sinh Arkajyoti Sengupta, cả hai đều thuộc Khoa Hóa - Đại học Indian, những người chịu trách nhiệm chính trong việc mô phỏng tính toán của nghiên cứu này.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Năng lượng Hoa Kỳ.

**Đoàn Mạnh Long**

**Trung tâm Đào tạo hạt nhân**

**Nguồn:** <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/09/170914152352.htm>

## **LOẠI VẬT LIỆU THỂ HỆ MỚI CÓ THỂ LOẠI BỎ IỐT KHỎI NƯỚC**

Các nhà nghiên cứu thuộc trường đại học Dartmouth đã phát triển một loại vật liệu mới, lần đầu tiên có thể loại bỏ Iốt khỏi nước. Phát minh này có giá trị quan trọng trong việc loại bỏ chất thải phóng xạ trong các lò phản ứng hạt nhân và sau các sự cố rò rỉ phóng xạ giống như tai nạn Fukushima tại Nhật Bản năm 2011.

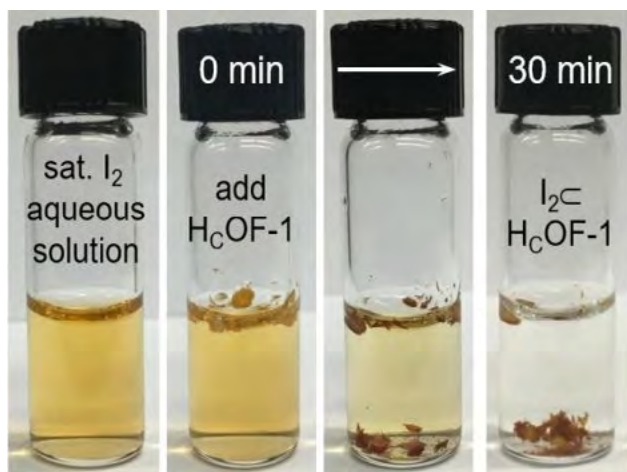
Loại vật liệu có độ xốp nhỏ thể hệ mới này được thiết kế tại Darmath là kết quả của quá trình các phân tử hữu cơ nhỏ dính lại với nhau về mặt hóa học để tạo thành một cấu trúc màng cho phép bắt giữ phân tử Iốt có trong nước.

“Đó là một cách thức đơn giản không tốn kém để loại bỏ đồng vị Iốt phóng xạ khỏi nước, nhưng các phương pháp hiện nay cho phép đại dương hoặc các dòng sông tự làm loãng chất thải

phóng xạ nguy hiểm là một biện pháp khá rủi ro,” Phó giáo sư Chenfeng Ke, Viện Hóa học thuộc Dartmouth cho biết. “Chúng tôi không chắc chắn về tính hiệu quả của quá trình này, nhưng đây chắc chắn là một bước tiến về mặt hiểu biết về tiềm năng của phương pháp này.”

Đồng vị phóng xạ Iốt là một sản phẩm từ quá trình phân hạch hạt nhân và là một chất thải ô nhiễm trong trường hợp xảy ra sự cố rò rỉ phóng xạ giống như tai nạn Chernobyl (1986) và Fukushima (2011). Trong khi việc loại bỏ Iốt ở dạng khí là tương đối thông dụng, còn việc loại bỏ Iốt khỏi nước chưa từng thực hiện được trước khi nghiên cứu này được công bố.

“Chúng tôi đã giải quyết vấn đề khoa học hóc búa này bằng việc tạo ra một vật liệu xốp với độ kết tinh cao mà có độ bền hóa học ngay cả trong môi trường axit hoặc bazơ mạnh.” Phó giáo sư Chenfeng Ke cho biết. “Trong quá trình phát triển một loại vật liệu chống lại sự ô nhiễm môi trường, chúng tôi cũng tạo ra một phương pháp làm nền tảng cho một loại vật liệu hữu cơ xốp mới.”



*Minh họa quá trình vật liệu mới hấp thụ đồng vị bền Iốt ở trong dung dịch muối*

Nghiên cứu này, được xuất bản trong một ấn phẩm của tạp chí Hiệp hội Hóa học Hoa Kỳ vào ngày 31 tháng 5, đã mô tả quá trình các nhà

nghiên cứu sử dụng ánh sáng mặt trời chiếu qua các liên kết phân tử nhỏ bé trong các tinh thể lớn để tạo ra loại vật liệu mới này. Phương pháp này khác so với phương pháp truyền thống kết hợp các phân tử trong một cái lọ.

Trong suốt quá trình nghiên cứu, nồng độ của Iốt giảm từ 288 ppm xuống 18 ppm trong vòng 30 phút, và dưới 1 ppm sau 24 giờ. Kỹ thuật xâu chuỗi mềm này dẫn đến một loại vật liệu có thể “hô hấp” được tạo ra khả năng thay đổi hình dạng và hấp thụ gấp đôi khối lượng của Iốt. Hợp chất này được cho là tương tự như chất đàn hồi, giúp nó có thể tái sử dụng và thậm chí có giá trị hơn trong việc làm sạch môi trường.

Cũng theo Phó giáo sư Ke, hợp chất này có thể sử dụng giống như việc sử dụng muối trong môi trường nước nhiễm bẩn. Khi mà nó nhẹ hơn nước, vật liệu này có thể nổi để hấp thụ Iốt và chìm xuống khi nó trở nên nặng hơn. Sau khi hấp thụ Iốt, hợp chất này có thể thu lại được, làm sạch và sử dụng lại trong khi các thành phần phóng xạ được tách ra để lưu giữ.

Quá trình nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã sử dụng đồng vị Iốt bền được hòa tan trong nước muối, nhưng các nhà nghiên cứu cho rằng phương pháp này cũng phát huy hiệu quả trong các điều kiện thực tế. Phó giáo sư Ke và nhóm của ông hy vọng rằng thông qua quá trình kiểm tra vật liệu này liên tục sẽ chứng minh tính hiệu quả đối với Cesium và các chất phóng xạ gây ô nhiễm khác liên quan tới các nhà máy điện hạt nhân.

“Đây sẽ là một điều lý tưởng để rửa sạch nhiều loại chất phóng xạ hơn là chỉ áp dụng cho Iốt - bạn có thể rửa sạch tất cả các loại chất phóng xạ chỉ trong 1 lần,” Phó giáo sư Ke cho hay.

Các nhà nghiên cứu thuộc nhóm vật liệu chức năng Ke của đại học Dartmouth cũng hy vọng rằng kỹ thuật này có thể được sử dụng để



tạo ra các loại vật liệu sử dụng cho các loại chất ô nhiễm là hữu cơ hoặc vô cơ, cụ thể như các chất kháng sinh trong quá trình cấp nước mà có thể tạo ra các sinh vật vi mô siêu kháng.

***Đoàn Mạnh Long***

***Trung tâm Đào tạo hạt nhân***

***Nguồn:*** [https://www.sciencedaily.com/  
releases/2017/06/170607123756.htm](https://www.sciencedaily.com/releases/2017/06/170607123756.htm)

**HỘI NGHỊ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN TOÀN QUỐC  
LẦN THỨ 12 (NHA TRANG 02 - 04/8/2017)**



**TRƯNG BÀY SẢN PHẨM NGHIÊN CỨU TẠI HỘI NGHỊ  
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN TOÀN QUỐC LẦN THỨ 12**

