

## KHẢO SÁT VỀ HÀM LƯỢNG MUỐI VÀ TỐC ĐỘ ĂN MÒN THÉP CACBON TRONG MÔI TRƯỜNG KHÍ QUYỂN THÀNH PHỐ NHA TRANG

Bùi Văn Thảo<sup>(1)</sup>, Võ Đê<sup>(1)</sup>, Nguyễn Quang Tân<sup>(2)</sup>, Nguyễn Hữu Tân<sup>(2)</sup>, Nguyễn Nhị Trữ<sup>(3)</sup>

(1) Viện Nghiên cứu và Ứng dụng Công nghệ Nha Trang,

(2) Chi nhánh Ven biển - Trung tâm Nhiệt đới Việt-Nga

(3) Viện Kỹ thuật nhiệt đới và Bảo vệ môi trường

(Bài nhận ngày 22 tháng 09 năm 2009, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 08 tháng 04 năm 2010)

**TÓM TẮT:** Báo cáo trình bày kết quả xác định hàm lượng muối sa lắng trong khí quyển và tốc độ ăn mòn thép cacbon tại 6 địa điểm thuộc thành phố Nha Trang. Các địa điểm được lựa chọn có khoảng cách đến bờ biển và độ cao so với mực nước biển khác nhau.

Kết quả cho thấy lượng muối sa lắng chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của vị trí thu mẫu và các yếu tố khí tượng, đặc biệt là hướng và tốc độ gió. Đối với tất cả các địa điểm thử nghiệm, tốc độ ăn mòn thép cacbon biến thiên tuyến tính với hàm lượng muối trong khí quyển.

Trên cơ sở các số liệu xác định được, có thể phân loại hoạt tính ăn mòn khí quyển theo ISO 9223:1992. Theo tiêu chuẩn này, khí quyển thành phố Nha Trang được xếp vào nhóm S<sub>1</sub> về độ muối và nhóm C<sub>3</sub> về tốc độ ăn mòn thép cacbon sau năm đầu tiên.

**Từ khóa:** hàm lượng muối sa lắng, tốc độ ăn mòn thép, hoạt tính ăn mòn khí quyển, phương pháp “nén ẩm”

### 1. MỞ ĐẦU

Hàm lượng muối khí quyển (còn gọi là độ muối khí quyển - atmospheric salinity/air aerosol), thể hiện qua thông số clorua sa lắng (chloride deposition), là tác nhân quan trọng tác động đến tốc độ và đặc điểm ăn mòn kim loại trong môi trường không khí. Độ muối phụ thuộc vào nguồn phát tán và biến đổi theo thời gian, độ cao, khoảng cách đến bờ biển ..., hay nói cách khác, phụ thuộc vào vị trí thu mẫu.

Nhằm phân tích diễn biến lượng muối trong khí quyển, đánh giá tác động của nó đến sự phá hủy vật liệu, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện tại Việt Nam, mà một phần kết quả

được tổng hợp và công bố trong các tài liệu [1-4]. Riêng tại Nha Trang, nơi độ muối khí quyển rất cao, cao hơn nhiều vùng ven biển khác của Việt Nam, tác động của thông số này trong tương quan với độ bền vật liệu luôn được quan tâm của nhiều tác giả. Cho đến gần đây, các nghiên cứu đề cập đến vấn đề này ở Nha Trang vẫn không ngừng được công bố (chẳng hạn, xem tài liệu [5-7]). Độ muối khí quyển cao còn tạo cho Nha Trang một ưu thế về địa điểm trong nghiên cứu ăn mòn ở vùng khí hậu ven biển. Nhiều trạm thử nghiệm vật liệu, trong đó có các trạm quy mô lớn, đã và đang tiếp tục được xây dựng tại đây để thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu quan trọng nêu trên.

Trong báo cáo này, chúng tôi tiếp tục cung cấp những dữ liệu thu thập được thông qua chương trình thử nghiệm kéo dài nhiều năm, kể từ năm 2000, tại 6 địa điểm ở Nha Trang, nhằm làm sáng tỏ các quy luật về ăn mòn kim loại liên quan đến lượng muối trong khí quyển, cũng như về phân bố độ muối trong những điều kiện địa hình và diễn biến khí tượng khác nhau.

## 2. PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

### 2.1. Địa điểm thử nghiệm

Vị trí các địa điểm thu mẫu muối được thể hiện trên bản đồ thành phố Nha Trang (hình 1)

với các đặc điểm được mô tả trong bảng 1. Các địa điểm này được ký hiệu từ số 1 đến số 6, có độ cao so với mực nước biển, khoảng cách đến bờ biển và sự tiếp xúc với các hướng gió biển khác nhau. Đặc điểm địa hình của các vị trí thu mẫu được mô tả trong bảng 1 phù hợp với hiện trạng tại thời điểm bắt đầu thử nghiệm (năm 2000).

Do điều kiện phát triển công nghiệp chưa cao, sự nhiễm mặn của không khí trong khu vực Nha Trang thường được xem như có nguồn gốc chủ yếu từ muối biển.

**Bảng 1.** Mô tả đặc điểm của các vị trí thu mẫu

Vị trí	Khoảng cách đến bờ biển (m)	Độ cao so với mặt nước biển (m)	Đặc điểm xung quanh
1	80	20	Hướng Bắc, Đông, Đông Nam giáp biển; vị trí thoáng gió, ít cây cản
2	250	4	Khu vực thoáng; hướng Bắc giáp đường, Đông hướng biển, hướng Nam là trường học
3	1 750	6	Rộng, thoáng. Tuy nhiên, hướng Bắc, Đông, Nam đều là khu dân cư, nhiều nhà cao tầng
4	450	6	Khu vực xung quanh có nhiều nhà cao tầng
5	1 870	6	Khu vực rộng, thoáng, ít vật cản xung quanh
6	50	3,5	Hướng Bắc, Đông, Đông Nam không có vật cản

(Ghi chú: Độ cao và khoảng cách chỉ là tương đối, xác định theo bản đồ địa hình tỷ lệ 1:12 500)



**Hình 1.** Sơ đồ bố trí các địa điểm thu mẫu clorua và thử nghiệm ăn mòn thép

- 1 – Trạm thử nghiệm Hòn Chông; 2 – Trường Dân tộc Nội trú; 3 – Trạm truyền tải điện; 4 – Chi nhánh Ven biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt-Nga; 5 – Trạm Thông tin; 6 – Cảng Hải quân

## 2.2. Phương pháp thu mẫu và xử lý mẫu

Độ muối, thể hiện dưới dạng hàm lượng clorua sa lắng trong khí quyển, được thu bằng phương pháp “nến ẩm” (wet candle) và được phân tích thông qua chuẩn độ bằng dung dịch  $Hg(NO_3)_2$ . Chi tiết của quy trình được mô tả trong ISO 9225:1992 [8].

Mẫu thử nghiệm ăn mòn được chuẩn bị từ thép cacbon thấp, có kích thước  $150 \times 100 \times 3$  mm và thành phần nêu trong bảng 2. Tại mỗi địa điểm thử nghiệm có 10 mẫu được phơi theo hướng Bắc – Nam trên giá nghiêng một góc  $45^\circ$ , với bề mặt trên của mẫu hướng về phía Nam. Mẫu sau khi thử nghiệm được thu gom và xử lý bằng phương pháp khối lượng theo ISO 8407: 1991 [9].

**Bảng 2.** Thành phần hóa học của mẫu thép, % khối lượng

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
0,15-0,20	0,30-0,65	0,15-0,35	<0,05	<0,04	<0,30	<0,30

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

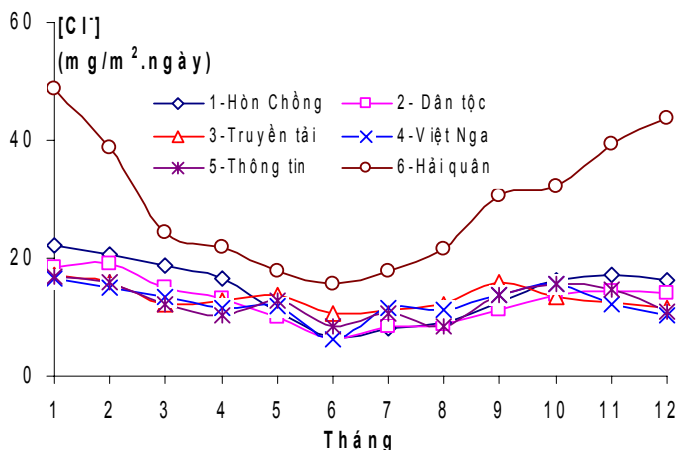
#### 3.1. Diễn biến độ muối tại các địa điểm thu mẫu theo thời gian trong năm

Kết quả trung bình tháng của hàm lượng clorua sa lắng thu được sau thời gian 2 năm tại 6 địa điểm thuộc TP. Nha Trang, được thể hiện trong hình 2. Trị số trung bình của các thông số khí hậu khí tượng chủ yếu tại Nha Trang trong thời gian khảo sát được tổng hợp trong bảng 3. Bảng 4 là hướng gió và tốc độ gió tại trạm Hòn Chồng (điểm số 1). Các hướng được ký hiệu phù hợp với Quy phạm quan trắc khí hậu khí tượng, tương ứng là: Bắc-N, Nam-S, Đông-E và Tây-W.

Qua các bảng số liệu có thể nhận thấy, tại điểm thử nghiệm số 6 (cảng Hải quân) tốc độ sa lắng ion Cl cao nhất (trung bình 30,4 mg/m<sup>2</sup>.ngày), vượt xa kết quả xác định được ở các điểm đo khác (từ 12,5 mg/m<sup>2</sup>.ngày tại điểm số 4 đến 14,8 mg/m<sup>2</sup>.ngày tại điểm số 1). Tại địa điểm này, có tháng nồng độ clorua đạt đến giá trị 55 mg/m<sup>2</sup>.ngày (tháng 1/2002). Kết quả này có được do điểm số 6 nằm ở vị trí gần biển (50 m), độ cao thấp (3,5 m) nên chịu tác động

của các hướng gió mang hàm lượng muối cao thổi từ biển (hướng N, NE, E, và SE). Từ tháng 11 đến tháng 1, khi gió mùa Đông Bắc chủ yếu thổi theo hướng Bắc (N), mặc dù tại các vị trí khác độ muối không cao, nhưng ở điểm số 6 hàm lượng clorua xác định được lại đạt cực đại. Tại điểm này, ngoài tác động của gió còn một tác động quan trọng khác nữa là sóng. Có những lúc lặng gió nhưng do những đợt sóng biên độ lớn (sóng do ảnh hưởng của các cơn bão xa) vỗ bờ tạo nên những bụi nước biển bắn đi xa. Điểm thu mẫu số 1 (Trạm thử nghiệm Hòn Chồng) dù chịu tác động tất cả các hướng gió từ biển, nhưng có độ cao lớn (20 m) nên hàm lượng clorua cũng không cao, thậm chí đạt giá trị cực tiểu (5,9 mg/m<sup>2</sup>.ngày) vào tháng 7 năm 2002, cũng là tháng lặng gió hoặc gió không thổi từ biển. Điểm số 2 mặc dù ở khá gần biển (250 m), nhưng ít chịu tác động của gió biển nên hàm lượng clorua trong không khí khá thấp.

Tóm lại, vị trí địa lý thuận lợi cho việc cung cấp muối nhờ gió biển, tạo cho điểm số 6 một sự khác biệt về độ muối khí quyển so với các điểm thu khác trong thành phố Nha Trang.



Về tác động của các yếu tố khí hậu khí tượng đến phân bố độ muối theo thời gian trong năm, có thể nhận thấy sự phụ thuộc tương đối rõ ràng giữa hàm lượng clorua sa lắng với lượng mưa trung bình (bảng 3) và đặc biệt là với hướng và tốc độ gió (bảng 4). Ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu khí tượng khác như nhiệt độ, độ ẩm, thời gian nắng... là không rõ ràng.

Tại Nha Trang, tốc độ sa lắng ion Cl<sup>-</sup> biến thiên theo chu kì hoạt động của gió mùa Đông

Bắc và Đông Nam (chủ yếu là gió mùa Đông Bắc). Vào quý I và quý IV hàng năm, gió mùa Đông Bắc thổi từ biển vào hoạt động mạnh, nên hàm lượng ion Cl trong không khí cao (đạt giá trị cực đại). Vào những tháng mùa hè (tháng 6, tháng 7), trời thường lặng gió, hoặc chủ yếu chỉ có gió Tây và gió Nam thổi từ đất liền hoạt động, nên hàm lượng clorua thu được thường thấp nhất.

**Bảng 3.** Tổng hợp các thông số khí hậu trung bình trong thời gian thử nghiệm

Tháng	Nhiệt độ trung bình (°C)	Độ ẩm trung bình (%)	Số giờ nắng (giờ)	Năng lượng bức xạ (MJ/m <sup>2</sup> )	Lượng mưa (mm)
1	24,4	77	261,1	328,9	198,8
2	25,3	78	272,8	524,2	98,5
3	27,3	82	302,4	603,1	204,1
4	27,4	80	273,0	495,5	81,6
5	27,9	81	260,0	474,0	126,2
6	28,7	78	250,0	448,3	33,8
7	28,6	78	245,0	448,5	24,0
8	28,0	80	217,0	423,5	65,6
9	27,9	81	207,0	402,6	234,3
10	27,9	80	177,2	310,9	202,8
11	27,1	80	288,9	294,9	394,7
12	25,0	80	283,4	231,2	344,7

**Bảng 4.** Hướng gió và tốc độ gió theo thời gian trong năm

Năm	Đơn vị	Hướng gió theo tỷ lệ thời gian trong năm (%) và vận tốc trung bình (m/s)							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2001	%	17,5	7	1	8,2	10,2	4	4	8,1
	m/s	4	4	1	2	2,5	2	1,5	2
2002	%	16,7	6,4	1,5	7	8,5	3	5	5,5
	m/s	3,8	4,2	1,5	2	3,1	2	1,7	2

Những quy luật và kết quả nhận được nói chung phù hợp với các thông tin trước đây về độ muối tại Nha Trang do các tác giả [1, 2, 4] cung cấp. Các quy luật chung về phát tán muối và nguồn gốc biển của muối sa lắng cũng phù hợp các dữ liệu gần đây của tài liệu [10, 11].

### 3. 2. Ăn mòn thép cacbon và phân loại hoạt tính ăn mòn môi trường khí quyển Nha Trang

Kết quả xác định tốc độ ăn mòn thép sau 6 tháng và 1 năm phơi mẫu, trình bày tại bảng 5,

cho thấy có sự phụ thuộc rõ ràng giữa đại lượng này và hàm lượng clorua sa lắng. Khi hàm lượng clorua sa lắng cao thì tốc độ ăn mòn cũng cao tương ứng. Điều này đúng với tất cả 6 địa điểm khảo sát, tuy mức độ có khác nhau.

Tỉ lệ tương đối giữa hai đại lượng  $C_r/Cl^-$  cũng cho thấy mức độ ảnh hưởng giảm dần của hàm lượng clorua sa lắng đến tốc độ ăn mòn thép. Điều này xảy ra do khả năng tự bảo vệ thép của lớp sản phẩm ăn mòn.

**Bảng 5.** Tương quan tốc độ ăn mòn thép và hàm lượng clorua trung bình

Thời điểm xác định	Thông số xác định	Địa điểm thử nghiệm					
		1	2	3	4	5	6
Sau 6 tháng phơi mẫu	Tốc độ ăn mòn $C_r$ ( $\mu\text{m}/\text{năm}$ )	39,34	35,00	35,89	36,34	35,15	57,81
	Giá trị trung bình $Cl^-$ ( $\text{mg}/\text{m}^2.\text{ngày}$ )	19,3	16,8	15,9	15,2	16,3	37,8
	Tỉ lệ $C_r/Cl^-$	<b>2,04</b>	<b>2,08</b>	<b>2,25</b>	<b>2,39</b>	<b>2,16</b>	<b>1,52</b>
Sau 1 năm phơi mẫu	Tốc độ ăn mòn ( $\mu\text{m}/\text{năm}$ )	25,28	21,50	21,93	22,61	22,71	34,57
	Giá trị trung bình $Cl^-$ ( $\text{mg}/\text{m}^2.\text{ngày}$ )	15,4	13,4	13,1	12,8	13,3	26,1
	Tỉ lệ $C_r/Cl^-$	<b>1,64</b>	<b>1,60</b>	<b>1,67</b>	<b>1,77</b>	<b>1,71</b>	<b>1,32</b>

Việc phân loại hoạt tính ăn mòn khí quyển khu vực Nha Trang dựa theo ISO 9223:1992 đã được công bố trong các tài liệu [4-5]. Theo đó, về mặt độ muối, Nha Trang được xếp vào nhóm S<sub>1</sub> (3 ÷ 60 mg/m<sup>2</sup>.ngày) với hàm lượng clorua sa lắng trung bình là 13,8 mg/m<sup>2</sup>.ngày. Cũng theo các tài liệu trên, xét về ăn mòn thép cacbon sau năm đầu tiên phơi mẫu, thì hoạt tính của khí quyển Nha Trang thuộc phân loại C<sub>3</sub> (25 ÷ 50 □m/năm) với tốc độ ăn mòn thép trung bình 33,67 □m/năm. Toàn bộ dữ liệu đưa vào xử lý được thu thập tại điểm đo số 1 (trạm Hòn Chồng, hình 1) trong thời gian 10 năm kể từ 1995.

Tương tự, kết quả nhận được trong công trình này, với số lượng vị trí đo nhiều hơn, gồm 6 địa điểm khác nhau của thành phố Nha Trang, cũng khẳng định sự hợp lý của phân loại trên. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, tại điểm đo số 6 lượng clorua sa lắng rất cao và vào nhiều thời điểm trong năm giá trị của nó tiếp cận với ngưỡng trên của phân loại S<sub>1</sub> (60 mg/m<sup>2</sup>.ngày). Điều đó có nghĩa cần nghĩ đến phân loại S<sub>2</sub> (61 ÷ 300 mg/m<sup>2</sup>.ngày) đối với địa điểm này, cũng như đối với nhiều địa điểm ven biển tương tự khác còn chưa được khảo sát ở khu vực Nha Trang. Thực tế, các kết quả kiểm tra của chúng tôi vào tháng 9 và tháng 10/2008 cho thấy nồng độ clorua sa lắng tại điểm số 6 tương ứng là 67,8 và 68,3 mg/m<sup>2</sup>.ngày. Những số liệu này chứng tỏ hàm lượng muối sa lắng nằm hoàn toàn trong phân loại S<sub>2</sub> của tiêu chuẩn ISO 9223:1992 nêu trên, mặc dù đây chưa phải là thời điểm thông thường thông số Cl<sup>-</sup> có giá trị

cao nhất trong năm (từ tháng 11 đến tháng 2 năm sau).

Ngoài ra, vấn đề phương pháp xác định clorua sa lắng cũng cần được xem xét khi thực hiện phân loại ô nhiễm khí quyển đối với thông số độ muối theo ISO 9223:1992 [12]. Việc phân loại theo tiêu chuẩn này được thực hiện dựa vào kết quả xác định clorua sa lắng bằng phương pháp “nén ẩm” (ISO 9225:1992). Tuy nhiên, trong các công trình [4, 5], cũng như trong phần lớn các công trình tương tự khác ở Việt Nam (xem, chẳng hạn [1, 3]), hàm lượng clorua sa lắng được xác định bằng phương pháp “vải khô”. Phương pháp này thường cho kết quả thấp hơn giá trị nhận được bằng phương pháp “nén ẩm”, đặc biệt trong điều kiện thời tiết nhiều gió bão như ở Việt Nam. Các kết quả trên đây của chúng tôi cũng cho thấy sự vượt trội về hàm lượng clorua sa lắng xác định bằng phương pháp “nén ẩm” so với kết quả của tác giả [4] ở cùng một địa điểm đo (trị số Cl<sup>-</sup> trung bình tại điểm số 1, xác định bằng phương pháp “vải khô” trong giai đoạn 1996-2000, là 7,3 mg/m<sup>2</sup>.ngày, chỉ bằng khoảng một nửa so với trị số 15,4 mg/m<sup>2</sup>.ngày, xác định bằng phương pháp “nén ẩm” nêu trong bảng 5).

Cần nhấn mạnh rằng, việc phân loại dựa trên những số liệu ô nhiễm thấp hơn thực tế, có thể dẫn đến đánh giá không đầy đủ mức độ xâm thực của môi trường ăn mòn đối với vật liệu và các kết cấu, công trình liên quan.

#### 4. KẾT LUẬN

- Tại Nha Trang, hàm lượng clorua trong không khí giảm theo độ cao so với mặt nước biển và khoảng cách đến biển của vị trí thu mẫu. Hướng gió và tốc độ gió đóng vai trò quan trọng đối với sự phân bố hàm lượng clorua sa lắng trong không khí. Những địa điểm chịu tác động của gió thổi từ hướng biển, có hàm lượng clorua cao, ngược lại, những địa điểm tuy gần biển, nhưng vị trí không thuận lợi thì hàm lượng này khá thấp. Biến thiên của hàm lượng clorua trong không khí có tính chu kì, phụ thuộc vào hoạt động của gió mùa, chủ yếu là gió mùa Đông Bắc.

- Theo ISO 9223:1992, khí quyển của Nha Trang được phân loại ở mức  $S_1$  về mặt độ muối và  $C_3$  về tốc độ ăn mòn thép cacbon sau năm phơi mẫu đầu tiên. Tuy nhiên, cần lưu ý đến giá trị tiệm cận mức  $S_2$  của độ muối ở một số địa điểm và thời điểm đo, để có khuyến cáo phù hợp trong lựa chọn vật liệu và thiết kế công trình.

- Tốc độ ăn mòn của thép cacbon ở các địa điểm khảo sát tại Nha Trang biến thiên tuyến tính theo hàm lượng clorua sa lắng trong không khí.

### AEROSOL SALINITY AND CORROSION RATE OF CARBON STEEL IN NHA TRANG CITY ATMOSPHERE

Bui Van Thao<sup>(1)</sup>, Vo De<sup>(1)</sup>, Nguyen Quang Tan<sup>(2)</sup>, Nguyen Huu Tan<sup>(2)</sup>, Nguyen Nhi Tru<sup>(3)</sup>

(1) Nhatrang Institute of Technology Research and Application

(2) Seacoast Branch - Vietnam-Russia Tropical Centre

(3) Vietnam Institute for Tropical Technology and Environmental Protection

**ABSTRACT:** *Aerosol salinity and atmospheric corrosion rate of carbon steel were determined at six sites in Nhatrang coastal city. The sites have been selected with different distances from the sea and various heights above sea levels.*

*Results show that the aerosol salinity was strongly influenced by salt collecting positions and by various meteorological parameters, especially by wind speed and directions. Corrosion rates of carbon steel were dependent with the aerosol salinity values at all exposure sites.*

*Besides, atmospheric corrosivities for above mentioned sites of Nhatrang city have been classified according to ISO 9223:1992. Nhatrang atmosphere is considered to be in  $S_1$  class by aerosol salinity and  $C_3$  class by corrosion rate of carbon steel after first year exposure test.*

**Keywords:** *Nhatrang atmosphere, corrosion rate of carbon steel*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ву Динь Вуй. *Атмосферная коррозия металлов в тропиках*. Москва, Наука, 240 с. (1994).
- [2]. Nguyen Viet Hue, I.S. Cole, Vo De, Bui Van Thao, Nguyen Nhi Tru, Truong Dinh Mau, W. Ganther, A. Neufeld, *Corrosion of mild steel and zinc in Vietnam conditions*, Proceedings of the 11<sup>th</sup> Asian-Pacific Corrosion Control Conference, Vol. 2, pp. 582-589, Hochiminh City, Vietnam (1999).
- [3]. Tran Thi Ngoc Lan, Nguyen Thi Phuong Thoa, Nishimura R., Tsujino Y, Yokoi M., Maeda Y, *Atmospheric corrosion of carbon steel under field exposure in the southern part of Vietnam*, Corrosion Sciences 48, Issue 1, pp. 179-192 (2006).
- [4]. Lê Thị Hồng Liên, *Nghiên cứu ăn mòn các lớp phủ kẽm trong môi trường khí quyển Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ KHKT, Hà Nội (2005).
- [5]. Le Thi Hong Lien, Pham Thy San, Hoang Lam Hong, *Results of studying atmospheric corrosion in Vietnam 1995–2005*, Science and Technology of Advanced Materials 8, Issues 7-8, 552-558 (2007).
- [6]. Bùi Bá Xuân, Covantruc Iu. L., Philitrev N. L., Nguyễn Nhị Trự, *Ăn mòn đối với một số kim loại màu và hợp kim trong vùng khí hậu nhiệt đới ẩm Việt Nam*, Tạp chí Phát triển KH&CN 10, 25-31 (2007).
- [7]. Dang Vu Ngoan, Bui Ba Xuan, Nguyen Nhi Tru, *Corrosion behaviour of some alloys in tropical urban and marine atmospheres*, Corrosion Science and Technology 7, N2, 125-129 (2008).
- [8]. International Standard ISO 9225:1992: *Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres methods of measurement of pollution*.
- [9]. International Standard ISO 8407:1991: *Metal and alloys – Procedure for removal of corrosion products from corrosion test specimens*.
- [10]. Francisco Alcalá, Emilio J.Custodio. *Atmospheric chloride deposition in continental Spain, Hydrological Processes* 22(18): 3636-3650 (2008).
- [11]. Sumner D. M., Sigua G.C, *Estimating high-resolution atmospheric deposition of chloride in coastal Florida*, American Society of Agronomy Meetings, Indianapolis, IN, (2002).
- [12]. International Standard ISO 9223:1992: *Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres - Classification*.