ĐÁNH GIÁ RỦI RO SINH THÁI MỘT SỐ KIM LOẠI TRONG TRẦM TÍCH TẠI KHU VỰC VEN BIỂN THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG

LÊ THỊ TRINH[1], NGUYỄN TRUNG HẬU[2,*], ĐỖ THỊ HIỀN[1], KIỀU THỊ THU TRANG[1]

[1] Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

[2] Trạm Quan trắc và Phân tích Môi trường Lao động, Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh Lao động

Tóm tắt

Ô nhiễm kim loại trong môi trường luôn là một vấn đề môi trường cần được quan tâm, đặc biệt tại các khu vực cửa sông ven biển nơi tiếp nhận nhiều nguồn thải nội địa từ thượng nguồn. Hải Phòng là thành phố trực thuộc Trung ương với hệ thống cảng biển lớn nhất khu vực miền Bắc nên các hoạt động phát triển kinh tế khu vực ven biển đã và đang tạo sức ép lớn đến môi trường. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy mẫu trầm tích tại một số khu vực ven biển TP. Hải Phòng vào đầu năm 2025 nhằm đánh giá mức độ tích lũy kim loại nặng cũng như đánh giá các rủi ro của một số kim loại đến hệ sinh thái và sức khoẻ con người. Kết quả đánh giá cho thấy, hàm lượng Cd tại khu vực Đồ Sơn cao hơn so với các khu vực khác và vượt giá trị giới hạn chất lượng trầm tích theo QCVN 43:2017/BTNMT từ 4,7 đến 21,8 lần. Các kim loại còn lại đều có hàm lượng nhỏ hơn giá trị giới hạn cho phép của QCVN 43:2017/BTNMT. Kết quả đánh giá rủi ro sinh thái của từng kim loại đều cho thấy mức độ rủi ro thấp và trung bình (trừ Cd tại khu vực Đồ Sơn), tuy nhiên, hệ số RQ tổng các kim loại chỉ ra mức độ mức độ rủi ro sinh thái cao tại khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: *Ven biển Hải Phòng, Igeo, rủi ro sinh thái, trầm tích mặt.*

Ngày nhận bài: *27/5/2025****; Ngày sửa chữa:*** *15/6/2025;* ***Ngày duyệt đăng:*** *27/6/2025.*

Ecological risk assessment of some metals in surface sediments along coastal areas in Hai Phong city

Abstract

Metal pollution in the environment remains a critical issue that demands attention, particularly in coastal estuaries that are exposed to significant domestic waste inflows from upstream. Hai Phong City, a centrally governed city with the largest seaport system in the northern region of Vietnam, faces considerable environmental pressure due to economic activities in its coastal areas. In early 2025, the research team collected sediment samples from various coastal regions of Hai Phong City to evaluate the extent of heavy metal accumulation and the associated risks to the ecosystem and human health. The findings revealed that the cadmium (Cd) concentration in the Do Son area was higher than in other regions, surpassing the sediment quality limit defined by QCVN 43:2017/BTNMT by factors ranging from 4.7 to 21.8. The concentrations of other metals were all within the permissible limits outlined in QCVN 43:2017/BTNMT. Ecological risk assessments for each metal indicated low to medium risk levels (except for Cd in the Do Son area), but the overall risk quotient (RQ) coefficient for the metals revealed a high level of ecological risk across the study area.

Keywords: *Surface sediment, Coastal Hai Phong City, Ecological risk, Igeo.*

JEL Classifications: *O44, Q51, O13.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trầm tích biển là các vật liệu rắn có nguồn gốc từ lục địa hoặc sinh vật biển, tích tụ và lắng đọng xuống đáy biển qua các quá trình vật lý, hóa học và sinh học. Thành phần của trầm tích biển bao gồm khoáng vật, mảnh vụn hữu cơ, sản phẩm phân hủy sinh học, hạt bụi từ khí quyển và các chất kết tủa hóa học từ nước biển. Trầm tích biển không chỉ là nơi tích tụ vật chất địa chất mà còn giữ một vai trò đặc biệt quan trọng trong cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái biển. Trầm tích biển là nơi sinh sống của các loài sinh vật đáy, lưu giữ và phân phối các chất dinh dưỡng, điều hoà chu trình carbon nhưng đồng thời cũng là nơi lưu giữ và phân phối các chất ô nhiễm, ghi nhận sự biến đổi môi trường. Thông thường thành phần các lớp trầm tích gồm: Thành phần thạch học chủ yếu là bột, sét chiếm đến 80% - 90%, còn lại các thành phần cát hạt nhỏ, vụn cơ học, mùn hữu cơ chiếm khoảng 20%; thành phần hóa học chủ yếu gồm S_iO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, các nguyên tố kim loại như Cu, Zn, Cd, As, Pb, Hg, Cr, Sb, Mn chiếm một lượng nhỏ; thành phần khoáng vật chính gồm sét, silic oxit, chất hữu cơ, cacbonat, mảnh vụn đá và một quần thể các vi khuẩn (Trần Nghi, 2003).

Trong trầm tích, kim loại tồn tại dưới các dạng chính gồm: dạng trao đổi, dạng liên kết với cacbonat, dạng liên kết với chất hữu cơ, dạng liên kết với oxit Fe-Mn và dạng cặn dư. Phần lớn kim loại tập trung ở dạng cặn dư, với liên kết bền vững với trầm tích, trong

khi chỉ một phần nhỏ, chủ yếu ở dạng trao đổi và liên kết với cacbonat, thường dễ dàng phát huy tính độc hại của kim loại nặng và tác động đến hệ sinh thái nước cũng như hệ sinh thái trên cạn theo chuỗi thức ăn (Trịnh Thị Thủy và cộng sự, 2023). Chính vì vậy, nghiên cứu về mức độ ô nhiễm cũng như rủi ro kim loại trong trầm tích luôn cần được quan tâm của các nhà nghiên cứu và các nhà quản lý.

Ở Trung Quốc, các nhà khoa học đã thực hiện nhiều nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng ở các con sông lớn như sông Hoàng Hà, sông Châu Giang, sông Dương Tử… Nghiên cứu của Xupeng Hu và cộng sự (2024) từ năm 2011 đến năm 2024 cho thấy, hàm lượng Pb, Cd và Zn tại cửa sông Dương Tử không gây ra các rủi ro sinh thái bất lợi, trong khi Cu và As đều gây ra các rủi ro sinh thái tiềm ẩn. Tại Việt Nam, hầu hết các nghiên cứu tập trung vào đánh giá nguy cơ tiềm ẩn một số kim loại nặng tại Đồng bằng sông Cửu Long (Wilbers GJ và cộng sự, 2014), sông Hồng (Hien NTT và cộng sự, 2016), rừng ngập mặn nhiệt đới ở Cần Giờ (Nguyen TN và cộng sự, 2019), và vùng ven biển ở miền Nam (Costa-Böddeker S và cộng sự, 2017). Nghiên cứu của Hoài Nhơn và cộng sự (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 thất Cu, Pb và As vượt ngưỡng ISQG tại các vị trí gần bờ, trong khi các vị trí ngoài khơi nằm dưới ngưỡng này. Trịnh Thị Thắm và cộng sự (2022) đã thực hiện đánh giá hàm lượng kim loại Cu, Pb, Cd và Cr trong 20 mẫu trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Hồng cho thấy các giá trị đều nhỏ hơn giới hạn quy định tại Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Chất lượng trầm tích – QCVN 43:2017/BTNMT nhưng cao hơn giá trị thấp nhất có ảnh hưởng theo hướng dẫn chất lượng trầm tích tỉnh Ontario, Canada (1993) - các giá trị quy định để bảo vệ hệ thủy sinh nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm cũng như tích lũy kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu.

Việt Nam là quốc gia biển nằm trong khu vực Đông Nam Á. Chiều dài đường bờ biển trên 3.260 km, diện tích vùng biển trên 1 triệu km^2 (Bộ TN&MT, 2021). Trong đó, TP. Hải Phòng nằm ở vùng duyên hải Bắc Bộ, thuộc đồng bằng sông Hồng, có tọa độ địa lý từ 20°30' đến 21°01' vĩ độ Bắc và từ 106°23' đến 107°08' kinh độ Đông. Khu vực Đồ Sơn, cảng Đình Vũ và sông Văn Úc nằm ở phía đông nam của thành phố, giáp biển và tiếp giáp vùng vịnh Bắc Bộ. Khu vực này có đặc điểm địa hình đa dạng, Đồ Sơn là bán đảo đều núi thấp, cao trên 50 m so với mặt biển, có các bãi bùn và bãi triều rộng đáng kể. Đình Vũ là vùng bằng phẳng, bị ảnh hưởng bởi triều và xâm nhập mặn, đặc trưng bởi đất bùn và cát mỏ. Cửa sông Văn úc có địa hình đầm phá ven biển, bãi bồi đất mềm và rừng ngập mặn. Khu vực Đồ Sơn – cảng Đình Vũ – cửa sông Văn Úc chịu tác động đồng thời từ nhiều loại nguồn thải khác nhau, trong đó nguồn thải công nghiệp, sinh hoạt và giao thông cảng biển là đáng lưu ý nhất. Sự gia tăng các hoạt động công nghiệp và vận tải biển với sự phát triển và mở rộng quy mô của Cảng quốc tế Nam Đình Vũ sẽ là một thách thức đối với môi trường nước trong đó có trầm tích. Các nguồn này không chỉ làm gia tăng ô nhiễm hữu cơ và vi nhựa mà còn là nguồn phát tán chính của kim loại vào môi trường trầm tích biển do hoạt động của tàu thuyền có thể phát sinh kim loại từ sự thôi nhiễm kim loại, từ sự rò rỉ dầu,... Việc giám sát, phân tích và đánh giá định kỳ chất lượng trầm tích là cần thiết nhằm kiểm soát rủi ro ô nhiễm và bảo vệ hệ sinh thái biển ven bờ.

Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm làm rõ mức độ ô nhiễm của một số kim loại nặng (Cu, Pb, Cd, Zn) và arsen (As) trong trầm tích tầng mặt tại ba khu vực ven biển thành phố Hải Phòng, bao gồm Đồ Sơn, Đình Vũ và Văn Úc. 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) phân tích chỉ số tích lũy địa chất (Igeo) và (3) đánh giá rủi ro ô nhiễm kim loại trong trầm tích. 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 Hải Phòng trong bối cảnh phát triển bền vững kinh tế biển.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đánh giá mức độ phân bố một số kim loại gồm Cadimi (Cd), Arsen (As), Kẽm (Zn), Đồng (Cu), Chì (Pb) trong trầm tích tầng mặt tại khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng. Các khu vực lấy mẫu gồm vùng ven biển Đồ Sơn, ven biển Cảng Đình Vũ và Cửa sông Văn Úc. Các khu vực được lựa chọn lấy mẫu nghiên cứu là những khu vực đặc trưng cho các hoạt động kinh tế chính của Hải Phòng gồm hoạt động Cảng Biển (Đình Vũ), hoạt động du lịch, thương mại (Khu vực Đồ Sơn) và hoạt động dân sinh, nuôi trồng thuỷ hải sản (Khu vực Văn Úc). Các vị trí lấy mẫu cách bờ biển khoảng 500 m đến 2 km, mỗi vị trí lấy mẫu cách nhau từ 2 - 5 km.

2.2. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Để có thể lựa chọn các vị trí lấy mẫu một cách chính xác, bên cạnh việc tham khảo các tài liệu về địa chất, địa hình, đặc điểm thuỷ văn của khu vực Hải Phòng, nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành khảo sát thực địa khu vực nghiên cứu trước khi thiết kế chương trình quan trắc và thực hiện lấy mẫu tại hiện trường.

Qua trình lấy mẫu trầm tích biển được thực hiện với thiết bị lấy mẫu trầm tích chuyên dụng gắn với

Bảng 1. Thông tin vị trí lấy mẫu trầm tích

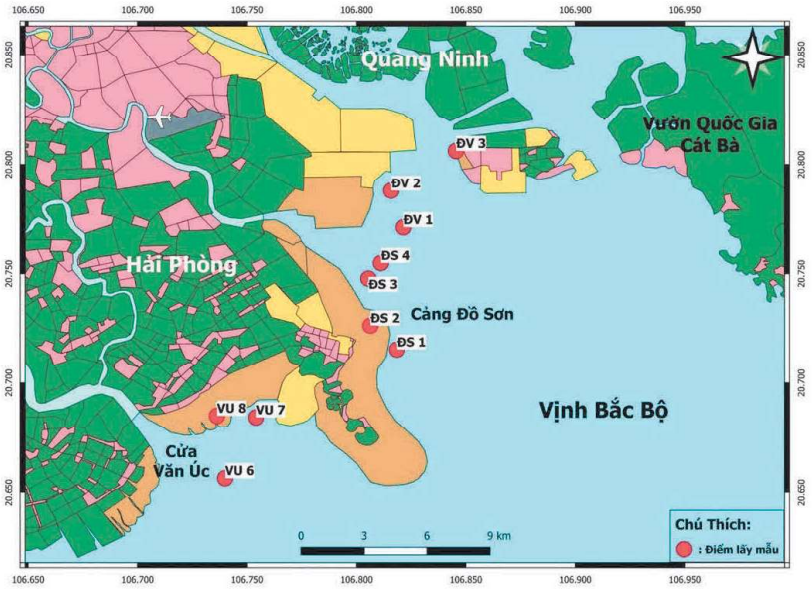
STT	Kí hiệu mẫu	Tọa độ	Tên mẫu	Mô tả vị trí
1	ĐS1	20,7147 106,8207	ĐỒ SƠN 1	Ven bãi biển Đồ Sơn
2	ĐS2	20,7258 106,8061	ĐỒ SƠN 2	Cảng Đồ Sơn
3	ĐS3	20,7474 106,8056	ĐỒ SƠN 3	Cống đê biển Tân Thành
4	ĐS4	20,7578 106,8123	ĐỒ SƠN 4	Giao cửa Lạch Tray – Cửa Đình Vũ
5	ĐV1	20,7717 106,8209	ĐÌNH VŨ 1	Phía nam KCN Đình Vũ
6	ĐV2	20,78803 106,81626	ĐÌNH VŨ 2	Gần KCN Đình Vũ
7	ĐV3	20,8061 106,8456	ĐÌNH VŨ 3	Bến phà Ninh Tiếp
8	VU6	20,658694 106,736417	VĂN ÚC 6	Cửa Văn Úc, Hải Phòng
9	VU7	20,681750 106,752167	VĂN ÚC 7	Cửa Văn Úc, Hải Phòng
10	VU8	20,684917 106,736278	VĂN ÚC 8	Cửa Văn Úc, Hải Phòng

tời phụ trợ trên thuyền lấy mẫu để hỗ trợ quá trình lấy mẫu. Phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo hướng dẫn kỹ thuật tại TCVN 6663-19:2015 (ISO 5667-19:2004) về Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 19: Hướng dẫn lấy mẫu trầm tích biển và Thông tư 10/2021/TT-BTNMT - Thông tư quy định kỹ thuật quan trắc môi trường. Thông tin các vị trí lấy mẫu được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1.

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. Các mẫu trầm tích được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 2 - 5°C để chờ phân tích.

2.3. Phương pháp xử lý mẫu và định lượng một số kim loại trong mẫu trầm tích

Mẫu trầm tích được xử lý theo hướng dẫn của EPA 3051a (1996) để xác định hàm lượng một số kim loại bao gồm bao gồm Pb, Cd, As, Cu và Zn. Mẫu trầm tích khô với kích thước hạt 0,25 mm được phân huỷ bằng axit mạnh HNO_3 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 hòa tan bằng dung dịch HNO_3 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 HNO_3 2% (EPA, 1996). Sau đó, nồng độ các kim loại trong dung dịch mẫu được định



Hình 1. Bản đồ vị trí các điểm lấy mẫu

lượng bằng thiết bị khối phổ Plasma cảm ứng (ICP-MS) với các điều kiện đã được tối ưu trước khi tiến hành đo. Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ), mẫu lặp và mẫu thêm chuẩn được thực hiện để đánh giá độ tin cậy của phương pháp phân tích theo đúng yêu cầu quy định tại Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT với tối thiểu 10% số mẫu, mẫu được lặp lại 2 lần để tính RPD và độ thu hồi.

2.4. Đánh giá rủi ro kim loại

Để đánh giá rủi ro kim loại trong trầm tích đối với hệ sinh thái dưới nước, nghiên cứu sẽ tiến hành đánh giá mức độ tích lũy của kim loại so với giá trị kim loại nền có mặt trong tự nhiên. Kết quả đánh giá tích lũy sẽ chỉ ra hàm lượng kim loại trong trầm tích có nguồn gốc từ quá trình tự nhiên hay bị ảnh hưởng bởi các hoạt động nhân tạo. Ngoài ra, để đánh giá các tác động của kim loại đến hệ sinh thái, đánh giá mức độ rủi ro sinh thái là cần thiết.

2.4.1. Đánh giá mức độ tích lũy một số kim loại trong trầm tích

Chỉ số tích lũy địa chất Igeo (Index of Geoaccumulation) theo hướng dẫn G. Muller (1986) đề xuất được sử dụng để đánh giá mức độ tích lũy ô nhiễm kim loại nặng. Công thức tính Igeo như sau:

$$\mathbf{I_{geo}} = \mathbf{log_2}\left(\frac{\mathbf{C_n}}{\mathbf{1{,}5 \times B_n}}\right) \qquad \text{(công thức 1)}$$

Trong đó:

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

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

Igeo được đánh giá ở các mức không ô nhiễm (Igeo ≤ 0), ô nhiễm nhẹ (0 < Igeo ≤ 1), ô nhiễm trugn bình (1 < Igeo ≤ 2), ô nhiễm trung bình đến nặng (2 < Igeo ≤ 3), ô nhiễm nặng (3 < Igeo ≤ 4, ô nhiễm nghiêm trọng (4 < Igeo ≤ 5) và ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng (Igeo > 5).

Bảng 2. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu trầm tích

Đơn vị: mg/kg

STT	Ký hiệu mẫu		Cu	Zn	As	Cd	Pb
1	ĐS1		28,5	58,9	11,2	84,6	39,1
2	ĐS2		22,0	64,6	11,0	20,1	34,0
3	ĐS3		43,2	149,3	14,2	91,8	46,0
4	ĐS4		35,3	66,3	15,9	47,6	51,9
5	ĐV1		12,7	47,5	4,90	1,37	14,4
6	ĐV2		20,1	48,8	6,35	0,298	21,0
7	ĐV3		37,9	60,6	12,4	2,46	36,9
8	VU6		50,4	96,4	16,7	0,240	43,8
9	VU7		29,4	77,0	10,3	0,093	28,9
10	VU8		31,1	67,8	9,36	0,106	17,5
QCVN 43:2017 BTNMT		Trầm tích nước mặn	108	271	41,6	4,2	112
Tiêu chuẩn Canada		ISQG	18,7	124	7,24	0,7	30,2
Tiêu chuẩn Mỹ (US – EPA)		TEC	28	159	5	0,592	34,2
		TEC	77,7	1532	33	11,7	396

2.4.2. Đánh giá rủi ro sinh thái

Đánh giá rủi ro sinh thái được đánh giá định tính thông qua thương số rủi ro RQ, được tính toán bằng tỉ số giữa nồng độ môi trường đo đạc được (MEC) với nồng độ dự báo ngưỡng là nồng độ không gây tác động lên đối tượng (PNEC).

$$\mathrm{RQ} = \frac{MEC}{PNEC}$$

Trong nghiên cứu này, thương số rủi ro (RQ) là giá trị tỷ số giữa hàm lượng kim loại trong trầm tích và hàm lượng giới hạn của kim loại đó trong trầm tích quy định tại QCVN 47:2023/BTNMT. Giá trị RQ từ 0,01 đến 0,1 được đánh giá ở mức rủi ro thấp; RQ từ 0,1 đến 1, đánh giá ở mức rủi ro trung bình; và RQ ≥1, đánh giá ở mức rủi ro cao (Lê Thị Hồng Trân, 2008). Nghiên cứu tính toán giá trị RQ của từng kim loại nhằm xác định rõ rủi ro sinh thái do từng tác nhân gây ra, từ đó nhận diện kim loại chính có nguy cơ cao tại khu vực nghiên cứu, Bên cạnh đó, giá trị RQ tổng được sử dụng để phản ánh tác động cộng gộp của nhiều kim loại tại một điểm lấy mẫu, giúp đánh giá mức độ nguy cơ tích lũy toàn diện đối với hệ sinh thái trầm tích.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hàm lượng kim loại trong trầm tích

Theo kết quả của quá trình xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp tại Phòng thí nghiệm, giá trị LOQ của các kim loại trong nghiên cứu này khoảng dao động 0,1 mg/kg đến 0,5 mg/kg. Độ thu hồi của các kết quả phân tích mẫu thêm chuẩn dao động từ 80,2 % đến 109 %. Như vậy, kết quả phân tích có độ tin cậy tốt và sử dụng được cho phân tích hàm lượng vết các kim loại nghiên cứu trong mẫu môi trường.

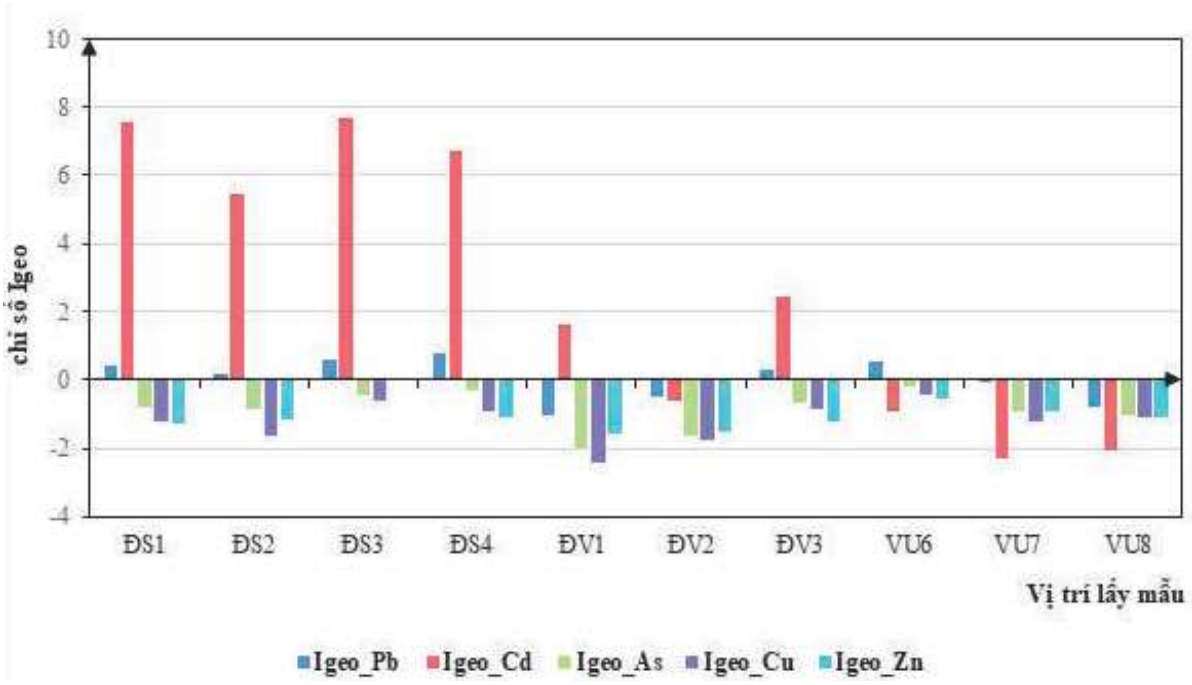
Hàm lượng tổng các kim loại Pb, Cd, As, Cu, Zn trong các mẫu trầm tích được xác định 01 lần/mẫu và tiến hành làm lặp 01 mẫu để đánh

Hình 2. Biểu đồ thể hiện hàm lượng của các kim loại nặng so với các tiêu chuẩn tại khu vực Hải Phòng

giá độ lặp lại của kết quả. Các giá trị hàm lượng một số kim loại được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2 cho thấy, trong cả 10/10 mẫu trầm tích mặt tại khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng đều có sự xuất hiện của các kim loại nặng Pb, Cd, As, Cu, Zn. Nhìn chung, hàm lượng các kim loại As, Cu, Zn, Pb đều nhỏ hơn giá trị giới hạn theo QCVN 43:2017/ BTNMT, riêng hàm lượng Cd tại 4 điểm lấy mẫu ở khu vực Đồ Sơn cao giá trị giới hạn của quy chuẩn từ 4,7 đến 21,8 lần. Hàm lượng các kim loại Pb, Cu, Cd, Zn và As dao động tương ứng từ 14,376 mg/kg (ĐV1) đến 51,894 mg/kg (ĐS4), từ 12,664 mg/kg (ĐV1) đến 50,432 mg/kg (VU6), từ 0,106 mg/kg (VU8) đến 91,850 mg/kg (ĐS3), từ 47,548 mg/kg (ĐV1) đến 149,297 mg/kg (ĐS3), từ 4,902 mg/kg (ĐV1) đến 16,723 mg/kg (VU6).

Các tiêu chuẩn chất lượng trầm tích quốc tế, bao gồm tiêu chuẩn chất lượng trầm tích của Canada (ISQG) và Mỹ (TEC) cho phép đánh giá mức độ tiềm ẩn tác động tiêu cực của kim loại nặng đến sinh vật đáy và hệ sinh thái thủy sinh. Các ngưỡng TEC và ISQG đại diện cho mức nồng độ dưới đó hầu như không có tác động sinh học bất lợi, do đó, việc vượt quá các giá trị này là dấu hiệu cảnh báo nguy cơ rủi ro sinh thái. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng một số kim loại cao hơn các giá trị giới hạn. Cụ thể, có 5 mẫu có hàm lượng Pb vượt ngưỡng TEC theo tiêu chuẩn chất lượng của Mỹ và 6 mẫu cao hơn giá trị giới hạn của ISQG. Đối với kim loại Cu, cũng có 6 mẫu có trị hàm lượng cao hơn TEC và hàm lượng Cu trong 9 mẫu cao hơn ngưỡng của ISQG. Các mẫu vượt ngưỡng đều chủ yếu nằm ở khu vực Đồ Sơn và Cửa Sông Văn Úc (Hình 2).



Hình 3. Biểu đồ kết quả Igeo của các kim loại

Khu vực Đồ Sơn (ĐS1 – ĐS4) ghi nhận Cd rất cao có thể do: Gần các khu đô thị ven biển và cảng cá, nơi thường có nước thải sinh hoạt và dầu nhớt tàu thuyền chứa kim loại nặng. Khả năng có nguồn thải công nghiệp/du lịch không xử lý triệt để (nước thải từ nhà hàng, khách sạn ven biển). Trầm tích tại đây là bùn mịn, giàu chất hữu cơ nên dễ hấp phụ Cd. Cửa sông Văn Úc là nơi thu nhận nguồn nước từ nội địa chảy ra biển với sự xáo trộn trầm tích thấp hơn hai khu vực còn lại nên sự tích lũy các kim loại cũng có xu hướng cao hơn. Tại khu vực Cảng Đình Vũ, tuy có nhiều nguồn thải từ hoạt động tàu thuyền, nhưng tại đây, sự nạo vét bùn cát và sự xáo trộn trầm tích xảy ra thường xuyên nên hàm lượng các kim loại tại khu vực có xu hướng thấp hơn 2 khu vực còn lại.

Kết quả phân tích kim loại nặng trong trầm tích ven biển Hải Phòng cho thấy, hàm lượng Pb, Cu, Zn và As nhìn chung dao động trong khoảng an toàn, tương đương hoặc thấp hơn so với các khu vực khác như cửa sông Thái Bình, vịnh Cồn Lu hay sông Hồng (Đỗ Thị Hiền và cộng sự). Riêng nguyên tố Cd có giá trị cao bất thường tại các điểm ĐS1–ĐS4 (đạt tới 91,850 mg/kg), vượt xa so với các vùng so sánh trong và ngoài nước. Đây là dấu hiệu cảnh báo về nguy cơ ô nhiễm nghiêm trọng, nhiều khả năng liên quan đến nguồn thải từ công nghiệp, khu vực cảng biển hoặc nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để. Điều này cho thấy sự cần thiết của việc kiểm soát chặt chẽ các nguồn phát sinh và tăng cường giám sát môi trường tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 3. Kết quả chỉ số Igeo trong trầm tích

Vị trí	Igeo_Pb	Igeo_Cd	Igeo_As	Igeo_Cu	Igeo_Zn
ĐS1	0,383	7,555	-0,794	-1,242	-1,274
ĐS2	0,179	5,484	-0,825	-1,620	-1,142
ĐS3	0,616	7,673	-0,458	-0,644	0,067
ĐS4	0,791	6,723	-0,296	-0,937	-1,105
ĐV1	-1,061	1,607	-1,992	-2,414	-1,584
ĐV2	-0,512	-0,595	-1,619	-1,749	-1,546
ĐV3	0,299	2,452	-0,654	-0,832	-1,233
VU6	0,545	-0,907	-0,222	-0,421	-0,564
VU7	-0,056	-2,275	-0,918	-1,199	-0,889
VU8	-0,779	-2,086	-1,058	-1,118	-1,071

Bảng 4. Thương số rủi ro của kim loại tại khu vực ven biển Hải Phòng

	Giá trị RQ					
	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Tổng RQ
ĐS1	0,264	0,217	0,270	20,1	0,349	21,2
ĐS2	0,203	0,238	0,265	4,80	0,303	5,81
ĐS3	0,400	0,551	0,341	21,9	0,410	23,6
ĐS4	0,326	0,244	0,382	11,3	0,463	12,7
ĐV1	0,117	0,175	0,118	0,326	0,128	0,865
ĐV2	0,186	0,180	0,153	0,071	0,188	0,777
ĐV3	0,351	0,224	0,298	0,587	0,330	1,79
VU6	0,467	0,356	0,402	0,057	0,391	1,67
VU7	0,272	0,284	0,248	0,022	0,258	1,08
VU8	0,288	0,250	0,225	0,025	0,156	0,945

3.2. Đánh giá mức độ tích luỹ kim loại trong trầm tích

Chỉ số tích lũy địa chất Igeo để đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích tại 10 vị trí khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng được thể hiện tại Bảng 3.

Kết quả cho thấy, Cadimi là nguyên tố có mức độ ô nhiễm nghiêm trọng và phân bố không đều, tập trung tại khu vực Đồ Sơn. Pb và Zn có hiện tượng ô nhiễm nhẹ cục bộ, trong khi As và Cu chưa cho thấy dấu hiệu ô nhiễm rõ rệt. Giá trị chỉ số Igeo của Pb dao động từ -1,061 đến 0,791, cho thấy mức độ ô nhiễm chủ yếu từ không ô nhiễm đến ô nhiễm nhẹ. Igeo của Cd cao bất thường, đặc biệt tại ĐS1 đến ĐS4 (5,484–7,673), vượt xa ngưỡng "ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng" (Igeo > 5). Đây là dấu hiệu rõ ràng của ô nhiễm nghiêm trọng, có khả năng xuất phát từ nước thải công nghiệp hoặc nguồn phân bón nông nghiệp bị rửa trôi từ đất liền ra biển. Mức Cd tại ĐV1 và ĐV3 (Igeo = 1,607 và 2,452) thuộc dạng ô nhiễm nhẹ đến trung bình, trong khi các điểm còn lại như ĐV2, VU6–VU8 có Igeo âm, cho thấy Cd chưa tích tụ đáng kể tại các vị trí này. Vị trí ĐS3 (Igeo = 7,673) là điểm nóng ô nhiễm Cd, cần đặc biệt chú ý trong công tác giám sát. Giá trị Igeo của các kim loại còn lại đều ở mức âm và nhỏ hơn 1 cho thấy nguy cơ tích luỹ và rủi ro thấp của Cu, Zn và As.

3.3. Đánh giá rủi ro trong trầm tích

Bảng 4 thể hiện kết quả đánh giá rủi ro sinh thái của một số kim loại tại khu vực nghiên cứu.

Kết quả đánh giá rủi ro sinh thái chỉ ra rằng, khi tính toán mức độ rủi ro của từng kim loại tại mỗi vị trí thì chỉ có các mẫu trầm tích lấy tại Đồ Sơn gây ra rủi ro cao do hàm lượng Cd cao, các kim loại còn lại tại các vị trí đều gây ra mức rủi thấp đến mức trung bình. Tuy nhiên, khi tính tổng thương số rủi ro tại mỗi vị trí, chỉ có ĐV1, ĐV2 và VU8 là có mức rủi ro trung bình. Các vị trí còn lại, sự tích luỹ của các kim loại đều gây ra rủi ro cao và rất cao. Cadmium là một kim loại nặng không phân hủy và có thể tích tụ trong trầm tích biển trong thời gian dài. Do tính chất bền vững và khả năng không phân hủy sinh học của nó, Cd có xu hướng tích tụ trong lớp trầm tích biển, tạo ra các mức độ nguy hiểm cao cho các sinh vật biển sống ở đáy biển, như động vật không xương sống và cá. Khi các sinh vật này hấp thu cadmium qua hệ thống thức ăn, các kim loại nặng này có thể tiến vào chuỗi thức ăn, gây nguy hiểm cho các sinh vật cao hơn và thậm chí là con người. Hàm lượng cadmium (Cd) tại khu vực Đồ Sơn vượt trội so với các khu vực Đình Vũ và Văn Úc do một số yếu tố kinh tế - xã hội, địa chất và thủy văn đặc trưng. Đồ Sơn là một khu du lịch phát triển mạnh mẽ, với các công trình xây dựng và phát triển cơ sở hạ tầng trong những năm gần đây, điều này làm tăng khả năng thải cadmium từ vật liệu xây dựng vào môi trường. Các nghiên cứu trước đây cho thấy cadmium có thể tích tụ trong đất và trầm tích ven biển, đặc biệt trong các khu vực có đất phù sa và dễ thấm như Đồ Sơn (Bộ TN&MT), Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo quốc gia giai đoạn 2016-2020, 2021). Ngoài ra, Đồ Sơn nằm gần các khu công nghiệp, nơi phát sinh chất thải công nghiệp có chứa cadmium, từ các quá trình sản xuất, chế biến kim loại và hóa chất (Báo cáo hiện trạng môi trường TP. Hải Phòng giai đoạn 201 – 2020, 2021). Bên cạnh đó, đặc điểm thủy văn của Đồ Sơn với dòng chảy mạnh và thủy triều có thể dẫn đến sự lan truyền cadmium từ các khu công nghiệp và đất liền vào môi trường biển, làm tăng mức độ ô nhiễm tại khu vực này. Hàm lượng cadmium tại Đồ Sơn ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái biển và sức khỏe.

Để giảm thiểu ô nhiễm cadmium tại Đồ Sơn, cần cải thiện hệ thống xử lý chất thải công nghiệp, du lịch và các công trình xây dựng. Đồng thời, việc phục hồi hệ sinh thái biển bằng cách trồng các loài cây có khả năng hấp thụ cadmium sẽ góp phần làm sạch môi trường trầm tích và nước biển. Việc giám sát chất lượng nước và trầm tích tại Đồ Sơn cũng cần

được nâng cao, với các trạm quan trắc được thiết lập tại các cửa sông và khu vực cảng để theo dõi và cảnh báo kịp thời về mức độ ô nhiễm cadmium. Như vậy, vấn đề quản lý nguồn thải để giảm thiểu sự tích lũy kim loại tại khu vực nghiên cứu là rất cần thiết.

4. KẾT LUẬN

Hàm lượng kim loại trong 10 mẫu trầm tích được lấy tại 3 khu vực ven biển Hải Phòng đầu năm 2025 cho thấy, mức độ tích luỹ của các kim loại ở mức không cao. Ngoài hàm lượng Cd tại khu vực Đồ Sơn cao hơn giá trị giới hạn chất lượng trầm tích quy định tại QCVN 43:2017/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích (trầm tích nước mặn, nước lợ), các kim loại đều thấp hơn giá trị giới hạn. So sánh với quy định chất lượng trầm tích của Canada và Hoa Kỳ cho thấy, có một số mẫu vượt ngưỡng giới hạn an toàn theo ISQG và TEC về ô nhiễm kim loại Pb, Cd, As, Cu, Zn. Tại Đồ Sơn, chỉ số Igeo của Pb cho thấy ô nhiễm nhẹ (0,179 đến 0,791), Cd có mức độ ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng (5,484 đến 7,673), các kim loại còn lại đều ở mức không ô nhiễm. Khu vực Đình Vũ và Văn Úc, chỉ số Igeo của các kim loại đều gần bằng không hoặc nhỏ hơn không cho thấy mức độ tích luỹ thấp và không ô nhiễm. Tuy nhiên, kết quả tính toán rủi ro sinh thái tổng thể các kim loại tại các vị trí cho thấy mức độ rủi ro cao tại các khu vực nghiên cứu khi tổng RQ của các kim loại hầu hết lớn hơn 1. Đề xuất cơ quan quản lý cần có biện pháp quản lý và giám sát ô nhiễm môi trường để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái.

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

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Nghi (2003), Trầm tích học, NXB Đại học quốc gia Hà Nội.

2. Trịnh Thị Thủy, Phạm Phương Thảo, Đỗ Thị Hiền, Trịnh Kim Yến, Nguyễn Thành Trung (2022), Giáo trình Hoá học Môi trường, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật

3. Xupeng Hu, Xiaohui Zhai, Yimin Jin, Terry L. Wade, Xian Zhou, Tonghui Zhuang, Jianghao Ning, Xiuqing Song, Wei Cai, Zongwei Chen, Xinxin Li (2024), Ecological risk assessment of dissolved heavy metals in the Yangtze River Estuary and Zhejiang coastal waters, China, Marine Pollution Bulletin, Volume 205..

4. Wilbers GJ, Becker M, Nga LT, Sebesvari Z, Renaud FG (2014), "Spatial and temporal variability of surface water pollution in the Mekong Delta, Vietnam", Science Total Environment, 485-486, pp.653-665.

5. 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.

6. Trịnh Thị Thắm, Lê Thị Trinh, Trịnh Thị Thủy (2022), Rủi ro sinh thái một số kim loại nặng trong trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Hồng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 64(11) 48 – 53.

7. Canadian Council of Ministers of the Environment (1999), Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

8. Bộ TN&MT (2021), Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo quốc gia giai đoạn 2016 – 2020.

9. Sở TN&MT TP. Hải Phòng (2021), Báo cáo hiện trạng môi trường TP. Hải Phòng giai đoạn 2016 – 2020.

10. V. G. Muller, "Schadstoffe in Sedimenten - Sedimente als Schadstoffe Von", Umweltgeolo gie Band, vol. 79, pp. 107-126, 1986.

11. K. K. Turekian, K. H. Wedepohl, "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust", Geological Society of America Bulletin, vol. 72, no. 2, pp. 175-192, 1961.

12. Lê Thị Hồng Trân, Đánh giá rủi ro môi trường, Nhà xuất bản Khoa Học Kỹ Thuật, (2008)

13. Hien NTT, Zhang W, Li Z, Li J, Ge C, Liu J, Bai X, Feng H, Yu L (2016), "Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam", Marine Pollution Bulletin, 113 (1–2), pp.513-519.

14. Nguyen TN, Marchand C, Strady E, Truong VV, Tran TNT (2019), "Metals geochemistry and ecological risk assessment in a tropical mangrove (Can Gio, Vietnam)", Chemosphere, 219, pp.365-382.

15. Costa-Böddeker S, Hoelzmann P, Le XT, Hoang DH, Nguyen HA, Richter DO, Schwalb A (2017), Ecological risk assessment of a coastal zone in Southern Vietnam: Spatial distribution and content of heavy metals in water and surface sediments of the Thi Vai Estuary and Can Gio Mangrove Forest", Marine Pollution Bulletin, 114(2), pp.1141-1151.

16. 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.

17. Đỗ Thị Hiền, Lê Bảo Linh, Trịnh Thị Thủy, Trịnh Thị Thắm, Đánh giá mức độ tích lũy một số kim loại nặng trong trầm tích mặt tại một số cửa sông ven biển tỉnh Thái Bình, Tạp chí Môi Trường, Chuyên đề IV, 2024.