

NGHIÊN CỨU SỰ CHUYỂN TẢI KIM LOẠI NẶNG (HÒA TAN VÀ LƠ LŨNG) TRONG NƯỚC VÙNG HẠ LƯU SÔNG HỒNG (VIỆT NAM)

ĐẶNG THỊ HÀ*, ALEXANDRA COYNEL**, LÊ LAN ANH***

TÓM TẮT

Các kết quả phân tích xác định hàm lượng kim loại nặng lơ lửng và hòa tan (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sb, Pb và Th) trong nước sông Hồng tại Sơn Tây đã chỉ ra rằng các kim loại nặng tồn tại chủ yếu ở dạng lơ lửng với hàm lượng vượt quá nhiều lần chỉ số độc sinh thái học PEC (Probable Effect Concentration), cho thấy nguy cơ ảnh hưởng của sự ô nhiễm kim loại nặng lên hệ sinh thái và môi trường trên lưu vực sông là rất cao.

Từ khóa: sông Hồng, kim loại nặng, chất lượng nước, chỉ số độc sinh thái học.

ABSTRACT

Preliminary assessment of dissolved and particulate heavy metals transported in downstream part of the Hong river (Vietnam)

The analytical results of the dissolved and particulate concentrations of heavy metals (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sb, Pb và Th) in the Hong river at Son Tay showed that most metals transported are in particulate phase with intensity higher than the ecological toxicity indicator PEC (Probable Effect Concentration), suggesting that the effect of this heavy metal contamination on the eco- environment in the Hong river basin is extremely high.

Keywords: Hong river, heavy metal, water quality, ecological toxicity indicator.

1. Mở đầu

Trong số rất nhiều chất ô nhiễm nguồn nước ảnh hưởng đến sức khỏe của con người, các kim loại nặng như Pb, As, Cu, Cd, Sb hay Hg... được xếp vào loại độc tố ở hàm lượng vết. Nguồn gốc gây ô nhiễm kim loại nặng trong nước vô cùng đa dạng, có thể do điều kiện tự nhiên (địa chất, khí hậu) hoặc do các hoạt động của con người (khai thác khoáng sản, luyện kim, nước thải công nghiệp, nông nghiệp...) [4,9,14,16]. Sông Hồng có nguồn gốc từ dãy núi Hymalya là sông lớn thứ hai tại Việt Nam sau sông Mekong, đóng vai trò vô cùng quan trọng trong nền kinh tế, văn hóa, chính trị và đời sống của người Việt. Nguồn nước sông Hồng được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau trong đời sống của người dân Bắc Bộ như nông nghiệp, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản và sinh hoạt hàng ngày. Đồng bằng sông Hồng là nơi tập trung đông dân cư và cũng là một trọng điểm kinh tế quan trọng của cả nước. Có rất nhiều công trình nghiên cứu chất lượng nước ngầm tại vùng đồng bằng sông Hồng đã chỉ ra rằng hàm lượng

* TS, Viện Hóa học, Viện KH&CN Việt Nam

** TS, Đại học Bordeaux 1, Cộng hòa Pháp

*** PGS TS, Viện Hóa học, Viện KH&CN Việt Nam

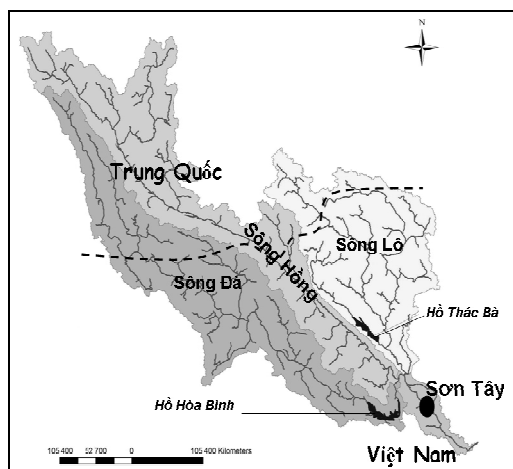
nguyên tố As trong nước ngầm rất cao, có thể lên đến 3500 $\mu\text{g/l}$ [1,8], nghĩa là cao hơn tiêu chuẩn cho phép của WHO 350 lần (10 $\mu\text{g/l}$). Hơn thế, các nghiên cứu trước đây về địa chất tại thượng nguồn các sông có nguồn gốc từ dãy núi Himalaya (ví dụ sông Brahmapoutra hay sông Yangtze) đã cho thấy rằng hàm lượng nguyên tố kim loại As tồn tại trong đất đá tự nhiên tại vùng này rất cao, có thể lên đến 4000 mg/kg [17] (chúng tôi xin lưu ý là hàm lượng trung bình nguyên tố As trong lớp đất đá bề mặt trái đất khoảng 2 mg/kg [18]). Nhờ vào các quá trình phong hóa, rửa trôi và xói mòn, lớp đất đá giàu nguyên tố kim loại nặng này sẽ bị cuốn trôi theo các dòng nước rồi đi ra sông/suối dưới dạng lơ lửng và hòa tan, làm cho hàm lượng các nguyên tố này trong nước rất cao. Tuy nhiên, chưa có nhiều công trình nghiên cứu, khảo sát về hàm lượng các kim loại nặng ở trong nước mặt sông Hồng, trong khi mà nguy cơ nhiễm độc từ các kim loại nặng trong nguồn nước mặt là rất cao và cần phải được kiểm soát. [6]

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ trình bày các kết quả thực nghiệm ban đầu thu được về hàm lượng các kim loại nặng (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sb, Pb và Th) dạng hòa tan và lơ lửng trong nước sông Hồng tại Trạm Thủy văn Sơn Tây trong năm 2011. Mục đích của nghiên cứu này là (i) khảo sát sự biến đổi theo thời gian hàm lượng các kim loại nặng trong nước sông Hồng, (ii) xác định dạng chuyển tải đặc trưng (hòa tan/lơ lửng) trong nước sông của các kim loại này, từ đó cho phép (iii) đánh giá chất lượng nước sông Hồng theo các tiêu chuẩn về hàm lượng kim loại nặng. Cuối cùng, khả năng chuyển tải kim loại nặng ra biển bởi hệ thống sông Hồng cũng như sự đóng góp của nó vào tải lượng kim loại chung bởi các hệ thống sông khác trên thế giới lần đầu tiên đã được định lượng.

2. Thực nghiệm

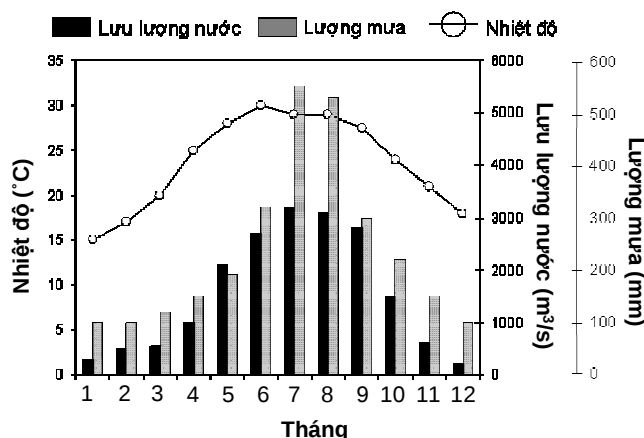
2.1. Giới thiệu lưu vực sông Hồng

Lưu vực sông Hồng có tổng diện tích lưu vực là 169.000 km^2 , trong đó, 50,3% ở Việt Nam, 48,8% ở Trung Quốc và 0,9% ở Lào. Sông Hồng có hai nhánh sông chính là sông Đà và sông Lô. Cả ba nhánh sông này đều có nguồn gốc từ Trung Quốc (hình 1).



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Hồng và vị trí quan trắc (Sơn Tây).
Đường màu đen đứt đoạn chỉ ranh giới Việt Nam/Trung Quốc.

Lưu vực sông Hồng được đặc trưng bởi hai mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4. Trong mùa mưa, nhiệt độ trung bình dao động từ 27°C đến 30°C, còn mùa khô từ 16°C đến 21°C (hình 2). Lượng mưa trung bình hàng năm trên lưu vực sông Hồng là 1600 mm với 85% - 95% vào mùa mưa [7].



Hình 2. Biểu đồ biến đổi nhiệt độ (°C), lưu lượng nước (m³/s) và lượng mưa (mm) trung bình hàng tháng trên lưu vực sông Hồng ([7])

2.2. Chu kì và quy trình lấy – xử lí – phân tích mẫu

Các kết quả được trình bày trong nghiên cứu này bao gồm hàm lượng các kim loại nặng dạng hòa tan và lơ lửng trong mẫu nước mặt sông Hồng đo tại trạm thủy văn Sơn Tây trong năm 2011 với chu kì, quy trình lấy, xử lí và phân tích mẫu cụ thể như sau:

- Chu kì lấy mẫu: Mẫu nước được lấy hai tuần một lần vào cùng một thời điểm trong ngày từ tháng 01 đến tháng 11 năm 2011 tại Trạm Thủy văn Sơn Tây (hình 1).

- Lấy mẫu, xử lí và phân tích mẫu [4, 5, 13, 16]: Mẫu nước được lấy tại giữa dòng sông nhờ sự hỗ trợ của thuyền, ở độ sâu 50cm so với mặt nước bằng các chai nhựa PP (V=2 lít) đã rửa sạch bằng axit HNO₃ 10% trong 24h. Mẫu được lọc ngay tại hiện trường bằng sơ-ranh và giấy lọc Sartorius (Minisart®, 0.2µm). Dịch lọc dùng để đo hàm lượng kim loại nặng tổng số dạng hòa tan được đựng trong các tube bằng nhựa PP (đã rửa sạch bằng axit HNO₃ 10% trong 24h) và được axit hóa ngay lập tức bằng axit HNO₃ 1% (Baker ultrex®), sau đó được bảo quản trong các thùng đá và tủ lạnh ở 4°C đến khi phân tích. Giấy lọc dùng để đo hàm lượng kim loại nặng tổng số dạng lơ lửng được sấy trong tủ sấy ở 50°C trong vòng 4h và được bảo quản trong các hộp đựng giấy lọc riêng biệt đến khi phân tích.

Để đo được hàm lượng kim loại nặng dạng lơ lửng, cần phải chuyển toàn bộ mẫu từ dạng rắn sang dạng lỏng bằng cách phá mẫu với hỗn hợp dung dịch các axit HCl (750µl, 12M), HNO₃ (250µl, 14M) và HF (2µl, 26M) trong vòng 2h ở 110°C. Hàm lượng kim loại nặng (dạng tổng số) được đo bằng thiết bị ICP-MS Thermo X7 (Perkin

Elmer, ELAN 5000) dưới các điều kiện chuẩn. Độ đúng của phương pháp phân tích được kiểm tra trước mỗi lần đo bằng việc tiến hành đo song song các mẫu chất chuẩn quốc tế (CRM 320, NCS) [4,5,13,16].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Sự biến đổi hàm lượng các kim loại nặng hòa tan trong nước sông Hồng

Trong giai đoạn quan trắc năm 2011, hàm lượng các kim loại nặng hòa tan biến đổi tương đối mạnh với hệ số dao động (%CV) từ 12 đến 121% theo trình tự sau: (12%)V<As<Mo<Co<Cu<Sb<U<Cr<Pb<Ni<Cd<Zn (121%).

Chúng ta thấy rằng các nguyên tố V, As, Mo hay Co là nhóm nguyên tố có thể coi như không/ít biến động theo thời gian với hệ số biến động CV<20% thì các nguyên tố Ni, Cd và Zn lại biến động mạnh theo thời gian với hệ số biến động CV>80%. Bảng 1 trình bày tóm tắt hàm lượng các kim loại nặng hòa tan trong nước sông Hồng tại Trạm Sơn Tây trong thời gian quan trắc.

Bảng 1. Hàm lượng các kim loại nặng dạng hòa tan đo được trong nước sông Hồng tại Trạm Thủy văn Sơn Tây

$\mu\text{g/l}$	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb	U
Min	1.00	0.10	0.05	0.26	1.13	0.42	2.17	0.43	0.005	0.29	0.05	0.23
Max	1.67	0.58	0.09	2.56	2.79	16.93	4.02	0.84	0.049	0.86	0.48	1.03
Q1	1.25	0.16	0.05	0.32	1.38	0.65	2.95	0.50	0.006	0.45	0.09	0.36
Q3	1.47	0.33	0.06	0.61	1.83	4.39	3.67	0.59	0.014	0.57	0.20	0.48
Trung bình	1.37	0.26	0.06	0.54	1.62	3.23	3.25	0.56	0.012	0.52	0.16	0.44
CV	12%	52%	19%	81%	25%	121%	14%	17%	84%	25%	69%	33%
Mekong ³	-	0.56	<0.02	0.68	2.20	2.93	-	11.8	<0.02	-	8.43	-
Yangtze ¹¹	10.5	20.9	-	13.4	10.7	-	13.2	-	4.7	65	55	-
Trung bình thế giới ¹⁹	0.71	0.7	0.15	0.8	1.48	0.6	0.62	0.42	0.08	0.07	0.08	0.37

Min= giá trị nhỏ nhất, Max = giá trị lớn nhất, Q: tứ vị (1: 25%, 3: 75%), %CV: hệ số dao động, <GHPH: nhỏ hơn giới hạn phát hiện.

Các kết quả thu được ở bảng 1 chỉ ra rằng hàm lượng kim loại nặng hòa tan trong nước sông Hồng tương đương với sông Mekong nhưng lại nhỏ hơn rất nhiều lần so với sông Yangtze (ở Trung Quốc) đối với tất cả các kim loại khảo sát. So với hàm lượng trung bình kim loại nặng hòa tan của các dòng sông trên thế giới thiết lập bởi Viers et al., 2008 [19], hàm lượng hai nguyên tố As và Zn trong nước sông Hồng cao hơn nhiều lần giá trị trung bình thế giới (bảng 1).

Dựa vào số liệu hàm lượng các kim loại nặng thu được, chúng tôi đã tính toán hệ số tương quan giữa hàm lượng từng kim loại với nhau và giữa chúng với lưu lượng nước. Kết quả thu được được trình bày tại bảng 2 cho thấy không có một sự tương quan nào được xác lập giữa hàm lượng các nguyên tố với lưu lượng nước, trừ hai nguyên tố As và U. Điều này cho thấy rằng hàm lượng kim loại nặng đo được ít hay không phụ thuộc của vào lưu lượng nước. Nếu nguyên tố U có hệ số tương quan $R = + 0.65$ với

lưu lượng cho thấy sự tăng nồng độ U khi lưu lượng nước tăng, thì với nguyên tố As, hệ số tương quan $R = -0.56$ phản ánh sự pha loãng đáng kể hàm lượng As trong nước khi lưu lượng tăng.

Bảng 2. Hệ số tương quan giữa hàm lượng các kim loại dạng hòa tan đo được và giữa hàm lượng các kim loại này với lưu lượng nước sông Hồng tại Trạm Sơn Tây

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb	U	Q
V	1	-0.18	-0.05	0.05	0.00	-0.09	0.21	0.18	0.15	0.20	0.06	-0.26	0.06
Cr		1	0.55	0.22	0.38	0.60	0.22	0.28	0.33	0.07	0.41	0.55	0.07
Co			1	0.63	0.69	0.66	0.15	0.28	0.76	0.38	0.57	0.36	-0.28
Ni				1	0.48	0.36	0.14	0.22	0.61	0.11	0.45	0.23	-0.35
Cu					1	0.66	0.30	0.67	0.68	0.56	0.58	0.41	-0.46
Zn						1	0.15	0.46	0.78	0.23	0.74	0.35	-0.16
As							1	-0.04	0.02	0.07	0.30	0.12	-0.56
Mo								1	0.37	0.66	0.15	0.56	-0.10
Cd									1	0.26	0.77	-0.03	0.13
Sb										1	-0.09	0.39	-0.32
Pb											1	0.13	-0.14
U												1	0.65
Q													1

Hơn thế, bảng 2 còn chỉ ra rằng có mối tương quan nhất định giữa hàm lượng một số kim loại nặng với nhau, cho thấy các kim loại này có chung một nguồn gốc trên lưu vực sông Hồng. Cụ thể là hệ số tương quan tỉ lệ thuận đã được ghi nhận ($R > +0.5$, bảng 2) giữa hàm lượng nguyên tố Co với các nguyên tố Cr, Ni, Cu, Zn, Cu và Zn và giữa nguyên tố Cd với các nguyên tố Ni, Cu, Zn, As và Pb.

3.2. Sự biến đổi hàm lượng các kim loại nặng lơ lửng trong nước sông Hồng tại Sơn Tây

So với với hàm lượng kim loại nặng hòa tan, hàm lượng các kim loại nặng lơ lửng trong nước sông Hồng tại Sơn Tây ít biến động hơn. Hệ số dao động (%CV) biến đổi từ 10 đến 34% theo trình tự sau: (10%)Co<U<V<Ni<Cr<Th<Zn<Cd<Pb<As<Cu<Sb <Mo(36%).

Bảng 3. Hàm lượng các kim loại nặng dạng lơ lửng đo được trong nước sông Hồng tại trạm thủy văn Sơn Tây

mg/kg	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb	Th	U
Min	78	54	11	36	75	133	26	1.11	0.56	3.41	61	10	2.5
Max	161	120	18	73	257	336	127	5.18	1.46	11.33	197	22	4.6
Q1	99	73	14	45	124	169	67	1.60	0.87	4.47	108	15	3.3
Q3	117	87	17	52	168	217	86	2.29	1.30	8.20	152	18	3.8
Trung bình	109	80	15	49	150	196	78	2.06	1.06	6.41	136	16	3.6
CV	14%	15%	10%	15%	27%	22%	25%	36%	24%	34%	24%	18%	12%
Mekong ³	-	40	13	25	-	-	17.5	-	-	-	30	-	-
Trung bình thế giới ¹⁹	129	130	22.5	74.5	75.9	208	36.3	2.98	1.55	2.19	61.1	12.1	3.3

Min=giá trị nhỏ nhất, Max = giá trị lớn nhất, Q: tứ vị (1: 25%, 3: 75%), %CV: hệ số dao động. <GHPH: nhỏ hơn giới hạn phát hiện.

Khác với hàm lượng các kim loại nặng dạng hòa tan, hàm lượng các kim loại nặng trong nước sông Hồng dạng lơ lửng lại cao hơn rất nhiều so với sông Mekong, trong số đó, các kim loại Cu, As, Sb và Pb cũng có hàm lượng cao hơn nhiều lần so với trung bình chung của các sông khác trên thế giới (bảng 3).

Hệ số tương quan giữa các hàm lượng kim loại nặng dạng lơ lửng và với lưu lượng nước cũng đã được thiết lập (bảng 4). Dựa vào kết quả thu được từ bảng 4, chúng ta có thể phân chia các kim loại nặng quan trắc thành hai nhóm:

- Nhóm 1 gồm các kim loại V, Cr, Co, Ni, Th và U. Đây là các nguyên tố có hệ số tương quan giữa hàm lượng kim loại nặng và lưu lượng nước có giá trị dương ($R > 0$) cho thấy khi lưu lượng nước tăng, hàm lượng các kim loại này có xu hướng tăng theo.

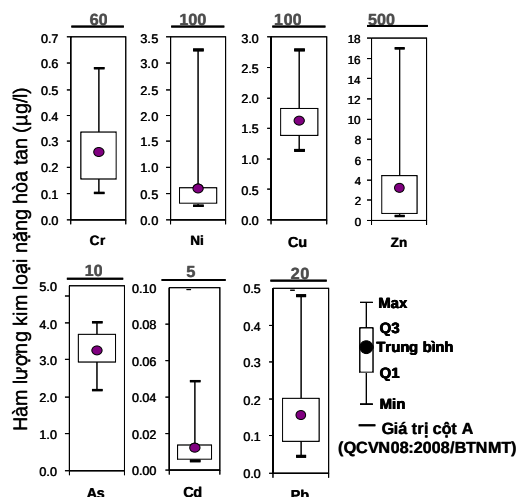
- Nhóm 2 gồm các kim loại Cu, As, Zn, Mo, Cd, Sb và Pb. Đây là những kim loại có xu hướng giảm nồng độ khi lưu lượng nước tăng (hệ số tương quan $R < 0$). Nếu hàm lượng các kim loại nặng trong nhóm 1 tăng theo lưu lượng nước được giải thích bằng sự thay đổi nguồn gốc dồi dào của các kim loại này khi lưu lượng nước tăng thì sự giảm hàm lượng kim loại nặng trong nhóm 2 lại được giải thích bằng hiệu ứng kích thước hạt (Effect of granulometric composition). Khi lưu lượng nước tăng, kéo theo các hạt chất rắn lơ lửng có kích thước lớn tăng theo, chủ yếu là các hạt đất đá thô. Các hạt này chứa hàm lượng các kim loại nặng thấp hơn rất nhiều so với các hạt nhỏ, mịn [2, 5, 13]. Điều này đã được quan sát tại nhiều hệ thống sông ngòi khác trên thế giới như tại Pháp [5] hay tại Mexico. [2]

Bảng 4. Hệ số tương quan giữa hàm lượng các kim loại dạng lơ lửng đo được và giữa hàm lượng các kim loại này với lưu lượng nước sông Hồng tại Trạm Sơn Tây

	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb	Th	U	Q
V	1	0.87	0.67	0.75	-0.09	0.10	-0.02	-0.06	-0.23	0.02	-0.06	0.72	0.68	0.60
Cr		1	0.74	0.86	-0.18	-0.14	-0.23	-0.26	-0.14	-0.23	-0.04	0.82	0.55	0.59
Co			1	0.74	0.33	0.08	0.09	-0.04	0.40	-0.27	0.44	0.72	0.50	0.28
Ni				1	0.07	0.09	-0.01	-0.02	0.12	-0.11	0.10	0.65	0.44	0.35
Cu					1	0.62	0.82	0.68	0.80	0.32	0.70	-0.28	-0.19	-0.57
Zn						1	0.78	0.63	0.48	0.55	0.35	-0.35	0.07	-0.52
As							1	0.73	0.57	0.70	0.60	-0.39	-0.02	-0.57
Mo								1	0.41	0.53	0.22	-0.41	-0.15	-0.45
Cd									1	-0.02	0.83	-0.13	-0.12	-0.55
Sb										1	0.11	-0.42	0.13	-0.39
Pb											1	-0.04	0.04	-0.33
Th												1	0.66	0.69
U													1	0.48
Q														1

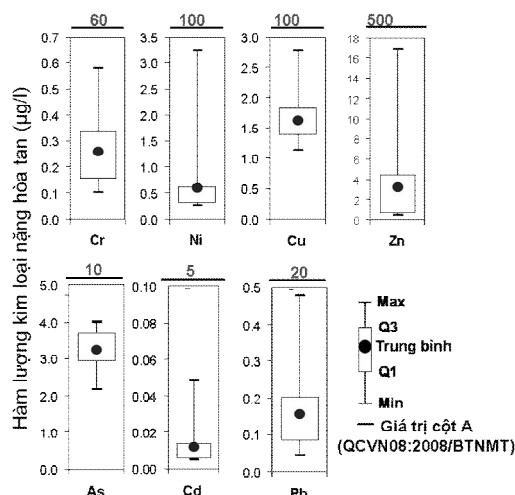
3.3. Chất lượng nước sông Hồng tại Sơn Tây

Để có thể đánh giá chất lượng nước theo các chỉ tiêu về hàm lượng kim loại nặng, từ đó cho phép xác định ảnh hưởng của nguồn nước đến đời sống của các loài thủy sinh cũng như đến sức khỏe con người, các giá trị hàm lượng kim loại nặng hòa tan đã quan trắc bao gồm các nguyên tố As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb và Zn được so sánh với các giá trị giới hạn theo Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08:2008/BTNMT (hình 3). Từ hình 3 chúng ta nhận thấy rằng hàm lượng kim loại nặng hòa tan trong nước sông Hồng tại Sơn Tây đều đạt chuẩn cột A (có thể dùng làm nước sinh hoạt) với hầu hết các kim loại. Như vậy, nếu xét về hàm lượng kim loại nặng dạng hòa tan, nước sông Hồng tại Sơn Tây có thể sử dụng với mục đích làm nước cấp sinh hoạt.



Hình 3. So sánh hàm lượng một số kim loại nặng dạng hòa tan ($\mu\text{g/l}$) trong nước sông Hồng tại trạm Sơn Tây với các giá trị cột A tương ứng trong QCVN08:2008/BTNMT

Đối với hàm lượng kim loại nặng dạng lơ lửng, do tại Việt Nam hiện chưa có một tiêu chuẩn hay quy chuẩn nào được áp dụng nên chúng tôi đã sử dụng các chỉ số độc sinh thái học TEC (Threshold Effect Concentration) và PEC (Probable Effect Concentration) được thiết lập bởi MacDonald et al. [12] để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng kim loại nặng dạng lơ lửng lên hệ sinh thái (hình 4). Nếu chỉ số độc sinh thái học TEC là giới hạn nồng độ mà dưới nồng độ này thì nguy cơ ảnh hưởng đến hệ sinh thái tương đối thấp (dưới 10%), thì chỉ số độc sinh thái học PEC là giới hạn nồng độ mà trên nồng độ này thì nguy cơ ảnh hưởng lên hệ sinh thái là cao (trên 50%) [12]. Các kết quả thu được được trình bày trên hình 4 chỉ ra rằng: hàm lượng trung bình các kim loại nặng đều vượt quá chỉ số TEC nhiều lần, trừ nguyên tố Cd có giá trị tương đương với giá trị chỉ số TEC; các nguyên tố Ni, Cu và Pb cho hàm lượng trung bình xấp xỉ giá trị chỉ số PEC và riêng nguyên tố As cho giá trị cao hơn rất nhiều lần chỉ số PEC. Như vậy, nguy cơ ảnh hưởng trực tiếp của các nguyên tố này lên hệ sinh thái trong lưu vực sông rất cao, đặc biệt là nguyên tố As. Hơn thế, ô nhiễm kim loại nặng còn có nguy cơ lan rộng khi hàng năm sông Hồng bồi đắp phù sa cho vùng đồng bằng khoảng 20 triệu tấn/năm [7] và lượng nước dôi dào phù sa này được dẫn trực tiếp để tưới tiêu cho các vùng nông nghiệp. Đây sẽ là nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng cho môi trường (đất, nước) và có thể tích tụ trong cây trồng và sinh vật ở vùng đồng bằng.

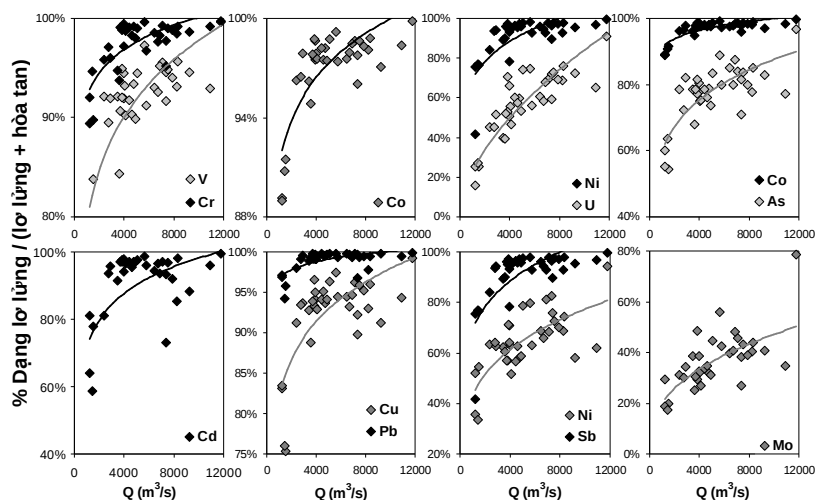


Hình 4. So sánh hàm lượng một số kim loại nặng dạng lơ lửng (mg/kg) trong nước sông Hồng tại trạm Sơn Tây với các giá trị TEC và PEC tương ứng [12]

3.4. Sự phân bố giữa hai pha hòa tan và lơ lửng của kim loại nặng trong nước sông Hồng

Sự phân bố giữa hai pha hòa tan và lơ lửng của kim loại nặng trong nước sông Hồng tại Trạm Thủy văn Sơn Tây được thể hiện trong hình 5. Chúng ta có thể nhận thấy rằng sự phân bố khác nhau giữa hai pha khảo sát đối với hầu hết các kim loại nặng thì dạng lơ lửng chiếm ưu thế hơn trong quá trình chuyển tải (trừ Mo và U), có thể đạt đến 99% (ví dụ như Pb, Cr hay Co). Sự chuyển tải các kim loại nặng chủ yếu dưới dạng lơ lửng của sông Hồng có thể được giải thích bằng quá trình xói mòn cơ học mạnh mẽ trên toàn lưu vực sông Hồng [7] và cũng đã được quan sát tại nhiều hệ thống sông có tải lượng phù sa lớn trên thế giới. [9,10]

Ngoài ra, hình 5 cũng cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của lưu lượng nước đến sự phân bố giữa hai pha khảo sát. Đó là khi lưu lượng tăng thì tỉ lệ phần trăm hàm lượng kim loại dạng lơ lửng trên hàm lượng tổng số (hòa tan + lơ lửng) tăng theo. Tỉ lệ phân bố trung bình của kim loại nặng dạng lơ lửng trong 2 năm quan trắc dao động từ 37% đến 99% theo trình tự sau: $37\% < Mo < U < Sb < As < Cd < Zn < V < Ni < Cu < Co < Cr < Pb < 99\%$. Nếu Mo, U và Sb là các nguyên tố được chuyển tải chủ yếu dưới dạng hòa tan thì Cr, Co và Pb lại là các nguyên tố chuyển tải chủ yếu dưới dạng lơ lửng.



Hình 5. Tỷ lệ % phân bố hàm lượng kim loại nặng giữa hai pha lơ lửng và hoà tan trong nước sông Hồng tại Trạm Sơn Tây theo lưu lượng nước năm 2011

3.5. Tải lượng kim loại nặng của sông Hồng

Dựa vào bảng số liệu đo được về hàm lượng kim loại nặng hòa tan và lơ lửng trong nước sông Hồng, về hàm lượng chất rắn lơ lửng và lưu lượng nước, chúng tôi đã tính toán tải lượng kim loại nặng trung bình năm 2011 của sông Hồng tại Trạm Sơn Tây (bảng 5). Đồng thời chúng tôi cũng đã so sánh các kết quả thu được với tải lượng của các hệ thống sông khác trên thế giới (bảng 5).

Bảng 5 cho thấy rằng tải lượng kim loại nặng dạng lơ lửng của hệ thống sông Hồng cao hơn rất nhiều lần so với sông Mekong nhưng lại nhỏ hơn rất nhiều so với sông Huanghe (sông Hoàng Hà - Trung Quốc) hay sông Changjiang (sông Trường Giang - Trung Quốc). Tuy nhiên, đối với kim loại nặng hòa tan, tải lượng của sông Hồng lại cao hơn nhiều lần tải lượng của sông Huanghe, trừ nguyên tố As (bảng 5).

Cuối cùng, chúng tôi cũng đã ước lượng sự đóng góp của sông Hồng vào tải lượng chung đổ ra đại dương của các sông trên thế giới. Đối với kim loại nặng lơ lửng, sông Hồng đóng góp từ 0,10% đến 0,41% theo thứ tự sau: Mo~Cr(0,10%)< Ni(0,11%)< Co~Cd(0,12%)< V(0,14%)< Zn(0,16%)< U(0,18%)< Cu(0,29%)< As(0,30%)< Pb(0,36%)< Sb(0,41%).

Đối với kim loại nặng hòa tan, sự đóng góp của sông Hồng khoảng 0,04% đến 2,2% theo thứ tự sau: Cd(0,04%)< Cr(0,11%)< Co(0,12%)< Ni(0,18%)< Cu(0,33%)< U(0,35%)< Mo(0,39%)< V~Pb(0,58%)< Zn(1,5%)< As(1,6%)< Sb(2,2%).

Bảng 5. Bảng so sánh tải lượng kim loại nặng dạng hòa tan và lơ lửng của sông Hồng tại Sơn Tây với các hệ thống sông khác trên thế giới

Sông	Surface (km ²)	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb	U
<i>Tải lượng kim loại dạng lơ lửng (t/năm)</i>													
Sông Hồng	150000	2673	2014	396	1215	3298	4942	1650	43.3	27.1	136	3282	88
Mékong ³	790000	-	1880	611	1175	-	-	823	-	-	-	1175	-
Huanghe ²⁰	752000	-	84224	15040	44368	29328	76704	12960	-	203	-	18800	-
Changjiang ¹⁷	1089000	-	37026	5772	37026	18513	35937	-	-	98.0	-	15246	-
Zhujiang ¹¹	443000	-	-	2082	-	5316	16391	-	-	70.9	-	6645	-
Nile ¹⁵	3400000	-	-	-	-	986	-	-	-	-	-	408	-
Mississippi ¹⁰	2979000	10724	8043	1609	4766	2711	13703	1370	626	59.6	-	2979	-
Missouri ¹³	150000	8550	6000	1065	3600	1950	8250	960	540	43.5	-	2100	-
Gironde ¹³	73000	175	190	29	117	146	1168	43	3.65	7.30	-	139	3.7
Tổng tải lượng thế giới ¹⁹	(10 ³ t)	1941	1960	338	1118	1140	3123	544	45	23	33	916	50
<i>Tải lượng kim loại dạng hòa tan (t/năm)</i>													
Sông Hồng	150000	155	29.3	6.5	54.9	179	345	361	63.2	1.3	57.7	17.3	48.9
Huanghe ²⁰	752000	-	-	-	15.0	52.6	7.52	993	-	-	-	0.75	-
Changjiang ¹⁷	1089000	-	-	-	87.1	958.3	32.7	-	-	21.8	-	32.7	-
Zhujiang ¹¹	443000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nile ¹⁵	3400000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mississippi ¹⁰	2979000	-	745	-	953	1102	1341	596	834	-	-	-	-
Gironde ¹³	73000	21.2	15.3	4.4	19.0	43.1	139	36.5	6.57	1.46	-	6.57	12.4
Tổng tải lượng thế giới ¹⁹	(10 ³ t)	27	26	5.5	30	55	23	23	16	3.0	2.6	3.0	14

4. Kết luận và kiến nghị

Kim loại nặng được đưa vào các nguồn nước mặt (sông, suối, ao, hồ...) là kết quả của quá trình rửa trôi và xói mòn (cơ học và hóa học) lớp đất đá bề mặt trên toàn lưu vực. Thêm vào đó, nước thải từ các hoạt động của con người cũng góp phần không nhỏ vào hàm lượng các kim loại này và là nguyên nhân chính gây nên tình trạng ô nhiễm nguồn nước. Các kết quả thu nhận được từ việc quan trắc hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng trong năm 2011 trên vùng hạ lưu sông Hồng tại Trạm Thủy văn Sơn Tây ban đầu đã đánh giá được mức độ ô nhiễm các nguyên tố này trong nước sông, từ đó cho phép đưa ra các biện pháp xử lý cũng như phương hướng quản lý và sử dụng nguồn nước một cách hợp lý và hiệu quả. Đây cũng là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo sâu hơn trên cả hai mặt không gian (trên toàn lưu vực sông Hồng) và thời gian (lấy mẫu cường độ cao trong thời gian dài) để có thể xác định được nguồn gốc các kim loại này trong nước sông cũng như có thể đánh giá chính xác hơn sự chuyển pha lỏng – rắn của các kim loại trong môi trường và ảnh hưởng của các kim loại này đến hệ sinh thái trên toàn lưu vực sông.

Ghi chú: Nghiên cứu này nằm trong khuôn khổ đề tài INSU ST EC2CO RIVER SONG -2009-2011 của Viện Nghiên cứu hàn lâm CNRS và Đại học Bordeaux I, Pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Berg M., Stengel C., Trang P.T.K., Pham H.V., Sampton M.L., Leng M. (2007), "Magnitude of arsenic pollution in the Mékong and Red River Deltas-Cambodia and Vietnam", *Science of the Total Environment*, 327, pp. 413-425.
2. Blake, W.H., Walsh, R.P.D., Barnsley, M.J., Palmer, G., Dyrinda, P., James, J.G. (2003), "Heavy metal concentrations during storm events in a rehabilitated catchment", *Hydrological Processes*, 17, pp. 1923-1939.
3. Cenci R.M., and Martin J.M. (2004), "Concentration and fate of trace metals in Mekong River Delta", *Science of the total Environment*, 332, pp.167- 182.
4. Coynel A., Blanc G., Marache A., Schäfer J., Dabrin A., Maneux E., Bossy C., Masson M., Lavaux J. (2009), "Assessment of metal contamination in a small mining- and smelting-affected watershed: high resolution monitoring coupled with spatial analysis by GIS", *Journal of Environmental Monitoring*, 11, pp. 962-976.
5. Coynel A., Schafer J., Blanc G., Bossy C. (2007), "Scenario of particulate trace metal and metalloid transport during a major flood event inferred from transient geochemical signals", *Applied Geochemistry*, 22, pp. 821-836.
6. Dang T.H., Coynel A., Grosbois C., Orange D., Etcheber H., Blanc G. (2011) "Assessment of arsenic contamination in the Red River: high resolution monitoring coupled with spatial analysis by GIS", *Procedding of RST conference*, Bordeaux, France, pp. 90-95.
7. Dang T.H., Coynel A., Orange D., Blanc G., Etcheber H., Le L.A. (2010), "Long-term monitoring (1960-2008) of the river-sediment transport in the Red River Watershed (Vietnam): temporal variability and dam-reservoir impact", *Science of the Total Environment*, 408, pp. 4654-4664.
8. Eiche E., Neumann T., Berg M., Weinman B., van Geen A., Norra S., Berner Z., Stüben, D. (2008), "Geochemical processes underlying a sharp contrast in groundwater arsenic concentrations in a village on the Red River delta, Vietnam", *Applied Geochemistry*, 23, pp. 3143-3154.
9. Horowitz A.J., Meybeck M., Idlafkih Z., Biger E. (1999), "Variations in trace element geochemistry in the Seine River Basin based on floodplain deposits and bed sediments", *Hydrological Processes*, 13, pp. 1329-1340.
10. Horowitz A.J., Elrick K.A., Smith J.J. (2001), "Annual suspended sediment and trace element fluxes in the Mississippi, Columbia, Colorado, and Rio Grande drainage basins". *Hydrological Processes*, 15, pp. 1169-1207.
11. Huang X., Sillanpa M., Duo B., Gjessing E.T. (2008), "Water quality in the Tibetan Plateau: Metal contents of four selected rivers", *Environmental Pollution*, 156, pp.270-277.
12. MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A. (2000), "Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, pp. 20 -31.

13. Masson M. (2007), “Sources et transferts métalliques dans le bassin versant de la Gironde-Réactivité et mécanismes géochimiques dans l’estuaire fluvial de la Gironde”, *Thèse doctorat de l’Université Bordeaux 1*, France, 344 p.
14. Meybeck M. (1998), “Man and river interface multiple impacts on water and particulates chemistry illustrated in the Seine River Basin”, *Hydrobiology*, 373, pp.1-20.
15. Osman A.E., Maha A.A. (2005), “Contribution of some trace elements from an Egyptian huge drain to the Mediterranean sea, west of Alexandria”, *Egyptian journal of aquatic research*, 31, pp.120-129.
16. Schäfer J., G. Blanc, S. Audry, D. Cossa C. Bossy (2006), “Mercury in the Lot-Garonne River system (France): Sources, fluxes and anthropogenic component”, *Applied Geochemistry*, 21, pp.515-527.
17. Singh P. (2010), “Geochemistry and provenance of stream sediments of the Ganga River and its major tributaries in the Himalayan region, India”, *Chemical Geology* 269, pp. 220–236.
18. Taylor S.R., McLennan S.M. (1985), “The Continental Crust: Its Composition and Evolution”, *Blackwell Oxford*, 312 p.
19. Viers J., Dupréa B., Gaillardet J. (2009), “Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database”, *Science of the total environment*, 407, pp.853 - 868.
20. Zhang J., W.W. Huang, R. Letolle, C. Jusserand (1995), “Major element chemistry of the Huanghe (Yellow River), China - weathering processes and chemical fluxes”, *Journal of Hydrology*, 168, pp. 173-203.

(Ngày Tòa soạn nhận được bài: 20-3-2014; ngày phản biện đánh giá: 30-6-2014;
ngày chấp nhận đăng: 20-8-2014)