



# Hiện trạng ô nhiễm nước Đại Dương

Bởi:

PGS. TS. NGUYỄN Phạm Văn Huân

Nhiều nghiên cứu do các đợt khảo sát của Liên Xô và nước ngoài thực hiện trên đại dương đến nay đã cho phép chúng ta hình thành một loạt kết luận chung về trạng thái ô nhiễm hóa học nước Đại dương Thế giới (Simonov, 1983, 1985; Izrael, Shuban, 1985). Trước hết, đã xác định được rằng sự ô nhiễm bởi nhiều hợp phần đã mang tính toàn cầu. Thực tế, tất cả các chất gây ô nhiễm với nồng độ nhỏ hay lớn, dưới dạng này hay dạng khác đã phát hiện thấy ở mọi vùng của đại dương. Đã phát hiện vai trò của các hệ hoàn lưu chính và các vùng tù đọng tương đối trong sự tái phân bố và tích lũy các chất ô nhiễm. Thật vậy, nước Gulfstream và hải lưu Bắc Đại Tây Dương bị ô nhiễm mạnh ở vùng bờ Bắc Mỹ và châu Âu, mang đến và “giải tỏa” ở các biển Sagaso, Na Uy và Baren, các thủy vực này cùng với Bắc Băng Dương đang trở thành nơi tích tụ các chất độc hại. Các xoáy nước đại dương hướng thuận và nghịch, các chuyển động thẳng đứng của nước ở những vùng phân kỳ, hội tụ và vùng nước trời, tạo nên những bất đồng nhất trong phân bố không gian các chất ô nhiễm.

## Các hydrô cacbua dầu

Các trường ô nhiễm hydrô cacbua dầu được hình thành ở những vùng nước thềm lục địa, ở những vùng vận tải dầu và hàng hải nhộn nhịp, đang bao phủ những vùng nước rất lớn của các đại dương.

Các quan trắc về ô nhiễm lớp mặt (hình 3.1) cho phép phát hiện những ổ ô nhiễm ổn định. Ở Đại Tây Dương, vầng dầu thường hay gặp nhất ở giữa 10 và 50° N. Tại một số vùng thềm lục địa tần số phát hiện vầng dầu vượt 10 %, cao hơn 15 % ở ven bờ châu Phi và biển Karibê.

Theo mức độ phủ bằng vầng dầu (bảng 3.1) thì các khối nước bắc nhiệt đới, cận nhiệt đới trung tâm và Canari là bị ô nhiễm nhiều nhất.

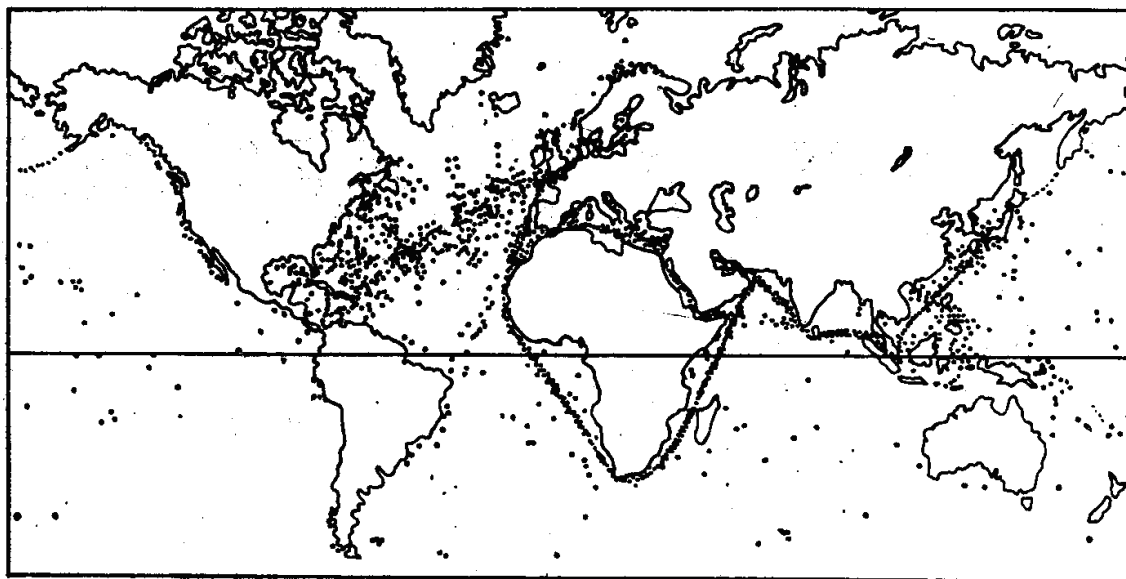
Ở Thái Bình Dương, tần số phát hiện vầng dầu cao nhất (40% và hơn) ghi nhận được trên các tuyến hàng hải và vận tải dầu từ Trung Cận Đông và Indônexia tới Nhật Bản,

ở các vùng xa hơn, tần số giảm xuống 20% và ít hơn. Mức phủ trung bình bởi váng dầu đối với vùng Kurosyo bằng 13 %, đối với biển Nhật Bản 6 %, đối với biển Đông

Tên biển này trong nguyên bản và sách báo thế giới nói chung là biển Nam Trung Hoa. ở đây và sau này chúng tôi dùng tên quen gọi của Việt Nam (ND).

21%. Ở Ấn Độ Dương, váng dầu thường xuyên phủ các vùng nước rộng lớn của Hồng Hải, các vịnh Ađen và Pecxich.

Những kết tập dầu được phát hiện ở tất cả các vùng ô nhiễm trực tiếp và vùng khơi đại dương (hình 3.2). Sự tái sắp xếp không gian các kết tập dầu được thực hiện bởi các dòng hải lưu mặt trong hệ thống hoàn lưu nước. Tại những vùng nước của hải lưu Canari, nồng độ kết tập dầu đạt tới 2,5–60,7 mg/m<sup>2</sup>, giá trị trung bình năm là 0,74 mg/m<sup>2</sup>. Từ đây, cùng với hải lưu Tín phong Bắc chúng được mang về phía tây và tích tụ trong biển Xagaso (tới 96 mg/m<sup>2</sup>). Sau đó, với hải lưu Bắc Đại Tây Dương, chúng được chuyển tới biển Na Uy và biển Baren, cũng tích tụ tại đây (tới 6,8 mg/m<sup>2</sup>). Front cận cực là một rào chắn vững chắc không cho kết tập dầu xâm nhập vào biển Grinlan và phần phía tây biển Na Uy. Ở đây, cũng như ở vùng xích đạo Đại Tây Dương và Nam Đại Tây Dương, hàm lượng chúng giảm xuống 0,01 mg/m<sup>2</sup>. Những nồng độ kết tập dầu cao (tới 100 mg/m<sup>2</sup>) không phải là hiếm gặp ở vùng biển phía nam Nhật Bản, giữa quần đảo Ha Oai và vùng San Fransisco.



**Hình 3.1.** Phân bố váng dầu trên mặt Đại dương Thế giới

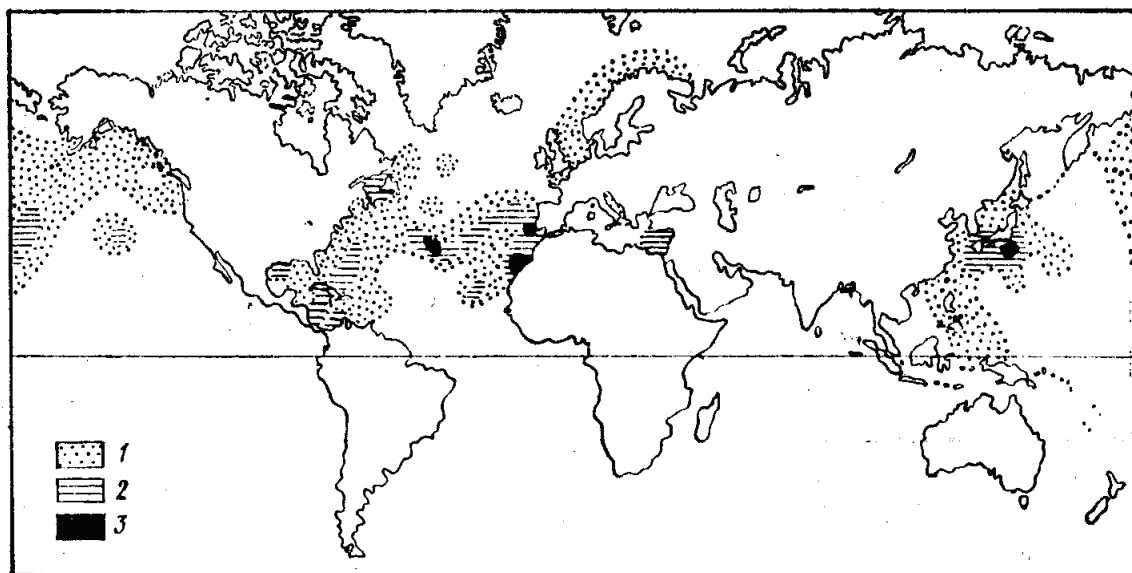
(theo tài liệu của Liên hợp Toàn cầu các trạm đại dương, 1980)

Các tính toán theo số liệu quan trắc đã cho phép xác định được tổng khối lượng kết tập dầu ở Bắc Đại Tây Dương: năm 1977: 13 860 tấn, năm 1978: 16 240 tấn, năm 1979: 17530 tấn. Phân tích biến động thời gian hàm lượng kết tập dầu ở các vùng khác nhau của Bắc Đại Tây Dương dẫn đến kết luận rằng ô nhiễm lớn nhất với các chất này xảy ra năm 1980. Thời gian sau đó thấy chiều hướng giảm. Chu kỳ tồn tại kết tập dầu trên mặt đại dương được ước lượng bằng một năm (Mikhailov, 1986).

**Bảng 3.1.** Mức phủ ( $s_0$ ) bởi váng dầu ở một số vùng của Bắc Đại Tây Dương trong các năm 1982-1984 (Simonov, 1984)

Vùng	$s_0 = (s_1 / s_2) \cdot 100\%$	Số quan trắc
Gulfstream	0,02	132
Đông bắc	0,22	1900
Canari	2,21	2001
Cận nhiệt đới trung tâm	2,65	1828
Nhiệt đới	5,85	178
Xích đạo	0,01	209
Trung bình Bắc Đại Tây Dương	1,82	6249

Ghi chú:  $s_1$  - diện tích vết dầu,  $km^2$ ,  $s_2$  - diện tích vùng nước khảo sát,  $km^2$ .



**Hình 3.2.** Nồng độ kết tập dầu trên mặt Đại dương Thế giới

(theo tài liệu của Liên hợp Toàn cầu các trạm đại dương, 1980)

1) nhỏ hơn 1 mg/m<sup>2</sup>, 2) 1 - 10 mg/m<sup>2</sup>, 3) 10 - 100 mg/m<sup>2</sup>

Phân bố nồng độ các hydro cacbua dầu ở thể hoà tan và vón cục trên đại dương mang đặc tính tạo ổ không ổn định, biểu hiện sự liên hệ trực tiếp với các nguồn ô nhiễm và các quá trình hoàn lưu nước. Tại các biển Bắc Hải, Địa Trung Hải, Hồng Hải, các vịnh Pecxich, Oman, Ađen, nồng độ lớn nhất bằng 0,05 mg/l, một số trường hợp tới 0,30 mg/l, đôi khi tới 1,00 mg/l. Trong nước mặt Bắc Đại Tây Dương, hàm lượng hydro cacbua dầu biến đổi từ 0 đến 0,6 mg/l (bảng 3.2). Ô nhiễm nước Bắc Đại Tây Dương chủ yếu giới hạn ở vùng xoáy nghịch, giữa 20 và 40 °N. Bên ngoài vùng này, nồng độ hydro cacbua dầu trong nước thường cực tiểu. Trong nhiều trường hợp, quá trình tích tụ xảy ra ở vùng ngoại vi các dòng hải lưu và ở các dải front. Thí dụ, tại trục Gulfstream, nồng độ là 0,01 mg/l, trong khi ở các vùng ngoại vi của dòng hải lưu này, nồng độ tăng lên 2–3 lần.

Về ảnh hưởng của các nhân tố động lực tới sự phân bố các chất ô nhiễm có thể theo dõi qua ví dụ đối tích cực năng lượng Newfoundland (43°50'–46°50' N, 38°20'–50°20' W). Trong các năm 1984–1985 ở đây người ta đã được nghiên cứu về chế độ hydro cacbua thơm dầu – một hợp phần dễ hoà tan và ổn định nhất của ô nhiễm dầu (Orlov, Okhotnichenco, 1988). Nồng độ trong nước mặt vùng này bằng 0,06–0,37 µg/l.

Trong vùng này, người ta phân biệt: phần ranh giới phía nam của hải lưu Labrado, hải lưu sườn lục địa, hải lưu Bắc Đại Tây Dương, các nhánh phía nam của Gulfstream và xoáy nghịch tựa dưng trên phần trung tâm lòng chảo Newfoundland. Vào mùa đông, trong các giai đoạn phát triển xoáy thì mức ô nhiễm hydro cacbua thơm cao, hàm lượng cực đại gặp thấy ở đối front cận cực, trong vùng xoáy nghịch tựa dưng và một số dòng nơi thuộc hải lưu Bắc Đại Tây Dương. Mùa hè, tình hình tương tự được duy trì. Giai đoạn xoáy phát triển yếu trong mùa xuân đặc trưng bởi nồng độ hydro cacbua thơm thấp và phân bố tương đối đều theo không gian. Như vậy, theo mức độ phát triển xoáy có thể dự báo được mức ô nhiễm nước mặt.

Nồng độ trung bình hydro cacbua ở lớp trên của phần tây bắc Thái Bình Dương (bảng 3.3) nói chung gần với mức nền ô nhiễm dầu của Đại dương Thế giới và bằng 0–30 µg/l. Riêng các đường hàng hải chính (hải lưu Kurosyo và Oyasyo, biển Đông) mức ô nhiễm cao hơn một chút và có thể vượt nồng độ tới hạn cho phép (50 µg/l).

**Bảng 3.2.** Hàm lượng hydro cacbua dầu hòa tan và dạng nhũ trong nước mặt

ở Bắc Đại Tây Dương các năm 1976-1979 (Kirillov, 1985)

Vùng	Nồng độ, mg/l	Năm
Cận Địa Trung Hải	0 – 0,400 – 0,60	19781976

Đông Bắc	0 – 0,160 – 0,40	19761979
Cận cực bắc	0 – 0,060 – 0,04	19771979
Cận nhiệt đới	0 – 0,19	1977

**Bảng 3.3.** Nồng độ trung bình hydrô cacbua dầu trong nước mặt phần tây bắc Thái Bình Dương (Tkalin, 1986)

Vùng	Số quan trắc	Nồng độ trung bình, $\mu\text{g/l}$	Độ lệch bình phương trung bình, $\mu\text{g/l}$
Biển Đông	89	25	34
Biển Philippin	143	17	18
Đông Trung Hoa	18	20	12
Vùng Kurosyo	431	34	44
Biển Nhật Bản	268	28	33
Vùng Oyasyo	72	29	31

Phân bố thẳng đứng của hydrô cacbua dầu trong đại dương đặc trưng bằng một cực đại nồng độ ở lớp tựa đồng nhất trên và giảm nhanh theo độ sâu (xem bảng 3.7). Phía dưới 500 m các hydrô cacbua dầu hoà tan và dạng nhũ tương thường không phát hiện thấy nữa.

### Các thuốc bảo vệ thực vật hữu cơ chứa clo (COP)

Trong nước đại dương đã phát hiện có DDT, các dạng trao đổi của nó DDE và DDD,  $\gamma$ -HCCH và PCB. Phân bố COP trong đại dương không đồng đều. Các vùng nồng độ cao, thấp và không có xen kẽ nhau. Các khu vực cục bộ chứa COP gặp thấy không chỉ tại những nơi trực tiếp bị ô nhiễm, mà còn ở cả ngoài khơi đại dương, đó là do vận chuyển khí quyển và phát tán động lực. Vì vậy, nồng độ COP trong lớp mặt đại dương thay đổi khá mạnh trong không gian và thời gian (bảng 3.4, 3.5).

**Bảng 3.4.** Nồng độ trung bình COP và giới hạn biến thiên (trong ngoặc đơn) (ng/l) trong lớp nước mặt Bắc Đại Tây Dương (Orlova, 1985)

Năm	DDT	DDE+DDD	$\gamma$ HCCH
1977	1,2 (0–19,2)	0,6 (0–3,8)	0,5 (0–2,8)

1978	0,8 (0–42,4)	0,2 (0–3,6)	0,3 (0–5,2)
1979	0,9 (0–24,0)	0,6 (0–6,1)	0,2 (0–4,2)
1980	0,8 (0–17,6)	0,3 (1–1,8)	0,1 (0–4,9)

Giống như trường hợp các sản phẩm dầu, quá trình tích tụ COP gặp thấy ở ngoại vi các dòng nước và các dải front. Thật vậy, năm 1977 tại vùng ngoại vi nhánh phía bắc của hải lưu Bắc Đại Tây Dương hàm lượng DDT 3 lần lớn hơn so với ở trong trục của nó. Tỷ số giữa lượng DDT và các dạng trao đổi của nó (đại lượng này có thể dùng làm chỉ tiêu cho các quá trình tích tụ và phân hủy COP), đạt cực đại ở các vùng Địa Trung Hải và cận nhiệt đới (2,3 và 5,0), điều này có thể giải thích là do quá trình tích tụ áp đảo so với quá trình phân rã DDT. Các giá trị cực tiểu của tỷ số này (0,8–1,3) ở vùng nhiệt đới Đại Tây Dương gây nên bởi cường độ phân rã DDT mạnh tại nơi xa nguồn ô nhiễm.

**Bảng 3.5.** Nồng độ COP và hydrô cacbua dầu thơm (NAHC)

tại một số vùng Bắc Đại Tây Dương (lớp mặt, năm 1983-1984) (Orlova, 1986)

Vùng quan trắc	DDT+DDE+DDD ng/l	PCB ng/l	NAHC µg/l
Canari	0,80 ± 0,19	5,08 ± 1,20	0,44 ± 0,09
Gulfstream	0,48 ± 0,19	5,04 ± 1,15	0,35 ± 0,05
Tích cực năng lượng Na Uy	0,48 ± 0,12	1,66 ± 0,42	0,30 ± 0,05
Trạm “C”	0,35 ± 0,06	1,42 ± 0,37	0,26 ± 0,04

Trên vùng nước thuộc đới tích cực năng lượng biển Na Uy mùa hè năm 1982 (Mikhailov, Orlova, Simonov, 1987) hàm lượng cực tiểu của tổng DDT và các sản phẩm trao đổi (gần 0,2 ng/l) gặp thấy tại dải phân kỳ, nằm giữa 43 và 45 °N. Giá trị cao (tới 1,0–1,5 ng/l) ghi nhận tại các dải front, phía bắc front cận cực và trung tâm xoáy nước nghịch. Ở đây DDT cao hơn so với các sản phẩm trao đổi. Hơn 50% trường hợp tỷ số DDT trên (DDD+DDE) lớn hơn đơn vị.

Mặc dù tập trung chủ yếu trong các vầng hữu cơ trên mặt, trong lớp vi mỏng gần mặt và trong sinh vật, COP cũng còn thâm nhập xuống cả những độ sâu đại dương. Thông thường, hàm lượng trong lớp 0–100 m khá đồng nhất, còn ở 500 m giảm đi hai lần (xem bảng 3.7). Trong nước tầng sâu phổ biến nhất là DDE – một sản phẩm trao đổi chính của DDT.

## Các chất tẩy

Nồng độ các chất tẩy tổng hợp trung bình toàn đại dương bằng 27–30  $\mu\text{g/l}$  ở lớp mặt và 8–9  $\mu\text{g/l}$  ở độ sâu 500 m. Trong lớp một mét gần mặt của Bắc Đại Tây Dương, nồng độ bằng 30–40  $\mu\text{g/l}$  được quan trắc thấy với tần suất gần 70%.

Phân bố không gian của các chất tẩy mang tính địa phương hóa. Các trường ô nhiễm (hơn 100  $\mu\text{g/l}$ ) tập trung ở đới thềm lục địa Bắc Mỹ, Tây Âu và châu Phi. Ngoài khơi đại dương, hàm lượng giảm xuống còn 20–30  $\mu\text{g/l}$  và phân bố không đều theo mặt rộng vùng nước.

**Bảng 3.6.** Nồng độ trung bình các chất tẩy ( $\mu\text{g/l}$ ) ở Bắc Đại Tây Dương

(trong ngoặc là giới hạn biến thiên) (Mikhailov, 1985)

Tầng (m)	Năm 1976 – 1977	Năm 1978	Năm 1979
0	28 (0 – 190)	30 (0 – 100)	27 (0 – 125)
10	22 (0 – 128)	27 (0 – 70)	22 (0 – 72)
50	16 (0 – 107)	19 (0 – 76)	23 (0 – 78)
100	11 (0 – 142)	16 (0 – 85)	16 (0 – 67)
500	8 (0 – 58)	6 (0 – 54)	9 (0 – 67)

Những tính chất lý – hóa của các chất tẩy làm cho chúng có xu hướng bị thu hút vào lớp vi mỏng gần mặt, song độ hoà tan cao và chuyển động thẳng đứng của nước cũng giúp chúng thâm nhập xuống các lớp sâu. Nhờ các quá trình phân hủy sinh học, trong phân bố thẳng đứng các chất tẩy nổi rõ xu hướng giảm nồng độ theo độ sâu (bảng 3.6 và 3.7). Trong thời kỳ 1976–1982, giới hạn trên của biến động nồng độ theo các tầng ở Đại Tây Dương có xu hướng giảm, tình hình cũng như vậy đối với nồng độ trung bình tại các độ sâu sau năm 1979.

**Bảng 3.7.** Phân bố thẳng đứng nồng độ trung bình hydrô cacbua dầu (năm 1979), COP (năm 1982) và chất tẩy (năm 1982) ở Bắc Đại Tây Dương

(trong ngoặc là giới hạn biến thiên) (Simonov, 1984, 1985)

Tầng(m)	Hydrô cacbua dầu, $\mu\text{g/l}$	DDT, DDD, DDEng/l	Chất tẩy $\mu\text{g/l}$
0	0,02 (0–0,11)	0,49 (0–2,45)	32 (0–112)
10	0,02 (0–0,12)	0,48 (0–1,76)	27 (0–77)

50	0,02 (0–0,10)	0,31 (0–0,81)	17 (0–68)
100	0,01 (0–0,09)	0,38 (0–1,11)	10 (0–41)
500	0,01 (0–0,05)	0,24 (0–0,66)	7 (0–28)

**Bảng 3.8.** Nồng độ trung bình các chất tẩy ở phần tây bắc Thái Bình Dương

(Tkalin, 1986)

Vùng nước	Tầng	Số quan trắc	Nồng độ trung bình $\mu\text{g/l}$
Kurosio và	Lớp mặt vi mỏng	14	94
Oyasyo	1 m	13	30
	10 m	25	16
Biển Philippin	Lớp mặt vi mỏng	5	66
	1 m	11	18
	10 m	5	6

Ở thủy vực Thái Bình Dương, mức ô nhiễm các chất tẩy lớn nhất quan trắc thấy trong biển Đông và biển Đông Trung Hoa, ở đây nồng độ trung bình các chất tẩy trong một số năm vượt trên 30–40  $\mu\text{g/l}$ . Tại biển Nhật Bản - tới 25–35  $\mu\text{g/l}$ . Tại các vùng Kurosyo và Oyasyo, phân bố không gian các chất tẩy khá đồng nhất, nồng độ trung bình bằng khoảng 30  $\mu\text{g/l}$  (bảng 3.8). Thường xuyên quan trắc thấy giảm hàm lượng các chất tẩy theo độ sâu và tích tụ ổn định tại lớp mặt vi mỏng.

### **Nồng độ nền của những chất ô nhiễm hữu cơ trong nước Bắc Đại Tây Dương**

Nồng độ nền của các chất ô nhiễm đã được nghiên cứu tại điểm C ( 52 °N, 35 °W) ? điểm ở xa nhất đối với các nguồn ô nhiễm chủ yếu và các hệ thống hoàn lưu chính. Phân bố nồng độ trung bình năm của các chất ô nhiễm theo độ sâu trong thời kỳ quan trắc 1976–1980 thể hiện trong các bảng 3.9–3.12.

**Bảng 3.9.** Phân bố nồng độ trung bình năm hydrô cacbua dầu ( $\mu\text{g/l}$ )

theo độ sâu tại vùng điểm C (Kirillova, 1985)

Độ sâu, m
Năm



1977	1978	1979	1980		
Giới hạn biến thiên					
0	24	26	25	19	0 – 70
10	30	30	21	33	0 – 50
50	31	24	30	22	0 – 30
100	22	20	20	23	0 – 28
500	10	17	17	9	0 – 20

**Bảng 3.10.** Phân bố nồng độ trung bình năm COP (ng/l) theo độ sâu tại vùng điểm C (Orlova, 1985)

Độ sâu, m	DDT	DDD	DDE	? ?HCCH
0	0,35	0,16	0,08	0,01
50	0,50	0,05	0,02	0,01
100	0,24	0,02	0,06	0,00
500	0,48	0,11	0,08	0,00

**Bảng 3.11.** Nồng độ trung bình năm COP (ng/l) (trong ngoặc ghi khoảng tin cậy) trong lớp mặt ở vùng điểm C (Orlova, 1985)

COP	Năm 1979	Năm 1980
DDT	0,27 (0,26 ± 0,014)	0,15 (0,15 ± 0,035)
DDE	0,19 (0,19 ± 0,045)	0,16 (0,16 ± 0,045)
DDD	0,09 (0,09 ± 0,032)	0,06 (0,06 ± 0,017)
? - HCCH	0,08 (0,08 ± 0,041)	0,03 (0,03 ± 0,019)

**Bảng 3.12.** Phân bố nồng độ trung bình năm các chất tẩy (µg/l) theo độ sâu tại vùng điểm C (Orlova, 1985)

Độ sâu, m
Năm

1976?1977	1978	1979	1980		
Giới hạn biến thiên					
0	30	22	22	35	0 – 87
10	24	26	25	27	0 – 72
50	20	15	19	20	0 – 87
100	15	15	11	11	0 – 49
500	8	11	7	8	0 – 61

Như đã thấy, từ mặt đến độ sâu 500 m, nồng độ hydrô cacbua dầu và các chất tẩy giảm, còn thuốc bảo vệ thực vật chứa clo hữu cơ (COP), ngoại trừ  $\gamma$ -HCCH, hầu như không đổi. Trị số trung bình năm nồng độ nền các chất ô nhiễm thực tế không biến đổi từ năm này tới năm khác, chứng tỏ mức ô nhiễm ổn định trong đại dương. Trong khi đó, các nồng độ quan trắc được và các giới hạn biến thiên của chúng không vượt quá trị số cho phép tới hạn. Tại điểm C, người ta ghi nhận được COP trong lớp không khí sát mặt nước. Điều này chứng minh COP đi tới các vùng xa xôi của đại dương bằng đường gió. Tuy nhiên, trong không khí chỉ tìm thấy DDT, trong khi nước biển chứa cả các dẫn xuất trao đổi của nó. Tỷ lệ DDT/các dẫn xuất bằng 0,92 vào năm 1979 và 0,54 năm 1980.

### Kim loại độc

Giới hạn biến thiên nồng độ của một số loại kim loại độc quan trắc được ở các vùng đại dương (bảng 3.13) cho thấy hàm lượng của chúng tăng dần từ vùng khơi đại dương vào phía thềm lục địa và các biển nội địa.

Ô nhiễm nước biển bởi thủy ngân chủ yếu giới hạn ở những dải ven bờ và thềm lục địa, gần các vùng công nghiệp. Nồng độ thấp của thủy ngân hoà tan gây khó khăn cho việc xác định bằng phương pháp hóa phân tích. Vì vậy, chúng ta chưa xác lập được những quy luật phân bố không gian và biến thiên thời gian của nồng độ thủy ngân trong bồn nước đại dương.

Chì cùng với sôn khí đi vào nước mặt Đại Tây Dương và Thái Bình Dương đã làm tăng mạnh nồng độ của nó trong lớp 0–500 m. Trong các vùng nước ven bờ thuộc Bắc bán cầu, nồng độ chì trung bình là 0,07  $\mu\text{g/l}$ . Trước khi chì được sử dụng làm chất chống nổ trong nhiên liệu động cơ, nồng độ đó không vượt quá 0,01–0,02  $\mu\text{g/l}$ .

Nồng độ cadimi trong nước đại dương dao động từ 0,03 đến 0,3  $\mu\text{g/l}$ , giá trị trung bình 0,15  $\mu\text{g/l}$  và biểu lộ mối liên hệ tương quan khá mật thiết với nồng độ photphat và nitrat (hình 3.3). Nếu nhớ rằng, hàm lượng cadimi trong lớp tựa đồng nhất của đại dương vài lần lớn hơn sản lượng cadimi toàn cầu, thì thấy rằng chúng ta không thể nhận biết một

cách tin cậy về xu thế nhân tạo biến đổi nồng độ cadimi trong nền chung. Dữ liệu phân tích sự tích tụ kim loại trong sinh vật hoặc trong chất lơ lửng tỏ ra là chỉ thị tin cậy hơn cả về mức ô nhiễm môi trường biển bởi các kim loại.

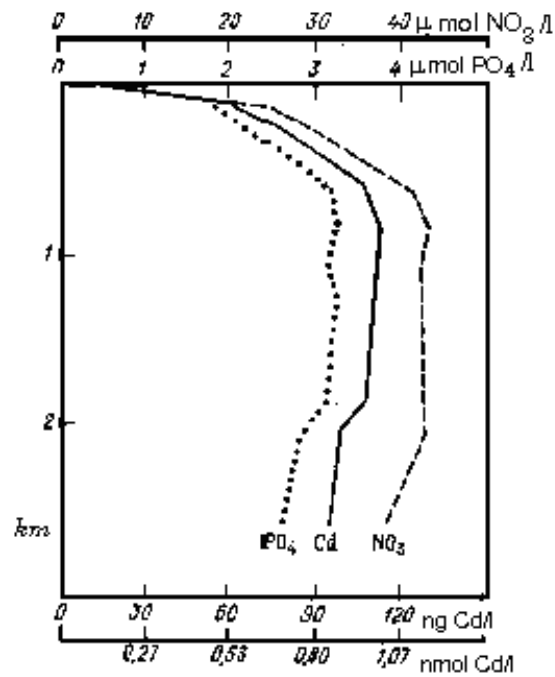
**Bảng 3.13.** Nồng độ một số kim loại trong nước biển

(Izrael, Shuban, 1981; Gerlach, 1985)

Yếu tố	Vùng	Nồng độ, µg/l
Thủy ngân	Đại Tây Dương	0,01 – 0,15
	Đông Bắc Đại Tây Dương	0,01 – 0,02
	Tây Bắc Đại Tây Dương	0,01 – 0,11
	Bắc Hải	0,01 – 0,07
	Biển Bantich	0,01 – 0,04
Chì	Đại Tây Dương	0,002 – 0,11
	Bắc Hải	0,02 – 0,8
	Biển Bantich	0,5 – 2,0
Cadimi	Bắc Đại Tây Dương	0,04 – 0,30
	Nam Đại Tây Dương	0,03 – 0,17
	Bắc Hải	0,01 – 0,28
	Biển Bantich	0,005 – 0,30
Đồng	Nam Đại Tây Dương	0,4 – 3,8
	Bắc Hải	0,3 – 4,4
	Biển Bantich	0,5 – 4,5
Kẽm	Nam Đại Tây Dương	0,9 – 5,2
	Phần tây bắc Thái Bình Dương	2 – 18

### Sự ô nhiễm lớp mặt vi mỏng của đại dương

Sự tập trung cục bộ các chất ô nhiễm trong lớp mặt vi mỏng (độ dày dưới 300 µm) gây nên bởi những đặc điểm lý - hóa và sinh thái học của màng mỏng trên mặt tại ranh giới đại dương – khí quyển, nơi tập trung nhiều hợp chất hữu cơ tự nhiên và nhân tạo với các tính chất kỵ nước và hoạt tính bề mặt. Các tính chất tập trung của lớp mặt vi mỏng được minh họa bằng số liệu quan trắc trực tiếp ở vịnh Biskay mùa hè năm 1973 (bảng 3.14).



**Hình 3.3.** Phân bố thẳng đứng cadimi, photphat và nitrat ở vùng bờ Caliphocnia trong tháng 4 năm 1977 (Bruland và nnk, 1979)

Các quan trắc do Viện hải dương học Nhà nước thực hiện tại Đại Tây Dương trong những năm 70 – thời kỳ ô nhiễm mạnh nhất ? cho chúng ta một quan niệm chi tiết về đặc điểm phân bố và biến thiên các chất ô nhiễm trong lớp mặt vi mỏng. Từ bảng 3.15 thấy rằng dải biến đổi nồng độ hydrô cacbua dầu ở lớp mặt vi mỏng khá rộng: từ vài phần mười đến 15 mg/l (nồng độ tới hạn cho phép của nghề cá = 0,05 mg/l), hệ số tích tụ bằng 47–95. Các quan trắc tiếp theo dẫn tới kết luận quan trọng về những hình thức lưu chứa các hydrô cacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng: càng xa dần khỏi bờ, thêm lục địa và các kênh xâm nhập ô nhiễm khác, thì tổng nồng độ các hydrô cacbua dầu ở lớp mặt vi mỏng càng giảm (trung bình từ 3,1 mg/l ở thềm lục địa đến 1,7 mg/l ở xa bờ), nhưng đồng thời tỷ phần chất lơ lửng lại tăng tương đối: từ 17% ở thềm lục địa đến 75% ở vùng khơi đại dương (Simonov, 1979).

**Bảng 3.14.** Phân bố một số chất độc ở lớp mặt vi mỏng (60?100 μm)

và trong nước biển (Patin, 1979)

Chất độc	
Nồng độ trung bình, μg/l	
Lớp mặt vi mỏng	Tại độ sâu 50 cm

Hệ số tích tụ ở lớp mặt vi mỏng			
Chất tẩy anion	850 ± 75	10 ± 1	85
DDT+DDD	95 ± 10	0,10 ± 0,02	950
DDE	86 ± 9	0,10 ± 0,02	860
Lindan	44 ± 8	0,07 ± 0,02	630
PCB	105 ± 15	0,10 ± 0,02	1 050
Thủy ngân	2 750 ± 110	0,5 ± 0,1	550
Chì	2 920 ± 180	13,5 ± 3,5	2 200
Cadimi	120 ± 35	0,4 ± 0,1	300
Đồng	235 ± 15	0,3 ± 0,1	800
Kẽm	1 020 ± 45	22 ± 4	470

Phân bố nồng độ của các hydrocacbua dầu trên mặt vùng đông bắc Đại Tây Dương (hình 3.4) minh họa trực quan sự tích tụ chúng tại lớp mặt vi mỏng.

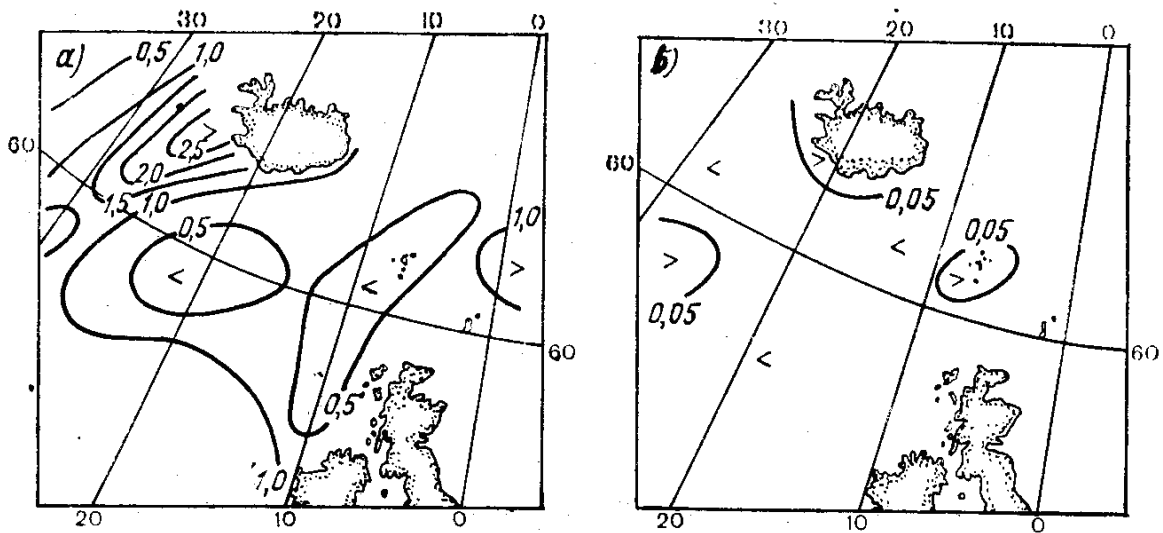
Ở Thái Bình Dương, nơi mức ô nhiễm dầu chung thấp hơn so với ở Đại Tây Dương, hệ số tích tụ hydrocacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng cũng đạt giá trị đáng kể (bảng 3.16).

**Bảng 3.15.** Các đặc trưng của hydrocacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng và tại tầng sâu 1 m ở một số vùng Bắc Đại Tây Dương (Simonov, Mikhailov, 1979)

Tầng	Số quan trắc	Dải nồng độ, mg/l	Nồng độ trung bình, mg/l	Độ lệch bình phương trung bình, mg/l
Vùng hải lưu Canari, tháng 8 năm 1976				
Lớp mặt 1 m	3838	1,2 – 15,00,0 – 0,20	5,490,06	0,040,001
Vùng hải lưu Tín phong Bắc, mùa đông năm 1975				
Lớp mặt 1 m	121121	0,2 – 2,600,0 – 0,15	1,400,03	0,080,001

Vùng đông bắc Bắc Đại Tây Dương, mùa đông năm 1977				
Lớp mặt 1 m	9999	0,20 – 2,870,00 – 0,05	0,950,001	0,060,0001

Theo dữ liệu của Simonov A. I. (1983), nếu biết khối lượng hydrô cacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng và chấp nhận tốc độ nhập lượng dầu vào đại dương bằng 5,5 triệu tấn/năm, có thể tính gần đúng thời gian lưu lại của hydrô cacbua dầu trong lớp đó. Đại thể, thời gian đó bằng từ 1 đến 5 tháng, gần bằng chu kỳ bán phân của dầu hoà tan và dầu phân tán tại nhiệt độ nước mặt biển 10–20 °C. Do đó, khi nhiệt độ thấp, chỉ có khoảng một nửa hydrô cacbua dầu nằm trong lớp mặt vi mỏng, đi khỏi lớp vào trong nước dưới dạng lơ lửng và hoà tan, các hợp phần dễ bay hơi – thì vào khí quyển, nửa còn lại phân hủy ở trong lớp này. Khi nhiệt độ nước cao, thì phần hydrô cacbua dầu nhiều hơn, ngoại trừ các hợp phần bay hơi, có thể phân hủy trực tiếp trong lớp mặt vi mỏng. Điều này hoàn toàn giải thích sự giảm nồng độ hydrô cacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng khi xa dần khỏi các vùng thềm. Hành vi như trên của dầu trong lớp mặt vi mỏng cho phép quan niệm lớp này không chỉ là nơi tụ tập, mà còn là một bộ lọc mạnh, giữ cho nước đại dương khỏi bị ô nhiễm tàn bạo.



**Hình 3.4.** Phân bố hydrô cacbua dầu ( $\mu\text{g/l}$ ) trong lớp mặt vi mỏng (a)

và lớp 0-1 m (b) ở đông bắc Đại Tây Dương (Nhesterova, Simonov, 1979)

**Bảng 3.16.** Nồng độ hydrô cacbua dầu trong lớp mặt vi mỏng

ở đông bắc Thái Bình Dương (Tkalin, 1986)

Vùng nước	Số quan trắc	Nồng độ, µg/l	Hệ số tích tụ trung bình
Biển Đông	14	94 ± 80	2,6
Biển Philippin	17	78 ± 64	2,8
Biển Nhật Bản	18	121 ± 116	4,6
Vùng Kurosyo	42	253 ± 163	6,3

Sự tăng nồng độ thuốc bảo vệ thực vật chứa clo hữu cơ lên 1–2 bậc trong lớp mặt vi mỏng so với trong lớp nước phía dưới (bảng 3.14) là do chúng gia nhập vào biển từ khí quyển và do các lớp váng dầu và màng mặt tự nhiên có tính hấp phụ. Tương tự như hydro cacbua dầu, phân bố COP trong không gian cũng không đồng nhất và có xu thế có những thay đổi về chất. Thí dụ, nồng độ DDT giảm khi xa dần khỏi bờ, nhưng các dẫn xuất trao đổi của nó (DDD, DDE...) lại tăng. Tỷ số giữa hàm lượng DDT và hàm lượng các biến thể của nó có thể được sử dụng để tìm hiểu thời gian tồn tại của COP trong đại dương. Giá trị của tỷ số này càng lớn thì càng chứng tỏ sự ô nhiễm nước bởi COP mới xảy ra (bảng 3.17).

**Bảng 3.17.** Tỷ lệ DDT/các biến thể trong lớp mặt vi mỏng ở một số vùng của Bắc Đại Tây Dương (Mikhailov, 1985)

Vùng	Năm	DDT / DDE	DDT / DDD
Giữa các quần đảo Canari và Mũi Xanh	1977	30,7	19,4
Phần phía đông bắc	1977	4,3	4,4
Mặt cắt dọc kinh tuyến 30 °W	1978197919801981	3,13,02,01,5	3,23,32,51,7

Các nồng độ trung bình năm cực đại của COP trong lớp mặt vi mỏng chuyển dịch về phía các dải thêm lục địa và băng, thí dụ giữa quần đảo Canari và quần đảo Mũi Xanh, khoảng 220 ng/l đối với DDT và 13,7 ng/l đối với ?-HCCH, còn trên vĩ tuyến 36 °N thì thấp hơn: DDT – 39,8 ng/l, DDE – 22,1 ng/l, DDD – 12,8 ng/l, ?-HCCH – 6,2 ng/l.

Trong lớp mặt vi mỏng phát hiện được mối liên hệ trực tiếp chặt chẽ giữa nồng độ COP và nồng độ hydro cacbua dầu với hệ số tương quan  $0,78 \pm 0,06$ .

Các nghiên cứu đã cho thấy đặc điểm tích tụ ổn định các chất tẩy trong lớp mặt vi mỏng, nồng độ trong đó có thể đạt tới 1200 µg/l, còn hệ số tích tụ 80 và lớn hơn. Giữa nồng độ của COP và của các chất tẩy ở vùng thêm lục địa châu Phi có mối liên hệ chặt chẽ

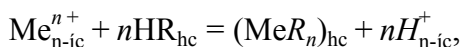
với hệ số tương quan đa biến bằng 0,876. Càng xa nguồn ô nhiễm, giá trị hệ số này càng giảm (bảng 3.18).

**Bảng 3.18.** Phụ thuộc tương quan giữa nồng độ hydrô cacbua dầu, thuốc bảo vệ thực vật và chất tẩy trong lớp mặt vi mỏng ở Bắc Đại Tây Dương (Mikhailov, 1985)

Vùng	Hệ số tương quan nhiều biến
Vùng nhiệt đới? phần đông bắc? bờ tây bắc châu Phi	0,5690,876
Vùng cận nhiệt đới? giữa quần đảo Canari và quần đảo Bagam? phần trung tâm	0,6410,508
Điểm trạm (52 °45' N, 35°30' W)	0,502
Vùng đông bắc	0,541

Sự tích tụ các kim loại nặng trong lớp mặt vi mỏng (bảng 3.14), có lẽ là do khả năng các kim loại này gia nhập từ sơn khí quyển (thủy ngân, chì) và khả năng các kim loại có thể tạo thành những hợp chất kim loại hữu cơ hoà tan trong các lớp váng hữu cơ trên mặt biển. Những quy luật tương tự cũng nhận thấy ở Thái Bình Dương (bảng 3.19).

Cơ chế hấp thụ kim loại bởi các váng dầu đã được giải thích trong các công trình của Osipov, Charucov (1985, 1987). Ngoài các hydrô cacbua thuộc các lớp khác nhau, trong thành phần dầu còn có nhiều axit hữu cơ (béo, naften, humin v.v...), có khả năng tạo các thành muối khó tan trong nước với các cation của nhiều kim loại. Các muối này hoà tan tốt trong các dung môi hữu cơ ít phân cực (benzen, izo-octan, hecxa, CCl<sub>4</sub>), có chứa trong dầu và không hoà trộn với nước. Từ đây có thể cho rằng, sự tiếp xúc tự nhiên giữa váng dầu và nước biển là một hệ thống tách chiết mà các kim loại phân bố trong đó. Động lực của sự tách chiết là quá trình trao đổi ion trong hệ hỗn tạp dạng



trạng thái cân bằng của hệ được đặc trưng bằng hệ số phân bố

$$K = C_{Me(hc)} / C_{Me(n-ic)}$$

trong đó C – nồng độ; chỉ số hc – hữu cơ.

**Bảng 3.19.** Nồng độ (µg/l) các nguyên tố vi lượng (trong ngoặc - giới hạn biến thiên)

của nước mặt vùng tây bắc Thái Bình Dương vào mùa hè năm 1980

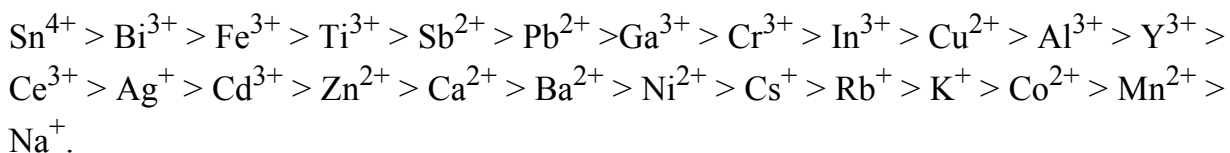
(Belenki, Golovakina, Tkalin, Pheldman, 1985)



Nguyên tố	Lớp mặt vi mỏng	Lớp 1 m
Fe	14 (6 – 47)	6 (3 – 10)
Cu	0,7 (0,3 – 1,1)	0,3 (0,2 – 0,6)
Zn	11 (6 – 22)	8 (2 – 18)
Mn	1,0 (0,3 – 6,4)	0,4 (0,3 – 1,2)

Ghi chú: Số mẫu 18 ? 20.

Bổ sung thêm vào sự cân bằng còn có các quá trình phụ, đó là quá trình hòa tan và quá trình tổng hợp chuỗi các hợp chất được tách chiết trong pha hữu cơ, cũng như quá trình thủy phân và tạo thành các hợp chất hỗn hợp trong pha nước, điều dẫn tới sự tăng các hệ số phân bố. Ngoài ra, độ khoáng hóa cao của nước biển có tác dụng đẩy nhanh hiệu ứng “muối tan”, và các giá trị pH cao tương đối thuận lợi cho sự tạo thành các muối của các axit hữu cơ, sẽ thúc đẩy sự chuyển hóa các ion kim loại sang pha hữu cơ. Xét theo khả năng chuyển hóa sang pha hữu cơ, các kim loại được xếp sếp thành chuỗi chọn lựa sau đây:



Lượng chứa của các sản phẩm dầu khác nhau đối với các kim loại cho phép đánh giá hàm lượng lớn nhất khả dĩ của kim loại trong lớp váng mặt. Các giá trị quan trắc về lượng chứa của một loạt sản phẩm dầu đối với một số kim loại được dẫn trong bảng 3.20.

**Bảng 3.20.** Lượng chứa của các sản phẩm dầu (mmol-tương đương/l)

đối với các kim loại ( pH = 8,0; S = 35‰, 20±1°C) (Osipov, Charicov, 1987)

Sản phẩm dầu	Sắt	Đồng	Chì	Cadimi
Dầu mỏ	0,96	0,23	0,20	0,10
Điêzen nhiên liệu	0,79	0,18	0,19	0,09
Điêsen nhớt	0,59	0,08	0,17	0,08
Nhớt máy bay	0,75	0,10	0,16	0,08
Dầu nhân tạo(hỗn hợp izeo-octan, hecxan, decan, benzen)	0,54	0,07	?	?

Thời gian bão hoà, phút	5	45	30	25
Nồng độ tới hạn cho phép	$2,7 \cdot 10^{23}$	$3,1 \cdot 10^{24}$	$2,9 \cdot 10^{24}$	$8,9 \cdot 10^{25}$

Các kết quả nhận được chứng tỏ về khả năng hấp phụ các kim loại của các sản phẩm dầu khác nhau giảm dần theo trật tự: dầu tự nhiên – điêsen nhiên liệu – nhớt điêsen – nhớt máy bay – dầu nhân tạo, bởi vì mức độ làm sạch của các sản phẩm dầu cũng tăng theo trật tự này. Bằng phương pháp thí nghiệm cũng đã xác lập được rằng, với sự tăng lên của độ muối và pH của nước, thì lượng chứa của các sản phẩm dầu đối với các kim loại tăng lên đáng kể.

Những kết luận về sự tích tụ các chất ô nhiễm trong lớp mặt vi mỏng dẫn đến một nhận xét quan trọng về ảnh hưởng của quá trình này tới các đặc trưng vật lý của bề mặt đại dương (Simonov, Mikhailov, Katukhin, 1982): sức căng bề mặt của nước trong lớp mặt vi mỏng giảm 19 %, độ nhớt động lực tăng 5–10 %, nhiệt độ lớp mặt vi mỏng giảm 0,2–0,6 °C và nhiệt độ đóng băng hạ xuống đến 75 °C và thấp hơn so với các đặc trưng tương ứng của lớp nước dưới đó.

### Các chất gây ung thư

Các nghiên cứu hiện đại đã cho thấy hoàn lưu tích cực của benzapiren (BP) trong môi trường biển và khí quyển, sự tích tụ của nó trong lớp mặt vi mỏng của đại dương, trong sinh vật biển và trong trầm tích đáy. BP được phát hiện thấy ở khắp nơi, với nồng độ biến đổi trong phạm vi rộng.

Nghiên cứu phân bố hydro cacbua dầu thơm nhiều đa vòng (PAH) trong không khí và các môi trường tự nhiên khác ở Liên Xô đã được tiến hành trong các năm 1976–1985 theo chương trình theo dõi nền PAH (Ph. Ia. Rovinski và nnk, 1988) trong các môi trường ở những vùng nằm cách xa các nguồn ô nhiễm địa phương. Nồng độ BP trong nước mặt các vùng nền phần châu Âu của Liên Xô là: 0,3–15,3 ng/l, trong đất màu: 0,1–7,2 ng/l, trong không khí: 0,04–3,14 ng/m<sup>3</sup> và trong giáng thủy: 0,4–28 ng/l.

Để so sánh, trong lớp không khí sát mặt nước bên trên đại dương nồng độ BP trung bình bằng khoảng 0,01 ng/m<sup>3</sup>, khi tiến dần đến các cảng nó tăng lên đến vài ng/m<sup>3</sup>. Ở vùng bờ châu Nam Cực, nồng độ BP vào khoảng  $2 \cdot 10^{-4}$  ng/m<sup>3</sup>, ở vùng xích đạo Đại Tây Dương tăng lên đến 0,1–0,2 ng/m<sup>3</sup>.

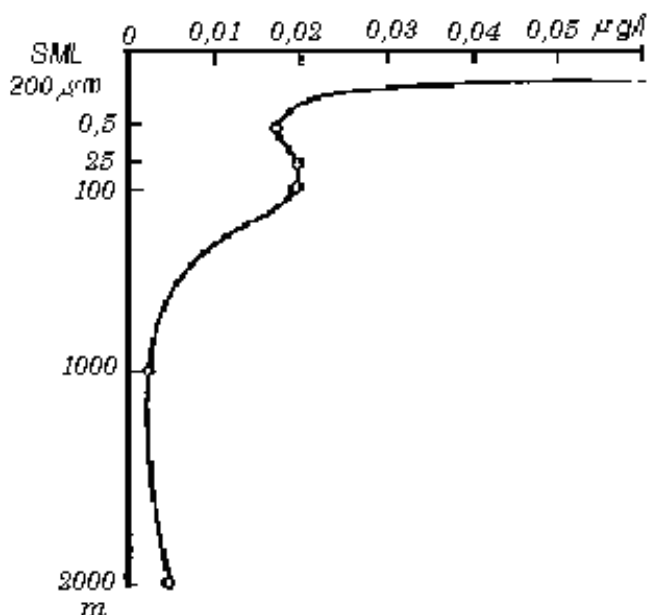
Theo số liệu quan trắc các năm 1978–1979, ở Bắc Đại Tây Dương (Shuban, Volodovich, Panov, 1985), nồng độ BP bé nhất (2–3 ng/l) tìm được ở lân cận trạm C và phần phía đông hải lưu Gulfstream. Trên phần nước còn lại ở phía bắc vĩ tuyến 30 °N, nồng độ bằng 5–10 ng/l, gần với giá trị nền. V. V. Anhi Kiev có đo được hàm lượng BP bé hơn một chút trong nước mặt của một số vùng Đại dương Thế giới, mặc dù hàm lượng đó

chắc chắn chỉ chứng tỏ về mức độ làm giàu các hợp chất thơm đa mạch một cách đáng kể của lớp mặt vi mỏng mà thôi (bảng 3.21).

**Bảng 3.21.** Phân bố BP trong lớp mặt ở một số vùng Đại dương Thế giới trong năm 1983 (Anhikiev, 1987)

Vùng quan trắc	Tầng, cm	Nồng độ trung bình, ng/l
Đại Tây Dương	0,0315	0,350,28
Địa Trung Hải	0,0315	0,410,07
Hồng Hải	0,03	0,51
Biển Ả Rập	15	2,05
Ấn Độ Dương (vùng xích đạo)	0,0315	0,380,2
Thềm lục địa biển Đông	15	0,62

Phân bố thẳng đứng BP trong nước biển Bering, một vùng sạch nhất của Thái Bình Dương, được đặc trưng bằng sự giảm dần nồng độ từ cực đại (60 ng/l) ở lớp mặt vi mỏng đến giá trị nền (0,2–1,0 ng/l) trong các khối nước sâu (hình 3.5). Phân bố nồng độ BP trên mặt rộng biển Bering, cũng như trên biển Bantich, không đồng nhất, điều này là do các nguồn ô nhiễm, lượng giáng thủy khí quyển và các nhân tố sinh học không phân bố đều. Nếu nồng độ BP trong nước biển Bering ghi nhận được nằm trong khoảng 0,2–34 ng/l, thì trong nước biển Bantich bị ô nhiễm nặng hơn, nồng độ đó tăng đến 10–150 ng/l (Izrael, Shuban, 1981).



### Hình 3.5. Phân bố thẳng đứng BP trong nước biển Bering mùa hè năm 1981

(kí hiệu SML - lớp mặt vi mỏng)

Hệ số tích tụ BP trong sinh vật phù du biển Bering bằng khoảng 2 900. Hệ số này nhỏ hơn 5 lần so với ở Địa Trung Hải (15 000) và 17 lần nhỏ hơn so với ở biển Bantich (51 000).

Hàm lượng BP trong trầm tích đáy biển và đại dương tùy thuộc vào những điều kiện địa phương. Thật vậy, theo số liệu quan trắc của tàu nghiên cứu khoa học “Vítiaz” vào đầu những năm 70 ở Thái Bình Dương, hàm lượng BP trong trầm tích đáy ở vũng Manus (phía đông bắc Tân Ghinê) tại độ sâu 30–50 m bằng khoảng 100 ng/kg. Ở vùng khơi đại dương, hàm lượng BP trong bùn tại độ sâu 3 000 m tăng lên tới 180 ng/kg và tại độ sâu 2 300 m tới 570 ng/kg (Sabad, 1973). Những số liệu này chứng tỏ về sự tăng dần nồng độ BP trong trầm tích đáy so với nồng độ nền do ảnh hưởng của các nhân tố nguồn gốc núi lửa và nguồn gốc nhân tạo. Sự liên quan giữa mức ô nhiễm nước và bùn đáy biểu hiện rõ trên thí dụ các biển. Thí dụ, trong trầm tích đáy của biển Bering nồng độ 3,4-benzapiren bằng 0,5–5,1 µg/kg, còn ở biển Bantich, nồng độ này tăng tới 9,8–134 µg/kg.

### Sự ô nhiễm đại dương bởi phóng xạ

Do nhiều vụ nổ hạt nhân, ô nhiễm phóng xạ Thái Bình Dương vượt xa mức ô nhiễm Đại Tây Dương. Trong các vụ thử bom nguyên tử những năm 1954–1958, trên cụm đảo san hô Bikini và Enhivetoc ở trung tâm Thái Bình Dương đã xuất hiện một cảnh tượng phân bố  $^{90}\text{Sr}$  trong lớp mặt và lớp sâu đáy biển động và sắc nét: các đồng vị phóng xạ chủ yếu được mang từ các vùng xích đạo lên vùng tây bắc của đại dương, làm cho nơi đây ghi nhận được dải rất rộng các nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  (0,022–0,115 Bk/l). Trong thời gian đó, người ta đã thống kê được rất nhiều trường hợp đánh được cá bị nhiễm nặng ở đới cận xích đạo tây bắc Thái Bình Dương và đặc biệt nhiều – trong ô vuông 20–30°N, 120–135°E. Đến mùa thu năm 1967 thì hàm lượng  $^{90}\text{Sr}$  và  $^{137}\text{Cs}$  ở Thái Bình Dương đã trở lại đồng đều trong vùng và cả hai nồng độ tuần tự giảm tới 1,2–2,1 và 2,2–20 mBk/l.

Trong nước mặt Ấn Độ Dương, nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  bằng 2,3–8,2 mBk/l, hơn nữa, ở đây không thấy một sự phụ thuộc rõ ràng nào giữa hàm lượng  $^{90}\text{Sr}$  và tọa độ địa lý trong phạm vi vùng 20°N–40°S, mặc dù có nhận thấy độ xạ  $^{90}\text{Sr}$  hơi tăng lên, tới 5,5–6,8 mBk/l, ở vịnh Ađen. Ở Ấn Độ Dương hàm lượng các đồng vị phóng xạ về trung bình cao hơn so với ở Đại Tây Dương và Thái Bình Dương. Điều đó được giải thích bởi sự vận chuyển các sản phẩm nổ hạt nhân từ Thái Bình Dương tới đây qua lớp đối lưu và sự xâm nhập nước Thái Bình Dương từ đới xích đạo đến.

Mức phóng xạ riêng của lớp mặt Đại Tây Dương vào năm 1954 trên các vùng khác nhau bằng 3,0–18,9 mBk/l. Nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  trung bình trên mặt đại dương này từ năm 1954 đến

1961 thực tế giữ nguyên không đổi, vì ở đây lượng nhập từ khí quyển được cân bằng với lượng khuếch tán xuống các tầng sâu. Các giới hạn biến thiên nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  quan trắc được ở một số vùng Đại Tây Dương dẫn trong bảng 3.22. Dùng những dữ liệu này, có thể so sánh độ xạ trung bình của các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong Đại dương Thế giới (bảng 3.23).

**Bảng 3.22.** Nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  trong nước mặt Đại Tây Dương (Gromov và nnk, 1985)

Vùng	Năm	Nồng độ, mBk/l
Đới ven bờ Bắc Mỹ	1954	3,0–18,5
Trung phần Bắc Đại Tây Dương	1959–1960/1975	2,6–3,7/2,6–5,9
Bắc và Nam Đại Tây Dương	1960–1961	1,5–3,0
Đông Bắc Đại Tây Dương	1969/1973/1975	2,6–3,7/2,2–5,5/3,7–33,3

Mức đóng góp đáng kể vào độ phóng xạ nước ở Đông Bắc Đại Tây Dương là từ phế thải do nước Anh đổ xuống biển Ai Len, và thêm nữa các trường độ xạ ở đây rất tương quan với các trường dòng chảy. Thí dụ, năm 1970 hàm lượng  $^{90}\text{Sr}$  ở eo biển Đan Mạch đã biến đổi trong phạm vi 1,7–11,2 mBk/l, giữa các quần đảo Gebrit và Setlan đạt 12,7 mBk/l, giữa Aixolen và quần đảo Gebrit 1,5–6,3 mBk/l, trong biển Ailen 16,2 mBk/l, còn ở vùng xích đạo Đại Tây Dương 0,5–5,3 mBk/l.

Theo số liệu quan trắc mùa thu 1985 (Stiro và nnk, 1988), trong nước mặt biển Bantich, nồng độ  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  và  $^{144}\text{Ce}$  tuần tự bằng 10–15, 20–35, 5–20 mBk/l. Ở Bắc Hải, các nồng độ đó tăng tới 300–500, 60–70 và 70–80 mBk/l ở vùng bờ đông bắc nước Anh. Nồng độ nhỏ nhất của các đồng vị đó (dưới 15, 20 và 10 mBk/l) được ghi nhận ở vùng trung tâm biển Bantich.

Các quan trắc năm 1975–1976 ở Đại Tây Dương đã cho thấy nồng độ thiên cao của  $^{90}\text{Sr}$  và  $^{137}\text{Cs}$  trên vĩ tuyến  $20^\circ\text{N}$  (tuần tự 2,0–7,0 và 3,0–12,0 mBk/l) so với ở trên xích đạo và ở các vĩ độ nam (dưới 3,0 mBk/l). Khi so sánh với những số liệu đã xác định được trước đây, suy ra rằng phần phía bắc Đại Tây Dương vẫn bị ô nhiễm nặng hơn so với phần phía nam, nhưng nồng độ các đồng vị phóng xạ trong lớp mặt vùng khơi đại dương đã giảm 2–3 lần. Việc phát thải phế liệu phóng xạ của các nhà máy chế biến nhiên liệu hạt nhân đã làm tăng độ xạ của Bắc Hải trong năm 1979 so với năm 1971 ( $^{90}\text{Sr}$  tới 33,0 mBk/l và  $^{137}\text{Cs}$  tới 280 mBk/l). Nước với hàm lượng  $^{90}\text{Sr}$  và  $^{137}\text{Cs}$  cao tương đối từ Bắc Hải đi tới biển Bantich. Năm 1979, nồng độ các đồng vị này ở phần phía nam biển Bantich tuần tự bằng 18,5–28,0 và 16,5–20,0 mBk/l.

**Bảng 3.23.** Nồng độ trung bình và độ phóng xạ của các đồng vị tự nhiên

trong nước Đại dương Thế giới (Persov, 1978; Woodhead, 1973)

Đồng vị phóng xạ	Nồng độ trung bình, mg/l	Độ phóng xạ, mBk/l	Đồng vị phóng xạ	Nồng độ trung bình, mg/l	Độ phóng xạ, mBk/l
$^3\text{H}$	$5.10^{-15}$	1,8	$^{227}\text{Th}$	$7.10^{-17}$	0,81
$^{10}\text{Be}$	$1.10^{-10}$	0,05	$^{227}\text{Ac}$	$2.10^{-16}$	$5,5.10^{-4}$
$^{14}\text{C}$	$3.10^{-11}$	5,2	$^{228}\text{Ra}$	$1.10^{-14}$	0,96
$^{40}\text{K}$	$4,6.10^{-2}$	11800	$^{228}\text{Th}$	$7.10^{-15}$	0,22
$^{87}\text{Rb}$	$5,6.10^{-2}$	137	$^{230}\text{Ir}$	$5.10^{-10}$	0,35
$^{115}\text{In}$	$2.10^{-5}$	$3,3.10^{-3}$	$^{231}\text{Pa}$	$5.10^{-11}$	0,085
$^{138}\text{La}$	$5,4.10^{-11}$	$7,4.10^{-4}$	$^{232}\text{Th}$	$1.10^{-5}$	0,04
$^{210}\text{Po}$	$8.10^{-7}$	7,4	$^{235}\text{U}$	$2,2.10^{-5}$	1,74
$^{226}\text{Ra}$	$1.10^{-10}$	3,7	$^{238}\text{U}$	$3.10^{-3}$	37

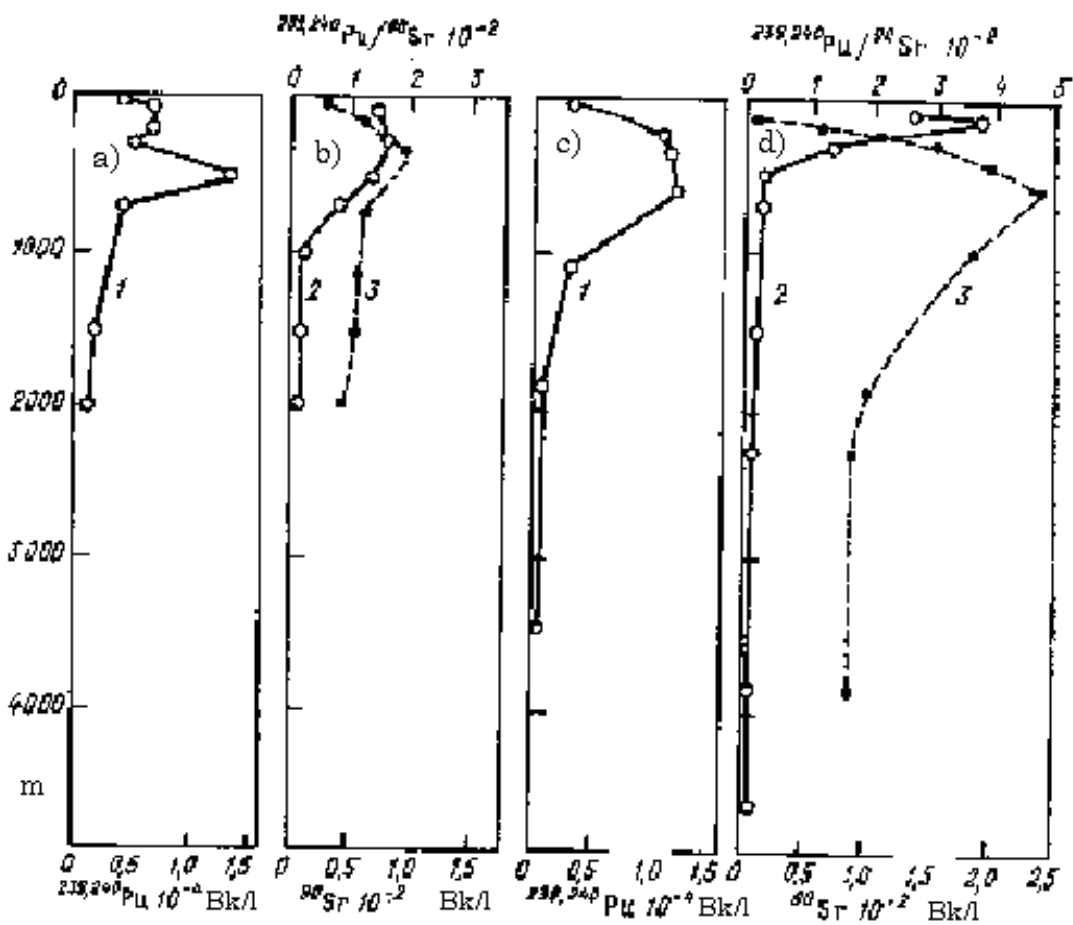
Đại dương là bồn tích tụ chính của triti, một lượng khổng lồ chất này phát thải vào khí quyển trong các vụ thử hạt nhân. Những năm 1960–1961, nồng độ  $^3\text{H}$  trong nước mặt ở bắc phần Thái Bình Dương trung bình bằng 9 TE (đơn vị Triti: 1 nguyên tử  $^3\text{H}$  trên  $10^8$  nguyên tử  $^1\text{H}$ ). Lớp nước mặt Thái Bình Dương và Đại Tây Dương có đặc trưng là hiện diện một cực đại  $^3\text{H}$  tại các vĩ độ trung bình bắc bán cầu với các gradient kinh hướng khá lớn và gần giống mức tự nhiên tại xích đạo. Phân bố như vậy là do những đặc điểm giáng thủy khí quyển. Hàm lượng  $^3\text{H}$  trung bình trong nước mặt Bắc Đại Tây Dương giảm từ 8,3 vào năm 1969 còn 4,5 TE vào năm 1975.

Nồng độ pluton trong nước mặt các biển và đại dương, ngoại trừ những vùng ô nhiễm cục bộ, thường nhỏ hơn  $37 \mu\text{Bk/l}$ . Nồng độ Pu điển hình trong nước biển là  $26 \mu\text{Bk/l}$ , tức 30 lần thấp hơn nồng độ  $^{210}\text{Po}$  và thấp hơn nồng độ các đồng vị của uran hơn 3 bậc. Gần những nơi thải phế thải phóng xạ, thí dụ vùng đông bắc biển Ailen (các năm 1973–1974), nồng độ  $^{239}\text{Pu}$  đã tăng đến  $37 \mu\text{Bk/l}$ , nhưng ở khoảng cách 75–100 km đã giảm 10–15 lần. Theo số liệu quan trắc các năm 1976–1979, nồng độ các đồng vị pluton trong nước mặt vùng tây bắc Thái Bình Dương biến đổi trong phạm vi 11,1–22  $\mu\text{Bk/l}$ , ở Nam Đại Dương 0,7–11,1  $\mu\text{Bk/l}$ .

Phân bố thẳng đứng các đồng vị phóng xạ trong các đại dương có đặc điểm phức tạp (hình 3.6). Minimum nồng độ  $^{90}\text{Sr}$  và Pu ghi nhận trong lớp mặt, maximum – tại độ sâu

100–700m, sau đó thì nồng độ giảm nhanh tới đáy. Cực tiểu lớp mặt liên quan với hoạt động hấp thụ của sinh vật và suy giảm nhập lượng qua giáng thủy khí quyển vào những năm 70. Cực đại trung gian có thể giải thích bởi sự bão hoà các đồng vị phóng xạ của khối nước bên dưới mặt, loại nước này đã từng ở trên mặt đại dương vào thời kỳ ô nhiễm cực đại của khí quyển và đại dương bởi các sản phẩm nổ bom nguyên tử, cũng như quá trình tách các đồng vị vào dung dịch trong khi khoáng hóa detrit. Các quy luật tương tự cũng đặc trưng cho phân bố thẳng đứng của  $^{137}\text{Cs}$ . Dựa vào biến đổi tỷ lệ  $\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$  và  $\text{Pu}/^{90}\text{Sr}$  theo độ sâu, người ta đã xác định được là Pu lắng đọng nhanh hơn các đồng vị khác do nó có khả năng bị hấp phụ tốt hơn ở trên bề mặt bởi các chất lơ lửng nguồn gốc tại chỗ.

Về các hình thức tồn tại của các đồng vị phóng xạ trong khối nước đại dương thì có nhiều nét chung với những hình thức tồn tại của những đồng loại bền vững của chúng. Các nguyên tố kiềm và kiềm thổ rất hiếu động và dễ tạo thành các dung dịch ion. Trong số đó  $^{137}\text{Cs}$  thể hiện khả năng bị hấp phụ yếu bởi các chất lơ lửng, còn  $^{90}\text{Sr}$  cùng với Ca đi vào thành phần xương và vỏ của nhiều sinh vật biển. Đến 60–80 % tổng lượng  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{91}\text{I}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{147}\text{Pm}$  nằm ở pha lơ lửng, cấu tạo từ những phần tử huyền phù của các dạng thủy phân kiểu như  $\text{Mn}(\text{OH})_m$  hoặc  $\text{MnO}_m(\text{OH})_l$  cũng như những hợp chất với các ion photphat và silicat. Các đồng vị cảm ứng tích cực sinh học nhóm sắt ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ) nhiều lần bị lôi cuốn vào các chuỗi thức ăn. Các dạng đặc trưng của chúng là các ion hydroxin như  $\text{M}(\text{OH})_{n+}$  và các hợp chất phức hợp với các ion clorit, sulphat và cacbonat. Một bộ phận đáng kể các đồng vị phóng xạ tồn tại dưới dạng những hợp chất kim loại hữu cơ.



**Hình 3.6.** Phân bố đối sánh của  $^{239, 240}\text{Pu}$  (1),  $^{90}\text{Sr}$  (2) (Bk/l) và tương quan của chúng (3) theo chiều sâu ở Đại Tây Dương (a, b) và Thái Bình Dương (c, d)(Gromov và nkk., 1985)