



QUAN TRẮC PHÓNG XẠ TRONG KHÔNG KHÍ VÀ NƯỚC MƯA TẠI MỘT SỐ VỊ TRÍ THUỘC THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Nguyễn Văn Thắng*, Huỳnh Nguyễn Phong Thu, Lê Công Hảo, Trương Thị Hồng Loan

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TP HCM

Ngày Tòa soạn nhận được bài: 13-12-2016; ngày phân biên đánh giá: 03-02-2017; ngày chấp nhận đăng: 24-3-2017

TÓM TẮT

Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu sự thay đổi tổng hoạt độ phóng xạ alpha và beta trong không khí và nước mưa tại Thành phố Hồ Chí Minh trong năm 2016. Ảnh hưởng của ^{222}Rn , ^{220}Rn , và hiệu ứng tự hấp thụ alpha trong mẫu được xem xét và hiệu chỉnh trong các kết quả đo. Dựa vào các dữ liệu khí tượng, chúng tôi đánh giá tốc độ rơi lắng trung bình của các đồng vị phóng xạ lên mặt đất.

Từ khóa: rơi lắng phóng xạ, tổng hoạt độ alpha, tổng hoạt độ beta.

ABSTRACT

Monitoring radioactivity in air and rainwater in Ho Chi Minh City

In this study, gross alpha and gross beta activities in air and rainwater were continuously monitored in Ho Chi Minh City during 2016. Influence of ^{222}Rn , ^{220}Rn and alpha self-absorption in the samples was considered and corrected for activity measurement results. The deposition of radionuclides on the ground was predicted based on the meteorology data.

Keywords: gross alpha activity, gross beta activity, radioactive fallout.

1. Giới thiệu

Trong khí quyển tồn tại rất nhiều các đồng vị phóng xạ bao gồm các đồng vị phóng xạ lơ lửng và các đồng vị phóng xạ nằm trong các hạt bụi khí quyển. Các đồng vị phóng xạ lơ lửng hình thành do tương tác của các bức xạ vụ trụ với các hạt nhân bền trong khí quyển. Trong đó, tritium và ^{14}C hình thành liên tục trong khí quyển với tốc độ ổn định. Radon, thoron và các đồng vị con cháu của chúng cũng tồn tại trong khí quyển do sự khuếch tán khí radon từ trong lòng đất, vật liệu xây dựng, v.v... Bụi khí quyển có nguồn gốc từ đất, khí thải từ khu dân cư, nhà máy, v.v... Các hạt bụi này có thể ít di chuyển hoặc di chuyển xa tùy thuộc vào các điều kiện khí tượng, thủy văn như: gió, nhiệt độ, độ ẩm, mưa, v.v... Trong bụi khí quyển chứa các đồng vị phóng xạ tự nhiên của các chuỗi phân rã

* Email: nvthang@hcmus.edu.vn

^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K và đôi khi là các đồng vị phóng xạ nhân tạo như ^{137}Cs , ^{17}Be , v.v... Phóng xạ nhân tạo trong bụi cao khí có sự rò rỉ phóng xạ từ các tai nạn hạt nhân. Các hạt nhân phóng xạ trong khí quyển sẽ theo nước mưa rơi lắng xuống đất. Do đó, lượng mưa là yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất đến tốc độ rơi lắng phóng xạ xuống mặt đất.

Tổng hoạt độ alpha, tổng hoạt độ beta và hoạt độ của các đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo trong không khí và nước mưa được theo dõi liên tục tại các trạm quan trắc phóng xạ trên khắp thế giới [1], [2]. Từ sau tai nạn ở nhà máy điện hạt nhân Fukushima Daiichi (2011), việc quan trắc này càng trở nên cấp thiết hơn do lượng phóng xạ từ nhà máy thải vào môi trường là rất lớn. Các trạm quan trắc phóng xạ ở gần tỉnh Fukushima ghi nhận được các đồng vị phóng xạ nhân tạo ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{131}I ... với hoạt độ khá lớn [3], [4]. Trong những năm gần đây, hoạt độ phóng xạ trong không khí và nước mưa cũng được theo dõi liên tục tại các khu vực khác nhau trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Tuy nhiên, hoạt độ các đồng vị phóng xạ luôn ở mức an toàn do không xảy ra các sự cố về hạt nhân [5]. Hoạt động của các nhà máy điện hạt nhân của Trung Quốc gần biên giới phía Bắc của Việt Nam là một mối lo ngại lớn về việc rò rỉ phóng xạ. Do vậy, việc mở rộng các trạm quan trắc phóng xạ bên cạnh những cơ sở có sẵn là một việc làm hết sức cần thiết. Ở phòng thí nghiệm của chúng tôi, việc quan trắc này chỉ mới được thực hiện trong năm 2016 với hai chỉ tiêu là tổng hoạt độ alpha và tổng hoạt độ beta. Các đo đạc này được thực hiện trên hệ đếm tỉ lệ phóng thấp LB4200 của hãng Canberra. Việc đo đạc và chuẩn bị mẫu tương đối đơn giản. Tuy nhiên, việc tính toán kết quả gặp một số khó khăn như phải tính đến các hiệu ứng tự hấp thụ, crosstalk, v.v... [6]. Đối với mẫu bụi khí, sự tồn tại các đồng vị con cháu có thời gian sống ngắn của radon trong quá trình thu thập mẫu gây ra sự sai khác tổng hoạt độ alpha và beta tại thời điểm thu thập mẫu và thời điểm đo. Thực nghiệm cho thấy thời gian 5 ngày là đủ để các đồng vị con cháu của radon không ảnh hưởng đến kết quả tính hoạt độ [1]. Đối với các mẫu nước mưa, hiệu ứng tự hấp thụ đối với hạt alpha ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất ghi tổng alpha nên cần phải hiệu chỉnh [6].

Trong công trình này, chúng tôi thực hiện các công việc sau: (1) Nghiên cứu sự ảnh hưởng của radon, thoron cũng như các đồng vị con cháu của chúng đến kết quả đo tổng hoạt độ alpha và beta của các mẫu bụi khí. Thực nghiệm trên các mẫu bụi khí, tìm khoảng thời gian chờ tối ưu trước khi đo hoạt độ. (2) Tính hệ số hiệu chỉnh tự hấp thụ alpha cho các mẫu nước mưa sử dụng dung dịch chất đánh dấu ^{241}Am . (3) Theo dõi quy luật thay đổi tổng hoạt độ alpha và beta trong không khí và nước mưa theo thời gian. (4) Khảo sát sự chênh lệch hoạt độ phóng xạ tại các vị trí quan trắc. (5) Tính toán tốc độ rơi lắng trung bình của các đồng vị phóng xạ dựa vào các dữ liệu lượng mưa trung bình tại Thành phố Hồ Chí Minh.

2. Thực nghiệm và phương pháp

2.1. Mô tả vị trí lấy mẫu

Các mẫu bụi khí và nước mưa được thu thập hằng tháng tại ba vị trí khác nhau của TP Hồ Chí Minh được mô tả trong Hình 1. Ba vị trí này thuộc phía Đông và Đông – Bắc TP Hồ Chí Minh, là ba vị trí đặc trưng cho mức độ sạch của không khí được xét trên các cơ sở: Lượng bụi trong không khí, mật độ cây xanh, khoảng cách từ vị trí khảo sát đến các khu công nghiệp và đường quốc lộ.

Vị trí S01 (Tọa độ GPS: $10^{\circ}51'38,6''\text{N}$; $106^{\circ}47'43,7''\text{E}$) nằm trong khuôn viên Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQG TPHCM, quận Thủ Đức. Nơi đây không khí tương đối sạch do mật độ che phủ của cây xanh tốt. Tuy nhiên, cách đó khoảng 5 km là các khu công nghiệp lớn bao gồm: Khu Công nghiệp Sóng Thần, khu Chế xuất Linh Trung và khu Công nghệ cao TPHCM.

Vị trí S02 (Tọa độ GPS: $10^{\circ}51'36,7''\text{N}$; $106^{\circ}43'43,7''\text{E}$) nằm ở gần giao lộ quốc lộ 1A và Quốc lộ 13, quận Thủ Đức. Nơi đây có mật độ giao thông cao, ít cây xanh, nhiều nhà máy công nghiệp vừa và nhỏ. Cách vị trí này khoảng 3 km là khu Công nghiệp Sóng Thần và khu Chế xuất Linh Trung.

Vị trí S03 (Tọa độ GPS: $10^{\circ}49'06,0''\text{N}$; $106^{\circ}46'29,0''\text{E}$) nằm ở khu dân cư mới Quận 9. Nơi đây có nhiều cây xanh, nằm cách xa các khu công nghiệp và trục đường quốc lộ.



Hình 1. Bản đồ thể hiện các vị trí thu thập mẫu

2.2. Phương pháp thu thập và chuẩn bị mẫu đo

Đối với các mẫu bụi khí, chúng tôi sử dụng thiết bị lấy mẫu PCXR8 của hãng SKC. Pin lọc được làm bằng giấy đặc biệt với đường kính 2,5 cm và các lỗ thông khí là 0,8 μm . Trong nghiên cứu này, tốc độ lấy khí được thiết lập là 3 l phút⁻¹, thời gian thu thập mẫu là từ 1 đến 3 ngày ở độ cao 10 m so với mặt đất. Mẫu bụi khí sau khi thu thập được giữ kín trong hộp nhựa hình trụ 3 ngày trước khi đo hoạt độ.

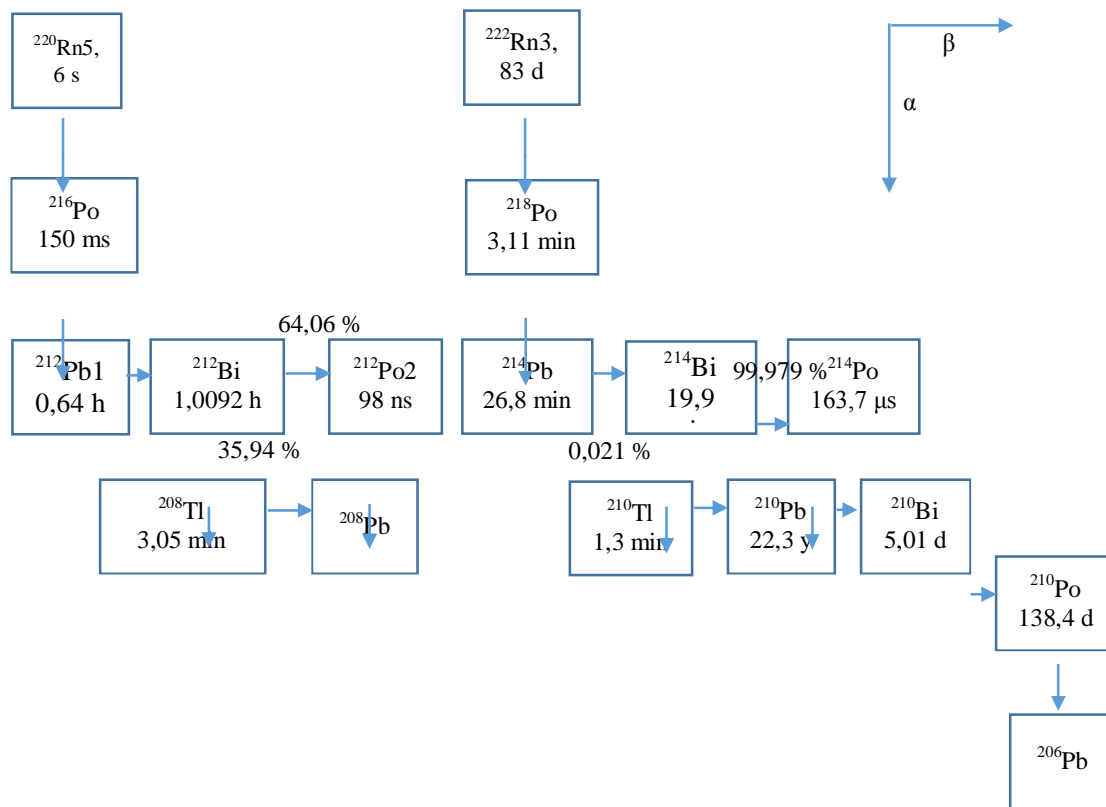
Dụng cụ lấy mẫu nước mưa được làm bằng thép không gỉ với các kích thước 100x100x20 cm và được đặt ở độ cao 1 m so với mặt đất theo tiêu chuẩn của IAEA [7]. Mỗi lít nước mưa ngay sau khi thu thập được thêm vào 3 ml dung dịch axit HNO₃ 65% [1]. Trong phòng thí nghiệm, khoảng 2 lít nước mưa được cô cạn ở nhiệt độ 80°C cho đến khi thể tích còn khoảng 2 ml. Toàn bộ hỗn hợp này được chuyển sang khay đếm mẫu của hệ LB4200 và sấy khô mẫu dưới đèn hồng ngoại trước khi đo.

2.3. Đo hoạt độ

Hệ đếm LB4200 được sử dụng để đo tổng hoạt độ phóng xạ alpha và beta trong các mẫu bụi khí và nước mưa. Hệ được trang bị buồng chì che chắn phòng môi trường và hệ thống phản trùng triệt phóng vũ trụ. Phông alpha giảm xuống dưới 0,1 cpm và phông beta giảm xuống dưới 0,75 cpm. Hiệu suất ghi tổng alpha lớn hơn 38 % đối với nguồn chuẩn ²¹⁰Po và hiệu suất ghi tổng beta lớn hơn 45 % đối với nguồn chuẩn ⁹⁰Sr/⁹⁰Y. Khay đếm mẫu có đường kính 2 inch (4,5 cm). Trong công trình này, hoạt độ của các mẫu bụi khí và nước mưa được đo 86400 giây trên hệ đếm LB4200.

2.4. Ảnh hưởng của radon

Radon là loại khí hiếm tồn tại phổ biến nhất trong tự nhiên. Tất cả các đồng vị của radon đều không bền. Trong tự nhiên, chỉ có thể tìm thấy hai đồng vị của radon đó là ²²²Rn (radon) và ²²⁰Rn (thoron). Hình 2 mô tả một phần chuỗi phân rã của ²³²Th và ²³⁸U bắt đầu từ ²²⁰Rn và ²²²Rn. Trừ các đồng vị ²¹⁰Pb, ²¹⁰Bi, ²¹⁰Po, ²⁰⁸Pb và ²⁰⁶Pb, các đồng vị con cháu của radon và thoron có thời gian bán rã rất ngắn. Trong đó, cao nhất là 10,64 giờ, là thời gian bán rã của ²¹⁶Po. Như vậy, nếu lưu trữ mẫu với thời gian gấp 10 lần thời gian bán rã của ²¹⁶Po (gần 5 ngày) thì có thể coi như loại bỏ được ảnh hưởng của các đồng vị sống ngắn của radon và thoron. Thực nghiệm của V. Gomez Escobar [1] cũng cho thấy thời gian 5 ngày là đủ để các đồng vị con cháu có thời gian sống ngắn của radon và thoron phân rã hết.



Hình 2. Sơ đồ phân rã của chuỗi ^{220}Rn và ^{222}Rn [1]

2.5. Ảnh hưởng của sự tự hấp thụ alpha

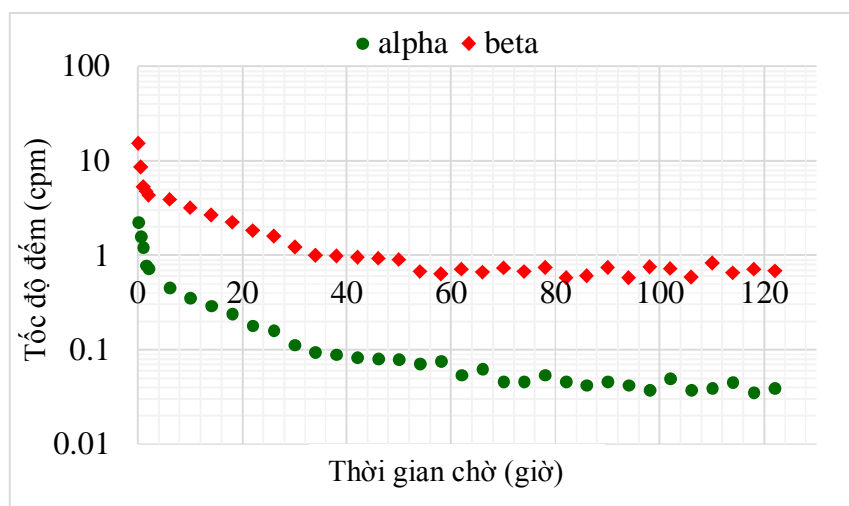
Đối với các mẫu nước mưa, sự tự hấp thụ các tia alpha ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo hoạt độ [6]. Để hiệu chỉnh sự tự hấp thụ alpha đối với các mẫu nước mưa, chúng tôi xây dựng đường cong hệ số hiệu chỉnh sự tự hấp thụ alpha f_α theo các khối lượng mẫu khác nhau. Trong đó, các mẫu nước mưa có thể tích khác nhau được thêm vào cùng một lượng chất đánh dấu ^{241}Am . Hệ số f_α bằng tỉ lệ của tổng hoạt độ alpha của mẫu đo được và hoạt độ alpha của chất đánh dấu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của radon

Trong nghiên cứu này, một mẫu bụi khí được thu thập trong 3 ngày ở vị trí S01 và được đo 122 giờ trên hệ đếm LB4200 với mỗi chu kỳ đo là 4 giờ. Sự suy giảm tốc độ đếm alpha và beta theo thời gian được thể hiện trong đồ thị Hình 3. Theo đó, tốc độ đếm tổng alpha và beta giảm rất nhanh trong khoảng thời gian chưa tới 1 giờ. Đây là khoảng thời gian mà các đồng vị có thời gian bán rã ngắn từ 10^{-6} giây đến vài phút. Sau đó, tốc độ đếm tổng alpha và beta giảm chậm do sự phân rã của các đồng vị ^{212}Pb (10,64 giờ), ^{212}Bi

(1,0092 giờ), ^{214}Pb (26,8 phút) và ^{214}Bi (19,9 phút). Từ thời điểm 74 giờ đến 122 giờ tốc độ đếm alpha và beta hầu như không giảm nữa. Trong khoảng thời gian này, các giá trị tốc độ đếm alpha dao động quanh giá trị trung bình 0,043 cpm với độ lệch chuẩn 0,005 cpm. Tương tự, các giá trị tốc độ đếm beta dao động quanh giá trị trung bình 0,68 cpm với độ lệch chuẩn 0,08 cpm. Như vậy có thể thấy, sau 3 ngày các đồng vị con cháu của radon và thoron hầu như ảnh hưởng không đáng kể đến tổng hoạt độ alpha và beta đo được. Khoảng thời gian lưu trữ mẫu tối ưu trong nghiên cứu này ngắn hơn so với nghiên cứu trước đó của V. Gomez Escobar [1] do tỉ lệ của hai đồng vị ^{222}Rn và ^{220}Rn trong không khí ở những địa điểm khác nhau là không đồng nhất.



Hình 3. Sự suy giảm tốc độ đếm tổng alpha và beta của mẫu bụi khí theo thời gian

3.2. Ảnh hưởng của sự tự hấp thụ alpha

Bảng 1. Hệ số tự hấp thụ alpha theo các khối lượng mẫu trên khay đếm

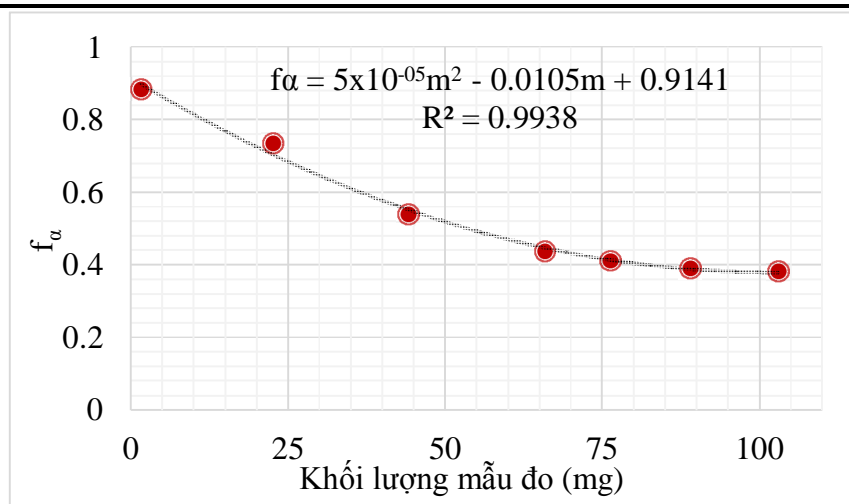
Khối lượng mẫu (mg)	15,0	22,6	44,1	65,8	76,3	89	103
Hệ số tự hấp thụ alpha f_{α}	0,88	0,73	0,54	0,44	0,41	0,39	0,38

Bảng 1 là hệ số tự hấp thụ alpha f_{α} của 7 mẫu dùng để hiệu chỉnh. Mỗi mẫu chứa 100 μL chất đánh dấu ^{241}Am , hoạt độ 10,8 Bq. Đường làm khớp đa thức bậc 2 của các giá trị f_{α} theo các khối lượng mẫu m với hệ số $R^2 = 0,9938$ được thể hiện trong đồ thị Hình 4.

3.3. Tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu bụi khí

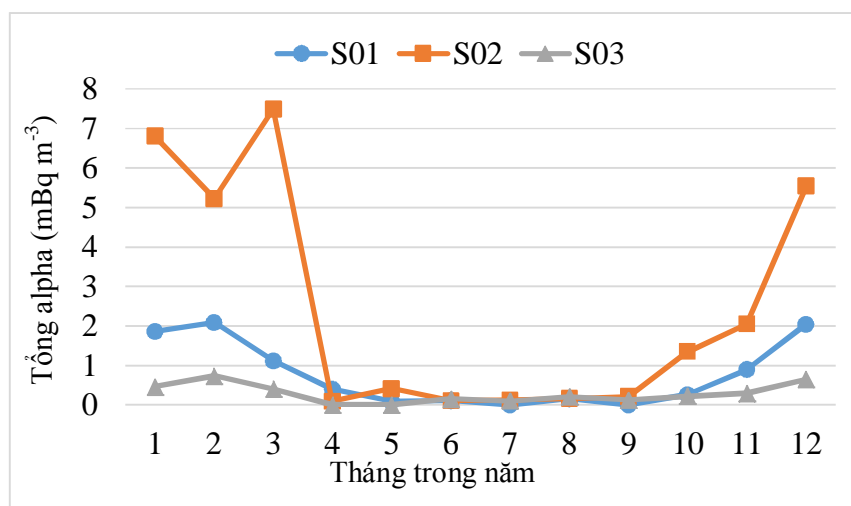
Bảng 2. Tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu bụi khí

Tháng trong năm	S01		S02		S03	
	Tổng alpha (mBq m ⁻³)	Tổng beta (mBq m ⁻³)	Tổng alpha (mBq m ⁻³)	Tổng beta (mBq m ⁻³)	Tổng alpha (mBq m ⁻³)	Tổng beta (mBq m ⁻³)
1	1,86±0,20	6,25±0,35	6,8±0,32	32,29±0,68	0,46±0,12	1,20±0,25
2	2,09±0,32	5,24±0,48	5,23±0,35	36,25±0,74	0,73±0,22	2,20±0,41
3	1,11±0,11	5,00±0,29	7,5±0,34	45,41±0,83	0,41±0,08	1,39±0,23
4	0,40±0,09	1,32±0,23	0,09±0,15	1,99±0,44	-	0,96±0,23
5	0,09±0,08	1,16±0,25	0,41±1,10	2,45±0,32	-	1,02±0,25
6	0,11±0,10	0,77±0,12	0,11±0,06	0,91±0,19	0,15±0,07	1,17±0,23
7	-	4,28±0,26	0,12±0,06	0,73±0,21	0,1±0,06	0,92±0,19
8	0,15±0,10	2,03±0,22	0,16±0,07	1,25±0,35	0,21±0,07	1,16±0,23
9	-	1,22±0,18	0,21±0,08	1,72±0,29	0,12±0,06	0,95±0,21
10	0,26±0,07	2,84±0,25	1,35±0,10	6,83±0,24	0,22±0,08	1,06±0,28
11	0,89±0,10	3,22±0,26	2,05±0,23	8,69±0,52	0,29±0,08	1,25±0,30
12	2,04±0,22	4,85±0,37	5,54±0,38	22,40±0,65	0,65±0,11	1,64±0,35

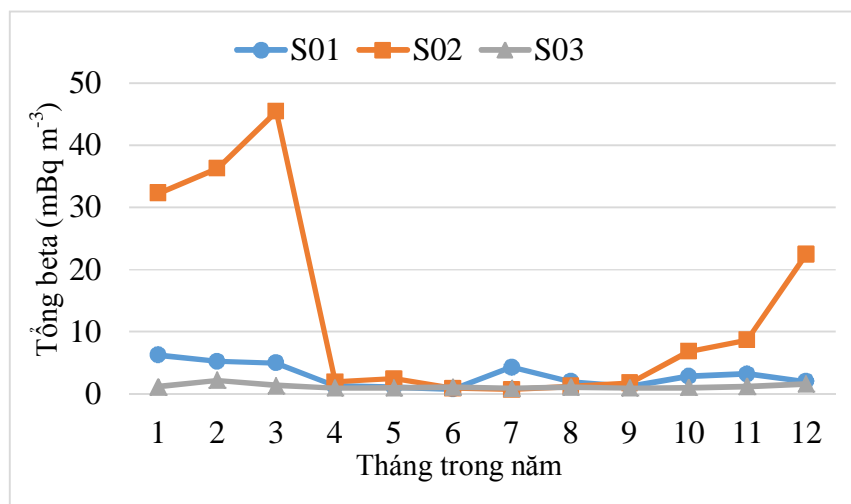
**Hình 4.** Đường cong hệ số tự hấp thụ alpha theo các bề dày mẫu

Bảng 2 cho kết quả tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu bụi khí ở cả ba vị trí khảo sát, được thu thập từ tháng 1 đến tháng 12 năm 2016. Trong đó, tổng hoạt độ alpha ở tháng 7, tháng 9 của vị trí S01 và tháng 4, tháng 5 của vị trí S03 nằm dưới giới hạn phát hiện (MDA) của thiết bị đo. Đối với ba vị trí khảo sát, những mẫu bụi khí có hoạt độ cao rơi vào tháng 1, tháng 2, tháng 3, tháng 12 là những tháng của mùa khô, ở đó không có

mưa hoặc có mưa nhưng lượng mưa rất thấp. Những mẫu bụi khí có hoạt độ thấp rơi vào các tháng còn lại là những tháng của mùa mưa, có lượng mưa lớn. Sự thay đổi này được thể hiện rõ trong đồ thị Hình 5 và Hình 6. Tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu bụi khí tại tất cả các vị trí đều thấp hơn nhiều lần so với số liệu nghiên cứu của V. Gomez Escobar (1993-1994) ở Tây Ban Nha [1].



Hình 5. Tổng hoạt độ alpha trong không khí theo các tháng trong năm tại các vị trí



Hình 6. Tổng hoạt độ beta trong không khí theo các tháng trong năm tại các vị trí

Ở vị trí S02, tổng hoạt độ alpha và tổng hoạt độ beta cao hơn những điểm còn lại ở tất cả các tháng trong năm, và cao gấp nhiều lần ở những tháng mùa khô. Nguyên nhân là do ở S02 không khí bị ô nhiễm nặng hơn, thể hiện ở lượng bụi thu thập được nhiều hơn hai

vị trí còn lại. Mật độ bụi cao ở vị trí S02 là do khói từ các nhà máy công nghiệp gần vị trí này, thêm vào đó là một lượng khói của rất nhiều phương tiện vận tải qua khu vực này. Các phương tiện vận tải di chuyển sẽ kéo theo một lượng bụi rất lớn từ mặt đất vào không khí. Vào những tháng mưa nhiều sự chênh lệch hoạt độ phóng xạ giữa các vị trí hầu như không đáng kể.

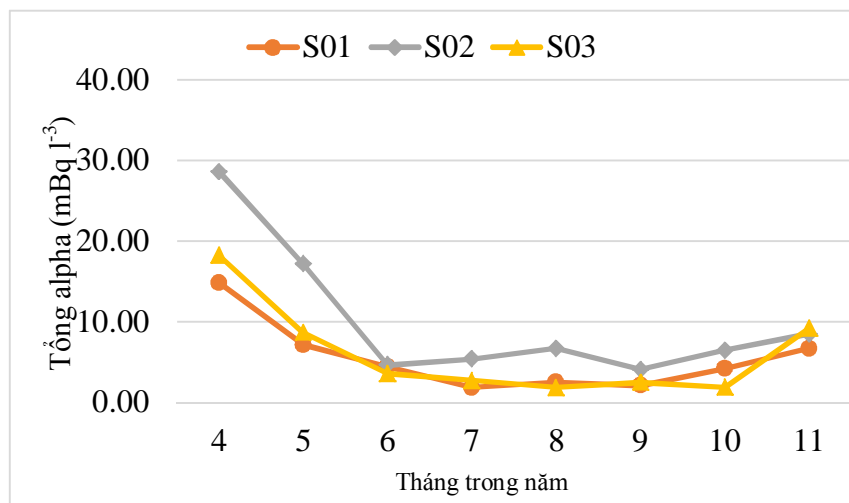
3.4. Tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu nước mưa

Bảng 3 cho kết quả tổng hoạt độ alpha và tổng hoạt độ beta trong các mẫu nước mưa ở cả 3 vị trí, được thu thập từ tháng 4 đến tháng 11 năm 2016. Các tháng còn lại không có mẫu do ở vào mùa khô, không có mưa. Ở cả 3 vị trí khảo sát, tổng hoạt độ alpha và tổng hoạt độ beta đều cao nhất ở tháng 4, là lúc bắt đầu xuất hiện mưa. Ở các tháng còn lại hoạt độ phóng xạ thấp và ít có sự thay đổi. Quy luật thay đổi hoạt độ phóng xạ theo các tháng trong năm được thể hiện rõ trong đồ thị Hình 7 và Hình 8. Ở vị trí S02, tổng hoạt độ phóng xạ alpha và tổng hoạt độ phóng xạ beta cao hơn ở những vị trí còn lại do lượng phóng xạ trong không khí cao. Tuy nhiên, sự chênh lệch rõ rệt chỉ thể hiện ở tháng 4 là tháng bắt đầu mùa mưa. Vào các tháng còn lại trong năm, hoạt độ phóng xạ giữa các vị trí hầu như không có sự phân biệt rõ rệt. Tổng hoạt độ phóng xạ alpha và beta trung bình trong nước mưa thấp hơn nhiều so với các số liệu nghiên cứu của V. Gomez Escobar (1993-1994) và C. Duenas (2005-2009) ở Tây Ban Nha [1], [2]. Theo WHO, giới hạn an toàn phóng xạ đối với nước uống là $0,1 \text{ Bq l}^{-1}$ đối với tổng hoạt độ alpha và 1 Bq l^{-1} đối với tổng hoạt độ beta [8]. Theo tiêu chuẩn này thì tất cả các mẫu nước mưa tại tất cả các vị trí đều ảnh hưởng không đáng kể về mặt phóng xạ khi sử dụng cho nhu cầu ăn uống.

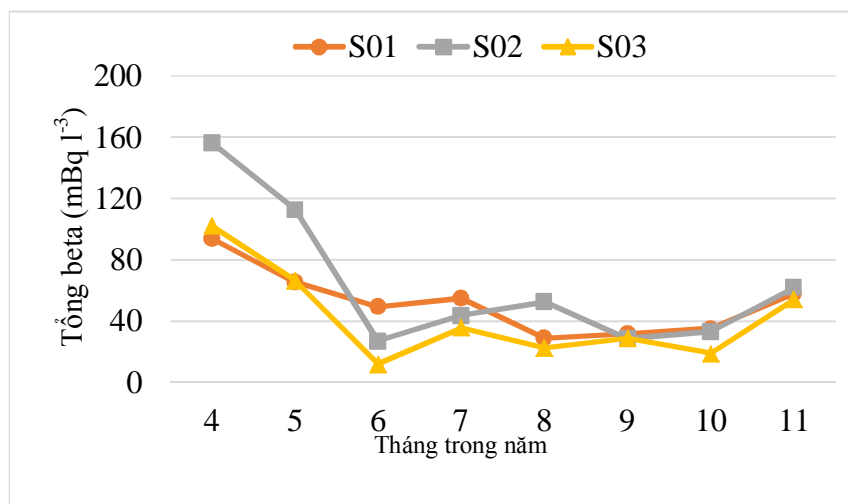
Bảng 3. Tổng hoạt độ alpha và beta trong các mẫu nước mưa

Tháng trong năm	S01		S02		S03	
	Tổng alpha (mBq l ⁻¹)	Tổng beta (mBq l ⁻¹)	Tổng alpha (mBq l ⁻¹)	Tổng beta (mBq l ⁻¹)	Tổng alpha (mBq l ⁻¹)	Tổng beta (mBq l ⁻¹)
4	14,9±0,6	94±1	28,6±0,9	156±2	18,3±0,8	102±1
5	7,2±0,5	66±1	17,2±0,7	113±1	8,7±0,5	66±1
6	4,4±0,5	49±2	4,7±0,4	27±1	3,6±0,4	12±1
7	1,9±0,3	55±1	5,4±0,4	44±1	2,8±0,5	36±1
8	2,5±0,3	29±1	6,7±0,5	53±1	1,9±0,3	23±1
9	2,1±0,3	32±1	4,1±0,4	29±1	2,5±0,4	29±1
10	4,2±0,3	35±1	6,5±0,4	33±1	1,9±0,3	19±1
11	6,7±0,5	58±1	8,5±0,6	62±1	9,2±0,5	54±1

Hoạt độ phóng xạ trong nước mưa phụ thuộc chủ yếu vào hoạt độ phóng xạ trong không khí. Ở điều kiện bình thường, khi không có nguồn phóng xạ nhân tạo thì hoạt độ phóng xạ trong không khí ổn định. Mưa sẽ mang theo các hạt bụi chứa chất phóng xạ trong không khí, vì thế hoạt độ phóng xạ trong nước mưa sẽ phụ thuộc vào hoạt độ phóng xạ trong không khí. Lượng mưa càng lớn thì mật độ các vật liệu phóng xạ giảm và do đó hoạt độ phóng xạ trong nước mưa cũng thấp. Sự phụ thuộc này được thể hiện rõ trong Hình 9 và Hình 10.



Hình 7. Tổng hoạt độ alpha trong nước mưa theo các tháng trong năm tại các vị trí

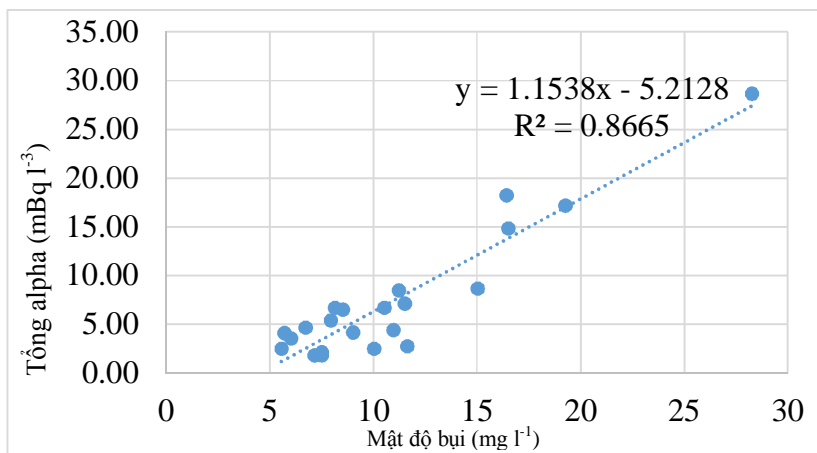


Hình 8. Tổng hoạt độ beta trong nước mưa theo các tháng trong năm tại các vị trí

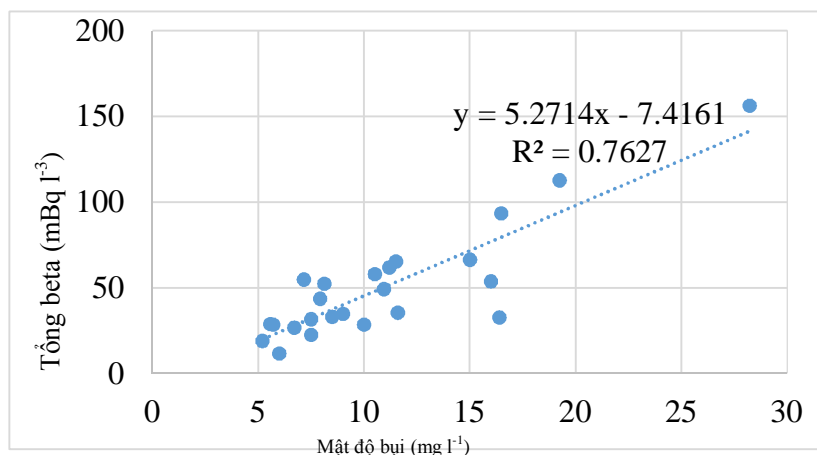
Mật độ bụi trong nước mưa được tính bằng khối lượng cặn rắn còn lại trên khay đếm mẫu sau quá trình chuẩn bị mẫu chia cho thể tích nước mưa dùng để phân tích. Đối với 24 mẫu nước mưa thu thập tại 3 vị trí, tổng hoạt độ alpha phụ thuộc vào mật độ bụi khí trong nước mưa theo hàm tuyến tính với hệ số $R^2 = 0,8665$, tổng hoạt độ beta phụ thuộc vào mật độ bụi khí trong nước mưa theo hàm tuyến tính với hệ số $R^2 = 0,7627$.

3.5. Tốc độ rơi lắng trung bình của các chất phóng xạ lên mặt đất

Trong công trình này, tốc độ rơi lắng trung bình của các chất phóng xạ lên mặt đất được đánh giá thông qua sự gia tăng tổng hoạt độ alpha và beta của lớp đất bề mặt do mưa. Do đó, tốc độ gia tăng này phụ thuộc vào lượng mưa trung bình hằng năm, được thể hiện trong Bảng 4. Trong đó, dữ liệu lượng mưa trong các tháng là giá trị trung bình của 5 năm gần nhất (từ 2011 đến 2015) theo dữ liệu của Cục thống kê TP Hồ Chí Minh [9].



Hình 9. Sự phụ thuộc tổng hoạt độ alpha và mật độ bụi trong nước mưa



Hình 10. Sự phụ thuộc tổng hoạt độ beta và mật độ bụi trong nước mưa

Tuy giá trị tổng hoạt độ alpha và beta thay đổi nhiều theo các tháng trong năm, nhưng tốc độ rơi lắng trung bình không thay đổi nhiều. Nguyên nhân là do khoảng thời gian mà hoạt độ phóng xạ trong nước mưa cao thì lượng mưa lại thấp. Tốc độ gia tăng tổng hoạt độ phóng xạ alpha trung bình hằng năm do sự rơi lắng phóng xạ trên mặt đất là $8,17 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S01, $14,77 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S02 và $8,51 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S03. Tương tự đối với tổng hoạt độ beta là $84,6 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S01, $94,8 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S02 và $64,5 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ ở vị trí S03. So sánh các giá trị này với các kết quả trong nghiên cứu của nhóm tác giả C. Duenas thực hiện trong 5 năm từ 2005 đến 2009 ở Malaga, Tây Ban Nha thì thấy thấp hơn đáng kể. Cụ thể, trong nghiên cứu này, tốc độ gia tăng tổng hoạt độ phóng xạ alpha trung bình do sự rơi lắng phóng xạ trên mặt đất dao động từ 0,4 đến $11 \text{ Bq m}^{-2} \text{ tháng}^{-1}$ và $21 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$. Tương tự đối với tổng hoạt độ phóng xạ beta là từ 1,3 đến $33,8 \text{ Bq m}^{-2} \text{ tháng}^{-1}$ và $120 \text{ Bq m}^{-2} \text{ năm}^{-1}$ [2].

Bảng 4. Tốc độ rơi lắng của các chất phóng xạ theo lượng mưa

Tháng trong năm	Lượng mưa trung bình (mm)	Tốc độ rơi lắng alpha trung bình (Bq m^{-2})			Tốc độ rơi lắng beta trung bình (Bq m^{-2})		
		S01	S02	S03	S01	S02	S03
4	112,1	$1,66 \pm 0,07$	$3,21 \pm 0,10$	$2,05 \pm 0,09$	$10,5 \pm 0,1$	$17,5 \pm 0,2$	$11,4 \pm 0,1$
5	135,6	$0,97 \pm 0,07$	$2,33 \pm 0,09$	$1,18 \pm 0,07$	$8,9 \pm 0,2$	$15,3 \pm 0,2$	$9,0 \pm 0,2$
6	211,6	$0,94 \pm 0,11$	$0,99 \pm 0,08$	$0,76 \pm 0,07$	$10,4 \pm 0,3$	$5,7 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$
7	227,7	$0,42 \pm 0,06$	$1,23 \pm 0,09$	$0,63 \pm 0,11$	$12,5 \pm 0,2$	$9,9 \pm 0,2$	$8,1 \pm 0,3$
8	219,8	$0,55 \pm 0,07$	$1,47 \pm 0,10$	$0,41 \pm 0,06$	$6,4 \pm 0,2$	$11,5 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$
9	379,5	$0,80 \pm 0,12$	$1,56 \pm 0,14$	$0,95 \pm 0,13$	$12,0 \pm 0,3$	$10,9 \pm 0,4$	$10,9 \pm 0,4$
10	343,6	$1,44 \pm 0,10$	$2,23 \pm 0,14$	$0,65 \pm 0,10$	$12,0 \pm 0,3$	$11,3 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,3$
11	205	$1,37 \pm 0,10$	$1,74 \pm 0,12$	$1,89 \pm 0,10$	$11,9 \pm 0,2$	$12,7 \pm 0,2$	$11,1 \pm 0,2$
Cả năm	1834,9	$8,17 \pm 0,26$	$14,77 \pm 0,31$	$8,51 \pm 0,23$	$84,6 \pm 0,7$	$94,8 \pm 0,7$	$64,5 \pm 0,7$

4. Kết luận

Trong công trình này, chúng tôi thực hiện quan trắc tổng hoạt độ phóng xạ alpha và tổng hoạt độ phóng xạ beta trong không khí và nước mưa tại ba vị trí khác nhau thuộc TP Hồ Chí Minh. Thời gian thực hiện là từ tháng 1 đến tháng 12 năm 2016. Ảnh hưởng của ^{222}Rn , ^{220}Rn đến kết quả đo hoạt độ các mẫu bụi khí và ảnh hưởng của sự tự hấp thụ alpha đến kết quả đo hoạt độ các mẫu nước mưa được xem xét và hiệu chỉnh.

Đối với các mẫu bụi khí, tổng hoạt độ alpha dao động từ nhỏ hơn MDA đến 6,8 mBq m⁻³, tổng beta dao động từ 0,73 đến 32,29 mBq m⁻³. Những mẫu bụi khí có hoạt độ phóng xạ cao ở các tháng của mùa khô. Đối với các mẫu nước mưa, tổng hoạt độ alpha dao động từ nhỏ hơn 1,9 đến 28,6 mBq l⁻³, tổng beta dao động từ 12 đến 156 mBq l⁻³. Những mẫu nước mưa có hoạt độ cao là vào tháng 4, là thời điểm bắt đầu mùa mưa. Tổng hoạt độ phóng xạ alpha và beta trong không khí và nước mưa ở vị trí S02 cao hơn ở các vị trí còn lại do gần các khu công nghiệp và đường quốc lộ nên lượng bụi trong không khí cao. Tuy nhiên, các giá trị hoạt độ này vẫn thấp hơn một số nghiên cứu khác trên thế giới. Nghiên cứu cũng cho thấy có sự tương quan tuyến tính giữa tổng hoạt độ phóng xạ alpha và beta với mật độ bụi trong nước mưa. Hoạt độ phóng xạ của các mẫu nước mưa đều dưới tiêu chuẩn an toàn phóng xạ của WHO khi sử dụng cho nhu cầu ăn uống.

Tốc độ rơi lắng phóng xạ lên mặt đất ở cả 3 vị trí đối với tổng alpha là từ 8,17 đến 14,77 Bq m⁻² năm⁻¹, đối với tổng beta là 64,5 đến 94,8 Bq m⁻² năm⁻¹. Tốc độ rơi lắng cao nhất là ở vị trí S02. Các giá trị này đều thấp hơn các kết quả quan trắc của V. Gomez Escobar và C. Duenas ở Malaga, Tây Ban Nha.

Lời cảm ơn: Công trình nghiên cứu này được cấp kinh phí từ Đề tài mã số T2016-25 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V. Gomez Escobar, F. Vera Tome, A. Martin Sanchez, "Gross alpha- and beta activities in rainwater and airborne particulate samples. Influence of Rainfall and Radon," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 31, pp. 273-285, 1996.
- [2] C. Duenas, M.C. Fernandez, E. Gordo, S. Canete, M. Perez, "Gross alpha, gross beta activities and gamma emitting radionuclides composition of rainwater samples and deposition to ground," *Atmospheric Environment*, vol. 45, pp. 1015-1024, Feb. 2011.
- [3] N. Momoshima, S. Sugihara, R. Ichikawa, H. Yokoyama, "Atmospheric radionuclides transported to Fukuoka, Japan remote from the Fukushima Dai-ichi nuclear power complex following the nuclear accident," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 111, pp. 28-32, Sept. 2012.
- [4] Yoshimune, "Ogata Fallout by the disaster of Fukushima Daiichi Nuclear Plant at Nagoya," *Radiation Measurements*, vol. 55, pp. 96-98, Aug. 2013.
- [5] S. B. Ibikunle, O. S. Ajayi, A. M. Arogunjo, O. V. Omoboyeje, "Measurement of natural radioactivity in rainwater samples collected from different rooftops and sources in Akure, Nigeria," *Environmental Forensics*, vol. 17, pp 136-143, May 2016.

- [6] Environmental Protection Agency (EPA), *Prescribed procedures for measurement of radioactivity in drinking water, EPA-600/4-80-032; Method 900.0*, Washington, D.C., 1980.
- [7] International Atomic Energy Agency (IAEA), *Measurements of radionuclides in food and the environment. A guidebook. Technical Reports Series, No. 295*, Vienna, 1989.
- [8] World Health Organization (WHO), *Guidelines for drinking water quality, fourth edition*, Geneva, 2010.
- [9] Cục Thống Kê Thành phố Hồ Chí Minh. (tháng 12, năm 2015). *Niên giám thống kê 2015*
Internet: <http://www.pso.hochiminhcity.gov.vn/web/guest/niengiamthongke>.