

LỊCH SỬ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG CỦA HỒ TRỊ AN

Đến Tòa soạn 21 - 4 - 2015

Vũ Đức Lợi, NguyễnThị Vân, Trịnh Hồng Quân,

Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Đinh Văn Thuận

Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Phạm Thị Thu Hà

Đại học Khoa học – Đại học Thái Nguyên

SUMMARY

A HISTORY OF HEAVY METAL CONTAMINATION IN TRI AN LAKE

Total concentration of three elements (Cu, Pb, Zn) in thirty-four sediment samples collected at Tri An lake was determined by Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Sediment dating was conducted by applying the radioactive ^{210}Pb analysis method on the sediment cores to evaluate accumulation rate of heavy metals before and after the construction of the Tri An hydropower plant. The accuracy evaluated by comparing total trace metal concentration with standard material reference (MESS-3) proved to be satisfactory. Based on the results determined, it seems that Tri An lake had been polluted. Total concentration of metals correlate well with sediment age and was inversely correlated. The younger age of sediment was, the higher metal content. These results showed increasing of the accumulation of metals in sediments follow time.

1. MỞ ĐẦU

Kim loại nặng là một trong những chất gây ô nhiễm nghiêm trọng trong môi trường bởi độc tính, tính bền vững và khả năng tích lũy sinh học của chúng [11, 9]. Các nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng trong các sông, hồ trên thế giới chỉ ra rằng hàm lượng các kim loại nặng trong trầm tích thường lớn hơn rất nhiều so với trong nước [1, 3, 4, 7]. Do đó, trầm tích được xem là một chỉ thị

quan trọng đối với sự ô nhiễm môi trường nước [10].

Hồ Trị An nằm ở bậc thang điều tiết nước cuối cùng của sông Đồng Nai và La Ngà, với diện tích lưu vực là 14776 km² và đóng vai trò quan trọng đối với các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp và dân sinh của khu vực. Sau khi đi vào hoạt động từ năm 1987 đến nay, hồ Trị An đang bị ô nhiễm ở mức độ nhẹ do tác động của các hoạt động nuôi trồng thủy sản, nước thải sinh hoạt và

đặc biệt là nước thải công nghiệp với nhiều thành phần nguy hại [14]. Trong thời gian gần đây vấn đề ô nhiễm hồ đang rất được quan tâm. Tuy nhiên, các nghiên cứu mới chỉ tập trung vào đánh giá chất lượng nước của hồ, mà chưa đánh giá sự ô nhiễm của trầm tích hồ.

Trong nghiên cứu này, nhằm tái hiện lại lịch sử ô nhiễm của hồ, chúng tôi tiến hành phân tích xác định hàm lượng các kim loại Cu, Pn, Zn và xác định tuổi của các mẫu cột trầm tích bằng phương pháp đồng vị phóng xạ thông qua đồng vị ^{210}Pb .

2. THỰC NGHIỆM

2.1 Thiết bị và dụng cụ

- Hệ thống máy quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS-3300 của hãng Perkin Elmer, có sử dụng kỹ thuật nguyên tử hóa bằng ngọn lửa và lò graphit (HGA -600).

- Các loại dụng cụ thủy tinh đều được ngâm rửa bằng HNO_3 , sau đó rửa sạch bằng nước cất trước khi sử dụng.

2.2 Hóa chất

Do yêu cầu nghiêm ngặt của phép đo, các loại hóa chất được sử dụng đều là hóa chất tinh khiết phân tích của hãng Merck. Các loại dung dịch chuẩn được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn gốc 1000 ppm của Merck.

2.3 Địa điểm nghiên cứu:

Hồ Trị An (Nhà máy thủy điện Trị An) được xây dựng ở phần cuối trung lưu sông Đồng Nai từ năm 1984 và bắt đầu đi vào hoạt động từ năm 1987. Đây là một trong những hồ chứa lớn nhất miền Đông Nam Bộ, khai thác tổng hợp nguồn nước phục vụ phát điện và tưới nước theo yêu cầu nông nghiệp, tham gia đầy mặn ở hạ lưu, cấp nước cho dân sinh và công nghiệp, kết hợp nuôi trồng thủy sản trong vùng hồ. Hiện nay, lưu vực hệ thống sông Đồng Nai nói chung và Hồ Trị An nói riêng đang chịu áp lực mạnh mẽ của gia tăng dân số, đô thị hóa và phát triển công nghiệp.

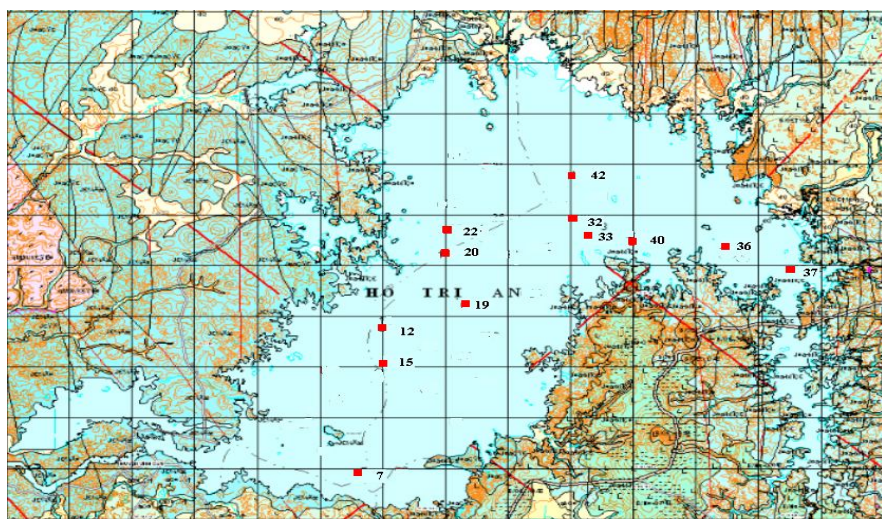
Mẫu trầm tích được lấy vào tháng 10 năm 2010, tại 12 vị trí trong lòng hồ, trong đó có 10 vị trí là mẫu trầm tích mới (M-07, M-12, M-15, M-20, M-32, M-33, M-36, M-37, M-40, M-42) và 2 vị trí là mẫu nền đất cũ của hồ (M-19, M-22). Tại mỗi vị trí lấy mẫu, chia thành nhiều mẫu theo các phân tầng khác nhau. Tổng số mẫu là 34, trong đó có 30 mẫu trầm tích mới và 4 mẫu nền đất cũ của hồ.

Bảng 1. Danh sách mẫu trầm tích hồ Trị An

STT	Kí hiệu mẫu	Độ sâu	STT	Kí hiệu mẫu	Độ sâu
1	M07-1	0-5	18	M36-1	0-4
2	M07-2	13-16	19	M36-2	6-10
3	M12-1	0-5	20	M36-3	78-81
4	M12-2	15-19	21	M37-1	0-4
5	M12-3	38-42	22	M37-2	14-18
6	M15-1	0-5	23	M37-3	70-74
7	M15-2	5-8	24	M40-1	0-3
8	M15-3	43-47	25	M40-2	13-17

STT	Kí hiệu mẫu	Độ sâu	STT	Kí hiệu mẫu	Độ sâu
9	M20-1	0-3	26	M40-3	40-43
10	M20-2	35-38	27	M40-4	56-59
11	M20-3	60-63	28	M40-5	97-100
12	M32-1	0-3	29	M42-1	0-4
13	M32-2	16-20	30	M42-2	11-15
14	M32-3	38-41	31	M19-2*	33-36
15	M32-4	49-52	32	M19-3*	57-60
16	M33-1	0-3	33	M22-1*	10-14
17	M33-2	13-17	34	M22-2*	52-56

Chú thích: *: Mẫu nền đất cũ của hồ



Hình 1. Bản đồ vị trí lấy mẫu hồ Trí An

2.4 Lấy mẫu, xử lý mẫu và phân tích mẫu

2.4.1 Lấy mẫu và xử lý mẫu

Mẫu trầm tích được lấy bằng thiết bị chuyên dụng để lấy được toàn bộ lớp trầm tích theo độ sâu và chứa trong các ống nhựa PVC. Các ống phóng chứa mẫu được vận chuyển về phòng thí nghiệm, để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng. Sau đó, mỗi ống phóng được chia thành nhiều phân tầng khác nhau theo độ sâu và đặc điểm phân lớp của trầm tích. Mẫu được nghiền mịn đến cỡ hạt nhỏ

hơn 0,16 mm và chuyển vào túi nilon, bảo quản lạnh cho đến khi phân tích.

2.4.2 Xác định tuổi trầm tích

Tuổi của các mẫu cột trầm tích cũng được xác định bằng phương pháp đồng vị phóng xạ thông qua đồng vị ^{210}Pb và được tính toán dựa trên mô hình CRS (constant rate of supply).

Công thức xác định tuổi của trầm tích:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{A(0)}{A(x)} \right)$$

Trong đó:

t: tuổi của trầm tích (năm)

λ : hằng số phân rã của ^{210}Pb , $\lambda = 0,031$

A(0): hoạt độ tổng của $^{210}\text{Pb}_{\text{dur}}$ trong cột khoan (Bq/kg)

A(x): hoạt độ của $^{210}\text{Pb}_{\text{dur}}$ tích lũy đến độ sâu x (Bq/kg)

2.4.3 Quy trình phân tích hàm lượng tổng kim loại

Cân 1g mẫu khô cho vào cốc thủy tinh 50 ml, cho thêm 20 ml hỗn hợp cường thủy ($\text{HNO}_3:\text{HCl} = 1:3$), giữ ở nhiệt độ phòng, sau đó đun trên bếp cách cát đến gần cạn. Tiếp tục thêm 10 ml hỗn hợp cường thủy, đun đến khi gần cạn và thu được cặn trắng. Để nguội, định mức bằng nước cất đến 25 ml rồi tiến hành lọc lấy dung dịch chứa kim loại.

Phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử sử dụng kỹ thuật nguyên tử hóa bằng ngọn lửa (F-AAS) được sử dụng để phân tích hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Zn.

Độ chính xác của phương pháp được đánh giá qua việc phân tích mẫu trầm tích chuẩn MESS-3. Sự sai khác giữa hàm lượng tổng kim loại khi phân tích mẫu chuẩn MESS-3 so với giá trị chứng chỉ nhỏ hơn 10%.

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1 Kết quả xác định tuổi của mẫu trầm tích

Các mẫu trầm tích có tuổi trong khoảng 1 đến 23 năm, tương ứng với khoảng thời gian từ năm 1988 đến năm 2010 như trình bày trong **Bảng 2**.

Bảng 2. Kết quả xác định tuổi trầm tích

Kí hiệu mẫu	Tuổi (năm)	Năm	Kí hiệu mẫu	Tuổi (năm)	Năm
M07-1	1-2	2009-2010	M36-1	1-2	2009-2010
M07-2	8	2003	M36-2	3	2008
M12-1	1-2	2009-2010	M36-3	21	1990
M12-2	14	1997	M37-1	1-2	2009-2010
M12-3	23	1988	M37-2	4	2007
M15-1	1-2	2009-2010	M37-3	16	1995
M15-2	7	2004	M40-1	1-2	2009-2010
M15-3	23	1988	M40-2	3	2008
M32-1	1-2	2009-2010	M40-3	8	2003
M32-2	8	2003	M40-4	10	2001
M32-3	18	1993	M40-5	15	1996
M32-4	23	1988	M42-1	1-2	2009-2010
M33-1	1-2	2009-2010	M42-2	3	2008
M33-2	8	2003			

3.2 Kết quả phân tích hàm lượng tổng kim loại Cu, Pb, Zn

Kết quả phân tích hàm lượng tổng của Cu, Pb, Zn trong các mẫu trầm tích được trình bày trong **Bảng 3** với hàm lượng của các kim loại là: Cu: 14- 50 mg/kg, Pb: 19 -50 mg/kg và Zn: 52 -125 mg/kg. Kết quả này tương đồng với kết quả của một số tác giả như Vũ Đức Lợi 2010 [15], Phạm Thị Thu Nga 2007 [6].

Hàm lượng trung bình của Cu, Pb, Zn trong mẫu trầm tích mới và mẫu nền đất cũ của hồ có giá trị tương ứng là: Cu 42,10 và

24,60 mg/kg; Pb 43,99 và 28,00 mg/kg; Zn 101,75 và 73,20 mg/kg. Phép so sánh hai trị trung bình 2-sample T (với độ tin cậy thống kê 95%) cho thấy sự khác nhau giữa hai giá trị trung bình trên là có ý nghĩa thống kê với giá trị p-value < 0,05. Kết quả này cũng cho thấy sự gia tăng mức độ tích lũy kim loại nặng trong trầm tích hồ hiện nay so với trước khi xây dựng hồ thủy điện Trị An.

Bảng 3. Kết quả phân tích hàm lượng tổng các kim loại Cu, Pb, Zn

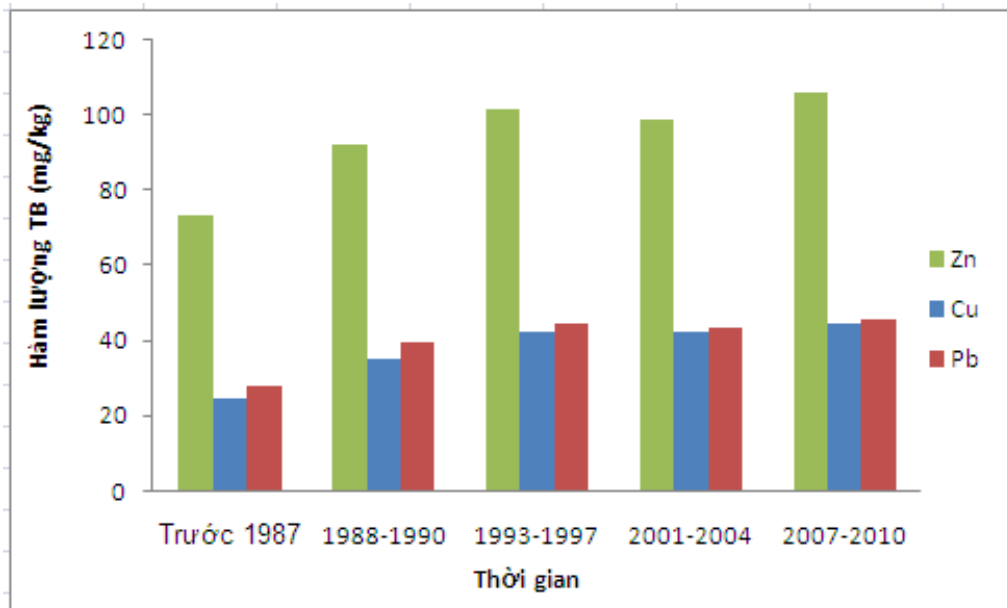
Kí hiệu mẫu	Hàm lượng tổng kim loại (mg/kg)		
	Cu	Pb	Zn
M 07-1	49,38±2,10	47,25±1,55	120,38±2,15
M 07-2	46,78±1,27	42,25±1,37	108,25±1,87
M 12-1	45,05±1,65	42,25±1,32	104,38±2,34
M 12-2	42,20±0,70	38,00±1,27	102,13±2,07
M 12-3	41,18±1,54	38,25±1,18	104,38±1,54
M 15-1	37,40±1,15	40,50±1,30	98,88±1,37
M 15-2	33,95±1,25	39,25±2,10	86,875±1,83
M 15-3	27,50±1,10	35,75±1,55	77,75±1,27
M 20-1	42,55±1,11	45,75±2,10	102,88±2,17
M 20-2	38,68±1,30	46,75±1,84	97,125±2,10
M 20-3	41,90±2,12	39,50±1,10	93,00±1,24
M 32-1	45,50±1,18	47,00±1,53	104,88±,62
M 32-2	42,83±1,70	44,25±1,49	106,50±1,49
M 32-3	42,15±1,16	43,50±1,62	98,38±1,25
M 32-4	38,65±1,15	44,00±1,48	98,50±2,00
M 33-1	45,95±1,12	46,25±2,00	110,88±2,70
M 33-2	44,35±2,00	44,00±1,72	100,25±2,81
M 36-1	42,68±1,26	40,50±1,21	98,63±1,75
M 36-2	41,10±0,95	41,25±1,31	88,25±1,13
M 36-3	32,38±1,00	39,00±1,20	87,25±1,24
M 37-1	49,95±2,30	49,75±2,13	124,25±1,35
M 37-2	46,48±1,42	49,50±2,07	113,50±1,40

Kí hiệu mẫu	Hàm lượng tổng kim loại (mg/kg)		
	Cu	Pb	Zn
M37-3	45,05±1,23	48,50±1,85	113,50±1,28
M 40-1	42,70±1,25	46,25±1,79	104,38±1,17
M 40-2	43,75±1,45	45,50±1,62	108,63±1,20
M 40-3	42,95±1,30	44,50±1,43	97,13±1,25
M40-4	41,40±1,26	46,75±0,95	95,50±2,00
M 40-5	40,28±1,10	47,00±0,87	93,25±1,55
M 42-1	44,75±0,98	48,00±1,14	107,38±1,70
M 42-2	43,65±1,11	48,75±1,13	105,38±1,46
M 19-2	32,88±1,28	34,25±1,12	84,63±1,20
M 19-3	24,00±1,00	30,75±1,30	73,75±1,18
M 22-1	26,55±1,13	27,50±1,28	81,55±1,12
M 22-2	14,98±0,82	19,50±1,12	52,88±1,00

3.3 Sự phân bố của các kim loại theo tuổi trầm tích

Từ kết quả xác định hàm lượng tổng số của Cu, Pb, Zn và tuổi trầm tích có thể biểu

diễn sự biến đổi hàm lượng trung bình của các kim loại theo thời gian như **Hình 2** sau:



Hình 2. Sự biến đổi hàm lượng trung bình của Cu, Pb, Zn theo thời gian

Hình 2 cho thấy sau khi hồ Trị An xây dựng, hàm lượng kim loại tích lũy trong trầm tích hồ tăng lên và có xu hướng tăng dần theo thời gian. Xu hướng gia tăng này có liên quan chặt chẽ với sự phát triển kinh

tế trong khu vực. Sự phát triển công nghiệp và đô thị hóa của các tỉnh trong lưu vực sông Đồng Nai đang gây sức ép lớn với môi trường, đặc biệt là môi trường nước hồ Trị An nói riêng và lưu vực sông Đồng Nai

nói chung. Trong khoảng 5 năm trở lại đây (2006-2010), các tỉnh trong khu vực đã có những bước tăng trưởng lớn trong phát triển kinh tế - xã hội [24]. Tương xứng với sự tăng trưởng kinh tế trong giai đoạn này, hàm lượng kim loại Cu, Pb, Zn trong mẫu trầm tích hồ Trị An cũng đạt giá trị cao hơn so với các khoảng thời gian trước đó.

3.4 Đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng bằng các tiêu chuẩn chất lượng trầm tích

Để đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong mẫu trầm tích hồ Trị An, một số tiêu chuẩn về chất lượng trầm tích được sử dụng với giới hạn về hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Zn của một số tiêu chuẩn được trình bày trong bảng sau.

Bảng 4. Một số tiêu chuẩn đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích

Tiêu chuẩn		Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
CBSQG ⁽¹⁾ (20030 [13]	TEC ⁽²⁾	< 25	< 40	< 90
	MEC ⁽³⁾	25-75	40-70	90-200
	PEC ⁽⁴⁾	> 75	> 70	> 200
Canada SQG ⁽⁵⁾ (2002) [2]	ISQGs ⁽⁶⁾	35,7	35	123
	PEL ⁽⁷⁾	197	91,3	315
	% =ISQGs	4	5	5
	ISQG < % < PEL	38	23	32
	% =PEL	44	42	36
U.S EPA ⁽⁸⁾ SQG (1997) [12]	Không ô nhiễm	< 25	< 40	< 90
	Ô nhiễm nhẹ	25-50	40-60	90-200
	Ô nhiễm nghiêm trọng	> 50	> 60	> 200
Ontario SQG (1993) [8]	LEL ⁽⁹⁾	16	31	120
	SEL ⁽¹⁰⁾	110	250	820
New York SQG (1993) [5]	LER ⁽¹¹⁾	16	32	120
	SER ⁽¹²⁾	110	110	270

Chú thích:

(1) CBSQG (Consensus based sediment quality guideline): Sự đồng thuận về hướng dẫn chất lượng trầm tích

(2) TEC (threshold effect concentration): Giới hạn nồng độ có ảnh hưởng

(3) MEC (midpoint effect concentration): Nồng độ có ảnh hưởng trung bình

(4) PEC (probable effect concentration): Nồng độ gây ảnh hưởng

(5) SQG (Sediment Quality Guideline): Hướng dẫn chất lượng trầm tích

(6) ISQGs (interim freshwater sediment quality guidelines): Hướng dẫn chất lượng trầm tích nước sạch tạm thời

(7) PEL (probable effect levels): Mức độ gây ảnh hưởng

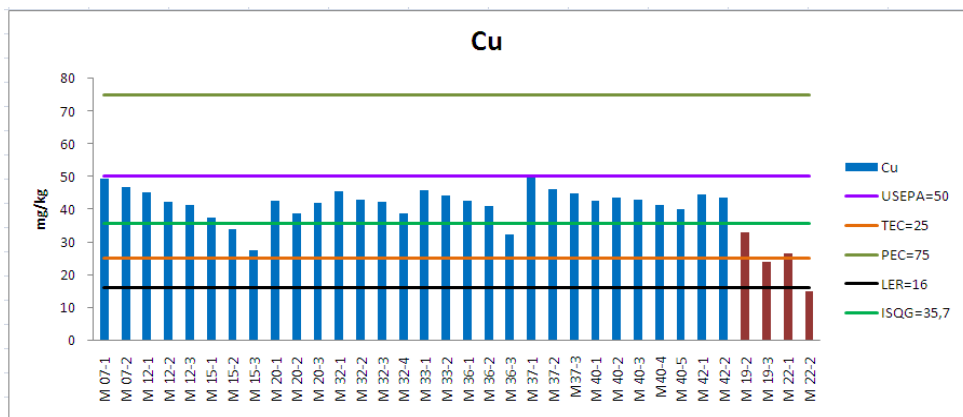
(8) U.S EPA (U.S environmental Protection Agency): Cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ

(9) LEL (Lowest effect level): Mức độ thấp nhất có ảnh hưởng

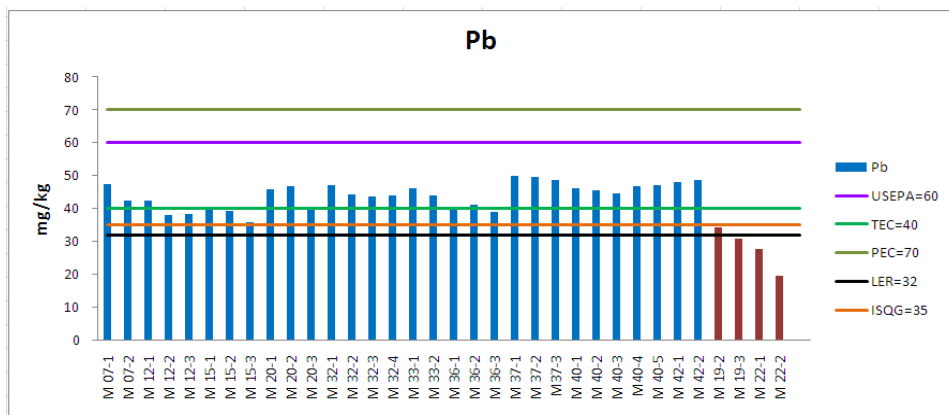
(10) SEL (Severe effect level): Mức độ gây ảnh hưởng nghiêm trọng

(11) LER (Lowest effect range): Khoảng thấp nhất có ảnh hưởng

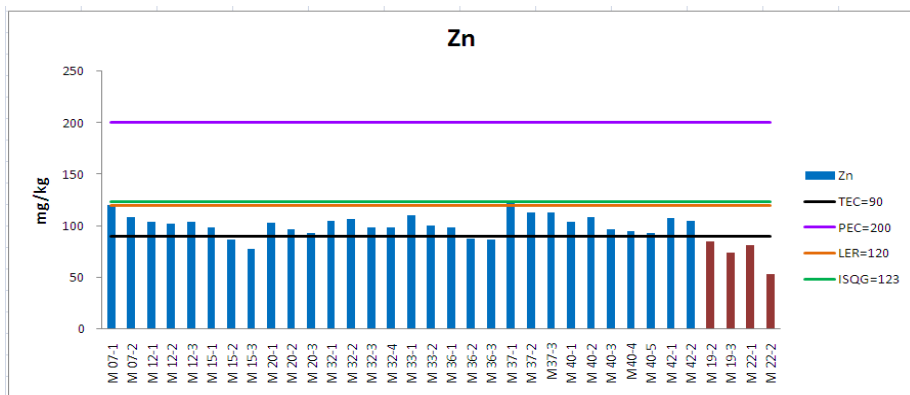
(12) SER (Severe effect range): Khoảng gây ảnh hưởng nghiêm trọng



Hình 3. So sánh hàm lượng Cu với một số tiêu chuẩn



Hình 4. So sánh hàm lượng Pb với một số tiêu chuẩn



Hình 5. So sánh hàm lượng Zn với một số tiêu chuẩn

Hình 3, Hình 4 và Hình 5 cho thấy mẫu nền đất cũ của hồ chỉ ở mức độ ô nhiễm nhẹ Cu với 74% lớn hơn tiêu chuẩn LER; 50% lớn hơn tiêu chuẩn TEC; với Pb chỉ có 1 mẫu lớn hơn tiêu chuẩn LER và không ô nhiễm với Zn. Ngược lại, mẫu trầm tích mới bị ô nhiễm ở mức độ trung bình các kim loại trên và mức độ ô nhiễm Cu, Pb lớn hơn so với Zn (Cu: 100% các mẫu lớn hơn các tiêu chuẩn LER, LEL, TEC, U.S EPA và 90% lớn hơn tiêu chuẩn ISQG; Pb: 100% lớn hơn các tiêu chuẩn LER, LEL, ISQG và 80% lớn hơn tiêu chuẩn TEC và U.S EPA; Zn: 87% lớn hơn các tiêu chuẩn TEC và U.S EPA).

Như vậy, mức độ ô nhiễm Cu, Pb, Zn ở mẫu trầm tích mới là cao hơn so với mẫu nền đất cũ của hồ. Điều này cho thấy sự gia tăng ô nhiễm các kim loại nặng Cu, Pb, Zn hiện nay so với trước khi hồ thủy điện Trị An được xây dựng.

4. KẾT LUẬN

Đã phân tích hàm lượng tổng các kim loại Cu, Pb, Zn trong mẫu trầm tích hồ Trị An sử dụng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS). Phương pháp đồng vị phóng xạ thông qua đồng vị ^{210}Pb cũng được áp dụng để xác định tuổi của mẫu trầm tích. Các kết quả phân tích cho thấy hàm lượng tổng kim loại có tương quan tốt với tuổi trầm tích và là mối tương quan nghịch. Mẫu trầm tích có tuổi càng trẻ thì hàm lượng kim loại càng cao và do đó khả năng tích lũy sinh học sẽ cao hơn mẫu nền đất cũ của hồ.

Đánh giá mức độ ô nhiễm trầm tích hồ sử dụng năm tiêu chuẩn chất lượng trầm tích (CBSQG, Canada SQG, U.S EPA SQG,

Ontario SQG, New York SQG) cho kết quả mẫu trầm tích mới của hồ đang bị ô nhiễm ở mức độ trung bình. Như vậy, mức độ ô nhiễm kim loại nặng của trầm tích hồ đã gia tăng đáng kể so với thời điểm trước khi hồ thủy điện Trị an được xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abolfazl Naji, Ahmad Ismail and Abdul Rahim Ismail (2010). Chemical speciation and concentration assessment of Zn and Cd by sequential extraction in surface sediment of Klang River, Malaysia, *Microchemical Journal*, vol. 95, pp. 285-292.
2. Canadian Council of Ministers of the Environment (2002). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life, Summary tables, Updated. In: Canadian Environmental Quality Guidelines 1999, *Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg*, Excerpt from Publication No. 1299; ISBN 1-896997-34-1.
3. Forstner, U. (1979), Metal transfer between solid and aqueous phases. In: Metal Pollution in the Aquatic Environment, (Ed) Forstner U, Whittman G.T.W, *Springer-Verlag*, Berlin, pp 197-270.
4. Juan Luis, Trujillo-Cardenas, Nereida P. Saucedo-Torres, Pedro Faustino Zarate del Valle, Nely Rios-Donato, Eduardo Mendizabal, Sergio Gomez-Salazar (2010), Speciation and sources of toxic metals in sediment of lake Chapala, Mexico, *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 54(2), pp. 79-87.

5. New York State Department of Environmental Conservation (1993), "Technical guidance for Screening Contaminated Sediments", *Division of Fish, Wildlife and Marine Resource: New York State Department of Environmental Conservation*.
6. Nga Pham Thi Thu and Rodney T. Buckney (2007), "Metal speciation in sediment in West Lake (Ho Tay), Ha Noi, Viet Nam", *International Journal Water*, vol. 3(4), pp. 356-367.
7. N.K. Baruah, P. Kotoky, K.G. Bhattacharyya and G.C. Borah (1996), Metal speciation in Jhanji River sediments, *The Science of the Total Environment*, 193, 1-12.
8. Ontario Ministry of Environment and Energy (August 1993), Guidelines for the Protection and Management of aquatic Sediment Quality in Ontario.
9. P. Álvarez-Iglesias, B. Rubio and F. Vilas (2003), Pollution in intertidal sediments of San Simón Bay (Inner Ria de Vigo, NW of Spain): total heavy metal concentrations and speciation, *Marine Pollution Bulletin*, 46, 491–521.
10. P. S. Harikumar; U.P. Nasir; M. P. Mujeebu Rahman (2009), Distribution of heavy metal in the core sediments of a tropical wetland system, *International journal of Environmental Science and Technology*, vol. 6(2), pp. 225-232.
11. Tam, N.F.Y, Wong, Y.S (2000), "Spatial variation of heavy metal in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps", *Environmental Pollution*, vol. 110, pp. 195-205.
12. U.S EPA (1997), "Toxicological Benchmarks for Screening Contaminants of Potential concern for Effects on Sediment - Associated Biota, Report of the Sediment Criteria Subcommittee, Science Advisory Board", ES/ER/TM-95/R4, *U.S environmental Protection Agency, Washington, DC*.
13. Wisconsin Department of Natural Resources (2003), "Consensus based sediment quality guideline, Recommendations for Use & Application. Interim Guidance", *Wisconsin Department of Natural Resources*, Report WT-732 2003.
14. Lê Trình, Lê Quốc Hùng (2004), *Môi trường lưu vực sông Đồng Nai – Sài Gòn*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
15. Vũ Đức Lợi, Nguyễn Thanh Nga, Trịnh Anh Đức, Phạm Gia Môn, Trịnh Hồng Quân, Dương Tuấn Hưng, Trần Thị Lệ Chi và Dương Thị Tú Anh (2010), "Phân tích dạng một số kim loại nặng trong trầm tích thuộc lưu vực sông Nhuệ và Đáy", *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, tập 15(4), trang 26-32.