

SỬ DỤNG CHỈ THỊ SINH HỌC RÊU BARBULA INDICA TRONG ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT THẢI GÂY Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG TRONG KHÔNG KHÍ TẠI THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG

LÊ ĐẠI NAM¹, KHUẤT THỊ HỒNG^{1,2}

¹Viện Vật lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Khoa học liên ngành và Nghệ thuật, Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt:

Hoạt động kiểm soát chất lượng không khí một cách thường xuyên và liên tục là yêu cầu cấp thiết hiện nay ở các thành phố (TP) của Việt Nam nói chung, trong đó có TP. Hải Phòng nói riêng. Nghiên cứu nhằm xác định nguồn gốc phát thải kim loại nặng trong không khí áp dụng phương pháp phân tích kích hoạt neutron trên lò phản ứng IBR-2 của Viện Liên hiệp Nghiên cứu hạt nhân Dubna Nga, áp dụng trên 39 mẫu chỉ thị sinh học rêu *Barbula Indica* được thu tại 39 địa điểm khác nhau trong tháng 1/2020 tại TP. Hải Phòng. Bằng phương pháp phân tích nhân tố (Factor Analysis), nhóm nghiên cứu đã đưa ra đánh giá các nguồn chính gây ô nhiễm kim loại nặng tại TP. Hải Phòng cũng như tính khả thi trong sử dụng rêu *Barbula Indica* trong phân tích ô nhiễm kim loại nặng trong không khí.

Từ khóa: Ô nhiễm không khí, chỉ thị sinh học rêu, phân tích kích hoạt neutron.

Ngày nhận bài: 11/10/2024; Ngày sửa chữa: 28/10/2024; Ngày duyệt đăng: 18/11/2024.

USING BARBULA INDICA MOSS IN ASSESSING EMISSION SOURCES CAUSING HEAVY METAL POLLUTION IN THE AIR IN HAI PHONG CITY

Abstrat:

Continuous and systematic air quality monitoring has become an urgent necessity. This study investigates the identification of sources of heavy metal emissions in the atmosphere using neutron activation analysis performed at the IBR-2 reactor of the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna, Russia. The analysis was conducted on 39 samples of the moss *Barbula indica*, which were collected from 39 locations in Hai Phong in January 2020. Through factor analysis, the research team assessed the primary sources of heavy metal pollution in Hai Phong City and evaluated the suitability of *Barbula indica* moss as a bioindicator for analyzing atmospheric heavy metal contamination.

Keywords. Air Pollution, Moss biomonitoring, neutron activation analysis.

JEL Classifications: Q52, Q53, Q54.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô nhiễm không khí tại Việt Nam ngày càng trở nên nghiêm trọng (Q. Z. N. D. P. H. Fan P, 2019). Đây là hệ quả của tốc độ công nghiệp hóa và đô thị hóa một cách nhanh chóng. Các TP lớn là nơi tập trung nhiều các khu công nghiệp và có số lượng dân cư đông đúc nên có nhiều nguy cơ về ô nhiễm không khí, gây ảnh hưởng tới sức khỏe con người

Hải Phòng cách thủ đô Hà Nội khoảng 100 km về phía Đông Bắc, là cảng biển lớn nhất miền Bắc và là đầu mối kinh tế, khoa học kỹ thuật quan trọng của cả nước. Hải Phòng được biết tới là TP công nghiệp, với diện tích lớn thứ ba cả nước, đồng thời cũng là TP du lịch nổi tiếng tại Việt Nam. Hải Phòng có đảo Cát Bà, nằm tại vịnh Lan Hạ, một trong những vịnh đẹp nhất thế giới, được tổ chức UNESCO công nhận là Khu dự trữ sinh quyển của thế giới (Ha Long Bay, 2023). Nhằm tăng cường kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí, giảm thiểu tác động bất lợi đến

sức khỏe con người và phát triển kinh tế - xã hội của TP theo hướng phát triển bền vững, tại Chỉ thị số 12/CT-UBND ngày 16/4/2021, Chủ tịch UBND TP. Hải Phòng yêu cầu các Sở, ban ngành, UBND các quận, huyện thực hiện nghiêm túc Quyết định số 985a/QĐ-TTg ngày 1/6/2016 của Thủ tướng Chính phủ và Quyết định số 2740/QĐ-UBND ngày 7/11/2016 của UBND TP về Kế hoạch quản lý chất lượng môi trường không khí trên địa bàn TP. Hải Phòng đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2025, với mục tiêu tăng cường công tác quản lý kiểm soát nguồn phát khí thải và giám sát chất lượng không khí xung quanh, nhằm cải thiện chất lượng môi trường không khí và đảm bảo sức khỏe cộng đồng (UBND TP. Hải Phòng).

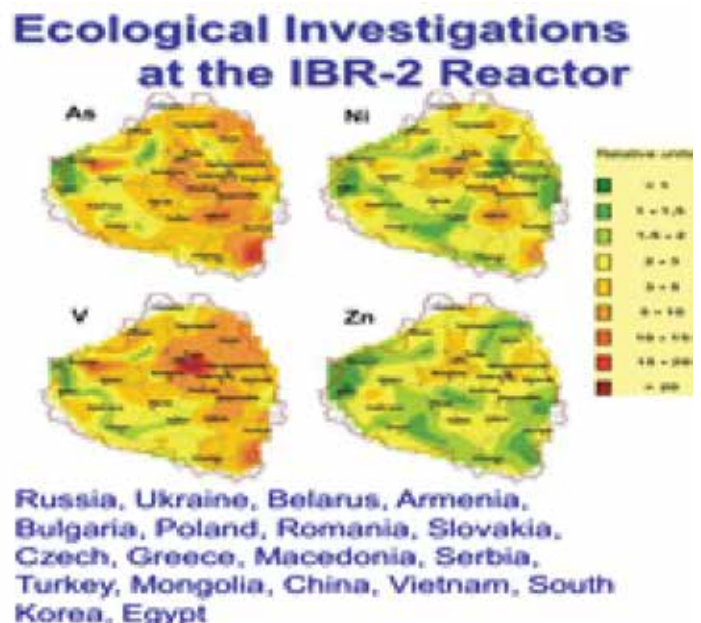
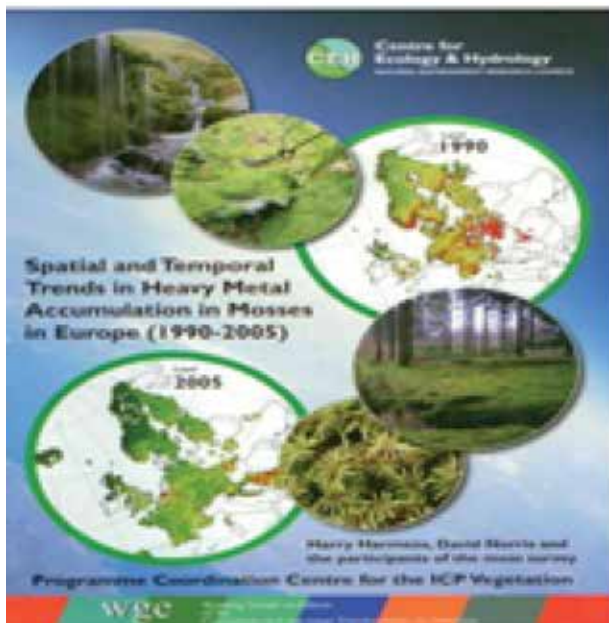
Thông thường, chất lượng không khí được quan trắc liên tục bằng các trạm quan trắc chất lượng không khí tự động. Ưu điểm của phương pháp này là có thể theo dõi thường xuyên chất lượng không khí. Tuy nhiên, phương pháp có khá nhiều nhược điểm,



cụ thể là: i) Rất đắt tiền; ii) Phải có những cán bộ kỹ thuật am hiểu để bảo trì, và hiệu chuẩn lại các thiết bị phân tích...); iii) Chỉ có thể lắp đặt ở những vị trí có nguồn điện cung cấp... Do những nhược điểm trên mà số lượng trạm được lắp đặt ở các nước đang phát triển như Việt Nam, còn rất khiêm tốn. Ngoài ra, các trạm quan trắc chất lượng không khí tự động thường chỉ được trang bị các thiết bị theo dõi các khí độc như SO_x, NO_x, CO_x... Các thiết bị quan trắc tự động rất khó tiếp cận được bài toán về ô nhiễm các nguyên tố hóa học trong không khí. Để theo dõi ô nhiễm các chất hóa học trong không khí, có thể sử dụng các máy bơm hút khí kết hợp với các phin lọc. Sau một thời gian hút nhất định, các phin lọc

sẽ được đưa đến các phòng thí nghiệm để phân tích hàm lượng các nguyên tố hóa học tích tụ trên phin lọc. Phương pháp này cũng có những nhược điểm là: không thể quan trắc trên một khu vực rộng tại cùng một thời điểm. Hơn nữa, thời gian hút mẫu không thể đủ dài nên kết quả phân tích thường chỉ được xem là phản ánh mức độ ô nhiễm trong một khoảng thời gian ngắn.

Nhằm khắc phục những nhược điểm của các phương pháp trên, phương pháp dùng các loại chỉ thị sinh học (địa y, rêu, tảo...) đã được nghiên cứu và phát triển ở các nước châu Âu ngay từ những năm 60 của thế kỷ trước (R. R. Pakarinen P,1979). (Hình 1).



▲ Hình 1. Các quốc gia tham gia là thành viên và quan sát viên của Viện Liên hiệp Nghiên cứu hạt nhân Dubna tham gia vào Chương trình nghiên cứu ô nhiễm kim loại nặng trong không khí sử dụng chỉ thị sinh học rêu

Rêu là đối tượng được sử dụng trong nghiên cứu ô nhiễm môi trường không vì những lý do sau: i) Rêu là loại thực vật bậc thấp, không có biểu bì và bộ rễ của nó là giả. Vì vậy, rêu được nuôi sống chỉ nhờ hấp thụ dinh dưỡng từ không khí, ii) Hệ số hấp thụ của rêu rất lớn do nó không có biểu bì và tỉ số diện tích bề mặt tính trên một đơn vị khối lượng là lớn nhất trong tất cả các loại thực vật, iii) Rêu hiện diện ở khắp nơi nên việc lấy mẫu không khó. Quá trình thu thập rêu, bảo quản và xử lý để phân tích cũng rất đơn giản, iv) Rêu có khả năng chịu được ô nhiễm ở mức độ cao nên ở những khu vực bị ô nhiễm nặng vẫn có thể thu thập được mẫu.

Hiện nay, có 2 phương pháp dùng rêu đang được áp dụng trên thế giới: (1) Phương pháp thụ động: sử dụng rêu sống thu thập tại khu vực cần nghiên cứu. Phương pháp này được áp dụng với những khu vực

nghiên cứu ở đó có mọc loại rêu cần sử dụng; (2) Phương pháp chủ động: Lấy mẫu rêu sống ở các vùng không có ô nhiễm và cho vào các túi lưới làm bằng vật liệu ni lông để treo ở các khu vực cần khảo sát mà tại đó không có loại rêu cần sử dụng. Sau khi treo một thời gian cần thiết (một vài tháng), các túi rêu được đưa đến các phòng thí nghiệm để phân tích. Phương pháp này thường được áp dụng cho các khu đô thị lớn có nhiều cao ốc, các khu công nghiệp, đường giao thông...

Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích kích hoạt neutron trên lò phản ứng IBR-2 của Viện Liên hiệp Nghiên cứu hạt nhân Dubna Nga (Dubna Moscow Region Russia 141980), áp dụng trên chỉ thị sinh học rêu *Barbula Indica* nhằm phân tích nhân tố (factor analysis) để đánh giá nguồn gốc gây ô nhiễm kim loại nặng trong không khí tại TP. Hải Phòng,

đồng thời đưa ra các dẫn chứng về tính khả thi của việc sử dụng rêu trong nghiên cứu ô nhiễm kim loại nặng trong không khí.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu:

Nghiên cứu sử dụng rêu *Barbula Indica* (Hình 2) để quan sát ô nhiễm nguyên tố trong không khí được thực hiện tại TP. Hải Phòng vào tháng 1 năm 2020. Rêu mọc gần như ở khắp mọi nơi và chúng có thể mọc trên mọi môi trường khác nhau, thậm chí ngay cả ở những khu công nghiệp và cả trong các TP.

Rêu không có lớp biểu bì nên các ion kim loại dễ dàng thâm nhập vào thân cây rêu. Khả năng hấp thụ các nguyên tố kim loại từ không khí của rêu rất cao so với các loại thực vật khác. Do rêu không có bộ rễ (hoặc có thể xem bộ rễ của rêu là rễ giả) nên chúng chỉ hấp thụ các khoáng chất từ không khí. Rêu có

cấu trúc lớp và chất hữu cơ tạo ra từng năm thành các đoạn riêng. Sự lan truyền của các khoáng chất giữa các đoạn của rêu hầu như không có do không có các tế bào mao dẫn. Rêu hấp thụ các nguyên tố kim loại theo cách hoàn toàn thụ động giống như các bộ trao đổi ion. Tỷ lệ giữa diện tích bề mặt và thể tích của cây rêu là rất lớn nên có thể xem các cây rêu như các màng lọc không khí. Các nhà khoa học đã phát hiện thấy, có tỷ lệ hàm lượng của các nguyên tố kim loại trong rêu và trong môi trường không khí mà nó phát triển.

Phương pháp nghiên cứu ô nhiễm môi trường không khí sử dụng cây rêu đã và đang được triển khai áp dụng rộng rãi ở rất nhiều nước. Bản đồ ô nhiễm không khí được thiết lập thông qua chỉ thị rêu đã và đang được thiết lập bởi Chương trình UNECE ICP Vegetation ở châu Âu (UNECE ICP) (ICP Vegetation, 2015).



▲ Hình 2. Rêu *Barbula Indica*

2.2. Phương pháp nghiên cứu:

+ Thu thập mẫu rêu:

Bảng 1. Tọa độ các điểm lấy mẫu rêu tại Hải Phòng

| Mẫu | Vĩ độ | Kinh độ | Mẫu | Vĩ độ | Kinh độ |
|------|----------|----------|------|----------|----------|
| HP01 | 20.7005 | 106.5579 | HP21 | 20.87956 | 106.6071 |
| HP02 | 20.86695 | 106.6447 | HP22 | 20.85102 | 106.6003 |
| HP03 | 20.84027 | 106.7073 | HP23 | 20.78502 | 106.6795 |
| HP04 | 20.64166 | 106.5511 | HP24 | 20.67407 | 106.642 |
| HP05 | 20.64166 | 106.5624 | HP25 | 20.65241 | 106.6853 |
| HP06 | 20.67313 | 106.4281 | HP26 | 20.84276 | 106.5632 |
| HP07 | 20.72897 | 106.5589 | HP27 | 20.73111 | 106.6841 |
| HP08 | 20.816 | 106.5356 | HP28 | 20.76577 | 106.7384 |
| HP09 | 20.80342 | 106.9271 | HP29 | 20.72931 | 106.7667 |
| HP10 | 20.79604 | 106.6341 | HP30 | 20.68698 | 106.795 |
| HP11 | 20.75087 | 106.5025 | HP31 | 20.88327 | 106.6842 |



| | | | | | |
|------|----------|----------|------|----------|----------|
| HP12 | 20.7991 | 106.7975 | HP32 | 20.91484 | 106.677 |
| HP13 | 20.71359 | 106.5186 | HP33 | 20.95207 | 106.6709 |
| HP14 | 20.72628 | 106.5896 | HP34 | 20.90322 | 106.7382 |
| HP15 | 20.49013 | 106.7152 | HP35 | 20.96201 | 106.7429 |
| HP16 | 20.74016 | 106.5987 | HP36 | 21.00158 | 106.6537 |
| HP17 | 20.68856 | 106.715 | HP37 | 20.94952 | 106.6327 |
| HP18 | 20.84404 | 106.7541 | HP38 | 21.00321 | 106.5779 |
| HP19 | 20.84404 | 106.6744 | HP39 | 20.9324 | 106.5506 |
| HP20 | 20.81574 | 106.5353 | | | |



▲ Hình 3. Các vị trí thiết lập mẫu chỉ thị sinh học rêu *Barbula Indica* tại TP. Hải Phòng

Các mẫu rêu được nhóm nghiên cứu thu ở nhiều vị trí khác nhau, phân bố đều trên địa bàn TP. Hải Phòng trong năm 2020. Tổng cộng có 39 mẫu rêu sống *Barbular Indica* được thu thập tại các địa điểm khác nhau trên địa bàn TP. Hải Phòng. Các vị trí lấy mẫu được thể hiện trong Hình 3. Tọa độ lấy mẫu thể hiện ở Bảng 1. Các điểm lấy mẫu được chọn sao cho phân bố đều khắp địa bàn TP. Hải Phòng (Lê Chân, Thủy Nguyên, Kiến Thụy, Tiên Lãng, Vĩnh Bảo, An Lão, An Dương). Tại mỗi vị trí lấy mẫu, ít nhất 3 mẫu phụ trong khu vực lấy mẫu có diện tích khoảng 50 × 50 m² được thu thập để lấy một mẫu rêu hỗn hợp cho địa điểm. Thông tin về từng điểm lấy mẫu được ghi lại bao gồm: tên địa điểm, kinh độ, vĩ độ, thời gian lấy mẫu và đặc điểm khu vực xung quanh điểm lấy mẫu. Thông tin này là cần thiết để dự đoán các nguồn phát thải chất ô nhiễm. Các mẫu thu thập được bảo quản trong túi làm bằng vật liệu polyetylen để tránh ô nhiễm. Tại phòng thí nghiệm, chỉ có phần xanh ở ngọn cây rêu được chọn để phân tích. Bởi vì rêu được thu thập trên mặt đất nên chúng bị bao phủ

bởi rất nhiều bụi bẩn. Vì vậy, rêu được rửa sạch bằng nước cất hai lần để loại bỏ bụi rồi sấy khô trong tủ sấy cho đến khi khối lượng mẫu rêu không đổi.

Quy trình tạo mẫu rêu trong kỹ thuật phân tích kích hoạt được thực hiện tại phòng thí nghiệm theo các bước sau (Hình 4):

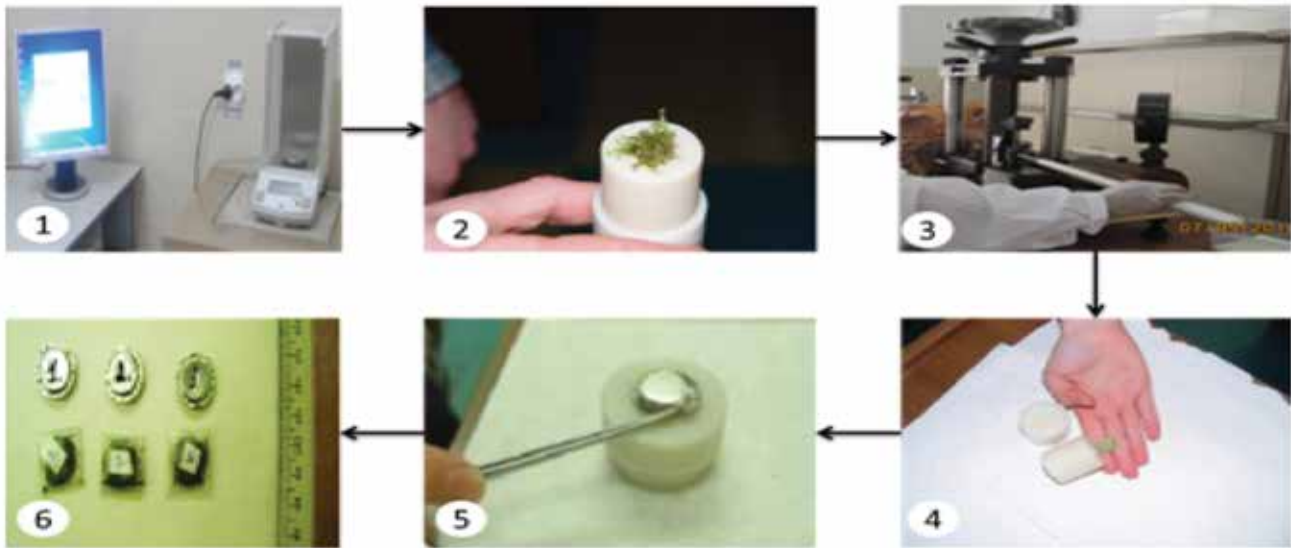
Bước 1: Cân mẫu với khối lượng khoảng 300mg/mẫu, khối lượng mỗi mẫu được tự động lưu vào cơ sở dữ liệu và được sử dụng khi tính hàm lượng nguyên tố.

Bước 2: Cho mẫu vào khuôn để ép mẫu.

Bước 3: Ép mẫu thành viên với máy ép thủy lực.

Bước 4: Mẫu sau khi ép có hình dạng tròn dẹt (đường kính 1cm). Để xác định các đồng vị có thời gian sống ngắn, các mẫu được bọc trong túi nhựa, và đối với các đồng vị có thời gian sống dài, bọc trong các nắp nhôm.

Bước 6: Kiểm tra thông tin mẫu và kí hiệu lên bọc từng mẫu (trùng khớp với cơ sở dữ liệu đã lưu) và nhập mẫu vào tủ lưu trữ chờ để thực hiện kích hoạt neutron.



▲ Hình 4. Quy trình tạo mẫu rêu trong kỹ thuật phân tích kích hoạt được thực hiện tại phòng thí nghiệm

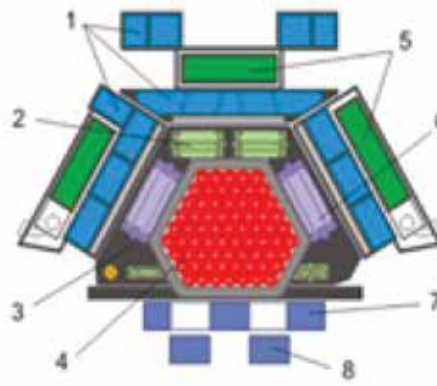
Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

+ Phương pháp phân tích kích hoạt neutron trên lò phản ứng IBR-2:

Lò phản ứng hạt nhân IBR-2 là một lò phản ứng tạo xung neutron nhanh với xung neutron hẹp 240 (μs) và tần số xung nhỏ 5(Hz). Công suất nhiệt trung bình 2MW và công suất cực đại 1500 MW, thông lượng ở đỉnh xung là 1016 neutron/cm²/s.



a) Hình ảnh khu vực hoạt động



b) Hình ảnh cấu tạo mặt cắt ngang lò IBR-2

1. Hệ thống làm chậm bằng nước
2. Hệ thống bảo vệ
3. Phản xạ cố định
4. Bô nhiên liệu
5. Hệ thống làm lạnh
6. Thanh điều khiển
7. Gương phản xạ quay chính
8. Gương phản xạ quay phụ

▲ Hình 5. Hình ảnh cấu trúc lò phản ứng IBR-2 tại Viện Liên hiệp Nghiên cứu Hạt nhân Dubna

(Nguồn: <http://fnph.jinr.ru/en/facilities/ibr-2/parameters>)

Phương pháp kích hoạt neutron (F.MV, 2008) là phản ứng của neutron với hạt nhân nguyên tử. Khi một neutron tương tác với hạt nhân bia qua quá trình tán xạ không đàn hồi, hạt nhân hợp phần ở trạng thái kích thích được tạo ra theo sơ đồ: ${}^A_ZX + {}^1_0n \rightarrow {}^{A+1}_ZX^* + \gamma$. Hạt nhân hợp phần X* là hạt nhân phóng xạ với cùng số nguyên tử Z nhưng có khối lượng nguyên tử A tăng lên một đơn vị so với X. Các hạt nhân hợp phần khử kích thích bằng cách phát ra một hoặc vài tia gamma tức thời và các tia gamma trễ. Vì năng lượng của các tia gamma phát ra trong quá trình phân rã và chu kỳ bán rã là đặc trưng cho từng đồng vị nên chúng được dùng để nhận diện những nguyên tố có mặt trong mẫu. Hàm lượng của các nguyên tố đó được xác định

dựa vào cường độ của các tia gamma đặc trưng do các đồng vị của nguyên tố này phát ra. Phương pháp kích hoạt neutron là phương pháp phân tích đa nguyên tố, có độ nhạy, độ chính xác cao và không phá hủy mẫu. Do đó, được ứng dụng rộng rãi trong việc phân tích nguyên tố, kiểm tra, đánh giá các vật liệu, kiểm soát môi trường... Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích kích hoạt tương đối để xác định hàm lượng của các nguyên tố trong các mẫu rêu. Mẫu phân tích và mẫu chuẩn được chiếu đồng thời và đo trong điều kiện hoàn toàn giống nhau (thời gian chiếu, thông lượng neutron, thời gian đo, khoảng cách đo, hệ phổ kế). Khi đó, tỷ số diện tích của đỉnh tương ứng với nguyên tố quan tâm trong hai phổ



được dùng để tính hàm lượng. Từ phương trình kích hoạt, suy ra công thức xác định hàm lượng nguyên tố như sau:

$$\rho = \left(\frac{Np / tc}{D.C.W} \right)_x / \left(\frac{Np / tc}{D.C.W} \right)_s$$

Trong đó: x, s là kí hiệu chỉ mẫu phân tích và mẫu chuẩn tương ứng. Ưu điểm của phương pháp tương đối là loại bỏ được tất cả các số liệu hạt nhân ngoại trừ chu kỳ bán rã, do đó nhiều sai số được loại bỏ làm cho phép tính chính xác hơn. Việc phân tích các mẫu rêu được thực hiện trên lò phản ứng hạt nhân IBR-2 của Viện Liên hiệp Nghiên cứu Hạt nhân Đubna (Moscow region Russia 141980) và lò phản ứng Hạt nhân Đà Lạt (Đường Nguyễn Tư Lực, TP. Đà Lạt) trực thuộc Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam. Đối với một số kim loại có độc tính cao ở hàm lượng rất thấp (<10-9 g/g), có thể sẽ khó phát hiện bằng phương pháp phân tích kích hoạt do hàm lượng ở khoảng này nhỏ hơn ngưỡng phát hiện của phương pháp.

Phân tích kích hoạt neutron để xác định hàm lượng nguyên tố có trong mẫu bao gồm các bước sau:

Bước 1: Chuẩn bị các mẫu phân tích để chiếu neutron.

Bước 2: Kích hoạt (chiếu xạ) mẫu bằng neutron trong lò phản ứng hạt nhân;

Bước 3: Đo phổ gamma của mẫu đã được chiếu xạ và sau thời gian phân rã thích hợp bằng phổ kế gamma phân giải năng lượng cao dùng detector bán dẫn HPGe.

Bước 4: Phân tích phổ gamma để xác định cường độ của các đỉnh đặc trưng cho nguyên tố cần phân tích và tính hàm lượng nguyên tố này trong mẫu cần phân tích.

Các mẫu rêu cần chiếu xạ được chuẩn bị tại phòng thí nghiệm làm mẫu. Các mẫu sau đó được chuyển vào vị trí chiếu mẫu trong vùng hoạt của lò phản ứng hạt nhân bằng hệ chuyển mẫu tự động có thể lập trình cho thời gian chiếu. Sau khi kết thúc chiếu, các mẫu được tự động chuyển ra khỏi lò phản ứng hạt nhân đến tủ Hotcell để tháo rời và chờ để đo bằng phổ kế gamma. Các phổ gamma của các mẫu rêu sau chiếu xạ được đo bằng phổ kế gamma dùng detector bán dẫn Ge loại siêu tinh khiết có phân giải năng lượng tốt. Việc thu nhận và phân tích các phổ gamma được thực hiện bằng phần mềm GENIE2K. Phần mềm GENIE2K sẽ tự động tìm các đỉnh gamma có trong phổ, đoán nhận nguyên tố có trong mẫu dựa vào năng lượng của các đỉnh gamma đặc trưng và tính diện tích của các đỉnh này.



▲ Hình 6. Phổ kế Gamma dùng detector bán dẫn Ge siêu tinh khiết tại lò phản ứng hạt nhân IBR-2

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả phân tích nhân tố (Factor analysis) không khí tại TP. Hải Phòng

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu tập trung trình bày kết quả thu được bằng cách sử dụng kỹ thuật phân tích nhân tố (factor analysis) trong thống kê đa biến khi phân tích số liệu về hàm lượng của các nguyên tố hóa học trong các mẫu rêu lấy tại các vị trí khác nhau tại TP. Hải Phòng (Bảng 2). Chỉ 17 trong tổng số 36 nguyên tố hoá học đã phân tích được nhóm nghiên cứu đưa vào phân tích nhân tố

(factor analysis) bao gồm: Al, As, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Fe, K, Na, Sb, Sc, Se, Ti, V và Zn. Bảng 1 liệt kê các nhân tố, giá trị của hệ số tải và mức độ biến động mà mỗi nhân tố (factor) giải thích được. Các giá trị tải trọng có ý nghĩa (lớn hơn 0.4) được in đậm. Các tải trọng có giá trị nhỏ hơn 0.4 có thể do biến động ngẫu nhiên. Nhóm nghiên cứu đã xác định được 6 nhân tố giải thích được 81,99 % biến thiên của tập dữ liệu. Phần trăm biến thiên mà các nhân tố 1, 2, 3, 4, 5, 6 giải thích được lần lượt là 35.20, 12.96, 11.53, 8.42, 7.45 và 6.42.

Bảng 2. Kết quả phân tích nhân tố cho các mẫu rêu lấy tại TP. Hải Phòng

| Element | Component | | | | | |
|----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Factor-1 | Factor-2 | Factor-3 | Factor-4 | Factor-5 | Factor-6 |
| Na | 0.208 | 0.948 | -0.071 | 0.088 | -0.025 | -0.052 |
| Al | 0.894 | 0.177 | 0.030 | 0.004 | 0.053 | -0.080 |
| Cl | 0.088 | 0.954 | 0.094 | -0.092 | 0.021 | -0.112 |
| K | 0.364 | 0.471 | -0.441 | 0.305 | -0.200 | 0.144 |
| Ca | 0.134 | -0.062 | 0.668 | 0.084 | -0.088 | -0.335 |
| Sc | 0.954 | 0.098 | -0.063 | 0.051 | -0.001 | -0.025 |
| Ti | 0.908 | 0.177 | -0.113 | -0.055 | -0.035 | -0.052 |
| V | 0.821 | 0.002 | 0.254 | 0.073 | 0.043 | -0.040 |
| Cr | 0.720 | 0.076 | -0.001 | 0.183 | 0.590 | 0.099 |
| Fe | 0.938 | 0.080 | -0.079 | 0.181 | 0.005 | -0.008 |
| Co | 0.218 | 0.032 | -0.153 | 0.720 | -0.105 | -0.238 |
| Zn | 0.048 | -0.008 | 0.138 | 0.813 | 0.191 | 0.200 |
| As | 0.561 | 0.263 | 0.358 | 0.305 | -0.241 | 0.340 |
| Se | 0.015 | -0.043 | -0.076 | 0.026 | 0.948 | 0.050 |
| Br | -0.245 | 0.102 | 0.845 | -0.143 | -0.092 | 0.073 |
| Cd | -0.062 | -0.129 | -0.056 | -0.004 | 0.064 | 0.894 |
| Sb | 0.451 | 0.081 | 0.655 | 0.155 | 0.108 | 0.271 |
| Expl. Var. (%) | 35.20 | 12.96 | 11.53 | 8.42 | 7.45 | 6.42 |
| Cumulative (%) | 35.20 | 48.16 | 59.69 | 68.12 | 75.57 | 81.99 |

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện, 2024

Nhân tố F1 là quan trọng nhất, giải thích được 35.20% tổng phương sai mẫu và chủ yếu gây bởi 7 nguyên tố gồm Al (0.894), As (0.561), Cr (0.720), Fe (0.938), Sc (0.954), Ti (0.908) và V (0.821). Các nguyên tố Al, Fe, Ti hầu hết chứa trong thành phần vỏ Trái đất và được coi như chỉ thị của đất (J Geochem Explor, 2016). Các nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng không khí tại các thành phố lớn tại Việt Nam cũng bị ô nhiễm rất nặng nề do bụi đất (C. J. B. V. Cohen DD, 2008), (B. V. Hien PD, 2016). Những nguyên tố hóa học khác cũng được trình bày tại Bảng 1, bao gồm As, Cr, Sc, V cũng được tìm thấy trong thành phần vỏ trái đất với mối liên hệ tương quan rất cao, có thể chỉ ra nguồn gốc các nguyên tố này đều có trong bụi đất. Tuy nhiên, các nguyên tố này cũng có thể sinh ra từ các hoạt động trong sản xuất tại các khu công nghiệp. Từ những đánh giá phía trên, kết quả chỉ ra rằng nguồn nhân tố F1 là bụi đất và các hoạt động sản xuất công nghiệp.

Nhân tố F2 giải thích được 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 là các nguyên tố xuất hiện trong khí quyển do rất nhiều nguồn phát thải khác nhau, đặc biệt là đốt sinh khối (Liu HJ, 2016) (Cohen DD, 2010) (Popovicheva OB, 2022). Ngoài ra, do hai nguyên tố Cl và Na có phương sai rất cao nên chúng có thể xuất hiện do các tác động từ phía biển. Nhân tố F2 có ảnh hưởng rất lớn tới quận An Lão (TP. Hải Phòng), An Lão là khu vực trồng lúa lớn nhất Hải Phòng, ngoài ra An Lão có vị trí nằm rất gần hai huyện Kim Thành và Thanh Hà là những khu vực trồng lúa lớn nhất của tỉnh Hải Dương. Người nông dân thường có thói quen đốt rơm

rơm sau thu hoạch để chuẩn bị cho vụ mùa mới. Từ các đánh giá trên, nhân tố F2 có thể đánh giá do các hoạt động đốt sinh khối hoặc các tác động từ phía Biển.

Nhân tố F3 giải thích 11.53 % tổng phương sai mẫu và chủ yếu được cấu thành từ 3 nguyên tố hoá học Br, Ca và Sb với hệ số tải nhân tố lần lượt là 0.845, 0.668 và 0.655. Nhân tố F3 ảnh hưởng rất lớn tại phía Bắc TP. Hải Phòng, bao gồm 2 huyện Thủy Nguyên và An Dương. Tại đây có hai nhà máy xi măng lớn là Chifon và Vcement và các nhà máy đóng tàu lớn, các nguyên tố Br, Ca và Sb có xuất hiện trong nguồn phát thải từ các nhà máy này (Cohen DD, 2010) (Hien PD, 2005). Cụ thể, Ca là nguyên tố xuất hiện trong quá trình sản xuất của nhà máy này, trong khi Br và Sb xuất hiện do lượng khí thải dầu diesel thải ra từ các xe tải lớn (Cohen DD, 2010) (JC, 1995) dùng nhiên liệu dầu diesel trong vận chuyển nguyên liệu thô đến các nhà máy xi măng, nhà máy đóng tàu... Do đó, nguồn gốc của nhân tố F3 có thể là các nhà máy sản xuất xi măng và việc đốt nhiên liệu diesel.

Nhân tố F4 giải thích 8.25% tổng phương sai mẫu và nó bao gồm Co và Zn với hệ số tải lần lượt là 0.720 và 0.813. Một số công bố tại châu Á chỉ ra rằng Zn xuất hiện trong không khí liên quan đến khí thải từ các chất phụ gia và bôi trơn trong quá trình vận hành xe máy và ô tô (B. J, 2005). Đã có những nghiên cứu chỉ ra rằng tại châu Á, phương tiện giao thông chủ yếu là xe máy và chúng là tác nhân thải vào không khí hàm lượng Zn cao nhất (C. J. B. V. Cohen DD, 2008). Tại TP. Hải Phòng, các phương tiện giao thông đi lại với mật độ rất cao, do đó lượng khí thải từ các loại phương tiện giao thông vào không khí là rất lớn.



Do đó, nhân tố F4 liên quan đến hoạt động của các phương tiện giao thông đường bộ và đường thủy.

Nhân tố F5 giải thích được 7.45% tổng phương sai mẫu và Se là nguyên tố chính đóng góp vào F5 với hệ số tải nhân tố là 0.948. Nhân tố F5 liên quan nhiều đến sản xuất nông nghiệp (dùng phân bón và thuốc trừ sâu) (H. J. Medhi Y, 2015).

Nhân tố F6 giải thích được 6.42% tổng phương sai của mẫu và chỉ bao gồm Cd (0.894). F6 có thể liên quan đến quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch và đốt rác thải (A. B. Adedapo AA, 2014).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đưa ra đánh giá về nguồn gốc phát thải gây ô nhiễm kim loại nặng trong không khí tại TP. Hải Phòng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các nguồn phát thải chính gây ô nhiễm không khí tại TP. Hải Phòng: (1) Phát thải bụi đường, bụi đất và các hoạt động công nghiệp; (2) Phát thải hỗn hợp bao gồm đốt sinh khối và ảnh hưởng của biển; (3) Hoạt động các nhà máy sản xuất xi măng và việc đốt nhiên liệu diesel; (4) Hoạt động của các phương tiện giao thông đường bộ và đường thủy; (5) Sản xuất nông nghiệp (dùng phân bón và thuốc trừ sâu); (6) Quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch và đốt rác thải.

Từ kết quả trên cho thấy, nguồn gốc phát thải gây ô nhiễm kim loại nặng trong không khí tại TP. Hải Phòng chủ yếu là từ các hoạt động sản xuất trong khu công nghiệp, sự gia tăng của các phương tiện giao thông và ô nhiễm không khí do các hoạt động sinh hoạt hàng ngày của con người. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp như: Cần liên tục và thường xuyên thực hiện hoạt động giám sát không khí kết hợp bằng các phương pháp khác nhau (sử dụng trạm quan trắc khí tự động, máy đo khí cầm tay và sử dụng chỉ thị sinh học thực vật) nhằm so sánh và đánh giá mức độ ô nhiễm không khí. Từ việc đưa ra các thông số gây ô nhiễm và các nguồn gốc phát thải vào không khí, các nhà quản lý sẽ có phương án kiểm soát và giảm thiểu các nguồn phát thải. Đối với các hoạt động trong khu công nghiệp: Đề nghị có quy hoạch và kiểm soát các hoạt động phát thải ra môi trường, đặc biệt là môi trường không khí. Đối với các hoạt động trong sinh hoạt hàng ngày cần liên tục tuyên truyền nâng cao ý thức người dân, cố gắng hạn chế sử dụng các nguyên liệu như than, dầu... trong sinh hoạt hàng ngày.

Phương pháp sử dụng chỉ thị sinh học rêu *Barbula Indica* là một phương pháp đã và đang được sử dụng trên thế giới. Thu thập rêu là phương pháp dễ thực hiện và có thể sử dụng nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm không khí ở nhiều khu vực. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có một số nhược điểm, cụ thể phương pháp nghiên cứu ô nhiễm không khí qua chỉ thị rêu không cung cấp được số liệu ô nhiễm tức thời hoặc số liệu ô nhiễm trong một khoảng thời gian ngắn. Trong

trường hợp có sự cố môi trường, phương pháp này không cung cấp được số liệu để giúp các nhà chức trách ra các quyết định xử lý sự cố. Ngoài ra, độ chính xác về mức độ ô nhiễm không cao so với các phương pháp quan trắc truyền thống dùng các trạm đo.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ tài chính từ Trung tâm Vật lý Quốc tế, Viện Vật lý, Mã số ICP.2024.12.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Q. Z. N. D. P. H. Fan P, "Urbanization, economic development, environmental and social changes in transitional economies: Vietnam after Doi-moi," *Lands Urban Plan*, pp. 145-215, 2019.
2. Ha Long Bay, "WHC Documentations Nomination," [Online]. Available: <http://whc.unesco.org/uploads/nominations/672bis.pdf>.
3. UBND TP.Hải Phòng, "Tăng cường kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí trên địa bàn thành phố," [Online]. Available: haiphong.gov.vn.
4. R. R. Pakarinen P, "Growth rates and heavy metals concentrations of five moss species in Paludified spruce forest.," *Lindbergia* 5(2):, pp. 77-83, 1979.
5. ICP Vegetation, "Heavy metals in European mosses," 2015 survey.
6. F. MV, "Epithermal neutron activation analysis at the IBR-2 Reactor of Frank Laboratory of Neutron physics at Joint Institute for Nuclear Research (Dubna)," *Phys At Nucl* 71, pp. 1684-1693, 2008.
7. A. V, "The abundances of chemical elements in urban soils," *J Geochem Explor* 147, pp. 245-249, 2014
8. C. J. B. V. Cohen DD (2010) "Characterisation and source appointment of fine particulate sources at HaNoi from 2001 to 2008," *Atmos Environ* 44, pp. 320-328.
9. B. V. Hien PD 2005 "Investigation of sulfate and nitrate formation on mineral dust particles by receptor modelling," *Atmos Environ* 39, pp. 7231-7239.
10. Z. L. F. S. W. Q. Liu HJ, "Use of the lichen *Xanthoria mandschurica* in monitoring atmospheric elemental deposition in the Taihang Moutain Hebei," *China SCI Rep* 6: 23456, 2016.
11. S. N. T. Popovicheva OB, "Aerosol Pollutants during agricultural biomass burning: a case in BaVi region in HaNoi VietNam," *Aerosol Air Qual Res* 17, pp. 2762-2779, 2022.
12. C. JC, "Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles," *J Air Waste manage Assoc* 45, pp. 320-382, 1995.
13. B. J, "Environmental methods to dermine compliance with ambient air quality standards for suspended particles," *J Air waste manage Assoc* 45, pp. 320-382, 2005.
14. H. J. Medhi Y, "Selenium in the environment, metabolism and involvement inbody functions," *Molecules* 18:, pp. 3292-3311.
15. A. B. Adedapo AA, "Cadmium, an environmental pollutant: a review," *West Afr J Pharmacol Drugs Res*, pp. 1-11, 2014.