

XÂY DỰNG QUY TRÌNH XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN TRONG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH

ĐỖ THỊ TUYẾT NHUNG ⁽¹⁾, NGUYỄN ĐỨC THỊNH ⁽¹⁾, TRẦN THỊ LỆ THU ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tình trạng ô nhiễm không khí đang là vấn đề nan giải của thế giới và Việt Nam cũng không ngoại lệ. Theo Báo cáo thường niên về Chỉ số Môi trường (The Environmental Performance Index - EPI) do tổ chức Môi trường Mỹ thực hiện, Việt Nam là một trong 10 quốc gia có tình trạng ô nhiễm không khí hàng đầu Châu Á đặc biệt là ô nhiễm bụi mịn (PM_{10} , $PM_{2.5}$) [1]. Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) đã gọi tình trạng ô nhiễm không khí là “kẻ giết người thầm lặng” bởi 92% dân số thế giới đang sống trong môi trường có chất lượng không khí ở dưới mức tiêu chuẩn của WHO.

Theo Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam giai đoạn 2016 - 2020 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [2], trong giai đoạn vừa qua, ô nhiễm không khí ở nước ta tiếp tục là một trong các vấn đề nóng về môi trường. Môi trường không khí bị ô nhiễm chủ yếu là bụi (TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$), đặc biệt là ô nhiễm bụi ở các đô thị lớn, ở một số khu công nghiệp, một số khu vực khai thác khoáng sản và ở một số làng nghề. Ô nhiễm bụi có xu hướng tăng dần từ năm 2015 - 2019 (ô nhiễm nhất) và được giảm bớt vào năm 2020 do thực hiện giãn cách vì đại dịch Covid-19. Các thông số khí ô nhiễm như SO_2 , NO_2 , O_3 , CO, VOC... về cơ bản vẫn nằm trong giới hạn cho phép.

Hậu quả của ô nhiễm không khí đối với con người là rất nghiêm trọng và là tác nhân chính khiến cho tỷ lệ người mắc bệnh về hô hấp, ung thư... ngày càng tăng. Theo đó, ô nhiễm bụi mịn $PM_{2.5}$ chính là thủ phạm gây ra nhiều ca tử vong nhất vì chúng có kích thước rất nhỏ nên dễ đi vào các nang trong phổi gây nên các bệnh về hô hấp. Bụi mịn $PM_{2.5}$ kết hợp với các khí CO, SO_2 , NO_2 có trong không khí gây kích ứng niêm mạc, cản trở hemoglobin kết hợp với oxy khiến tế bào thiếu oxy, dẫn đến suy giảm chức năng phổi và làm nặng thêm tình trạng bệnh hen suyễn và bệnh tim mạch [3]. Vì vậy, việc tiến hành giám sát hàm lượng các thông số cơ bản trong không khí xung quanh (ambient air) để đảm bảo chất lượng môi trường không khí là rất cần thiết. Ở Việt Nam hiện đang áp dụng QCVN 05:2023/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí. Quy chuẩn này quy định giá trị giới hạn tối đa các thông số cơ bản và các thông số độc hại trong không khí xung quanh [4].

Theo thông tư 10/2021/BTNMT [5], để xác định hàm lượng các thông số SO_2 , CO, NO_2 có nhiều phương pháp khác nhau. Tuy nhiên các phương pháp đó đều đòi hỏi máy móc, trang thiết bị hiện đại, hóa chất đắt tiền. Chính vì vậy, trong bài báo này nhóm nghiên cứu xây dựng quy trình xác định hàm lượng các thông số cơ bản SO_2 , CO, NO_2 , tổng bụi lơ lửng (TSP), bụi PM_{10} , bụi $PM_{2.5}$ và chỉ bụi trong không khí xung quanh phù hợp với điều kiện trang thiết bị của phòng thí nghiệm, dễ thực hiện do chủ yếu sử dụng phương pháp trắc quang. Đây là cơ sở để xác định, đánh giá các chất gây ô nhiễm, đẩy mạnh công tác nghiên cứu, giám sát chất lượng môi trường không khí, nâng cao khả năng hoạt động dịch vụ trong lĩnh vực quan trắc môi trường đặc biệt là quan trắc môi trường không khí.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, địa điểm, thời gian nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: SO_2 , CO, NO_2 , TSP, bụi PM_{10} , bụi $\text{PM}_{2.5}$ và chì bụi trong không khí xung quanh.

Địa điểm lấy mẫu: Mẫu được thu thập tại Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga: Tiến hành lấy mẫu trong phòng sạch của phòng Phân tích môi trường và sân thượng tòa nhà S₁ có tọa độ: 10.7770914, 106.6816320.

2.2. Hóa chất, chất chuẩn

Các hóa chất, chất chuẩn được sử dụng của hãng Sigma-Aldrich, bình khí chuẩn CO (Linde, Mỹ), giấy lọc sợi thạch anh (Whatman, Anh).

2.3. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

2.3.1. Phương pháp lấy mẫu

Mẫu bụi $\text{PM}_{2.5}$, chì bụi và TSP được lấy bằng thiết bị lấy mẫu lưu lượng lớn Tisch (model TE-1000D-BXL, Mỹ) với khả năng lấy mẫu liên tục, lưu lượng lấy mẫu trong khoảng $100 \div 280$ lít/phút. Thể tích lấy mẫu tối thiểu 325 m^3 với thời gian lấy mẫu trong 24 giờ.



a)



b)



c)



d)

Hình 1. a) Thiết bị lấy mẫu TE-1000D-BXL, Tisch, Mỹ
b) Thiết bị lấy mẫu TE-607VFC+BLX, Tisch, Mỹ
c) Dụng cụ bẫy khí CO, Việt Nam
d) Thiết bị lấy mẫu lưu lượng thấp

Mẫu bụi PM₁₀ được lấy bằng thiết bị thu mẫu bụi PM₁₀ thể tích lớn Tisch (model TE-6070VFC+BLX, Mỹ) với thể tích tối thiểu 7,5 m³ với thời gian lấy mẫu trong 6 ÷ 8 giờ.

Các mẫu bụi sau khi lấy cần bảo quản trong túi kín, sạch ở nhiệt độ thường và lưu giữ trong hộp kín để tránh tối đa sự rung lắc và va chạm, vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm và cân xác định khối lượng càng sớm càng tốt.

Mẫu khí CO: Sử dụng dung dịch hấp thụ đặt trong bình CO (được hút chân không có thể tích 1 lít) để lấy mẫu khí về phòng thí nghiệm phân tích.

Mẫu khí NO₂, SO₂ dùng dung dịch hấp thụ riêng cho mỗi loại, thu mẫu và đưa về phân tích trong phòng thí nghiệm. Mẫu được lấy bằng thiết bị lấy mẫu lưu lượng thấp (model MP-sigma300NII, Sibata, Nhật Bản) với khoảng tốc độ dòng: 0,5 đến 3,0 lít/phút. Thời gian lấy mẫu từ 30 phút đến 60 phút.

Đối với các mẫu khí SO₂, CO, NO₂ phải phân tích ngay sau khi lấy, nếu không phải bảo quản ở 5°C và phân tích trong vòng 24 giờ.

2.3.2. Phương pháp phân tích mẫu

Bụi TSP, PM₁₀, PM_{2.5}: Xác định bằng phương pháp khối lượng.

Các khí SO₂, CO, NO₂ xác định bằng phương pháp trắc quang. Nguyên tắc: dựa trên sự tác dụng của dung dịch phân tích với thuốc thử trong điều kiện nhất định sinh ra một màu. Cường độ màu sinh ra tỷ lệ với lượng chất có mặt trong dung dịch. Sau khi ổn định màu, dung dịch phân tích đem so sánh với dung dịch chất chuẩn bằng quang kế, cụ thể như sau:

Khí SO₂: Lưu huỳnh dioxit khi hấp thụ vào dung dịch tetraclo thủy ngân (tetracloromercurat - TCM) sẽ tạo thành phức chất diclosulfit thủy ngân. Thêm dung dịch axit sulfamic vào dung dịch mẫu để phá hủy hết các ion nitrit từ không khí bị hấp thụ theo vào mẫu. Tiếp đó, thêm dung dịch pararosanilin hydroclorua đã axit hóa vào mẫu cùng với đó dung dịch formaldehit sẽ biến phức trên thành axit pararosanilin-metyl-sunfonic có màu tím thẫm. Phức này có bước sóng hấp thụ cực đại ở 550 nm. Dùng thiết bị quang phổ hấp thụ phân tử (UV-Vis) để đo cường độ hấp thụ quang sẽ xác định được hàm lượng SO₂ có trong mẫu bằng phương pháp đường chuẩn.

Khí NO₂: Nitơ dioxit có mặt trong mẫu khí được hấp thụ bằng cách cho đi qua thuốc thử màu azo trong khoảng thời gian xác định và hỗn hợp tạo thành màu hồng trong vòng 15 phút. Độ hấp thụ của dung dịch mẫu sau đó được đo bằng thiết bị UV-Vis ở bước sóng 540 nm. Nồng độ khối lượng tương ứng của nitơ dioxit được xác định từ đường chuẩn của độ hấp thụ ứng với nồng độ đã biết của chất chuẩn natri nitrit.

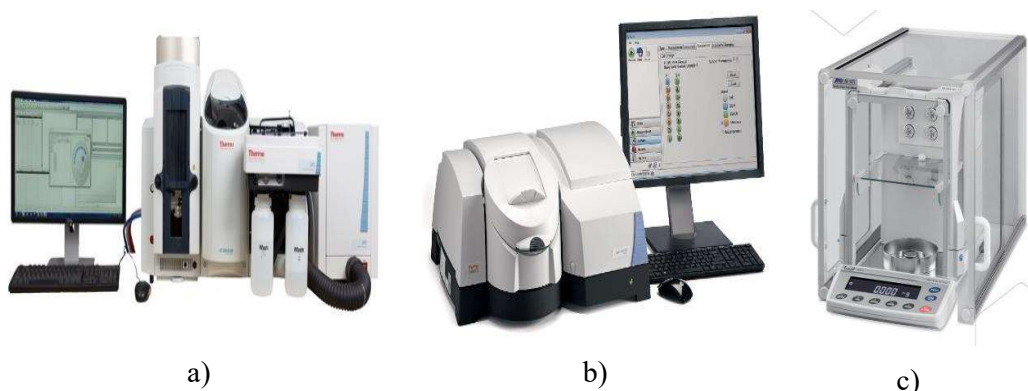
Khí CO: Cacbon oxit tác dụng với paladi clorua dư tạo thành paladi kim loại. Cho thuốc thử folinxiocantor (màu vàng) vào dung dịch để xác định lượng paladi tạo thành, thuốc thử sẽ bị khử chuyển thành màu xanh. Dùng thiết bị UV-Vis ở bước sóng 765 nm để đo cường độ hấp thụ quang sẽ xác định được hàm lượng CO có trong mẫu bằng phương pháp đường chuẩn.

Chì bụi: Xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử kỹ thuật lò graphit (GF-AAS). Bụi được thu gộp trên giấy lọc được phân huỷ bằng axit. Mọi lượng chì có trên giấy lọc được hoà tan và dung dịch mẫu được phân tích bằng phương pháp GF-AAS. Phương pháp này được sử dụng để xác định hàm lượng chì bụi trong tổng bụi lơ lửng.

Các tiêu chuẩn áp dụng cho phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Tiêu chuẩn áp dụng phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

TT	Tên thông số	Tên/số hiệu phương pháp sử dụng	Trích dẫn
1	SO ₂	TCVN 5971:1995	[6]
2	CO	VNPN-MT-HDPP55 (Phương pháp nội bộ)	[7]
3	NO ₂	TCVN 6137:2009	[8]
4	TSP	TCVN 5067:1995	[9]
5	PM ₁₀	40 CFR Part 50 Method Appendix J	[10]
6	PM _{2.5}	40 CFR Part 50 Method Appendix L	[11]
7	Chì bụi	TCVN 6152:1996	[12]



Hình 2. a) Thiết bị AAS, model iCE - 3500, Thermo Scientific - Mỹ

b) Thiết bị UV-Vis, model EV300PC, Thermo Scientific - Mỹ

c) Cân phân tích 6 số lẻ, model: BM-20, Hãng: A&D - Nhật Bản

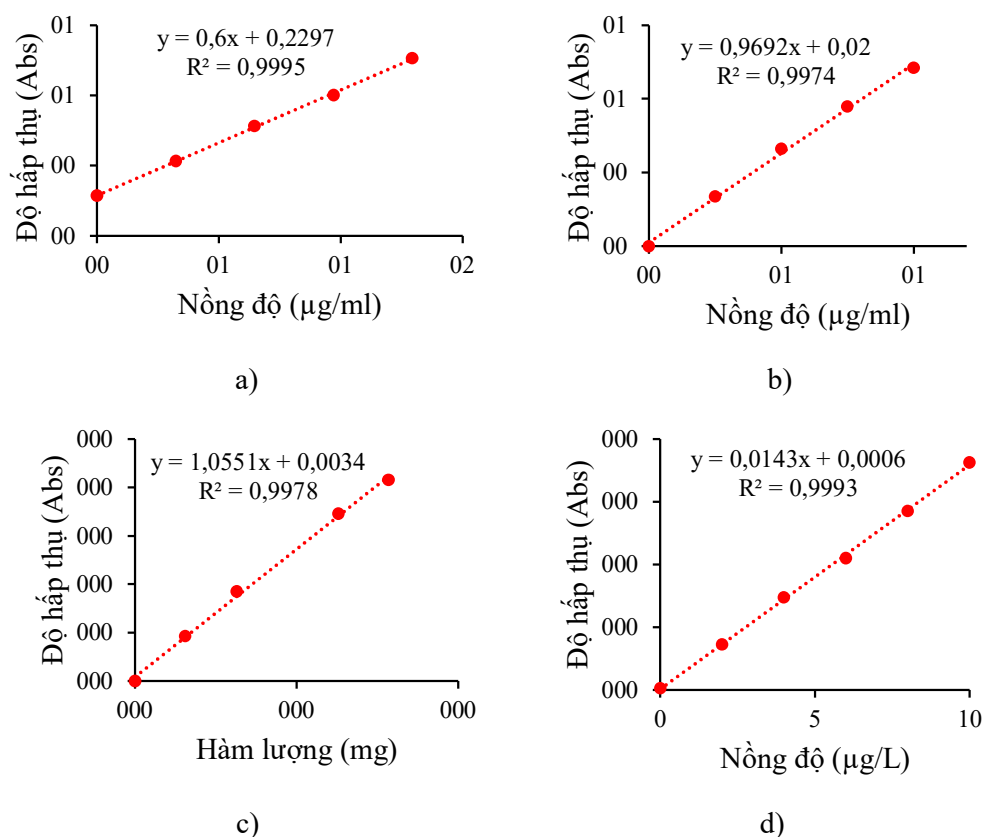
2.4. Phương pháp phân tích số liệu

Sử dụng phần mềm Microsoft Excel để phân tích, đánh giá số liệu. Áp dụng các tiêu chuẩn trong và ngoài nước để xây dựng hồ sơ xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp phân tích.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng đường chuẩn

Phương pháp đường chuẩn là một công cụ quan trọng trong phân tích hóa học bằng phương pháp quang phổ, giúp xác định nồng độ của chất phân tích thông qua mối liên hệ giữa độ hấp thụ quang và nồng độ đã biết của chất chuẩn. Dưới đây là các đường chuẩn của SO_2 , NO_2 , CO và chì bụi trong không khí xung quanh được chúng tôi thiết lập:



Hình 3. a) Đường chuẩn lưu huỳnh dioxit; b) Đường chuẩn nitơ dioxit; c) Đường chuẩn cacbon monoxit; d) Đường chuẩn chì bụi.

Các đường chuẩn của phương pháp phân tích SO_2 , CO, NO_2 và chì bụi trong không khí xung quanh đều đạt ($R^2 > 0,995$) theo quy định của Hiệp hội các nhà Hóa học phân tích (Association of Official Analytical Chemists - AOAC) [13].

3.2. Xác định giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp

Tiến hành xác định giới hạn phát hiện của phương pháp (MDL) dựa trên phân tích mẫu trắng và mẫu thêm chuẩn. Mẫu thêm chuẩn là mẫu được bổ sung thêm một lượng chất cần phân tích đã biết trước nồng độ trên nền mẫu thực. Thực hiện xử lý

tối thiểu 7 mẫu thêm chuẩn và 7 mẫu trắng tương ứng theo các bước được mô tả trong phương pháp phân tích. Mẫu được sử dụng cho việc xác định MDL phải được chuẩn bị và phân tích trong 3 ngày riêng biệt. Tính toán giới hạn định lượng của phương pháp (LOQ) theo giá trị MDL vừa xác định được.

3.2.1. Tính toán MDL_s và LOQ

Tính toán giá trị MDL_s :

$$MDL_s = t_{(n-1, 1-\alpha=0,99)} \cdot S_s$$

Trong đó:

MDL_s : Giới hạn phát hiện của phương pháp tính toán từ mẫu thêm chuẩn;

$t_{(n-1, 1-\alpha=0,99)}$: Giá trị t-student với mức ý nghĩa $\alpha = 0,01$ và bậc tự do n-1 (tra bảng);

S_s : Độ lệch chuẩn của các giá trị từ việc phân tích các mẫu thêm chuẩn.

Tính toán giới hạn định lượng: $LOQ = 10 \times S_s$

Kết quả xác định giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp phân tích SO_2 , CO, NO_2 , chì bụi trong không khí xung quanh được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp dựa trên mẫu thêm chuẩn

TT	Thông số	Mẫu trắng (n=7) (mg/l)	Mẫu thêm chuẩn (n=7) (mg/l)	Giá trị trung bình (µg/Nm ³)	SD	MDL (µg/Nm ³)	LOQ (µg/Nm ³)
1	SO ₂	0,000	0,250	9,7	1,0	2,4	9,9
2	CO	0,000	0,300	10 070	1 030	2 530	10 340
3	NO ₂	0,000	0,300	8,0	0,8	2,0	8,3
4	Chì bụi	0,000	0,003	0,010	0,001	0,004	0,013

Nm³ là mét khối khí chuẩn.

3.2.2. Tính toán MDL_b và LOQ

Nếu tất cả các giá trị từ mẫu trắng cho kết quả số học thì MDL_b được tính theo công thức sau:

$$MDL_b = \bar{X} + t_{(n-1, 1-\alpha=0,99)} \cdot S_b$$

Trong đó:

MDL_b : Giá trị MDL tính toán từ mẫu trắng;

$\bar{X}$: Trung bình của các giá trị mẫu trắng phương pháp (sử dụng giá trị = 0 nếu kết quả là số âm);

$t_{(n-1, 1-\alpha=0,99)}$: Giá trị t-student với mức ý nghĩa $\alpha = 0,01$ và bậc tự do $n-1$ (tra bảng);

S_s : Độ lệch chuẩn của giá trị từ việc phân tích các mẫu trắng.

Tính toán giới hạn định lượng: $LOQ = 3 \times MDL_b$

Tiến hành lấy mẫu 7 lần trong phòng sạch (mẫu trắng). Kết quả xác định giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp phân tích TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$ trong không khí xung quanh được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp dựa trên mẫu trắng

TT	Thông số	Giá trị trung bình ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	SD	MDL ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	TSP	36,6	0,6	38,6	115,7
2	PM_{10}	14,0	0,8	16,5	49,6
3	$PM_{2.5}$	6,37	0,04	6,50	19,51

3.3. Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp

Xác nhận giá trị sử dụng phương pháp phân tích là việc chứng minh phương pháp phân tích phù hợp với mục đích và điều kiện hiện có của phòng thí nghiệm. Sự phù hợp đó được thể hiện qua các thông số đánh giá độ chụm (độ lặp, độ tái lặp), độ đúng (đánh giá qua độ thu hồi hoặc phân tích mẫu CRM/mẫu thử nghiệm thành thạo), độ không đảm bảo đo. Độ chụm được đánh giá thông qua độ lặp lại của mẫu thực. Mẫu được phân tích lặp lại 7 lần và được thực hiện như nhau bởi hai nhân viên thử nghiệm. Độ đúng được thực hiện thông qua hiệu suất thu hồi của mẫu thêm chuẩn, trong đó các mẫu thêm chuẩn được đo lặp lại 7 lần. Kết quả được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Độ chụm, độ đúng và độ không đảm bảo đo của phương pháp phân tích

TT	Thông số	Chỉ tiêu	Hàm lượng ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Công bố của phòng thí nghiệm	Tiêu chí đánh giá	Kết quả
1.	Độ chụm	Chì bụi	0,022	13,1%	$RSD_r (\%) \leq 15\%$	Đạt
		SO ₂	10,8	2,2%	$RSD_r (\%) \leq 11\%$	Đạt
		NO ₂	8,3	4,4%		Đạt
		CO	20930	5,6%		Đạt
		Chì bụi	0,022	14,8%	$RSD_R (\%) \leq 22\%$	Đạt
		SO ₂	10,8	2,9%	$RSD_R (\%)$	Đạt

		NO ₂	8,3	4,6%	≤ 16%	Đạt
		CO	20930	6,2%		Đạt
2.	Độ đúng	Chì bụi	0,022	83,3 ÷ 104,2%	60 ÷ 115%	Đạt
		SO ₂	10,8	91,3 ÷ 102,7%	80 ÷ 110%	Đạt
		NO ₂	8,3	93,5 ÷ 99,0%		Đạt
		CO	20930	92,7 ÷ 102,8%		Đạt
3.	Độ không đảm bảo đo	Chì bụi	0,022	0,021 ± 0,002 µg/Nm ³		Đạt
		SO ₂	10,8	10,6 ± 0,9 µg/Nm ³		Đạt
		NO ₂	8,3	8,2 ± 0,8 µg/Nm ³		Đạt
		CO	20930	20670 ± 2000 µg/Nm ³		Đạt

Kết quả cho thấy độ chụm và độ đúng của phương pháp đều đạt giá trị theo hướng dẫn của AOAC [13], chứng tỏ các phương pháp phân tích và lấy mẫu SO₂, CO, NO₂, chì bụi trong không khí xung quanh được nhóm nghiên cứu xây dựng có độ tin cậy cao, có thể áp dụng để phân tích mẫu thật. Bên cạnh đó, phương pháp còn dễ tiến hành, hóa chất rẻ tiền do chủ yếu sử dụng phương pháp trắc quang để xác định hàm lượng. Tuy giá trị MDL và LOQ không thấp như khi phân tích bằng các phương pháp sắc ký nhưng vẫn phù hợp với QCVN 05:2023/BTNMT [4], phù hợp với tình hình thực tế và điều kiện của phòng thí nghiệm.

3.4. Kết quả tham gia chương trình thử nghiệm thành thạo

Việc tham gia chương trình thử nghiệm thành thạo giúp phòng thí nghiệm nâng cao và đánh giá năng lực phân tích của đơn vị, đây là phương thức nhằm đảm bảo chất lượng kết quả thử nghiệm. Phòng thí nghiệm Chi nhánh Phía Nam/Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga đã tham gia chương trình thử nghiệm thành thạo Phân tích các chỉ tiêu đánh giá chất lượng không khí xung quanh mã số VPT.1.5.23.295 do Hội các phòng thí nghiệm Việt Nam VINALAB tổ chức tháng 10 năm 2023 trong không khí xung quanh đối với 2 thông số NO₂, SO₂. Tất cả các thông số đều cho kết quả đạt yêu cầu, cụ thể như sau:

Bảng 5. Kết quả tham gia chương trình thử nghiệm thành thạo

STT	Tên chỉ tiêu	Kết quả/ Z _{score}	Mức yêu cầu	Đánh giá
1	Khí NO ₂	-1,10	Z _{score} < 2	Đạt
2	Khí SO ₂	1,44	Z _{score} < 2	Đạt

3.5. Kết quả phân tích mẫu thật

Các mẫu bụi TSP, PM₁₀, PM_{2.5} được thu thập trong vòng từ 8 đến 24 giờ, các mẫu khí SO₂, CO, NO₂ thu thập trong vòng 1 giờ tại sân thượng tòa nhà S₁ và được phân tích theo quy trình đã xây dựng, kết quả phân tích được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả phân tích mẫu thật

TT	Thông số	Thể tích không khí (Nm ³)	Kết quả (µg/Nm ³)
1	SO ₂	0,060	58,5
2	CO	0,001	3548
3	NO ₂	0,060	73,2
4	TSP	328,2	44,6
5	PM ₁₀	395,8	26,5
6	PM _{2.5}	270,2	11,4
7	Chì bụi	328,2	< 0,004

Từ kết quả trên cho thấy, các thông số vẫn nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT.

4. KẾT LUẬN

Phòng thí nghiệm Chi nhánh Phía Nam/Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga đã xây dựng được quy trình xác định hàm lượng SO₂, CO, NO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2.5} và chì bụi trong không khí xung quanh với các điều kiện tối ưu, phù hợp với trang thiết bị và điều kiện của phòng thí nghiệm. Giới hạn phát hiện của phương pháp phân tích SO₂, CO, NO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2.5} và chì bụi lần lượt là 2,4 µg/Nm³; 2530 µg/Nm³; 2,0 µg/Nm³; 38,6 µg/Nm³; 16,5 µg/Nm³; 6,5 µg/Nm³ và 0,004 µg/Nm³. Như vậy, quy trình phân tích có độ tin cậy cao, đáp ứng yêu cầu phân tích mẫu thực tế.

Sau khi xây dựng quy trình xác định các thông số cơ bản trong không khí xung quanh, phòng thí nghiệm đã đăng ký và được cấp Giấy chứng nhận đủ điều kiện hoạt động dịch vụ quan trắc môi trường số 39/GCN-BTNMT theo Nghị định số 08/2022/NĐ-CP của Bộ Tài nguyên và Môi trường [13] cho các thông số này trong nền mẫu không khí xung quanh. Trên cơ sở Giấy chứng nhận mới được cấp, phòng thí nghiệm Chi nhánh Phía Nam/Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga sẽ có cơ sở pháp lý để thực hiện các hoạt động dịch vụ trong lĩnh vực quan trắc môi trường, đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng hoạt động quan trắc, góp phần bảo vệ môi trường và sức khỏe cộng đồng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. https://epi.yale.edu/sites/default/files/files/VNM_EPI2020_CP.pdf.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam giai đoạn 2016-2020*, 2021.

3. Cho, Ching-Chang et al., *In vitro and in vivo experimental studies of PM_{2.5} on disease progression*, International journal of environmental research and public health, 2018, **15**(7):1380. DOI: 10.3390/ijerph15071380
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí*, QCVN 05:2023, 2023.
5. Thông tư 10/2021/TT-BTNMT, *Quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường*, 2021.
6. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường, *Không khí xung quanh - Xác định nồng độ khối lượng của lưu huỳnh dioxit - Phương pháp tetracloromercurat (TCM)/pararosanilin*, TCVN 5971:1995, 1995, tr.1-15.
7. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường, *Tiêu chuẩn ngành 52 TCN 325:1989 về Cacbon oxyt*. 52 TCN 325:2989, 1989, tr.1-3.
8. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường, *Không khí xung quanh - Xác định nồng độ khối lượng của nitơ dioxit - Phương pháp Griess-Saltzman cải biên*, TCVN 6137:2009, 2009, tr.1-6.
9. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường, *Không khí xung quanh - Phương pháp khối lượng xác định hàm lượng bụi*, TCVN 5067:1995, 1995, tr.1-3.
10. US Code, *Appendix J to Part 50 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM₁₀ in the Atmosphere*, 2024, tr. 1 - 9.
11. US Code, *Appendix L to Part 50 - Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM_{2.5} in the Atmosphere*, 2024, tr.1 - 9.
12. Bộ Khoa học, Công nghệ và Môi trường, *Không khí xung quanh - Xác định hàm lượng chì bụi của sol khí thu được trên cái lọc - Phương pháp trắc phổ hấp thụ nguyên tử*. TCVN 6152:1996, 1996, tr. 1-15.
13. AOAC, *Official methods of analysis*, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 18th edition, 2005, p.1-18.
14. Nghị định 08/2022/NĐ-CP ngày 10/01/2022, *Quy định chi tiết một số điều của luật bảo vệ môi trường*.

Nhận bài ngày 22 tháng 7 năm 2024

Phản biện xong ngày 14 tháng 8 năm 2024

Hoàn thiện ngày 15 tháng 8 năm 2024

⁽¹⁾ Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Liên hệ: **Đỗ Thị Tuyết Nhung**

Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Số 3, đường 3/2, Phường 11, Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh

Điện thoại: 0983600098; Email: dotuyetnhung_vn@yahoo.com