

HÀM LƯỢNG CÁC KIM LOẠI NẶNG TRONG TRẦM TÍCH TẠI CÁC TRẠM QUAN TRẮC NHA TRANG, VŨNG TÀU VÀ RẠCH GIÁ (1998-2014)

Lê Thị Vinh, Nguyễn Hồng Thu, Dương Trọng Kiểm, Phạm Hữu Tâm,
Phạm Hồng Ngọc, Lê Hùng Phú, Võ Trần Tuấn Linh
Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học & Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Kết quả phân tích kim loại nặng trong trầm tích do Trạm Quan trắc và Phân tích môi trường biển Miền Nam thực hiện trong thời gian 1998 - 2014 cho thấy hàm lượng các kim loại nặng dao động trong phạm vi rộng tại trạm Nha Trang, Vũng Tàu và Rạch Giá nhưng không có sự khác biệt giữa các thời kỳ khảo sát (tháng 3-4 và tháng 8-9). Khoảng dao động tại trạm Nha Trang là Zn: từ 14,7-99,5 µg/g, Cu: từ 3,9 - 26,0 µg/g, Pb: 4,7 - 39,3 µg/g, As: 0,13-16,07 µg/g, Cd: 0-4,8 µg/g, Hg: 0,02-2,76 µg/g; tại trạm Vũng Tàu là Zn từ 7,0-65,1 µg/g, Cu: từ 1,6-21,8 µg/g, Pb: 2,2-27,6 µg/g, As: 0,1-7,3 µg/g; Cd: 0-4,5 µg/g; Hg: 0,02-1,24 µg/g) và trạm Rạch Giá là Zn: từ 16,6-113,1 µg/g, Cu: từ 1,8-19,1 µg/g, Pb: 2,4-43,2 µg/g, As: 0,14-13,84 µg/g, Cd: 0-4,8 µg/g, Hg: 0,02-0,93 µg/g).

Hàm lượng các kim loại nặng tại trạm Nha Trang và Rạch Giá luôn cao hơn so với trạm Vũng Tàu. Một cách tổng thể, theo thời gian, xu thế biến động của hàm lượng các kim loại nặng tại cả 3 trạm đều không rõ ràng mặc dù hàm lượng Zn tại trạm Nha Trang và Rạch Giá có xu thế giảm dần. Nhìn chung, chất lượng môi trường trầm tích tại 3 trạm quan trắc về mặt kim loại nặng đều nằm trong giới hạn quy định trong Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về trầm tích.

HEAVY METAL CONTENTS IN SEDIMENT AT MONITORING STATIONS NHA TRANG, VUNG TAU AND RACH GIA (1998-2014)

Le Thi Vinh, Nguyen Hong Thu, Duong Trong Kiem, Pham Huu Tam
Pham Hong Ngoc, Le Hung Phu, Vo Tran Tuan Linh
Institute of Oceanography, Vietnam Academy of Science & Technology

Abstract

The analysis results of heavy metals in sediment at monitoring stations Nha Trang, Vung Tau and Rach Gia from 1998 to 2014 showed that heavy metals varied widely: in Nha Trang station (Zn: from 14.7 to 99.5 µg/g; Cu: from 3.9 to 26.0 µg/g; Pb: 4.7 to 39.3 µg/g; As: 0.13 to 16.07 µg/g ; Cd: 0 to 4.8 µg/g; Hg: 0.02 to 2.76 µg/g), Vung Tau station (Zn: from 7.0-65.1 µg/g; Cu: from 1.6 to 21.8 µg/g; Pb: 2.2 to 27.6 µg/g; As: 0.1 to 7.3 µg/g ; Cd: 0-4.5 µg/g; Hg: 0.02 to 1.24 µg/g) and Rach Gia station (Zn: from 16.6 to 113.1 µg/g; Cu: from 1.8 to 19.1 µg/g; Pb: 2.4 to 43.2 µg/g; As: 0.14 to 13.84 µg/g; Cd: 0 to 4.8 µg/g; Hg: 0.02 to 0.93 µg/g). However, there was no difference between the survey conducted in March-April and August-September.

Heavy metal contents in sediment at Nha Trang and Rach Gia stations were always higher compared to those in Vung Tau station. Overall, by the time, the variation trend of heavy metal contents in all three stations was not clear although Zn contents in Nha Trang and Rach Gia stations had the trend of decreasing. In generally, the sediment quality in term of heavy metals at three stations was good and suitable for the aquatic life compared to National Technical Regulation on Sediment Quality in Vietnam.

I. MỞ ĐẦU

Trạm Quan trắc và Phân tích môi trường biển Miền Nam được thành lập vào giữa thập kỷ 90 của thế kỷ 20. Từ khi thành lập đến nay, trạm đã quan trắc các thông số môi trường biển, trong đó có các thông số hóa học trong nước và trầm tích trong vùng biển ven bờ nam Việt Nam. Các kết quả quan trắc môi trường nước biển đã được công bố trong các thời gian trước đây (Vo Van Lanh, 1999; Lã Văn Bài, 2003, 2007, 2009 và Vũ Tuấn Anh, 2011) trong khi các kết quả quan trắc trầm tích biển vẫn chưa được xuất bản mặc dù trong số các tác nhân gây ô nhiễm, kim loại nặng được quan tâm nhiều bởi tính độc, tính bền vững trong môi trường (Clark và cs., 1997). Trong môi trường thủy sinh, trầm tích có vai trò quan trọng trong sự hấp thụ các kim loại nặng bởi sự lắng đọng của các hạt lơ lửng và các quá trình có liên quan đến bề mặt các vật chất vô cơ và hữu cơ trong trầm tích. Sự tích tụ các kim loại nặng trong trầm tích có thể gây ảnh hưởng không tốt đến đời sống của các sinh vật thủy sinh và có thể gây ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của con người thông qua chuỗi thức ăn; ví dụ nhiều loài động vật không xương sống sử dụng trầm tích như nguồn thức ăn, vì thế cơ thể chúng là nơi lưu giữ và tích tụ kim loại nặng (Carles và cs., 2000).

Vì vậy, nhằm bổ sung thông tin về kết quả quan trắc, bài báo này thảo luận về hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại 3 trạm quan trắc Nha Trang, Vũng Tàu và Rạch Giá. Đây là 3 trạm được quan trắc liên tục từ khi thành lập đến nay. Đặc trưng của 3 trạm này được tóm tắt như sau:

- *Trạm Nha Trang*: được đặt trong vịnh Nha Trang (tọa độ: 12°12'45"N -

109°13'12"E, độ sâu 19-20 m), một trung tâm du lịch lớn của cả nước đồng thời cũng là một khu vực tiếp nhận chất thải từ các sông Cái, Quán Trường, hoạt động nuôi trồng thủy sản, hoạt động du lịch, sinh hoạt đô thị và hoạt động cảng.

- *Trạm Vũng Tàu*: được đặt tại cửa vịnh Gành Rái (tọa độ: 10°23'27"N - 107°01'05"E, độ sâu: 8-9 m), nơi chịu ảnh hưởng của hệ thống sông Sài Gòn, Đồng Nai, hệ thống sông Mê Kông và các hoạt động kinh tế xã hội của TP. Hồ Chí Minh, Vũng Tàu.

- *Trạm Rạch Giá*: được đặt trong vịnh Rạch Giá (tọa độ: 10°00'26"N - 104°56'20"E, độ sâu: 3-5 m), nơi chịu ảnh hưởng hệ thống kênh thoát lũ ra biển tây và các hoạt động kinh tế xã hội miền Tây Nam Bộ.

II. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Thu mẫu

Mẫu trầm tích bề mặt (0-5 cm) được thu định kỳ 2 lần/năm từ năm 1998 đến năm 2014 vào tháng 3-4 và tháng 8-9 bằng cuộc thu mẫu chuyên dùng. Vị trí các trạm thu mẫu được trình bày trong hình 1.

2. Bảo quản mẫu

Mẫu trầm tích được đóng gói trong bao polyethylene và giữ lạnh ở nhiệt độ 4°C cho đến khi phân tích (trong thời gian khoảng 10 ngày, FAO, 1975).

3. Các chỉ tiêu được phân tích là Zn, Cu, Pb, As, Cd và Hg.

4. Phương pháp phân tích

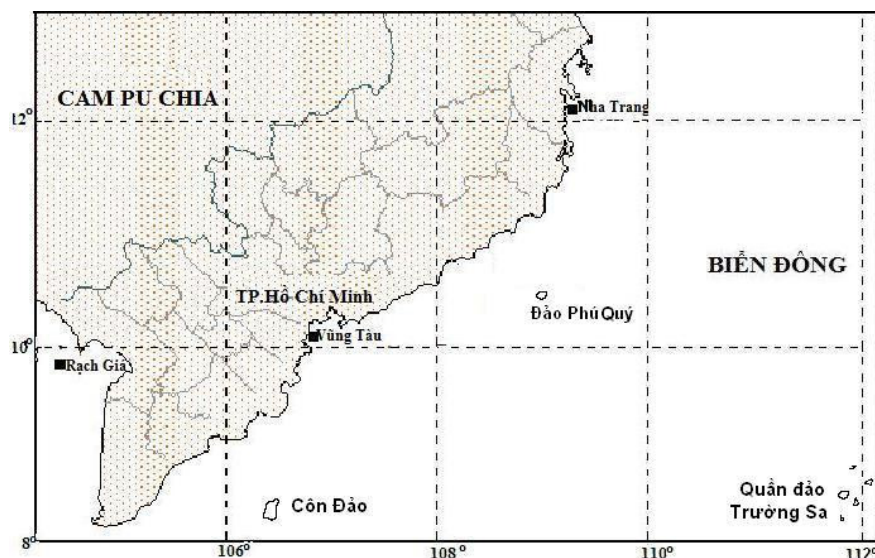
Các kim loại nặng trong trầm tích được chiết bằng cách đun trong dung dịch axit nitric 10% ở nhiệt độ 100°C trong thời gian

24h và lọc qua màng lọc 0,45 μ m (Hungspreugs và cs., 1991). Các kim loại trong dung dịch lọc được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS) đối với Zn, Cu, Pb và Cd và bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật hydrua (HAAS) đối với As.

5. Phương pháp xử lý số liệu và đánh giá chất lượng trầm tích

Sử dụng phần mềm Excel để tính toán và xác định đường xu thế (Trendline) với kiểu hồi quy tuyến tính (Linear) để xác định xu thế diễn biến của các kim loại nặng trong trầm tích tại các trạm quan trắc.

Chất lượng trầm tích được đánh giá và thảo luận theo QCVN 43:2012/BTNMT đối với trầm tích nước mặn, nước lợ và một số kết quả quan trắc môi trường nước tại các trạm.



Hình 1. Vị trí các trạm quan trắc
Fig. 1. Location of monitoring stations

III. KẾT QUẢ

1. Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Nha Trang

Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích được thống kê trong bảng 1 theo từng đợt khảo sát. Các số liệu trong bảng 1 cho thấy mặc dù hàm lượng các kim loại nặng được quan trắc biến động trong phạm vi khá rộng (Zn từ 14,7-99,5 μ g/g; Cu: từ 3,9-26,0 μ g/g; Pb: 4,7-39,3 μ g/g; As: 0,14-16,07 μ g/g; Cd: 0-4,8 μ g/g; Hg: 0,02-2,76 μ g/g) nhưng sự khác biệt về hàm lượng các kim loại nặng giữa 2 đợt thu mẫu trong năm là không rõ rệt. Căn cứ theo các giá trị giới hạn (GTGH) qui định trong QCVN 43:2012/BTNMT, áp dụng cho trầm tích nước mặn, nước lợ với mục đích bảo vệ đời sống thủy sinh có thể thấy là hàm lượng các kim loại nặng trong trầm

tích tại trạm Nha Trang luôn thấp hơn các giá trị giới hạn rất nhiều và ít có khả năng ảnh hưởng tới đời sống thủy sinh.

2. Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Vũng Tàu

Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Vũng Tàu được thống kê trong bảng 2 theo từng đợt khảo sát. Các số liệu trong bảng này cho thấy hàm lượng các kim loại nặng được quan trắc tại trạm này cũng biến động trong phạm vi khá rộng (Zn từ 7,0-65,1 μ g/g; Cu: từ 1,6-21,8 μ g/g; Pb: 2,2-27,6 μ g/g; As: 0,1-7,3 μ g/g; Cd: 0-4,5 μ g/g; Hg: 0,02-1,24 μ g/g) và cũng không có sự khác biệt về hàm lượng các kim loại nặng giữa 2 đợt thu mẫu. Căn cứ theo các giá trị giới hạn quy định trong QCVN 43:2012/BTNMT có thể thấy là hàm lượng các kim loại nặng trong trầm

tích tại trạm Vũng Tàu luôn thấp hơn các giá trị giới hạn rất nhiều và ít có khả năng ảnh hưởng tới đời sống thủy sinh.

3. Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Rạch Giá

Hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Rạch Giá được thống kê trong bảng 3 theo từng đợt khảo sát. Các số liệu trong bảng 3 cho thấy hàm lượng các kim loại nặng được quan trắc tại trạm này cũng biến động trong phạm vi khá rộng (Zn từ

16,6-113,1 $\mu\text{g/g}$; Cu: từ 1,8-19,1 $\mu\text{g/g}$; Pb: 2,4-43,2 $\mu\text{g/g}$; As: 0,14-13,84 $\mu\text{g/g}$; Cd: 0-4,8 $\mu\text{g/g}$; Hg: 0,02-0,93 $\mu\text{g/g}$) và cũng không có sự khác biệt về hàm lượng các kim loại nặng giữa 2 đợt thu mẫu trong mỗi năm. Căn cứ theo các giá trị giới hạn qui định trong QCVN 43:2012/BTNMT có thể nói là hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích tại trạm Rạch Giá luôn thấp hơn các giá trị giới hạn rất nhiều.

Bảng 1. Hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) trong trầm tích trạm quan trắc Nha Trang (1998-2014)

Table 1. Heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) in sediment at Nha Trang monitoring station (1998-2014)

Kim loại	Tháng 3-4			Tháng 8-9			QCVN 43: 2012/BTNMT
	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	
Zn	50,0	14,7	99,5	50,6	24,0	97,2	271
Cu	13,1	5,4	26,0	11,8	3,9	15,4	108
Pb	27,4	12,6	39,3	26,0	4,70	36,1	112
As	3,82	0,11	8,50	4,38	0,16	16,07	41,6
Cd	0,76	0	4,80	0,52	0	0,50	4,2
Hg	0,56	0,02	1,99	0,60	0,18	2,76	0,7

Bảng 2. Hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) trong trầm tích trạm quan trắc Vũng Tàu (1998-2014)

Table 2. Heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) in sediment at Vung Tau monitoring station (1998-2014)

Kim loại	Tháng 3-4			Tháng 8-9			QCVN 43: 2012/BTNMT
	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	
Zn	28,8	7,0	45,4	30,9	11,3	65,1	271
Cu	7,4	4,9	10,8	7,3	1,6	21,8	108
Pb	11,6	5,2	27,1	11,6	2,2	22,7	112
As	3,23	0,1	7,3	3,47	0,06	7,24	41,6
Cd	0,53	0	4,5	0,35	0	2,60	4,2
Hg	0,37	0,0	1,24	0,36	0,14	0,91	0,7

Bảng 3. Hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) trong trầm tích trạm quan trắc Rạch Giá (1998-2014)

Table 3. Heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) in sediment at Rach Gia monitoring station (1998-2014)

Kim loại	Tháng 3-4			Tháng 8-9			QCVN 43: 2012/BTNMT
	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	
Zn	63,9	16,6	113,1	57,5	18,5	92,2	271
Cu	10,6	4,4	18,7	10,8	1,8	19,1	108
Pb	19,9	12,0	43,2	18,4	2,4	30,4	112
As	4,7	0,14	11,31	4,96	0,21	13,84	41,6
Cd	0,64	0	4,8	0,81	0	4,50	4,2
Hg	0,36	0,02	0,77	0,45	0,25	0,93	0,7

IV. THẢO LUẬN

1. Sự khác biệt về hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích giữa 3 trạm quan trắc

Giá trị thống kê toàn bộ hàm lượng các kim loại nặng tại các trạm được trình bày trong bảng 4. Từ bảng này có thể thấy là hàm lượng các kim loại nặng tại trạm Vũng Tàu (giá trị trung bình của Zn: 29,9 µg/g; Cu: 7,55 µg/g; Pb: 12,2 µg/g, As: 3,41 µg/g; Cd: 0,45 µg/g; Hg: 0,36 µg/g) luôn thấp nhất so với 2 trạm Nha Trang (giá trị trung bình của Zn: 50,3 µg/g; Cu: 12,9 µg/g; Pb: 26,3 µg/g, As: 4,09 µg/g; Cd: 0,63 µg/g; Hg: 0,56 µg/g) và Vũng Tàu (giá trị trung bình của Zn: 60,1 µg/g; Cu: 10,6 µg/g; Pb: 20,5 µg/g, As: 4,65 µg/g; Cd: 0,81 µg/g; Hg: 0,39 µg/g). Điều này một phần là do trạm này được đặt tại cửa vịnh Gành Rái, nơi dòng chảy thường mạnh hơn so với trong vịnh nên vật chất thường xuyên bị xáo trộn, ít được lắng đọng hơn so với 2 trạm Nha Trang và Rạch Giá, nơi vật chất trong đó có kim loại nặng từ các hoạt động KT-XH và tự nhiên được sông đưa ra và

lắng đọng xuống môi trường trầm tích qua sự hình thành các thể keo tụ (floculation, Lê Thị Vinh và cs., 2007). Theo các kết quả quan trắc trong thời gian từ 1994 đến 2014 môi trường nước tại 3 trạm này thường có pH > 7,5 và DO > 5 mg/l, như vậy các kim loại nặng được lắng đọng và khá bền vững trong trầm tích, khả năng khoáng hóa không đáng kể (Luoma, 1990; Lars Stenvang Hanse và Thomas Henry Blackburn, 1991). Theo Luoma (1990) một trong các yếu tố ảnh hưởng tới hàm lượng các kim loại nặng là kích thước hạt của trầm tích, kích thước hạt càng nhỏ thì hàm lượng các kim loại nặng càng lớn. Tuy nhiên, do cấp hạt trầm tích không được quan trắc nên việc thảo luận còn bị hạn chế. Bên cạnh đó, các số liệu trong bảng 4 cũng chỉ ra rằng hàm lượng Cu và Pb trong trầm tích trạm Nha Trang cao hơn trong khi hàm lượng Zn thấp hơn so với trạm Rạch Giá. Sự khác biệt này có thể do điều kiện tự nhiên và các hoạt động KT-XH trong khu vực vịnh Nha Trang và Rạch Giá mang lại.

Bảng 4. So sánh hàm lượng các kim loại nặng (µg/g) trong trầm tích giữa các trạm quan trắc
Table 4. Comparison of heavy metal content (µg/g) in sediment among monitoring stations

Kim loại	Nha Trang			Vũng Tàu			Rạch Giá		
	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại	Trung bình	Cực tiểu	Cực đại
Zn	50,3	14,7	99,5	29,9	7,0	65,1	60,1	16,6	113,1
Cu	12,9	3,9	26,0	7,6	1,6	21,8	10,6	1,8	19,1
Pb	26,3	4,7	39,3	12,2	2,2	27,1	20,5	2,4	43,2
As	4,09	0,13	16,07	3,41	0,06	7,30	4,65	0,14	13,84
Cd	0,63	0	4,8	0,45	0	4,50	0,81	0,0	4,80
Hg	0,56	0,02	2,76	0,36	0,02	1,24	0,39	0,02	0,93

2. Xu thế biến động hàm lượng các kim loại nặng tại các trạm quan trắc

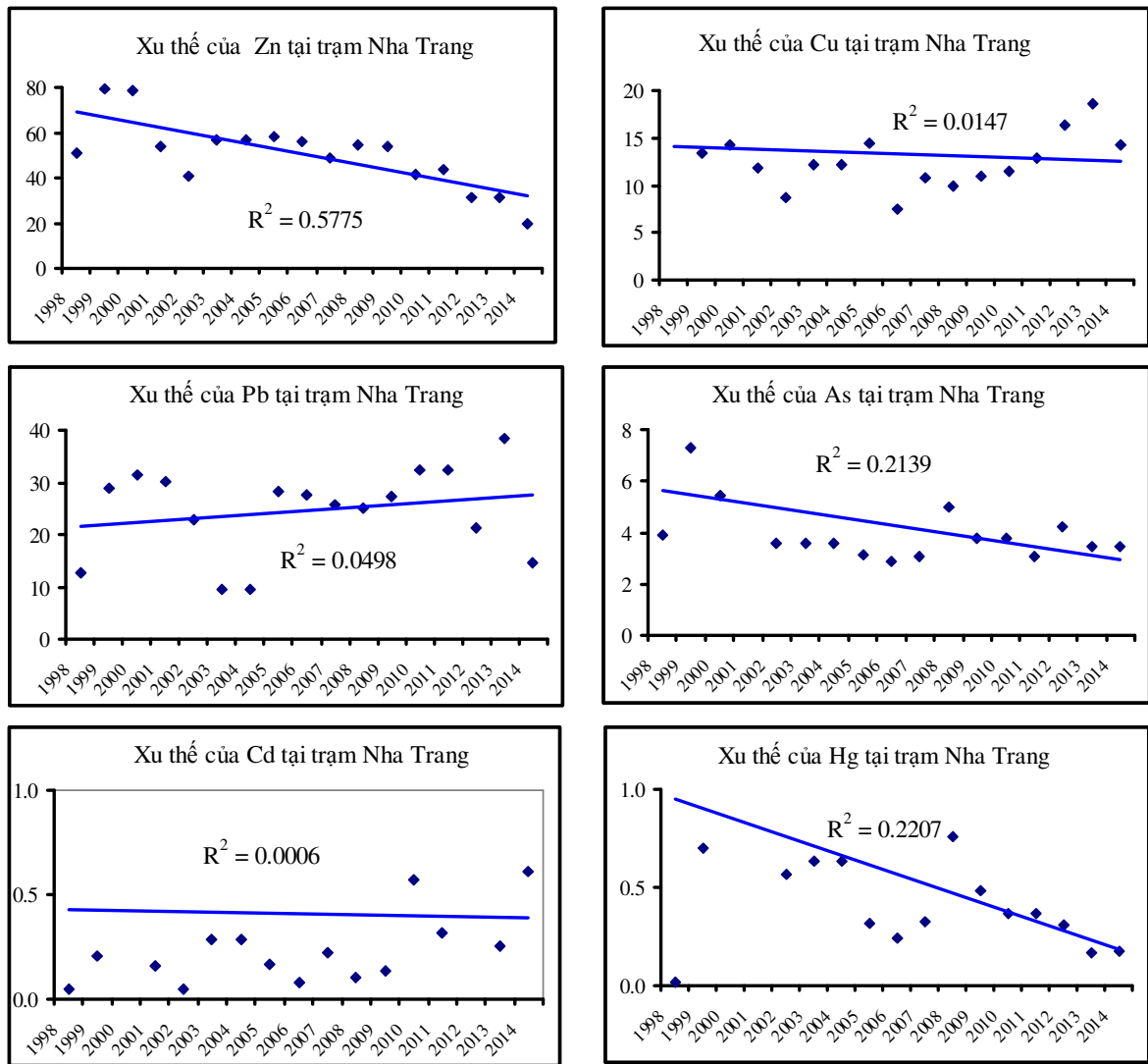
Xu thế biến động hàm lượng các kim loại nặng tại các trạm Nha Trang, Vũng Tàu và Rạch Giá theo thời gian được trình bày lần lượt trong các hình 2, 3 và 4. Về tổng thể, các hình này cho thấy hàm lượng của tất cả các kim loại tại 3 trạm đều có xu thế biến động không rõ ràng. Điều này được thể hiện

qua hệ số tương quan R^2 giữa hàm lượng các kim loại nặng theo thời gian rất thấp trừ hàm lượng Zn tại trạm Nha Trang và Rạch Giá có xu thế giảm dần.

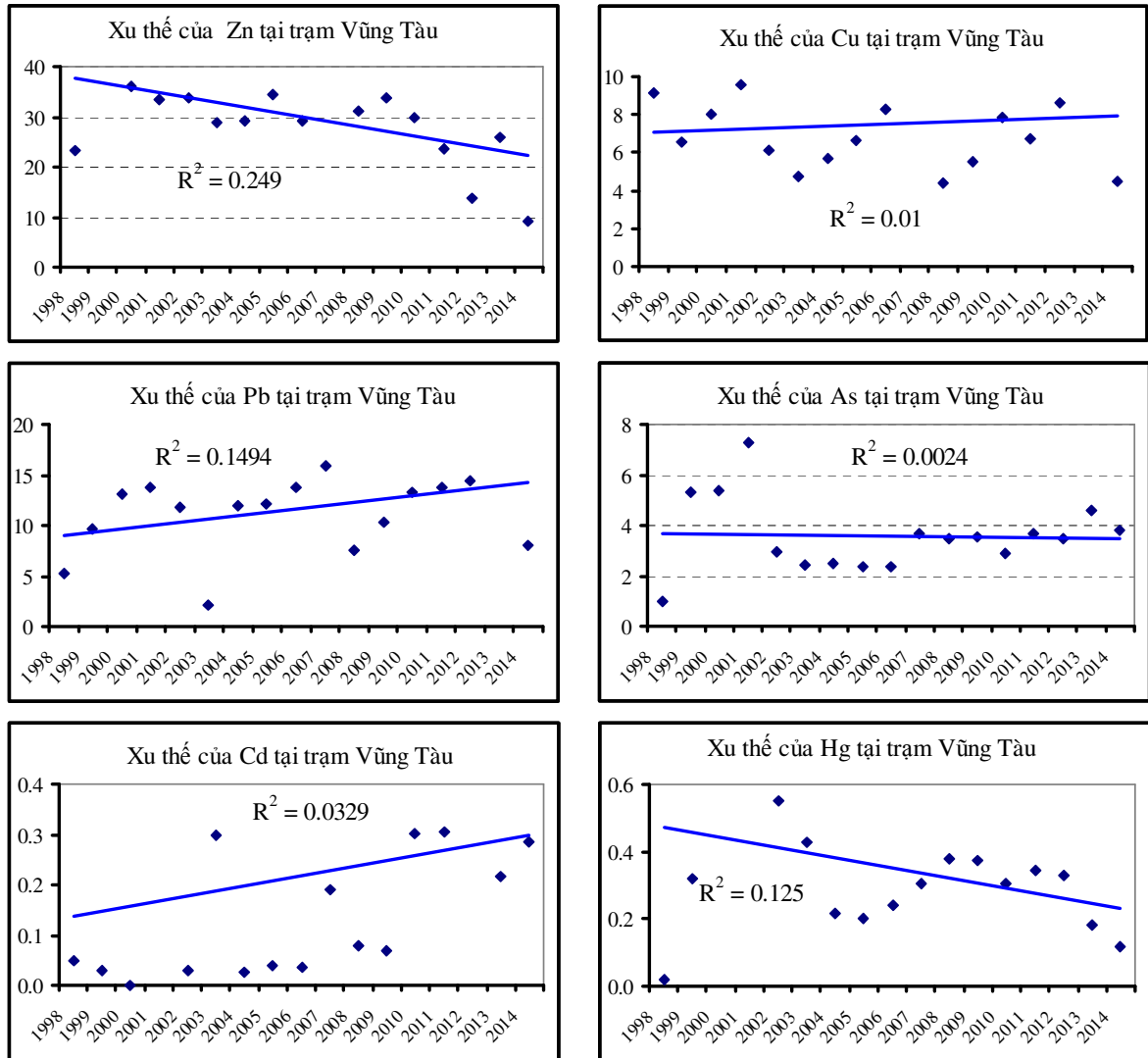
Nếu xem xét một cách chi tiết, ghi nhận được xu thế biến đổi nhẹ của hàm lượng các kim loại trong trầm tích như là: Hàm lượng của As và Hg có xu thế giảm tại trạm Nha Trang; hàm lượng của Zn và Hg có xu thế giảm và hàm lượng của Pb có xu thế

tăng tại trạm Vũng Tàu trong lúc hàm lượng của Cu và As có xu thế giảm và Cd có xu thế tăng tại trạm Rạch Giá. Như vậy, với xu thế giảm tương đối rõ rệt của Zn tại trạm Nha Trang và Rạch Giá và xu thế tăng hoặc giảm nhẹ của một số kim loại có thể nhận xét là chất lượng môi trường trầm tích (về khía cạnh kim loại nặng) tại 3 trạm vẫn được duy trì ở mức khá tốt và có thể đang được cải thiện.

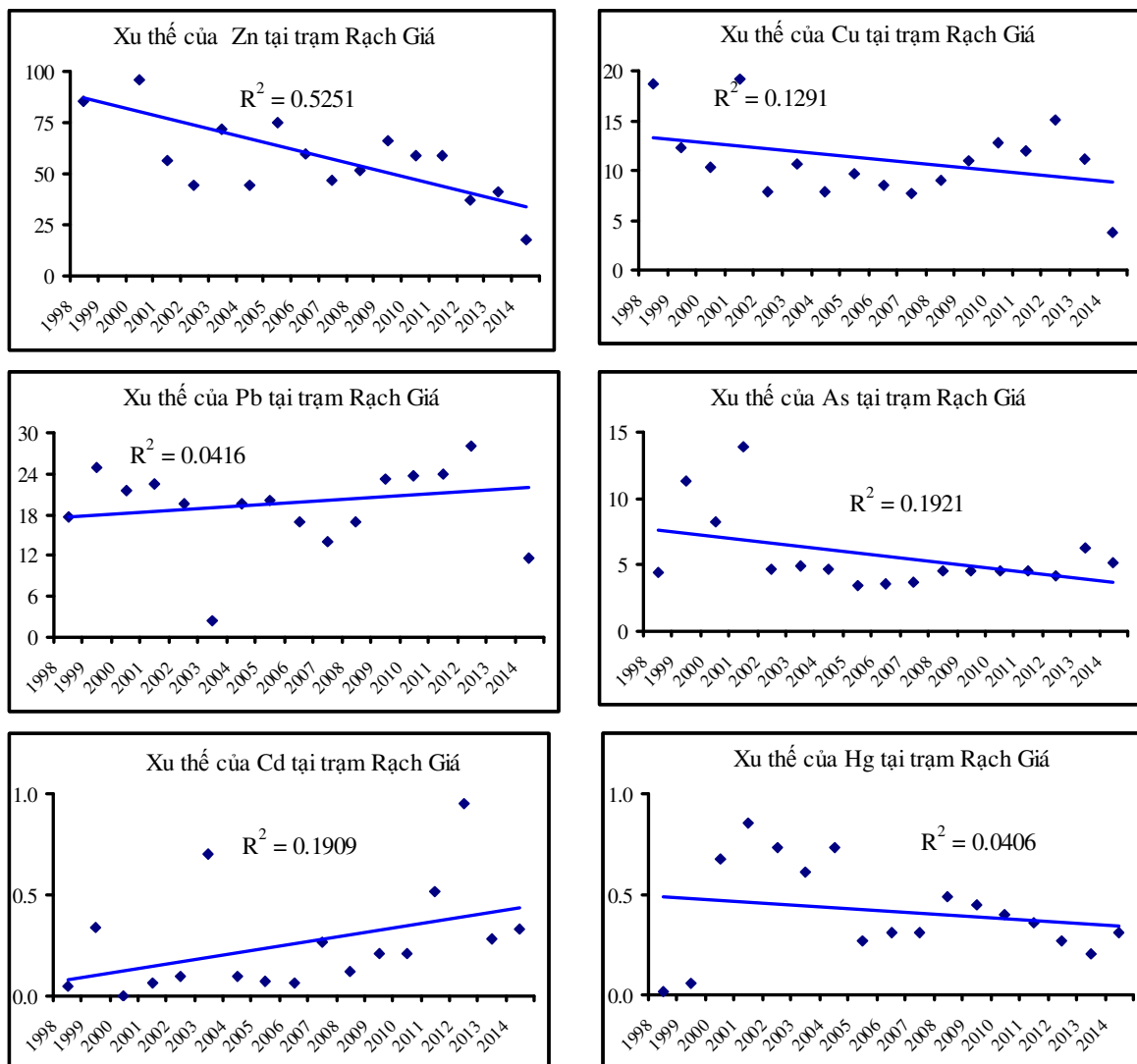
Đối với vịnh Nha Trang, hàm lượng các kim loại nặng Zn, Pb, Fe trong trầm tích toàn vịnh cũng có xu hướng giảm nhẹ (Lê Thị Vinh, 2015) và điều này tương đối phù hợp với xu thế biến động tại trạm quan trắc. Bên cạnh đó, chất lượng môi trường nước ven bờ vịnh Nha Trang đang ngày càng cải thiện (Phan Minh Thụ và cs., 2014).



Hình 2. Xu thế biến động của hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) tại trạm Nha Trang
Fig. 2. Variation trend of heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) at Nha Trang station



Hình 3. Xu thế biến động của hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) tại trạm Vũng Tàu
Fig. 3. Variation trend of heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) at Vung Tau station



Hình 4. Xu thế biến động của hàm lượng các kim loại nặng ($\mu\text{g/g}$) trong trầm tích trạm Rạch Giá
Fig. 4. Variation trend of heavy metal content ($\mu\text{g/g}$) at Rach Gia station

Lời cảm ơn. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn Giám đốc Trạm quan trắc và phân tích môi trường biển Miền Nam đã cho phép sử dụng số liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Clark R. B., F. Chris, A. Martin, 1997. Marine pollution. 4th Edition. Oxford University Press.
 Carles Sanchiz, Antonio M. García-Carrascosa, Augustin Pastor, 2000. Heavy metal contents in soft-bottom marine macrophytes and sediments

along the Mediterranean coast of Spain. Marine Ecology, 21 (1): 1-16.
 FAO, 1975. Manual of methods in aquatic environment research. Part2: Methods for Detection, Measurement and Monitoring of Water Pollution, 238 p.
 Hungspreugs M., S. Dharmvanij, W. Utoomprookpoom, and H. L. Windom, 1991. A comparative study for the trace metals fluxes of the Ban PaKong and the Mae Klong river. Thailand-IOC workshop report No.79, pp. 34-44.
 Lã Văn Bài, 2003. Hiện trạng môi trường biển ven bờ Nam Việt Nam (1996-2002). Tuyển tập Nghiên cứu Biển,

- XIII: 37-46. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Lã Văn Bài, 2007. Diễn biến hiện trạng môi trường biển ven bờ Nam Việt Nam (2002-2006). Hội nghị khoa học Quốc gia “Biển Đông”. Nha Trang 12-14/9, tr. 503-514. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Lã Văn Bài, 2009. Diễn biến các yếu tố ô nhiễm biển ven bờ Nam Việt Nam từ đất liền qua số liệu 12 năm quan trắc (1996-2007). Tuyển tập Nghiên cứu Biển, XVI: 40-48. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Lars Stenvang Hanse and Thomas Henry Blackburn, 1991. Aerobic and anaerobic mineralization of organic material in marine sediments microcosms - Marine Ecology. Progress Series - Vol. 75: 283-291.
- Lê Thị Vinh, Phạm Văn Thơm, Nguyễn Hồng Thu, Dương Trọng Kiểm, Phạm Hữu Tâm. 2007. Hành vi của các yếu tố dinh dưỡng và kim loại nặng trong khu vực cửa sông Cái và vịnh Nha Trang. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, 3(T.7): 31- 43.
- Lê Thị Vinh, 2015. Chất lượng môi trường trầm tích tầng mặt vịnh Nha Trang. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, 1 (T.15): 91-97.
- Luoma S. N., 1990. Processes affecting metal concentration in estuarine and coastal marine sediment. Heavy Metals in the Marine Environment. Furness, R.W., and Rainbow, CRC Press, pp. 51-57.
- Phan Minh Thụ, Tôn Nữ Mỹ Nga, Phạm Thị Miên, 2014. Đánh giá mức độ phân rã hữu cơ sinh học ở Cửa Bé-Khánh Hòa. Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy sản, số 2/2014, tr. 57-61.
- Vo Van Lanh, 1999. Some estimates on the pollution level of the coastal waters in the South Vietnam. Proceeding of the Fourth Asean – Canada Technical Conference on Marine Science, Langkawi, Malaysia, pp. 186-190, ISBN 0-0600884-3-5.
- Vũ Tuấn Anh, 2011. Kết quả quan trắc một số các kim loại nặng trong nước dải ven biển miền Nam. Hội nghị Khoa học và Công nghệ Biển lần thứ V, quyển 5. Sinh thái, Môi trường và Quản lý Biển, tr. 36-41. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.