



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG VÀ PHÁT TRIỂN TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN

EMNR 2026





Nghiên cứu đánh giá hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích ven bờ khu vực đảo Cái Bàu, tỉnh Quảng Ninh

Đào Trung Thành^{a, b*}, Nguyễn Thị Hồng^a, Trần Thị Ngọc^a

^aKhoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Việt Nam,

^bHọc viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

* Tác giả liên hệ

Họ và tên: Đào Trung Thành

Điện thoại: 0974258985

E-mail: daotrungthanh@humg.edu.vn

Tóm tắt

Trầm tích bãi triều ven biển có vai trò quan trọng trong đánh giá khả năng tích lũy và phản ánh tác động lâu dài của kim loại nặng từ các nguồn tự nhiên và nhân tạo. Nghiên cứu này đánh giá hàm lượng các kim loại nặng As, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu và Hg trong 11 mẫu trầm tích bề mặt, thu thập qua bốn đợt trong năm tại khu vực bãi triều ven đảo Cái Bàu. Kết quả cho thấy hàm lượng kim loại nhìn chung ở mức thấp, với As 1,50-13,89, Pb 4,19-30,36, Cd 0,46-0,67, Cr 3,25-25,18, Cu 2,75-36,02, Zn 42,49-136,84 và Hg 0,42–0,46 (ppm), đều thấp hơn các ngưỡng hướng dẫn chất lượng trầm tích quốc tế. Các chỉ số địa hóa cho thấy Igeo < 0 đối với hầu hết kim loại, phản ánh trạng thái từ không ô nhiễm đến ô nhiễm nhẹ; riêng As tại một số điểm (TT01, TT03) đạt mức ô nhiễm nhẹ. EF của As (1,5–2,8) và Cu (1,2–1,6) cho thấy dấu hiệu ảnh hưởng nhân sinh, trong khi PERI < 70 trên toàn khu vực, tương ứng nguy cơ sinh thái thấp, với As có đóng góp chủ yếu. Phân tích PCA và HCA xác định sự chi phối đồng thời của nguồn tự nhiên và hoạt động nhân sinh như nuôi trồng thủy sản và vận tải biển.

Từ khóa: Kim loại nặng, trầm tích ven biển, đảo Cái Bàu

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

1. Đặt vấn đề

Môi trường biển đảo ven bờ là hệ sinh thái động lực học cao, đóng vai trò quan trọng



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) (Ahmed và cộng sự, 2022; Duong và Nhung, 2024). 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 Bàu là đảo lớn thuộc huyện đảo Vân Đồn nằm trong vùng ven biển 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. (Ling và cộng sự, 2022; Naik và cộng sự, 2023). 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. (Robledo Ardila và cộng sự, 2024)

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... (Loan và cộng sự, 2022; Duong và Nhung, 2024; An và cộng sự, 2025). 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.

2. Lấy mẫu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại khu vực bãi triều ven biển đảo Cái Bàu, thuộc Vịnh Bái Tử Long, kéo dài từ phía Tây Nam đảo Cái Bàu (gần khu vực xã Hạ Long và xã Hạ Mai) đến vùng ven xã Vạn Yên ở phía Đông Bắc. Trong giai đoạn 2020–2021,

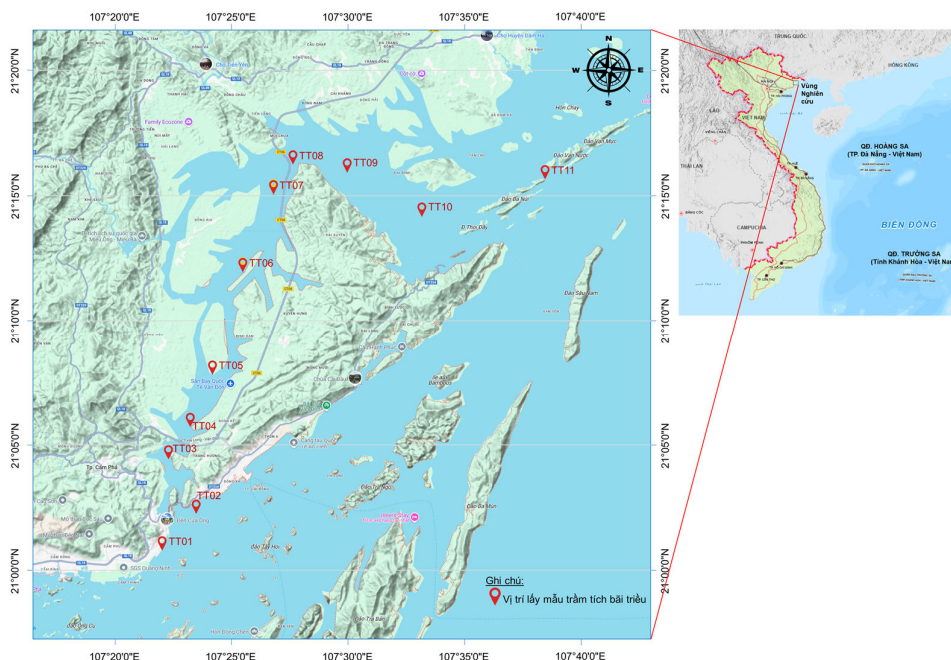
thu 11 mẫu trầm tích bề mặt (Hình 1).

2.2. Phương pháp lấy và xử lý mẫu

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.

Mẫu được sấy khô ở 60°C, nghiền mịn qua rây 0,063 mm. Kim loại được chiết bằng phương pháp aqua regia (HCl: HNO₃ theo tỷ lệ 3:1) và đo bằng Quang phổ phát xạ nguyên tử plasma (ICP-OES). Các kim loại được phân tích gồm: As, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn, Cu.

2.3. Các chỉ số địa hóa



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu trầm tích bề mặt ven đảo Cái Bàu



Chỉ số tích lũy địa hóa (Igeo) (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)

(Hakanson, 1980):

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

trong đó: T_r^i : là hệ số độc hại sinh thái của từng kim loại.

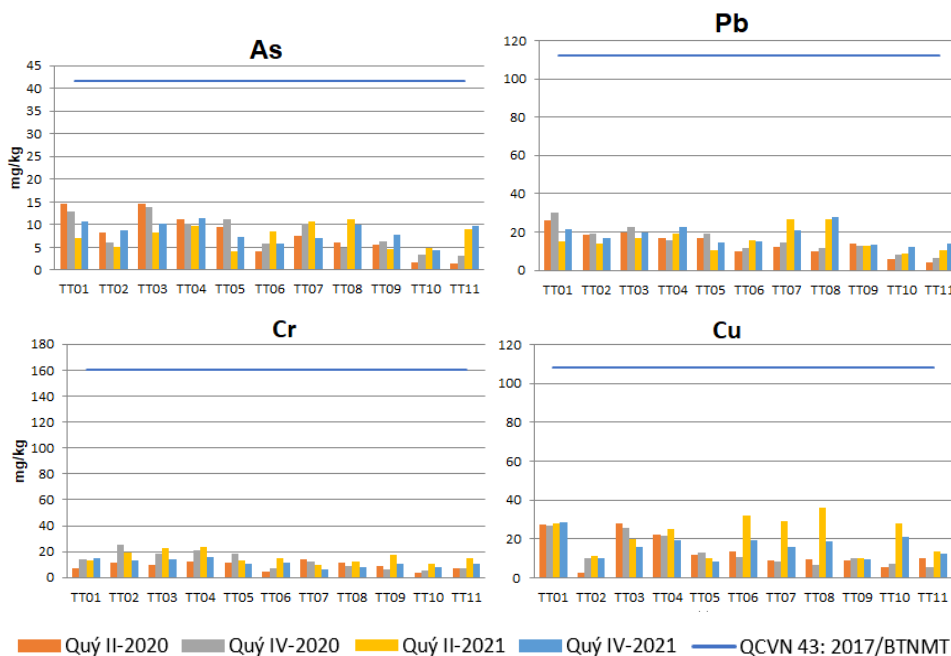
2.4. Phương pháp thống kê đa biến

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 nhiễu dữ liệu đa biến, phục vụ đánh giá xu thế ô nhiễm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. 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



Hình 2. Hàm lượng của một số kim loại nặng trong trầm tích ven bờ đảo Cái Bàu

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 2).

Hàm lượng As trung bình tại các điểm dao động từ 1,50-13,89 ppm, thấp hơn nhiều so với ngưỡng ISQG. Tuy nhiên, một số điểm TT01, TT03 có hàm lượng As cao hơn hẳn các điểm còn lại. Nồng độ Pb biến động từ 4,19-30,36 ppm, thấp hơn ngưỡng cảnh báo (112 ppm). 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 (0,46-0,67 ppm), dưới ngưỡng ISQG (1,2 ppm). Cd không phải là yếu tố gây nguy cơ cao trong khu vực.

Hàm lượng Cr thấp (3,25-25,18 ppm), Hg trung bình từ 0,42–0,46 ppm, Cu từ 2,75-36,02 ppm, Zn dao động từ 42,49-136,84 ppm, khá thấp so với giới hạn QCVN và không có dấu hiệu ô nhiễm.

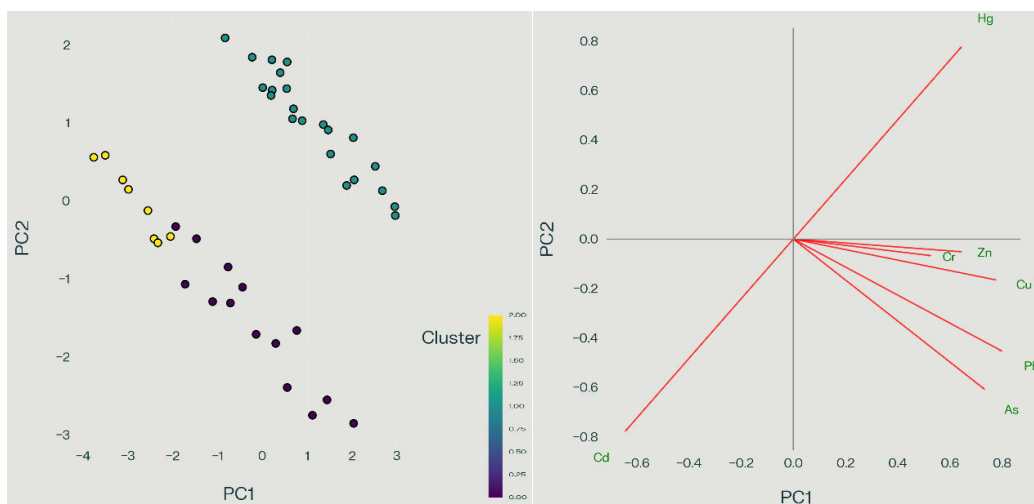
Nhìn chung, trầm tích khu vực bãi triều ven đảo Cái Bàu hiện nay có mức độ ô nhiễm kim loại nặng ở mức thấp, với As là nguyên tố cần được quan tâm hơn.

3.2. Phân tích chỉ số Igeo, EF, PERI

Igeo của hầu hết kim loại < 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 ($I_{geo} > 0$), 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,



Hình 3. Biểu đồ phân tích cụm và thành phần chính tải lượng các KLN



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.

3.3. 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 => khu vực chịu ảnh hưởng nhân sinh (nuôi trồng thủy sản, sinh hoạt).

Nhóm TT05, TT06, TT07: nằm tách biệt hơn, kim loại thấp, ảnh hưởng chủ yếu tự nhiên (Hình 3).

Điều này là do các yếu tố nhân sinh như nuôi trồng, giao thông đường thủy và dòng chảy từ đất liền có ảnh hưởng rõ rệt đến phân bố kim loại nặng tại bãi triều.

Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá tổng thể mức độ ô nhiễm kim loại nặng (As, Pb, Hg, Cd, Cr, Zn, Cu) trong trầm tích bãi triều ven biển đảo Cái Bầu, tỉnh Quảng Ninh thông qua các chỉ số địa hóa và phân tích thống kê đa biến. Kết quả cho thấy hàm lượng trung bình của các kim loại nặng tại các điểm lấy

mẫu nhìn chung nằm trong giới hạn cho phép theo chuẩn nền địa chất và tiêu chuẩn chất lượng trầm tích quốc tế, tuy nhiên có sự biến thiên không gian và thời gian rõ rệt, đặc biệt là vào các quý mùa mưa.

Chỉ số Igeo và EF cho thấy mức độ ô nhiễm từ trung bình đến cao tại một số vị trí, đặc biệt là đối với As, do tác động của hoạt động khai thác thủy sản, du lịch, và phát triển đô thị địa phương. Chỉ số PERI cho thấy rủi ro sinh thái ở mức thấp, trong đó các yếu tố As có đóng góp lớn nhất vào nguy cơ tiềm ẩn này. Phân tích HCA và PCA xác định được hai nhóm nguồn phát thải chính: (1) nhóm kim loại tự nhiên liên quan đến nền địa chất và thành phần hạt mịn; (2) nhóm chịu ảnh hưởng từ nguồn thải nhân sinh như nước thải sinh hoạt, hoạt động cảng và nuôi trồng thủy hải sản. Do đó, 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. Tăng cường 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.

Tài liệu tham khảo

1. Ahmed A.Y., Abdullah M.P. and Sideed 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. 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.
3. 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.
4. Hakanson L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975.
5. 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.
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. Muller G. (1969). Index of Geo-accumulation in sediment of the Rhine River. *GEO Journal*, 2(3), 108.
8. 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 South-western Bay of Bengal. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1255466.
9. Robledo Ardila P. A., Álvarez-Alonso R., Arcega-Cabrera F., Durán Valsero J. J., Morales García R., Lamas-Cosío E., Ocegüera-Vargas I., and DelValls A., (2024). Assessment and Review of Heavy Metals Pollution in Sediments of the Mediterranean Sea. *Applied Sciences*, 14(4), 1435.

Ngày nộp: 18/9/2025

Ngày chấp nhận đăng: 24/12/2025



**FACULTY OF ENVIRONMENT
HANOI UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY
HANOI, VIETNAM**



ISBN: 978-604-76-3296-1



SÁCH KHÔNG BÁN