

ĐẶC ĐIỂM PHÂN BỐ VÀ NGUY CƠ Ô NHIỄM CÁC HỢP CHẤT POPs* TRONG TRẦM TÍCH TẦNG MẶT VÙNG VỊNH TIÊN YÊN

ĐẶNG MAI¹, BÙI QUANG HẠT², ĐÀO MẠNH TIẾN³, ĐẶNG QUANG KHANG¹

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội;

² Trung tâm Tư vấn và Công nghệ Môi trường,

³ Viện Tài nguyên Môi trường và Phát triển bền vững

Tóm tắt: Trong các hợp chất POPs, thuốc trừ sâu gốc chlor (OCPs) và chất thải công nghiệp polychlobihenyl (PCBs) là những chất điển hình về độc tính cao và tồn lưu lâu bền trong môi trường. Kết quả nghiên cứu thu nhận được từ 64 điểm khảo sát đã làm sáng tỏ bức tranh phân bố định lượng của hai hợp chất này trong trầm tích đáy vịnh Tiên Yên theo chiều ngang và theo độ sâu, theo đó, hàm lượng các hợp chất OCPs và PCBs trong tầng mặt vùng nghiên cứu còn thấp hơn tiêu chuẩn ô nhiễm môi trường cho phép. Tuy nhiên, trong một số cột mẫu thể hiện khá rõ xu hướng tích lũy OCPs và PCBs ở tầng mặt. Đó là dấu hiệu về một nguy cơ ô nhiễm các hợp chất này trong trầm tích ở vùng vịnh nghiên cứu.

I. MỞ ĐẦU

POPs là các chất hữu cơ hóa học khó phân hủy, độc tính cao, rất nguy hiểm đối với sức khỏe con người, có khả năng tồn lưu lâu dài trong đất, nước, không khí và gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Vì vậy, việc ngăn chặn nguy cơ ô nhiễm POPs đã trở thành mối quan tâm hàng đầu của các nhà khoa học thế kỷ XXI. Ngày 23/5/2001, Công ước Stockholm về ô nhiễm hợp chất hữu cơ khó phân hủy đã được ký kết, nhằm giảm thiểu và loại bỏ các chất POPs nguy hiểm nhất ra khỏi môi trường. Ngày 22/7/2007, Việt Nam trở thành quốc gia thứ 14 phê chuẩn Công ước này.

* *Persistent organic pollutants* (chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy).

Đối với vùng biển ven bờ nước ta, gần đây vấn đề ô nhiễm POPs đã được một số tác giả đề cập. Mai Trọng Nhuận và nnk. [3] cho rằng hóa chất bảo vệ thực vật (HCBVTV) từ đất liền theo nước sông ra đất ngập nước ven biển và được dòng chảy ven biển, dòng triều phân tán rộng khắp. Theo các tác giả trên, hàm lượng HCBVTV trong nước ở các vùng cửa sông Hồng vào mùa mưa đều vượt quá giới hạn cho phép đối với nuôi trồng thủy sản. Theo Bùi Quang Hạt và nnk. [1], trầm tích biển vùng Hải Phòng - Quảng Ninh đã có dấu hiệu ô nhiễm PCBs.

Như vậy, có thể thấy rằng, nếu như ô nhiễm dầu và kim loại nặng trong môi trường biển nước ta đã được nhiều tác giả nghiên cứu và cảnh báo từ những năm 90 của thế kỷ trước, thì ô nhiễm POPs còn ít được đề cập. Để góp phần xây dựng cơ sở khoa học cho việc bảo vệ và khai thác bền vững tài nguyên môi trường biển nước ta, bài báo này trình bày những kết quả nghiên cứu mới nhất về OCPs và PCBs ở vịnh Tiên Yên, một vùng quan trọng trong dải biển ven bờ nước ta.

II. CƠ SỞ SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

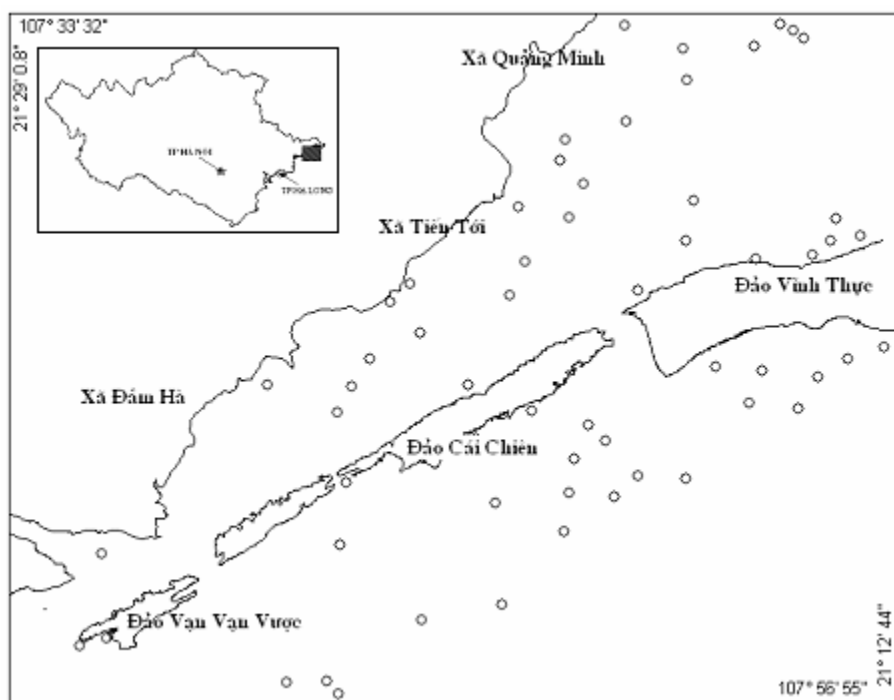
Các số liệu trong bài báo này là kết quả thu được từ chuyên đề "Lập bản đồ hóa học môi trường trầm tích vịnh Tiên Yên" thuộc dự án "Điều tra, nghiên cứu, đánh giá và dự báo mức độ tổn thương nước và trầm tích đáy do ô nhiễm ở các vùng biển Việt Nam" do Trung tâm Tư vấn và Công nghệ Môi trường chủ trì.

Trong vùng nghiên cứu đã thực hiện 64 điểm khảo sát (Hình 1). Tại các điểm này, đã tiến hành lấy mẫu điểm (mẫu mặt) và mẫu lún. Ở những điểm chỉ lấy mẫu mặt và một mẫu lún, mẫu lún có độ sâu 0-50 cm. Ở những điểm lấy mẫu theo độ sâu, mẫu lún được lấy theo các khoảng 0-25, 25-50 và 50-75 cm.

Hàm lượng OCPs và PCBs được phân tích bằng phương pháp sắc ký khí kết nối khối phổ tại Phòng Phân tích môi trường, Viện Hóa học Công nghiệp Việt Nam.

III. KHÁI QUÁT VỀ ĐẶC ĐIỂM TRẦM TÍCH TẦNG MẶT VÙNG NGHIÊN CỨU

Phạm vi nghiên cứu bao gồm các vùng biển ven bờ thuộc hai huyện Tiên Yên và Hải Hà (Quảng Ninh), được giới hạn bởi các tọa độ địa lý: $107^{\circ}33'32''$ - $107^{\circ}56'54''$ Đ; $21^{\circ}12'44''$ - $21^{\circ}29'0,8''$ B (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu và điểm lấy mẫu.

Trong vùng biển vịnh Tiên Yên có mặt 9 trường trầm tích cơ bản theo phân loại của Cục Địa chất Hoàng gia Anh, đó là: sạn, sạn cát, cát sạn, cát lẫn sạn, cát bùn sạn, cát, cát bùn lẫn sạn, cát bột, bột cát, trong đó, trầm tích cát sạn, cát bột và cát lẫn sạn có diện phân bố lớn nhất.

Trường trầm tích sạn phân bố thành diện nhỏ hẹp ở phía nam Cồn Bằng trên nền trường trầm tích cát sạn. Trầm tích có màu xám, xám nâu với sự ưu thế của hàm lượng sạn so với cát.

Trường trầm tích sạn cát phân bố rải rác trong trường trầm tích cát sạn thành diện nhỏ hẹp ở những nơi có địa hình nổi cao tương đối so với vùng lân cận. Trầm tích có màu nâu, xám nâu.

Thành phần trầm tích gồm sạn (32-53%) và cát (47-68%); thành phần bột và sét hầu như không xuất hiện. Kích thước hạt trung bình (Md) dao động trong khoảng 0,35-1,4 mm.

Trầm tích cát sạn phân bố chủ yếu trong hai vùng. Vùng I kéo dài từ vịnh Vát ra ngoài lạch Tiên Yên (kéo qua cửa Mô đến vịnh Bái Tử Long) và lạch Chi Lăng, ứng với độ sâu 0-15 m nước. Vùng II kéo dài từ cửa Hứa, cửa Hẹp, cửa Bò Vàng, vịnh Vuộc và cửa Tiểu (phía nam đảo Cái Chiên) ra ngoài biển thành một quạt trầm tích cát sạn với độ sâu từ 0 đến hơn 25 m nước. Ngoài ra, trầm tích cát sạn còn phân bố ở phía tây bắc (0-20 m nước) và ra xa về phía đông nam cửa Đại. Trong vùng I, trầm tích có màu xám, xám phớt nâu. Trường trầm tích đặc trưng bởi các thông số độ hạt sau: hàm lượng cát: 71-95%, sạn: 5-29%, thành phần bột sét hầu như không xuất hiện. Kích thước hạt trung bình (Md) dao động trong khoảng: 0,215-0,7 mm. Độ chọn lọc từ tốt đến kém (So: 1,37-2,62); phần lớn có độ chọn lọc trung bình với hệ số $So = 1,78$. Trong vùng II, trầm tích có màu nâu xám; thành phần độ hạt gồm cát (71-94%), sạn (5,6-28,8%); thành phần bột cát hầu như không xuất hiện. Kích thước hạt trung bình Md dao động trong khoảng 0,1-0,8 mm. Độ chọn lọc từ kém đến tốt.

Trường trầm tích cát lẫn sạn là trường chuyển tiếp từ trường cát sạn ở phía trong ra trường trầm tích cát bột ở phía ngoài, phân bố trong 2 vùng chính: vùng I nằm ở phía nam vùng nghiên cứu. Vùng II có diện phân bố hẹp hơn, kéo dài về hai phía tây bắc và đông nam cửa Đại. Ở vùng I, hàm lượng cát dao động trong khoảng 96-99%; hàm lượng sạn dao động từ 1 đến 4%. Trong vùng II, hàm lượng cát thấp hơn, còn hàm lượng sạn từ 3 đến 4%. Ở cả hai vùng đều không gặp thành phần cấp hạt bột và sét.

Trường cát bùn sạn phân bố thành một diện nhỏ ở phía nam núi Nở trong trường trầm tích cát bột trên nền địa hình nổi cao tương đối so với vùng lân cận, ứng với độ sâu 9-11 m nước. Thành phần trầm tích bao gồm cát (73-84%), bột (8-12%), sét (2-3%), sạn (5-15%). Kích thước hạt trung bình (Md) dao động trong khoảng 0,112 - 0,315 mm. Độ chọn lọc kém (So: 2,46-2,84).

Trường trầm tích cát phân bố ở cửa sông Đường Hoa và rải rác ven rìa các đảo Vĩnh Thục, Cái Chiên, Ba Rèm Đông, Ba Rem Giữa. Thành phần độ hạt gồm chủ yếu là cát (99 -100%); kích thước hạt trung bình 0,1-0,3 mm, độ chọn lọc tốt.

Trường cát bùn lẫn sạn phân bố ở độ sâu 8-10 m nước ở phía đông đảo Cái Chiên. Thành phần trầm tích gồm cát (71-78%), bột (7-8%), sét (12-19%) và sạn (1-2%). Kích thước hạt dao động từ 0,23 đến 0,26 mm; độ chọn lọc trung bình đến kém (So: 1,85-3,67).

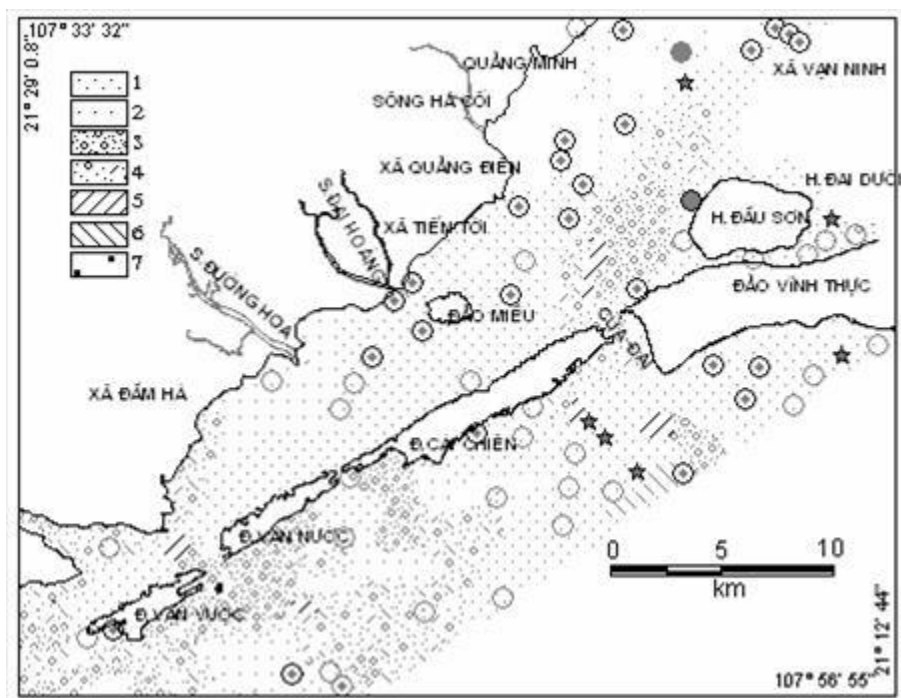
Trường cát bột chiếm diện tích lớn nhất (khoảng 40% tổng diện tích các trường trầm tích), phân bố chủ yếu trong hai vùng là bắc tây bắc vùng nghiên cứu và đông đông bắc đảo Cái Chiên. Thành phần trầm tích bao gồm cát (50-82%), bột (13-42%), sét (3-14%). Trường bột cát có diện phân bố hẹp ở phía đông nam đảo Miếu, trên nền trường cát bột. Thành phần trầm tích gồm bột, sét và cát, trong đó bột chiếm hàm lượng cao nhất (37,5-40,5%), tiếp đến là cát (32-37%) và thấp nhất là sét, với hàm lượng từ 10 đến 13%. Kích thước hạt trung bình (Md) là 0,06 mm. Độ chọn lọc kém (So: 2,21-2,83).

IV. PHÂN BỐ VÀ NGUY CƠ Ô NHIỄM CÁC HỢP CHẤT OCPs

1. Phân bố theo chiều ngang

Theo kết quả phân tích 64 mẫu trầm tích, hàm lượng OCPs trong trầm tích tầng mặt vùng biển Tiên Yên dao động trong khoảng 0,3-1,9 ng/g, trung bình là 0,77 ng/g. So sánh với tiêu chuẩn ô nhiễm môi trường của Canada, hàm lượng cực đại ở đây còn thấp hơn mức hiệu ứng có ngưỡng (TEL) và mức hiệu ứng có thể (PEL).

Để hình dung sự phân bố OCPs theo bề mặt, hàm lượng OCPs được phân bậc theo độ lệch chuẩn (0,4 ng/g) và dùng các ký hiệu tương ứng thể hiện lên bản đồ (Hình 2). Bậc hàm lượng 0,3-0,7 ng/g phân bố trên diện rộng, từ gần đến xa bờ, trên các trầm tích cát bột, cát lẫn sạn, nhưng chủ yếu tập trung ở phía ngoài đảo Vĩnh Thực và đảo Cái Chiên. Bậc hàm lượng 0,7-1,1 ng/g phân bố gần bờ hơn, tập trung ở các cửa sông Hà Cối và sông Đại Hoàng. Bậc hàm lượng 1,1-1,5 ng/g chỉ xuất hiện trong hai điểm khảo sát: phía tây H. Đầu Sơn và phía đông bờ biển xã Quảng Minh, trong diện phân bố của trường trầm tích cát và cát lẫn sạn. Các dị thường của OCPs (bậc hàm lượng 1,5-1,9 ng/g) hình thành ở phía đông bắc đảo Cái Chiên (gần cửa Đại) và ở đông bắc đảo Vĩnh Thực, trong diện phân bố của trầm tích bột cát.



Hình 2. Sơ đồ phân bố hàm lượng OCPs trong trầm tích vịnh Tiên Yên

Trầm tích tầng mặt:

1. Cát bột 2. Cát 3. Cát sạn 4. Cát lẫn sạn
5. Sạn cát 6. Cát bùn sạn 7. Sạn

Hàm lượng OCPs (ng/g):

- : 0,3 - 0,7 ⊙ : 0,7 - 1,1 ● : 1,1 - 1,5 ★ : 1,5 - 1,9

2. Phân bố theo chiều sâu

Trong số 64 điểm khảo sát, các cột mẫu (điểm khảo sát) TY09.12, TY09.305 và TY09.37 được phân tích đầy đủ theo các độ sâu khác nhau và sẽ được chọn làm đại diện để xem xét. Ở các cột mẫu này, hàm lượng các hợp chất hữu cơ được phân tích theo 3 mức độ sâu là 0-25 m, 25-50 m và 50-70 m. Bảng 1 dẫn ra tọa độ các cột mẫu và hàm lượng các hợp chất OCPs trong tầng trên và tầng dưới cùng.

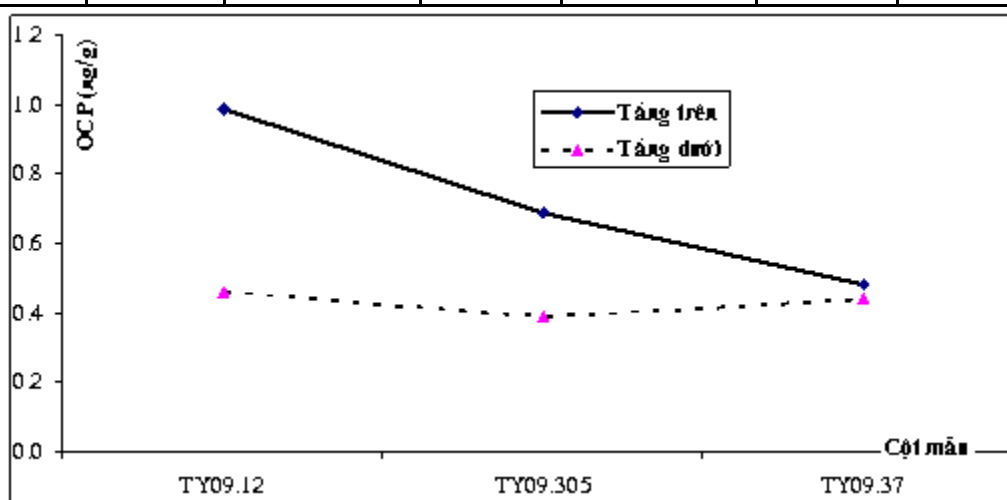
Tổng hàm lượng OCPs trong cột mẫu TY09.12 ở tầng trên cùng là 0,99 ng/g, còn tầng dưới cùng là 0,46 ng/g. Trong cột mẫu TY09.305, hàm lượng OCPs ở tầng trên là 0,69, tầng dưới - 0,39ng/g. Trong cột mẫu TY09.37, hàm lượng OCPs ở tầng trên cùng là 0,48, tầng dưới cùng -

0,44 ng/g. Như vậy, hàm lượng OCPs trong tầng trên luôn lớn hơn tầng dưới từ 1,1 đến 2,2 lần (Hình 3). Các hợp phần khác cũng có xu thế biến đổi tương tự, trừ α BHC có hàm lượng bằng nhau ở cả ba cột mẫu và không thay đổi theo độ sâu. Quy luật đó chứng tỏ trong trầm tích vùng này, ở một số nơi đã có sự tích lũy OCPs. Mặt khác, theo Jiang và cộng sự (2005), khi tỷ số hàm lượng $(p,p'$ -DDE + p,p' -DDD)/ Σ DDT lớn hơn 0,5 thì OCPs đã và đang bị biến đổi, phân hủy đáng kể và ít có nguồn thải mới với tác động của môi trường đã diễn ra đáng kể và ít có nguồn thải mới. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong trầm tích vịnh Tiên Yên, tỷ số $(DDE + DDD) / \Sigma$ DDT trong các mẫu đều nhỏ hơn 0,5, do đó có thể nhận định ở vùng này, mức độ phân hủy DDT xảy ra còn yếu và có thể vẫn còn nguồn bổ sung DDT.

Như vậy, mặc dầu hàm lượng OCPs tại các điểm khảo sát còn thấp hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn môi trường, nhưng vẫn có dấu hiệu về sự tích lũy hợp chất này trong tầng trầm tích bề mặt. Hiện tượng đó báo hiệu một nguy cơ ô nhiễm OCPs trong trầm tích vịnh Tiên Yên, nếu không có những biện pháp ngăn chặn kịp thời. Tuy vậy, để có những kết luận chắc chắn, cần tiến hành nghiên cứu chi tiết hơn.

Bảng 1. Hàm lượng các hợp chất OCPs trong các cột mẫu đại diện cho trầm tích vịnh Tiên Yên

Hợp chất	TY09.12		TY09.305		TY09.37	
	107°51'14" - 21°28'17"		107°35'58" - 21°16'19"		107°48'29" - 21°28'55"	
	0-25 cm	50-75 cm	0-25 cm	50-75 cm	0-25 cm	50-75 cm
α BHC	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
γ BHC	0,03	0	0,01	0,02	0,01	0
β BHC	0,01	0	0	0	0,01	0
δ BHC	0,29	0,04	0,32	0	0,02	0,04
44DDE	0,01	0	0	0	0,01	0
44DDD	0,25	0,14	0,13	0,13	0,18	0,13
44DDT	0,39	0,27	0,22	0,23	0,24	0,26
Σ OCPs	0,99	0,46	0,69	0,39	0,48	0,44

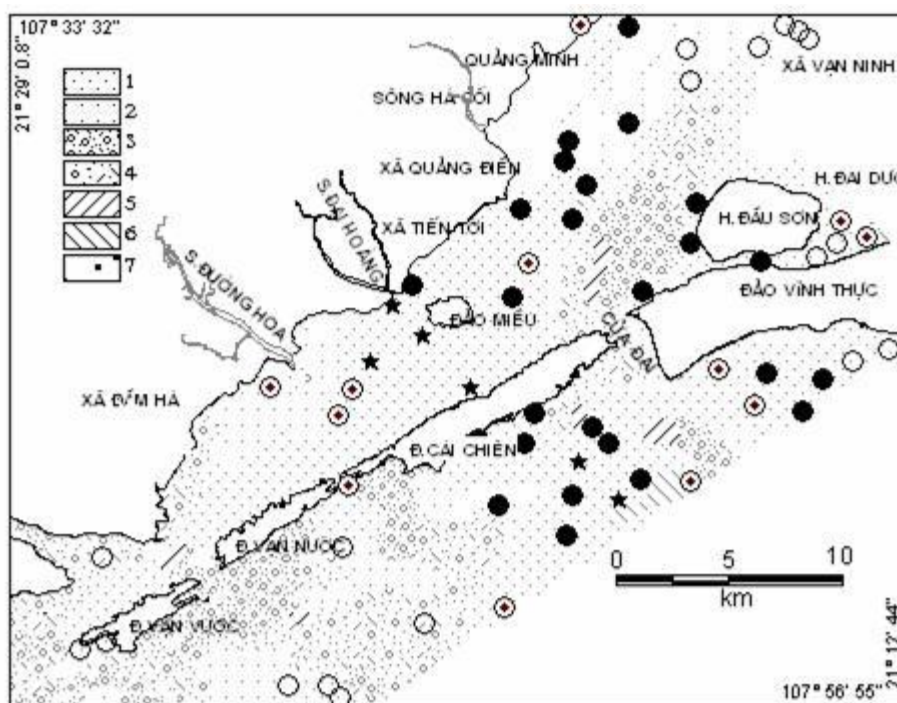


Hình 3. Biểu đồ so sánh tổng hàm lượng OCPs theo độ sâu.

V. PHÂN BỐ VÀ NGUY CƠ Ô NHIỄM CÁC HỢP CHẤT PCBs

1. Phân bố theo chiều ngang

Theo các kết quả phân tích thu nhận được, hàm lượng PCBs trong trầm tích vùng vịnh Tiên Yên dao động từ 3,73 đến 17,9 ng/g, trung bình là 10,82 ng/g. Như vậy hàm lượng cực đại của PCBs vẫn còn thấp hơn mức hiệu ứng có ngưỡng (TEL) và mức hiệu ứng có thể (PEL) theo tiêu chuẩn môi trường của Canada.



Hình 4. Sơ đồ phân bố hàm lượng PCBs trong trầm tích vịnh Tiên Yên

Ghi chú:

Trầm tích tầng mặt:

1. Cát bột 2. Cát 3. Cát sạn 4. Cát lẫn sạn
5. Sạn cát 6. Cát bùn sạn 7. Sạn

Hàm lượng PCBs (ng/g):

- : 3,7 - 8,2 ⊕ : 8,2 - 12,7 ● : 12,7 - 17,2 ★ : 17,2 - 17,9

Để hình dung sự phân bố PCBs theo chiều ngang, ta phân bậc hàm lượng của nó theo độ lệch chuẩn (0,45 ng/g) và dùng các ký hiệu tương ứng thể hiện lên bản đồ (Hình 4). Bậc hàm lượng thấp nhất (3,7-8,2 ng/g) gồm 29 điểm khảo sát, chiếm tần suất 37%, phân bố rải rác tại các vùng như bờ biển xã Vạn Ninh, phía đông hòn Đầu Sơn, tây nam đảo Vạn Vược và ngoài khơi phía nam đảo Vạn Nước. Bậc hàm lượng 8,2-12,7 ng/g chiếm tần suất 16% (13 điểm khảo sát), phân bố trong trường trầm tích cát bột, ở cửa sông Đường Hoa, phía đông hòn Đầu Sơn và tây nam đảo Vĩnh Thực. Chiếm tỷ lệ lớn nhất là bậc hàm lượng 12,7-17,2 ng/g với 31 điểm khảo sát, tương ứng với tần suất 39%. Các điểm có bậc hàm lượng này tập trung chủ yếu ở phía đông bắc vịnh Tiên Yên, trong các trường trầm tích cát bột và cát lẫn sạn. Dị thường bậc cao của PCBs (17,2-17,9

ng/g) đạt được tại 6 điểm khảo sát, chiếm tần suất 8%. Các điểm dị thường này phân bố thành một dải chạy theo phương TB-ĐN, từ cửa sông Đại Hoàng ra đảo Cái Chiên.

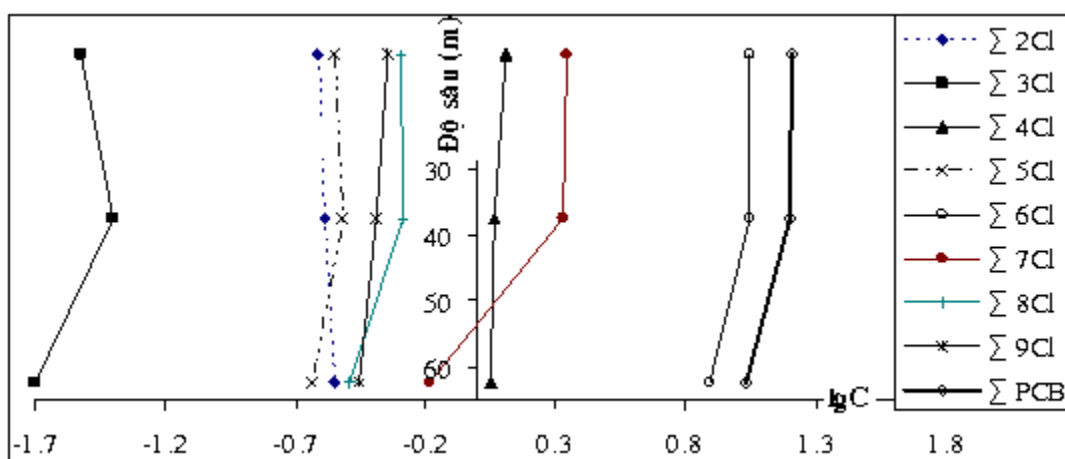
2. Phân bố theo chiều sâu

Cột mẫu TY09.37 được phân tích đầy đủ theo ba mức độ sâu khác nhau, vì vậy được chọn làm đại diện để xem xét. Hàm lượng các hợp chất PCBs trong cột mẫu này đưa ra ở Bảng 2. Bảng đó cho thấy rằng, trừ hợp phần 2Cl, hàm lượng tất cả các hợp phần còn lại đều giảm dần từ tầng trên cùng (0-25 cm) qua tầng trung gian xuống tầng dưới cùng, trong đó hợp phần 7Cl giảm mạnh nhất. Tỷ số hàm lượng các hợp phần của PCBs giữa tầng trên cùng và tầng dưới cùng đều lớn hơn đơn vị và dao động từ 1,2 đến 3,4. Như vậy, tại cột mẫu này, hiện tượng tích lũy PCBs ở tầng trầm tích bề mặt xảy ra rõ nét. Để thấy rõ hơn xu thế biến đổi hàm lượng PCBs theo độ sâu, ta lấy độ sâu trung bình của các tầng lấy mẫu làm đại diện cho tầng đó và thể hiện chúng lên biểu đồ logarit (Hình 5).

Quy luật tăng hàm lượng từ tầng dưới lên tầng trên cho phép ta suy luận rằng quá trình bổ sung hợp chất PCBs vẫn còn được tiếp tục xảy ra. Và, đó chính là nguy cơ ô nhiễm môi trường trầm tích vùng này, cần được ngăn chặn kịp thời.

Bảng 2. Hàm lượng các hợp chất PCBs trong cột mẫu đại diện (TY09.37) cho trầm tích vịnh Tiên Yên

Hợp chất	Độ sâu (cm)			Hợp chất	Độ sâu (cm)		
	0-25	25-50	50-75		0-25	25-50	50-75
$\sum 2Cl$	0,24	0,26	0,28	$\sum 7Cl$	2,19	2,13	0,65
$\sum 3Cl$	0,03	0,04	0,02	$\sum 8Cl$	0,51	0,52	0,32
$\sum 4Cl$	1,28	1,17	1,13	$\sum 9Cl$	0,45	0,41	0,35
$\sum 5Cl$	0,28	0,30	0,23	$\sum 10Cl$	0	0	0
$\sum 6Cl$	11,14	11,02	7,81	$\sum PCB$	16,12	15,85	10,79



Hình 5. Biểu đồ logarit hàm lượng các hợp chất PCBs theo độ sâu trầm tích (cột mẫu TY09.37)

KẾT LUẬN

Trong vùng biển vịnh Tiên Yên có mặt 9 trường trầm tích cơ bản, khác nhau về khả năng tàng trữ độc tố: sạn, sạn cát, cát sạn, cát lẫn sạn, cát bùn sạn, cát, cát bùn lẫn sạn, cát bột, bột cát; trong đó, các trầm tích cát bột, cát bùn có khả năng tàng trữ độc tố cao nhất.

Hàm lượng OCPs trong tầng mặt dao động từ 0,3 đến 1,9 ng/g, trung bình là 0,77 ng/g. Hàm lượng PCBs dao động trong khoảng 3,73-17,9 ng/g, trung bình là 10,92 ng/g. So sánh với tiêu chuẩn ô nhiễm môi trường của Canada, hàm lượng tối đa của OCPs và PCBs còn thấp hơn giới hạn cho phép. Tuy nhiên, trong một số cột mẫu thể hiện khá rõ xu hướng tích lũy OCPs và PCBs ở tầng bề mặt như là một dấu hiệu về nguy cơ ô nhiễm.

Lời cảm ơn: Bài báo này được hoàn thành, ngoài sự giúp đỡ của Trung tâm Tư vấn và Công nghệ Môi trường còn có sự hỗ trợ kinh phí của Đại học Quốc gia Hà Nội thông qua đề tài QT-09-49. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

VĂN LIỆU

1. Bùi Quang Hạng, Đào Mạnh Tiến, Lý Việt Hùng, 2008. Đặc điểm địa hóa môi trường vùng biển Hải Phòng - Quảng Ninh. *TTBC Hội nghị toàn quốc lần 1: Địa chất biển VN & phát triển bền vững. Hà Nội.*

2. Đào Mạnh Tiến (Chủ biên), 2008. Báo cáo thông tin “Điều tra địa chất, địa động lực, địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và dự báo tai biến địa chất vùng Hải Phòng - Quảng Ninh tỷ lệ 1/100.000 và vùng biển Bạch Long Vĩ tỷ lệ 1/50.000”. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

3. Mai Trọng Nhuận (Chủ biên), 2007. Đất ngập nước ven biển Việt Nam. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội. Hà Nội.*

4. Nguyễn Thục Anh, Nguyễn Khắc Giảng, 2006. Hiện trạng ô nhiễm kim loại nặng của trầm tích bãi triều cửa sông vùng vịnh Tiên Yên - Hà Cối, Quảng Ninh. http://www.idm.gov.vn/nguon_luc/Xuat_ban/2006/A293/a1.htm

5. Stanley E. Manathan, 1993. Fundamentals of environmental chemistry. *Lewis Publications London. Tokyo*

6. Trần Nghi, 2008. Báo cáo Thành lập bản đồ trầm tích tầng mặt vùng biển Hải Phòng - Quảng Ninh tỷ lệ 1/100.000. *Lưu trữ Liên đoàn Địa chất biển. Hà Nội.*