



Rừng là vàng, nếu mình biết bảo vệ và xây dựng thì rừng rất quý

(Lời Hồ Chủ tịch)

Rừng & Môi trường

ISSN 1859-1248

HỘI KHOA HỌC KỸ THUẬT LÂM NGHIỆP VIỆT NAM



Số 125

Năm 2025



SỐ 125
NĂM 2025



Tổng Biên tập
PGS. TS. Triệu Văn Hùng



Phó tổng Biên tập
Đàm Thị Mỹ



Thiết kế
Nguyễn Zùng



Tòa soạn và Trị sự
Số 114 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội
ĐT: (024) 3.7541311 - 0913. 381559
Fax: (024) 3.7552220
Website: trungvamoitruong.vn
Email: tckhrungvamoitruong@gmail.com
f: www.facebook.com/tapchiRungvaMoiTruong

GPXB số: 224/GP-BTTTT

Cấp ngày 8/6/2015

In tại: CTCP Khoa học và công nghệ

Hoàng Quốc Việt

Giá: 20.000 đ

Rừng & Môi trường

Khoa học công nghệ

- ◆ **Đặng Thị Tố Nga, Nguyễn Thuý Hà, Đinh Đại Ngọc:** Nghiên cứu ảnh hưởng của liều lượng phân đạm đến sinh trưởng phát triển... 4
- ◆ **Phan Thị Mai Hoa, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Cúc:** Ứng dụng mô hình thủy lực MIKE 21 tích hợp Mike NAM trong đánh giá tác động... 9
- ◆ **Trần Cao Nguyên, Nguyễn Tử Kim:** Đánh giá khả năng sử dụng và giá trị thương mại gỗ Trắc ở Việt Nam 16
- ◆ **Nguyễn Thị Hồng, Đào Trung Thành:** Nghiên cứu rủi ro môi trường từ hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản chì - kẽm... 23
- ◆ **Nguyễn Thị Thanh Thủy, Nguyễn Thị Yến:** Phân tích ma trận SWOT về phát triển nông nghiệp ứng dụng công nghệ cao... 28
- ◆ **Nguyễn Thị Cúc:** Nghiên cứu dự báo chất lượng nước sông Hồng... 33
- ◆ **Phan Thị Mai Hoa, Trần Thị Ngọc:** Tổng quan hệ thống các yếu tố không gian trong đánh giá du lịch sinh thái: Định hướng ứng dụng... 39
- ◆ **Đào Trung Thành, Nguyễn Thị Hồng:** Đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong nước và trầm tích ven bờ đảo Cái Bàu... 47
- ◆ **Nguyễn Thị Minh Hạnh, Vương Sỹ Tú Anh, Nguyễn Ngọc Bích Hân, Phạm Thị Minh Nghĩa, Nguyễn Phương Bắc, Vũ Phương Lan:** Tái tạo địa hình đáy khu vực ven biển, đảo sử dụng công nghệ... 53
- ◆ **Nguyễn Thị Cúc, Phan Thị Mai Hoa:** Ứng dụng ảnh viễn thám nhiệt đánh giá sự biến đổi nhiệt độ bề mặt của TP Hạ Long... 61
- ◆ **Nguyễn Thị Hoà, Nguyễn Thị Thu Huyền, Nguyễn Phương Đông:** Đánh giá hiện trạng chất lượng và đề xuất phương án bảo vệ... 67
- ◆ **Nguyễn Ngọc Thùy:** Đánh giá thực trạng quản lý nhà nước... 73
- ◆ **Đinh Thị Lan:** Nghiên cứu thành phần loài nấm lớn ăn được ở một số xã trên địa bàn huyện Bạch Thông, tỉnh Bắc Kạn 79
- ◆ **Nguyễn Đắc Bình Minh, Chu Huy Tưởng, Phan Thị Lan Anh, Phạm Hồng Nhung:** Sản xuất nông nghiệp gắn với du lịch... 83
- ◆ **Đào Thị Thu Hà, Nguyễn Thị Thanh:** Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển rừng trồng Mỡ theo hướng hiệu quả... 87
- ◆ **Nguyễn Thị Thu Hoàn, Dương Trung Dũng:** Kết quả thử nghiệm trồng mô hình tre Lục trúc lấy măng tại khu mô hình... 95
- ◆ **Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Thị Hòa:** Đánh giá tác động và đề xuất giải pháp cải tạo phục hồi môi trường... 99
- ◆ **Nguyễn Văn Huân, Trịnh Đình Trung, Nguyễn Hồng Ngọc, Ninh Khắc Bẩy, Trần Quang Minh:** Kết quả gây đột biến chủng vi khuẩn *Bacillus subtilis* BK bằng Acridine Orange nhằm nâng cao... 105
- ◆ **Trần Quốc Hưng, Nguyễn Công Hoan, Nguyễn Đức Thiện:** Nghiên cứu khả năng tích lũy Các bon rừng trồng Keo tai tượng... 112
- ◆ **Nguyễn Thị Thu Trang, Nguyễn Văn Dũng:** Nghiên cứu ảnh hưởng của khí phóng xạ radon đến môi trường khu vực... 119
- ◆ **Nguyễn Công Hoan, Trần Quốc Hưng:** Phân cấp sinh trưởng và đề xuất biện pháp tỉa thưa rừng trồng Keo tai tượng... 126
- ◆ **Dương Trung Dũng, Nguyễn Thị Thu Hoàn:** Nghiên cứu ảnh hưởng của phân bón cho cây mẹ đến sản xuất hom giống... 132
- ◆ **Nguyễn Thị Thu Hà:** Nghiên cứu tác động phân bố... 136
- ◆ **Vũ Thị Quý, Trần Quang Hoàng Long:** Đánh giá công tác bồi thường GPMB tại Dự án Xây dựng tuyến đường từ đê... 141
- ◆ **Nguyễn Anh Trụ, Bùi Thị Lâm, Ngô Thanh Sơn, Đỗ Thị Tuyết Mai, Phạm Thị Vân Anh:** Đánh giá mức độ rủi ro khí hậu... 147
- ◆ **Phạm Thị Thu Huyền, Đỗ Tuấn Tùng, Bùi Trung Nguyên:** Đánh giá khả năng sinh trưởng và năng suất của một số giống đậu... 156
- ◆ **Nguyễn Thuý Hà:** Ảnh hưởng của phân bón đến sinh trưởng... 162
- ◆ **Nguyễn Hà, Phạm Khôi Nguyên, Nguyễn Thị Ánh Nguyệt, Phạm Ngọc Nam:** Nghiên cứu tạo chi tiết cong gỗ cao su... 166
- ◆ **Vũ Lệ Hà, Trịnh Thanh Thương, Nguyễn Quỳnh Mai, Đinh Ngọc Hân, Nguyễn Thị Huệ:** Thực trạng pháp luật về quyền tiếp cận thông tin đất đai ở Việt Nam và kinh nghiệm của một số nước... 174

Hoạt động trong ngành

- ◆ **Nguyễn Quý:** Hội nghị sơ kết công tác 4 tháng đầu năm và triển khai nhiệm vụ trọng tâm năm 2025 của Quý... 182

ĐÁNH GIÁ HÀM LƯỢNG KIM LOẠI NẶNG TRONG NƯỚC VÀ TRẦM TÍCH VEN BỜ ĐẢO CÁI BẦU, VỊNH BÁI TỬ LONG, TỈNH QUẢNG NINH

◆ Đào Trung Thành^{1,2,*}, Nguyễn Thị Hồng¹

TÓM TẮT:

Nghiên cứu này đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong nước và trầm tích bãi triều ven đảo Cái Bầu thuộc Vịnh Bái Tử Long nhằm phục vụ giám sát môi trường và định hướng quản lý bền vững vùng ven biển. Hàm lượng các kim loại nặng gồm As, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn và Cu được phân tích, kết hợp với các chỉ số địa hóa như chỉ số tích lũy địa hóa (Igeo), hệ số làm giàu (EF) và chỉ số nguy cơ sinh thái tổng hợp (PERI) để đánh giá hiện trạng ô nhiễm và nguy cơ tiềm ẩn. Phân tích thành phần chính (PCA) và phân tích cụm (HCA) được áp dụng để xác định mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường và nguồn gốc ô nhiễm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự phân bố không gian không đồng đều của kim loại nặng, với giá trị EF cao tại một số khu vực gần cửa sông và vùng nuôi trồng thủy sản. Chỉ số PERI trung bình phản ánh nguy cơ sinh thái thấp. PCA chỉ ra rằng kim loại nặng trong trầm tích có nguồn gốc hỗn hợp từ quá trình tự nhiên và hoạt động nhân sinh, bao gồm nuôi trồng thủy sản, giao thông thủy và dòng chảy từ đất liền. Nghiên cứu cung cấp dữ liệu nền quan trọng cho việc giám sát chất lượng môi trường và đề xuất các giải pháp quản lý vùng bãi triều ven biển trong bối cảnh phát triển kinh tế biển và du lịch tại Vịnh Bái Tử Long.

Từ khóa: Kim loại nặng, trầm tích, bãi triều, đảo Cái Bầu.

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

* Email liên hệ: daotrongthanh@hung.edu.vn

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Môi trường biển đảo ven bờ là hệ sinh thái động lực học cao, đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế, an sinh xã hội và bảo tồn đa dạng sinh học. Tuy nhiên, trong bối cảnh phát triển mạnh mẽ các ngành công nghiệp ven biển, nuôi trồng thủy hải sản, du lịch và đô thị hóa, nguy cơ ô nhiễm môi trường - đặc biệt là ô nhiễm kim loại nặng - đang trở thành một thách thức lớn đối với các vùng cửa sông, bãi triều và các đảo ven biển Việt Nam.

Trong số các dạng ô nhiễm, kim loại nặng là nhóm chất nguy hại do đặc tính độc, khó phân hủy, dễ tích lũy trong trầm tích và chuỗi thức ăn. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã chỉ ra rằng các kim loại này có thể tồn tại lâu dài trong trầm tích đáy và tái phát thải vào nước khi điều kiện môi trường thay đổi (ví dụ như thay đổi pH, dòng chảy hoặc xáo trộn cơ học) [1, 2]. Việc đánh giá hiện trạng và nguy cơ sinh thái do kim loại nặng trong môi trường trầm tích do đó có ý nghĩa quan trọng trong việc định hướng quản lý, sử dụng tài nguyên biển bền vững.

Cái Bầu là đảo lớn thuộc huyện đảo Vân Đồn nằm trong vùng Vịnh Bái Tử Long, tỉnh Quảng Ninh, khu vực có đặc điểm địa hình đa dạng với nhiều bãi triều, cửa sông và vùng ngập mặn. Đây là khu vực có tốc độ phát triển kinh tế - xã hội nhanh chóng, đặc biệt trong các lĩnh vực nuôi trồng thủy sản lồng bè, du lịch biển đảo, cảng biển và vận tải biển. Bên cạnh đó, hoạt động xả thải từ đất liền, nhất là từ các con sông như sông Ba Chẽ, sông Tiên Yên, và vùng giáp ranh thành phố Cẩm Phả

cũng có khả năng mang theo một lượng đáng kể chất ô nhiễm ra vùng biển tiếp nhận. Do đó, trầm tích tại các bãi triều ven bờ ở khu vực này được xem là nơi tích tụ lâu dài các kim loại nặng có nguồn gốc tự nhiên lẫn nhân sinh.

Trên thế giới, các chỉ số địa hóa học như Igeo (Chỉ số tích lũy địa hóa), EF (Hệ số làm giàu), CF (Hệ số ô nhiễm) và PERI (Chỉ số nguy cơ sinh thái tổng hợp) đã được sử dụng rộng rãi trong đánh giá mức độ ô nhiễm trầm tích và xác định nguy cơ tiềm tàng đối với hệ sinh thái thủy sinh [3, 4]. Bên cạnh đó, phân tích thành phần chính (PCA) được áp dụng để nhận diện các nhóm yếu tố có cùng nguồn phát sinh và xác định sự chi phối của các tác động tự nhiên hoặc nhân tạo đến sự phân bố kim loại nặng trong không gian [5].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về kim loại nặng trong trầm tích ven biển đã được thực hiện ở một số khu vực như Móng Cái, sông Đồng Nai, vùng biển phía Nam...[6, 7]. Tuy nhiên, số liệu cụ thể cho khu vực đảo Cái Bàu, Vịnh Bái Tử Long còn hạn chế và thiếu tính hệ thống. Trong bối cảnh đảo Cái Bàu đang được quy hoạch trở thành vùng đặc khu kinh tế trọng điểm và cửa ngõ quốc tế, việc đánh giá hiện trạng ô nhiễm kim loại nặng tại các bãi triều ven đảo là rất cấp thiết, nhằm cung cấp dữ liệu nền phục vụ công tác quy hoạch, giám sát môi trường và đề xuất giải pháp quản lý, khai thác tài nguyên biển một cách bền vững.

II. THU THẬP MẪU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Khu vực nghiên cứu và lấy mẫu

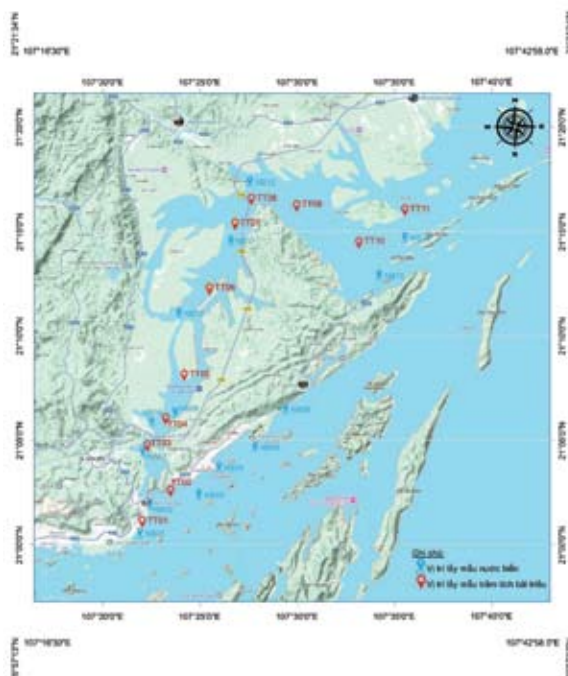
Thực hiện tại khu vực ven đảo Cái Bàu, kéo dài từ phía Tây Nam (gần khu vực xã Hạ Long, Hạ Mai) đến vùng ven xã Vạn Yên, phía Đông Bắc. Đây là khu vực có nhiều hệ sinh thái nhạy cảm như rừng ngập mặn, đầm phá, khu vực nuôi trồng thủy sản và cửa sông đổ ra biển.

Hoạt động thu mẫu được tiến hành trong hai năm, gồm 14 mẫu nước biển và 11 mẫu trầm tích bề mặt (Hình 1), chia làm nhiều đợt theo mùa để phản ánh biến động thời gian.

Mẫu nước biển được lấy ở độ sâu 0,5 m dưới mặt nước, sử dụng chai nhựa PE, đã rửa bằng HNO_3 10% và nước cất hai lần. Sau khi lấy mẫu, nước được bảo quản lạnh ở nhiệt độ

4°C và mang về phòng thí nghiệm để phân tích trong vòng 24 giờ.

Mẫu trầm tích bề mặt được lấy ở độ sâu 0-5 cm bằng ống PVC. Mỗi mẫu là hỗn hợp của 3 điểm cận kề trong phạm vi 5-10 m để đảm bảo tính đại diện. Mẫu sau khi thu được cho vào túi nhôm, bảo quản ở nhiệt độ thấp và đưa về phòng thí nghiệm để xử lý.



Hình 1. Các điểm lấy mẫu nước biển và trầm tích bề mặt ven đảo Cái Bàu

2. Các chỉ số địa hóa

Chỉ số tích lũy địa hóa (Igeo) theo công thức của Müller (1969):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5B_n} \quad (1)$$

Trong đó: C_n : nồng độ kim loại đo được; B_n : là giá trị nền; hệ số 1,5 để bù trừ biến động nền tự nhiên.

Hệ số làm giàu (EF):

$$EF = \frac{C_n/C_{ref}(mẫu)}{B_n/B_{ref}(nền)} \quad (2)$$

Trong đó: C_n : Hàm lượng KLN trong mẫu phân tích; C_{ref} , B_{ref} : Hàm lượng KLN đối sánh trong mẫu phân tích và nền (thường dùng nguyên tố tham chiếu ít bị ảnh hưởng bởi con người).

Chỉ số nguy cơ sinh thái tiềm tàng (PERI) theo Hakanson (1980):

$$PERI = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n T_r \times C \times F_i \quad (3)$$

Trong đó: T_r : là hệ số độc hại sinh thái của từng kim loại.

3. Phương pháp thống kê đa biến

Phân tích cụm (HCA) và thành phần chính (PCA) được thực hiện để nhóm các kim loại có nguồn gốc chung, phân biệt ảnh hưởng giữa các nguồn tự nhiên và nhân sinh và giảm thiểu dữ liệu đa biến, phục vụ đánh giá xu thế ô nhiễm.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong nước biển ven bờ

Kết quả phân tích mẫu nước biển tại 14 vị trí ven bờ đảo Cái Bàu cho thấy, nồng độ của các kim loại nặng như As, Pb, Hg, Cd, Cr (VI), Zn và Cu tại hầu hết các vị trí và thời điểm đều dưới ngưỡng giới hạn cho phép của QCVN 10:2023/BTNMT dành cho nước biển ven bờ (Nồng độ các kim loại nặng lần lượt As ~ 0,0003-0,0033; Pb ~ 0,0007-0,0009; Hg ~ 0,0003-0,0005; Cd ~ 0,0002-0,0006; Fe ~ 0,0091-0,0671; Cu ~ 0,0009-0,0049; Zn ~

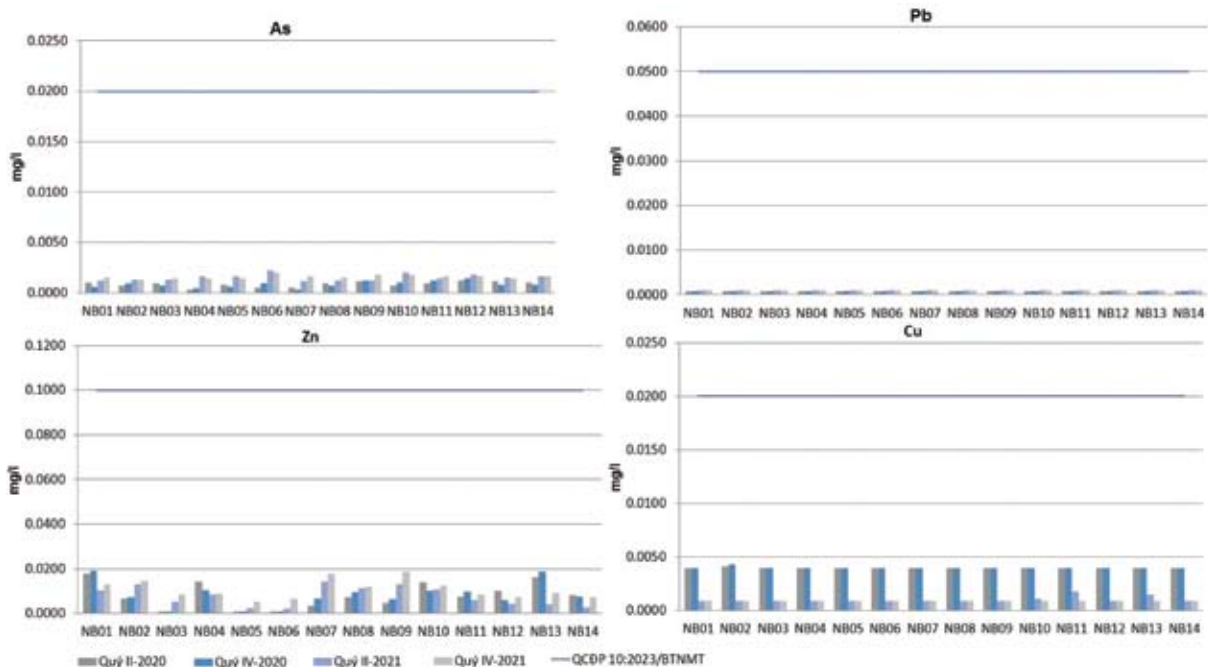
0,001-0,0279; Cr (VI) ~ 0,0003-0,005 mg/l).

Kết quả không ghi nhận bất kỳ giá trị nào vượt ngưỡng nguy hiểm, cho thấy mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong nước biển hiện tại ở mức thấp hoặc rất thấp. Tuy nhiên, có sự dao động nhẹ giữa các quý và giữa các vị trí lấy mẫu, điều này có thể phản ánh ảnh hưởng cục bộ từ hoạt động nuôi trồng thủy sản, vận tải biển, hay dòng chảy sông suối (Hình 2)

2. Đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích bãi triều

Kết quả phân tích cho thấy, hàm lượng các kim loại nặng As, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu và Hg trong các mẫu trầm tích bề mặt tại khu vực nghiên cứu có sự biến động rõ rệt giữa các vị trí lấy mẫu (Hình 3).

Hàm lượng As trung bình tại các điểm dao động từ 7,02-14,61 mg/kg, thấp hơn nhiều so với quy chuẩn. Tuy nhiên, một số điểm TT01, TT03 có hàm lượng As cao hơn hẳn các điểm còn lại. Nồng độ Pb biến động từ 16,70-30,36 mg/kg, thấp hơn ngưỡng cảnh báo (112 mg/kg). Pb có xu hướng tập trung cao hơn ở khu vực phía Tây đảo Cái Bàu (gần TT01, TT03). Hàm lượng Cd tại các mẫu tương đối thấp (0,42 mg/kg), không gây nguy cơ cao trong khu vực.



Hình 2. Nồng độ của một số kim loại nặng trong nước biển ven bờ đảo Cái Bàu

Hàm lượng Cr rất thấp (0,46 mg/kg), Hg từ 8,67-28,42 $\mu\text{g/kg}$, Cu từ 2,75-36,02 mg/kg, Zn dao động từ 10,33-16,10 mg/kg, khá thấp so với giới hạn QCVN và không có dấu hiệu ô nhiễm.

Nhìn chung, trầm tích khu vực bãi triều ven đảo Cái Bàu hiện nay có mức độ ô nhiễm kim loại nặng ở mức thấp, với As là nguyên tố cần được quan tâm hơn.

Kết quả tính toán chỉ số Igeo của hầu hết kim loại đều < 0 , cho thấy, trầm tích từ không ô nhiễm đến ô nhiễm nhẹ. Riêng As tại một số điểm như TT01, TT03 đạt mức ô nhiễm nhẹ ($I_{\text{geo}} > 0$), cần theo dõi.

Hệ số làm giàu (EF) cho thấy: As có EF từ 1,5-2,8, mức làm giàu trung bình đến cao. Cu có EF dao động từ 1,2-1,6, dấu hiệu làm giàu nhẹ do hoạt động nuôi trồng thủy sản, vận tải biển. Các kim loại còn lại (Pb, Cd, Cr, Zn, Hg) có $EF < 1,5 \Rightarrow$ không có dấu hiệu làm giàu.

Phân tích chỉ số (PERI) trung bình toàn khu vực nằm trong ngưỡng “Nguy cơ sinh thái thấp” ($PERI < 70$). Các vị trí TT01, TT03 có

giá trị PERI cao hơn do As và Cu, tuy nhiên chưa vượt mức cảnh báo.

Theo phân tích thành phần riêng lẻ: As đóng góp nhiều nhất (~55-70%) vào chỉ số PERI tổng. Các kim loại khác như Cd, Pb, Cu, Zn đóng vai trò nhỏ.

Hiện tại, khu vực có nguy cơ sinh thái thấp, nhưng cần giám sát đặc biệt với As và Cu tại các điểm gần khu dân cư, khu vực nuôi trồng thủy hải sản và vận tải biển.

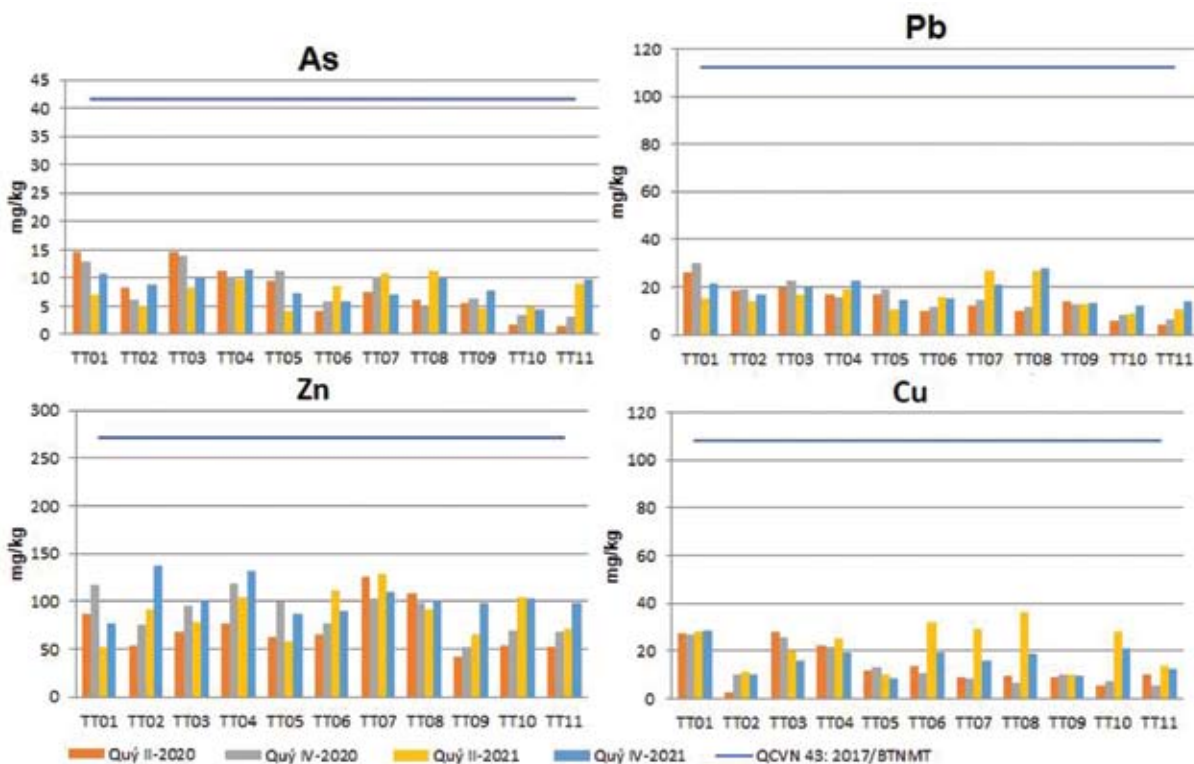
3. Phân tích thống kê đa biến

Phân tích HCA và PCA phân nhóm các điểm lấy mẫu như sau:

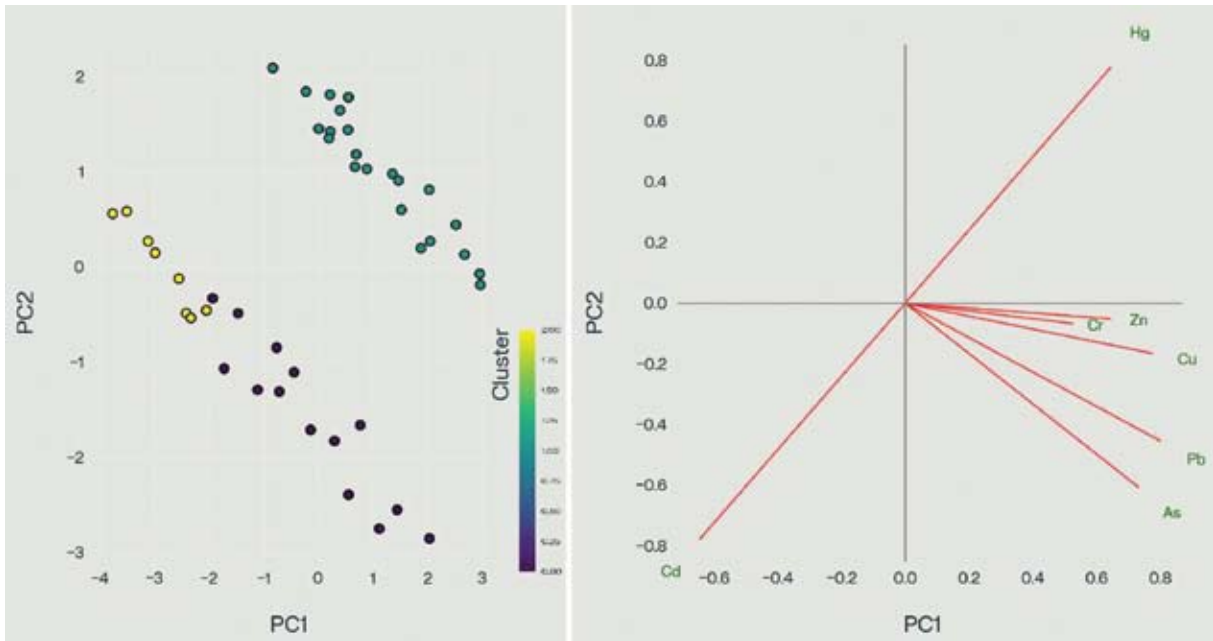
Nhóm TT01, TT03: Có xu hướng tập trung As và Cu cao $\Rightarrow$ khu vực chịu ảnh hưởng nhân sinh (nuôi trồng thủy sản, sinh hoạt).

Nhóm TT05, TT06, TT07: Nằm tách biệt hơn, hàm lượng kim loại nặng thấp, ảnh hưởng chủ yếu tự nhiên.

Điều này là do các yếu tố nhân sinh như nuôi trồng, vận tải biển và dòng chảy từ đất liền có ảnh hưởng rõ rệt đến phân bố kim loại nặng tại bãi Triều (Hình 4).



Hình 3. Nồng độ của một số kim loại nặng trong trầm tích ven bờ đảo Cái Bàu



Hình 4. Biểu đồ phân tích HCA và PCA đối với các kim loại nặng

IV. KẾT LUẬN

Môi trường nước và trầm tích ven bờ đảo Cái Bầu nhìn chung có chất lượng tốt, với hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn, Cu) phần lớn nằm trong giới hạn cho phép theo quy chuẩn hiện hành. Tuy nhiên, sự phân bố không gian không đồng đều và một số giá trị EF cao tại các khu vực cửa sông và vùng nuôi trồng thủy sản cho thấy dấu hiệu tích lũy cục bộ, đặc biệt đối với As và Cu. Chỉ số nguy cơ sinh thái tổng hợp (PERI) phản ánh nguy cơ ở mức thấp, song vẫn cần lưu ý đối với các khu vực chịu tác động mạnh của hoạt động nhân sinh. Phân tích PCA và HCA đã làm rõ vai trò đồng thời của nguồn tự nhiên và các yếu tố nhân sinh như nuôi trồng thủy sản, vận tải biển và dòng chảy từ đất liền trong kiểm soát hàm lượng kim loại nặng. Nghiên cứu cung cấp dữ liệu nền và cơ sở khoa học phục vụ giám sát môi trường và đề xuất biện pháp quản lý vùng ven biển Cái Bầu trong bối cảnh phát triển du lịch và kinh tế biển hiện nay.

Khuyến nghị cơ quan chức năng địa phương cần tăng cường quan trắc định kỳ các kim loại nặng trong trầm tích và nước biển tại khu vực ven đảo Vân Đồn, đặc biệt vào các mùa mưa

- thời điểm ghi nhận nồng độ kim loại cao. Khuyến khích ứng dụng GIS và phân tích đa biến (PCA, HCA) trong quản lý môi trường biển nhằm xác định chính xác nguồn gốc và mức độ lan truyền của kim loại nặng. Cần thực hiện thêm các nghiên cứu theo chiều sâu, trong đó tích hợp các thông số sinh học (sinh vật đáy, sinh khối vi sinh vật) để đánh giá toàn diện hơn tác động của kim loại nặng đến hệ sinh thái biển.

LỜI CẢM ƠN:

Kết quả bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ kinh phí và số liệu của đề tài “Nghiên cứu ứng dụng mô hình học máy CART kết hợp GIS để đảm bảo hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích ven bờ khu vực đảo Cái Bầu, huyện Vân Đồn, tỉnh Quảng Ninh” - Mã số T25-34. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ahmed A.Y., Abdullah M.P. and Siddeeg S.M, (2022). *Environmental hazard assessment of metals in marine sediments of Sabah and Sarawak, Malaysia*. International Journal of Environmental Science and Technology, 20, 7877-7886.

2. Duong P. T., and Nhung P. C., (2024). *Assessment of the concentration of some heavy metals in bottom sediments in the coastal and island areas of the southern region, Vietnam*. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 11(4), 6071-6079.

3. Ling S. Y., Junaidi A., Harun A. M., and Baba M., (2022). *Geochemical Assessment of Heavy Metal Contamination in Coastal Sediment Cores from Usukan Beach, Kota Belud, Sabah, Malaysia*. Journal of Physics: Conference Series, 2314(1), 012008.

4. Naik S., Pradhan U. K., Karthikeyan P., Bandyopadhyay D., Sahoo R. K., Panda U. S., Mishra P., and Murthy M. V. R., (2023). *Ecological risk assessment of heavy metals in the coastal sediment in the Southwestern Bay of Bengal*. Frontiers in Marine Science, 10, 1255466.

5. Robledo Ardila P. A., Álva-rez-Alonso R., Arcega-Cabrera F., Durán Valsero J. J., Morales García R., Lamas-Cosío E., Oceguera-Vargas I., and DelValls A., (2024). *Assessment and Review of Heavy Metals Pollution in Sediments of the Mediterranean Sea*. Applied Sciences, 14(4), 1435.

6. Loan B. T. T., Nhon D. H., Ve N. D., Luu N. T. M., Sieu L. N., Hue N. T., Vuong B. V., Nghi D. T., Nam L. H., Dung P. T., Anh V. T., Anh H. L., Dung N. T. K., Ha N. M., Chien N. V., and Lan N. T. H. (2022). *Assessment of the distribution and ecological risks of heavy metals in coastal sediments in Vietnam's Mong Cai area*. Environmental Monitoring and Assessment, 195(164), 1-27.

7. An H. T., Lien B. H., and Tuyet Anh N. H., (2025). *Ecological risk assessment of some heavy metals in sediments in the Dong Nai River section flowing through Binh Duong Province, Vietnam*. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 12(2), 7247-7254.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN THE COASTAL ZONE OF CAI BAU ISLAND, BAI TU LONG BAY, QUANG NINH PROVINCE

Dao Trung Thanh¹, ², Nguyen Thi Hong¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

SUMMARY:

Monitoring heavy metal concentrations in water and intertidal sediments is essential for assessing ecosystem health and informing coastal zone management. This study investigates heavy metal contamination in surface sediments from the intertidal zone of Cai Bau Island (Van Don District, Quang Ninh Province, Vietnam). Concentrations of As, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn, and Cu were determined, and geochemical indices - Geoaccumulation Index (Igeo), Enrichment Factor (EF), Contamination Factor (CF), and Potential Ecological Risk Index (PERI) - were applied to assess contamination levels and ecological risks. Multivariate statistical methods, including Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA), were employed to reduce data dimensionality and explore spatial patterns and potential pollution sources. The results revealed spatially heterogeneous distributions of heavy metals, with elevated EF values near river mouths and aquaculture zones. PERI values indicated overall low to moderate ecological risk. PCA distinguished two main sources of contamination: natural geogenic input and anthropogenic activities such as aquaculture, maritime traffic, and terrestrial runoff. The findings provide a scientific basis for environmental surveillance and contribute valuable baseline data to support sustainable development strategies in the context of rapid coastal tourism and marine economic expansion in the Cai Bau coastal region.

Keywords: Heavy metals, Sediments, Intertidal, Cai Bau island

Ngày nhận bài: 8/5/2025

Ngày chuyển phản biện: 15/5/2025

Ngày thông qua phản biện: 29/5/2025

Ngày duyệt đăng: 4/6/2025