

KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ AN TOÀN BỨC XẠ ĐỐI VỚI I-131 TRONG KHÔNG KHÍ TẠI KHU VỰC SẢN XUẤT ĐỒNG VỊ PHÓNG XẠ

Trần Xuân Hồi*

Tóm tắt

Khi có quá trình chưng cất diễn ra, không khí tại Khu vực sản xuất I-131 của Viện Nghiên cứu Hạt nhân được lấy mẫu một cách gián đoạn bằng các phin lọc chuyên dụng. Có 206 mẫu không khí được hút trong năm 2015, sau đó được đo trên hệ phổ kế gamma phòng thấp để tính toán nồng độ. Kết quả khảo sát đã phát hiện được một số đặc điểm của I-131 trong không khí ở khu vực này như: Nồng độ có độ tương quan yếu với sản lượng; thời điểm đạt cực đại xảy ra bất kỳ thời điểm nào và hầu hết nồng độ đo được đều vượt quá giới hạn cho phép. Tuy nhiên, khi tính lượng phơi chiếu trong đối với I-131 của các nhân viên bức xạ ở đây lại khá thấp.

Từ khóa: I-131, lấy mẫu không khí, lượng phơi chiếu trong.

Abstract

Radiation safety investigation and assessment on indoor air I-131 in the radioactive isotope production area

As the distillation process occurring, the indoor air in the I-131 production area of the Nuclear Research Institute was intermittently sampled using the activated carbon cartridges. There were 206 air samples grabbed in year 2015 and then measured from a low-background gamma spectrometry to calculate the concentration. The results showed some noticeable properties of the I-131 concentration at the research areas such as concentration-product correlation is low, maximum value may occur at any time and most of the measured concentrations were beyond limit. However, the individual internal exposure to I-131 for the radiation workers was so low.

Keyword: I-131, air sampling, internal exposure.

1. Mở đầu

I-ốt là nguyên tố có đặc tính dễ thăng hoa, trong đó I-131 là một đồng vị phóng xạ được sử dụng nhiều trong chẩn đoán và điều trị các bệnh về tuyến giáp. Các nhân viên bức xạ (NVBX) làm việc liên quan đến I-131 sẽ có nguy cơ bị nhiễm xạ trong cao do hít phải đồng vị này [1-3]. Theo Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA) và Ủy ban Quốc tế về An toàn Bức xạ (ICRP), khu vực có NVBX tham gia làm việc hoặc thao tác trực tiếp trên các sản phẩm I-131 với một hoạt độ lớn thì phải đánh giá an toàn bức xạ (ATBX) của không khí một cách thường quy [1, 4].

Viện Nghiên cứu Hạt nhân (NCHN) Đà Lạt là cơ sở duy nhất tại Việt Nam thực hiện sản xuất và cung ứng các sản phẩm của I-131 [5]. Tại đây, I-131 được sản xuất bằng dây chuyền chưng cất khô sản phẩm kích hoạt từ lò phản ứng hạt nhân với sản lượng hàng chục Ci hàng tháng. Trong khi chưng cất thì một lượng đáng kể I-131 dạng hơi phát tán ra không khí xung quanh và gây phơi nhiễm trong cho NVBX [1-3, 6].

* ThS, Trường Đại học Phú Yên

Do đó, nghiên cứu này thực hiện đo đạt nồng độ I-131 trong không khí và đánh giá ATBX tại khu vực sản xuất của Viện NCHN Đà Lạt. Qua đó, một số đặc điểm đáng quan tâm về nồng độ I-131 tại khu vực này được phát hiện nhằm tăng cường công tác hạn chế liều cho các NVBX.

2. Thiết bị và phương pháp

2.1. Thiết bị

Thiết bị sử dụng để hút không khí qua phin lọc trong nghiên cứu này là một máy lấy mẫu khí loại xách tay với tên máy là RAS-1[7] do hãng Thermo Fisher Scientific Inc. sản xuất. Thông số kỹ thuật chi tiết của máy lấy mẫu khí được đưa ra ở Bảng 1. Phin lọc sử dụng trong đề tài này là loại phin lọc chuyên dụng TC-12 cho bắt giữ i-ốt, do hãng HI-Q sản xuất [8]. Thông số kỹ thuật của máy lấy mẫu khí và phin lọc được đưa ra ở Bảng 1. Hệ phổ kế gamma phòng thấp tại Trung tâm ATBX-Viện NCHN Đà Lạt được sử dụng để đo đếm hoạt độ của các mẫu trong nghiên cứu này. Hệ phổ kế này sử dụng đầu dò HPGe Oxford CPVDS30-30185 với hiệu suất tương đối là 33,4%, buồng chì Canberra 747E và phần mềm phân tích xung PC Multiport 16K.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy lấy mẫu khí [7] và phin lọc [8]

Máy lấy mẫu RAS-1		Phin lọc TC-12	
Đặc điểm	Thông số	Đặc điểm	Thông số
Hãng sản xuất	Eberline	Hãng sản xuất	HI-Q Environmental Products Co., Inc.
Model	RAS-1	Loại	TC-12
Chỉ thị lưu tốc	0-100 L/min	Kích thước	Đường kính 57,15 mm, cao 25,4 mm
Động cơ	1/4 HP, 220 V, 50 Hz	Kích thước lưới	8×16
Giá lắp phin lọc	RVH-20 HI-Q	Chất tẩm	5% Triethylene Diamine (TEDA)

2.2. Bố trí lấy mẫu không khí

Khu vực sản xuất I-131 của Viện NCHN Đà Lạt gồm có 3 phòng liên tiếp và thông với nhau. Chức năng của Phòng 1 là chưng cất, Phòng 2 là phân liều và Phòng 3 là hủy mẫu. Đặc điểm chung của các phòng này là không có cửa sổ. Hệ thống thông gió của từng phòng và bên trong các box sản xuất đều hoạt động liên tục trong quá trình diễn ra sản xuất. Các phòng được khép kín với hành lang và không bị ảnh hưởng bởi gió từ bên ngoài. Kích thước mỗi phòng là dài 6m × rộng 6m × cao 4m.

Trên cơ sở các khuyến cáo của IAEA [9] và dựa vào đặc điểm thiết bị hiện có thì thông số lấy mẫu khí được tính toán và lựa chọn gồm: Độ cao phin lọc là 1,5m; lưu tốc hút 70 L/phút; thời gian hút 10 phút/mẫu; hai mẫu liên tiếp lấy cách nhau khoảng 2,5 giờ. Bố trí lấy mẫu được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Lắp đặt và bố trí hệ thống lấy mẫu khí ở Phòng 1

2.3. Tính toán nồng độ

Hoạt độ phóng xạ $A(\text{Bq})$ tại thời điểm đo của phin lọc đã lấy mẫu được tính theo công thức (1). Hiệu suất ghi eff_E tại đỉnh năng lượng E được tính theo công thức (2). Nồng độ phóng xạ $C(\text{Bq})$ của không khí tại thời điểm lấy mẫu được tính theo công thức (3) [10-12].

$$A(\text{Bq}) = \frac{N_S}{eff_E \times f_E \times f_C \times t_S} \quad (1)$$

$$eff_E = \frac{N_S}{A_C \times f_E \times t_S} \quad (2)$$

$$C = \frac{A}{T \times r} e^{-\frac{0,693}{T_{1/2}} \Delta t} = \frac{A}{V} e^{-\frac{0,693}{T_{1/2}} \Delta t} \quad (3)$$

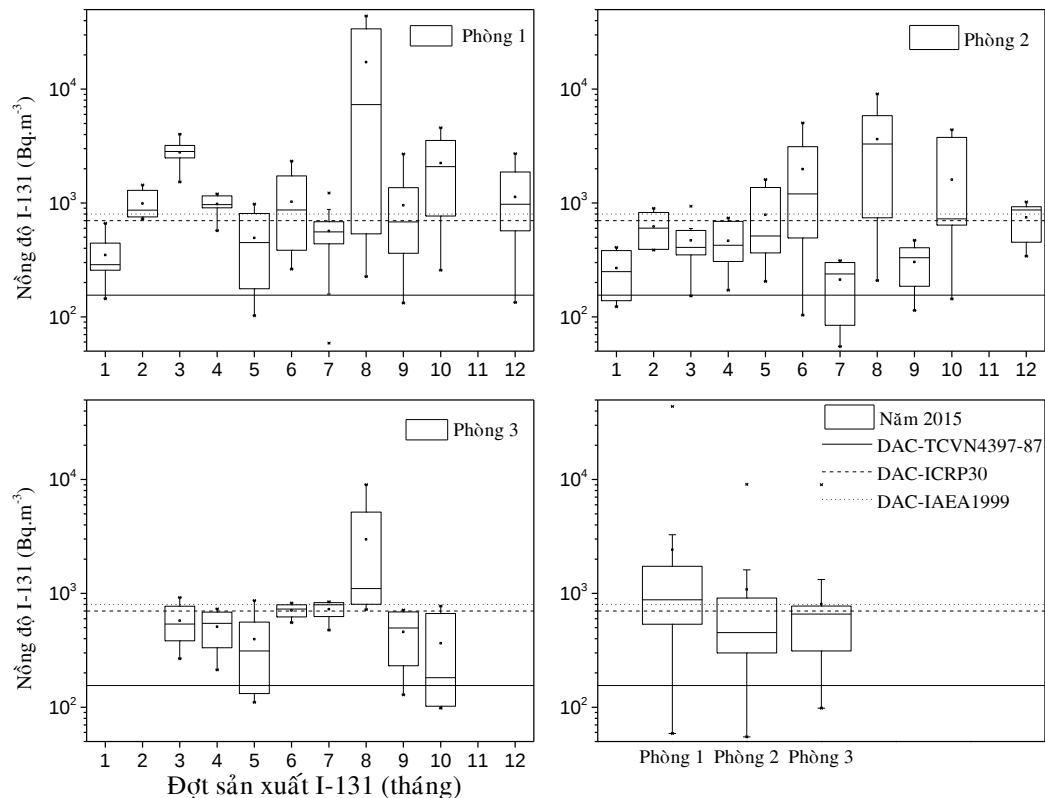
trong đó, N_S là số đếm thật, bằng số đếm tổng trừ số đếm phông tại đỉnh năng lượng E ($N_S = N_G - N_B$); t_S là thời gian đo đếm; eff_E là hiệu suất ghi tại đỉnh năng lượng E ; f_E là hiệu suất phát năng lượng E của nhân phóng xạ quan tâm; f_C là hệ số chuyển đổi hiệu suất ghi; A_C là hoạt độ phóng xạ của mẫu chuẩn; A là hoạt độ phóng xạ của phin lọc tại thời điểm đo đếm; T là thời gian lấy mẫu khí; r là lưu tốc không khí qua phin lọc khi lấy mẫu; V là thể tích không khí được lấy mẫu; $T_{1/2}$ là chu kỳ bán rã của I-131; Δt là thời gian rã (từ lúc lấy mẫu đến lúc đo). Đỉnh năng lượng E quan tâm là 364 keV. Tốc độ đếm phông tại 364 keV là 0,123 cps; thời gian đo mẫu là 1000 s; hiệu suất ghi tại 364 keV cho cấu hình phin lọc đặt sát đầu dò là 0,0456; hiệu suất phát đỉnh 364 keV là 0,82; giới hạn phát hiện khi phin lọc đặt sát cửa sổ đầu dò tại đỉnh 364 keV tính từ công thức trên là 1,04 Bq.

3. Kết quả đo nồng độ

Trung tâm Sản xuất Đồng vị phóng xạ của Viện NCHN Đà Lạt tiến hành sản xuất đồng vị I-131 mỗi tháng một đợt và diễn ra hầu hết trong một ngày. Thời gian mỗi đợt sản xuất kéo dài khoảng 10÷16 giờ và bắt đầu vào khoảng 8:00. Các mẫu khí được lấy tại các phòng một cách ngẫu nhiên và thời điểm lấy trong khoảng từ lúc bắt đầu đến lúc kết thúc sản xuất. Theo kết quả khảo sát, trong suốt thời gian sản xuất, I-131 trong không khí đều được phát hiện trong tất cả các lần lấy mẫu với nồng độ tương đối cao. Nồng độ dưới 100 Bq/m³ là rất ít xảy ra, chỉ đạt xấp xỉ 0,02%.

Bảng 2. Đặc trưng thống kê của nồng độ I-131 năm 2015

Đặc trưng thống kê	Phòng 1	Phòng 2	Phòng 3
Tổng số mẫu khí thu được	89	82	35
Trung bình nồng độ (Bq/m ³)	1154,1	746,7	840,7
Độ lệch chuẩn (1σ)	1717,5	373,2	510,2
Nồng độ cực đại (Bq/m ³)	43987,4	9099,0	9012,0
(thời điểm ghi nhận)	14h56-22/8	10h02- 22/8	9h48-22/8
Nồng độ cực tiểu (Bq/m ³)	58,7	54,9	98,0
(thời điểm ghi nhận)	09h46-18/7	12h40-18/7	11h02-17/10



Hình 2. Biểu đồ phân bố nồng độ I-131 trong năm 2015

Đặc trưng thống kê chung của nồng độ I-131 được thể hiện ở Bảng 2. Phân bố nồng độ I-131 tại từng phòng trong từng ngày sản xuất và trung bình năm được thể hiện trên Hình 2. Trong đó, nồng độ giới hạn dẫn xuất (DAC) được cho bởi 3 tiêu chuẩn khác nhau cũng được thể hiện trên Hình 2 để so sánh và đánh giá ATBX.

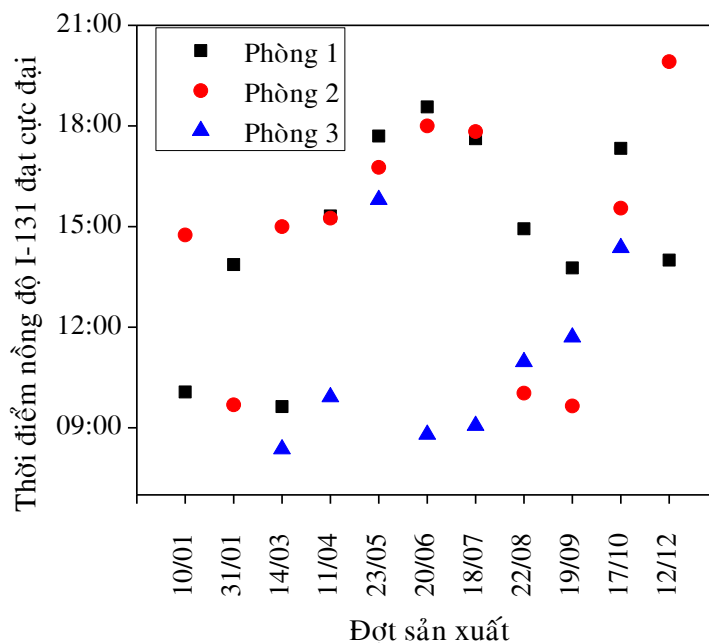
4. Thảo luận

Các đợt không thể lấy được mẫu bao gồm Phòng 1 và Phòng 2 vào tháng 11; Phòng 3 vào tháng 1, tháng 2, tháng 11 và tháng 2. Tất cả số liệu về nồng độ I-131 trong không khí vào các đợt không lấy mẫu được là không kể đến. Số lượng mẫu khí được lấy ở Phòng 3 là ít hơn so với hai phòng còn lại (Bảng 2). Lý do là tổng thời gian phơi chiếu tại Phòng 3 của cả nhóm đối tượng quan tâm là khá ít. Do đó, để tiết kiệm thời gian và kinh phí, mẫu khí lấy tại Phòng 3 bị hạn chế về số lượng so với hai phòng còn lại.

Nồng độ I-131 tại các thời điểm trong cùng một ngày ở cùng một phòng khác nhau đáng kể. Từ Hình 2 ta thấy rằng, vào tháng 5, tháng 6, tháng 8 và tháng 10 có sự khác biệt lớn về nồng độ trong mỗi đợt. Trong đó, nồng độ I-131 trong không khí vào đợt sản xuất tháng 8 trong cả 3 phòng đều có độ lệch chuẩn cao. Cụ thể, nồng độ tại Phòng 1, Phòng 2 và Phòng 2 vào tháng 8 lần lượt là $17290,4 \pm 18741,7$ Bq/m³; $3639,9 \pm 3.197,2$ Bq/m³ và $2985,2 \pm 4026,0$ Bq/m³. Điều này chứng tỏ rằng, vấn đề kiểm soát thường qui nồng độ I-131 tại khu vực sản xuất là rất cần thiết để đảm bảo môi trường làm việc cho NVBX.

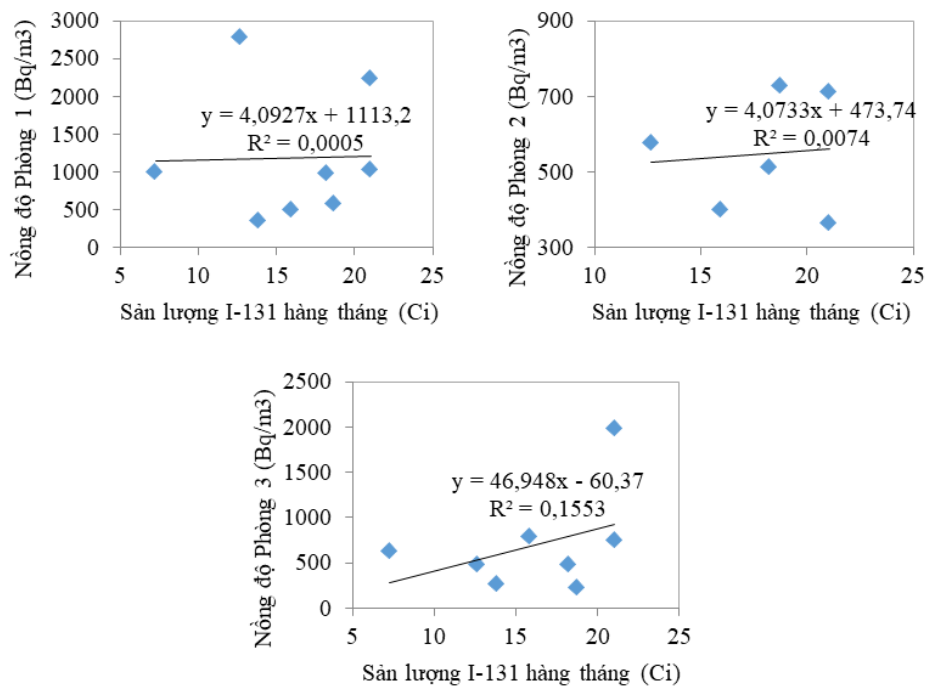
Quy trình sản xuất I-131 là cố định. Để hạn chế liều nhận được, một giả thiết đặt ra là có thể nồng độ I-131 trong không khí sẽ đạt cực đại vào các thời điểm như nhau trong các đợt sản xuất. Tuy nhiên, theo số liệu thực nghiệm thu được thì nồng độ tức thời đạt giá trị

cực đại vào các thời điểm khá lệch nhau (Hình 3).

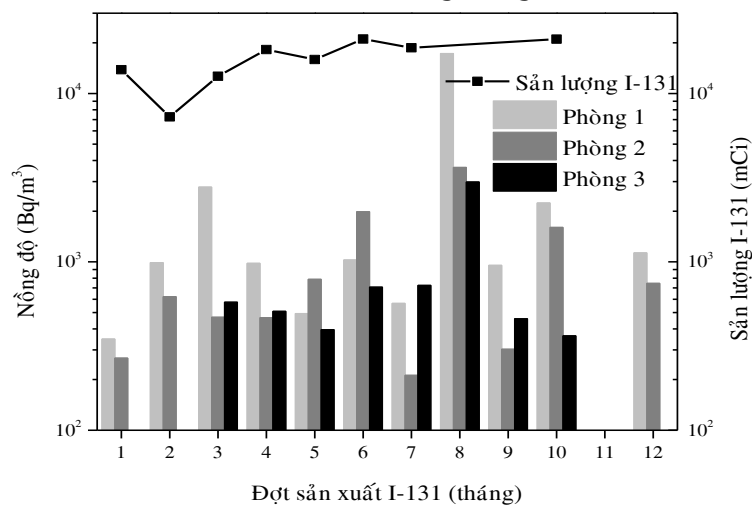


Hình 3. Thời điểm nồng độ I-131 trong không khí đạt cực đại

Nồng độ I-131 trung bình trong ngày ở mỗi phòng và sản lượng I-131 được sản xuất trong ngày hôm đó có mối tương quan yếu (Hình 4). Kết quả phân tích tương quan nồng độ-sản lượng cho thấy hệ số R^2 và P-value tại Phòng 1 là $R^2 = 0,0005$, P-value = 0,96; Phòng 2 là $R^2 = 0,16$, P-value = 0,33; Phòng 3 là $R^2 = 0,007$, P-value = 0,87. Điều này cho thấy rằng, sản lượng I-131 được sản xuất trong một đợt hầu như không quyết định nhiều vào nồng độ của I-131 trong không khí ngày hôm đó. Chẳng hạn, trong tháng 1 và tháng 3, sản lượng I-131 là tương đương nhau (khoảng 15 Ci) nhưng nồng độ trung bình tại Phòng 1 lại khác nhau đáng kể, 348 Bq/m³ so với 2580 Bq/m³ (Hình 5). Hoặc là, trong tháng 2 và tháng 6, nồng độ trung bình tại Phòng 1 là tương đương nhau (khoảng 1000 Bq/m³) trong khi sản lượng I-131 tương ứng trong hai đợt này lại khác nhau đáng kể, 7259 mCi so với 21055 mCi.



Hình 4. Tương quan giữa nồng độ trung bình của I-131 trong không khí và sản lượng I-131 được sản xuất hàng tháng



Hình 5. Nồng độ trung bình và sản lượng I-131

Xét về mức độ ATBX, Hình 2 cho thấy rằng, nồng độ trung bình đo được tại ba phòng vào tất cả các ngày sản xuất trong năm 2015 đều lớn hơn giá trị DAC cho bởi TCVN 4397-87 là 155 Bq/m³ [13]. Nếu so với DAC của ICRP-30 (700 Bq/m³) [14] hoặc IAEA (800 Bq/m³) [1] thì nồng độ trung bình năm 2015 tại Phòng 1 lớn hơn còn hai phòng còn lại thì nhỏ hơn. Tuy nhiên, các giá trị DAC cho bởi các tổ chức trên ứng với thời gian làm việc của NVBX là 160 giờ/tháng. Trong khi đó, nhóm đối tượng quan tâm chỉ làm việc khoảng 8 giờ/người/tháng tại các khu vực kiểm soát.

Với giả định là thời gian phơi chiếu của các NVBX hoàn toàn diễn ra tại vị trí có nồng độ cao nhất (Phòng 1) thì lượng phơi chiếu trong đối với I-131 năm 2015 ứng với mỗi NVBX là 0,072 DAC.h, tức chỉ bằng 7,2% so với giới hạn cho phép của IAEA [1]. Tuy

nhiên, để tính được lượng phơi chiếu chính xác hơn thì cần phải thống kê thời gian phơi chiếu tại từng vị trí theo từng đối tượng một cách riêng biệt.

5. Kết luận

Bài báo đã đưa ra kết quả khảo sát thực nghiệm về nồng độ I-131 trong không khí tại ba căn phòng sản xuất I-131, Viện NCHN Đà Lạt. Tổng cộng có 206 mẫu không khí được lấy trong cả năm 2015. Từ đó, tác giả đã đưa ra các thống kê và đánh giá nồng độ I-131 khảo sát được dựa trên các tiêu chuẩn hiện hành. Trên cơ sở đó, bài báo cũng đã rút ra một số kết luận như: mối tương quan giữa nồng độ I-131 trong không khí và sản lượng I-131 được sản xuất là rất yếu; nồng độ trong cả ba phòng là tương đối cao; thời điểm đạt cực đại của nồng độ trong các phòng là không cố định. Đây cũng là các khuyến cáo được đưa ra nhằm góp phần giảm thiểu liều chiếu trong nhận được cho các NVBX□

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] IAEA (1999), "Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides", IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.2, Vienna, Austria.
- [2] A. Bitar, M. Maghrabi, A.W. Doubal (2013), Assessment of intake and internal dose from iodine-131 for exposed workers handling radiopharmaceutical products, *Applied Radiation and Isotopes*, 82 370-375.
- [3] L.G. Carneiro, E.A. de Lucena, C. da Silva Sampaio, A.L.A. Dantas, W.O. Sousa, M.S. Santos, B.M. Dantas (2015), Internal dosimetry of nuclear medicine workers through the analysis of ¹³¹I in aerosols, *Applied Radiation and Isotopes*, 100 70-74.
- [4] ICRP (1991), "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 60, Pergamon, Oxford.
- [5] Duong Van Dong, Pham Ngoc Dien, Bui Van Cuong, Mai Phuoc Tho, Nguyen Thi Thu, Vo Thi Cam Hoa (2014), Production of Radioisotopes and Radiopharmaceuticals at the Dalat Nuclear Research Reactor, *Nuclear Science and Technology*, 4 46-56.
- [6] H. Arino, W. Gemmill, H. Kramer (1973), "Production of high purity iodine-131 radioisotope", Google Patents.
- [7] Thermo Fisher Scientific Inc. (2007), "RAS-1 & RAS-2 Portable Particulate Air Sampler", 27 Forge Parkway, Franklin, MA 02038 USA.
- [8] HI-Q Environmental Products Company Inc. (2012), "Catalog "W" 2012-13", 7386 Trade Street, San Diego, CA 92121.
- [9] IAEA (2000), "Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure", Safety Reports Series No. 18, Vienna.
- [10] W.R. Ott (1982), Concepts of human exposure to air pollution, *Environment International*, 7 179-196.
- [11] N.E. Klepeis (2006), Modeling human exposure to air pollution, *Human exposure analysis*, 445-470.
- [12] IAEA (2004), "Methods for Assessing Occupational Radiation Doses due to Intakes of Radionuclides", Safety Reports Series No. 37, Vienna, Austria.
- [13] Ủy ban Khoa học và Kỹ thuật Nhà nước (1987), "Quy phạm an toàn bức xạ ion hóa", Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 4397-87, Hà Nội.
- [14] ICRP (1979), "Limits for intakes of radionuclides by workers", ICRP Publication 30 (Supplement to Part 1). Ann. ICRP 3 (1-4).