

ĐÁNH GIÁ HÀM LƯỢNG MỘT SỐ KIM LOẠI NẶNG TRONG TRẦM TÍCH MẶT TẠI KHU VỰC VEN BIỂN TỈNH QUẢNG NINH

Đỗ Thị Hiền¹, Lê Thu Trang^{2,*}, Trịnh Thị Thuỷ¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Học viên cao học, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Các hoạt động công nghiệp, du lịch và nuôi trồng thủy sản ven biển đang gây sức ép đáng kể đến môi trường biển Việt Nam, đặc biệt là tại tỉnh Quảng Ninh - nơi có hệ sinh thái phong phú và phát triển kinh tế biển mạnh mẽ. Nghiên cứu này nhằm đánh giá hàm lượng một số kim loại nặng (Pb, Cd, As, Cu, Zn) trong trầm tích mặt tại ba khu vực điển hình gồm Trà Cổ, Thanh Lân và Cẩm Phả, đại diện cho các điều kiện tự nhiên và kinh tế khác nhau. Phương pháp nghiên cứu bao gồm khảo sát thực địa, lấy mẫu và phân tích trong phòng thí nghiệm theo quy trình chuẩn. Kết quả cho thấy hàm lượng kim loại dao động từ 0,054 đến 137,62 mg/kg; Thứ tự tích lũy trung bình là: Zn > Pb > Cu > Cd > As. Đa số mẫu có hàm lượng nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 43:2017/BTNMT. Tuy nhiên, chỉ số tích lũy địa chất (I_{geo}) cho thấy mức ô nhiễm từ không ô nhiễm đến ô nhiễm nặng đối với Zn tại một số vị trí ở Trà Cổ và ven biển Cẩm Phả. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng phục vụ giám sát môi trường trầm tích và định hướng quản lý ô nhiễm kim loại nặng tại vùng ven biển Quảng Ninh.

Từ khóa: Trầm tích mặt; Ven biển tỉnh Quảng Ninh; Kim loại nặng; I_{geo} .

Abstract

Evaluation of some heavy metal content in surface sediments in coastal areas of Quang Ninh province

Coastal industrial activities, tourism, and aquaculture are exerting significant pressure on Vietnam's marine environment, particularly in Quang Ninh Province - a region characterized by rich ecosystems and robust marine economic development. This study aims to assess the concentrations of selected heavy metals (Pb, Cd, As, Cu, Zn) in surface sediments at the three representative coastal areas, namely Tra Co, Thanh Lan, and Cam Pha, reflecting different natural and economic conditions. The research methodology involved field surveys, sediment sampling, and laboratory analysis following standardized procedures. The results showed that heavy metal concentrations ranged from 0.054 to 137.62 mg/kg, with average accumulation following the order: Zn > Pb > Cu > Cd > As. Most of the measured concentrations were within the permissible limits set by QCVN 43:2017/BTNMT. However, the geological accumulation index (I_{geo}) showed pollution levels ranging from no pollution to heavy pollution for Zn at some locations in Tra Co and Cam Pha coastal areas. The findings provide a critical scientific basis for sediment quality monitoring and heavy metal pollution management in Quang Ninh coastal areas.

Keywords: Surface sediment; Quang Ninh coastal areas; Heavy metals; I_{geo} .

BBT nhận bài: 02/6/2025; Phản biện xong: 27/6/2025; Chấp nhận đăng: 26/9/2025

*Tác giả liên hệ, Email: letrang1801197@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.63064/khtnmt.2025.704>

1. Đặt vấn đề

Ô nhiễm trầm tích ven biển là một vấn đề cấp bách do khả năng tích lũy lâu dài các chất ô nhiễm như kim loại nặng, hợp chất hữu cơ và vi nhựa. Tại các vùng ven biển, trầm tích không chỉ đóng vai trò là bể chứa mà còn có thể giải phóng các chất độc khi điều kiện môi trường thay đổi, ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái thủy sinh và sức khỏe cộng đồng [4].

Tuy nhiên, phần lớn các chương trình quan trắc môi trường ở Việt Nam hiện nay vẫn tập trung vào môi trường nước, trong khi trầm tích là nơi tích lũy dài hạn các chất ô nhiễm chưa được khảo sát một cách toàn diện. Tại Quảng Ninh, vùng ven biển với mật độ dân cư cao, phát triển công nghiệp và nuôi trồng thủy sản mạnh mẽ, các nghiên cứu chuyên sâu về phân bố không gian và mức độ tích lũy kim loại nặng trong trầm tích vẫn còn hạn chế. Điều này làm ảnh hưởng đến việc đánh giá nguy cơ ô nhiễm và xây dựng các chính sách bảo vệ môi trường hiệu quả.

Nghiên cứu của Ho et al., (2010) tại cửa sông Cửa Ông (Vịnh Hạ Long) chỉ ra mức As đáng lo ngại, trong khi các kim loại khác còn ở gần ngưỡng nền tự nhiên [6]. Nghiên cứu của Dang Hoai et al., (2020) về trầm tích bề mặt tại Vịnh Hạ Long đã khảo sát 48 mẫu và xác định các kim loại nặng Cu, Pb, Zn, Cd, As. Kết quả cho thấy Cu, Pb và As vượt ngưỡng ISQG tại các vị trí gần bờ, trong khi các vị trí ngoài khơi nằm dưới ngưỡng này [7].

Trước thực trạng đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm làm rõ mức độ ô

nhiễm của một số kim loại nặng (Cu, Pb, Cr) và Asen (As) trong trầm tích tầng mặt tại ba khu vực ven biển điển hình của tỉnh Quảng Ninh, bao gồm Trà Cổ, Thanh Lân và Cẩm Phả. Ba khu vực này đại diện cho các mô hình sử dụng đất ven biển khác nhau: Rừng ngập mặn, nuôi trồng thủy sản, du lịch sinh thái và cảng biển công nghiệp. Mẫu trầm tích mặt được thu thập trong thời gian thủy triều thấp năm 2025 nhằm đánh giá hiện trạng ô nhiễm kim loại nặng và các chất ô nhiễm liên quan, phục vụ công tác giám sát và quản lý môi trường vùng bờ. Nghiên cứu hướng tới việc (1) đánh giá hàm lượng và đặc điểm phân bố không gian của các kim loại nặng trong trầm tích, (2) so sánh với ngưỡng quy chuẩn môi trường hiện hành và (3) phân tích chỉ số tích lũy địa chất (I_{geo}) nhằm đánh giá nguy cơ ô nhiễm. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ cung cấp cơ sở khoa học phục vụ công tác giám sát, quản lý và bảo vệ môi trường vùng biển Quảng Ninh trong bối cảnh phát triển bền vững kinh tế biển.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Trước khi tiến hành lấy mẫu, nhóm nghiên cứu đã thực hiện khảo sát thực địa để xây dựng chương trình quan trắc, lựa chọn điểm lấy mẫu và phương án lấy mẫu. Các mẫu trầm tích mặt được lấy vào tháng 01 năm 2025. Nhóm nghiên cứu tiến hành lấy 3 mẫu trầm tích mặt tại khu vực ven biển Trà Cổ, 03 mẫu trầm tích mặt tại ven biển Thanh Lân và 04 mẫu trầm tích mặt tại ven biển Cẩm Phả.

Gầu lấy mẫu trầm tích Peterson

(Wildco 1750-G30) cùng với ròng rọc được sử dụng để ngoạm trầm tích mặt ở độ sâu lớn hơn 10 cm. Mẫu trầm tích được chuyển từ gầu vào khay chứa để trộn đều và loại bỏ các tạp chất lạ, sau đó mẫu

được đựng trong túi Zip-lock và được bảo quản lạnh bằng đá gel theo TCVN 6663-15:2004 [1] và vận chuyển về phòng thí nghiệm. Thông tin các vị trí lấy mẫu được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. Thông tin vị trí lấy mẫu trầm tích

TT	Ký hiệu mẫu	Tên mẫu	Toạ độ	Mô tả đặc điểm xung quanh vị trí lấy mẫu
1	TC1	Trà Cỏ 1	21.451667, 108.008056	Khu vực gần bờ, đáy cát mịn, cách bờ khoảng 100 m
2	TC2	Trà Cỏ 2	21.467500, 108.024167	Gần cửa sông đổ ra biển, khu vực có nhiều bùn cát
3	TC3	Trà Cỏ 3	21.473889, 108.053056	Khu vực nước sâu hơn, đáy trầm tích sét pha cát, ít chịu tác động của sóng
4	ThL1	Thanh Lân 1	20.994167, 107.802222	Vịnh kín gió, gần bãi đá ngầm, trầm tích pha vỏ sinh vật
5	ThL2	Thanh Lân 2	21.016389, 107.810278	Khu vực giữa hai mỏm đá, đáy cát đen, gần rạn san hô
6	ThL3	Thanh Lân 3	21.02349, 107.81974	Khu vực phía Nam đảo, đáy cát pha sỏi, gần khu vực neo đậu tàu cá
7	CP1	Cắm Phả 1	21.00246, 107.36306	Khu vực ven biển, gần ống xả nhà máy, trầm tích có dấu hiệu ảnh hưởng công nghiệp
8	CP2	Cắm Phả 2	21.02209, 107.37576	Gần cửa sông nhỏ, đáy bùn pha cát, ảnh hưởng từ dòng chảy sông
9	CP3	Cắm Phả 3	21.03364, 107.38143	Ven bờ, trầm tích sét pha cát, gần khu dân cư
10	CP4	Cắm Phả 4	21.02603, 107.39396	Gần khu vực nuôi trồng thủy sản



Hình 1: Bản đồ vị trí các điểm lấy mẫu

Nghiên cứu

Các mẫu trầm tích được xử lý sơ bộ tại phòng thí nghiệm bằng phương pháp hong khô tự nhiên. Mẫu trầm tích khô được xử lý sơ bộ và nghiền nhỏ theo TCVN 6647:2007 [2]. Các mẫu trầm tích được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 2 - 5 °C để chờ phân tích.

2.2. Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm

Một số kim loại được lựa chọn trong nghiên cứu này bao gồm Pb, Cd, As, Cu và Zn. Mẫu trầm tích được xử lý theo hướng dẫn của EPA 3051a (1996) [9] tại Phòng thí nghiệm Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội để xác định hàm lượng kim loại. Quy trình xử lý mẫu được thực hiện bằng phương pháp vô cơ hóa mẫu ướt với axit mạnh HNO₃ đặc và HCl đặc theo tỷ lệ 1:3 trong lò vi sóng. Hệ phản ứng diễn ra trong lò vi sóng chuyên dụng (SMW02) với chương trình nhiệt độ và tổng thời gian xử lý mẫu khoảng 17 phút. Sau khi phá mẫu, hỗn hợp được tráng bằng dung dịch HNO₃ 2 % và lọc để loại bỏ cặn. Dịch lọc mẫu sau đó được chuyển vào bình định mức 50 mL và định mức đến vạch bằng dung dịch HNO₃ 2 % [9]. Hàm lượng các kim loại trong dịch mẫu được đo bằng thiết bị máy đo quang phổ khối phổ Plasma cảm ứng (ICP-MS) với các điều kiện đã được tối ưu trước khi tiến hành đo tại Trung tâm phân tích tổng hợp - Viện Các Khoa học Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Đảm bảo chất lượng và kiểm soát chất lượng (QA/QC) của mẫu phân tích được đánh giá thông qua việc xác định giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ), cũng như sử dụng mẫu lặp và mẫu thêm chuẩn để đánh giá độ lặp và độ thu hồi của phương pháp.

2.3. Xử lý số liệu

a) *Phương pháp đánh giá mức độ tích lũy kim loại nặng trong trầm tích*

Sử dụng chỉ số tích lũy địa chất I_{geo} (Index of Geoaccumulation) theo hướng dẫn G. Muller [6] đề xuất, để đánh giá mức độ tích lũy ô nhiễm kim loại nặng (1).

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

trong đó:

C_n: Nồng độ kim loại nặng trong mẫu trầm tích nghiên cứu (mg/kg);

B_n: Nồng độ kim loại trung bình trong trầm tích (mg/kg), theo Karl K. Turekian và Karl Hans Wedepohl (1961) [10] (Pb = 20; Cd = 0,3; As = 13; Cu = 45; Zn = 95).

Bảng 2. Thang đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng dựa vào chỉ số Igeo

Giá trị I _{geo}	Mức độ ô nhiễm
I _{geo} ≤ 0	Không ô nhiễm
0 < I _{geo} ≤ 1	Ô nhiễm nhẹ
1 < I _{geo} ≤ 2	Ô nhiễm trung bình
2 < I _{geo} ≤ 3	Ô nhiễm trung bình đến nặng
3 < I _{geo} ≤ 4	Ô nhiễm nặng
4 < I _{geo} ≤ 5	Ô nhiễm nghiêm trọng
I _{geo} > 5	Ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng

b) *Phương pháp phân tích xử lý thống kê*

Các số liệu được xử lý trên phần mềm Microsoft Excel để tính toán sau đó so sánh với QCVN 43:2017/BTNMT, tiêu chuẩn quốc tế như Hướng dẫn Chất lượng Trầm tích tạm thời của Canada (Interim Sediment Quality Guideline - ISQG) và hướng dẫn chất lượng trầm tích (Sediment Quality Guidelines - SQGs) của Hoa Kỳ để đánh giá rủi ro sinh thái bởi các kim loại nặng tại khu vực lấy mẫu.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích

Hàm lượng tổng các kim loại nặng Pb, Cd, As, Cu, Zn trong các mẫu trầm tích mặt tại khu vực ven biển tỉnh Quảng Ninh được phân tích 01 lần/ mẫu và thể hiện trong Bảng 3.

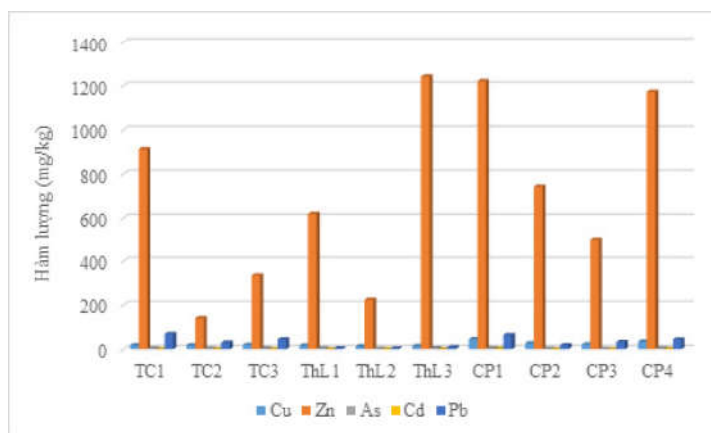
Bảng 3. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu trầm tích

Đơn vị: mg/kg

Vị trí	Pb	Cu	Cd	Zn	As
TC1	69,423	18,867	0,054	913,082	3,466
TC2	29,880	19,044	0,044	140,251	2,689
TC3	44,806	20,521	0,051	335,262	3,095
ThL1	4,023	16,989	0,059	619,277	3,573
ThL2	3,354	14,017	0,027	224,704	1,827
ThL3	8,562	14,261	0,038	1243,006	5,104
CP1	64,105	45,752	1,501	1222,118	4,585
CP2	18,546	27,163	0,268	742,422	1,697
CP3	32,643	22,262	0,303	501,437	1,160
CP4	44,404	35,202	1,085	1173,436	3,845
QCVN 43:2017/BTNMT	112	108	4,2	271	41,6
ISQG	30,2	18,7	0,7	124	7,24
ERL	46,7	34	1,2	150	8,2

Bảng 3 cho thấy trong cả 10/10 mẫu trầm tích mặt tại khu vực ven biển tỉnh Quảng Ninh đều có sự xuất hiện của các kim loại nặng Pb, Cd, As, Cu, Zn. Dựa trên kết quả phân tích hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu trầm tích, ta nhận thấy rằng hầu hết các mẫu đều có nồng độ kim loại dưới ngưỡng cho

phép theo QCVN 43:2017/BTNMT [3] đối với trầm tích nước mặn. Tuy nhiên, khi so sánh với các tiêu chuẩn quốc tế như ISQG của Canada và SQGs của Hoa Kỳ [4, 5], nhiều mẫu đã vượt ngưỡng cho phép, đặc biệt là ở các vị trí thuộc khu vực Cẩm Phả (đại diện cho khu vực đô thị và công nghiệp).



Hình 2: Biểu đồ thể hiện hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tầng mặt khu vực ven biển Quảng Ninh

Nghiên cứu

Kim loại chì (Pb) ở một số mẫu như TC1, CP1 và CP4 vượt chuẩn ISQG và US-EPA, dù vẫn nằm dưới quy chuẩn Việt Nam, cho thấy nguy cơ ô nhiễm mức trung bình.

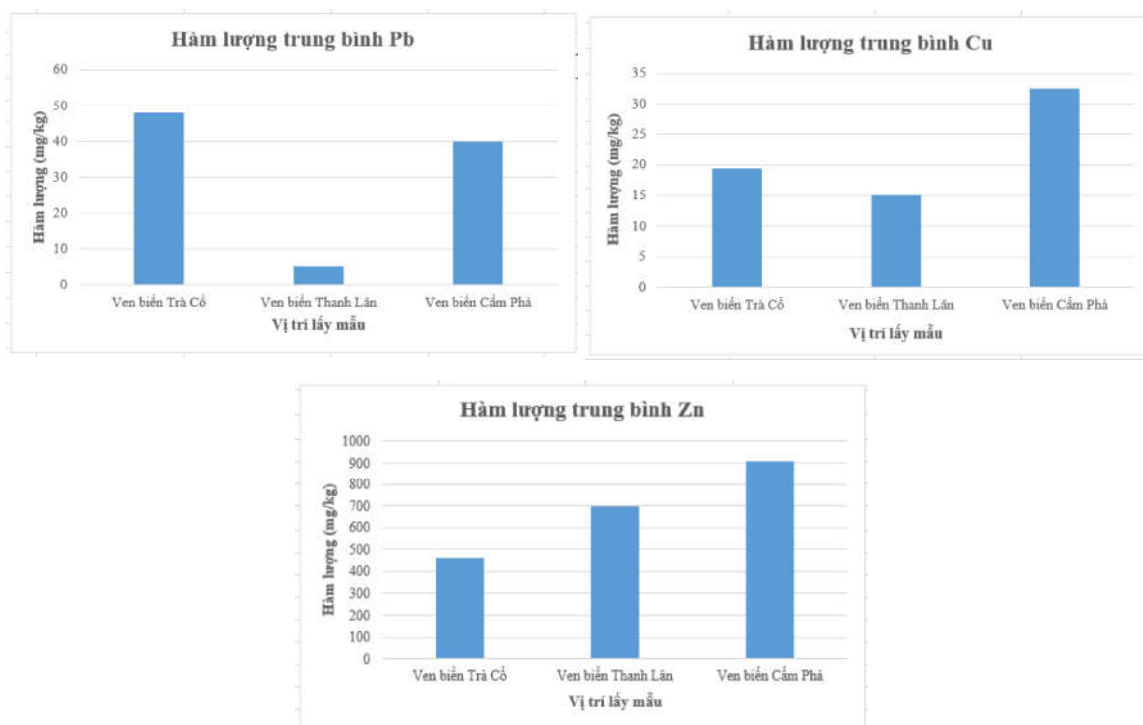
Đồng (Cu) cũng vượt chuẩn quốc tế tại các mẫu CP1 và CP4, đặc biệt ở CP1 với giá trị lên tới 45,752 mg/kg. Vượt quy chuẩn nhất là Cadmi (Cd), khi tất cả các mẫu thuộc nhóm CP đều vượt xa chuẩn ISQG và SQGs, đặc biệt mẫu CP1 có giá trị 1,501 mg/kg gấp hơn 2 lần giới hạn của Hoa Kỳ, thể hiện nguy cơ độc tính rất cao.

Tương tự, Kẽm (Zn) có nồng độ vượt xa mọi giới hạn quốc tế ở tất cả các mẫu, đặc biệt là mẫu ThL3 (1243,006 mg/kg) và CP1 (1222,118 mg/kg), cho thấy mức độ ô nhiễm nặng và lan rộng do khu vực này có cấu trúc địa chất đa dạng, bao gồm các mỏ khoáng sản. Nếu trong khu vực có các thành tạo địa chất giàu kẽm, quá trình phong hóa tự nhiên có thể giải phóng kẽm vào môi trường, sau đó lắng đọng vào trầm tích. Quảng Ninh là trung tâm

công nghiệp lớn với các ngành như khai thác than, nhiệt điện và có thể có các hoạt động liên quan đến luyện kim. Kẽm được sử dụng rộng rãi trong quá trình mạ kẽm (chống ăn mòn cho thép), sản xuất hợp kim và là sản phẩm phụ trong khai thác một số quặng kim loại khác. Cuối cùng, Asen (As) chủ yếu dưới ngưỡng cho phép của Việt Nam và Hoa Kỳ.

So với tiêu chuẩn QCVN 43:2017/ BTNMT cho thấy hàm lượng Pb tại các mẫu TC1, CP1 và CP4 đều vượt quá giới hạn cho phép (112 mg/kg). Điều này cho thấy sự ô nhiễm nghiêm trọng tại các khu vực này.

Khu vực Trà Cổ và Cẩm Phả có dấu hiệu ô nhiễm kim loại nặng cao hơn so với Thanh Lân. Cần có các biện pháp quản lý và giám sát ô nhiễm môi trường tại các khu vực này để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái. Việc thực hiện các chương trình quan trắc định kỳ và đánh giá tác động của các hoạt động kinh tế đến môi trường là rất cần thiết.



Hình 3: Biểu đồ thể hiện hàm lượng trung bình của các kim loại nặng tại các khu vực ven biển Quảng Ninh

Kết quả phân tích cho thấy sự khác biệt rõ rệt về hàm lượng kim loại nặng giữa ba khu vực ven biển. Trong đó, kẽm (Zn) có hàm lượng cao nổi bật ở cả ba địa điểm, đặc biệt tại Cẩm Phả (910 mg/kg) và Thanh Lân (696 mg/kg). Đây là kim loại có mặt phổ biến trong các hoạt động công nghiệp như luyện kim, sản xuất hợp kim và hóa chất, do đó hàm lượng cao có thể bắt nguồn từ nguồn thải công nghiệp hoặc giao thông hàng hải.

Đồng (Cu) và Chì (Pb) cũng có nồng độ cao hơn tại Trà Cổ và Cẩm Phả so với Thanh Lân. Điều này có thể liên quan đến hoạt động khai thác khoáng sản,

tàu thuyền và đô thị hóa ven biển tại hai khu vực này - đặc biệt Cẩm Phả là nơi có nhiều mỏ than và cảng biển hoạt động mạnh. Trong khi đó, Thanh Lân, có thể là khu vực ít chịu tác động từ công nghiệp, cho thấy nồng độ thấp đáng kể, nhất là với Chì (Pb chỉ 5 mg/kg) và Cu (15 mg/kg).

3.2. Đánh giá mức độ tích lũy kim loại nặng trong trầm tích

Sử dụng chỉ số tích lũy địa chất I_{geo} để đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích tại 10 vị trí khu vực ven biển Quảng Ninh, kết quả được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả chỉ số I_{geo} trong trầm tích

Vị trí	I_{geo-Pb}	I_{geo-Cd}	I_{geo-As}	I_{geo-Cu}	I_{geo-Zn}
TC1	1,210	-3,071	-2,492	-1,839	2,680
TC2	-0,006	-3,347	-2,858	-1,826	-0,023
TC3	0,579	-3,136	-2,655	-1,718	1,234
ThL1	-2,899	-2,942	-2,448	-1,990	2,120
ThL2	-3,161	-4,039	-3,416	-2,268	0,657
ThL3	-1,809	-3,576	-1,934	-2,243	3,125
CP1	1,095	1,738	-2,088	-0,561	3,100
CP2	-0,694	-0,746	-3,523	-1,313	2,381
CP3	0,122	-0,573	-4,072	-1,600	1,815
CP4	0,566	1,269	-2,343	-0,939	3,042

Qua Bảng 4 ta thấy, kết quả phân tích chỉ số địa hóa (I_{geo}) cho thấy mức độ tích lũy và ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích khu vực ven biển Quảng Ninh có sự khác biệt rõ rệt giữa các kim loại và địa điểm lấy mẫu.

Trong đó, kẽm (Zn) là kim loại có mức tích lũy cao nhất, với các vị trí như TC1, ThL3, CP1 và CP4 đều có chỉ số I_{geo} vượt ngưỡng 2, phản ánh tình trạng ô nhiễm trung bình đến mạnh, đặc biệt tại Cẩm Phả - nơi có giá trị cao nhất (3,100).

Ngược lại, đồng (Cu) và Asen (As) có chỉ số I_{geo} âm tại tất cả các vị trí, cho thấy

chưa có dấu hiệu tích lũy gây ô nhiễm trong trầm tích, mặc dù về mặt nồng độ As vẫn vượt ngưỡng sinh thái ở một số khu vực.

Đối với Chì (Pb), một số vị trí như TC1 (1,210) và CP1 (1,095) đạt mức ô nhiễm trung bình nhẹ, trong khi các khu vực khác không ô nhiễm. Đặc biệt, Cadimi (Cd) cho thấy giá trị $I_{geo} > 1$ tại CP1 (1,738) và CP4 (1,269), phản ánh mức độ ô nhiễm cục bộ rõ rệt do ảnh hưởng từ hoạt động công nghiệp, còn lại các vị trí khác đều không ô nhiễm Cd.

Tóm lại, chỉ số I_{geo} cho thấy Zn, Cd và Pb là các kim loại có mức độ tích lũy đáng

Nghiên cứu

chú ý trong trầm tích, đặc biệt tại những khu vực như Cẩm Phả, cần được giám sát chặt chẽ nhằm bảo vệ hệ sinh thái biển khỏi nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng.

4. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích tại ba khu vực ven biển Quảng Ninh nhìn chung ở mức thấp, phần lớn dưới ngưỡng quy định của QCVN 43:2017/BTNMT. Tuy nhiên, Zn vượt ngưỡng tại 7/10 vị trí và một số mẫu cũng vượt giới hạn an toàn theo tiêu chuẩn Canada và Hoa Kỳ. Chỉ số I_{geo} chỉ ra rằng Cẩm Phả là khu vực ô nhiễm cao nhất, đặc biệt với Zn ($I_{geo} > 2$) và Cd, trong khi Trà Cổ có ô nhiễm nhẹ Pb, còn Thanh Lân có mức ô nhiễm thấp nhất. Điều này nhấn mạnh sự cần thiết của giám sát môi trường thường xuyên, đặc biệt tại các khu vực chịu tác động công nghiệp.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường, Đề tài cấp Bộ mã số: TNMT.2023.562.04.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2004). *TCVN 6663-15:2004 về chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 15: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu bùn và trầm tích*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2007). *TCVN 6647:2007 (ISO 11464:2006) - Chất lượng đất - Xử lý sơ bộ mẫu để phân tích lý - hóa*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2017). *QCVN 43:2017/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích*.

[4]. Buchman, Michael F., (2008). *Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs)*. NOAA OR & R Report; 08-1, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce.

[5]. Canadian Council of Ministers of the Environment (1999). *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.

[6]. H. H. Ho, R. Swennen & A. Van Damme (2010). *Distribution and Contamination Status of Heavy Metals in Estuarine Sediments near Cua Ong Harbor, Ha Long Bay, Vietnam*. E&E Geosciences International, 13/1 - 2, 37 - 47.

[7]. Nhon D. H. Hoai, et al., (2020). *An assessment of heavy metal contamination in the surface sediments of Ha Long Bay, Vietnam*. Environmental Earth Sciences, 79:436.

[8]. Saha, P.K., Hossain, M.D., (2011). *Assessment of Heavy Metal Contamination and Sediment Quality in the Buriganga River, Bangladesh*. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, p. 384 - 388.

[9]. USEPA (SW-846) (1996). *Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, Method 3051A, "Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludge, Soils and Oils"*. Office of Solid Waste, Washington DC.

[10]. K. K. Turekian, K. H. Wedepohl (1961). *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust*. Geological Society of America Bulletin, vol. 72, no. 2, p. 175 - 192.