

Đánh giá hoạt độ phóng xạ trong than, tro xỉ của một số nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam

Nguyễn Quang Đạo

Khoa Y, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành
nqdao@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Than đá đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của các ngành năng lượng trên thế giới. Tuy nhiên, tro xỉ (các sản phẩm của quá trình đốt than) chứa phóng xạ, kim loại độc hại, thải ra từ các nhà máy nhiệt điện đang là mối lo ngại đối với môi trường. Trong nghiên cứu này, hệ phổ kế gamma HPGe được sử dụng để xác định hoạt độ phóng xạ trong các mẫu than, tro bay, xỉ và hệ số tăng cường trong một số nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam. Kết quả cho thấy hoạt độ phóng xạ trong các mẫu khá ngẫu nhiên. Trung bình hoạt độ phóng xạ trong mẫu giảm dần theo thứ tự: tro bay > xỉ > than. Có sự tăng cường hoạt độ phóng xạ tự nhiên trong các sản phẩm đốt than, hệ số tăng cường dao động từ 1,22 (xi/than) của ^{40}K trong mẫu DH3 – Đ.1 đến 5,21 (tro/than) của ^{232}Th trong mẫu VT 4 - Đ.1. Số liệu về phóng xạ cung cấp động lực để phát triển và thúc đẩy việc áp dụng công nghệ mới, tiên tiến hơn để giảm thiểu ô nhiễm và tác động đến môi trường từ nhà máy nhiệt điện.

Nhận 18/01/2024
Được duyệt 08/03/2024
Công bố 29/03/2024

Từ khóa

nhà máy nhiệt điện
than, phóng xạ,
phổ gamma, tro xỉ,
tác động môi trường

© 2024 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Than, được dùng làm nhiên liệu trong các nhà máy nhiệt điện, sản xuất ra năng lượng đồng thời cũng sinh ra chất thải rắn (tro xỉ) và các chất ô nhiễm khác nhau như CO_2 , SO_x và NO_x [1]. Quá trình đốt than sẽ tạo thành tro bay và xỉ chứa các đồng vị phóng xạ được làm giàu lên [2]. Tro bay, có kích thước từ một vài micromet đến vài chục micromet, được thu thập bằng phương pháp lọc bụi tĩnh điện dưới dạng bột khô. Xi là những hạt thô và to hơn tro bay, là thành phần không cháy được, tập trung ở đáy lò, kích thước hạt dao động từ khoảng 0,125 mm đến 2 mm [3]. Lượng tro bay được giải phóng vào khí quyển từ các nhà máy là không giống nhau, tùy thuộc vào công nghệ sản xuất. Nhà máy nhiệt điện sử dụng công nghệ cũ thì khoảng 10 % khối lượng tro bay tạo ra từ quá trình sản xuất thải ra môi trường. Tuy nhiên, với nhà máy sử dụng công nghệ hiện đại thì lượng tro bay thải ra chỉ khoảng

0,5 % (UNSCEAR, 1982) [4]. Mối quan tâm về tác động môi trường từ việc sử dụng than trong các nhà máy nhiệt điện quy mô lớn không chỉ liên quan đến vấn đề phơi nhiễm phóng xạ mà còn liên quan đến ô nhiễm môi trường đất và không khí. Khi than đá được đốt cháy trong nhà máy nhiệt điện, các hạt này có thể được giải phóng vào môi trường xung quanh. Các sản phẩm tro bay, xỉ sau khi thải ra môi trường nếu không được kiểm soát hoạt độ phóng xạ (HDPX) sẽ tác động không nhỏ đến môi trường và hệ sinh thái.

Trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về hàm lượng nguyên tố phóng xạ trong than, tro bay, xỉ có được từ quá trình đốt than của các nhà máy nhiệt điện. Các nghiên cứu cho thấy rằng HDPX trong tro bay cao hơn so với HDPX trong mẫu đất [1, 2, 5, 6]. Hệ số làm giàu trong tro bay, xỉ của một số nguyên tố phóng xạ có thể tăng lên vài lần hoặc vài chục lần [7]. HDPX tự nhiên của ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K trong mẫu tro bay thuộc khu vực bãi

chôn lấp của nhà máy nhiệt điện than lần lượt là 93 Bq/kg, 77 Bq/kg, 92 Bq/kg và 938 Bq/kg [8]. Các đồng vị phóng xạ tự nhiên như ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K trong các vật liệu xây dựng, như bùn đỏ, phosphogypsum, zircon và tro bay lại chứa hàm lượng HDPX cao, dẫn đến các chỉ số liều gamma vượt ngưỡng cho phép [9]. Các nhà máy nhiệt điện ở Đức khi hoạt động, có một lượng đáng kể ^{40}K và các sản phẩm trong chuỗi phân rã uranium và thorium như radium, radon, polonium, bismut và chì, cũng được giải phóng ra bên ngoài [10]. Cụ thể có gần 100 % radon, 10 % chì và polonium, và 1 % các đồng vị phóng xạ khác trong than [10]. Liều phơi chiếu và nguy cơ ung thư trong tro bay từ các nhà máy nhiệt điện chạy than đã được xác định [6, 8, 11]. Con người khi tiếp xúc với bức xạ ion hóa từ nhiều nguồn tự nhiên như đất, khoáng sản, không khí, thức ăn, và nước với mức liều cho phép khoảng 2,4 mSv/y [12].

Theo báo cáo từ Cục Kỹ thuật an toàn và Môi trường công nghiệp, tính đến hết ngày 31 tháng 5 năm 2023, có tổng số 32 nhà máy nhiệt điện, phân bón, hóa chất với lượng tồn tro, xỉ, thạch cao là 48 739 986 tấn. Trong đó tại miền Bắc khoảng 30 651 872 tấn; miền Trung khoảng 14 075 739 tấn và miền Nam khoảng 4 012 375 tấn [13]. Ước tính lượng tro, xỉ, thạch cao thải ra hàng năm sẽ rất lớn. Do đó, sẽ cần các bãi thải chứa lượng tro xỉ này. Ngày 23/9/2014, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 1696/QĐ-TTg về một số giải pháp thực hiện xử lý tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện chạy than, nhà máy hóa chất phân bón để làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng [14]. Việc nghiên cứu đánh giá hoạt độ phóng xạ và những tác động của tro xỉ đối với môi trường là cấp thiết. Nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp phân tích phóng xạ gamma để xác định hoạt độ đồng vị phóng xạ tự nhiên như ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb trong mẫu tro xỉ, than từ các nhà máy nhiệt điện chạy than. Mục đích nhằm khảo sát than nhiên liệu đầu vào, công nghệ lọc bụi tĩnh điện và những yếu tố khác ảnh hưởng đến con người, môi trường sống quanh nhà máy. Các số liệu này có thể được so sánh với ngưỡng an toàn được đặt ra bởi các tổ chức quốc tế để đảm bảo rằng mức độ phóng xạ không vượt quá mức cho phép. Điều này giúp nhà quản lý môi trường đánh giá xem nhà máy nhiệt điện có tuân thủ các tiêu chuẩn an toàn hay không.

2 Đối tượng nghiên cứu và phương pháp luận

2.1 Thu thập và xử lý mẫu

Các mẫu than, tro bay, xỉ than được thu thập tại 8 tổ máy khác nhau của các nhà máy nhiệt điện chạy than. Số mẫu lượng mẫu khảo sát bao gồm: 6 mẫu than và 8 mẫu tro bay, 8 mẫu xỉ than. Mẫu thu thập thỏa điều kiện phải cùng trong một chu trình đốt than, tạo điện của mỗi nhà máy. Mẫu thử đại diện cho lô sản phẩm mẫu được tạo thành từ không ít hơn 5 mẫu đơn lấy ngẫu nhiên tại các điểm khác nhau trong lô sản phẩm. Khối lượng mỗi mẫu đơn không nhỏ hơn 2 kg/mẫu. Mẫu được đựng trong túi polymer, đánh dấu và được vận chuyển về phòng thí nghiệm. Các mẫu được mã hoá theo thứ tự sau: <Loại vật liệu mẫu (tro bay, xỉ than, than) - tên nhà máy - tổ máy - đợt lấy mẫu>.

Mẫu được vận chuyển về phòng thí nghiệm, sấy khô ở nhiệt độ phòng, nghiền nhỏ đến cỡ hạt nhỏ hơn 0,2 mm. Sau đó, mẫu được sấy khô ở 105 °C trong 8 giờ và đặt mẫu trong hộp trụ kín có đường kính 76,6 mm và cao 20 mm. Các mẫu được giữ trong 30 ngày để đạt đến trạng thái cân bằng thể kỷ giữa hạt nhân phóng xạ ^{226}Ra và các hạt nhân con cháu trong chuỗi uranium [8].

Thông tin mẫu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1 Thông tin mẫu than, tro xỉ của một số nhà máy nhiệt điện.

Đợt lấy	Nhà máy	Mẫu	Mã hoá	Ghi chú
ĐỢT 1	VT2	Than VT2	COVT21	Lấy 5 mẫu đơn ngẫu nhiên cho mỗi loại
		Xỉ than VT2	BAVT21	
		Tro bay VT2	FAVT21	
	VT4	Than VT4	COVT41	
		Xỉ than VT4	BAVT41	
		Tro bay VT4	FAVT41	
	QN	Xỉ QN	BAQN01	
		Tro QN	FAQN01	
	MD	Xỉ MD	BAMD01	
		Tro MD	FAMD01	
	DH1	Than DH1	CODH11	
		Xỉ DH1	BADH11	
Tro bay DH1		FADH11		
DH3	Than DH3	CODH31		
	Xỉ DH3	BADH31		
	Tro bay DH3	FADH31		
ĐỢT 2	VT2	Than tại lò VT2	COVT22	
		Xỉ đáy lò VT2	BAVT22	
		Tro bay VT2	FAVT22	
	VT4	Than VT4	COVT42	

	Xi VT4	BAVT42
	Tro bay VT4	FAVT42

2.2 Phương pháp phân tích

Mẫu được đo trong 24 giờ bằng hệ phổ kế HPGe3520, tại phòng thí nghiệm Kỹ thuật Hạt nhân – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP HCM. Hệ phổ kế mang số hiệu HPGe3520 bao gồm: đầu dò, buồng chì, máy phân tích Lynx và bộ máy tính đi kèm. Hệ này có hiệu suất tương đối 35 %, độ phân giải 1,8 % ở đỉnh 1332,5 keV của ⁶⁰Co. Hệ GC-3520 gồm đầu dò bán dẫn germanium siêu tinh khiết đồng trục (coaxial). Tinh thể Ge có đường kính 62,2 mm, cao 50,1 mm. Bên trong tinh thể có hốc trụ đường kính 7,5 mm, sâu 23 mm. Hệ phổ kế được ghép nối với máy tính thông qua cổng cáp, việc ghi nhận và xử lý phổ kế gamma được thực hiện bằng phần mềm chuyên dụng Genie 2000 phiên bản 3.2.1 [15, 16].

Hoạt độ ²²⁶Ra của mẫu được xác định thông qua các đồng vị ²¹⁴Bi (609,3; 768,4; 1120,4 và 1764,6) keV và ²¹⁴Pb (241,9; 295,2 và 351,9) keV. Hoạt độ ²³²Th của mẫu được xác định thông qua các đồng vị ²¹²Pb (238,6 keV), ²²⁸Ac (338,3, 911,2 và 968,9) keV và ²⁰⁸Tl (583,2 và 2614,5) keV. Hoạt độ ⁴⁰K (1460,8 keV) và ²¹⁰Pb (46,5 keV) được xác định trực tiếp [17]. ANGLE 3 là phần mềm dùng để tính toán hiệu suất ghi bức xạ gamma của đầu dò bán dẫn trong các mẫu phân tích được sử dụng trong nghiên cứu này.

Việc xác định HĐPX tại các đỉnh năng lượng được tính toán bằng công thức (1) [8, 17]

$$A = \frac{S}{m \times \epsilon(E) \times t \times f} \quad (1)$$

Trong đó: S (số đếm) là diện tích đỉnh tương ứng với năng lượng E (keV), m là khối lượng mẫu (kg), t là thời gian đo mẫu (s), A là HĐPX (Bq/kg), f là xác suất phát gamma (%). Sai số tương đối của hoạt độ phóng xạ được tính bằng công thức (2)

$$\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_\epsilon}{\epsilon}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_f}{f}\right)^2 \quad (2)$$

3 Kết quả – thảo luận

3.1 Hoạt độ phóng xạ trong mẫu than, tro xi
 Kết quả phân tích HĐPX của ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb trong mẫu than, xi than, và tro bay thu được từ một số cụm nhà máy được trình bày trong Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4. Kết quả cho thấy hoạt độ phóng xạ trong các mẫu khá đa dạng. Bảng 2 cho thấy hoạt độ phóng xạ của ²³⁸U trong than thay đổi trong một khoảng rộng từ 18,94 Bq/kg đến 40,44 Bq/kg với trị trung bình hoạt độ phóng xạ 27,35 Bq/kg. Hoạt độ phóng xạ của ²³²Th thay đổi trong phạm vi từ 9,85 Bq/kg đến 54,36 Bq/kg với hoạt độ phóng xạ trung bình là 31,19 Bq/kg. Hoạt độ phóng xạ của ⁴⁰K có khoảng giá trị thay đổi từ 95,30 Bq/kg đến 455,78 Bq/kg, hoạt độ phóng xạ trung bình tương ứng là 254,38 Bq/kg. ²²⁶Ra thì hoạt độ phóng xạ có khoảng giá trị từ 18,01 - 40,52 Bq/kg, trị trung bình ứng với đồng vị này là 28,78 Bq/kg. Hoạt độ phóng xạ trung bình của ²¹⁰Pb là 31,07 Bq/kg với khoảng giá trị hoạt độ phóng xạ tương ứng là 19,38 đến 42,03 Bq/kg. Theo thống kê của UNSCEAR 1982, hoạt độ phóng xạ của các đồng vị trong ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K trong than nói chung lần lượt là 20 Bq/kg, 20 Bq/kg và 50 Bq/kg [18]. Kết quả cho thấy trung bình hoạt độ phóng xạ của ²³⁸U và ²³²Th trong các mẫu than khảo sát cao hơn trị trung bình tương ứng theo UNSCEAR 1982. Đặc biệt, hoạt độ phóng xạ ⁴⁰K trong than cao hơn giá trị công bố của UNSCEAR (1982) gấp khoảng 2 tới 9 lần. Các hoạt độ cao hơn so với giá trị thống kê của UNSCEAR (1982) có thể tăng nguy cơ ô nhiễm môi trường xung quanh nhà máy nhiệt điện chạy than, đặc biệt là khi cần nhắc đến việc phát tán phóng xạ vào không khí, nước, và đất.

Bảng 2 Hoạt độ phóng xạ trong các mẫu than

Than	Hoạt độ phóng xạ (Bq/kg)				
	²³⁸ U (63 keV)	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	²¹⁰ Pb
COVT21	24,10 ± 2,35	28,12 ± 2,97	39,48 ± 2,58	278,28 ± 9,69	26,69 ± 1,98
COVT22	40,44 ± 4,76	40,52 ± 5,03	54,36 ± 3,82	455,78 ± 16,15	38,76 ± 9,61
COVT41	18,94 ± 2,05	18,01 ± 1,98	9,85 ± 1,29	95,30 ± 4,10	19,38 ± 1,42
COVT42	24,74 ± 2,61	26,09 ± 2,86	17,77 ± 2,68	151,83 ± 6,58	32,65 ± 8,74
CODH11	36,24 ± 5,59	38,91 ± 5,49	46,55 ± 3,41	379,70 ± 13,61	42,03 ± 8,97
CODH31	19,65 ± 3,18	21,03 ± 2,62	19,14 ± 1,96	165,41 ± 6,83	26,93 ± 5,71
Trung bình	27,35 ± 3,40	28,78 ± 3,43	31,19 ± 3,08	254,38 ± 9,91	31,07 ± 5,64

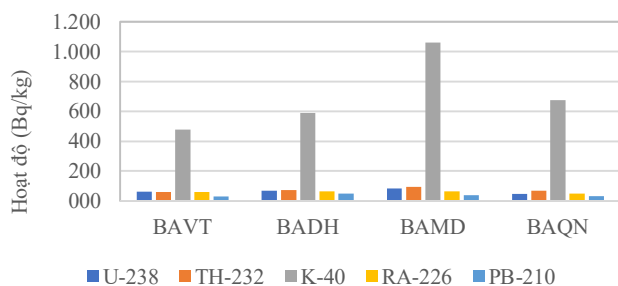
Dựa vào số liệu Bảng 2, so sánh hoạt độ phóng xạ trung bình các mẫu than giữa các nhà máy VT và DH để thấy tầm quan trọng trong việc đánh giá sự đóng góp phóng xạ của các nhà máy với nhau. Theo đó, nhà máy VT ghi nhận mức hoạt độ phóng xạ trung bình của các đồng vị ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{210}Pb tương ứng là $(27,06 \pm 2,90)$ Bq/kg; $(30,36 \pm 3,17)$ Bq/kg; $(245,30 \pm 9,60)$ Bq/kg; $(28,19 \pm 3,17)$ Bq/kg và $(29,37 \pm 4,87)$ Bq/kg, trong khi nhà máy DH có con số cao hơn (hoạt độ phóng xạ trung bình tương ứng): $(27,95 \pm 4,42)$ Bq/kg; $(32,85 \pm 2,89)$ Bq/kg; $(272,56 \pm 10,51)$ Bq/kg; $(29,97 \pm 3,99)$ Bq/kg và $(34,48 \pm 7,34)$ Bq/kg. Sự chênh lệch này cho thấy rằng nhà máy DH có hoạt độ phóng xạ trung bình trong các mẫu than cao hơn so với nhà máy VT.

Tương quan giữa hoạt độ phóng xạ của ^{238}U – ^{232}Th trong các mẫu than được trình bày trong Bảng 2 (hệ số tương quan $R = 0,90$). Với mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$, hoạt độ giữa ^{238}U và ^{232}Th có sự tương quan tốt. Kết quả trong nghiên cứu này có sự đồng nhất với kết quả của công trình nghiên cứu [19]. Việc đánh giá mối tương quan làm tiền đề cho việc khảo sát hành vi của đồng vị phóng xạ thuộc các chuỗi uranium, thorium trong các quá trình đốt than, cũng như của hai chuỗi với nhau.

Từ kết quả Bảng 3, hoạt độ phóng xạ của các đồng vị như ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K và ^{210}Pb trong xỉ than dao động trong một khoảng rộng. ^{232}Th có hoạt độ phóng xạ trung bình lớn hơn so với ^{238}U . Hoạt độ phóng xạ trong các mẫu xỉ than của ^{238}U dao động từ 36,50 Bq/kg tới 88,58 Bq/kg, của ^{232}Th dao động từ 42,08 Bq/kg tới 99,13 Bq/kg, còn đối với ^{40}K dao động từ 201,95 Bq/kg tới 1060,45 Bq/kg. ^{226}Ra là 39,96 - 86,86 Bq/kg và ^{210}Pb thì nằm trong khoảng (21,94-66,2) Bq/kg. Trị trung bình hoạt độ phóng xạ của các ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{210}Pb lần lượt là: 63,67 Bq/kg; 67,85 Bq/kg; 603,97 Bq/kg; 59,64 Bq/kg và 36,10 Bq/kg. Giá trị trung bình hoạt độ phóng xạ trong mẫu đất trên thế giới theo công bố của UNSCEAR 2000 lần lượt là (35, 30 và 400) Bq/kg cho ^{226}Ra , ^{232}Th và ^{40}K [12]. Kết quả cho thấy rằng hoạt độ phóng xạ trong mẫu xỉ của ^{238}U , ^{232}Th và ^{226}Ra hơn khoảng 2 lần so với hoạt độ phóng xạ trong mẫu đất. Điều này chỉ ra rằng xỉ than có chứa một lượng lớn các đồng vị phóng xạ, và cần được quản lý và xử lý cẩn thận để giảm thiểu tác động đến môi trường và sức khỏe con người. Các biện pháp kiểm soát và giảm thiểu nên được áp dụng để đảm bảo an toàn và bền vững trong quá trình xử lý và loại bỏ xỉ than.

Bảng 3 Hoạt độ phóng xạ trong các mẫu xỉ than

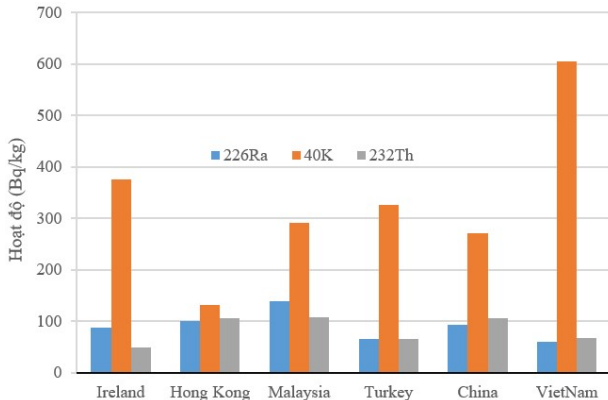
Xỉ than Tên mẫu	Hoạt độ phóng xạ (Bq/kg)				
	^{238}U (63 keV)	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{210}Pb
BAVT21	64,13 ± 3,98	51,79 ± 4,05	71,42 ± 4,09	712,49 ± 23,39	21,94 ± 2,25
BAVT22	63,13 ± 7,43	57,66 ± 4,77	67,88 ± 4,25	633,34 ± 21,48	37,62 ± 10,14
BAVT41	77,16 ± 4,18	77,21 ± 4,90	42,08 ± 2,67	307,04 ± 10,46	22,34 ± 2,75
BAVT42	36,50 ± 5,93	49,58 ± 4,34	51,61 ± 3,25	264,70 ± 9,62	35,50 ± 8,83
BADH11	88,58 ± 8,02	86,86 ± 7,42	99,13 ± 5,73	975,49 ± 32,26	66,20 ± 19,37
BADH31	47,28 ± 4,28	39,96 ± 4,12	47,56 ± 3,01	201,95 ± 7,37	34,06 ± 8,74
BAMD01	83,98 ± 6,11	64,37 ± 4,79	94,73 ± 4,76	1060,45 ± 34,15	38,56 ± 10,97
BAQN01	48,63 ± 5,48	49,71 ± 4,21	68,39 ± 4,13	676,32 ± 22,64	32,58 ± 9,24
Trung bình	63,67 ± 6,07	59,64 ± 4,92	67,85 ± 4,05	603,97 ± 20,57	36,10 ± 8,40



Hình 1 So sánh HĐPX các mẫu xỉ than trong nghiên cứu.

Hình 1 là đồ thị so sánh HĐPX trung bình của các mẫu xỉ than của các nhà máy từ dữ liệu Bảng 3. Xu hướng tăng dần tương tự nhau xuất hiện giữa hoạt độ các đồng vị của từng nhà máy và giữa các nhà máy nhiệt điện với nhau. Tại mỗi nhà máy, HĐPX có xu hướng tăng dần theo thứ tự đồng vị như sau: ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K . Xu hướng HĐPX trung bình các đồng vị ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{210}Pb của nhà máy tăng dần theo thứ tự sau: VT < DH < QN < MD.

So sánh kết quả nghiên cứu về HĐPX trong xỉ than giữa các địa điểm khác nhau trên thế giới (Turkey, Ireland, Hong Kong, Malaysia, Trung Quốc, Việt Nam) đã chỉ ra một số sự tương đồng và khác biệt quan trọng được trình bày trong Hình 2. Kết quả cho thấy HĐPX của ^{226}Ra và ^{232}Th trong xỉ than có sự tương đồng với nghiên cứu ở Turkey (65,5 và 64,5) Bq/kg và Ireland (88,0 và 48,0) Bq/kg. HĐPX của ^{226}Ra và ^{232}Th trong nghiên cứu này nhỏ hơn trong nghiên cứu ở Hong Kong (100 và 105) Bq/kg; Malaysia (138,7 và 108) Bq/kg; Trung Quốc (93,4 và 105,2) Bq/kg.

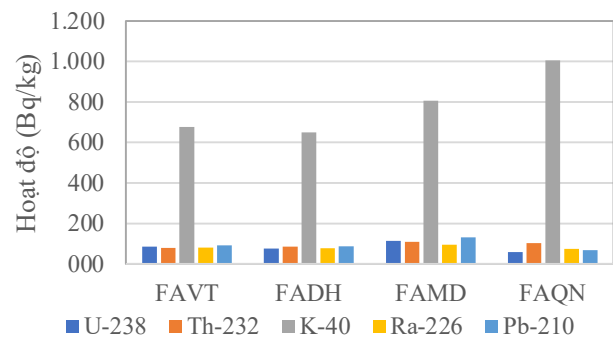


Hình 2 So sánh hoạt độ ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra và ^{40}K trong xỉ than của các nghiên cứu khác.

HĐPX của ^{40}K trong nghiên cứu này cao hơn so với các nghiên cứu khác. Sự khác biệt có thể xuất phát từ nguồn gốc của các mẫu than, có thể ảnh hưởng đến HĐPX. Công nghệ đốt trong các nhà máy nhiệt điện cũng có thể ảnh hưởng đến HĐPX trong xỉ than [6].

Kết quả phân tích HĐPX của của từng đồng vị trong 8 mẫu tro bay thu thập được trình bày trong Bảng 4. Kết quả cho thấy HĐPX của ^{238}U trong các mẫu tro bay dao động từ 58,39 Bq/kg tới 113,50 Bq/kg; HĐPX của ^{232}Th dao động từ 51,30 Bq/kg đến 108,89 Bq/kg; ^{40}K HĐPX nằm trong khoảng 274,58 Bq/kg đến 1024,20 Bq/kg. HĐPX của ^{226}Ra thay đổi từ 64,58 Bq/kg đến 98,38 Bq/kg. HĐPX xạ của ^{210}Pb nằm trong khoảng 67,39 Bq/kg đến 131,76 Bq/kg. Đồ thị HĐPX trung bình của

các mẫu tro bay trong nghiên cứu được thể hiện trong Hình 3. Trung bình HĐPX trong các loại mẫu giảm dần theo thứ tự: tro bay > xỉ > than. HĐPX của các đồng vị trong các mẫu tro bay có xu hướng tăng không giống nhau trong mỗi nhà máy. Xu hướng tăng dần HĐPX của các nhà máy theo thứ tự sau: DH < VT < MD < QN. Có sự khác biệt xu hướng gia tăng hoạt độ trong các mẫu tro bay và xỉ than. Nguyên nhân có sự khác nhau này là do nguồn gốc than đầu vào và công nghệ đốt than của từng nhà máy [6]. Tuy nhiên, do nhiều lí do khách quan, việc thiếu thông tin về than đầu vào và công nghệ lọc tĩnh điện trong quá trình sản xuất tại nhà máy là một điểm yếu cần được cải thiện trong các nghiên cứu sau. Kết quả so sánh dữ liệu với các công trình khác [20], Hình 4 cho thấy HĐPX của ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , đều dưới mức trung bình công bố bởi UNSCEAR 1982 và nằm trong khoảng giá trị công bố của các nghiên cứu ở Ireland, Brazil, India và China. HĐPX của ^{40}K trong tro bay trong nghiên cứu này cao hơn giá trị trung bình thế giới (UNSCEAR 1982) nhưng thấp hơn giá trị HĐPX xạ tương ứng của nghiên cứu ở Brazil. Cụ thể là các mẫu FAVT21; FAVT22, FADH11, FADH31, FAMD01, FAQN01 có giá trị HĐPX cao hơn trung bình thế giới theo UNSCEAR 1982, và FAVT41; FAVT42, FADH31 có giá trị HĐPX ^{40}K thấp hơn nghiên cứu ở Brazil.

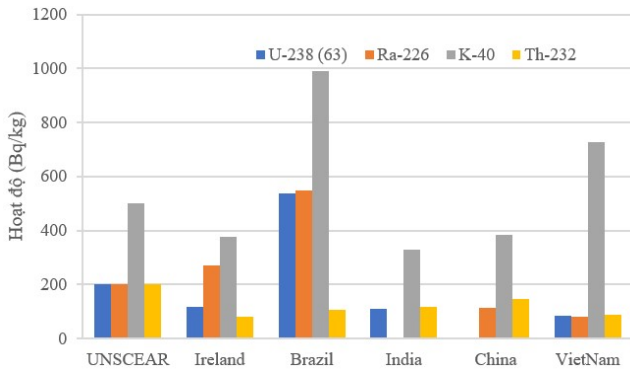


Hình 3 So sánh HĐPX các mẫu tro bay trong nghiên cứu.

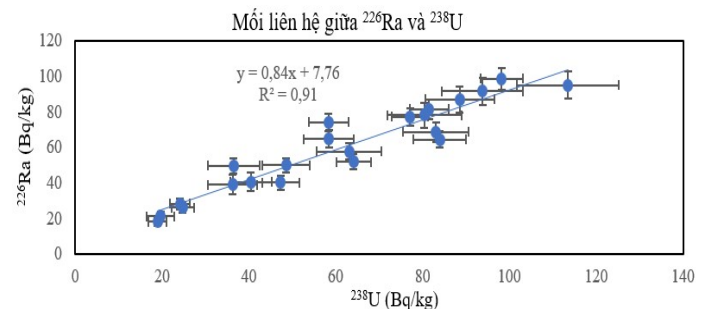
Bảng 4 Hoạt độ phóng xạ trong các mẫu tro bay

Tro bay	Hoạt độ phóng xạ (Bq/kg)				
	$^{238}\text{U}(63\text{ keV})$	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{210}Pb
FAVT21	81,54 ± 4,47	81,26 ± 5,29	99,93 ± 4,98	913,88 ± 29,47	80,36 ± 4,09
FAVT22	80,39 ± 8,55	78,03 ± 7,02	102,67 ± 5,85	974,73 ± 32,18	119,67 ± 18,35
FAVT41	98,18 ± 4,88	98,38 ± 5,92	51,30 ± 2,90	381,66 ± 12,74	87,20 ± 4,04

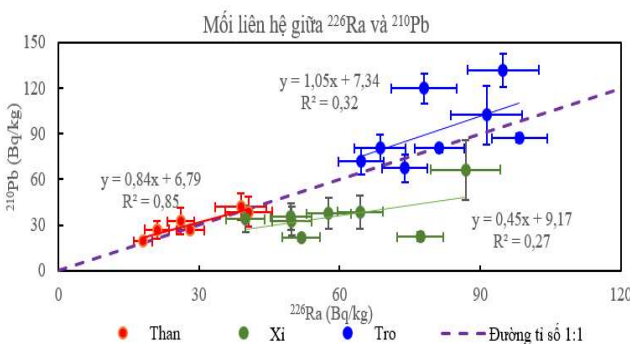
FAVT42	83,05 ± 7,53	68,65 ± 5,48	62,27 ± 4,00	437,43 ± 15,06	80,63 ± 14,87
FADH11	93,81 ± 9,40	91,33 ± 7,62	107,56 ± 6,36	1024,20 ± 33,78	102,28 ± 12,38
FADH31	58,39 ± 5,77	64,58 ± 4,88	63,12 ± 3,93	274,58 ± 9,81	71,78 ± 13,68
FAMD01	113,50 ± 11,68	94,81 ± 7,60	108,89 ± 6,45	806,43 ± 27,11	131,76 ± 26,39
FAQN01	58,39 ± 4,56	73,92 ± 4,83	101,99 ± 4,88	1004,96 ± 32,24	67,39 ± 9,32
Trung bình	83,41 ± 7,11	81,37 ± 6,10	87,22 ± 4,97	727,23 ± 24,32	92,63 ± 12,56



Hình 4 Hoạt độ phóng xạ của tro bay trong các nghiên cứu khác [20]



Hình 5 Sự cân bằng HDPX giữa ^{226}Ra và ^{238}U trong các mẫu than, tro xỉ.



Hình 6 Sự mất cân bằng giữa ^{226}Ra và ^{210}Pb trong các mẫu than, tro xỉ.

Việc đánh giá sự cân bằng HDPX giữa các đồng vị trong chuỗi uranium được trình bày trong Hình 5. Trạng thái cân bằng HDPX là trạng thái mà HDPX của hạt nhân mẹ bằng với HDPX của tất cả các hạt nhân con có trong chuỗi. Có khả năng xảy ra tại chuỗi phân rã uranium trong các phụ phẩm của quá trình đốt than (tro bay, xỉ than). Tỷ lệ HDPX $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ gần bằng 1 của cả than, xỉ và tro bay. Đặc biệt, khi quan sát Hình 3, tất cả các giá trị HDPX của ^{226}Ra và ^{238}U trong than, xỉ, tro của các nhà máy đều tập trung quanh đường làm khớp $y = 0,84x + 7,76$ với hệ số $R^2 = 0,91$, tức là HDPX ^{238}U và ^{226}Ra có sự tương quan tốt. Vì vậy, tồn tại trạng thái cân bằng HDPX giữa ^{238}U và ^{226}Ra . Kết quả này đồng nhất với kết quả của công trình nghiên cứu khác trên thế giới [19]. Từ đồ thị Hình 6 cho thấy, giá trị HDPX của ^{226}Ra và ^{210}Pb có sự khác biệt trong các mẫu than và tro bay, xỉ. Tất cả giá trị HDPX mẫu than đều

tập trung quanh đường làm khớp $y = 0,84x + 6,79$ với hệ số tương quan tốt ($R^2 = 0,85$). Trong khi đó, giá trị HDPX mẫu tro bay, xỉ than phân tán quanh đường làm khớp với hệ số tương quan kém ($R^2 = 0,27$ - xỉ; $R^2 = 0,32$ - tro bay). Do đó, ^{210}Pb thường không ở trạng thái cân bằng với các hạt nhân trước đó (^{226}Ra và ^{238}U) trong tro bay, xỉ than. Mặc dù ^{210}Pb và các hạt nhân này ở trạng thái cân bằng trong than. Kết quả này đồng nhất với kết quả của công trình nghiên cứu khác trên thế giới [19]. Các sản phẩm phân rã trong chuỗi uranium và thorium ở trạng thái cân bằng trong than nhưng không phải trong các phụ phẩm đốt than vì các tính chất dễ bay hơi khác nhau của các hạt nhân phóng xạ, đặc biệt là ^{210}Pb . Nhiệt độ cao khi than được đốt cháy thúc đẩy sự bay hơi của Pb và do đó phân đoạn ^{210}Pb . ^{210}Pb làm giàu đáng kể trong các mẫu tro bay (nằm trên đường tỉ số 1:1), đồng thời sự suy giảm rõ rệt của ^{210}Pb trong hầu hết các mẫu xỉ so với ^{238}U hay ^{226}Ra (nằm dưới đường đường tỉ số 1:1).

3.2 Sự tăng cường HDPX tự nhiên trong các sản phẩm đốt than

Để đánh giá sự tăng cường HDPX tự nhiên trong các sản phẩm đốt than, việc xác định hệ số tăng cường là cần thiết. Hệ số tăng cường là tỷ số giữa HDPX trong tro xỉ với HDPX trong than đầu vào của cùng một đồng vị. Bảng 5 trình bày kết quả sự tăng cường HDPX trong than ứng với mỗi đồng vị. Trong xỉ than, hệ số tăng cường cao nhất là 4,27 được quan sát thấy ở ^{232}Th trong

mẫu từ nhà máy nhiệt điện VT 4 - Đ1. Trong khi mức tăng cường thấp nhất là 1,22 được quan sát thấy đối với ^{40}K trong mẫu từ Nhà máy DH 3 - Đ1. Các mẫu tro bay cũng có xu hướng tương tự, độ tăng cường cao nhất là 5,21 đã được quan sát đối với ^{232}Th trong mẫu từ nhà máy nhiệt điện VT 4 - Đ1 và mức thấp nhất 1,66 đã được quan sát đối với ^{40}K trong mẫu từ Nhà máy DH 3

- Đ1. Kết quả cho thấy, sự tăng cường này không đồng đều trong tro và xỉ, và nguyên nhân chính là sự khác nhau về nguồn gốc và đặc tính lý hóa của từng loại than, cũng như các công nghệ thu giữ tro trong các ống lọc tĩnh điện, và quy trình xử lý các sản phẩm phụ của quá trình đốt than.

Bảng 5 Hệ số tăng cường trong mẫu

Tỷ số	^{238}U		^{232}Th		^{40}K	
	Xỉ/than	Tro/than	Xỉ/than	Tro/Than	Xỉ/Than	Tro/than
VT 2 - Đ.1	2,66	3,38	1,81	2,53	2,56	3,28
VT 2 - Đ.2	1,56	1,99	1,25	1,89	1,39	2,14
VT 4 - Đ.1	4,07	5,18	4,27	5,21	3,22	4,01
VT 4 - Đ.2	1,48	3,36	2,9	3,51	1,74	2,88
DH 1 - Đ.1	2,44	2,59	2,13	2,31	2,57	2,7
DH 3 - Đ.1	2,41	2,97	2,48	3,3	1,22	1,66
Min	1,48	1,99	1,25	1,89	1,22	1,66
Max	4,07	5,18	4,27	5,21	3,22	4,01
Trung bình	2,66	3,55	2,89	3,57	2,2	2,82

4 Kết luận

Nghiên cứu này đã thu được những kết quả quan trọng về HDPX trong than, tro, và xỉ tại nhà máy nhiệt điện than ở Việt Nam. Kết quả cho thấy HDPX trong các mẫu khá ngẫu nhiên. Sự ngẫu nhiên này được cho là có nguồn gốc từ than nguyên liệu đầu vào, cũng như công nghệ lọc tĩnh điện của các nhà máy. HDPX trung bình trong mẫu giảm dần theo thứ tự: tro bay > xỉ > than. Trong quá trình đốt than, HDPX tự nhiên của các đồng vị như ^{238}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{232}Th và ^{40}K trong tro bay và xỉ than có sự tăng cường so với than nguyên liệu đầu vào. Tồn tại cân bằng phóng xạ giữa ^{238}U và ^{226}Ra ; giữa ^{226}Ra và ^{210}Pb trong than. Sự cân bằng giữa ^{238}U và ^{226}Ra tiếp tục duy trì khá ổn định trong các sản phẩm đốt than như tro bay và xỉ than. Tuy nhiên, sự cân bằng giữa ^{226}Ra và ^{210}Pb bị phá vỡ do tính chất dễ bay hơi khác nhau của các hạt nhân phóng xạ, đặc biệt là đối với ^{210}Pb . Đồng vị ^{210}Pb có xu hướng giảm dần trong xỉ than và tăng lên trong tro bay, tạo ra sự không đồng đều

trong phân phối ^{210}Pb trong sản phẩm sau khi than được đốt. Kết quả hệ số tăng cường cho thấy mức độ tăng cường đáng kể của HDPX tự nhiên trong các phụ phẩm đốt than. Trong xỉ than, hệ số tăng cường cao nhất là 4,27 cho ^{232}Th tại nhà máy nhiệt điện VT 4 - Đ1, trong khi mức tăng cường thấp nhất là 1,22 cho ^{40}K tại Nhà máy DH 3 - Đ1. Trong tro bay, đồng vị ^{232}Th cũng có hệ số tăng cường cao nhất là 5,21 tại nhà máy nhiệt điện VT 4 - Đ1, và ^{40}K có mức tăng cường thấp nhất là 1,66 tại Nhà máy DH 3 - Đ1. Những kết quả này cung cấp thông tin cần thiết, là tiền đề đánh giá rủi ro và áp dụng các biện pháp an toàn trong quá trình sản xuất điện và xử lý các sản phẩm từ quá trình đốt than, từ đó bảo vệ môi trường và sức khỏe của cộng đồng.

Lời cảm ơn

Xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Kỹ thuật Hạt nhân - Đại học Quốc gia TP.HCM đã tạo điều kiện tốt, góp phần hoàn thiện bài báo khoa học này.

Tài liệu tham khảo

1. Ibrahim, U., & Gökmeşe, F. (2010). Coal an impure fuel source: radiation effects of coal-fired power plants in Turkey. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38(4), 259-268.
2. Sahu, S., Tiwari, M., Bhangare, R., & Pandit, G. (2014). Enrichment and particle size dependence of polonium and other naturally occurring radionuclides in coal ash. *Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 421-426.
3. Tường, Đ. T., & Sơn, Đ. N. (2019). Sử dụng tro xỉ nhiệt điện làm vật liệu san lấp. *Tạp Chí KHCN Xây dựng*, 1, 35-43.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1982). Ionizing radiation: sources and biological effects. 1982 report to the general assembly, with annexes.
5. Loan, T. T. H., Ba, V. N., & Thien, B. N. (2022). Natural radioactivity level in fly ash samples and radiological hazard at the landfill area of the coal-fired power plant complex, Vietnam. *Nuclear Engineering and Technology*, 54(4), 1431-1438.
6. Temuujin, J., Surenjav, E., Ruescher, C. H., & Vahlbruch, J. (2019). Processing and uses of fly ash addressing radioactivity (critical review). *Chemosphere*, 216, 866-882.
7. Bhattacharyya, S., Donahoe, R. J., & Patel, D. (2009). Experimental study of chemical treatment of coal fly ash to reduce the mobility of priority trace elements. *Fuel*, 88(7), 1173-1184.
8. Ba, V. N., Van Thang, N., Dao, N. Q., Thu, H. N. P., & Loan, T. T. H. (2019). Study on the characteristics of natural radionuclides in surface soil in Ho Chi Minh City, Vietnam and radiological health hazard. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-7.
9. Beretka, J., & Mathew, P. (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Physics*, 48(1), 87-95.
10. Papastefanou, C. (1996). Radiation impact from lignite burning due to 226Ra in Greek coal-fired power plants. *Health Physics*, 70(2), 187-191.
11. Mudiwa, J. (2015). *Dose assessment of natural radioactivity in fly ash and environmental materials from Morupule a coal-fired power station in Botswana*. Ghana: University of Ghana.
12. UNSCEAR. (2000). Sources and effects of ionizing radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. In. *New York, USA*.
13. Kim Ngân. (24-11-2023). *Tháo gỡ khó khăn, vướng mắc trong công tác tiêu thụ tro xỉ của các nhà máy nhiệt điện, phân bón, hóa chất*. <https://moit.gov.vn/bao-ve-moi-truong/thao-go-kho-khan-vuong-mac-trong-cong-tac-tieu-thu-tro-xi-cua-cac-nha-may-nhiet-dien-phan-bon-hoa-chat.html>
14. Quyết định 1696/QĐ-TTg. (23-09-2014). *Về một số giải pháp thực hiện xử lý tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất phân bón để làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng*. Thủ tướng Chính phủ,
15. Inc, C. I. (2013). *Genie 2003.3 Customization Tools Manual*. Canberra Industries Inc.
16. Inc, C. I. (2012). *Detector specification and performance data*. Canberra Industries Inc.
17. International Organization for Standardization. (2007). ISO 18589-3:2007. Measurement of radioactivity in the environment - Soil. In. *Geneva, Switzerland*.
18. UNSCEAR. (1982). Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. In. *United Nations, New York*.
19. Nakaoka, A., Fukushima, M., & Takagi, S. (1984). Environmental effects of natural radionuclides from coal-fired power plants. *Health Physics*, 47(3), 407-416.
20. Authority, P. N. R. (2015). *Technical report on Radiological Impact of Coal-fired Power Plants*. Pakistan Nuclear Regulatory Authority.

Assessment of radioactivity concentration in ashes at some coal-fired power plants in Viet Nam

Nguyen Quang Dao

Faculty of Medicine, Nguyen Tat Thanh University

nqdao@ntt.edu.vn

Abstract Coal plays an important role in the development of energy industries around the world. However, ash and slag (products of coal combustion) containing radioactivity and toxic metals discharged from thermal power plants are a concern for the environment. In this study, we use the HPGe gamma spectrometer system to determine the radioactive concentration in coal - fly ash - slag samples from thermal power plants and the enhancement factor in some coal-fired power plants in Viet Nam. . The results showed that the radioactive concentrations in the samples were quite diverse, the radioactive concentrations of ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , and ^{40}K in the samples were all below the average levels announced by UNSCEAR 1982. On average, the radioactive concentrations in the samples decreased. Gradually in order: Fly ash > slag > Coal. The increase in natural radioactivity concentration in coal combustion products is quite diverse from 1.22 (Slag/Coal) of ^{40}K in sample DH3 -D1 to 5.21 (Ash/Coal) of ^{232}Th in sample VT 4 - D.1. Radiation data provides motivation to develop and promote the application of new, more advanced technology to reduce pollution and environmental impacts from thermal power plants.

Keywords Coal-fired power plants, radioactivity, Gamma-ray spectroscopy, Fly ash and bottom ash, environmental impact.