

## THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: Phùng Thị Vĩ
2. Giới tính: Nữ
3. Ngày sinh: 20/11/1991
4. Nơi sinh: Hà Nội
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: số 3358/QĐ-KHTN ngày 28/10/2019 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo (nếu có): Đổi tên đề tài theo quyết định số 3515/QĐ-ĐHKHTN ngày 17/12/2021 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
7. Tên đề tài luận án: Nghiên cứu mức độ ô nhiễm của các hợp chất hydrocarbon perfluor hóa (PFC) trong môi trường làng nghề tái chế giấy và khả năng xử lý ô nhiễm bằng bèo tây (*Eichhornia crassipes*).
8. Chuyên ngành: Hóa môi trường
9. Mã số: 9440120.05
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: HDC: PGS.TS. Dương Hồng Anh  
HDP: GS.TS. Phạm Hùng Việt
11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

Mục đích của luận án này là đánh giá tổng thể hiện trạng ô nhiễm bởi các hợp chất perfluor hóa (PFC) tại khu vực làng nghề tái chế giấy Phong Khê, tỉnh Bắc Ninh. Cụ thể, nghiên cứu tập trung xác định nồng độ các hợp chất PFC trong các thành phần môi trường bao gồm nước mặt, trầm tích, nước ngầm và cá nước ngọt tại khu vực này. Trên cơ sở kết quả quan trắc, nghiên cứu tiến hành đánh giá rủi ro sinh thái từ ô nhiễm nước mặt và đánh giá rủi ro sức khỏe con người liên quan đến việc sử dụng nước ngầm và tiêu thụ cá có nguy cơ bị nhiễm PFC. Ngoài ra, nghiên cứu còn hướng tới việc đánh giá khả năng tích lũy sinh học của các hợp chất PFC trên cây bèo tây, từ đó xem xét triển vọng ứng dụng loài thực vật này trong xử lý nước bị ô nhiễm PFC. Đối tượng nghiên cứu bao gồm các hợp chất PFC trong các mẫu nước mặt (sông Cầu, sông Ngũ Huyện Khê), trầm tích, nước ngầm từ các hộ dân cư và mẫu cá nước ngọt tại khu vực Phong

Khê. Đây là một trong những nghiên cứu đầu tiên tiếp cận toàn diện vấn đề ô nhiễm PFC tại một làng nghề điển hình ở Việt Nam.

Luận án đã trình bày chi tiết các phương pháp nghiên cứu đã sử dụng bao gồm: (1) Phương pháp thu thập và xử lý mẫu, (2) Phương pháp phân tích mẫu sử dụng hệ sắc kí lỏng ghép nối khối phổ hai lần (LC-MS/MS), (3) Phương pháp đánh giá sự vận chuyển của PFC từ môi trường nước vào trầm tích và thực vật, (4) Phương pháp đánh giá rủi ro sinh thái từ sự ô nhiễm các hợp chất PFC gây ra cho các loại sinh vật thủy sinh, (5) Phương pháp đánh giá rủi ro sức khỏe từ sự ô nhiễm PFC trong nước ngầm và cá, (6) Phương pháp xử lý số liệu.

Về các kết quả chính: luận án đã xác định được hàm lượng của các hợp chất PFC trong nước mặt ( $n = 40$ ), nước ngầm ( $n = 40$ ), trầm tích ( $n = 25$ ), và cá ( $n = 47$ ) được thu thập tại khu vực làng nghề tái chế giấy Phong Khê, tỉnh Bắc Ninh. Đối với nước mặt, tần suất phát hiện PFC trong mẫu lên tới 95% (38/40 mẫu) và tất cả 12 PFC được phân tích đều được tìm thấy trong các mẫu này. Là những chất có tần suất phát hiện cao nhất khi được tìm thấy ở cả hai mùa, các PFC với số C  $\leq 8$  cũng là những chất có nồng độ trong nước mặt cao nhất. Các hợp chất mạch dài được phát hiện khác, gồm các PFCA với C9-C14 chỉ được tìm thấy với nồng độ khá thấp nằm trong khoảng KPH – 4,00 ng/L. Kết quả phân tích rủi ro sinh thái cho thấy phần lớn các giá trị rủi ro đều nằm trong ngưỡng an toàn đối với các nhóm sinh vật thủy sinh. Đối với nước ngầm, tần suất phát hiện các PFC thấp hơn so với trong nước mặt. Các PFCA với C6 - C8 là những hợp chất có mặt thường xuyên nhất trong các mẫu nước ngầm và tần suất phát hiện trong mùa khô cao hơn trong mùa mưa. Các mẫu phía Nam sông Ngũ Huyện Khê có tần suất phát hiện PFC cao hơn các mẫu phía Bắc sông ở cả hai mùa. Các giá trị HR được tính toán cho tổng PFC trong nghiên cứu này đều nhỏ hơn 1,0 cho thấy nguy cơ thấp về rủi ro sức khỏe liên quan đến việc sử dụng nước ngầm trong khu vực nghiên cứu. Đối với trầm tích, tổng hàm lượng PFC được tìm thấy trong trầm tích nằm trong khoảng 0,03 – 6,32 ng/g với giá trị trung bình là 1,73 ng/g và giá trị trung vị là 0,88 ng/g. Hệ số phân bố giữa pha nước và trầm tích log K<sub>d</sub> dao động từ 0,56 đến 3,97, phản ánh sự biến động lớn về phân bố pha giữa các hợp chất phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Đối với cá, tổng hàm lượng PFC trong bảy loài cá nước ngọt nằm trong khoảng từ 0,08 đến 8,06 ng/g với giá trị trung vị là 1,01 ng/g w.w và hàm lượng trung bình là 1,69 ng/g w.w. Hàm lượng trung bình của tổng PFC (ng/g w.w) tăng dần theo thứ tự: diếc (0,74) < chép (0,88) < trê (1,26) < quả (1,29) < trôi (1,41) < rô phi (1,42) < thiều (7,01). Tổng hàm lượng PFC,

PFCA và PFSA trong cá thiếu lớn hơn đáng kể so với các loài khác. Tính toán rủi ro cho thấy việc phơi nhiễm PFC không ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của người dân địa phương. Luận án đã đánh giá được sơ bộ tiềm năng tích lũy các PFC của bèo tây từ dung dịch nước. Các bộ phận khác nhau của cây bèo tây, bao gồm rễ, thân và lá có khả năng khác nhau trong việc tích lũy các PFC từ dung dịch nước. Tỷ lệ loại bỏ của từng PFC vào tuần thứ ba dao động từ 48,9% đến 82,6% và đạt  $63,5 \pm 4,5\%$  tổng lượng PFC. Trong số các PFC, PFHxS thể hiện tỷ lệ loại bỏ thấp nhất (28,8 - 48,9%), trong khi PFPeA cho thấy hiệu quả cao nhất trong việc loại bỏ (59,8 - 82,6%). Hiệu quả loại bỏ PFC mạch ngắn như PFBA, PFPeA và PFBS được phát hiện vượt trội hơn so với các đồng đẳng mạch dài hơn.

Kết luận: (1) Luận án đã xác định được hàm lượng của các PFC trong nước mặt, nước ngầm, trầm tích và cá tại khu vực tái chế giấy Phong Khê; (2) Trên cơ sở thành phần và hàm lượng của các PFC trong các thành phần môi trường, luận án đã đánh giá được nguồn gốc, rủi ro sinh thái từ sự ô nhiễm các PFC đến sinh vật thủy sinh, rủi ro sức khỏe đối với con người khi sử dụng nước ngầm và cá tại khu vực nghiên cứu; (3) Luận án đã đánh giá sơ bộ được tiềm năng tích lũy một số PFC của bèo tây từ dung dịch nước và mở ra triển vọng sử dụng thực vật thủy sinh xử lý ô nhiễm nước.

## 12. Các hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Tiếp tục triển khai hướng nghiên cứu sử dụng bèo tây ở các mức nồng độ khác nhau
- Nghiên cứu tiềm năng loại bỏ PFC của một số loại thực vật khác tại Việt Nam

## 13. Các công trình công bố liên quan đến luận án:

1. **Phung Thi Vi**, Nguyen Thuy Ngoc, Phan Dinh Quang, Nguyen Thanh Dam, Nguyen Minh Tue, Le Huu Tuyen, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2022), “Perfluoroalkyl substances in freshwater and marine fish from northern Vietnam: Accumulation levels, profiles, and implications for human consumption”, *Marine Pollution Bulletin* Vol. 182, 113995. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113995>. **Tạp chí WoS/Q1, IF = 4.9.**
2. **Phung Thi Vi**, Truong Thi Kim, Le Thanh Huyen, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2023), “Determination of perfluorinated compounds in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms using LC-MS/MS in combination with sample preparation by ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction”, *Journal of Science and*

*Technology - Nguyen Tat Thanh University* Vol. 6, No. 4, pp. 8-14.  
<https://doi.org/10.55401/rd9y5295>.

3. **Phung Thi Vi**, Nguyen Thuy Ngoc, Nguyen Thanh Dam, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2024), “Levels, profiles and distribution of perfluoroalkyl substances in groundwater in Bac Ninh province, Vietnam”, *Vietnam Journal of Science and Technology*, Vol. 63, No. 1, pp. 123-137. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/19196>. **Tạp chí Scopus.**
4. **Thi Vi Phung**, Thanh Dam Nguyen, Thuy Ngoc Nguyen, Thi Kim Truong, Hung Viet Pham, Hong Anh Duong (2024), “Removal of perfluoroalkyl acids (PFAAs) from aqueous solution by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Uptake, accumulation, and translocation”, *Science of the Total Environment* Vol. 926, 172029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172029>. **Tạp chí WoS/Q1 top 5%, IF = 8.00.**

*Hà Nội, ngày ..... tháng.....năm.....*

**TM. Tập thể hướng dẫn**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

**Nghiên cứu sinh**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

**PGS.TS. Dương Hồng Anh**

**Phùng Thị Vĩ**

## INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: Phung Thi Vi
2. Sex: Female
3. Date of birth: 20 November 1991
4. Place of birth: Ha Noi
5. Admission decision number 3358/QĐ-KHTN dated on 28 October 2019 by VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi
6. Changes in academic process: Change the title of doctoral thesis according to the decision number 3515/QĐ-ĐHKHTN dated on 17/12/2021 by VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi
7. Official thesis title: Investigation of perfluorinated compound (PFC) levels in a paper recycling craft village and the potential for phytoremediation using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)
8. Major: Environmental Chemistry
9. Code: 9440120.05
10. Supervisors: Main supervisor: Assoc.Prof.Dr. Duong Hong Anh  
Co-supervisor: Prof.Dr. Pham Hung Viet
11. Summary of the new findings of the thesis:

The objective of this study is to comprehensively assess the contamination status of perfluorinated compounds (PFC) in the Phong Khe area, Bac Ninh Province. Specifically, the study focused on determination of PFC concentrations in various environmental compartments including surface water, sediment, groundwater, and freshwater fish collected from this area. Based on the analytical results, the thesis evaluated the ecological risks associated with PFC contamination in surface water and the potential human health risks related to groundwater consumption and dietary intake of contaminated fish. In addition, the study aims to assess the bioaccumulation potential of PFC in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) to explore the feasibility of using this aquatic plant for phytoremediation of PFC-contaminated water. The target analytes include PFC detected in surface water samples (from Cau River and Ngu Huyen Khe River), sediment, groundwater from residential wells, and freshwater fish from the Phong Khe area. This is one of the first studies to provide a holistic approach to PFC pollution in a typical Vietnamese craft village.

The thesis provided a detailed description of the research methodologies employed, including: (1) sampling and sample preparation methods; (2) analytical techniques using liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS); (3) assessment of the transport and partitioning of PFC from water to sediment and aquatic plants; (4) ecological risk assessment methods to evaluate the potential impacts of PFC contamination on aquatic organisms; (5) human health risk assessment methods associated with PFC contamination in groundwater and freshwater fish; and (6) data processing and statistical analysis methods.

The major results: The dissertation determined the concentrations of perfluorinated compounds (PFCs) in surface water (n = 40), groundwater (n = 40), and sediments (n = 25), and fish samples (n = 47) collected from the Phong Khe paper recycling craft village in Bac Ninh province. In surface water, PFCs were detected in up to 95% of samples (38/40), and all target compounds were found. PFCs with carbon chain lengths  $\leq$  C8 were the most frequently detected and exhibited the highest concentrations, found consistently in both seasons. In contrast, long-chain PFCA (C9–C14) appeared at much lower concentrations (below detection limit – 4.00 ng/L). Ecological risk assessment showed that most risk quotient values were within safe limits for aquatic organisms. In groundwater, PFC detection frequencies were lower than in surface water. Short-chain PFCA (C6–C8) were the most frequently detected compounds, particularly during the dry season. Samples collected from south of the Ngu Huyen Khe River exhibited higher detection frequencies than those collected north of the river in both seasons. Calculated hazard ratios (HRs) for total PFCs in groundwater were all below 1.0, suggesting low health risks associated with groundwater use in the study area. In sediments, total PFC concentrations ranged from 0.03 to 6.32 ng/g, with an average of 1.73 ng/g and a median of 0.88 ng/g. The sediment-water partition coefficients (log K<sub>d</sub>) ranged from 0.56 to 3.97, indicating substantial variation in phase distribution among compounds due to multiple influencing factors. In fish, total PFC concentrations in seven freshwater fish species ranged from 0.08 to 8.06 ng/g, with a median of 1.01 ng/g w.w. and a mean of 1.69 ng/g w.w. The average PFC concentration increased in the following order: crucian carp (0.74) < common carp (0.88) < catfish (1.26) < snakehead (1.29) < mud carp (1.41) < tilapia (1.42) < culter (7.01). Risk assessment results indicated that PFC exposure posed no significant

adverse health effects to the local population. The PFC accumulation potential of *Eichhornia crassipes* from aqueous solution was investigated. Different plant tissues - roots, stems, and leaves - exhibited various accumulation capacities, with roots accumulating the highest PFC concentrations, followed by leaves and stems. Individual PFC removal rates after three weeks ranged from 48.9% to 82.6%, with an overall mean removal efficiency of  $63.5 \pm 4.5\%$ . PFHxS showed the lowest removal rate (28.8 – 48.9%), whereas PFPeA demonstrated the highest (59.8 – 82.6%). Short-chain PFCs such as PFBA, PFPeA, and PFBS were removed more efficiently than their long-chain counterparts.

Conclusions: (1) The thesis determined the concentrations of selected perfluorinated compounds (PFCs) in surface water, groundwater, sediments, and freshwater fish collected from the Phong Khe paper recycling area; (2) The thesis assessed their potential sources, ecological risks to aquatic organisms, and human health risks associated with the use of contaminated groundwater and fish consumption in the study area; (3) The thesis also preliminarily evaluated the bioaccumulation potential of selected PFCs by *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) from aqueous solution, suggesting the potential of aquatic plants for phytoremediation of PFC-contaminated water.

#### 12. Further research directions

- Continue to conduct research on the use of water hyacinth at different concentration levels.
- Investigate the potential of various aquatic plant species in Vietnam for the phytoremediation of PFCs.

#### 13. Thesis-related publications

1. **Phung Thi Vi**, Nguyen Thuy Ngoc, Phan Dinh Quang, Nguyen Thanh Dam, Nguyen Minh Tue, Le Huu Tuyen, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2022), “Perfluoroalkyl substances in freshwater and marine fish from northern Vietnam: Accumulation levels, profiles, and implications for human consumption”, *Marine Pollution Bulletin* Vol. 182, 113995. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113995>. **WoS/Q1, IF = 4.9.**
2. **Phung Thi Vi**, Truong Thi Kim, Le Thanh Huyen, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2023), “Determination of perfluorinated compounds in *Eichhornia crassipes*(Mart.) Solms using LC-MS/MS in combination with sample

preparation by ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction”, *Journal of Science and Technology - Nguyen Tat Thanh University* Vol. 6, No. 4, pp. 8-14. <https://doi.org/10.55401/rd9y5295>.

3. **Phung Thi Vi**, Nguyen Thuy Ngoc, Nguyen Thanh Dam, Pham Hung Viet, Duong Hong Anh (2024), “Levels, profiles and distribution of perfluoroalkyl substances in groundwater in Bac Ninh province, Vietnam”, *Vietnam Journal of Science and Technology*, Vol. 63, No. 1, pp. 123-137. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/19196>. **Scopus**.
4. **Thi Vi Phung**, Thanh Dam Nguyen, Thuy Ngoc Nguyen, Thi Kim Truong, Hung Viet Pham, Hong Anh Duong (2024), “Removal of perfluoroalkyl acids (PFAAs) from aqueous solution by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Uptake, accumulation, and translocation”, *Science of the Total Environment* Vol. 926, 172029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172029>. **WoS/Q1 top 5%, IF = 8.00**.

Date:

**On behalf of academic supervisors**

**PhD. Student**

**Assoc.Prof.Dr. Duong Hong Anh**

**Phung Thi Vi**