

NGHIÊN CỨU ĐỊA HÓA MÔI TRƯỜNG MỘT SỐ KIM LOẠI NẶNG TRONG TRẦM TÍCH SÔNG RẠCH TP. HỒ CHÍ MINH

Hoàng Thị Thanh Thủy, Từ Thị Cẩm Loan, Nguyễn Như Hà Vy
Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tài nguyên nước mặt với vai trò cung cấp nước cho các hoạt động sống của người dân thành phố và cho các hoạt động sản xuất là vô cùng quan trọng đối với sự phát triển của Thành phố Hồ Chí Minh. Hiện tại, thành phố Hồ Chí Minh có hệ thống sông rạch chính bao gồm sông Sài Gòn, sông Nhà Bè và 5 kênh rạch chi lưu (Nhiêu Lộc-Thị Nghè, Tàu Hũ-Bến Nghé, Tân Hóa-Lò Gò, Đô-Lê và Tham Lương-Bến Cát). Trong thực tế, hệ thống sông rạch thành phố cũng là nơi tiếp nhận một lượng lớn các nguồn nước thải và chất thải từ đô thị và khu công nghiệp, các cơ sở công nghiệp không tập trung. Mặc dù thành phố Hồ Chí Minh đã có sự quan tâm đến vấn đề bảo vệ và quản lý môi trường, nhưng sự phát triển kinh tế xã hội và đô thị hóa mạnh mẽ đã làm cho chất lượng nguồn tài nguyên nước mặt ngày càng suy giảm. Nguyên nhân là do các con sông không có khả năng làm sạch khối lượng quá lớn các chất thải sinh hoạt và công nghiệp. Thành phố hiện vẫn chưa có hệ thống xử lý chất thải sinh hoạt, chất thải sinh hoạt chủ yếu qua bể tự hoại vào hệ thống thu gom của thành phố rồi xả ra nguồn nước. Hệ thống sông rạch còn phải nhận lượng chất thải từ các khu công nghiệp. Nguyên nhân là phần lớn các khu công nghiệp hiện nay đều chưa có hệ thống xử lý nước thải hoặc có nhưng hoạt động không hiệu quả, chất thải từ các tai nạn tràn đổ dầu, ...

Bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu về sự tích lũy và hiện trạng ô nhiễm của một số kim loại nặng (Cu, Pb, Zn, Cr và Cd) trong trầm tích sông rạch thành phố Hồ Chí Minh. Bên cạnh đó, bài báo cũng đề cập đến các đặc điểm địa hóa môi trường của các kim loại nặng, đây là những thông tin hết sức cần thiết để đánh giá tác động môi trường cũng như lựa chọn biện pháp xử lý thích hợp với các chất ô nhiễm này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong môi trường nước, chỉ có một phần nhỏ các kim loại nặng tồn tại trong pha hòa tan (dạng ion). Các nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng trong các lưu vực sông trên thế giới đã cho thấy hàm lượng của pha không hòa tan (tức là hàm lượng các chất ô nhiễm này trong trầm tích và ở dạng keo) thường rất cao so với pha hòa tan (>100.000 lần tại sông Elbe (CHLB Đức) và 1.000-10.000 lần (sông Schuykill)). Nguyên nhân là do hầu hết các kim loại nặng như As, Cd, Hg, Pb và Zn đều tồn tại chủ yếu ở dạng liên kết với các hạt keo (0,45 μ m) hoặc tích lũy trong môi trường trầm tích (chiếm từ 50-90% tổng hàm lượng kim loại). Tương tự, hầu hết các kim loại được xếp trong danh sách các chất có nguy cơ ô nhiễm (chỉ với ngoại lệ Sb) của Cục bảo vệ môi trường Mỹ (US-EPA) đều ở dạng bền vững và có xu thế tích tụ trong trầm tích (các trầm tích đáy và dạng keo) hoặc trong các thủy sinh vật [4]. Do đó, nếu chỉ dựa trên các kết quả phân tích mẫu nước sẽ không phản ánh đầy đủ mức độ ô nhiễm kim loại nặng của một nguồn nước. Chính vì những lý do nêu trên, phạm vi nghiên cứu của tác giả đã tập trung vào các mẫu trầm tích bề mặt (0-30 cm). Đây là tầng trầm tích phản ánh sự ô nhiễm trong thời gian hiện tại [4, 5].

Trên cơ sở các tài liệu đã thu thập [1], nhóm nghiên cứu đã lựa chọn và lựa chọn 33 vị trí lấy mẫu đại diện cho hệ thống sông rạch trên địa bàn thành phố (Hình 1). Các vị trí này đều là các vị trí chịu tác động của các nguồn nước thải khác nhau (sinh hoạt, tiểu thủ công nghiệp, khu công nghiệp). Mô tả chi tiết các vị trí khảo sát và lấy mẫu đã được trình bày trong các tài liệu [6] và [7].

Các mẫu trầm tích bề mặt (0-30cm) được lấy bằng dụng cụ khoan lấy mẫu địa chất. Để tránh nhiễm bẩn mẫu, ống lấy mẫu được sử dụng là ống nhựa có đường kính 10 cm. Các thông số địa

hóa môi trường đặc trưng (pH, Eh, Ec, DO, TDS và nhiệt độ) cho từng vị trí khảo sát cũng được đo trực tiếp tại hiện trường để đánh giá vai trò của các yếu tố này đến sự tích lũy của kim loại nặng trong trầm tích.

Các kết quả nghiên cứu trước đây đã cho thấy sự tích lũy kim loại nặng trong trầm tích phụ thuộc vào thành phần cỡ hạt và phân cỡ hạt bột và sét ($< 63\mu\text{m}$) là phân tập trung các kim loại nặng. Do đó, để giảm khối lượng mẫu nghiên cứu, chỉ tập trung vào phân cỡ hạt này [5]. Các mẫu được tách ra phân cỡ hạt $63\mu\text{m}$ bằng phương pháp rây ướt. Sau đó, phần mẫu này được sấy khô tự nhiên. Để phân tích tổng hàm lượng kim loại, khoảng 5g mẫu được ngâm trong hỗn hợp axit 15 ml HCl và 5 ml HNO_3 đậm đặc trong bình cầu với thời gian khoảng 10-12 giờ. Sau đó, dung dịch được đun nóng ở nhiệt độ 80 C trong 2h. Hàm lượng các kim loại nặng được xác định bằng máy hấp thụ nguyên tử ngọn lửa (AAS), model Analyst - 300 PERKIN ELMER - USA tại Phòng thí nghiệm chất lượng môi trường của Viện Môi trường và Tài nguyên. Hàm lượng các nguyên tố chính như Fe, Al, Mn, Si, ... được xác định bằng phương pháp hóa (TCN 01/PTH/94) & HTNT (TCN 09 II HTNT/94) tại Trung tâm Phân tích Thí Nghiệm Địa chất thuộc Cục Địa Chất Khoáng Sản Việt Nam.

Các chỉ tiêu phân tích khác bao gồm: thành phần độ hạt, thành phần khoáng vật và hàm lượng vật chất hữu cơ đã được tiến hành tại các phòng thí nghiệm có uy tín với độ tin cậy. Các số liệu phân tích được tổng hợp và xử lý thống kê bằng phần mềm Excel và Statistica.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1.Môi trường địa hóa

Các kết quả đo đạc đã cho thấy độ pH tại các sông rạch khá ổn định, dao động từ 6,48 đến 7,50, trung bình 6,79. Các thông số địa hóa môi trường khác như oxy hòa tan DO, Độ oxy hóa khử (Eh), Độ dẫn điện (Ec) và hàm lượng chất rắn lơ lửng (TDS) dao động khá nhiều (Hình 2). Đặc biệt tại kênh Tân Hóa-Lò Gốm đã có sự suy giảm nồng độ oxy hòa tan một cách đáng kể (0,06-0,16mg/l) do liên quan đến mức độ ô nhiễm nghiêm trọng của kênh này.

3.2.Thành phần độ hạt

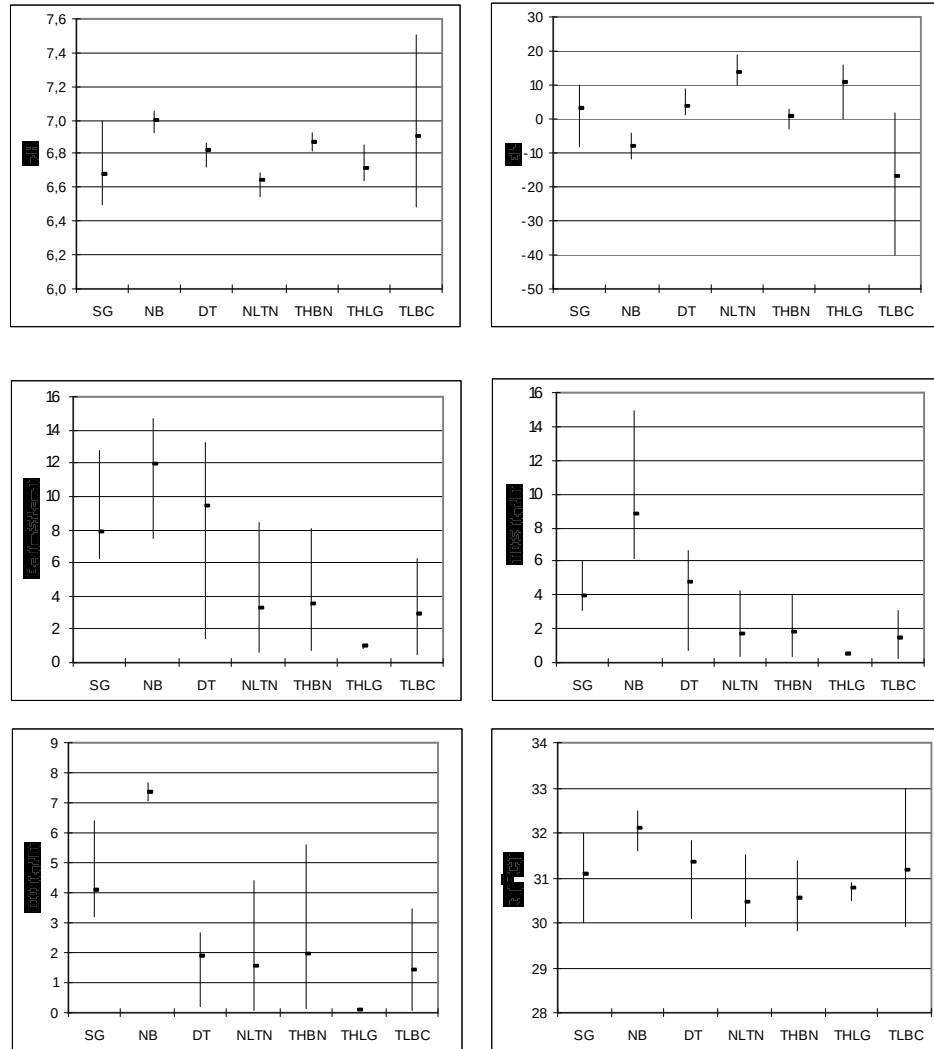
Các trầm tích sông rạch có thành phần độ hạt khá đồng nhất, chủ yếu là bột-sét. Trong đó, khoảng biến thiên của hàm lượng bột dao động từ 47 đến 51%, hàm lượng sét biến đổi từ 44 đến 50%.

3.3.Hàm lượng vật chất hữu cơ

Kết quả phân tích đã cho thấy sự thay đổi khá lớn về hàm lượng vật chất hữu cơ trong trầm tích TP. Hồ Chí Minh. Trầm tích của các kênh có hàm lượng vật chất hữu cơ cao hơn so với trầm tích các sông. Dựa trên giá trị trung bình số học, trầm tích kênh Tân Hóa-Lò Gốm (9,63 mg/kg) và Nhiêu Lộc-Thị Nghè (7,78 mg/kg) có hàm lượng vật chất hữu cơ cao nhất (Bảng 1).

Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu trầm tích sông rạch TP. Hồ Chí Minh

Ghi chú: *Dh*: Phân tích độ hạt; *H*: phân tích hóa; *Kv*: Phân tích khoáng vật; *OM*: phân tích hàm lượng vật chất hữu cơ và *AAS*: Phân tích hấp thụ nguyên tử



Hình 2. Đồ thị thể hiện sự biến thiên các thông số địa hoá môi trường trên hệ thống sông rạch TP.HCM.

Bảng 1. Thành phần hóa học của trầm tích sông rạch TP. Hồ Chí Minh

Sông/Kênh rạch	OM	Al	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
Sông Nhà Bè									
Max	2,65	14,8	5,21	0,01	11,9	2,59	68,5	18,9	0,07
Min	4,11	19,8	7,75	0,07	25,1	28,6	256	32,6	0,09
TB	3,2	18,0	6,41	0,04	16,8	14,5	137	26,6	0,08
Sông Sài Gòn									
Max	3,12	17,4	3,14	0,01	14,3	3,31	79,8	19,5	0,03
Min	5,26	20,1	8,30	0,12	58,8	63,1	237	41,5	0,24
TB	3,96	19,0	6,13	0,06	31,6	23,8	157	28,0	0,10
Kênh Đê-Tê									
Max	2,55	17,0	5,90	0,04	23,3	5,55	128	24,1	0,04

Sông/Kênh rạch	OM	Al	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
Min	4,09	21,0	9,34	0,08	57,2	33,9	243	41,5	0,08
TB	3,50	19,2	6,92	0,06	42,2	18,0	195	28,6	0,06
Kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè									
Max	3,46	14,9	4,49	0,04	30,7	19,9	349	25,1	0,04
Min	10,48	20,2	6,46	0,06	304	117	1.453	85,9	2,10
TB	7,78	17,5	5,48	0,05	188	52,3	761	53,2	1,35
Kênh Tàu Hũ - Bến Nghé									
Max	5,24	18,9	5,35	0,04	98,8	7,16	405	82,6	0,03
Min	6,67	19,4	5,98	0,07	218	20,8	854	1.800	0,14
TB	6,00	19,1	5,67	0,06	154	12,8	627	710	0,07
Kênh Tân Hóa - Lò Gốm									
Max	4,70	10,2	4,11	0,02	37,1	5,95	423	30,8	0,041
Min	17,2	18,1	5,89	0,04	1.300	30,2	4.026	2.290	1,47
TB	9,63	13,3	5,00	0,03	404	16,5	2183	805	4,31
Kênh Tham Lương - Bến Cát									
Max	3,97	18,0	3,55	0,02	21,7	1,78	83,9	24,9	0,07
Min	5,57	20,0	7,90	0,12	81,5	29,9	943	35,7	0,24
TB	4,65	19,1	5,72	0,06	37,2	10,4	291	30,0	0,14
Tiêu chuẩn so sánh									
Tiêu chuẩn Canada EQG									
					197	91,3	315	90	3,5
Tiêu chuẩn Mỹ US EPA									
					16	31	110	26	0,6

Ghi chú: Hàm lượng của vật chất hữu cơ và các nguyên tố chính Al, Fe, Mn được thể hiện bằng hàm lượng % trọng lượng khô của trầm tích và đối với các kim loại nặng là mg/kg.

3.4. Thành phần hóa học của trầm tích

Các nguyên tố chính như Al, Fe và Mn thể hiện sự phân bố khá đồng đều trong các trầm tích sông và kênh rạch (Bảng 1). Trong khi đó, kết quả phân tích các kim loại nặng cho thấy sự khác biệt khá rõ. Trầm tích sông Sài Gòn và Nhà Bè có hàm lượng kim loại khá thấp phản ánh sự pha loãng của các chất ô nhiễm. Trong khi đó, tại các kênh rạch, đặc biệt là Tân Hóa-Lò Gốm, Tàu Hũ-Bến Nghé có sự tăng cao hàm lượng các kim loại nặng, đặc biệt là Zn, Cu và Cr. Vị trí đặc biệt ô nhiễm là tại TH-LG 3 (Cầu Hậu Giang) và TH-BN 2 (cửa kênh Tàu Hũ-Bến Nghé). Hàm lượng kim loại tại vị trí TH-LG 3 như sau Zn (4.026 mg/kg); Cr (2.290mg/kg), Cu (1.033mg/kg) và Cd (11,47 mg/kg). Đây là nơi tập trung các cơ sở gia công kim loại.

Hiện tại, ở nước ta chưa có tiêu chuẩn đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích. Do đó để đánh giá hiện trạng ô nhiễm, ở đây đã sử dụng hai tiêu chuẩn của nước ngoài: Giá trị giới hạn mức có thể ảnh hưởng đến hệ sinh thái PEL của Canada (Canadian Sediment Quality Guidelines, Environmental Canada, [2]) và Tiêu chuẩn độc tính của Cục bảo vệ môi trường Mỹ EPA (US EPA's toxicity reference values, [3]). Đối với các kim loại Cu và Zn đã có 82% tổng số mẫu vượt quá giới hạn độc tính của Cục bảo vệ môi trường Mỹ. Trong trường hợp Cr, 70% tổng số mẫu cũng đã vượt qua giá trị cho phép. Khi so sánh với tiêu chuẩn của Canada (giá trị PEL) thì số mẫu đã vượt qua giá trị giới hạn là 12% (Cu) và 30% (Zn). Đặc biệt tất cả các mẫu lấy từ kênh Tân Hóa-Lò Gốm đều đã vượt qua giá trị PEL. Tuy nhiên, cũng cần lưu ý là giá trị cao nhất của Cu, Zn và Cr của kênh Tàu Hũ-Bến Nghé cũng đã vượt qua tiêu chuẩn cho phép.

Các vị trí có hàm lượng kim loại tăng cao đều có sự liên quan trực tiếp đến các hoạt động của con người. Do đó có thể đánh giá rằng trầm tích thành phố Hồ Chí Minh đã có dấu hiệu bị ô nhiễm kim loại nặng Cu, Cr, Zn và ít nghiêm trọng hơn là Cd do các hoạt động sản xuất và chất thải đô thị. Khu vực bị ô nhiễm nhất là kênh Tân Hóa-Lò Gốm. Hiện nay, các kênh rạch thành phố vẫn đang được nạo vét thường xuyên và chôn lấp tại Củ Chi. Do đó, các chất ô nhiễm lắng

động trong trầm tích không chỉ làm ô nhiễm môi trường nước mà sẽ làm ô nhiễm môi trường đất tại các khu vực bãi chôn lấp.

3.5. Thành phần khoáng vật của trầm tích

Kết quả phân tích định lượng thành phần khoáng vật của trầm tích cho thấy thạch anh là khoáng vật chính (33-65%). Ngoài ra trong trầm tích còn có các khoáng vật sét kaolinit (7-20%), illit (5-22%). Các khoáng vật khác như montmorillonit, feldpat và goetit cũng có mặt trong một số mẫu.

3.6. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự tích lũy kim loại trong trầm tích

Để đánh giá mối liên hệ giữa các yếu tố địa hóa môi trường và sự tích lũy của kim loại nặng trong trầm tích, ở đây sử dụng phương pháp phân tích thống kê là tính toán hệ số tương quan (Hệ số tương quan Person) để đánh giá mối liên hệ giữa hàm lượng kim loại nặng và các thông số có liên quan. Do trong trầm tích vùng nghiên cứu, tập mẫu không tuân theo luật phân bố chuẩn (trung bình số học > trung phương) do đó tập mẫu đã được chuyển sang logarith tự nhiên trước khi phân tích thống kê.

* Vai trò của các thông số địa hóa môi trường

Từ các nguồn nước thải đô thị và tiểu thủ công nghiệp, một lượng lớn các kim loại độc hại đã xâm nhập vào sông ngòi, kênh rạch và tích lũy trong trầm tích. Sự tích lũy của kim loại trong trầm tích hay nói cách khác khả năng lắng đọng của các ion kim loại trước hết phụ thuộc vào các thông số địa hóa môi trường cơ bản pH-Eh. Đây là yếu tố quyết định đến dạng tồn tại của ion kim loại trong các pha khác nhau của môi trường và từ đó ảnh hưởng đến độ hòa tan và sự lắng đọng kim loại. Thành phần độ hạt của trầm tích cũng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự tích lũy kim loại. Trầm tích có độ hạt mịn, thành phần khoáng vật sét cao thì khả năng hấp thụ kim loại lớn. Trong trường hợp cụ thể vùng nghiên cứu, kết quả tính toán hệ số tương quan Pearson cho thấy, các kim loại nặng trong trầm tích có tương quan (thuận hoặc nghịch) khá chặt chẽ với các thông số địa hóa môi trường như DO, Eh, Ec (Bảng 2). Đặc biệt, mối liên hệ giữa hàm lượng kim loại nặng và DO là rõ rệt nhất. Tại các điểm có sự tích lũy kim loại nặng (TH-LG1, TH-LG3, NL-TN2, TH-BN1, TH-BN2) thì nồng độ DO cũng hạ thấp đáng kể (0,06-0,15 g/l). Trong khi đó pH và thành phần độ hạt (hàm lượng sét trong trầm tích) không thể hiện mối liên hệ rõ rệt với hàm lượng các kim loại nặng. Mối tương quan giữa hàm lượng sét và kim loại nặng trong trầm tích không rõ rệt do nguyên nhân số lượng mẫu phân tích độ hạt không nhiều (chỉ có 11 trên tổng số 33 mẫu). Do đó, kết quả này chỉ mang tính chất tham khảo. Đối với pH, các giá trị đo được ngoài hiện trường cho thấy, độ pH của sông rạch thành phố Hồ Chí Minh khá đồng đều, gần như trung tính và nằm trong giới hạn cho phép. Do đó, từ kết quả phân tích thống kê có thể nhận định sơ bộ rằng pH không có ảnh hưởng lớn đến quá trình tích lũy kim loại trong bùn lắng. Tuy nhiên, để có kết luận cuối cùng cần có các nghiên cứu chi tiết hơn trong phòng thí nghiệm như thí nghiệm mô phỏng sự phân bố kim loại giữa các pha rắn/lỏng trong điều kiện thay đổi pH.

Bảng 2. Hệ số tương quan Pearson giữa hàm lượng kim loại nặng và các thông số địa hóa môi trường

N=33	DO	pH	Eh	Ec	Sét
Cu	<u>-0,70</u>	-0,07	0,40	<u>-0,67</u>	0,29
Pb	0,13	-0,24	0,40	0,19	0,11
Zn	<u>-0,68</u>	0,00	<u>0,52</u>	<u>-0,64</u>	0,27
Cr	<u>-0,52</u>	0,00	0,28	<u>-0,53</u>	0,46
Cd	<u>-0,54</u>	-0,21	<u>0,66</u>	<u>-0,52</u>	0,28

Sét: Hàm lượng sét; 0,72: Giá trị tương quan có ý nghĩa đối với mức xác suất >95%; N: tổng số mẫu

** Mối tương quan giữa các kim loại trong trầm tích*

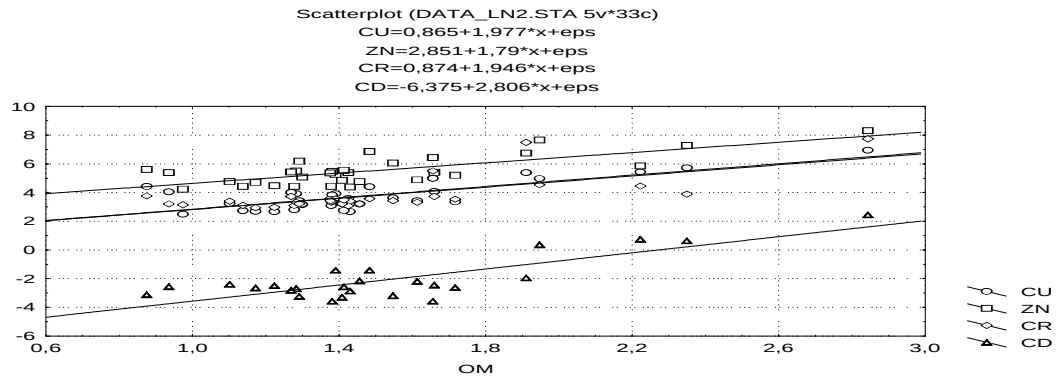
Ma trận tương quan giữa các nguyên tố và vật chất hữu cơ trong trầm tích sông rạch TP. Hồ Chí Minh được trình bày tại Bảng số 3. Giữa các kim loại "gây ô nhiễm" như Cu, Cr, Zn và Cd có mối tương quan khá chặt (Cu-Cd: 0,97, Cr-Cd: 0,75, Zn-Cd: 0,89, Cr-Cu: 0,83, v.v.). Từ đây, có thể một lần nữa khẳng định rằng các kim loại này phát tán vào môi trường từ một nguồn thải-hoạt động của con người. Trong khi đó, nguyên tố Pb không thể hiện sự ô nhiễm nhân tạo mà chỉ phản ánh giá trị nền trong trầm tích.

Bảng 3. Ma trận tương quan giữa các nguyên tố và vật chất hữu cơ

N=33	OM	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Mn	Ti	Cu	Pb	Zn	Cr	Cd
OM	1,00												
Si	<u>0,63</u>	1,00											
Al	<u>0,55</u>	0,03	1,00										
Fe	0,22	0,32	0,36	1,00									
Ca	0,37	0,37	0,35	0,14	1,00								
Mg	0,39	0,13	0,32	0,19	<u>0,42</u>	1,00							
Mn	0,12	0,16	0,10	<u>0,66</u>	0,06	0,30	1,00						
Ti	0,01	0,15	0,18	0,11	0,19	0,34	0,13	1,00					
Cu	<u>0,78</u>	<u>0,60</u>	<u>0,56</u>	0,14	<u>0,62</u>	<u>0,45</u>	0,00	0,03	1,00				
Pb	0,04	0,16	0,05	0,02	0,33	<u>0,46</u>	0,14	0,25	0,06	1,00			
Zn	<u>0,74</u>	<u>0,45</u>	<u>0,63</u>	0,28	<u>0,59</u>	0,36	0,14	0,07	<u>0,88</u>	0,08	1,00		
Cr	<u>0,71</u>	<u>0,63</u>	<u>0,44</u>	0,07	<u>0,49</u>	0,35	0,01	0,13	<u>0,80</u>	0,05	<u>0,72</u>	10,00	
Cd	0,82	0,43	<u>0,77</u>	0,30	0,26	0,20	0,06	0,00	<u>0,71</u>	0,24	<u>0,66</u>	<u>0,52</u>	1,00

0,72: Giá trị tương quan có ý nghĩa đối với mức xác suất >95%; N: Tổng số mẫu

Trong trầm tích, ngoài dạng tồn tại dưới hình thức ion tự do, dễ trao đổi (exchangeable), thông thường kim loại bị hấp phụ/liên kết với các hợp chất khác nhau: kết hợp với các oxit Fe và Mn, các vật chất hữu cơ, các khoáng vật silicat. Các vật chất hữu cơ đóng vai trò rất quan trọng trong sự tích lũy kim loại trong trầm tích thể hiện bằng mối tương quan rất chặt chẽ với hàm lượng của các kim loại nặng, đặc biệt là các kim loại nặng "ô nhiễm" (Cu ($r=0.93$), Cr ($r=0.72$), Cd ($r=0.90$) và Zn ($r=0.87$)) (Hình 3). Tuy nhiên, vai trò của các oxit Fe, Mn và các khoáng vật silicat thông qua oxit Al, không thể hiện rõ. Các oxit Fe và Mn không thể hiện mối tương quan nào đối với các kim loại nặng, trong khi đó, oxit Al thể hiện mối tương quan âm khá chặt chẽ với các kim loại như Cu, Zn, Cr và Cd.



Hình 3. Mối tương quan giữa hàm lượng các kim loại nặng và vật chất hữu cơ trong trầm tích sông rạch TP.Hồ Chí Minh

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy đã có sự tích lũy khá lớn các kim loại nặng Cu, Zn, Cr và ít hơn là Cd trong trầm tích sông rạch TP. HCM. Ở một số vị trí các giá trị đo được đã vượt qua giới hạn cho phép. Mức độ ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng là kênh Tân Hóa-Lò Gốm. Không chỉ làm ô nhiễm môi trường nước, việc nạo vét và chôn lấp tập trung các bùn nạo vét bị ô nhiễm cũng sẽ tác động đến môi trường ở các khu vực bãi chôn lấp.

Tuy nhiên, nếu chỉ dựa trên tổng hàm lượng các kim loại nặng trong bùn lắng để đánh giá các rủi ro môi trường là chưa đủ. Trong giai đoạn tiếp theo, nhóm tác giả sẽ triển khai các nghiên cứu đánh giá tính linh động và khả năng tích lũy trong chuỗi sinh thái của các kim loại tức là % kim loại có thể bị hấp thụ bởi thực vật và động vật. Đây là các thông tin cơ bản để phục vụ đánh giá khả năng gây ô nhiễm môi trường của các kim loại nặng, khả năng tái sử dụng của các trầm tích sau khi nạo vét.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lâm Minh Triết (chủ trì), *Báo cáo đề tài Nghiên cứu các biện pháp bảo vệ môi trường trong hoạt động nạo vét, vận chuyển và đổ bùn lắng kênh rạch TP. Hồ Chí Minh*, (2000).
- [2]. Environment Canada, *Canadian Environmental Quality Guidelines: Summary Table*. http://www.ccme.ca/assets/pdf/e1_06.pdf, (2002).
- [3]. US Environmental Protection Agency, *Screening level ecological risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities*, Volume 3. Appendix E: Toxicity Reference Values. EPA530-D99-001C. <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/comburst/eco-risk/volume3/appx-e.pdf>, (1999).
- [4]. W. Salomons và U. Forstner, *Heavy metals in the Hydrocycle*. Springer, (1984).
- [5]. U. Forstner, *Contaminated Sediment*. Springer-Verlag New York, (1989).
- [6]. Hoàng Thanh Thủy, Báo cáo tổng kết thực hiện đề tài nghiên cứu cơ bản 2004-2005: *Nghiên cứu đặc điểm địa hóa môi trường các kim loại nặng gây ô nhiễm (Cr, Pb, Zn và Cd) trong trầm tích sông rạch TP. Hồ Chí Minh*, (2005).
- [7]. Hoàng Thị Thanh Thủy, Từ Thị Cẩm Loan, Nguyễn Như Hà Vy, D.T.Phong, L.V.Thắng, B.M.Hà và N.T.Như: *Nghiên cứu khả năng ứng dụng cỏ vetiver vào xử lý trầm tích sông rạch bị ô nhiễm ở Thành phố Hồ Chí Minh*, Tuyển tập báo cáo Hội thảo quốc tế Hệ thống cỏ vetiver: Khắc phục thảm họa tự nhiên và môi trường ở Việt Nam, Cần Thơ, (2006)