

BIẾN THIÊN NỒNG ĐỘ ÔZÔN MẶT ĐẤT THEO MÙA VÀ MỐI TƯƠNG QUAN CỦA ÔZÔN MẶT ĐẤT VỚI CÁC YẾU TỐ KHÍ TƯỢNG VÀ TIỀN CHẤT CỦA ÔZÔN TẠI QUẢNG NINH

Nguyễn Thị Thu Phương^{1,2*}, Dương Thành Nam³, Nghiêm Trung Dũng¹, Mạc Duy Hưng^{1,2}

¹Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường – Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội,

²Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên,

³Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu này chỉ ra biến động của nồng độ ôzôn mặt đất tại ba địa điểm của tỉnh Quảng Ninh là Cao Xanh, Uông Bí và Phương Nam theo thời gian (giờ, ngày, tháng và mùa) trong năm 2016, trong đó nồng độ ôzôn mặt đất đạt đỉnh vào buổi chiều (15-16h) và giảm dần vào buổi tối. Dữ liệu sau khi thu thập từ ba trạm quan trắc cố định được xử lý và bù dữ liệu thông qua thuật toán ARMA. Giá trị nồng độ ôzôn mặt đất trung bình theo giờ của ba trạm dao động từ 18,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ đến 78,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nằm trong giá trị giới hạn cho phép. Nồng độ ôzôn mặt đất tăng cao và tháng 2 (mùa xuân) và tháng 12 (mùa đông). Trong nghiên cứu này, các biến động của ôzôn được giải thích thông qua mối tương quan của ôzôn với các yếu tố khí tượng (chủ yếu là độ ẩm) và các tiền chất của ôzôn (CO, NO, NO₂, NO_x) do các hoạt động của con người (giao thông, công nghiệp) và ảnh hưởng của vị trí địa lý, khí hậu của tỉnh Quảng Ninh.

Từ khóa: Kỹ thuật Môi trường, ôzôn mặt đất; khí tượng; tiền chất; biến thiên; Quảng Ninh

Ngày nhận bài: 28/8/2019; Ngày hoàn thiện: 19/9/2019; Ngày đăng: 07/10/2019

THE SEASONAL VARIABILITY OF GROUND LEVEL OZONE AND THE CORRELATION OF OZONE WITH METEOROLOGICAL FACTORS AND OZONE PRECURSORS IN QUANG NINH

Nguyen Thi Thu Phuong^{1,2*}, Duong Thanh Nam³, Nghiem Trung Dung¹, Mac Duy Hung^{1,2}

¹School of Environmental Science and Technology- Hanoi University of Science and Technology,

²University of Technology – TNU,

³Vietnam Academy of Science and Technology

ABSTRACT

This study shows fluctuations in the ground level ozone at three locations in Quang Ninh Province (Cao Xanh, Uong Bi and Phuong Nam station) over time (hours, days, months and seasons) in 2016, in which the ground level ozone concentration reaches peak in the afternoon (15-16h) and decrease in the evening. Data collected from the three stations were processed and fill missing values by ARMA algorithm. The value of the average hourly ozone concentration of three stations ranged from 18.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to 78.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ground level ozone is high in February (spring) and December (winter). In this study, the volatility of ozone is explained by the correlation of ozone with meteorological factors (mainly moisture) and ozone precursors (CO, NO, NO₂, NO_x) due to the human activities (transport, industries) and the influence of geography and climate of Quang Ninh province.

Keywords: Environment engineering, ground level ozone, meteorology, precursors, variation, Quang Ninh

Received: 28/8/2019; Revised: 19/9/2019; Published: 07/10/2019

* Corresponding author. Email: thuphuong0709@gmail.com

1. Giới thiệu

Ô nhiễm không khí đang gây ra những ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người và sinh quyển. Đặc biệt, ô nhiễm ôzôn mặt đất đang trở thành vấn đề ô nhiễm không khí lớn, cả về sức khỏe cộng đồng và môi trường [1]. Ôzôn là một trong ba thông số quan trọng gây nên hiệu ứng nhà kính sau CO_2 và CH_4 , tăng nồng độ ôzôn gần mặt đất còn góp phần đẩy nhanh tốc độ nóng lên toàn cầu. Đây là một chất ô nhiễm thứ cấp được hình thành từ một loạt các phản ứng quang hóa phức tạp trong khí quyển của các tiền chất của ôzôn như oxit nitơ (NO_x), các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs) và các chất ô nhiễm khác như cacbon monoxit (CO) với sự có mặt của ánh sáng mặt trời [2].

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới sự biến động nồng độ ôzôn mặt đất, trong đó có các yếu tố chính như điều kiện khí tượng (Hướng gió và tốc độ gió...), bức xạ mặt trời và nồng độ các tiền chất của ôzôn (VOC, CO, NO_x ...) [3]. Nhiều nghiên cứu cho thấy yếu tố khí tượng đóng một vai trò quan trọng trong hình thành, phân tán, vận chuyển và pha loãng không khí chất ô nhiễm [4, 5, 6]. Nồng độ ôzôn tăng khi độ ẩm tương đối giảm [4]. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra nhiệt độ là thông số khí tượng quan trọng ảnh hưởng đến nồng độ ôzôn [5, 6]. Thông thường, điều kiện khí tượng phức tạp (nhiệt độ cao, bức xạ mặt trời cao, tốc độ gió thấp...) và phản ứng quang hóa có thể dẫn đến nồng độ ôzôn tăng cao [1]. Ngoài ra, nồng độ ôzôn mặt đất phụ thuộc vào các phản ứng quang hóa, đặc biệt là hợp chất hữu cơ bay hơi (VOC) và nitơ oxit (NO_x) [7]. Sự gia tăng nồng độ ôzôn vào ban ngày được cho là do các phản ứng quang phân NO_2 và quá trình oxy hóa của VOC, CO, hydrocarbon và các tiền chất ôzôn khác [7, 8]. Các nghiên cứu về biến động nồng độ ôzôn mặt đất mới chỉ tập trung tại các thành phố lớn như Hà Nội, Hồ Chí Minh, nghiên cứu này đã lựa chọn Quảng Ninh phân tích mối tương quan của ôzôn với

các tiền chất, các yếu tố khí tượng học cũng như tình hình biến động của nồng độ ôzôn tại tỉnh Quảng Ninh, từ đó, đưa ra những biện pháp ngăn ngừa, giảm thiểu phát thải ôzôn mặt đất tại Quảng Ninh nói riêng, tại Việt Nam nói chung.

2. Phương pháp nghiên cứu

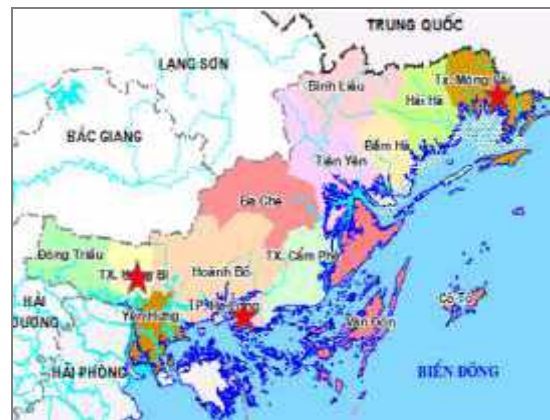
2.1. Đối tượng nghiên cứu

Ôzôn mặt đất và các thông số khí tượng (tốc độ gió, nhiệt độ, áp suất không khí, độ ẩm không khí tương đối) và các chất khí (NO , NO_2 , NO_x , CO).

2.2. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu tiến hành trong thời gian 03 năm tại 03 trạm quan trắc ở Quảng Ninh, Việt Nam từ ngày 01 tháng 01 năm 2016 đến ngày 31 tháng 12 năm 2018. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, thông qua việc xử lý số liệu xác định được năm 2016 là năm có số lượng dữ liệu bị mất ít nhất (12-19%), phù hợp để xác định diễn biến và mối tương quan giữa nồng độ ôzôn mặt đất với các yếu tố khác. Đây là tỉnh ven biển, biên giới thuộc vùng Đông Bắc Việt Nam ở tọa độ: $21^{\circ}15'04''\text{B}$ $107^{\circ}11'37''\text{Đ}$ với diện tích là 6177,7 km^2 . Đây cũng là một tỉnh phát triển ngành công nghiệp khai thác than đá và là điểm du lịch lớn của Việt Nam (vịnh Hạ Long), đồng thời là nơi giao thương lớn với Trung Quốc.

Địa điểm quan trắc: 03 địa điểm phân bố trên Hình 1.



Hình 1. Địa điểm quan trắc tại tỉnh Quảng Ninh

2.3. Thu thập, phân tích và xử lý số liệu

Dữ liệu được thu thập từ trạm quan trắc không khí tự động tại 3 trạm: (1) Công ty chế biến than - Tkv (Phường Cao Xanh- tp Hạ Long- QN), (2) Ủy ban Nhân dân thành phố Uông Bí (TP Móng Cái- QN), (3) Ủy ban Nhân dân Phường Nam (TP Uông Bí- QN), đo liên tục (5 phút/lần), tính trung bình giờ và trung bình ngày trong thời gian nghiên cứu. Các số liệu trích xuất từ trạm quan trắc không khí tự động được định dạng .CSV trên phần mềm excel 2013.

Dữ liệu được xử lý và phân tích trên phần mềm Microsoft Office Excel 2013 và Rstudio. Trong đó, các dữ liệu ngoại biên, dữ liệu âm được đưa về dữ liệu trống trên phần mềm excel và sau đó, bù dữ liệu trống bằng mô hình ARMA theo thời gian thực trên phần mềm Rstudio.

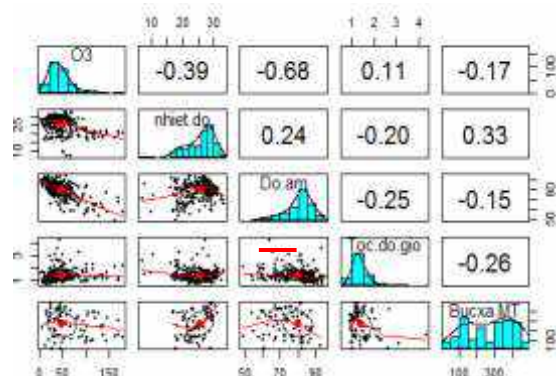
Mối tương quan giữa nồng độ ôzôn mặt đất với các chất ô nhiễm không khí khác và các thông số khí tượng dựa trên hệ số tương quan Pearson (r) dùng để kiểm tra mối liên hệ tuyến tính giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc, thực hiện trên phần mềm Rstudio, trong đó, kiểm định Diễn biến nồng độ ôzôn theo giờ, ngày, tháng và mùa tại Quảng Ninh được tính toán và thể hiện kết quả trên phần mềm excel và Rstudio.

3. Kết quả và bàn luận

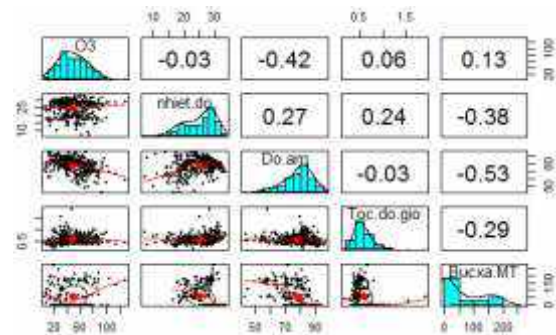
3.1. Mối tương quan giữa nồng độ ôzôn mặt đất với các chất ô nhiễm không khí khác và các thông số khí tượng

Quá trình tạo ra ôzôn liên quan đến các yếu tố khí tượng một cách phức tạp, chính vì vậy mô hình hồi quy tuyến tính được thực hiện để tìm ra mối tương quan nồng độ ôzôn với các yếu tố khí tượng với 5 biến số, trong đó, ôzôn là biến số phụ thuộc với 4 biến số độc lập (Tốc độ gió, nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ). Kết quả được thể hiện tại hình 2, 3, 4. Từ hình 2, 3, 4, nồng độ ôzôn mặt đất có mối tương quan mạnh nhất với độ ẩm ở cả 3 trạm (tương quan nghịch: -0,42-0,68). Nghiên cứu của Camalier

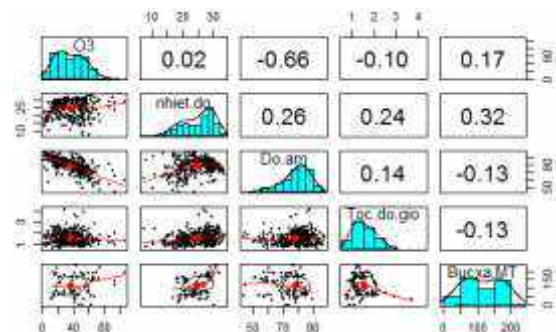
và cộng sự thấy rằng độ ẩm tương đối có mối tương quan lớn với nồng độ ôzôn mặt đất [3]. Độ ẩm cao thường liên quan đến sự xuất hiện nhiều của đám mây lớn và sự mất ổn định của khí quyển, quá trình quang hóa bị chậm lại và nồng độ ôzôn giảm đi [9].



Hình 2. Mối tương quan của ôzôn và các yếu tố khí tượng tại trạm Cao Xanh



Hình 3. Mối tương quan của ôzôn và các yếu tố khí tượng tại trạm Uông Bí



Hình 4. Mối tương quan của ôzôn và các yếu tố khí tượng tại trạm Phường Nam

Ngoài ra, các cơn gió từ biển mang theo hơi ẩm cũng giúp việc phân tán và pha loãng các tiền chất của ôzôn, qua đó làm giảm các phản ứng hình thành ôzôn [10]. Hơn nữa, Quảng Ninh là một tỉnh giáp biển, hằng năm xuất

hiện nhiều trận mưa bão lớn, vì vậy cũng là tăng độ ẩm không khí, qua đó giảm nồng độ ôzôn mặt đất, điều đó được thể hiện thông qua mối tương quan thuận giữa độ ẩm và lượng mưa (0,36). Ôzôn tại trạm Cao Xanh lại có mối tương quan nghịch với nhiệt độ (-0,39). Thông thường, điều kiện khí tượng phức tạp (nhiệt độ cao, bức xạ mặt trời cao, tốc độ gió thấp, v.v.) và phản ứng quang hóa có thể dẫn đến nồng độ ôzôn tăng cao.

Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, mối tương quan nghịch có thể được giải thích thông qua mối tương quan thuận giữa nhiệt độ và độ ẩm ở cả ba trạm Cao Xanh (0,24) và hai trạm còn lại Uông Bí (0,26) và Phương Nam (0,27).

Bảng 1. Mối tương quan giữa nồng độ ôzôn mặt đất và các tiền chất

	O ₃	CO	NO	NO ₂
Cao Xanh				
CO	0,61			
NO	-0,19	-0,27		
NO ₂	0,35	0,8	0,08	
NO _x	-0,11	-0,14	0,98	0,57
Uông Bí				
CO	-0,06			
NO	-0,06	-0,05		
NO ₂	-0,08	0,34	-0,08	
NO _x	-0,09	0,02	0,97	0,31
Phương Nam				
CO	0,17			
NO	-0,16	-0,27		
NO ₂	-0,24	0,25	-0,01	
NO _x	-0,25	-0,16	0,91	0,41

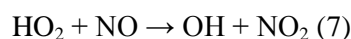
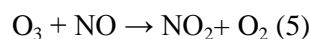
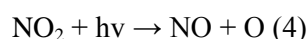
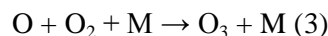
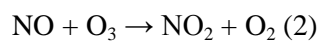
Theo bảng 1, tại trạm Cao Xanh, ôzôn lại có mối tương quan thuận đối với CO (0,61). Sharma đã chỉ ra rằng các quá trình quang hóa liên quan đến NO_x, VOC và CO là nguồn quan trọng hình thành ôzôn mặt đất thông qua phản ứng sau:



Từ phản ứng trên có thể thấy, CO và O₃ có mối tương quan nghịch, tuy nhiên, trong nghiên cứu này lại có mối tương quan thuận, điều này có thể được giải thích do tại khu vực đặt trạm Cao Xanh là khu vực gần nhà máy sản xuất than, việc đốt nhiên liệu liên tục, cũng như phương tiện xe ô tô chở than hoạt

động cả ngày nên lượng CO cao và không có xu hướng tăng giảm như tại các khu vực có phương tiện giao thông khác trong giờ cao điểm và thấp điểm. CO cùng với NO, NO₂, NO_x có nguồn gốc từ đốt cháy sinh khối, đốt nhiên liệu hóa thạch, các phương tiện giao thông, nhà máy điện và nồi hơi công nghiệp, đặc biệt, tại Quảng Ninh (một tỉnh công nghiệp nặng), các hoạt động sản xuất này diễn ra liên tục nên mối tương quan giữa các chất ô nhiễm này được giải thích.

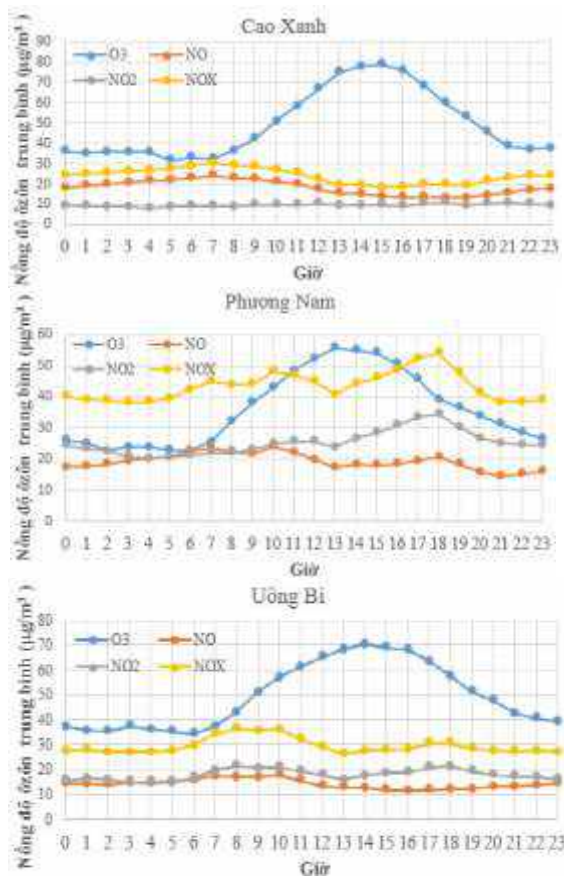
Ở cả ba trạm ta thấy, NO_x và NO có mối tương quan lớn (0,91-0,98), và mối tương quan thấp hơn nhiều giữa NO_x và NO₂ (0,31-0,57). Thông thường nồng độ NO_x = NO + NO₂, tại cả ba trạm ở Quảng Ninh, NO có giá trị lớn hơn nhiều so với NO₂. Tại trạm Phương Nam, O₃ có mối tương quan nghịch với NO₂ (-0,24) và NO_x (-0,25). Tại trạm Phương Nam, có mối tương quan nghịch giữa ôzôn với NO_x (-0,25) và NO₂ (-0,24). Thông thường, NO_x một mình kiểm soát sự hình thành ôzôn [7]. Theo nhiều nghiên cứu, nồng độ ôzôn tỷ lệ nghịch với sự biến thiên của NO_x. Sự gia tăng nồng độ ôzôn trong giờ ban ngày được cho là do các phản ứng quang phân NO₂ và quá trình oxy hóa của VOC, CO, hydrocarbon và các tiền chất ôzôn khác. Khí thải của NO_x được sản xuất chủ yếu từ các phương tiện giao thông, nhà máy điện và nồi hơi công nghiệp. Các phản ứng cơ bản về sự hình thành và phân giải O₃ có sự liên quan bởi NO và NO₂ được thể hiện bằng phương trình hoá học dưới đây [7]:



Xét các phản ứng từ (2)- (7), có thể thấy nồng độ O₃ trong không khí sẽ có sự tương quan với NO và NO₂ tại mỗi thời điểm là

khác nhau. Thứ tự tăng dần theo thời gian lần lượt là $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{O}_3$ (tức là nồng độ NO_x giảm theo thời gian, trong khi O_3 tăng lên từ các phản ứng trên). Tại trạm Cao Xanh, O_3 và NO_2 có mối tương quan thuận (0,35), do NO_2 là chất ô nhiễm thứ cấp, sự hình thành phụ thuộc vào quá trình chuyển hóa từ NO và O_3 .

3.2. Diễn biến nồng độ ôzôn theo giờ, ngày, tháng và mùa tại Quảng Ninh



Hình 5. Biến động nồng độ ôzôn trung bình giờ tại 3 địa điểm

Theo hình 5, nồng độ ôzôn tại 3 địa điểm đều có diễn biến tương đối giống nhau, các kết quả cho thấy chu trình ôzôn trong một ngày không có biến động đặc biệt tại các điểm nghiên cứu. Nồng độ trung bình theo 24 giờ của ôzôn mặt đất tại các trạm quan trắc được ghi nhận có giá trị dao động từ $18,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $78,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cao nhất là trạm Cao Xanh

và thấp nhất là tại trạm Phương Nam. Vào ban ngày từ 07 giờ đến 17 giờ, nồng độ ôzôn có giá trị trong khoảng từ $21,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $78,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ và buổi đêm từ 18 giờ tới 6 giờ sáng hôm sau có giá trị từ $18,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $60,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

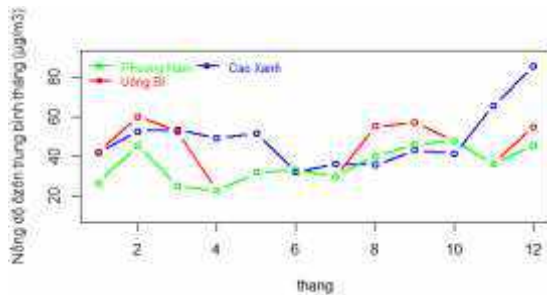
Có sự chênh lệch rõ ràng giữa nồng độ ôzôn ban ngày và ban đêm khi ban ngày giá trị tại cả 3 địa điểm đều cao hơn giá trị ban đêm từ 1,5 đến 3 lần.

Cả 3 địa điểm có thể chia biến động ôzôn trong ngày thành 3 giai đoạn chính. Giai đoạn 1 bắt đầu từ khoảng 22 giờ đến 6 giờ sáng ngày hôm sau khi đó nồng độ ôzôn giảm chậm và đạt giá trị cực tiểu vào khoảng 5 giờ - 6 giờ sáng. Giai đoạn 2 nồng độ ôzôn bắt đầu tăng lên nhanh từ 7 giờ sáng tới 14 giờ chiều và đạt giá trị cực đại trong khoảng 14 giờ đến 15 giờ chiều. Tiếp đến giai đoạn 3 từ sau 15 giờ chiều nồng độ ôzôn bắt đầu giảm xuống nhanh cho đến 21 giờ chiều. Cả ba trạm đều có sự dao động theo quy luật thăng giáng của các nghiên cứu trước đó [10], tức là nồng độ ôzôn đạt giá trị tối đa vào đầu giờ chiều và tối thiểu vào sáng sớm do ảnh hưởng trực tiếp của sự tăng giảm các phản ứng quang hóa vào ban ngày và ban đêm. Vào ban ngày, phản ứng quang hóa đạt thấp nhất vào buổi sáng và cao nhất vào cuối buổi chiều khi cường độ ánh sáng mặt trời và nhiệt độ cao nhất.

3.2.2. Biến động nồng độ ôzôn theo tháng và mùa

Khí hậu ở miền Bắc có sự phân chia 4 mùa rõ rệt với mùa xuân (tháng 2-4), mùa hè (tháng 5-7), mùa thu (tháng 8- 10), mùa đông (12-1). Ngoài ra, còn phân chia theo 2 mùa chính là mùa mưa (cuối mùa xuân tới đầu mùa thu) và mùa khô (cuối mùa thu tới đầu mùa xuân). Theo hình 6, nồng độ ôzôn mặt đất tăng vào tháng 2 (mùa xuân) do có thể được giải thích do bức xạ mặt trời trở nên cực mạnh vào mùa xuân, gây ra các phản ứng quang hóa của tiền chất ôzôn được tích lũy trong mùa đông và

điều này góp phần vào nồng độ ôzôn cao được quan sát thấy trong mùa xuân.



Hình 6. Diễn biến nồng độ ôzôn tại 3 trạm quan trắc trong năm 2016

Các quá trình trao đổi không khí giữa tầng bình lưu và tầng đối lưu ảnh hưởng đến các biến đổi ôzôn trên mặt đất, điều này có thể dẫn đến sự xuất hiện thường xuyên của giá trị ôzôn cao vào mùa xuân. Sự tích lũy của ôzôn vào mùa đông cũng cho phép ôzôn hình thành trong lớp đảo ngược và gây ra nồng độ ôzôn mùa xuân cao.

Thời gian sống quang hóa của O_3 vào mùa đông là khoảng 200 ngày [10]. Thời gian tồn tại lâu dài này cho phép sản xuất O_3 để tích lũy và đóng góp đáng kể vào mùa xuân. Sau đó, giá trị này giảm vào các tháng 4, 5, 6 và đạt giá trị nồng độ thấp vào tháng 6.

Trong khi đó, nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng vào mùa hè, nhiệt độ tăng, thời gian chiếu sáng kéo dài dẫn đến bức xạ mặt trời tăng khiến cho nồng độ ôzôn tăng cao và đạt cực đại [5]. Lý giải điều này là do vào thời điểm đó miền Bắc đang bước vào mùa mưa, mưa nhiều dẫn tới không khí được làm sạch, khiến cho việc số ngày nồng độ cao ít hơn các ngày được làm sạch dẫn đến trung bình nồng độ các chất ô nhiễm vào thời điểm này giảm xuống rõ rệt, ngoài ra, Quảng Ninh là tỉnh giáp biển, gió mang theo hơi ẩm từ biển sẽ làm cho nồng độ ôzôn giảm. Nồng độ ôzôn ở mức thấp vào mùa thu có thể là do không có đủ bức xạ mặt trời do bầu trời nhiều mây phản xạ lại bức xạ mặt trời chiếu xuống bề mặt, và cũng là sự rửa trôi các chất ô nhiễm không khí từ khí quyển do mưa.

Vào cuối mùa thu và mùa đông (mùa khô), đặc biệt là tháng 10, 11, 12, nồng độ ôzôn tăng cao hơn, điều này trái với nhiều nghiên cứu, tức là, khi nhiệt độ giảm, lượng ôzôn giảm [3, 6, 10]. Tuy nhiên, tại Quảng Ninh, mùa đông có lượng mưa thấp hơn so với các tháng mùa hè-thu (tháng 5-9) nên các khối khí ô nhiễm ít có khả năng được làm sạch, vào ban ngày trời vẫn có nắng khiến cho lớp không khí bề mặt ấm hơn trong khi lớp khí ở trên càng lên cao càng giảm nhiệt độ, tới buổi tối nhiệt độ của khối khí lạnh đi do phát ra bức xạ hồng ngoại dẫn đến nhiệt độ không khí tăng dần theo chiều cao (hiện tượng nghịch đảo nhiệt). Ngoài ra, khối không khí chứa chất ô nhiễm vào buổi sáng không thể bốc lên cao mà bị giữ lại tại mặt đất khiến cho nồng độ các chất ô nhiễm giảm rất chậm vào buổi tối cộng thêm việc tích tụ sau nhiều ngày nên nồng độ của ôzôn vào khoảng thời gian này có giá trị lớn và có thể kéo dài trong nhiều ngày, dẫn đến nồng độ ôzôn trung bình của mùa đông cao, kết quả này tương đồng với các nghiên cứu của Stathopoulou và cộng sự [5].

4. Kết luận

Mối tương quan giữa nồng độ ôzôn mặt đất với các thông số khí tượng trong nghiên cứu này chủ yếu là độ ẩm (với các giá trị tương quan nghịch biến ở các trạm Cao Xanh (-0,68), Ung Bí (-0,42) và Phương Nam (-0,66)). Ôzôn tại Trạm Cao Xanh lại có mối tương quan nghịch với nhiệt độ (-0,39). Đặc biệt, tại trạm Cao Xanh, ôzôn lại có mối tương quan thuận đối với CO (0,61), do đây là khu vực chịu ảnh hưởng từ hoạt động sản xuất điện, đốt nhiên liệu và phương tiện giao thông liên tục. Biến động nồng độ ôzôn tại 03 địa điểm đều có diễn biến tương đối giống nhau. Nồng độ trung bình theo 24 giờ của ôzôn mặt đất tại các trạm quan trắc được ghi nhận có giá trị dao động từ $18,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ đến $78,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cao nhất là trạm Cao Xanh và thấp nhất là tại trạm Phương Nam và có quy luật nồng độ ôzôn đạt giá trị tối đa vào đầu

giờ chiều và tối thiểu vào sáng sớm. Có sự chênh lệch rõ ràng giữa nồng độ ôzôn ban ngày và ban đêm khi ban ngày giá trị tại cả 3 địa điểm đều cao hơn giá trị ban đêm từ 1,5 đến 3 lần. Nồng độ ôzôn mặt đất tăng vào tháng 2 (mùa xuân) và mùa đông (tháng 12) do ảnh hưởng của mưa bão, đặc biệt là thời tiết chịu nhiều ảnh hưởng từ biển Đông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sharma, S., Sharma, P., & Khare, M., "Photo-chemical," *Atmospheric Environment*, Vol. 159, pp. 34–54, 2017.
- [2]. I. S. Isaksen, *Tropospheric Ozone: Regional and Global Scale Interactions*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [3]. Louise Camalier,, William Cox, Pat Dolwick, "The effects of meteorology on ozone in urban areas and their use," *Atmospheric Environment*, Vol. 41 , pp. 7127–7137, 2007.
- [4]. Castell, N., Mantilla, E., & Millan, M. M., "Analysis of tropospheric ozone concentration on a Western Mediterranean site: Castellon (Spain)," *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 136, No. 1-3, pp. 3–11, 2007.
- [5]. E. Stathopoulou, G. Mihalakakou, M. Santamouris, H. S. Bagiorgas, "On the impact of temperature on tropospheric ozone concentration levels in urban environments," *Journal of Earth System Science*, Vol. 117, No. 3, pp. 227–236, 2008.
- [6]. P. SMonks, "A review of the observations and origins of the of the spring ozone maximum," *Atmospheric Environment*, Vol. 34, No. 21, pp. 3545 – 3561, 2000.
- [7]. Annika Hagenbjörk, E. Malmqvist, K. Mattisson, Nilsson J. Sommar, L. Modig, "The spatial variation of O3, NO, NO2 and NOx and the relation between them in two Swedish cities," *Environment Monitoring Assessment*, 189, pp. 161, 2017.
- [8]. Im U., Incecik S., Guler M., Tek A., Topcu S., Unal Y. S., Yenigun O., Kindap T., Odman M. T., Tayanc M., "Analysis of surface ozone and nitrogen oxides at urban, semi-rural and rural sites in Istanbul, Turkey," *Science of The Total Environment*, Vol. 443, pp. 920–931, 2013.
- [9]. Louise Camalier,, William Cox, Pat Dolwick, "The effects of meteorology on ozone in urban areas and their use," *Atmospheric Environment*, Vol. 41, pp. 7127–7137, 2007.
- [10]. Dawson, J. P., Adams, P. J., Pandis, S. N., "Sensitivity of ozone to summertime climate in the eastern USA: a modeling case study," *Atmospheric Environment*, Vol. 41, pp. 1494–1511, 2007.

