

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH XU THẾ LẮNG ĐỘNG AXIT TẠI CÁC TRẠM THUỘC MẠNG LƯỚI GIÁM SÁT LẮNG ĐỘNG AXIT VÙNG ĐÔNG Á (EANET)

Ngô Thị Vân Anh, Dương Hồng Sơn, Nguyễn Thị Hằng Nga,
Lê Văn Linh, Lê Ngọc Cầu, Trần Thị Diệu Hằng
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Tóm tắt: Với chuỗi số liệu quan trắc lắng đọng ướt trong 15 năm (2000-2014) của 54 trạm giám sát lắng đọng axit thuộc Mạng lưới EANET, xu thế biến đổi của lắng đọng axit được xác định bằng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall. Kết quả chỉ ra rằng, lắng đọng của ion H^+ và $nss-SO_4^{2-}$ nhìn chung có cùng xu thế giảm trên toàn vùng Đông Á, ngoại trừ một số ít trạm ở khu vực Đông Nam Á là có xu thế tăng. Như vậy, có thể nhận thấy rằng, hiện tượng mưa axit nói chung đã có xu thế giảm trên hầu khắp vùng Đông Á. Tuy nhiên, đối với lắng đọng ion NO_3^- lại có hai xu thế rõ rệt: Xu thế giảm ở khu vực Đông Bắc Á và xu thế tăng ở khu vực Đông Nam Á.

Từ khóa: Lắng đọng axit, xu thế, Seasonal Mann-Kendall, EANET.

1. Mở đầu

Lắng đọng axit là một hiện tượng đã được phát hiện từ lâu song được chú ý nhiều nhất từ khoảng những năm 1980 cho đến nay do tác hại của chúng gây ra ở nhiều quốc gia, khu vực trên thế giới. Lắng đọng axit được tạo thành trong điều kiện khí quyển ô nhiễm do sự phát thải quá mức các khí SO_2 , NO_x từ các nguồn thải công nghiệp và có khả năng lan xa tới hàng trăm, hàng nghìn kilomet. Bởi vậy, có thể nguồn phát thải sinh ra từ quốc gia này nhưng lại có thể ảnh hưởng tới nhiều quốc gia lân cận do sự chuyển động quy mô lớn của chúng trong khí quyển. Lắng đọng axit có thể gây ra những hậu quả nghiêm trọng như: Làm hư hại mùa màng, giảm năng suất cây trồng, phá hủy rừng cây, đe dọa cuộc sống của các loài sinh vật, phá hoại các công trình kiến trúc, xây dựng, ảnh hưởng nghiêm trọng tới sức khỏe của con người. Những tác động tiêu cực này thường kéo dài và khó khắc phục. Bởi vậy, lắng đọng axit là vấn đề mang tính khu vực, cần sự quan tâm và chung tay giải quyết của các quốc gia.

Năm 1999, Mạng lưới giám sát lắng đọng

axit vùng Đông Á (EANET) được thành lập gồm 9 quốc gia trong đó có Việt Nam. Đến nay, EANET đã có 13 quốc gia thành viên và phát triển được hệ thống 58 trạm giám sát lắng đọng ướt. Các trạm này tuân thủ hướng dẫn kỹ thuật chung của EANET và đảm bảo chất lượng/kiểm soát chất lượng (QA/QC) theo quy định của EANET. Các trạm giám sát lắng đọng axit của mạng EANET chính thức cung cấp số liệu từ năm 2000 đến nay. Với chuỗi số liệu 15 năm (2000-2015), việc nghiên cứu đánh giá hiện trạng cũng như xu thế thay đổi của mức độ lắng đọng axit trong khu vực Đông Á là rất quan trọng giúp chúng ta có cái nhìn khái quát về tình trạng lắng đọng axit cũng như đánh giá hiệu quả của các biện pháp giảm phát thải ô nhiễm không khí trong thời gian qua.

Bài báo này sẽ giới thiệu kết quả đánh giá xu thế biến đổi của lắng đọng axit ướt tại các trạm thuộc Mạng lưới giám sát lắng đọng axit vùng Đông Á (EANET), dựa trên phương pháp tính toán kiểm nghiệm xu thế phi tham số Seasonal Mann-Kendall. Việc áp dụng phương pháp tính toán xu thế này khác với phương pháp bình phương tối thiểu mà các nghiên

cứu trước đây đã dùng, kết hợp với việc kiểm nghiệm mức ý nghĩa của xu thế và biểu diễn kết quả đến từng điểm trạm là những đóng góp mới của bài báo này.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguồn số liệu quan trắc

Hiện nay, trong số 58 trạm quan trắc lắng đọng axit của EANET có 54 trạm đáp ứng yêu cầu về số liệu theo quy định của EANET (yêu cầu về sự đầy đủ tổng lượng mưa (total precipitation-TP), thời gian mưa liên tục (precipitation coverage length-PCL) và chất lượng của số liệu (data quality objective-DQO)). Số liệu trung bình tháng mức độ lắng đọng ướt (mmol/m²) của 3 ion: H⁺, nss-SO₄²⁻ (SO₄²⁻ có nguồn gốc không phải từ muối biển), NO₃⁻ thu thập từ 54 trạm của mạng EANET sẽ được sử dụng để đánh giá xu thế. Đây là 3 ion quan trọng thể hiện mức độ lắng đọng axit bởi bản chất của mưa axit là do sự có mặt của axit H₂SO₄ và HNO₃ trong nước mưa. Chuỗi số liệu được thu thập liên tục trong 15 năm (2000-2015).

2.2. Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall

Kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall nhằm xác định xu thế của một chuỗi số liệu (tập mẫu) đã được sắp xếp theo trình tự thời gian. Phương pháp này so sánh độ lớn tương đối của các phần tử của chuỗi chứ không xét chính giá trị của các phần tử. Điều này giúp tránh được xu thế giả tạo do một vài giá trị cực trị cục bộ gây ra nếu sử dụng phương pháp tính toán xu thế tuyến tính bằng bình phương tối thiểu thông thường. Một ưu điểm nữa của phương pháp này là không cần quan tâm việc tập mẫu tuân theo luật phân bố nào. Các công thức tính toán đã áp dụng với phương pháp này được mô tả ngắn gọn dưới đây.

Giả sử có chuỗi số liệu trình tự thời gian theo tháng ($x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}$) với x_i biểu diễn số liệu tại thời điểm i cho các năm từ 1, 2... n.

Giá trị thống kê Mann-Kendall tại tháng i

(S_i) được tính như sau:

$$S_i = \sum_{k=1}^{n_i-1} \sum_{j=k+1}^{n_i} \text{sgn}(x_{ij} - x_{ik})$$

Trong đó,

$$\text{Sgn}(x_{ij} - x_{ik}) = 1 \text{ khi } x_{ij} - x_{ik} > 0$$

$$0 \text{ khi } x_{ij} - x_{ik} = 0$$

$$-1 \text{ khi } x_{ij} - x_{ik} < 0$$

Giá trị thống kê Mann-Kendall của tất cả các tháng (S') được tính như sau:

$$S' = \sum_{i=1}^m S_i$$

Trong đó, m là số các tháng trong 1 năm, $m = 12$.

$$G'Z_{SK} = \begin{cases} \frac{S'-1}{\sqrt{\text{VAR}(S')}} & \text{if } |S'| > 0 \\ 0 & \text{if } |S'| = 0 \\ \frac{S'+1}{\sqrt{\text{VAR}(S')}} & \text{if } |S'| < 0 \end{cases}$$

với $\text{VAR}(S')$ là phương sai của S' , được tính bởi:

$$\text{VAR}(S') = \sum_{i=1}^m \text{VAR}(S_i)$$

và $\text{VAR}(S_i)$ là phương sai của S_i , được tính theo công thức sau:

$$\text{VAR}(S_i) = \frac{1}{18} \left[n_i(n_i-1)(2n_i+5) - \sum_{p=1}^{g_i} t_{ip}(t_{ip}-1)(2t_{ip}+5) \right]$$

Trong đó, g_i là số nhóm trong tháng thứ i và t_{ip} là số phần tử thuộc nhóm p trong tháng thứ i .

Z_{SK} có phân bố chuẩn chuẩn hóa $N(0,1)$. Giá trị Z_{SK} dương thể hiện chuỗi có xu thế tăng, âm thể hiện chuỗi có xu thế giảm. Do $Z \in N(0,1)$ nên việc kiểm nghiệm chuỗi có xu thế hay không trở nên đơn giản.

Trong nghiên cứu này, các giá trị xu thế được chỉ ra với mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$), nghĩa là xác suất phạm sai lầm loại 1 là 5%.

Seasonal Mann-Kendall là phương pháp kiểm nghiệm phi tham số, xác định xu thế đối với chuỗi số liệu có sự biến thiên theo mùa. Phương pháp này được lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu là do bản chất của mức độ

lắng đọng ướt axit phụ thuộc vào lượng mưa và mức độ ô nhiễm không khí, vì vậy nó bị ảnh hưởng bởi yếu tố mùa.

Kết quả xác định xu thế lắng đọng ướt của các ion H^+ , $nss-SO_4^{2-}$, NO_3^- được thể hiện qua chỉ số Z (Bảng 1) và giá trị p thể hiện mức ý nghĩa của chỉ số Z xác định được.

3. Kết quả và phân tích

Bảng 1. Xu thế biến đổi của lắng đọng ướt trong giai đoạn 2000-2015

TT	Tên trạm	Tên quốc gia	H^+		NO_3^-		$nss-SO_4^{2-}$	
			Z	p	Z	p	Z	p
1	Phnom Penh	Campuchia	0,28	0,000	0,23	0,002	0,09	0,233
2	Guanyinqiao	Trung Quốc	-0,02	0,775	0,17	0,046	0,08	0,353
3	Haifu	Trung Quốc	-0,41	0,000	0,17	0,069	-0,20	0,051
4	Jinyunshan	Trung Quốc	0,20	0,001	0,29	0,000	-0,09	0,129
5	Shizhan	Trung Quốc	-0,25	0,000	-0,24	0,000	-0,38	0,000
6	Weishuiyuan	Trung Quốc	0,13	0,194	-0,17	0,080	-0,30	0,002
7	Jiwozi	Trung Quốc	-0,10	0,148	-0,14	0,052	0,00	1,000
8	Hongwen	Trung Quốc	-0,02	0,663	-0,06	0,283	-0,12	0,035
9	Xiaoping	Trung Quốc	-0,13	0,023	0,05	0,404	0,02	0,758
10	Zhuxiandong	Trung Quốc	-0,06	0,483	-0,21	0,127	-0,25	0,075
11	Xiang Zhou	Trung Quốc	-0,01	0,742	0,02	0,616	-0,13	0,018
12	Jakarta	Indonesia	0,21	0,000	0,00	0,975	0,01	0,838
13	Serpong	Indonesia	-0,20	0,001	-0,06	0,282	0,00	0,937
14	Kototabang	Indonesia	0,12	0,035	0,15	0,012	0,19	0,001
15	Bandung	Indonesia	-0,18	0,003	0,08	0,153	0,11	0,072
16	Maros	Indonesia	0,07	0,480	-0,02	0,791	0,02	0,860
17	Rishiri	Nhật Bản	0,30	0,000	0,11	0,064	0,03	0,622
18	Ochiishi	Nhật Bản	-0,03	0,630	0,08	0,265	-0,04	0,547
19	Tappi	Nhật Bản	-0,04	0,501	0,08	0,221	0,04	0,501
20	Sado-seki	Nhật Bản	-0,02	0,773	0,10	0,108	0,05	0,358
21	Happo	Nhật Bản	-0,17	0,003	0,03	0,654	-0,15	0,008
22	Ijira	Nhật Bản	-0,14	0,015	-0,15	0,011	-0,19	0,001
23	Oki	Nhật Bản	0,09	0,120	0,09	0,112	0,01	0,818
24	Banryu	Nhật Bản	0,02	0,658	0,01	0,862	0,00	0,976
25	Yusuhara	Nhật Bản	0,02	0,682	-0,01	0,884	0,01	0,815
26	Hedo	Nhật Bản	-0,05	0,353	-0,01	0,909	-0,03	0,622
27	Ogasawara	Nhật Bản	-0,08	0,162	-0,02	0,679	-0,04	0,493
28	Tokyo	Nhật Bản	-0,18	0,041	-0,09	0,284	-0,07	0,434
29	PetalingJaya	Malaysia	-0,04	0,476	0,16	0,004	-0,02	0,753
30	TanahRata	Malaysia	-0,04	0,525	-0,02	0,783	0,07	0,205
31	DanumValley	Malaysia	-0,13	0,166	0,02	0,775	-0,03	0,734
32	Kuching	Malaysia	-0,16	0,083	-0,02	0,792	0,17	0,069

33	Ulaanbaatar	Mông Cổ	0,20	0,006	-0,06	0,431	-0,07	0,362
34	Terelj	Mông Cổ	-0,20	0,004	-0,16	0,020	-0,18	0,008
35	Yangon	Myanma	-0,43	0,000	-0,07	0,567	-0,01	0,897
36	MetroManila	Philipin	-0,27	0,000	0,04	0,537	-0,06	0,382
37	LosBanos	Philipin	-0,06	0,333	0,22	0,000	-0,07	0,285
38	Mt,Sto,Tomas	Philipin	-0,01	0,887	0,03	0,752	0,05	0,518
39	Kanghwa	Hàn Quốc	0,07	0,226	-0,05	0,355	-0,11	0,061
40	Cheju	Hàn Quốc	-0,32	0,000	-0,09	0,108	-0,13	0,020
41	Imsil	Nga	-0,08	0,175	0,07	0,238	-0,03	0,582
42	Mondy	Nga	-0,07	0,270	-0,25	0,000	-0,27	0,000
43	Listvyanka	Nga	-0,11	0,058	-0,20	0,000	-0,02	0,704
44	Irkutsk	Nga	0,08	0,196	-0,15	0,007	-0,05	0,391
45	Primorskaya	Nga	-0,03	0,644	0,09	0,140	-0,11	0,069
46	Bangkok	Thái Lan	-0,16	0,005	0,08	0,165	-0,19	0,001
47	Samutprakarn	Thái Lan	-0,37	0,000	-0,17	0,031	-0,34	0,000
48	Pathumthani	Thái Lan	-0,08	0,144	0,10	0,089	-0,15	0,008
49	Chiang Mai	Thái Lan	-0,15	0,033	-0,05	0,444	0,00	0,974
50	Nakhon Ratchasima	Thái Lan	-0,21	0,014	-0,12	0,168	-0,10	0,203
51	Hà Nội	Việt Nam	0,01	0,833	0,27	0,000	0,15	0,009
52	Hòa Bình	Việt Nam	-0,24	0,000	0,27	0,000	0,02	0,706
53	Cúc Phương	Việt Nam	-0,15	0,172	-0,02	0,820	-0,04	0,699
54	Đà Nẵng	Việt Nam	-0,52	0,000	-0,08	0,500	-0,08	0,500

Ghi chú: chỉ số Z dương/âm thể hiện xu thế tăng/giảm.

 thể hiện mức ý nghĩa $p < 0,1$;  thể hiện mức ý nghĩa $p < 0,05$

a) Xu thế lắng đọng ion H^+

Tổng lượng lắng đọng của ion H^+ có xu hướng giảm rõ rệt theo thời gian ở hầu khắp các trạm trên toàn vùng. Trong 54 trạm, có 24 trạm (chiếm khoảng 44%) được phát hiện có xu thế biến đổi thỏa mãn mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$), trong đó phần lớn (18 trạm) có xu hướng giảm theo thời gian, và chỉ có 6 trạm có xu hướng tăng, cụ thể là Phnom Penh (Campuchia), Jinyunshan (Trung Quốc), Jakarta và Kototabang (Indonesia), Rishiri (Nhật Bản), Ulaanbaatar (Mông Cổ) (Hình 1a).

b) Xu thế lắng đọng ion $nss-SO_4^{2-}$

Tương tự như ion H^+ , mức lắng đọng ion $nss-SO_4^{2-}$ cũng có xu thế giảm ở hầu khắp các trạm theo thời gian. Trong 54 trạm quan

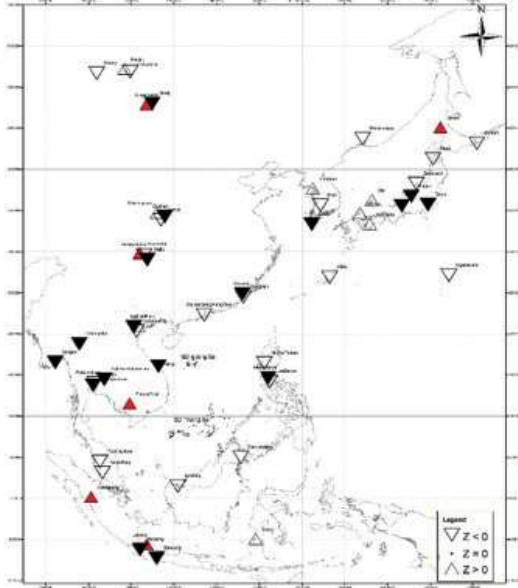
trắc, chỉ có 14 trạm thỏa mãn mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$), trong đó có 12 trạm có xu thế giảm và chỉ có 2 trạm có xu thế tăng, cụ thể là Kototabang (Indonesia) và Hà Nội (Việt Nam) (Hình 1b).

c) Xu thế lắng đọng ion NO_3^-

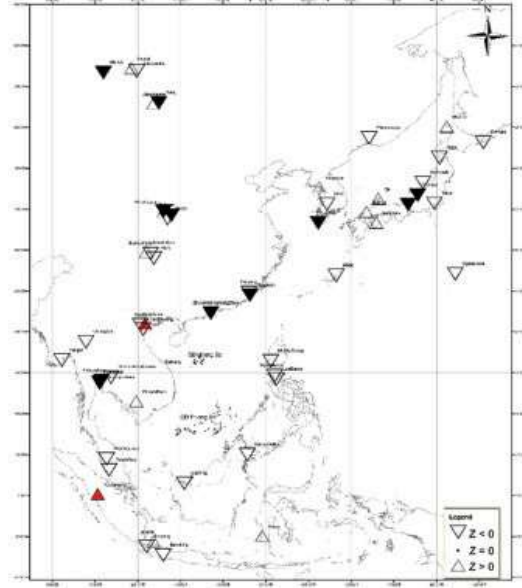
Trong 15 trạm thỏa mãn mức ý nghĩa 5%, 8 trạm có xu hướng giảm và 7 trạm có xu hướng ngày càng tăng là Phnom Penh (Campuchia), Guanyinqiao (Trung Quốc), Kototabang (Indonesia), Petalingjaya (Malaysia), LosBanos (Philippin), Hà Nội, Hòa Bình (Việt Nam). Khác với 2 ion H^+ và $nss-SO_4^{2-}$, lắng đọng của ion NO_3^- có 2 xu thế rõ rệt: Xu thế giảm ở khu vực Đông Bắc Á và xu thế tăng ở khu vực Đông Nam Á (Hình 1c).

Có thể nhận thấy trong giai đoạn 2000-2015, mức lắng đọng của 2 ion H^+ và $nss-SO_4^{2-}$ có cùng xu thế giảm trên hầu hết các trạm, ngoại trừ một số trạm ở khu vực Đông Nam Á có xu hướng tăng. Tuy nhiên, xu thế lắng đọng

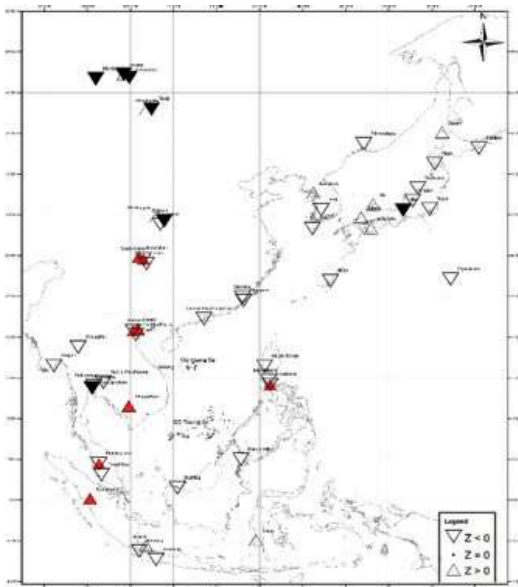
ion NO_3^- lại thể hiện 2 xu hướng khác biệt: Xu thế giảm ở hầu hết các trạm thuộc khu vực Đông Bắc Á và xu thế tăng ở các trạm thuộc khu vực Đông Nam Á.



a) Ion H^+



b) Ion $nss-SO_4^{2-}$



c) Ion NO_3^-

Ghi chú: Xu thế tăng/giảm ứng với hình tam giác hướng lên/xuống. Với giá trị xu thế thỏa mãn mức ý nghĩa $p < 0,05$ thì tam giác được tô đặc.

Hình 1. Xu thế lắng đọng của các ion H^+ (a), $nss-SO_4^{2-}$ (b), NO_3^- (c) tại các trạm giám sát axit EANET

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Seasonal Mann-Kendall để đánh giá xu

thế thay đổi mức độ lắng đọng của 3 ion đại diện cho tính axit trong nước mưa: H^+ , $nss-SO_4^{2-}$, NO_3^- trong giai đoạn 2000-2015. Đây là phương pháp xác định xu thế đã được sử

dụng rộng rãi trên thế giới, tuy nhiên ở Việt Nam thì còn khá hạn chế, đặc biệt trong lĩnh vực nghiên cứu môi trường. Với nghiên cứu này, đây là lần đầu tiên phương pháp Seasonal Mann-Kendall được sử dụng để nghiên cứu xác định xu thế trong lĩnh vực môi trường không khí tại Việt Nam.

Kết quả cho thấy, với chuỗi số liệu 15 năm, phương pháp này đã xác định được xu thế giảm lắng đọng của 2 ion H^+ , $nss-SO_4^{2-}$ nói chung trên hầu khắp vùng Đông Á. Đối với lắng đọng ion NO_3^- xác định được hai xu thế rõ rệt: Xu thế giảm ở khu vực Đông Bắc Á và xu thế tăng ở khu vực Đông Nam Á. Tuy nhiên, do

chuỗi số liệu chưa đủ dài nên mức có ý nghĩa của phân tích thống kê của một số trạm chưa cao, như vậy có thể ảnh hưởng tới việc đánh giá xu thế của toàn vùng.

Trong tương lai khi có chuỗi số liệu đủ dài (20 - 30 năm), nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu ứng dụng phương pháp Seasonal Mann-Kendall để đánh giá xu thế thay đổi mức độ lắng đọng axit cho vùng Đông Á. Đồng thời, sẽ xác định thêm độ lớn xu thế chuỗi (Sen's slope) - xu thế tăng/giảm theo cách ước lượng của Sen, P.K. Điều này vô cùng quan trọng để đưa ra cái nhìn chính xác hơn về diễn biến, độ lớn thay đổi và xu thế lắng đọng axit.

Tài liệu tham khảo

1. Network Center for EANET, *Data Report on the Acid Deposition in the East Asian Region 2000-2014*.
2. Network Center for EANET, *Asia Center for Air Pollution Research (ACAP), Review on the State of Air Pollution in East Asia (February 2015)*.
3. Phan Văn Tân (2005), *Các phương pháp thống kê trong khí hậu*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
4. Sen, P.K., *Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau*, *Journal of the American Statistical Association*, 63(324) (1968) 1379-1389.
5. Viện Khí tượng Thủy văn (2002), *Hỏi đáp về lắng đọng axit*, NXB Nông nghiệp.
6. <http://www.eanet.asia>
7. http://vsp.pnnl.gov/help/Vsample/Design_Trend_Seasonal_Kendall.htm

RESEARCH ON ACID DEPOSITION TREND IN SITES UNDER ACID DEPOSITION MONITORING NETWORK IN EAST ASIA (EANET)

**Ngô Thị Van Anh, Duong Hong Son, Nguyen Thi Hang Nga,
Le Van Linh, Le Ngoc Cau, Tran Thi Dieu Hang**
Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change

Abstract: *Regarding the 15-year data series (2000-2014) of 54 acid deposition monitoring sites within EANET network, the variable trend of acid deposition is identified by Seasonal Mann-Kendall method. The depositions of both H^+ and $nss-SO_4^{2-}$ is decreasing all over East Asia region in general, except for a few sites in South East Asia which present the increasing trend. Though acid rain phenomenon has probably declined in almost region. However, the NO_3^- deposition shows decreasing figure in North East Asia but increasing in South East Asia.*

Keywords: *acid deposition, trend, Seasonal Mann-Kendall, EANET.*