

# XÁC ĐỊNH NGUỒN PHÁT THẢI KIM LOẠI TRONG KHÔNG KHÍ TẠI HẢI PHÒNG SỬ DỤNG CHỈ THỊ SINH HỌC RÊU *BARBULA INDICA* VÀ PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ ĐA BIẾN

Nguyễn Ngọc Mai<sup>1</sup>, Lê Hồng Khiêm<sup>1,2</sup>, Lê Đại Nam<sup>1</sup>, Mai Quang Tuấn<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

## Tóm tắt

Bài báo này trình bày việc áp dụng phân tích thống kê đa biến để xác định các nguồn phát thải từ hàm lượng các nguyên tố trong các mẫu rêu tại Hải Phòng. Tổng cộng 39 mẫu rêu đã được thu thập tại 39 địa điểm khác nhau vào tháng 01 năm 2020 tại Hải Phòng. Phương pháp phân tích kích hoạt neutron được sử dụng để phân tích nồng độ của 36 nguyên tố hóa học trong các mẫu rêu thu thập. Mức độ ô nhiễm của các nguyên tố hóa học trong không khí của Hải Phòng đã được phân loại và các nguồn phát thải ô nhiễm có thể được xác định bằng cách áp dụng phân tích thành phần chính sử dụng phần mềm SPSS.

**Từ khóa:** Phân tích thống kê đa biến; Chỉ thị sinh học; Rêu *Barbula Indica*.

## Abstract

### *Determination of the source of air pollution in Hai Phong by moss biological indicator and multi-variable statistical method*

*This paper presents the application of multivariate statistical analysis to identify pollution sources from the content of elements in moss samples in Hai Phong. A total of 39 moss samples were collected at 39 different locations in January 2020 in Hai Phong. Neutron activation analysis was used to analyze the concentrations of 36 chemical elements in the collected moss samples. The level of chemical element pollution in the air of Hai Phong has been classified and the possible pollution emission sources were identified by applying principal component analysis using SPSS software.*

**Keywords:** Multivariate statistical analysis; Air pollution; Moss biological indicator.

## 1. Mở đầu

Hải Phòng [1] là một thành phố ven biển nằm ở hạ lưu hệ thống sông Thái Bình, đồng bằng Sông Hồng, nằm trong khoảng từ 20°35' đến 21°01' vĩ độ Bắc và từ 106°29' đến 107°05' kinh độ Đông, cách Hà Nội khoảng 100 km về phía Đông Bắc. Hải Phòng là thành phố lớn thứ 3 của Việt Nam, là cảng biển lớn nhất miền Bắc Việt Nam và là trung tâm

kinh tế khoa học kỹ thuật quan trọng của cả nước. Hiện nay, Hải Phòng có tốc độ tăng trưởng GDP khá cao, tuy nhiên điều này cũng dẫn đến các vấn đề liên quan đến môi trường, đặc biệt tình trạng ô nhiễm không khí [2]. Yêu cầu về kiểm soát chất lượng không khí ở các thành phố lớn như Hải Phòng ngày càng cấp bách. Chủ tịch UBND thành phố Hải Phòng đã có Chỉ thị 12/CT-UBND nhằm tăng cường công

## Nghiên cứu

tác quản lý chất lượng không khí thông qua kiểm soát nguồn phát sinh khí thải và giám sát chất lượng không khí xung quanh, nhằm cải thiện chất lượng môi trường không khí và bảo đảm sức khỏe cộng đồng [3].

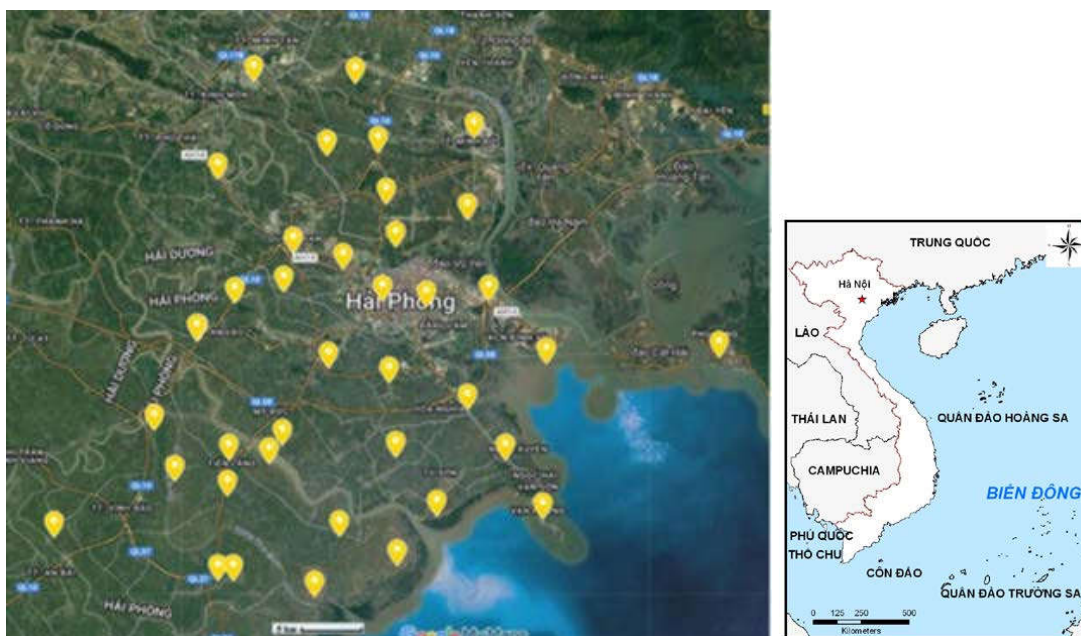
Khảo sát các chất ô nhiễm trong không khí bằng cách sử dụng rêu làm chỉ thị ô nhiễm môi trường không khí là một trong những giải pháp khả thi nên được áp dụng. Phương pháp này đã được áp dụng ở các nước khác nhau ở Châu Âu từ những năm 1970 [4]. Phương pháp rất hữu ích và phù hợp với các nước đang phát triển. Tại Việt Nam, giám sát ô nhiễm không khí các nguyên tố kim loại nặng bằng rêu *Barbula Indica* lần đầu tiên được thực hiện tại Hà Nội và tỉnh Thái Nguyên vào năm 2010. Bắt đầu từ 2017, một dự án sử dụng chỉ thị sinh học rêu để theo dõi sự lắng đọng nguyên tố đã được thực hiện với sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các giám sát sử dụng rêu *Barbula Indica* đã được thực hiện ở một số thành phố lớn [5 - 7].

Bài báo này trình bày kết quả phân tích thống kê đa biến áp dụng cho bảng số liệu về hàm lượng của 36 nguyên tố kim loại trong các mẫu rêu tại khu vực Hải Phòng. Trong đó bộ số liệu về hàm lượng các nguyên tố kim loại có trong rêu thu được bằng phương pháp phân tích kích hoạt neutron trên lò phản ứng hạt nhân IBR-2. Để tìm nguồn phát thải kim loại bằng phương pháp phân tích thống kê đa biến, nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm SPSS.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực điều tra và lấy mẫu rêu

Tổng số 39 mẫu rêu sống của *Barbular Indica* được thu thập vào tháng 01 năm 2020 tại các địa điểm khác nhau trong thành phố Hải Phòng. Các vị trí lấy mẫu được thể hiện trong Hình 1. Việc lấy mẫu rêu trên thực địa được thực hiện theo các hướng dẫn ICP [8]. Các điểm lấy mẫu được lựa chọn phân bố trên toàn bộ khu vực của Hải Phòng. Tại mỗi vị trí lấy mẫu, lấy ít nhất 3 mẫu con trong khu vực khoảng  $50 \times 50 \text{ m}^2$ .



**Hình 1: Các địa điểm lấy mẫu tại thành phố Hải Phòng**

Thông tin về mỗi điểm lấy mẫu được ghi lại bao gồm: Tên địa điểm, kinh độ, vĩ độ, thời gian lấy mẫu và các đặc điểm của khu vực xung quanh điểm lấy mẫu. Thông tin này là cần thiết để dự đoán các nguồn phát thải ô nhiễm. Các mẫu thu thập được lưu trữ trong túi làm bằng vật liệu polyethynene để tránh nhiễm bẩn. Tại phòng thí nghiệm, chỉ phân xanh ở ngọn cây rêu được chọn để phân tích. Bởi vì rêu bám trên mặt đất nên chúng bám rất nhiều bụi bẩn. Vì vậy, rêu đã được rửa bằng nước cất hai lần để loại bỏ bụi và sau đó sấy khô trong tủ sấy cho đến khi trọng lượng của mẫu rêu không thay đổi.

**2.2. Xác định nồng độ nguyên tố trong mẫu rêu bằng phương pháp phân tích kích hoạt neutron**

Để xác định nồng độ của các nguyên tố hóa học trong các mẫu rêu, nhóm tác giả sử dụng phương pháp phân tích kích hoạt neutron (NAA) [9,10]. NAA là một phương pháp phân tích đa nguyên tố không phá hủy với độ nhạy cao. Các mẫu rêu thu thập được phân tích tại lò phản ứng hạt nhân IBR 2 của Viện Liên hiệp nghiên cứu hạt nhân Dubna. Đã đã xác định được hàm lượng 36 nguyên tố bao gồm Al, As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, Yb, Zn và Zr.

**2.3. Phân tích dữ liệu**

Trong báo cáo này, phân tích dữ liệu thực hiện bằng phần mềm thống kê SPSS (Phiên bản 20) [11, 12] dành cho Window.

- Số liệu đầu vào

Số liệu về hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng trong các mẫu rêu có thể biểu diễn bằng bảng sau:

$$X_{n,p} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & & x_{np} \end{bmatrix}$$

trong đó  $x_{ij}$  là hàm lượng của nguyên tố thứ  $j$  tại điểm lấy mẫu thứ  $i$  ( $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq p$ ) còn  $n$  là số điểm lấy mẫu ( $n = 39$ ) và  $j$  là số nguyên tố ( $p = 36$ ). Bảng số liệu này tương đương với một đám mây  $n$  điểm trong không gian  $R^p$  trong đó điểm  $x_i$  có tọa độ  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$  với  $i=1, n$ .  $R^p$  được gọi là không gian các cá thể còn điểm  $x_i$  được gọi là cá thể thứ  $i$ . Tương tự ta có không gian  $R^n$  các điểm biến trong đó có  $p$  điểm biến có tọa độ  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$  với  $j = 1$ .

- Thuật toán sử dụng trong phần mềm

Phân tích nhân tố: Analyze - DimensionReduction - factor

- Số liệu đầu ra

Các kết quả đầu ra của phần mềm SPSS được trình bày dưới dạng bảng, biểu đồ và hình ảnh.

Kết quả phân tích dữ liệu dùng phần mềm SPSS bao gồm: Kết quả phân tích thống kê, ma trận tương quan, ma trận thành phần xoay, trị riêng và phương sai, biểu đồ dốc, biểu đồ các thành phần trong chiều không gian xoay,... Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả sẽ lựa chọn một số kết quả để phân tích.

Để đánh giá sơ bộ mức độ ô nhiễm của các nguyên tố trong không khí tại Hải Phòng, nhóm tác giả tính hệ số ô nhiễm CF [13] cho từng nguyên tố theo công thức:

$$CF = \frac{C_{mean}}{C_{Background}}$$

trong đó  $C_{mean}$  (mg/kg) là nồng độ trung bình của nguyên tố đối với 39 mẫu rêu được thu thập trong khu vực điều tra (giá

## Nghiên cứu

trị MEAN trong Bảng 1) và  $C_{Bg}$  (mg/kg) là nồng độ nền của nguyên tố đó. Theo định nghĩa CF,  $C_{Bg}$  phải là hàm lượng của nguyên tố tương ứng trong cùng một loài rêu *Barbula Indica* ở một khu vực được coi là không bị ô nhiễm. Tuy nhiên, giá trị nền này vẫn chưa có sẵn cho đến nay. Do đó, giá trị trung bình của 3 nồng độ nhỏ nhất của nguyên tố tương ứng trong số 39 mẫu rêu thu thập được, nhóm tác giả chọn làm giá trị nền của nguyên tố này trong khu vực khảo sát. Cách tiếp cận này cũng được sử dụng bởi nhiều nhóm nghiên cứu khác [13, 14].

Mức độ ô nhiễm được phân loại từ C1 đến C6 theo cách sau: C1 ( $CF < 1$ ) không bị ô nhiễm, C2 ( $1 \leq CF < 2$ ) có thể bị ô nhiễm, C3 ( $2 \leq CF < 3,5$ ) bị ô nhiễm nhẹ, C4 ( $3,5$

$\leq CF < 8$ ) ô nhiễm trung bình, C5 ( $8 \leq CF < 27$ ) ô nhiễm cao và C6 ( $CF \geq 27$ ) ô nhiễm cực kỳ nghiêm trọng [13, 14].

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả phân tích thống kê mô tả

Kết quả phân tích thống kê của 36 nguyên tố bao gồm Al, As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, Yb, Zn và Zr được liệt kê trong Bảng 1. Các thông số gồm MIN (nồng độ tối thiểu), MAX (nồng độ tối đa), STD (độ lệch trung bình trong sự phân bố nồng độ nguyên tố trong 39 vị trí điều tra), MEAN (nồng độ trung bình), MEDIAN (trung vị của nồng độ).

**Bảng 1. Kết quả phân tích thống kê mô tả**

EL	Min- Max	STD	Mean	Median	CV %	CF	PL
Al	2050 - 25300	5448	10741	9580	50,7	3,74	C4
As	0,43 - 2,99	0,67	1,58	1,50	42,1	3,45	C3
Ba	50,90 - 245,0	46,87	116,6	107,0	40,2	2,11	C3
Br	2,89 - 27,90	5,86	7,47	5,14	78,4	2,48	C3
Ca	2180 - 40300	6954	19502	19100	35,7	2,52	C3
Cd	0,16 - 1,91	0,54	0,77	0,63	69,5	4,86	C4
Ce	2,23 - 87,10	13,53	15,29	14,20	88,5	4,17	C4
Cl	79,00 - 14600	2314	1221	781,0	189,6	8,66	C5
Co	0,89 - 56,80	8,74	4,67	3,14	187	4,37	C4
Cr	8,78 - 98,20	20,10	31,62	28,10	63,6	3,18	C3
Cs	0,51 - 3,17	0,66	1,51	1,39	43,8	2,96	C3
Eu	0,05 - 0,47	0,12	0,24	0,21	49,4	3,93	C4
Fe	2150 - 23300	4734	8835	8160	53,6	3,32	C3
Hf	0,14 - 2,28	0,58	1,18	1,09	49,4	4,43	C4
K	1940 - 26500	5986	14329	14700	41,8	3,75	C4
La	1,76 - 12,00	2,76	6,23	6,27	44,3	3,07	C3
Mg	1510 - 10300	1986	5994	5910	33,1	2,24	C3
Mn	25,90 - 434,00	92,25	174,4	159,0	52,9	3,48	C3
Mo	0,76 - 3,49	0,81	1,85	1,74	44	2,39	C3
Na	187,0 - 4440	693,8	683,9	587,0	101,4	3,47	C3
Nd	1,16 - 12,40	2,63	4,87	4,70	53,9	4,20	C4
Rb	10,20 - 86,50	17,10	38,80	36,00	44,1	2,64	C3
Sb	0,57 - 6,78	1,29	1,59	1,22	80,9	2,70	C3
Sc	0,50 - 8,51	1,49	2,42	2,17	61,5	3,75	C4
Se	0,23 - 46,50	7,37	2,09	0,68	353,1	9,12	C5

EL	Min- Max	STD	Mean	Median	CV %	CF	PL
Sm	0,05 - 1,88	0,54	0,97	0,97	55,4	9,84	C5
Sr	57,20 - 228,0	34,18	103,1	101,0	33,2	1,70	C2
Ta	0,04 - 0,68	0,16	0,26	0,20	60,4	4,21	C4
Tb	0,04 - 0,30	0,06	0,15	0,15	39,36	3,05	C3
Th	0,54 - 3,85	0,95	2,22	2,31	43	3,78	C4
Ti	268,0 - 4160	1070	1283	1040	83,4	4,79	C4
U	0,20 - 2,40	0,47	0,85	0,67	55,5	2,62	C3
V	2,63 - 81,70	17,62	27,12	23,90	65,0	4,37	C4
Yb	0,13 - 0,95	0,23	0,58	0,59	40,1	3,16	C3
Zn	65,30 - 796,0	165,0	267,1	211,0	61,8	3,39	C3
Zr	14,30 - 113,0	28,16	55,05	47,80	51,2	3,60	C3

Giá trị CF trong Bảng 1 cho thấy không khí ở Hải Phòng bị ô nhiễm nặng (C5) bởi Cl (CF = 8,66), Se (CF = 9,12) và Sm (CF = 9,84) và ô nhiễm (C4) bởi Al, Cd, Ce, Co, Eu, Hf, K, Nd, Sc, Ta, Th, Ti và V.

### 3.2. Phân tích nhân tố

Chỉ có 17 nguyên tố trong số 36 nguyên tố được đưa vào phân tích nhân tố bao gồm Al, As, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Fe, K, Na, Sb, Sc, Se, Ti, V và Zn. Một phần quan trọng trong kết quả phân

tích thành phần chính là ma trận thành phần. Ma trận này chứa các hệ số biểu diễn các biến chuẩn hóa bằng các thành phần (mỗi biến là một tổ hợp tuyến tính của các thành phần). Những hệ số của ma trận này biểu diễn tương quan giữa các thành phần và các biến và được dùng để giải thích các thành phần. Để dễ hơn trong việc giải thích, người ta thường dùng cách xoay ma trận thành phần. Bảng 2 đưa ra ma trận thành phần sau khi đã xoay bằng thuật toán varimax

**Bảng 2. Ma trận thành phần xoay**

EL	Thành phần					
	Yếu tố 1	Yếu tố 2	Yếu tố 3	Yếu tố 4	Yếu tố 5	Yếu tố 6
Na	0,208	<b>0,948</b>	-0,071	0,088	-0,025	-0,052
Al	<b>0,894</b>	0,177	0,030	0,004	0,053	-0,080
Cl	0,088	<b>0,954</b>	0,094	-0,092	0,021	-0,112
K	0,364	<b>0,471</b>	-0,441	0,305	-0,200	0,144
Ca	0,134	-0,062	<b>0,668</b>	0,084	-0,088	-0,335
Sc	<b>0,954</b>	0,098	-0,063	0,051	-0,001	-0,025
Ti	<b>0,908</b>	0,177	-0,113	-0,055	-0,035	-0,052
V	<b>0,821</b>	0,002	0,254	0,073	0,043	-0,040
Cr	<b>0,720</b>	0,076	0,001	0,183	<b>0,589</b>	0,099
Fe	<b>0,938</b>	0,080	-0,079	0,181	0,005	-0,008
Co	0,218	0,032	-0,153	<b>0,720</b>	-0,105	-0,238
Zn	0,048	-0,008	0,138	<b>0,813</b>	0,191	0,200
As	<b>0,561</b>	0,263	0,358	0,305	-0,241	0,340
Se	0,015	-0,043	-0,076	0,026	<b>0,948</b>	0,050
Br	-0,245	0,102	<b>0,845</b>	-0,143	-0,092	0,073

EL	Thành phần					
	Yếu tố 1	Yếu tố 2	Yếu tố 3	Yếu tố 4	Yếu tố 5	Yếu tố 6
Cd	-0,062	-0,129	-0,056	-0,004	0,064	<b>0,894</b>
Sb	0,451	-0,081	<b>0,655</b>	0,155	0,108	0,271
Phương sai thành phần %	35,20	12,96	11,53	8,42	7,45	6,42
Tích lũy %	35,20	48,16	59,69	68,12	75,57	81,99

Yếu tố 1 là quan trọng nhất với 35,20 % tổng phương sai và được đóng góp chủ yếu bởi 7 nguyên tố bao gồm Al (0,894), As (0,561), Cr (0,720), Fe (0,938), Sc (0,954), Ti (0,908) và V (0,821). Al, Fe và Ti là những nguyên tố lớp vỏ phong phú nhất và chúng được coi là chỉ thị của đất [15]. Tương tự như kết quả thu được khi nghiên cứu tại khu vực Hà Nội, nhóm tác giả không thấy sự có mặt của nguyên tố Ca trong yếu tố 1 [16]. Điều này cũng phù hợp với kết quả xác định đặc tính của các nguồn hạt mịn tại Hà Nội từ năm 2001 đến năm 2008 (Cohen et al.) [17]. Kết quả của một số nghiên cứu trước đây cho thấy không khí ở các thành phố lớn ở Việt Nam bị ô nhiễm nặng do bụi đất. Các nguyên tố hóa học khác cũng có trong yếu tố 1 bao gồm As, Cr, Sc và V được tìm thấy trong vỏ trái đất với hàm lượng tương đối cao nên có thể thấy rõ chúng có nguồn gốc từ bụi đất. Tuy nhiên, chúng cũng có thể được gây ra do các hoạt động công nghiệp dựa vào hệ số biến thiên của các nguyên tố này.

Yếu tố 2 chiếm 12,96 % tổng phương sai mẫu và được tạo thành chủ yếu từ 3 nguyên tố gồm Cl (0,954), K (0,471) và Na (0,948). Cl, K và Na được phát thải vào khí quyển bởi nhiều nguồn khác nhau, trong đó đốt sinh khối là nguồn phát thải quan trọng [18]. Ngoài ra, hệ số biến thiên của Cl và Na rất cao và do đó chúng có nguồn gốc từ biển.

Yếu tố 3 chiếm 11,53 % của tổng phương sai mẫu và chủ yếu được tạo thành từ 3 nguyên tố bao gồm Br, Ca và Sb với các hệ số tải tương ứng là 0,845, 0,668 và 0,655. Tại các khu vực này, có hai nhà máy xi măng Chinfon, Vicem lớn và nhiều nhà máy đóng tàu lớn. Các nguồn phát thải Br, Ca và Sb có thể liên quan đến các nhà máy này, cụ thể là Ca có thể được phát ra từ quá trình sản xuất xi măng của các nhà máy xi măng Chinfon và Vicem [17] trong khi Br và Sb được phát tán vào không khí bởi một số lượng lớn các xe chở nhiên liệu diesel rất lớn chuyên chở nguyên liệu thô đến các nhà máy xi măng và nhà máy đóng tàu và đưa sản phẩm đến các kho bảo quản [19].

Yếu tố 4 với 8,25 % tổng phương sai mẫu và bao gồm 2 nguyên tố Co và Zn với các hệ số tải tương ứng là 0,720 và 0,813. Cần lưu ý rằng hệ số biến thiên của Zn (51 %) không quá cao nhưng hệ số biến thiên của Co lại rất cao (187 %). Một số nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng một trong những nguồn chính phát thải Zn vào không khí là hoạt động của các phương tiện cơ giới như ô tô, xe máy. Sự mài mòn của lớp xe cơ giới sẽ giải phóng kẽm. Ngoài ra, Zn là chất phụ gia có hàm lượng cao trong dầu bôi trơn [20]. Trong một bài báo về kết quả khảo sát chất lượng không khí ở Châu Á, đã chỉ ra rằng nhiều phương tiện cơ giới với động cơ hai thì vẫn được sử dụng rộng rãi

và chúng là nguồn phát thải chính của Zn vào không khí [21]. Ngoài Zn, còn có Co trong yếu tố 4 với hệ số tải khá cao. Quá trình đốt cháy dầu nhiên liệu là một trong những nguồn chính phát thải các nguyên tố này vào không khí. Hải Phòng là một trong hai cảng biển lớn nhất Việt Nam. Số lượng xe tải lớn sử dụng nhiên liệu dầu hỏa hoạt động trên toàn thành phố là rất lớn. Các phương tiện này chuyên chở các loại hàng hóa xuất nhập khẩu ra vào cảng. Ngoài ra, số lượng tàu sử dụng nhiên liệu dầu cũng rất nhiều ở các cảng biển, cảng sông của thành phố. Do đó, lượng nhiên liệu dầu mà các phương tiện này sử dụng hàng ngày là rất lớn và do đó sẽ thải ra ngoài không khí một lượng lớn Co [22].

Yếu tố 5 chiếm 7,45 % tổng phương sai mẫu và Se là yếu tố chính góp phần vào yếu tố này với tải trọng nhân tố là 0,948. Hệ số biến thiên của Se rất cao, hơn 353 %, chứng tỏ Se được phát tán vào không khí từ nhiều nguồn khác nhau. Trong các ứng dụng, Selen được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực nông nghiệp như để cải tạo đất nông nghiệp, trong thuốc diệt côn trùng và trong thức ăn gia súc [23].

Yếu tố 6 chịu trách nhiệm cho 6,42 % tổng phương sai mẫu và chỉ bao gồm một yếu tố Cd (0,894) với nồng độ biến thiên tương đối cao. Ngoài ra, sự phong phú dạng của nguyên tố Cd đứng thứ 66 trong vỏ trái đất, do đó nó chủ yếu có nguồn gốc từ các hoạt động của con người. Cadmium có thể được thải vào không khí chủ yếu từ quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch như dầu và than đá, từ quá trình đốt rác thải đô thị [24].

#### **4. Kết luận**

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã

trình bày về khả năng dùng phương pháp phân tích thống kê đa biến như một công cụ cần thiết để phân tích bộ số liệu ô nhiễm kim loại nặng trong không khí thông qua chỉ thị sinh học rêu. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phần mềm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) để phân tích dữ liệu. Từ những kết quả thu được nhóm tác giả có thể đưa ra một số kết luận về các nguồn gốc gây ô nhiễm kim loại nặng trong không khí ở khu vực đã khảo sát. Tổng cộng có 6 yếu tố được tìm thấy để giải thích cho 81,99 % sự thay đổi của tập dữ liệu. Lượng biến thiên (%) mà các yếu tố 1, 2, 3, 4, 5, 6 có thể giải thích được lần lượt là 35,20; 12,96; 11,53; 8,42; 7,45 và 6,42. Nguồn ô nhiễm chính với mỗi yếu tố cũng được xác định. Các kết quả phân tích thống kê khá phù hợp với đoán nhận trực quan. Từ hàm lượng của các nguyên tố, nhóm tác giả đã xác định được hệ số ô nhiễm cho 36 nguyên tố và đánh giá sơ bộ được mức độ ô nhiễm của mỗi nguyên tố đó trong không khí ở Hải Phòng. Không khí ở Hải Phòng bị ô nhiễm nặng (C5) bởi Cl (CF = 8,66), Se (CF = 9,12) và Sm (CF = 9,84) và ô nhiễm (C4) bởi Al, Cd, Ce, Co, Eu, Hf, K, Nd, Sc, Ta, Th, Ti và V.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Official Website of Haiphong city. <http://en.haiphong.gov.vn/AboutHaiPhong.html>.
- [2]. <https://haiphong.gov.vn/tin-tuc-su-kien/Tang-cuong-kiem-soat-o-nhiem-moi-truong-khong-khi-tren-dia-ban-thanh-pho-59279.html>.
- [3]. <https://baoxaydung.com.vn/haiphong-kiem-soat-o-nhiem-moi-truong-khong-khi-tren-dia-ban-thanh-pho-303897.html>.
- [4]. Pakarinen P., Rinne R.J.K., (1979).

## Nghiên cứu

*Growth rates and heavy metals concentrations of five moss species in Paludified spruce forest.* Lindbergia 5(2):77 - 83.

[5]. Nguyen V. H., Frontasyeva M. V., Trinh T. T. M., Gilbert D., Bernard N., (2010). *Atmospheric heavy metal deposition in Northern Vietnam: Ha Noi and Thai Nguyen case study using the moss biomonitoring technique.* INAA and AAS. Environ Sci Pollut Res 17:1045 - 1052.

[6]. Tien D. P. T., My T. T. T., Khiem L. H., Frontasyeva M., Quyet N. H., (2019). *Study of air pollution in Central and Southern Vietnam using moss technique and neutron activation analysis.* Asia Pac J Atmos Sci 55:247-253.

[7]. Khiem L. H., Sera K., Hosokawa T., Quyet N. H., Frontasyeva M. V., Trinh T. T. M., My N. T. B., Nghia N. T., Trung T. D., Nam L. D., Hong K. T., Mai N. N., Thang D. V., Son N. A., Thanh T. T., Tien D. P. T., (2020). *Assessment of atmospheric deposition of metals in Ha Noi using the moss biomonitoring technique and proton-induced X-ray emission.* J Radioanal Nucl Chem 324:43 - 54.

[8]. ICPVegetation (2015). *Heavy metals in European mosses: 2015 survey.* Monitoring manual. International Cooperative Program on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. Centre for Ecology & Hydrology, Natural Environment Research Council, Bangor, UK, <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>.

[9]. Frontasyeva M. V., (2008). *Epithermal neutron activation analysis at the IBR2 Reactor of the Frank Laboratory of Neutron Physics at the Joint Institute for Nuclear Research (Dubna).* Phys of At Nucl 71:1684 - 1693.

[10]. Pavlov S. S., Dmitriev A. Y., Frontasyeva M. V., (2016). *Automation system for neutron activation analysis at the reactor IBR2, Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia.* J Radioanal Nucl Chem 309:27 - 38.

[11]. Hoàng Trọng, Chu Mộng Ngọc

(2008). *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS.* Nxb. Hồng Đức, 27 - 41.

[12]. Nguyễn Hữu Du (2014). *Phương pháp phân tích thành phần chính và phân tích cụm trong xử lý số liệu thống kê nhiều chiều.* Tạp chí Khoa học và Phát triển, Tập 12, Số 5 (2014) 762 - 768.

[13]. Fernández J.A., Carballeira A.A., (2021). *Comparison of indigenous mosses and topsoils for use in monitoring atmospheric heavy metal deposition in Galicia (Northwest Spain).* Environ Pollut 114:431 - 441.

[14]. Zhou X., Chen Q., Liu C., Fang Y., (2017). *Using moss to assess airborne heavy metal pollution in Taizhou, China.* Int J Environ Res Public Health 14:430.

[15]. Alekseenko V., Alekseenko A., (2014). *The abundance of chemical elements in urban soils.* J Geochem Explor 147:245 - 249.

[16]. Quyet N.H., Khiem L.H., My T.T.T., My N.T.B., Frontasyeva M., Zinicovscaia I., Son N.A., Thanh T.T., Nam L.D., Hong K.T., Mai N.N., Trung T.D., Thang D.V., Hang N.T.T., (2021). *Biomonitoring of chemical element air pollution in Ha Noi using Barbula Indica moss.* Environ Eng Manag J 20(5):791 - 800.

[17]. Cohen D.D., Crawford J., Stelcer E., Bac V.T., (2010). *Characterization and source apportionment of fine particulate sources at Ha Noi from 2001 to 2008.* Atmos Environ 44:320 - 328.

[18]. Popovicheva O.B., Shonija N.K., Persiantseva N., Timofeev M., Diapouli E., Eleftheriadis K., Borgese L., Nguyen X.A., (2017). *Aerosol Pollutants during agricultural biomass burning: A case study in Ba Vi region in Ha Noi, Vietnam.* Aerosol Air Qual Res 17:2762 - 2779.

[19]. Hao Y., Deng S., Yang Y., Song W., Tong H., Qiu Z., (2019). *Chemical composition of particulate matter from traffic emissions in a road Tunnel in Xi'an, China.* Aerosol Air Qual Res 19:234 - 246.

[20]. Glynis C.L., James J.S., JuneSoo

- P., Martin M.S., Jeffrey T.D., Jason P.W., (2005). *Emissions of metals associated with motor vehicle roadways*. Environ Sci Technol 39:826 - 836.
- [21]. Hopke P.K., Cohen D.D., Begum B.A., Biswas S.K., Ni B., Pandit G.G., Santoso M., Chung Y.S., Davy P., Markwitz A., Waheed S., Siddique N., Santos F.L., Pabroa P.C.B., Seneviratne M.C.S., Wimolwattanapun W., Bunprapob S., Vuong T.B., Hien P.D., Markowicz A., (2008). *Urban air quality in the Asian region*. Sci Total Environ 404:103 - 112.
- [22]. Kosiorek M., Wiszkowski M., (2019). *Effect of cobalt on the environment and living organisms - A review*. Appl Ecol Environ Res 17(5):11419 - 11449.
- [23]. Dennis Lemly A., (2002). *Selenium pollution around the world*. In: Dennis Lemly A (ed) *Selenium Assessment in Aquatic Ecosystems*. Springer New York, New York, NY, p. 3 - 17. [https://doi.org/10.1007/9781461300731\\_1](https://doi.org/10.1007/9781461300731_1).
- [24]. Adedapo A.A., Adeoye B.O., (2014). *Cadmium, an environmental pollutant: A review*. West Afr J Pharmacol Drug Res 29:1 - 11.
- BBT nhận bài: 12/10/2023; Phản biện xong: 13/11/2023; Chấp nhận đăng: 15/12/2023