

Thông tin

& Khoa học  
& Công nghệ

HẠT NHÂN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM



VẬT LÝ, CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN  
VÀ CÁC LĨNH VỰC LIÊN QUAN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

Website: <https://vinatom.gov.vn>

Email: [ttkcnhn@vinatom.gov.vn](mailto:ttkcnhn@vinatom.gov.vn)



SỐ 84

9/2025



## BAN BIÊN TẬP

TS. Trần Chí Thành - Trưởng ban  
PGS. TS. Phan Việt Cường - Phó Trưởng ban  
TS. Nguyễn Tuấn Khải - Phó Trưởng ban  
ThS. Đỗ Hồng Giang - Phó Trưởng ban  
TS. Hoàng Sỹ Thân - Ủy viên  
ThS. Nguyễn An Trung - Ủy viên  
TS. Nguyễn Hữu Quyết - Ủy viên  
TS. Cao Đông Vũ - Ủy viên  
TS. Lưu Xuân Đĩnh - Ủy viên  
KS. Nguyễn Thành Cường - Ủy viên  
KS. Bùi Quang Trí - Ủy viên  
ThS. Trần Thị Bích Liên - Ủy viên  
PGS.TS. Trịnh Anh Đức - Ủy viên  
ThS. Đặng Thị Thu Hồng - Ủy viên

Thư ký khoa học: TS. Phạm Kim Long  
Thư ký hành chính: ThS. Nguyễn Thị Thu Hà  
Biên tập và trình bày: ThS. Vũ Quang Linh



### Địa chỉ liên hệ:

**Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam**  
59 Lý Thường Kiệt, Phường Cửa Nam, Tp. Hà Nội  
ĐT: (024) 3942 0463  
Fax: (024) 3942 2625  
Email: [ttkcnhn@vinatom.gov.vn](mailto:ttkcnhn@vinatom.gov.vn)  
Giấy phép xuất bản số: 57/CP-XBBT  
Cấp ngày 26/12/2003



# THÔNG TIN KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN

## NỘI DUNG

3- Nghiên cứu chế tạo Chitosan khâu mạch ghép Axit Maleic bằng chiếu xạ Gamma

NGUYỄN CHÍ THUẬN, NGUYỄN THỊ KIM LAN, ĐẶNG VĂN PHÚ

9- Đánh giá chất lượng cánh bơm đúc từ hợp kim thép không gỉ Austenitic bằng phương pháp siêu âm

NGUYỄN THỊ MỸ HẠNH, NGUYỄN TIẾN PHONG, PHAN CÔNG CÔNG

15- Hướng đi mới xử lý phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorane bằng chùm điện tử gia tốc

LÊ XUÂN VINH

21- Giới thiệu về INPRO và các hoạt động hợp tác giữa INPRO và Viện NLNTVN trong nghiên cứu tính bền vững của hệ thống năng lượng hạt nhân ở Việt Nam

VỠ THỊ HƯƠNG, LÊ BÁ SANG, NGUYỄN THỊ THANH THỦY, LÊ TRẦN CHUNG, CAO ĐÌNH HƯNG, NGUYỄN THỊ MAI HƯƠNG, PHẠM NHƯ VIỆT HÀ

30- Liệu rằng đánh giá bệnh nhân u Lymphoma Hodgkin bằng PET/CT sau 2 chu kỳ điều trị hoá chất ABVD có thực sự hiệu quả?

TRẦN THẾ HOÀNG, NGUYỄN QUANG TOÀN, PHẠM LÂM SƠN, PHẠM VĂN THÁI, ĐỖ HUYỀN NGA

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO CHITOSAN KHÂU MẠCH GHÉP AXIT MALEIC BẰNG CHIẾU XẠ GAMMA

Nguyễn Chí Thuần, Nguyễn Thị Kim Lan, Đặng Văn Phú  
Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ

*Biến tính vật liệu polyme sinh học bằng bức xạ đang được quan tâm nghiên cứu để ứng dụng xử lý môi trường. Trong nghiên cứu này, chúng tôi nghiên cứu chế tạo copolyme chitosan (CTS) khâu mạch glutaraldehyde (GA) ghép với maleic axit (MA) bằng phương pháp chiếu xạ gamma Co-60. Nồng độ GA 2% là hiệu quả để đạt được hàm lượng gel khâu mạch khoảng 76%. Hiệu suất ghép đạt được 18,6% với nồng độ MA là 3%, liều hấp thụ 9 kGy. Tính chất đặc trưng của copolyme ghép được khảo sát bằng phương pháp quang phổ FTIR.*

## 1. MỞ ĐẦU

Chitosan là polyme sinh học tự nhiên có nhiều ứng dụng do tính tương hợp sinh học, phân hủy sinh học, thân thiện môi trường. Hơn nữa, chitosan được xem là một chất hấp phụ hiệu quả do sự hiện diện của các nhóm  $\text{-NH}_2$  và  $\text{-OH}$  trong cấu trúc có vai trò là các vị trí tạo phức với hầu hết các ion kim loại, chất thải phóng xạ, chất màu hữu cơ, ... [1]. Tuy nhiên chitosan cũng có hạn chế trong xử lý nước do cấu trúc xốp thấp và khả năng kháng axit kém. Để khắc phục những hạn chế này, chitosan cần được chuyển hóa thành dạng hydrogel có cấu trúc xốp và biến tính cấu trúc vật liệu nhằm làm tăng tính ổn định hóa học của mạch polyme trong môi trường có tính axit và tăng hiệu suất hấp phụ thể hiện qua dung lượng hấp phụ và độ chọn lọc chất ô nhiễm.

Khâu mạch là phương pháp phổ biến nhằm gia tăng tính ổn định của chitosan [2]. Một số tác nhân khâu mạch phổ biến như glutaraldehyde (GA), epichlorohydrin (EPC), ethylene glycol diglycidyl ether (EDGE) và triphosphate (TPP) đã được sử dụng. Khâu mạch có thể thay đổi bản chất tinh thể của chitosan và tăng độ bền chitosan

trong môi trường axit, kiềm của chitosan và hóa chất. Các kết quả nghiên cứu cho thấy các hạt chitosan khâu mạch không hòa tan trong cả ba môi trường: nước, bazơ (NaOH 0,1M) và axit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  5%). Ngoài ra khâu mạch cũng cho thấy giúp làm giảm độ trương của hạt chitosan, các hạt chitosan khâu mạch có độ bền hóa học và độ bền cơ tăng so với hạt chitosan [3]. Một phương pháp biến tính chitosan quan trọng khác là ghép mạch đang thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. Các nhóm chức khác nhau bao gồm cacboxyl, sunfat, photphat, nitrile, amin, ... đã được ghép vào chitosan trong quá trình ghép mạch tạo các dẫn xuất chức năng bằng liên kết cộng hóa trị của các phân tử ghép với mạch chitosan. Quá trình ghép mạch có thể làm tăng nhóm chức hấp phụ ion kim loại Pb, Fe, Cu... thông qua liên kết phối trí hoặc tương tác tĩnh điện [4-6].

Ghép mạch chitosan bằng phương pháp chiếu xạ đang được quan tâm vì thể hiện ưu điểm so với khác phương pháp khác: không cần sử dụng chất khơi mào hóa học, hiệu quả cao, có thể dễ dàng kiểm soát điều kiện thí nghiệm. Trong nghiên cứu này, chitosan được khâu mạch bằng glutaralde-

hyde, sau đó nghiên cứu biến tính ghép chitosan với maleic axit giàu nhóm cacboxyl bằng phương pháp chiếu xạ gamma Co-60 nhằm tạo vật liệu copolyme mới có thể gia tăng hiệu suất hấp phụ ion kim loại nặng, định hướng ứng dụng xử lý nước thải.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Vật liệu và phương pháp

#### 2.1.1 Vật liệu

Chitosan (CTS, độ nhớt = 150-500 cPs, Mw = 200-400 kDa, độ khử acetyl = 80%) được mua từ công ty Việt Nam Food. Maleic axit (MA, 99%) của Thermo Scientific, Trung quốc. Glutaraldehyde (GA, 50%) được mua từ Shanghai Aladdin Biochemical Technology Co., Trung Quốc. Các chất khác được sử dụng thuộc loại phân tích và nước cất 1 lần được sử dụng trong các thí nghiệm.

#### 2.1.2. Phương pháp

##### 2.1.2.1. Khâu mạch CTS với GA

Cân 2 g CTS dạng vảy cho vào dung dịch lactic axit 1% (v/v), khuấy đến tan hoàn toàn. Sau đó, GA được cho vào dung dịch CTS với hàm lượng 0,2-3% (w/v), khuấy liên tục trong 1-4 giờ tùy vào hàm lượng GA để tạo hydrogel. Sau đó, hydrogel được để ở nhiệt độ phòng trong 20 giờ để quá trình khâu mạch diễn ra hoàn toàn. Hydrogel chuyển từ vàng nhạt sang vàng cam. Hạt gel CTS-GA được rửa qua lactic axit 1% để loại phần CTS dư, sau đó được rửa lại bằng nước đến pH trung tính, rửa qua cồn và được sấy khô ở 60°C trong tủ sấy quạt gió. Hàm lượng khâu mạch (gel %) được tính theo phương trình (1):

$$Gel(\%) = \left(\frac{W_1}{W_2}\right) \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó,  $W_1$  là khối lượng gel CTS-GA không tan,  $W_2$  là khối lượng CTS-GA ban đầu

##### 2.1.2.2. Ghép mạch CTS-GA với MA

Gel CTS-GA được oxi hoá bằng bức xạ gamma Co-60 với liều hấp thụ lần lượt 0, 3, 6, 9, 12 và 15 kGy, ở suất liều 1,3 kGy/h, trên nguồn gamma Co-60 SVST tại Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ. Sau đó, cân 10 g gel cho vào bình phản ứng với 10 ml MA 3%, phản ứng ghép được thực hiện ở nhiệt độ 80°C trong 2 h. Sau phản ứng, các mẫu copolyme được lọc qua lưới thép không rỉ, sau đó rửa với nước cất, và sấy khô ở 60°C đến khối lượng không đổi. Thí nghiệm trên được lặp lại 3 lần. Hiệu suất ghép là tỷ lệ phần trăm khối lượng MA phản ứng ghép vào gel CTS-GA so với tổng lượng MA được đưa vào phản ứng, được tính theo phương trình 2:

$$G_E = \frac{m_1 - m_0}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó:

$m_0$ : khối lượng (g) của CTS ban đầu

$m_1$ : khối lượng (g) của polyme ghép

$m_2$ : khối lượng (g) của MA phản ứng

##### 2.1.2.3. Khảo sát tính chất đặc trưng của polyme

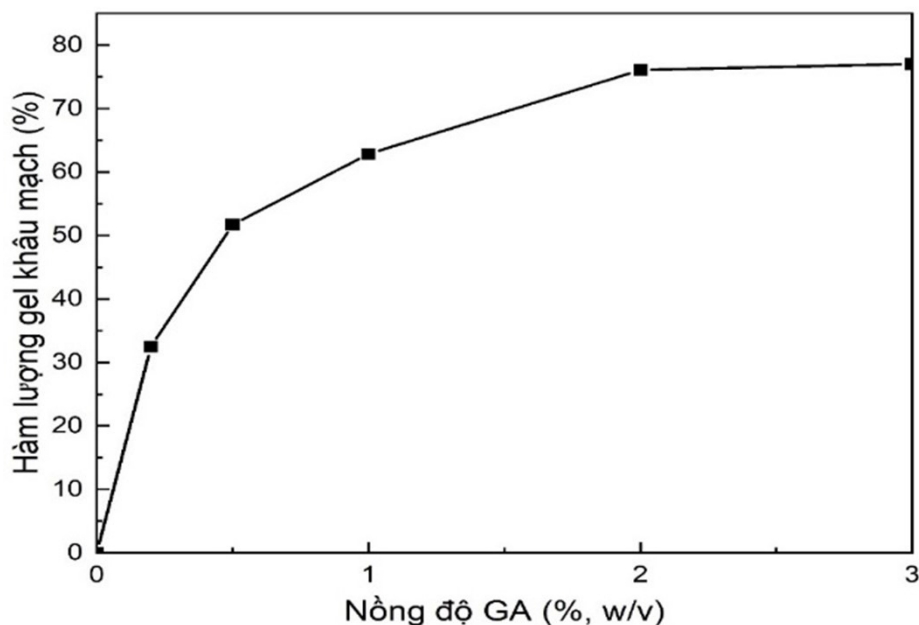
Sự thay đổi cấu trúc của CTS-GA, copolyme ghép CTS-GA-MA được khảo sát bằng phổ FT-IR trong khoảng bước sóng từ 400  $cm^{-1}$  đến 4000  $cm^{-1}$  ở, sử dụng KBr tạo viên nén trên máy đo quang phổ Perkin-Elmer.

## 2.2. Kết quả

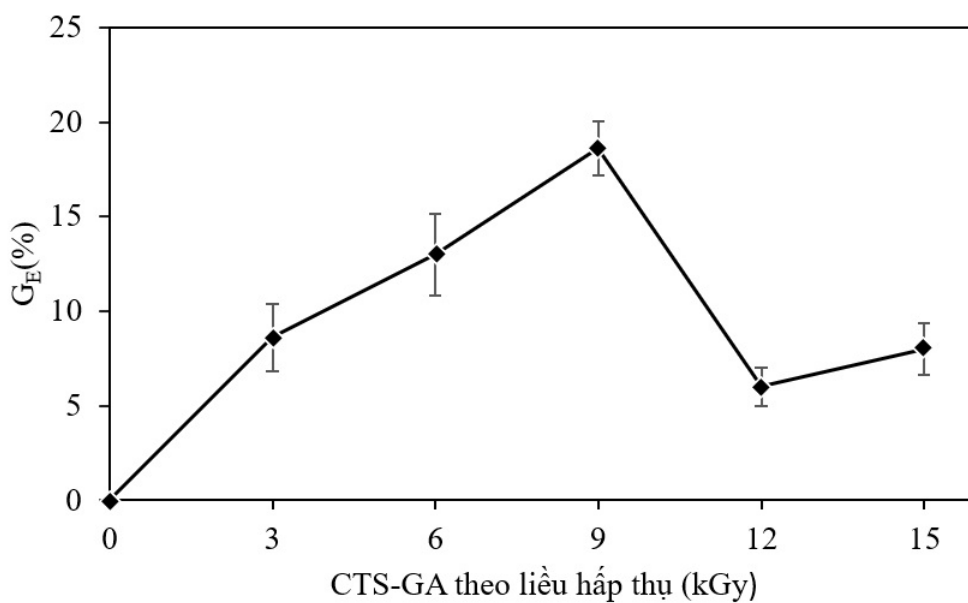
### 2.2.1 Khâu mạch CTS

Kết quả phần trăm gel khâu mạch được thể hiện trong hình 1. Khi tăng nồng độ GA 0,2 - 2%, hàm lượng gel khâu mạch tăng từ 32,5% đến 76%. Khi nồng độ GA tăng đến 3% thì hàm lượng gel khâu mạch tăng không đáng kể đến 77%.

### 2.2.2. Ghép mạch CTS-GA với MA



Hình 1. Hàm lượng gel khâu mạch theo nồng độ GA



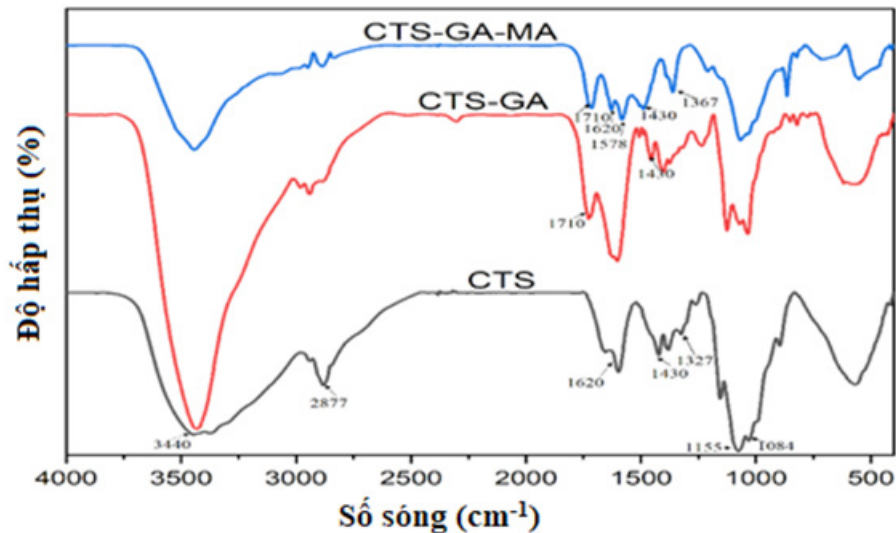
Hình 2. Hiệu suất ghép theo liều hấp thụ

Hiệu suất ghép của copolyme CTS-GA-MA khi thay đổi liều hấp thụ được thể hiện qua hình 2. Khi tăng liều hấp thụ thay đổi từ 3 đến 9 kGy thì hiệu suất ghép tăng từ 8,6% đến 18,6%. Khi tiếp tục tăng liều hấp thụ lên 12 và 15 kGy thì hàm lượng ghép giảm 6% và 8%.

### 2.2.3. Phân tích FT-IR

Phổ FT-IR của CTS, CTS-GA, CTS-GA-MA

được chỉ ra trong hình 3. Phổ FT-IR của CTS-GA, CTS-GA-MA thể hiện các đỉnh đặc trưng như phổ CTS gồm  $3440\text{ cm}^{-1}$  (dao động kéo dài O-H),  $2877\text{ cm}^{-1}$  (dao động kéo dài liên kết C-H),  $1620\text{ cm}^{-1}$  (dao động uốn cong N-H),  $1430\text{ cm}^{-1}$  (dao động nhóm amin bậc 1,  $-\text{NH}_2$ ),  $1327\text{ cm}^{-1}$  (dao động kéo dài C-N),  $1155\text{ cm}^{-1}$  (dao động kéo dài cầu nối O),  $1084\text{ cm}^{-1}$  (dao động kéo dài C-O) [8-11].



Hình 3. Phổ FT-IR của CTS, CTS-GA, CTS-GA-MA

## 2.3. Bàn luận

### 2.3.1 Khâu mạch CTS

Khi hàm lượng GA từ 0,2% đến 1%, kết cấu gel CTS-GA khó tạo dạng hạt và tan nhiều trong quá trình rửa lại bằng lactic acid 1%, điều này có thể là do hàm lượng GA thấp chưa đủ để tạo khâu mạch với các phân tử CTS. Khi tăng hàm lượng GA đến 3% thì hàm lượng gel khâu mạch tăng không đáng kể so với GA 2%. Có thể kết luận rằng hàm lượng GA 2% là hiệu quả để tạo gel khâu mạch CTS-GA. Kết quả này cũng phù hợp với một số nghiên cứu khác [12-14]. Như trong nghiên cứu của Louis Poon và cộng sự [12], phần trăm gel CTS-GA đạt được trong khoảng 70-83% khi hàm lượng GA trong khoảng 0,9-1,5%.

### 2.3.2. Ghép mạch CTS-GA với MA

Với việc tăng liều hấp thụ từ 3 kGy đến 9 kGy hiệu suất ghép tăng, khi tăng thêm liều hấp thụ cao hơn 9 kGy hiệu suất ghép nhận được giảm. Như đã biết, trùng hợp ghép polyme được bắt đầu bởi các gốc tự do được hình thành bởi quá trình chiếu xạ, do đó, hiệu suất ghép phụ thuộc vào số lượng gốc tự do được hình thành [14]. Với sự gia tăng liều hấp thụ, các gốc tự do được hình thành tăng lên, dẫn đến tăng hiệu suất ghép [15]. Khi

liều hấp thụ tiếp tục tăng vượt 9 kGy, tốc độ đồng trùng hợp có thể vượt qua tốc độ của phản ứng ghép, dẫn đến giảm hiệu suất ghép [16].

### 2.3.3. Phân tích FT-IR

Từ hình 3, phổ FT-IR của CTS-GA ngoài thể hiện các đỉnh đặc trưng như CTS còn cho thấy đỉnh mới ở vị trí 1710  $\text{cm}^{-1}$  được cho là sự hình thành của liên kết ngang ( $\text{C}=\text{N}$ ), hơn nữa sự giảm cường độ của đỉnh 1430  $\text{cm}^{-1}$  ( $-\text{NH}_2$ ) có thể kết luận rằng một số nhóm amin bậc 1 của CTS tham gia vào quá trình khâu mạch GA [17-18]. Đối với phổ FT-IR của CTS-GA-MA, ngoài các đỉnh đặc trưng của CTS, CTS-GA, còn thể hiện các đỉnh mới ở vị trí 1578  $\text{cm}^{-1}$ , 1367  $\text{cm}^{-1}$  tương ứng với dao động kéo không đối xứng của nhóm COO và dao động uốn cong của nhóm COH thuộc cấu trúc MA. Ngoài ra, có thể thấy sự giảm cường độ của đỉnh ở vị trí 1620  $\text{cm}^{-1}$  trong quang phổ CTS-GA-MA, chứng tỏ MA kết nối với CTS ở vị trí nhóm amino [9,19].

## 3. KẾT LUẬN

Kỹ thuật khâu mạch và ghép bức xạ được sử dụng đồng thời để biến tính chitosan và MA. Copolyme CTS-GA-MA tạo thành đã thể hiện

những tính chất đặc trưng bởi phổ FT-IR. Phản ứng ghép phụ thuộc vào liều hấp thụ để oxy hóa gel CTS-GA trước khi ghép với MA. Với liều hấp thụ 9 kGy cho kết quả hiệu suất ghép đạt 18,6%.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Kwo Ping Chang, Zhi Yuan Lin, Mao Chin Hung, Bor Tsung Hsieh, “Effects of Irradiation on Chitosan-coated Nanoparticles for Hyperthermia”, *Advanced Materials Research*, 311-313, 419-431, 2011.
- [2]. Enrico Catalano, Andrea Di Benedetto, “Characterization of physicochemical and colloidal properties of hydrogel chitosan-coated iron-oxide nanoparticles for cancer therapy”, *Journal of Physics: Conference Series*, 841, 012010, 2017.
- [3]. Wan Saime Wan Ngah, Sulaiman Ab Ghani, Azlan Kamani, “Adsorption behaviour of Fe(II) and Fe(III) ions in aqueous solution on chitosan and cross-linked chitosan beads”, *Bioresource Technology*, 96, 443-450, 2005.
- [4]. Dailin Hu, Zhenwei Lian, Hongyi Xian, Ran Jiang, Nan Wang, Yingying Weng, Xiaowwu Peng, Sanming Wang, Xiao-Kun Ouyang, “Adsorption of Pb(II) from aqueous solution by polyacrylic acid grafted magnetic chitosan nanocomposite”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 1537-154, 2020.
- [5]. Mohammad Algamdi, Ahmed Alshahrani, Mohammed Alsuhybani, “Chitosan grafted tetracarboxylic functionalized magnetic nanoparticles for removal of Pb(II) from an aqueous environment”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 225, 1517-1528, 2023.
- [6]. Wei Chen, Qian Tang, Zhujun Liu, Fei Lu, Yi Liao, Shuang Zhao, Ke Zhang, Lin Cheng, Dandan Ma, “Fabricating a novel chitosan-based adsorbent with multifunctional synergistic effect for Cu(II) removal: Maleic anhydride as a connecting bridge”, *Chemical Engineering Research and Design*, 163, 21-35, 2020.
- [7] Nguyễn Quốc Hiến, Công nghệ Bức xạ Biên tính Vật liệu Polyme, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM, ISBN 978-604-73-5254-8, 129-132, 2017.
- [8] Shuting Zhuang, Yanan Yin, Jianlong Wang, “Removal of cobalt ions from aqueous solution using chitosan grafted with maleic acid by gamma radiation”, *Nuclear Engineering and Technology*, 50, 211-215, 2018.
- [9] Huacai Ge, Tingting Hua, Jincui Wang, “Preparation and characterization of poly (itaconic acid)-grafted crosslinked chitosan nano-adsorbent for high uptake of Hg<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup>”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 95, 954-961, 2017.
- [10] Samah Benamer, Mohamed Mahlous, Djamel Tahtat, Assia Nacer-Khodja, Malika Arabi, Hakim Lounici, Nabil Mameri, “Radiation synthesis of chitosan beads grafted with acrylic acid for metal ions sorption”, *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 1391-139, 2011.
- [11] Sarah Mousa Asiri, Firdos Alam Khan, Ayhan Bozkurt, “Synthesis of chitosan nanoparticles, chitosan-bulk, chitosan nanoparticles conjugated with glutaraldehyde with strong anti-cancer proliferative capabilities”, *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 46, S1152-S1161, 2018.
- [12] Louis Poon, Lee D. Wilson, John V. Headley, “Chitosan-glutaraldehyde copolymers and their sorption properties”, *Carbohydrate Polymers*, 109, 92-101, 2014.
- [13] Tran Thu Hong, Le Hai, Nguyen Tan Man,

Tran Thi Tam, Pham Thi Le Ha, Pham Thi Sam, Nguyen Duy Hang, Le Huu Tu and Le Van Toan, “Preparation of poly(acrylic acid)-chitosan hydrogels by gamma irradiation for metal ions sorption”, VINATOM- Annual Report, 38, 2012.

[14] Alejandra Ortega, Abigail Sánchez and Guillermina Burillo, “ Binary Graft of Poly(N-vinylcaprolactam) and Poly(acrylic acid) onto Chitosan Hydrogels Using Ionizing Radiation for the Retention and Controlled Release of Therapeutic Compounds”, *Polymers*, 13, 2641, 2021.

[15] Dinesh K. Singh, Alok R. Ray, “Radiation-induced grafting of N,N'-dimethylaminoethyl-methacrylate onto chitosan films”, *Journal of Applied Polymer Science*, 66 (5), 869-877, 1998.

[16] Jiang-Ping Wang, Yong-Zhen Chen, Shu-Juan Zhang, Han-Qing Yu, “A chitosan-based flocculant prepared with gamma-irradiation-induced grafting”, *Bioresource Technology*, 99, 3397-3402, 2008.

[17] Alaaeldine Sh. Saleh, Ahmed Galal Ibrahim, Emad Elsharma, Essam Metwally, Tharwat Siyam, “Radiation grafting of acrylamide and maleic acid on chitosan and effective application for removal of Co(II) from aqueous solutions”, *Radiation Physics and Chemistry*, 144, 116-124, 2018.

[18] Paula Baroni, Rodrigo Silveira Vieira, Emerson Meneghetti, Meuris Gurgel Carlos da Silva, Marisa Masumi Beppu, “Evaluation of batch adsorption of chromium ions on natural and crosslinked chitosan membranes”, *Journal of Hazardous Materials*, 152, 1155-1163, 2008.

[19] Wan Saimé Wan Ngah, Sharon Fatinathan, “Adsorption of Cu(II) ions in aqueous solution using chitosan beads, chitosan–GLA beads and chitosan–alginate beads”, *Chemical Engineering Journal*, 143, 62-72, 2008.

# ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CÁNH BƠM ĐÚC TỪ HỢP KIM THÉP KHÔNG GI AUSTENITIC BẰNG PHƯƠNG PHÁP SIÊU ÂM

Nguyễn Thị Mỹ Hạnh

Trung tâm Đánh giá không phá hủy

Hợp kim CF3M được định nghĩa là thép không gỉ austenite với hàm lượng carbon thấp, được bổ sung thêm thành phần Molybden để cải thiện khả năng kháng nứt trong môi trường chứa clo. Nhờ vào đặc tính chống ăn mòn, chịu nhiệt và áp suất của thép không gỉ austenite, CF3M được sử dụng rộng rãi trong các quy trình sản xuất vật đúc, đặc biệt là bơm cao áp. Với cấu trúc của loại vật liệu này sau khi làm nguội ở trạng thái austenite có các đặc trưng về hấp thụ âm, tán xạ và nhiễu xạ cao gây khó khăn trong quá trình kiểm tra siêu âm. Muốn đánh giá chất lượng cánh bơm đúc từ vật liệu austenite bằng phương pháp kiểm tra siêu âm cần phải phân tích được các đặc tính của vật liệu từ đó lựa chọn thiết bị kiểm tra, đầu dò và chế tạo mẫu chuẩn cho phù hợp. Qua tìm hiểu các tài liệu, tiêu chuẩn kết hợp với khảo sát, phân tích và thực nghiệm trên đối tượng thực tế, quy trình kiểm tra siêu âm bước đầu đã cho thấy kết quả khả quan.

## 1. MỞ ĐẦU

Hợp kim thép không gỉ austenite là loại vật liệu với khả năng chống ăn mòn tốt, độ bền hóa – lý cao và yêu cầu bảo dưỡng thấp được sử dụng rộng rãi trong chế tạo. Đến từ khả năng ứng dụng cao trong đa lĩnh vực của thép không gỉ - đặc biệt kể đến thép không gỉ austenite do tính phổ biến trên thị trường hiện nay vì vậy nhu cầu về kiểm soát chất lượng với đối tượng vật liệu này ngày càng nhiều. Một số doanh nghiệp với quy mô chế tạo và sản xuất lớn thì tối ưu hóa nguồn kinh phí nhưng vẫn đảm bảo được chất lượng sản phẩm là rất cần thiết.

Đối với kiểm tra không phá hủy nhằm phát hiện những hư hỏng bên trong đối tượng kiểm tra thì chụp ảnh bức xạ và siêu âm là hai phương pháp được sử dụng rộng rãi. Thông thường, phương pháp chụp ảnh bức xạ được sử dụng để kiểm tra

xác suất tại các vị trí quan trọng do hạn chế về các vấn đề an toàn bức xạ và kinh phí thực hiện cao. Do đó phương pháp siêu âm đóng vai trò cực kỳ quan trọng, là giải pháp kiểm tra đáp ứng yêu cầu về đảm bảo tính toàn vẹn, kiểm soát chất lượng của sản phẩm và tối ưu hóa kinh tế.

Thực tế thì vật đúc bằng thép không gỉ austenite là một bài toán khó thực hiện với phương pháp kiểm tra siêu âm. Điều này đến từ sự hấp thụ sóng âm trong cấu trúc và sự tương tác của sóng siêu âm lên vi cấu trúc hạt thô vốn có của vật liệu. Trong nghiên cứu này, nhóm đặc biệt hướng tới việc phân tích các đặc trưng của vật liệu CF3M – một mác thép không gỉ austenite, chống ăn mòn rỗ và nứt, phù hợp với môi trường đặc biệt khắc nghiệt. Từ những phân tích đặc trưng gây ra ảnh hưởng tới quá trình kiểm tra siêu âm, nhóm có được cơ sở lựa chọn thiết bị kiểm tra, đầu dò và chế tạo mẫu phù hợp; và trong quá trình thực

nghiệm đưa ra sự điều chỉnh đem lại kết quả bước đầu khả quan.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Đối tượng và Phương pháp

#### 2.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Nhóm thực hiện nghiên cứu trên hai cánh bơm

B01, B02 công suất lớn được chế tạo để đưa vào vận hành cho trạm bơm nằm ở độ cao 778m và nhiệt độ trong năm nằm trong khoảng 1,1°C đến 37,2°C. Yêu cầu về lưu lượng dòng chảy đạt 112 cfs tương đương 11.417 m<sup>3</sup>/h; cột áp 162 ft (49,4m); tốc độ 514 vòng/phút; công suất 3.000 HP (2237 kW). Cánh bơm được chế tạo bằng loại vật liệu đặc biệt có độ bền, khả năng chống ăn mòn cao – vật liệu CF3M.



Hình 1. Cánh bơm nhìn từ mặt trước (trái) và mặt sau (phải)

Vật liệu CF3M (theo tiêu chuẩn ASTM A743: Tiêu chuẩn kỹ thuật cho sản phẩm đúc bằng sắt-crom, sắt-crom-niken chống ăn mòn dùng trong ứng dụng thông thường) là một vật liệu hợp kim chống ăn mòn austenite dùng phương pháp đúc chế tạo các bộ phận chịu áp lực lớn. CF3M được thêm 2 – 3% Molybden so với vật liệu CF3 để cải thiện khả năng chống ăn mòn rỗ và nứt trong môi trường chứa clo, hàm lượng carbon thấp hơn so với CF8M tăng khả năng chống ăn mòn liên kết hạt sau khi hàn.

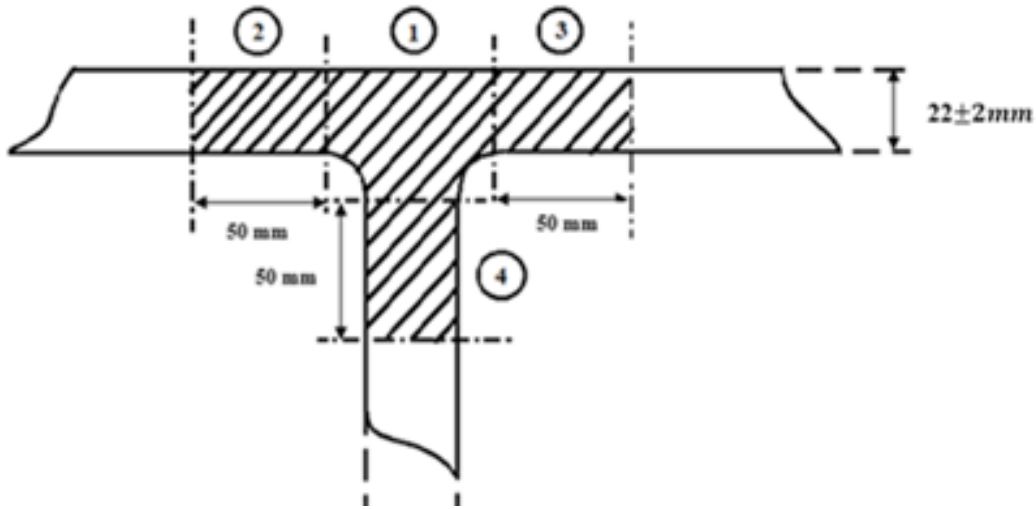
Thép không gỉ đúc CF3M gồm hai pha austenite và ferrite, trong đó các bề ferrite phân bố ngẫu nhiên tạo nên môi trường không đồng nhất âm học. Vì cấu trúc hạt thô và biên hạt bất đẳng hướng gây tán xạ mạnh, đặc biệt khi sử dụng đầu dò tần số cao, làm tăng nhiễu nền và suy giảm

biên độ phản hồi. Ngoài ra, ferrite có xu hướng hấp thụ và giữ năng lượng sóng âm cục bộ, dẫn đến tổn thất năng lượng đáng kể trong quá trình truyền. Để cải thiện chất lượng tín hiệu siêu âm, nên sử dụng thiết bị có công suất phát lớn và đầu dò kép nhằm giảm chòng lấp tín hiệu thu-phát và tăng độ nhạy phát hiện khuyết tật.

#### 2.1.2. Phương tiện thực hiện nghiên cứu

Để xây dựng quy trình kiểm tra cho một đối tượng cụ thể cần dựa trên tiêu chuẩn. Trong nghiên cứu này, nhóm thực hiện đã sử dụng “ASME V, Article 23, SA-609: Tiêu chuẩn thực hành cho kiểm tra siêu âm xung phản hồi với vật đúc bằng thép không gỉ cacbon, hợp kim thấp và martensite đã qua nhiệt luyện” để xây dựng quy trình. Với đối tượng kiểm tra có bề mặt song song với mặt đáy, áp dụng quy trình hiệu chuẩn sử dụng các khối





Hình 3. Vùng kiểm soát chất lượng

vùng cần quan tâm kiểm tra bao gồm bốn vùng được thể hiện như Hình 3. Với vùng (1) là vùng nằm trên vành cánh, tiếp giáp với lá cánh. Vùng (2) và (3) nằm trên vành cánh mỗi vùng rộng 50mm. Vùng (4) nằm trên lá cánh, rộng 50mm.

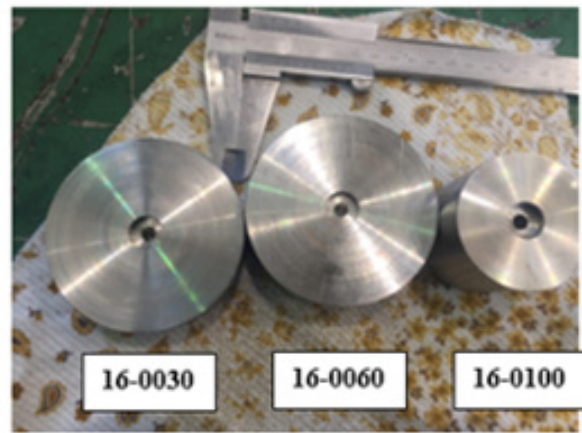
Theo như thiết kế, vành cánh có chiều dày  $20 \pm 24$ mm. Với các khối cơ bản trong bộ mẫu chuẩn, tín hiệu của các bất liên tục nằm ở độ sâu 25mm trở lên mới có thể phân biệt được với xung ban đầu. Như vậy, cần điều chỉnh lại bộ mẫu chuẩn bổ sung thêm hai khối mẫu với bề dày phần kim loại nhỏ hơn. Bộ mẫu sau điều chỉnh với kích thước, thông số và ký hiệu như Bảng 1.

**Bảng 1. Bộ mẫu chuẩn/ đối chứng sử dụng kiểm tra cánh bơm (đã nhiệt luyện)**

Đường kính lỗ, 1/64 in. [mm]	Bề dày kim loại, in. [mm]	Tổng chiều dài, in. [mm]	Đường kính tối thiểu, in. [mm]	Kí hiệu	Ghi chú
16 [6,4]	0,3 [7,5]	0,3 ¾ [28]	2[50]	16-0030	Các khối bổ sung
16 [6,4]	0,6 [15,0]	0,6 ¾ [35]	2[50]	16-0060	
16 [6,4]	1,0 [25]	1 ¾ [45]	2[50]	16-0100	Khối cơ bản

Các thiết bị và vật tư nhóm sử dụng trong thực nghiệm siêu âm trên đối tượng bao gồm: Bộ mẫu chuẩn (Hình 4); Đầu dò thẳng  $\varnothing 10$ mm, 2 MHz; Thiết bị USM Go, GE; Mỡ bôi trơn công nghiệp.

Trước khi kiểm tra đối tượng, nhóm thực hiện chuẩn thang đo sử dụng hai mẫu 16-0030 và 16-0060, dụng cụ đường cong đối chứng DAC sử dụng ba khối 16-0030, 16-0060 và 16-0100. Sau đó nhóm tiến hành kiểm tra các vùng quan tâm trên đối tượng cánh bơm.



Hình 4. Bộ mẫu đã được gia công lỗ đáy bằng

## 2.2. Kết quả

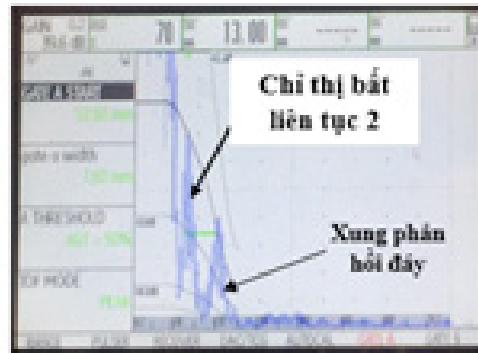
Kết quả thực nghiệm trên hai cánh bơm B01, B02 áp dụng tiêu chí chấp nhận mức chất lượng 2. Phát hiện được 3 bất liên tục trên B01, vẫn đáp ứng kích thước nhỏ hơn mức loại bỏ. Trên B02, có 2 bất liên tục với diện tích  $> 10\text{cm}^2$  đánh giá cần sửa lại bằng phương pháp hàn.

Việc đánh giá sau khi tiến hành sửa chữa bằng

Bảng 5. Kết quả thực nghiệm trên hai cánh bơm

Cánh bơm	Vùng kiểm tra	Chiều dày (mm)	Vị trí chỉ thị		Mức dò quét	Đánh giá		Ngày kiểm tra
			Kích thước (mm×mm)	Độ sâu (mm)		A	R	
B01	Lá 4 (vành trước)	23	30×20	10	DAC + 6dB	✓		06/09/2022
	Lá 2 (vành sau)	24	15×35	15	DAC + 6dB	✓		06/09/2022
	Lá 4 (vành sau)	23	Ø15	8	DAC + 6dB	✓		06/09/2022
B02	Lá 2 (vành trước)	23	40×25	11	DAC + 6dB		✓	07/09/2022
	Lá 3 (vành sau)	21	40×35	13	DAC + 6dB		✓	07/09/2022

\*Chú thích:  
A: Acceptable/ Chấp nhận  
R: Reject/ Không chấp nhận



Hình 5. Tín hiệu phản hồi từ bất liên tục số 2 trên B02

phương pháp hàn cho thấy các tín hiệu bất liên tục không được tìm thấy. Như vậy cánh bơm B01 và B02 đã đạt yêu cầu chất lượng theo đánh giá bằng Kiểm tra siêu âm.

### 2.3. Bàn luận

Kết quả cho thấy phương pháp kiểm tra siêu âm áp dụng kiểm tra, đánh giá đối tượng vật liệu austenite chế tạo bằng phương pháp đúc là hoàn toàn khả quan, bước đầu cho thấy giá trị phù hợp trên đối tượng. Với số lượng đối tượng thực nghiệm chưa nhiều, do đó tính phổ quát của nghiên cứu chưa cao, bên cạnh đó cần được kiểm tra chéo

bằng các phương pháp kiểm tra khác như chụp ảnh bức xạ.

### 3. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu của đề tài bước đầu là cơ sở để nhóm nghiên cứu tiếp tục hoàn thiện quy trình kiểm tra trên đối tượng vật liệu đúc austenite. Đề tài giải quyết được phần nào bài toán chủ động trong lựa chọn phương pháp kiểm tra, bên cạnh phương pháp chụp ảnh bức xạ tốn kém và yêu cầu đảm bảo an toàn bức xạ thì phương pháp kiểm tra siêu âm hoàn toàn có thể được lựa chọn

là giải pháp thay thế. Nghiên cứu cũng đem lại giá trị thực tiễn giúp bảo đảm việc kiểm soát và ngày càng nâng cao chất lượng cho các sản phẩm, công trình tại Việt Nam và trên thế giới.

---

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] The American Society of Mechanical Engineers, ASME Boiler and Pressure Vessel Code (2015).

[2] Nickel Development Institute, Castings: Stainless Steel and Nickel-Base (1994).

[3] ASTM International, A 743/A 743M – 03: Standard Specification for Castings, Iron-Chromium, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for General Application.

[4] ASTM International, A262-10 “Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels”

[5] Rupert Wickens - LFF Group Engineering Manager, Fundamentals of Carbon Steel (Part 1): Phases & Microstructures (2017)

[6] Tài liệu kỹ thuật dự án

# HƯỚNG ĐI MỚI XỬ LÝ PHÉ PHẨM THUỐC TRỪ SÂU HEXACHLORANE BẰNG CHÙM ĐIỆN TỬ GIA TỐC

**Lê Xuân Vinh**  
*Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội*

*Bài viết dựa trên kết quả nghiên cứu được thực hiện tại Viện Năng lượng Nguyên tử Obninsk thuộc Đại học Nghiên cứu Quốc gia về Hạt nhân MEPHI (Liên bang Nga) bởi tác giả cùng nhóm nghiên cứu trong lĩnh vực xử lý phế phẩm thuốc trừ sâu bằng công nghệ bức xạ ion hóa. Đây là hướng xử lý mới, cần tiếp tục nghiên cứu để phù hợp với điều kiện địa phương tại Việt Nam.*

*Bài viết giới thiệu một cách tiếp cận mới trong xử lý phế phẩm thuốc trừ sâu chứa hợp chất Hexachlorocyclohexane (HCH) bằng công nghệ chiếu xạ chùm điện tử gia tốc (electron beam). Kết quả nghiên cứu cho thấy các đồng phân HCH, đặc biệt là  $\gamma$ -HCH (lindane), có thể bị phân hủy hiệu quả dưới tác dụng của chùm electron có năng lượng 10 MeV, đặc biệt trong môi trường đệm amoniac. So với các phương pháp truyền thống như thiêu đốt, chôn lấp hay xử lý sinh học, công nghệ electron beam có nhiều ưu điểm vượt trội như không tạo phụ phẩm độc, không cần nhiều hóa chất và có thể kiểm soát chính xác quá trình xử lý. Tuy nhiên, để ứng dụng vào thực tế, cần nghiên cứu thêm về thiết kế hệ thống phù hợp với điều kiện môi trường và địa hình ở Việt Nam, đồng thời xem xét khả năng kết hợp với công nghệ xử lý sinh học để đạt hiệu quả tối ưu.*

## 1. Hexachlorocyclohexane (HCH) và Công ước Stockholm

Việc sử dụng thuốc trừ sâu là một trong những cách mạnh mẽ nhất để giải quyết nhiều vấn đề kinh tế của thế kỷ XX - XXI. Thuốc trừ sâu hữu cơ được ghi nhận bắt đầu sử dụng trong giai đoạn Chiến tranh thế giới thứ nhất. Cụ thể là từ năm 1913, ở Đức họ bắt đầu xử lý hạt giống bằng thuốc trừ sâu thủy ngân hữu cơ (organomercury) để xua đuổi côn trùng có hại. Sau đó, thuốc trừ sâu clo hữu cơ (organochlorine) và phot pho hữu cơ (organophosphorus) cũng như carbamate, bắt đầu được sử dụng trong thực tế. Hầu hết các hợp chất là các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy (POPs) có độc tính cao, bền vững trong môi

trường và khả năng tích lũy sinh học.

Một đại diện điển hình trong nhóm này là Hexachlorocyclohexane (HCH) - hợp chất hữu cơ chứa clo, có công thức hóa học  $C_6H_6Cl_6$ , gồm tám đồng phân lập thể, trong đó đáng chú ý nhất là đồng phân  $\gamma$ -HCH, thường được biết đến với tên gọi thương mại là lin-đan (lindane). HCH thuộc nhóm thuốc trừ sâu clo hữu cơ (organochlorine), từng được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp để diệt sâu bệnh, và trong y tế để điều trị chấy, ghẻ.

Một trong những đặc điểm nguy hiểm nhất của HCH là tính bền vững cực cao trong môi trường. Các đồng phân như  $\alpha$ -HCH và  $\beta$ -HCH có thể tồn tại trong đất, nước và trầm tích suốt hàng chục

năm, dễ dàng tích lũy sinh học trong cơ thể sinh vật và đi vào chuỗi thức ăn, có thể gây ung thư. Trong khi đó đồng phân  $\gamma$ -HCH lại có thể chuyển hóa hoàn toàn sang dạng  $\alpha$ -HCH và  $\beta$ -HCH theo thời gian tồn lưu trong đất. Tác động của HCH không chỉ giới hạn tại nơi sử dụng mà còn có thể lan truyền xa qua gió, nước và bụi khí.

Do độc tính cao, khả năng tích tụ và ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người và hệ sinh thái, Công ước Stockholm về các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy (POPs) đã liệt kê  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH và lindane ( $\gamma$ -HCH) vào Phụ lục A – danh sách các chất bị cấm kể từ năm 2009 (ngoại trừ một số mục đích y tế hạn chế như dùng lindane để điều trị chấy và ghẻ ở người). HCH kỹ thuật, thường được gọi là bột hexachlorane, là hỗn hợp gồm nhiều đồng phân HCH cũng bị khuyến cáo loại bỏ do tồn lưu và độc tính lâu dài.

## 2. Thực trạng tồn lưu thuốc trừ sâu ở Việt Nam

Trước năm 1985, lượng thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) được sử dụng hàng năm ở Việt Nam còn ở mức tương đối thấp, dao động từ 6.500 đến 9.000 tấn mỗi năm. Tuy nhiên, phần lớn các hóa chất được sử dụng trong giai đoạn này lại thuộc nhóm có độc tính cao và khả năng tồn lưu rất lâu trong môi trường. Nhiều trong số đó là các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy (POPs), điển hình như DDT, Lindane (đồng phân  $\gamma$ -HCH), Parathion Ethyl, Methyl Parathion và Polychlorocamphene – những chất đã bị cấm hoặc hạn chế nghiêm ngặt theo Công ước Stockholm. DDT là loại được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất, tiếp theo là lindane. Các tài liệu cho thấy trong quá khứ tại Việt Nam sử dụng chủ yếu đồng phân  $\gamma$ -HCH, với nhiều kho bãi từng lưu trữ Lindane và nhà máy hóa chất Việt Trì sản xuất Lindane khoảng 200 tấn/năm vào năm 1961. Ước tính để sản xuất thuốc trừ sâu lindane, cứ 1 tấn lindane được sản xuất ra sẽ có 6-8 tấn chất thải là  $\alpha$ - và

$\beta$ -HCH. Mặc dù các đồng phân này không có giá trị hữu ích nhưng chúng lại độc hại và có tác động lớn đến môi trường và sức khỏe

Sau khi các hóa chất hữu cơ clo bị cấm sử dụng từ năm 1992, cùng với điều kiện bảo quản, xử lý, quản lý thiếu hệ thống, nhiều kho lưu trữ bị hư hỏng, xuống cấp khiến hóa chất thấm vào đất hay quy trình chôn lấp không đảm bảo kỹ thuật đã khiến môi trường đất, nước xung quanh bị ô nhiễm nặng. Theo số liệu hiện có được, tính đến tháng 6 năm 2015 trên địa bàn toàn quốc có 1.562 điểm phát hiện/nghi ngờ tồn lưu do hóa chất bảo vệ thực vật tại 28 tỉnh thành trên cả nước. Những điểm ô nhiễm này chủ yếu là nơi từng lưu trữ hoặc xử lý các hợp chất clo hữu cơ như DDT, Lindane ( $\gamma$ -HCH), hay hỗn hợp HCH kỹ thuật. Nồng độ các chất độc này trong đất ở một số nơi vượt ngưỡng quy chuẩn quốc gia hàng trăm, hàng nghìn lần, đặc biệt tại Nghệ An, Hà Tĩnh, Tuyên Quang hay Thái Nguyên,... Không chỉ làm suy thoái môi trường đất và nước ngầm, chúng còn ảnh hưởng trực tiếp tới sức khỏe cộng đồng, với nhiều ca ung thư, dị tật, rối loạn nội tiết đã được ghi nhận tại các vùng ô nhiễm.

## 3. Một số phương pháp xử lý phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorocyclohexane và tồn dư trong môi trường

Việc giải quyết vấn đề liên quan đến việc loại bỏ và thải độc các loại thuốc trừ sâu clo hữu cơ đang là ưu tiên hàng đầu của nhiều nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Nhiệt phân là phương pháp phổ biến nhất để xử lý thuốc trừ sâu dưới dạng chất thải rắn công nghiệp thuộc loại nguy hiểm loại 1. Mục tiêu chính của xử lý nhiệt chất thải là giảm khối lượng và mức độ nguy hiểm cho môi trường. Tuy nhiên, khi xử lý nhiệt các chất clo hữu cơ ở nhiệt độ cao gần như toàn bộ clo có trong chất ban đầu đều được chuyển hóa và chuyển đổi thành các hợp chất khác, ví dụ như

hydro clorua (HCl), phosgene (COCl<sub>2</sub>), Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofuranes (PCDF), polychlorinated biphenyls (PCB). Các hợp chất này có thể trở thành nguồn dioxin, điều này cực kỳ không mong muốn.

Đối với trường hợp đất bị nhiễm thuốc bảo vệ thực vật, do lượng đất thường lớn, rải rác khắp các kho thuốc bảo vệ thực vật cũ hoặc bãi xử lý hóa chất nên thường xử lý cách ly tại chỗ bằng cách: thu gom, xử lý hóa học, xử lý sinh học, đổ bê tông đất, hệ thống kênh dẫn, lọc than hoạt tính, thu nước, tạo tường ngăn cách chuyển động của đất, nước ra môi trường. Một số phương pháp xử lý mới như sử dụng sóng plasma, ôxi hóa không khí ướt cũng đã được áp dụng nhưng chỉ phù hợp để xử lý các điểm bị phơi nhiễm nhỏ, không phù hợp trong trường hợp diện tích ô nhiễm hàng nghìn ha đất. Những nghiên cứu gần đây cho thấy triển vọng của phương pháp xử lý sinh học đất bị ô nhiễm thuốc trừ sâu. Phương pháp sinh học phân hủy thuốc trừ sâu dựa trên việc sử dụng các đặc tính của vi sinh vật, vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm để tác động đến thành phần thuốc trừ sâu và dẫn đến sự phân hủy sinh học của chúng. Các nghiên cứu tính kháng thuốc trừ sâu của vi khuẩn (hoặc enzyme của vi sinh vật) đã được công bố cho thấy Hexachlorocyclohexane (HCH) bị vi khuẩn phân hủy một phần và chuyển thành hợp chất không độc. Tuy nhiên, quá trình này diễn ra khá chậm (từ 6 tháng đến 3 năm) và phụ thuộc vào nhiều yếu tố môi trường khác nhau (nhiệt độ, độ ẩm, pH đất, thành phần sinh học của đất, tính chất hấp phụ của đất).

Trong bối cảnh này, phương pháp xử lý thuốc trừ sâu gốc clo hữu cơ bởi bức xạ ion hóa bằng chùm gamma hoặc điện tử gia tốc (electron beam) có thể xem là hướng tiếp cận đặc biệt. Ưu điểm của phương pháp bức xạ là các quy trình chỉ diễn ra một bước và được thực hiện ở nhiệt độ thấp, chủ yếu không cần thêm hóa chất, dễ dàng kiểm soát

chính xác liều và hiệu suất phân hủy.

## 4. Chiếu xạ chùm điện tử gia tốc phân hủy phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorane

### 4.1. Đối tượng và Phương pháp nghiên cứu

Với sự đồng ý của PGS.TS. Hóa học Melnhikova Tatyana Vadimovna – Viện Năng lượng nguyên tử Obninsk, tác giả đã được tham gia đề tài nghiên cứu ứng dụng công nghệ bức xạ phân hủy thuốc trừ sâu trong nông nghiệp với mong muốn nghiên cứu này có thể liên quan phần nào đến tình trạng ô nhiễm POPs ở Việt Nam. Đối tượng nghiên cứu của nhóm trong đề tài này là các mẫu bột phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorane (HCH kỹ thuật) đang được cất trữ tại Điểm lưu trữ hỗn hợp các chất cấm sử dụng ở tỉnh Belgorod, Liên bang Nga. Các mẫu bột khô này có màu xám và mùi khó chịu. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào ba đồng phân chính có hàm lượng lớn nhất là  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – HCH. Cần phải lưu ý rằng, các mẫu bột này đã được cất trữ nghiêm ngặt, có hệ thống và không hòa vào môi trường đất như tình hình ở Việt Nam. Chính vì vậy, nghiên cứu đánh giá sự phân hủy của chùm điện tử gia tốc lên bột Hexachlorane mang tính cơ bản và là tiền đề ban đầu cho hướng phát triển ứng dụng xử lý thực tế tại Việt Nam.

Trong hướng nghiên cứu cụ thể của tác giả, các mẫu bột Hexachlorane được đánh giá mức độ phân hủy ở ba môi trường khác nhau: bột khô, trong nước và trong dung dịch đệm amoniac. Sau khi chuẩn bị môi trường, các mẫu được đem đi chiếu xạ tại “Trung tâm Chế biến các sản phẩm có nguồn gốc thực vật và động vật Tekleor” (Khu công nghiệp "K-AGRO", vùng Kaluga) bằng máy gia tốc điện tử tuyến tính UELR-10-15-S (10 MeV). Các liều chiếu từ 10 kGy đến 700 kGy được áp dụng để kiểm tra hiệu quả phân hủy của các đồng phân độc hại. Đối với môi trường đệm amoniac, NH<sub>4</sub>Cl và NH<sub>4</sub>OH được sử dụng để tạo

môi trường đệm có pH=10,7.

Các mẫu trước và sau chiếu xạ được xử lý để thu dịch chiết theo quy trình của Melnikova, sau đó được phân tích trên máy sắc ký khí Chromatec Crystal-5000.2 tại phòng thí nghiệm Kiểm soát Môi trường Cơ sở Chu trình Nhiên liệu Hạt nhân. Máy sắc ký khí Crystal 5000.2 được hiệu chuẩn dựa trên mẫu các hợp chất clo hữu cơ tiêu chuẩn ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH) theo chuẩn quốc gia. Việc xử lý sắc ký đồ thu được được thực hiện bằng phần mềm Chromatec-Analyst 3.0.

Sau phân tích sắc ký khí nồng độ của các đồng phân các mẫu trước và sau chiếu xạ được xác định thông qua đường chuẩn và quy đổi về nồng độ (C%) theo công thức (1):

$$C_{\%} = \frac{C_i \cdot V_i \cdot R}{m_i \cdot 10^6} \cdot 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

$C_i$  – nồng độ các đồng phân HCH được xác định bằng phân tích sắc ký khí-lỏng ( $\mu\text{g/ml}$ );

$V_i$  – thể tích dịch chiết của mẫu ( $V_i = 100\text{ml}$ ),

$R$  – hệ số pha loãng ( $R = 1000$ ),

$m_i$  – khối lượng mẫu bột khô ban đầu (g).

Mức độ tác động của bức xạ ion hóa trên mỗi đồng phân HCH có thể được xác định thông qua mức độ phân hủy (P), được tính theo công thức (2):

$$P = 100\% - \frac{C_{\text{sau}}}{C_{\text{trước}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

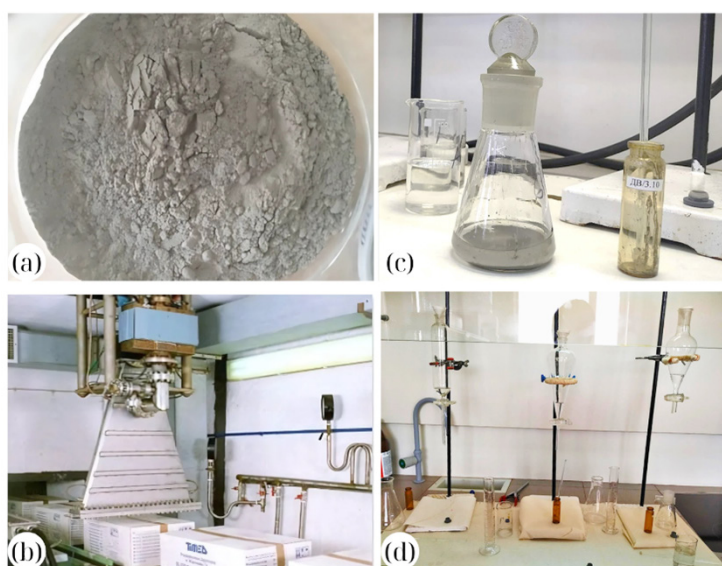
Trong đó: P – độ phân hủy (%);  $C_{\text{sau}}$  – nồng độ phần trăm của đồng phân HCH sau khi chiếu xạ (%);  $C_{\text{trước}}$  – nồng độ phần trăm của đồng phân HCH trước khi chiếu xạ (%).

## 4.2. Kết quả đạt được

Nghiên cứu đã chứng tỏ khả năng ứng dụng chùm điện tử gia tốc để phân hủy bức xạ các đồng phân Hexachlorocyclohexane (HCH) trong phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorane.

### 4.2.1. Mức độ phân hủy của các đồng phân HCH

Kết quả cho thấy đồng phân  $\gamma$ -HCH là đồng phân dễ bị phân hủy bức xạ nhất trong tất cả các môi trường khảo sát. Mức độ phân hủy của  $\gamma$ -HCH có thể đạt tới 65% trong dung dịch đệm amoni-ac. Điều này được giải thích là do cấu trúc của  $\gamma$ -HCH chứa nhiều nguyên tử clo hướng trục,



Hình 1. Một số hình ảnh thí nghiệm và dây chuyền chiếu xạ: (a) Mẫu bột Hexachlorane thu thập từ kho lưu trữ, (b) Dây chuyền chiếu xạ UELR-10-15-S, (c) & (d) Xử lý mẫu thu dịch chiết

mang lại cấu hình bất lợi về mặt năng lượng, khiến phân tử kém bền và dễ bị phân hủy hơn so với các đồng phân khác. Ngược lại, đồng phân  $\beta$ -HCH cho thấy khả năng bị phân hủy bức xạ thấp nhất do độ ổn định cao từ cấu trúc xích đạo của các nguyên tử clo, mang lại cấu hình có lợi về mặt năng lượng. Mức độ phân hủy của  $\beta$ -HCH trong môi trường bột khô chỉ đạt từ 4% đến 14%. Sự khác biệt về mức độ phân hủy giữa các đồng phân này chủ yếu là do khác biệt về cấu trúc phân tử, không phụ thuộc vào nồng độ ban đầu.

Nghiên cứu cũng ghi nhận khả năng xảy ra hiện tượng đồng phân hóa, trong đó  $\gamma$ -HCH có thể biến đổi thành  $\alpha$ - và  $\beta$ -HCH dưới tác động của chùm điện tử, điều này có thể ảnh hưởng đến mức độ phân hủy của các đồng phân  $\alpha$ -HCH và  $\beta$ -HCH ở một số liều chiếu.

#### 4.2.2. Ảnh hưởng của môi trường đến mức độ phân hủy

Môi trường kiềm (dung dịch đệm amoniac) đã chứng minh khả năng phân hủy các đồng phân HCH tốt hơn so với môi trường bột khô, và tăng nhẹ so với môi trường nước ở đồng phân  $\alpha$ - và  $\beta$ -HCH. Tuy nhiên ở đồng phân  $\gamma$ -HCH, môi trường kiềm cho thấy khả năng phân hủy vượt trội so với hai môi trường còn lại. Cụ thể, mức độ phân hủy của các đồng phân trong dung dịch đệm amoniac đạt từ 19% đến 38% đối với  $\alpha$ -HCH, từ 16% đến 41% đối với  $\beta$ -HCH, và từ 31% đến 65% đối với  $\gamma$ -HCH khi chiếu xạ từ 10 kGy đến 700 kGy. Điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về phân hủy HCH trong môi trường kiềm bằng chùm tia gamma nguồn Co-60.

Các đồng phân HCH ổn định nhất và ít bị phân hủy nhất trong môi trường bột khô. Trong môi trường khô, mức độ phân hủy của  $\alpha$ -HCH đạt từ 7% đến 36%,  $\beta$ -HCH đạt từ 4% đến 14%, và  $\gamma$ -HCH đạt từ 15% đến 43% khi chiếu xạ từ 10 kGy đến 700 kGy. Lý do là trong chất rắn,

các liên kết cứng nhắc giữa các hạt vật chất hạn chế sự chuyển động của các nguyên tử và phân tử, ngăn cản các phản ứng hóa học do va chạm. Ngoài ra, trong môi trường dung dịch (nước và đệm amoniac), quá trình phân giải bức xạ của nước tạo ra các gốc tự do hoạt động mạnh như  $\bullet\text{OH}$ ,  $\bullet\text{H}$ , và  $e_{aq^-}$ , những yếu tố này đóng góp vào quá trình phân hủy gián tiếp HCH, làm tăng hiệu quả xử lý so với môi trường khô chỉ có tác động trực tiếp của chùm electron.

#### 4.2.3. Xu hướng phân hủy theo liều xạ

Mặc dù mức độ phân hủy tăng khi liều chiếu xạ tăng lên, nhưng nghiên cứu cho thấy việc tăng liều chiếu xạ từ 500 kGy đến 700 kGy không mang lại sự gia tăng đáng kể mức độ phân hủy đối với tất cả các đồng phân được khảo sát.

### 5. Kết luận và hướng nghiên cứu tiếp theo

Nghiên cứu này đã thành công trong việc chứng minh tiềm năng của công nghệ chùm điện tử gia tốc trong xử lý phế phẩm thuốc trừ sâu hexachlorane. Để hiểu rõ hơn và tối ưu hóa quá trình, cần có các nghiên cứu bổ sung nhằm đánh giá chính xác khả năng phân hủy trong môi trường kiềm hoặc nước bằng cách thay đổi thể tích nước và độ kiềm của môi trường, cũng như tăng số lần lặp lại thí nghiệm để khẳng định tính bền bức xạ của đồng phân  $\beta$ -HCH.

Mặc dù công nghệ xử lý bằng chùm điện tử gia tốc (electron beam) cho thấy hiệu quả phân hủy các đồng phân HCH và những ưu điểm mà chúng mang lại, tuy nhiên để đưa công nghệ này vào ứng dụng thực tế tại Việt Nam, cần đầu tư hệ thống máy móc phù hợp, đồng thời nghiên cứu mô hình xử lý hiệu quả trên quy mô lớn.

Hướng đi mới: kết hợp xử lý bằng chùm điện tử gia tốc với công nghệ xử lý vi sinh. Việc chiếu xạ trước có thể làm “mềm hóa” cấu trúc phân tử thuốc trừ sâu, từ đó giúp các vi khuẩn giải hợp

chất clo hữu cơ HCH hoạt động dễ dàng, rút ngắn thời gian phân hủy và hiệu quả hơn. Đây là xu hướng được một số quốc gia trên thế giới triển khai trong xử lý chất thải độc hại.

Dù chưa thể áp dụng ngay vào hiện trường, nghiên

cứu này đánh dấu một bước tiến quan trọng trong việc tìm kiếm giải pháp bền vững và hiện đại hơn cho bài toán ô nhiễm thuốc bảo vệ thực vật ở Việt Nam. Nó mở ra cánh cửa để kết nối khoa học công nghệ bức xạ với những vấn đề rất thiết thực và cấp bách trong đời sống.



*Hình 2. Nhóm nghiên cứu ứng dụng công nghệ bức xạ phân hủy phế phẩm thuốc trừ sâu Hexachlorane, Viện Năng lượng Nguyên tử Obninsk (MEPhI), Liên bang Nga*

# GIỚI THIỆU VỀ INPRO VÀ CÁC HOẠT ĐỘNG HỢP TÁC GIỮA INPRO VÀ VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM TRONG NGHIÊN CỨU TÍNH BỀN VỮNG CỦA HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN Ở VIỆT NAM

**Võ Thị Hương, Lê Bá Sang, Nguyễn Thị Thanh Thủy, Lê Trần Chung,  
Cao Đình Hưng, Nguyễn Thị Mai Hương, Phạm Như Việt Hà**

*Dự án Quốc tế về Chu trình nhiên liệu và Lò phản ứng hạt nhân đổi mới (International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles -INPRO) được Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) thành lập vào năm 2000 nhằm hỗ trợ các nước thành viên trong việc lập kế hoạch dài hạn để phát triển các hệ thống lò hạt nhân (hệ thống NLHN) bền vững. Việt Nam trở thành thành viên của INPRO từ năm 2012. Tuy nhiên, sau khi Dự án nhà máy điện hạt nhân (NMDHN) Ninh Thuận tạm dừng năm 2016, Việt Nam chưa có hoạt động cụ thể nào tham gia vào các chương trình của INPRO. Theo nhận định của các chuyên gia, dù chưa được đưa vào Quy hoạch điện VIII nhưng điện hạt nhân (ĐHN) vẫn cần được xem xét là một nguồn năng lượng tiềm năng để hỗ trợ mục tiêu khử cac-bon của Việt Nam vào năm 2050. Do đó, việc nâng cao nhận thức về các vấn đề liên quan đến phát triển bền vững các hệ thống NLHN trước khi đưa ra bất cứ quyết định mang tính quốc gia nào là rất cần thiết. Từ cuối năm 2022, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam (Viện NLNTVN) đã triển khai một số hoạt động nghiên cứu liên quan đến các công cụ, phương pháp luận của INPRO và tham gia vào các hoạt động của INPRO để xây dựng năng lực chuyên môn trong việc đánh giá tính bền vững của hệ thống NLHN, mô hình và phân tích các kịch bản triển khai ĐHN, đánh giá, so sánh các kịch bản triển khai ĐHN, lập lộ triển khai và phát triển chương trình hạt nhân một cách bền vững.*

*Bài viết này được thực hiện với mục đích giới thiệu tới người đọc những thông tin chung về INPRO, các hoạt động hợp tác giữa Viện NLNTVN và INPRO trong nghiên cứu, đánh giá tính bền vững của hệ thống NLHN ở Việt Nam, đồng thời đề xuất các hoạt động, dự án hợp tác phù hợp cho Việt Nam tham gia trong thời gian tới.*

## **1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ INPRO**

Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) đã thành lập Dự án Quốc tế về Chu trình nhiên liệu và Lò phản ứng hạt nhân đổi mới (INPRO) vào năm 2000 để góp phần phát triển NLHN bền vững đáp ứng nhu cầu năng lượng ngày càng tăng trong thế kỉ 21. Theo định nghĩa của INPRO, hệ thống NLHN bao gồm toàn bộ chu trình nhiên liệu và các thể chế có liên quan. Tính bền vững của hệ thống NLHN được INPRO xem xét theo

6 khía cạnh: kinh tế, an toàn, môi trường, quản lý chất thải, cơ sở hạ tầng và chống phổ biến vũ khí hạt nhân.

Mục tiêu chính của INPRO là hỗ trợ các quốc gia thành viên trong việc lập kế hoạch dài hạn để triển khai các hệ thống NLHN bền vững. INPRO cung cấp những hỗ trợ trực tiếp cho các nước thành viên liên quan đến việc mô hình hóa kịch bản, phân tích và đánh giá tính bền vững của các hệ thống NLHN. INPRO tạo ra các diễn đàn cho

các chuyên gia và các nhà hoạch định chính sách từ các nước thành viên thảo luận, trao đổi ý tưởng và thông tin về các chiến lược hệ thống NLHN dài hạn, các kịch bản ĐHN toàn cầu, và các đổi mới về kỹ thuật và thể chế liên quan từ đó có những hợp tác về lập kế hoạch, phát triển và triển khai NLHN bền vững.

Tính đến năm 2023, INPRO có 44 thành viên trong đó 43 quốc gia thành viên IAEA và 1 thành viên Ủy ban châu Âu [1]. Một số quốc gia khác tham gia ở cấp độ làm việc (cùng tham gia thực hiện dự án) hoặc với tư cách quan sát viên trong các cuộc họp của INPRO. Các thành viên của INPRO bao gồm các quốc gia phát triển, đang phát triển và các tổ chức quốc tế quan tâm đến phát triển công nghệ lò phản ứng hạt nhân đổi mới và chu trình nhiên liệu bền vững. Việt Nam trở thành thành viên của INPRO từ năm 2012.

Tính đến năm 2023, INPRO có 44 thành viên đến từ các quốc gia phát triển, quốc gia đang phát triển, các tổ chức quốc tế quan tâm đến phát triển công nghệ lò phản ứng hạt nhân đổi mới và chu trình nhiên liệu bền vững. Trong đó, có 43 quốc gia thành viên IAEA và 1 thành viên Ủy ban châu Âu [1]. Một số quốc gia khác tham gia ở cấp độ làm việc (cùng tham gia thực hiện dự án) hoặc với tư cách quan sát viên trong các cuộc họp của INPRO. Việt Nam trở thành thành viên của INPRO từ năm 2012.

Các thành viên được tạo điều kiện tham gia vào các hợp tác quốc tế, các diễn đàn đối thoại và các dự án hợp tác của INPRO. Ngoài ra, các thành viên còn được chuyển giao các công cụ, mô hình, ấn phẩm và các kiến thức chuyên môn của INPRO đồng thời có thể tiếp cận các kết quả từ các nghiên cứu của INPRO. INPRO chủ yếu được tài trợ bởi các đóng góp ngoài ngân sách của các thành viên.

Thành viên của INPRO được tạo điều kiện tham

gia vào các chương trình hợp tác quốc tế, diễn đàn đối thoại và các dự án hợp tác của INPRO. Ngoài ra, các thành viên còn được chuyển giao công cụ, mô hình, ấn phẩm, kiến thức chuyên môn, đồng thời có thể tiếp cận các kết quả từ các nghiên cứu của INPRO. Mặt khác, nguồn ngân sách chủ yếu của INPRO được tài trợ bởi các đóng góp ngoài ngân sách của các thành viên.

### 1.1. Các nhiệm vụ chính của INPRO

Hoạt động của INPRO được thực hiện theo 4 nhiệm vụ chính:

Nhiệm vụ 1- Kịch bản toàn cầu;

Nhiệm vụ 2 – Đổi mới;

Nhiệm vụ 3 – Chiến lược và đánh giá tính bền vững;

Nhiệm vụ 4 – Đối thoại và mở rộng tiếp cận [2].

- Mục tiêu của Nhiệm vụ 1 là Xây các kịch bản ĐHN bền vững cấp quốc gia, khu vực và toàn cầu bằng cách sử dụng các công cụ khoa học kỹ thuật đã được phát triển nhằm hướng tới tầm nhìn toàn cầu về phát triển NLHN bền vững.

- Mục đích của Nhiệm vụ 2 là hỗ trợ nghiên cứu về các công nghệ hạt nhân đổi mới, các sắp xếp thể chế mà có thể giúp phát triển NLHN bền vững. Ngoài ra, nhiệm vụ này cũng tập trung nghiên cứu các vấn đề quan trọng để hỗ trợ gia tăng sự chấp thuận của công chúng và nâng cao tính bền vững của các hệ thống NLHN.

- Mục tiêu của Nhiệm vụ 3 là để hỗ trợ các quốc gia thành viên phát triển chiến lược NLHN nhân quốc gia dài hạn, bền vững và hỗ trợ ra quyết định triển khai thông qua áp dụng phương pháp luận INPRO. Các hoạt động chính trong nhiệm vụ này liên quan đến việc phát triển, sửa đổi và cập nhật phương pháp luận INPRO, áp dụng phương pháp luận INPRO để thực hiện đánh giá tính bền vững của hệ thống năng lượng hạt nhân (thực hiện NESAs)

và các hoạt động hỗ trợ sử dụng phương pháp luận INPRO

- Nhiệm vụ 4 cung cấp diễn đàn quốc tế để kết nối các chủ sở hữu công nghệ và người sử dụng nhằm trao đổi các ý tưởng và thông tin về các chiến lược hạt nhân dài hạn, các kịch bản ĐHN toàn cầu, các đổi mới kỹ thuật và thể chế có liên quan. Phát triển và thực hiện các hoạt động mở rộng tiếp cận và đào tạo nhằm hỗ trợ các dịch vụ của INPRO.

### **Phương pháp luận INPRO**

Phương pháp luận INPRO sử dụng cách tiếp cận từ chi tiết đến tổng thể (bottom-up) để đánh giá tính bền vững của các hệ thống NLHN. Phương pháp INPRO xác định một bộ gồm 8 nguyên tắc cơ bản, 30 yêu cầu của người dùng và hơn 100 tiêu chí theo cách phân cấp để đánh giá tính bền vững của hệ thống NLHN theo 6 lĩnh vực: kinh tế, an toàn, môi trường, quản lý chất thải, chống phổ biến vũ khí hạt nhân và cơ sở hạ tầng. Các nguyên tắc cơ bản là cấp cao nhất xác định các mục tiêu chung cần đạt được để hệ thống NLHN bền vững. Các yêu cầu người dùng xác định những gì mà các nhà thiết kế, người vận hành, hoặc quốc gia cần thực hiện để đạt được mục tiêu đã đề ra trong các nguyên tắc cơ bản. Tiêu chí là cơ sở để người đánh giá kiểm tra xem các yêu cầu người dùng có được đáp ứng hay không.

Mục tiêu cuối cùng của việc áp dụng phương pháp luận INPRO là để kiểm tra xem hệ thống NLHN được đánh giá có đáp ứng tất cả các tiêu chí, yêu cầu người dùng cũng như các nguyên tắc cơ bản đã đề ra hay không. Nếu tất cả đều được đáp ứng thì hệ thống NLHN được coi là bền vững trong suốt thời gian hoạt động. Nếu các tiêu chí không được đáp ứng, thì thông qua đánh giá có thể xác định được các lỗ hổng, hạn chế của hệ thống NLHN để các nhà thiết kế có thể cải tiến đảm bảo tính bền vững của hệ thống NLHN.

### **1.2. Các hoạt động và dự án hợp tác đang được thực hiện của INPRO**

Các dự án hợp tác là một phần quan trọng trong các hoạt động của INPRO. Những kết quả thu được từ dự án bao gồm phương pháp đánh giá, công cụ phân tích, tài liệu và kinh nghiệm thực tiễn là cơ sở để hình thành các dịch vụ của INPRO. Tính đến nay, INPRO đã hoàn thành 16 dự án hợp tác, 06 dự án khác đang trong quá trình thực hiện và 02 dự án mới được triển khai và đề xuất [2,3].

Trong khuôn khổ Nhiệm vụ 1, có 2 dự án đang trong quá trình thực hiện. Dự án “STEP FORWARD” nghiên cứu, đánh giá các kịch bản hệ thống NLHN vận hành bởi các lò phản ứng nước nhẹ, lò phản ứng tiên tiến phổ neutron nhiệt và triển khai các cơ sở hạt nhân đổi mới để hỗ trợ tái chế nhiều lần nhiên liệu đã qua sử dụng. Dự án “ASENES SMR” thực hiện với mục tiêu xây dựng các kịch bản triển vọng và các yếu tố thành công để triển khai hệ thống NLHN bền vững sử dụng các lò phản ứng mô đun nhỏ (lò phản ứng SMR), bao gồm cả các mô hình hợp tác tiềm năng. Việt Nam tham gia dự án “ASENES SMR” với tư cách là quan sát viên tại một số hội nghị kỹ thuật của Dự án vào năm 2024.

Trong khuôn khổ Nhiệm vụ 2 có 4 Dự án đang trong quá trình thực hiện. Dự án “BACK END” (Cooperative Approaches to the Back End of the Nuclear Fuel Cycle) nghiên cứu các vấn đề về thể chế và pháp lý của việc hợp tác quốc tế ở giai đoạn cuối của chu trình nhiên liệu. Dự án “SMR” (Case studies on deployment of Factory Fuelled Small Modular Reactor) xem xét các vấn đề về pháp lý và thể chế để triển khai xuất khẩu lò phản ứng SMR được chế tạo, nạp nhiên liệu và thử nghiệm tại nhà máy. Dự án FUSION STUDY (Legal and Institutional Issues of Prospective Deployment of Fusion Facilities) nghiên cứu các vấn đề về pháp lý và thể chế của việc triển khai các cơ sở

năng lượng nhiệt hạch đồng thời xác định các yếu tố cản trở cũng như thúc đẩy việc triển khai các cơ sở này. Dự án INPRO Hydrogen Study (Case study on Nuclear-Hydrogen systems: Drivers and Institutional, Economic and Legal Impediments) hướng tới xây dựng một cộng đồng liên ngành để giải quyết các vấn đề chung trong việc triển khai các công nghệ năng lượng dựa trên hydrogen và năng lượng tái tạo [3,4].

Trong khuôn khổ Nhiệm vụ 3, INPRO đã cùng với Liên bang Nga hoàn thành việc đánh giá tính bền vững với phạm vi được giới hạn cho các hệ thống NLHN vận hành bởi lò phản ứng nhanh BN-1200, hỗ trợ Trung Quốc đánh giá tính bền vững về mặt kinh tế và an toàn cho lò phản ứng CFR100. Hiện nay, INPRO hướng tới thực hiện NESAs cho các lò phản ứng SMR (hoạt động SMR NESAs). Các lò phản ứng SMR được INPRO xem xét thực hiện NESAs gồm có CAREM của Argentina, RITM-200M của Liên bang Nga, SMART của Hàn Quốc và Holtec SMR-160 của Hoa Kỳ [4]. Ngoài ra, năm 2024 INPRO đề xuất dự án mới về đánh giá tính bền vững của việc dịch chuyển từ hệ thống năng lượng hóa thạch sang hệ thống NLHN (dự án mới đề xuất “INPRO Sustainability Assessment of Fossil – to – Nuclear Energy System Transition”). Ngoài các hoạt động liên quan đến phương pháp INPRO, INPRO cũng đã phát triển dự án FRAMES (Framework for Modeling Electricity Systems) để phân tích và đánh giá một cách định lượng vai trò của NLHN trong các hệ thống năng lượng tương lai. Dự án đặc biệt tập trung vào các hệ thống có sự tích hợp năng lượng tái tạo và công nghệ hạt nhân tiên tiến nhằm nghiên cứu sự tích hợp tối ưu giữa hai nguồn năng lượng này vào lưới điện [2]. Dự án FRAMES đang ở giai đoạn lập kế hoạch ban đầu. Việt Nam đã tham gia xây dựng các điều khoản tham chiếu và lập kế hoạch triển khai Dự án.

Nhiệm vụ 4 được thực hiện thông qua các diễn đàn đối thoại và hoạt động mở rộng tiếp cận. Các diễn đàn đối thoại là cơ hội để các quốc gia thành viên trao đổi ý tưởng, xây dựng các hợp tác mới thúc đẩy sự phát triển các hệ thống NLHN đổi mới. Các hoạt động mở rộng tiếp cận được thực hiện thông qua các các hội thảo đào tạo khu vực và quốc gia, các khóa học trực tuyến, các hội thảo trực tuyến và một số hình thức chuyên biệt khác nhằm đưa các dịch vụ và công cụ của INPRO đến với các quốc gia thành viên. Một trong các hoạt động mở rộng tiếp cận quan trọng của nhiệm vụ 4 bắt đầu từ năm 2020 là các trường INPRO khu vực và liên khu vực. Các trường học INPRO cung cấp các kiến thức từ cơ bản đến chuyên sâu về phương pháp và các công cụ do INPRO phát triển. INPRO cũng xây dựng các mối quan hệ với trường đại học trên thế giới để tăng cường nhận thức về INPRO cho các chuyên gia, giảng viên và sinh viên các trường đại học [2,4].

## 2. CÁC CHƯƠNG TRÌNH DỊCH VỤ CỦA INPRO

INPRO hỗ trợ các quốc gia thành viên thông qua các chương trình dịch vụ. Mục tiêu chung của các dịch vụ của INPRO là để cung cấp những hỗ trợ kỹ thuật, đào tạo và tư vấn cho các quốc gia thành viên trong việc phân tích và lập kế hoạch dài hạn để phát triển NLHN bền vững. INPRO hiện đang cung cấp 2 dịch vụ chính để hỗ trợ các quốc gia thành viên: ASENES và NESAs.

### 2.1. Gói dịch vụ ASENES

Trong khuôn khổ nhiệm vụ 1 - “Kịch bản toàn cầu”, thông qua các dự án hợp tác, INPRO đã phát triển các công cụ để thực hiện phân tích kinh tế (NEST), mô hình hóa các kịch bản ĐHN và phân tích dòng nguyên liệu “material flow” trong chu trình nhiên liệu (MESSAGE-NES), đánh giá so sánh các hệ thống NLHN (KIND-ET) và

lập lộ trình triển khai NLHN một cách bền vững (ROADMAPS-ET). INPRO đã tích hợp bốn công cụ này thành một dịch vụ để cung cấp cho các quốc gia thành viên với tên gọi là ASENES (Analysis Support for Enhanced Nuclear Energy Sustainability”. Các công cụ này được gọi chung là bộ công cụ ASENES và hiện đang được sử dụng trong các dự án hợp tác ASENES-SMR và STEP FORWARD của INPRO [2].

Mục đích chính của gói dịch vụ ASENES là để cung cấp hỗ trợ kỹ thuật bao gồm cả đào tạo và hướng dẫn cho các quốc gia thành viên trong việc xây dựng và phân tích các kịch bản triển khai ĐHN, đánh giá, so sánh các hệ thống NLHN, hướng dẫn lập lộ trình nhằm hỗ trợ hoạch định chiến lược quốc gia, hỗ trợ ra quyết định và phát triển chương trình NLHN bền vững có tính đến tiềm năng đổi mới kỹ thuật và hợp tác giữa các quốc gia [5].

Các thành phần của gói dịch vụ ASENES bao gồm: (1) Các hoạt động xây dựng năng lực nhằm nâng cao trình độ chuyên môn trong việc sử dụng các công cụ, phương pháp của INPRO; (2) Hướng dẫn kỹ thuật và chuyển giao các công cụ để thực hiện các nghiên cứu cấp quốc gia nhằm tìm ra chiến lược và các kịch bản hệ thống NLHN bền vững; (3) Trao đổi kinh nghiệm giữa các chuyên gia và các nhà hoạch định chính sách thông qua các hội nghị kỹ thuật.

## 2.2. Gói dịch vụ NES (Nuclear Energy System Assessment)

Việc đánh giá NES (NES) giúp các nhà hoạch định năng lượng của các quốc gia đưa ra những quyết định sáng suốt về việc lựa chọn NES phù hợp nhất và xác định xem chiến lược cũng như kế hoạch triển khai có bền vững hay không. INPRO cung cấp hỗ trợ cho các quốc gia thành viên trong việc thực hiện NES bằng phương pháp luận INPRO thông qua gói hỗ trợ NES.

INPRO đã và đang cung cấp gói hỗ trợ NES cho các quốc gia thành viên để tiến hành các nghiên cứu quốc gia nhằm đánh giá tính bền vững của các chương trình hạt nhân từ đó phát triển chiến lược NLHN quốc gia dài hạn. Dịch vụ này cung cấp các hướng dẫn và hỗ trợ kỹ thuật bao gồm dữ liệu, công cụ đánh giá, tài liệu hướng dẫn. NES giúp các quốc gia thành viên “đạt được sự chấp nhận của công chúng, nhận được hỗ trợ trong việc lập kế hoạch NLHN ở quốc gia của họ và nâng cao nhận thức về những đổi mới trong công nghệ hạt nhân”.

NES sử dụng phương pháp luận INPRO để hỗ trợ lập kế hoạch dài hạn cho NES. Việc thực hiện NES có thể giúp tìm ra được những lỗ hổng, hạn chế của các NES hiện có và đang được lên kế hoạch đồng thời cũng giúp đưa ra những hành động tiếp theo để có thể khắc phục được những hạn chế này. NES sẽ hỗ trợ các nhà phát triển công nghệ trong việc lập kế hoạch cũng như phát triển các hệ thống NLHN. NES cũng hỗ trợ cho những người sử dụng công nghệ trong việc ra quyết định khi xem xét giới thiệu, hoặc mở rộng NLHN trong hệ thống năng lượng.

## 3. CÁC HOẠT ĐỘNG HỢP TÁC GIỮA VIỆN NLNTVN VÀ INPRO

### 3.1. Các hoạt động hợp tác của Viện NLNTVN và INPRO từ cuối 2022 đến nay

Tại hội nghị biến đổi khí hậu toàn cầu COP26 ở Glasgow, Việt Nam cam kết sẽ đưa mức phát thải ròng về “0” vào năm 2050 và chuyển đổi điện than sang năng lượng sạch, loại bỏ dần việc sử dụng nhiên liệu than vào những năm 2040. Những nguồn điện phát thải khí CO<sub>2</sub> thấp có thể kể đến như NLHN và năng lượng gió (12g CO<sub>2</sub>/KWh), thủy điện (24g CO<sub>2</sub>/KWh), địa nhiệt (38g CO<sub>2</sub>/KWh), năng lượng mặt trời (48g CO<sub>2</sub>/KWh). Địa nhiệt thì công suất nhỏ, nguồn thủy điện đang dần

cạn kiệt. Như vậy có thể thấy rằng ĐHN, điện gió và điện mặt trời (ĐMT) sẽ là giải pháp tốt cho việc giảm phát thải khí CO<sub>2</sub>.

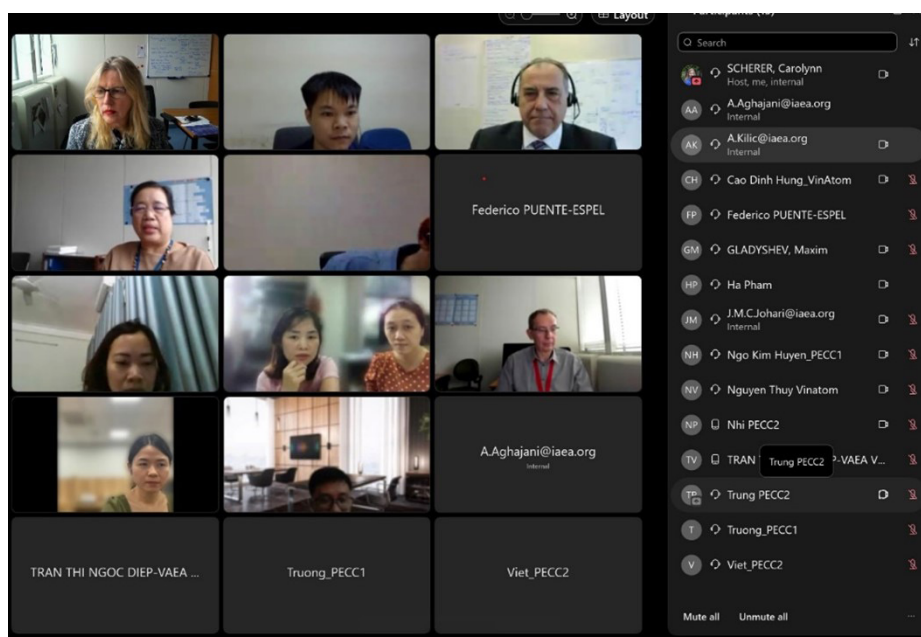
Các nguồn điện gió và ĐMT có bản chất là không liên tục và thay đổi đáng kể theo thời tiết và theo mùa. Việc sử dụng pin lưu trữ năng lượng có thể đảm bảo tính liên tục cho các nguồn điện tái tạo nhưng sẽ không đảm bảo tính kinh tế khi triển khai trên quy mô lớn. Theo nhận định của các chuyên gia, trong tương lai gần, điện tái tạo chưa thể thay thế trực tiếp với số lượng lớn và đáng tin cậy cho các nguồn điện truyền thống từ than, khí đốt, thủy điện lớn, ĐHN. ĐHN và năng lượng tái tạo cần được xem xét là “hai nguồn điện chiến lược” bổ trợ lẫn nhau trong việc đáp ứng nhu cầu sử dụng điện ngày một cao và hỗ trợ mục tiêu khử cac-bon của Việt Nam vào năm 2050. Bởi vậy, mặc dù Dự án nhà máy ĐHN Ninh Thuận đã bị tạm dừng vào tháng 11 năm 2016, nhưng việc nâng cao nhận thức về các vấn đề liên quan đến phát triển bền vững của NLHN trước khi đưa ra bất cứ quyết định quốc gia nào và nghiên cứu các kịch bản phát triển điện năng trong đó xem xét khả năng tích hợp ĐHN vào hệ thống năng lượng

ở Việt Nam là rất cần thiết.

Từ cuối năm 2022, Viện NLNTVN đã có một số hoạt động nghiên cứu và tham gia vào các chương trình của INPRO để xây dựng năng lực chuyên môn trong việc đánh giá tính bền vững của hệ thống NLHN; mô hình và phân tích các kịch bản triển khai ĐHN, đánh giá so sánh, xếp hạng các hệ thống NLHN, lập lộ trình triển khai và phát triển NLHN một cách bền vững. Viện NLNTVN đại diện cho Việt Nam chủ trì các hoạt động hợp tác kỹ thuật với INPRO. Cụ thể như sau:

- Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân (Viện KHKTHN) thuộc Viện NLNTVN đã được INPRO chuyển giao bộ công cụ ASENES bao gồm các tài liệu hướng dẫn sử dụng và bộ cài đặt của các công cụ này để thực hiện đề tài cơ sở “Nghiên cứu sử dụng bộ công cụ ASENES của INPRO trong phân tích các kịch bản ĐHN và khả năng áp dụng vào Việt Nam” vào năm 2023.

- Các cán bộ thuộc Viện KHKTHN đã tham gia và hoàn thành khóa học trực tuyến về phương pháp luận INPRO trong phân tích tính bền vững của các hệ thống NLHN do INPRO tổ chức. Khóa học cung cấp những kiến thức cơ bản về



Hình 1. Buổi học qua Webex của khóa học về phương pháp luận INPRO

phương pháp luận INPRO bao gồm những hướng dẫn sơ bộ về việc đánh giá tính bền vững của các hệ thống NLHN theo 6 lĩnh vực: kinh tế, an toàn, môi trường, cơ sở hạ tầng, quản lý rác thải và chống phổ biến vũ khí. Khóa học này được tổ chức 2 tuần/lần bằng hình thức trực tuyến từ ngày 10/5/2023 và đã kết thúc vào ngày 15/9/2023. Ngoài các cán bộ thuộc Trung tâm NLHN, khóa học còn có sự tham gia của các cán bộ thuộc công ty tư vấn điện 1 và 2 (PECC1 và PECC2), Cục An toàn Bức xạ và Hạt nhân. Hình 1 minh họa một buổi học trực tuyến của khóa học về phương pháp INPRO.

- Cán bộ thuộc Viện KHKTHN, PECC1 và PECC2 đã tham gia khóa học tại trường INPRO về lập kế hoạch chiến lược và phát triển NLHN bền vững “Joint ICTP-IAEA INPRO School on Strategic Planning for Sustainable Nuclear Energy Development”) tại Cộng hòa Ý vào các năm 2023 và 2024.

- Từ tháng 2/2024, với sự hỗ trợ của INPRO, Trung tâm NLHN cùng với PECC2 đã triển khai thực hiện đánh giá tính bền vững của công nghệ nhà máy ĐHN nổi CMSR của Seaborg, Đan Mạch trong khuôn khổ hợp tác giữa Seaborg, PECC2 và Viện NLNTVN. Phạm vi đánh giá ban đầu được giới hạn ở hai lĩnh vực là kinh tế và cơ sở hạ tầng.

- Từ tháng 1/2024, Viện KHKTHN triển khai thực hiện đề tài cấp bộ “Nghiên cứu đánh giá các kịch bản tích hợp điện hạt nhân vào hệ thống năng lượng của Việt Nam bằng công cụ MESSAGE”. Đề tài được thực hiện trong 2 năm 2024-2025 với mục đích nghiên cứu, phân tích, đánh giá, các kịch bản tích hợp ĐHN vào hệ thống năng lượng của Việt Nam từ đó có thể đánh giá được vai trò của ĐHN trong hệ thống năng lượng Việt Nam.

- Viện NLNTVN tham gia vào dự án ASENES-SMR theo hình thức quan sát viên. Cán bộ thuộc

Viện KHKTHN tham gia các hội nghị kỹ thuật của dự án dưới cả hai hình thức trực tuyến và trực tiếp (tham gia trực tuyến hội nghị vào 16-19/04/2024, tham gia cả trực tuyến và báo cáo trực tiếp tại hội nghị vào 23-27/09/2024).

- Cán bộ thuộc Viện KHKTHN tham gia và báo cáo tại “Diễn đàn đối thoại INPRO lần thứ 22 về phát triển thành công và triển khai bền vững các lò phản ứng mô-đun nhỏ (SMR)” (22nd INPRO Dialogue Forum on Successful Development and Sustainable Deployment of Small Modular Reactors (SMRs)) tại Jeju, Hàn Quốc vào 6-10/05/2024.

- Viện NLNTVN phối hợp cùng INPRO tổ chức khóa đào tạo về công cụ MESSAGE-NES vào 18-22 tháng 11/2024. Mục tiêu của khóa học là hướng dẫn cách sử dụng công cụ MESSAGE-NES để mô phỏng hệ thống năng lượng ở cấp quốc gia. Dự kiến khóa học có sự tham gia của các nghiên cứu viên thuộc Viện KHKTHN, Trung tâm đào tạo thuộc Viện NLNTVN; các cán bộ từ Cục Năng lượng nguyên tử Việt Nam, các Công ty tư vấn điện PECC1 và PECC2 và các giảng viên đến từ Trường Đại học Điện lực, Cao đẳng Điện lực miền Trung. Khóa học được chia thành hai giai đoạn và tổ chức theo cả hai hình thức trực tuyến và trực tiếp. Khóa học trực tuyến (Pre-training) vào khoảng 7-11 tháng 10/2024 nhằm cung cấp những kiến thức cơ bản về công cụ MESSAGE-NES. Khóa học trực tiếp tại Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân vào 18-22/11/2024 sẽ hướng dẫn thực hành công cụ MESSAGE-NES để mô phỏng hệ thống năng lượng ở cấp quốc gia.

### **3.2. Đề xuất các hoạt động, dự án hợp tác của INPRO phù hợp cho Việt Nam**

Mặc dù ĐHN chưa được đưa vào Quy hoạch điện VIII, nhưng các công nghệ ĐHN vẫn cần được xem xét như là một phương án khả thi có thể giúp Việt Nam đạt được mục tiêu Net Zero. Kết hợp

ĐHN, đặc biệt là các công nghệ hạt nhân tiên tiến như SMR và năng lượng tái tạo để thay thế dần các nhà máy điện than hiện đang là xu thế thịnh hành trên thế giới và cần được xem xét trong bối cảnh hiện nay ở Việt Nam. Do đó, các hoạt động, dự án hợp tác của INPRO liên quan các vấn đề như tính bền vững của SMR, sự tích hợp tối ưu giữa ĐHN (đặc biệt là công nghệ tiên tiến như SMR) và năng lượng tái tạo, triển khai các hệ thống NLHN vận hành với SMR và sự chuyển dịch năng lượng sang các hệ thống NLHN để thay thế điện than sẽ những hoạt động, dự án phù hợp để Việt Nam tham gia. Cụ thể như sau:

- Dự án “ASENES-SMR” nhằm xây dựng và đánh giá các kịch bản triển vọng và các yếu tố thành công để triển khai hệ thống NLHN bền vững với SMR, bao gồm cả các mô hình hợp tác tiềm năng. Dự án được thực hiện trong giai đoạn 2021-2025. Dự án đang bước vào giai đoạn thảo luận và xem xét các kết quả mô hình tiềm năng thông qua các nghiên cứu điển hình của các quốc gia (năm 2024) và dự kiến chuẩn bị các báo cáo kết quả cho dự án (năm 2025). Việt Nam đã tham gia dự án này với hình thức quan sát viên và tham dự 2 cuộc họp kỹ thuật thuộc dự án. Việc tiếp tục tham gia các hoạt động của dự án sẽ là một cơ hội rất tốt để học hỏi được những kinh nghiệm về việc phân tích, đánh giá các kịch bản triển ĐHN với công nghệ lò phản ứng SMR.

- Dự án “FRAMES” nhằm cung cấp một công cụ có khả năng thực hiện nghiên cứu sự tích hợp tối ưu giữa NLHN (đặc biệt là công nghệ hạt nhân tiên tiến) và năng lượng tái tạo. FRAMES phân tích sự đóng góp của NLHN trong con đường dẫn tới trung hòa carbon và phân tích, đánh giá lợi ích và ý nghĩa của việc kết hợp giữa hydro, NLHN và năng lượng tái tạo. Dự án đang ở giai đoạn lập kế hoạch ban đầu. Việt Nam đã tham gia xây dựng các điều khoản tham chiếu (TOR) và lập kế hoạch triển khai dự án. Dự kiến Việt Nam có

thể tham gia hoạt động thử nghiệm beta, các hoạt động đào tạo và ứng dụng thử nghiệm của dự án.

- Việt Nam tham gia vào hoạt động SMR NESA của INPRO và thực hiện đánh giá tính bền vững của công nghệ NMDHN nổi CMSR nhưng chỉ giới hạn ở hai phạm vi ban đầu là kinh tế và cơ sở hạ tầng. Việt Nam có thể tiếp tục thực hiện đánh giá tính bền vững của công nghệ này với ở các khía cạnh: an toàn, môi trường, chống phổ biến vũ khí, quản lý chất thải.

- INPRO dự kiến sẽ triển khai thực hiện đánh giá tính bền vững của sự dịch chuyển hệ năng lượng hóa thạch sang hệ thống NLHN. Đây là dự án mới được INPRO đề xuất sử dụng quy trình NESA để đánh giá tính bền vững của việc chuyển đổi các nhà máy sử dụng nhiên liệu hóa thạch sang NMDHN. Cuộc họp khởi động để xác định các điều khoản tham chiếu (ToR), mục tiêu và phạm vi của dự án thực hiện trong năm 2024. Việc thực hiện NESA sẽ được tiến hành vào năm 2025. Đây cũng là hoạt động phù hợp cho Việt Nam tham gia.

- Thông qua thực hiện đề tài cơ sở “Nghiên cứu sử dụng bộ công cụ ASENES của INPRO trong phân tích các kịch bản ĐHN và khả năng áp dụng vào Việt Nam”, nhóm đề tài thuộc Viện KHK-THN đã nghiên cứu cách sử dụng bộ công cụ ASENES bao gồm công cụ NEST, MESSAGE-NES, KIND-ET và ROADMAPS-ET trong phân tích các kịch bản ĐHN và áp dụng bộ công cụ này để phân tích một kịch bản ĐHN giả định ở Việt Nam. Nhận thấy đây là bộ công cụ rất hữu ích để đánh giá tính kinh tế, so sánh, xếp hạng các công nghệ ĐHN và đưa ra lộ trình triển khai ĐHN theo hướng bền vững. Vì vậy, Việt Nam có thể đề xuất INPRO hướng dẫn thực hiện một nghiên cứu điển hình cho Việt Nam sử dụng bộ công cụ ASENES.

- NPRO đã cung cấp đến Việt Nam khóa học trực

tuyên về phương pháp luận INPRO từ tháng 05-09/2024. Tuy nhiên, khóa học chỉ cung cấp những kiến thức cơ bản về phương pháp luận INPRO bao gồm những hướng dẫn sơ bộ về việc đánh giá các khía cạnh bền vững của hệ thống NLHN theo 6 lĩnh vực: kinh tế, an toàn, môi trường, cơ sở hạ tầng, quản lý rác thải và chống phổ biến vũ khí. Trong tương lai, Việt Nam có thể đề xuất sự hỗ trợ chuyên sâu hơn của IAEA/INPRO với những bài toán thực tế áp dụng phương pháp luận INPRO để làm công cụ học tập, thực hành.

- Trường INPRO là nơi tổ chức các khóa học từ cơ bản đến chuyên sâu liên quan đến các công cụ và phương pháp luận của INPRO. Việc duy trì tham gia vào các khóa đào tạo của trường INPRO là hữu ích và cần thiết.

#### 4. KẾT LUẬN

Các dự án hợp tác và dịch vụ của INPRO đang đóng góp quan trọng vào việc phát triển NLHN bền vững của các quốc gia thành viên. Dịch vụ NESA giúp xây dựng năng lực chuyên môn trong việc đánh giá tính bền vững lâu dài của các NES. Dịch vụ ASENES cung cấp những hỗ trợ kỹ thuật bao gồm cả đào tạo và hướng dẫn cho các quốc gia thành viên trong việc xây dựng và phân tích các kịch bản triển khai ĐHN, đánh giá, so sánh các phương án/kịch bản NES, hướng dẫn lập kế hoạch chiến lược quốc gia, hỗ trợ ra quyết định và phát triển chương trình NLHN bền vững. Dự án hợp tác “ASENES-SMR” xây dựng và đánh giá các kịch bản triển vọng và các yếu tố thành công để triển khai NES bền vững với SMR, bao gồm cả các mô hình hợp tác tiềm năng. Dự án “FRAMES” nghiên cứu sự tích hợp tối ưu giữa NLHN và năng lượng tái tạo. Hoạt động “SMR NESA” đánh giá tính bền vững của các lò phản ứng mô đun nhỏ SMR. Ngoài ra, INPRO cũng mới đề xuất dự án mới liên quan đến đánh giá

tính bền vững của sự chuyển dịch từ hệ thống năng lượng hóa thạch sang hệ thống NLHN.

Trong bối cảnh hiện nay, các dự án hợp tác ASNES-SMR, FRAMES, dự án đánh giá tính bền vững của sự dịch chuyển từ hệ thống năng lượng hóa thạch sang hệ thống NLHN, hoạt động SMR NESA, gói hỗ trợ NESA, dịch vụ ASENES và các khóa học của Trường INPRO là những dự án, hoạt động, chương trình dịch vụ phù hợp cho Việt Nam tham gia để việc xây dựng năng lực phân tích và đánh giá các kịch bản triển khai ĐHN, hỗ trợ ra quyết định và đánh giá có hệ thống tính bền vững của hệ thống NLHN có thể triển khai ở Việt Nam trong tương lai.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://www.iaea.org/services/key-programmes/international-project-on-innovative-nuclear-reactors-and-fuel-cycles-inpro/membership>.
- [2] SCHERER Carolynn, Section Head-INPRO, 2023, INPRO Subprogramme Plan 2024-2025,
- [3] <https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/Pages/cps.aspx>.
- [4] Brian Boyer, et al, 2021. INPRO-Moving into a third decade of Innovation Relevant to Nuclear Materials Handling, Proceedings of INMM 62nd Annual Meeting, August 23-26, August 30 – September 1.
- [5] IAEA (2021), Planning Enhanced Nuclear Energy Sustainability, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.19.

# LIỆU RẰNG ĐÁNH GIÁ BỆNH NHÂN U LYMPHOMA HODGKIN BẰNG PET/CT SAU 2 CHU KỲ ĐIỀU TRỊ HOÁ CHẤT ABVD CÓ THỰC SỰ HIỆU QUẢ?

Trần Thế Hoàng  
Trưởng Đại học Y Hà Nội

**Mục tiêu:** Đánh giá vai trò của interim PET/CT sau 2 chu kỳ điều trị hóa chất ABVD của bệnh nhân u lymphoma Hodgkin.

**Đối tượng và phương pháp:** Nghiên cứu mô tả hồi cứu và tiền cứu trên 79 bệnh nhân tại bệnh viện K (cơ sở Tân Triều) từ tháng 03/2020 đến tháng 06/2023. BN được thăm khám lâm sàng, cận lâm sàng, xét nghiệm, chụp phim CT hoặc PET/CT đánh giá giai đoạn trước điều trị, sau đó được điều trị hoá chất phác đồ ABVD theo hướng dẫn NCCN 2024, sau 2 chu kỳ được chụp và đánh giá Interim PET/CT đánh giá đáp ứng sớm theo thang điểm Deauville score (DS) và lựa chọn phác đồ điều trị hóa chất tiếp theo ở người bệnh, theo dõi dọc quá trình điều trị và sau điều trị.

**Kết quả:** Trong tổng số 79 BN với tỷ lệ nam/nữ :1/1,3, độ tuổi trung bình  $32 \pm 13.8$  tuổi (nhỏ nhất 8 tuổi, lớn nhất 69 tuổi). BN được đánh giá giai đoạn trước khi điều trị với 54 BN (68,4%) được chụp CT và 25 BN (31,6%) được chụp PET/CT. 60,8% BN có dưới 3 vị trí hạch và 25,4% có trên 3 vị trí hạch trên cơ thể, hạch trên cơ hoành 62 % và hạch cả trên và dưới cơ hoành 20,3%. Và 49 BN có Kích thước TB trực tràng hạch lớn nhất  $27,10 \pm 8,3$  mm. Tổn thương trung thất và lách với lần lượt là 19 BN (24,1%) và 9 BN (11,4%). BN giai đoạn sớm I-II chiếm ưu thế là 82,1%, trong khi giai đoạn tiến triển III-IV chỉ chiếm 17,9%. Sau điều trị 2 chu kỳ hóa chất ABVD tỷ lệ đáp ứng trên PET/CT là iPET/CT2 (-) 63/79 BN (79,7%, trong đó DS 1 điểm 90,5%) và iPET/CT2 (+) ở 16/79 BN (20,3% trong đó DS 4 điểm 87,5%). Thời gian sống thêm không bệnh (PFS) của nhóm iPET/CT2 (-) sau 12 tháng là 96,8% và 24 tháng là 95,2%; PFS của nhóm iPET/CT2 (+) sau 12 tháng là 87,5% và 24 tháng là 81,25%.

**Kết luận:** Interim PET/CT có vai trò quan trọng trong cung cấp thông tin tiên lượng và đánh giá đáp ứng sớm trong điều trị hoá chất ABVD ở bệnh nhân ULH, góp phần giúp lựa chọn phác đồ hóa chất cho điều trị và làm giảm tác dụng không mong muốn của hóa chất.

## 1. MỞ ĐẦU

U lympho Hodgkin (ULH) là bệnh ung thư dòng bạch cầu lympho, một trong 10 loại ung thư thường gặp. Theo ghi nhận của GLOBOCAN 2022, trên thế giới có 82.409 trường hợp mới mắc và 22.701 trường hợp tử vong, bệnh ít gặp hơn dòng không Hodgkin và đứng thứ 26 trong

các loại ung thư, tần suất gặp ở khu vực châu Á (38,2%). Tại Việt Nam, năm 2018 tỷ lệ mắc ULH theo tuổi là 5,2/100.000 dân.

ULH là một loại ung thư bạch huyết đơn dòng hiếm gặp với tiên lượng tốt và tỷ lệ chữa khỏi bệnh cao lên đến trên 80%. Lâm sàng và giải phẫu bệnh đã chia thể bệnh này thành 2 loại riêng

biệt với 95% là Hodgkin thể cổ điển và 5% là thể ULH ưu thế dòng tế bào lympho.

Hiện nay tại Việt Nam,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT sử dụng chủ yếu trong bệnh lý ung thư, có vai trò quan trọng trong chẩn đoán, đánh giá giai đoạn, đáp ứng điều trị và theo dõi, đánh giá, di căn và tìm tổn thương nguyên phát. Đối với bệnh lý ULH và trong một vài typ của U lympho non – Hodgkin, đây cũng là công cụ hữu ích đã được đưa vào quy trình tiêu chuẩn trong nước và quốc tế. Trong đó, đánh giá giữa kỳ PET/CT (Interim- iPET/CT2) trong quá trình điều trị hoá chất được báo cáo là một yếu tố tiên lượng tốt hơn so với điểm tiên lượng quốc tế (IPS) sau khi thực hiện hai chu kỳ điều trị bằng phác đồ Doxorubicin, Bleomycin, Vinblastine và Dacebazine (ABVD) và đã được mạng lưới ung thư quốc gia Hoa Kỳ (NCCN) và hội nội khoa Ung thư châu Âu (ASCO) đưa vào trong phác đồ hướng dẫn điều trị đối với các giai đoạn của ULH nhằm đưa ra kế hoạch điều trị phù hợp giảm tác dụng phụ và độc tính lên cơ thể người bệnh [7].

Vào năm 2009 tại Pháp, tiêu chuẩn 5 điểm trong thang điểm Deauville (DS) được thống nhất ứng dụng các tiêu chí đơn giản và có thể đánh giá đáp ứng sớm và tiên lượng điều trị trên iPET/CT2 sau 2 đợt hóa chất ABVD trong ULH. Tác giả Gallamini và cs (2014) đã tiến hành nghiên cứu (NC) trên 260 BN mắc ULH đang điều trị hoá chất ABVD và được đánh giá iPET/CT2 sau 2 chu kỳ điều trị, kết quả NC dương tính 17,3% và âm tính 82,7%, sau 3 năm tỷ lệ PFS là 83% [7]. Ngoài ra, tác giả Cerci và cs cũng cho thấy tỷ lệ PFS sau 3 năm là 53,4% và 90,5% cho tỷ lệ iPET/CT2 dương tính và âm tính cho BN điều trị ULH [8]. Hiện nay, ở Việt Nam chưa có NC nào đánh giá đáp ứng điều trị sớm và dự đoán tiên lượng ở BN mắc ULH đang điều trị phác đồ ABVD sau 2 chu kỳ bằng PET/CT, vì vậy chúng tôi tiến hành đề tài “Đánh giá bệnh nhân u lymphoma hodgkin bằng

PET/CT sau 2 chu kỳ điều trị hoá chất ABVD”.

## 2. NỘI DUNG

### 2.1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

#### *Đối tượng nghiên cứu*

Gồm 79 BN được chẩn đoán xác định là ULH và được điều trị theo phác đồ hướng dẫn NCCN tại bệnh viện K cơ sở Tân Triều từ 03/2020 - 06/2023.

#### *Phương pháp nghiên cứu*

NC mô tả cắt ngang, thu thập số liệu hồi cứu và tiền cứu. Với 79 BN được thăm khám lâm sàng, cận lâm sàng, được làm giải phẫu bệnh chẩn đoán là ULH và được chụp phim CT hoặc PET/CT đánh giá giai đoạn trước điều trị, sau đó được điều trị hóa chất phác đồ ABVD theo hướng dẫn của NCCN, sau 2 chu kỳ được chụp và đánh giá Interim PET/CT2 đánh giá đáp ứng sớm theo thang điểm Deauville score (DS) và lựa chọn phác đồ điều trị hóa chất tiếp theo ở người bệnh, theo dõi dọc quá trình điều trị và sau điều trị.

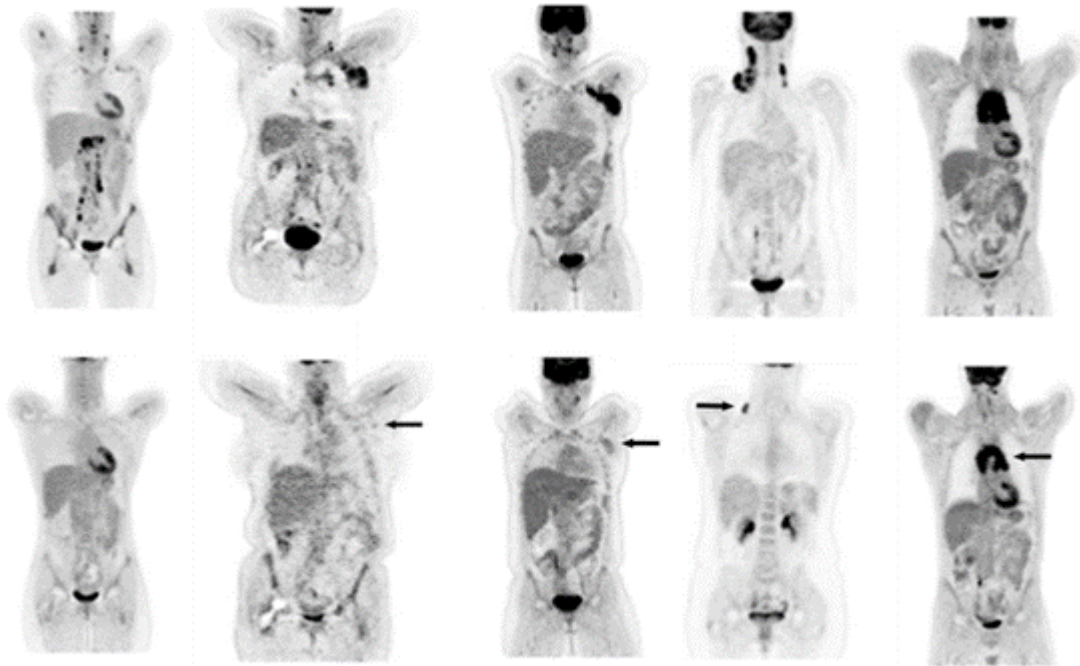
Ngoài ra, sử dụng bảng đánh giá đáp ứng Lugano [3], dựa vào kết quả chụp interim PET/CT thông qua thang điểm đánh giá DS. Chia làm 4 mức độ đáp ứng điều trị:

+ Nhóm iPET/CT2 (-) Đáp ứng hoàn toàn (CMR) nếu DS 1-3 điểm.

+ Nhóm iPET/CT2 (+), đáp ứng một phần (PMR) nếu DS 4-5 điểm có giảm kích thước tổn thương so với phim cũ, bệnh ổn định (NMD) nếu DS 4-5 đ và không thay đổi kích thước so với phim trước điều trị và bệnh tiến triển (PMD) nếu DS 4-5 đ tổn thương tăng kích thước hoặc xuất hiện thêm tổn thương mới so với phim cũ.

#### *Xử lý và phân tích số liệu*

Số liệu được nhập và phân tích bằng phần mềm SPSS 20.0. Tính tỷ lệ % cho các biến định tính,



Hình 1. Hình ảnh đánh giá giai đoạn trước và đáp ứng điều trị sau 2 chu kỳ ABVD từ trái qua phải (mũi tên chỉ tổn thương còn lại), tương ứng điểm số Deauville 1-5 điểm (5-PS)[3]

tính giá trị trung bình ( $\bar{X}$ ) và độ lệch chuẩn (SD) cho các biến định lượng liên tục. Sử dụng kiểm định Chi – Square để so sánh đánh giá đáp ứng khối u theo kích thước và mức độ chuyển hóa theo đơn vị SUVmax, có ý nghĩa thống kê với  $p < 0,05$ .

## 2.2. Kết quả

### a. Đặc điểm đối tượng nghiên cứu

Trong tổng số 79 BN, tuổi trung bình là  $32 \pm 13,8$  tuổi, độ tuổi từ 8 đến 69 tuổi, nhóm tuổi hay gặp nhất 15-45 tuổi chiếm 82,1%, tỉ lệ nam:nữ là 1:1,3.

Một số đặc điểm lâm sàng và cận lâm sàng nhóm NC:

Đặc điểm	Tổng số (n=79)	Tỷ lệ %
<b>Triệu chứng B</b>	16	20,3
<b>Vị trí hạch</b>		
Trên cơ hoành	49	62
Dưới cơ hoành	4	5,1
Cả trên và dưới cơ hoành	16	20,3
<b>Các vị trí tổn thương hạch</b>		
< 3 vị trí	48	60,8
$\geq 3$ vị trí	20	25,3
Không tổn thương hạch	11	13,9
<b>Mô bệnh học</b>		
Thể xơ nốt	42	53,2
Thể hỗn hợp tế bào	29	36,7
Thể giàu lymphobao	7	8,9
Tổn thương ngoài hạch	27	34,2
Tổn thương xương, tuỷ xương	3	3,4

b. Giai đoạn, các yếu tố tiên lượng và phân tầng nguy cơ các bệnh

Đặc điểm	Tổng số (n=79)	Tỷ lệ %
<b>Giai đoạn</b>		
I	17	21,5
II	43	54,4
III	11	13,9
IV	8	10

c. Đánh giá giai đoạn bệnh và interim PET/CT2 sau 2 chu kỳ hóa chất ABVD.

Trong nhóm giai đoạn sớm theo Ann Arbor (I-II) có 49 BN đáp ứng hoàn toàn với điều trị PMR-iPET/CT (-), trong đó nhóm giai đoạn tiến triển (III-IV) sau điều trị có iPET/CT(+) chỉ có 5 BN (31,2%).

		<b>Đánh giá interim PET/CT2</b>			
		<b>iPET/CT (-)</b>		<b>iPET/CT (+)</b>	
		<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>Giai đoạn</b>	<b>Sớm (I-II)</b>	49	77,8	11	68,8
	<b>Tiến triển (III-IV)</b>	14	22,2	5	31,2
<b>Tổng số</b>		<b>63</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

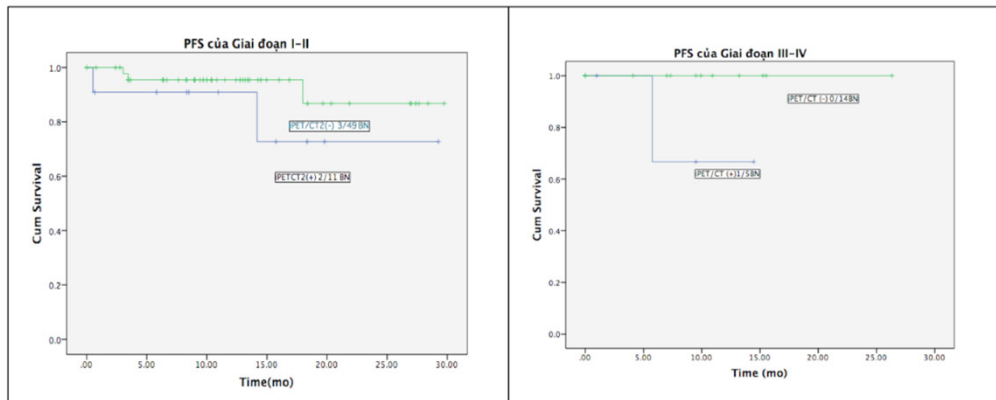
d. Đánh giá thời gian sống thêm của nhóm nghiên cứu iPET/CT2 ở giai đoạn sớm và giai đoạn tiến triển.

ứng là 96,8% và 95,2%.

Thời gian sống thêm không bệnh (PFS) của nhóm iPET/CT 2 (-) sau 12 tháng và 24 tháng tương

Thời gian sống thêm không bệnh (PFS) của nhóm iPET/CT 2 (+) sau 12 tháng và 24 tháng tương ứng là 87.5% và 81.25%.

Biểu đồ cho thấy PFS của nhóm giai đoạn sớm (I-II) và giai đoạn tiến triển (III-IV) của nhóm NC iPET/CT2



### 2.3. Bàn luận

ULH có thể xuất hiện ở bất kỳ lứa tuổi nào, nhưng tần suất thường gặp ở tuổi trẻ. Trong nghiên cứu (NC) của chúng tôi, lứa tuổi chiếm tỷ lệ cao nhất là 15-45 (82,1%). Độ tuổi TB là 32±13.8 (nhỏ tuổi nhất là 8, lớn tuổi nhất là 68). Kết quả này tương tự với sự phân bố nhóm tuổi của tác giả Nguyễn Tuyết Mai và cs tỷ lệ nam/ nữ là 1/1.6.

Tương tự như các NC dịch tễ học của ULH ung thư, Bộ môn Ung thư trường ĐHY Hà Nội (2015) [2]. Tuy nhiên, khác về tỷ lệ giới tính so với tác giả Nguyễn Tuyết Mai tỉ lệ nam/nữ là và tác giả Seshachalam và cs tỉ lệ nam/nữ là 1.4/1 [1],[4].

Triệu chứng B biểu hiện sự rầm rộ của bệnh tật bao gồm sốt, ra mồ hôi về đêm, sút cân xuất hiện trước hoặc sau khi có hạch ở 16/79 BN (20,3%)

mức độ ngày càng tăng, kết quả này tương đồng Nguyễn Tuyết Mai và cs ở 20% số BN [1].

UTH là bệnh lý thường biểu hiện ở hạch, có thể xuất hiện ở nhiều vị trí hạch trên cơ thể, cũng có thể chỉ xuất hiện một tổn thương ở các cơ quan khác ngoài hạch. Trong nhóm NC của chúng tôi số BN biểu hiện ở hạch ở <3 vị trí chiếm tỷ lệ cao 48/79 BN (60,8%), phần lớn là tổn thương tập trung ở phía trên cơ hoành chiếm 67,9%. Ở các BN có tổn thương  $\geq 3$  vị trí hạch chiếm tỷ lệ 25,3%, kết quả này tương đồng với tác giả Seshachalam và cs (2008-2018) trên 409 BN có 46,7% là tổn thương trên cơ hoành, nhưng vị trí tổn thương hạch thì 3 vị trí lớn hơn là 55%, lý giải có sự khác biệt này có thể thời gian trước y tế chưa phát triển, do đó BN đến khám ở giai đoạn muộn xuất hiện nhiều tổn thương hơn [4].

Phần lớn thể mô bệnh học trong nhóm NC là thể xơ nốt và hỗn hợp tế bào (89,9 %), đây là những thể bệnh thường gặp, thể giàu lympho bào chỉ chiếm 9,1%, điều này cũng phù hợp với tiên lượng các thể mô bệnh học đáp ứng tốt với điều trị của ULH, tương đồng với các tác giả Cerci, Nguyễn Tuyết Mai [1],[8]. Đặc biệt, trên các phim chụp trước điều trị phát hiện tổn thương nhu mô lách ở 9 BN (11,4%) và có 27 BN (34,1%) có tổn thương ngoài hạch và có BN tổn thương ở cả da và vị trí dưới da thành ngực, tuyến thượng thận, điều này càng thể hiện tính chất biểu hiện đa dạng và phức tạp của bệnh.

Nhóm NC có 69 BN biểu hiện tại hạch, kích thước TB trực ngắn của hạch lớn nhất là  $27,10 \pm 8,3$  mm, không có BN nào có hạch kích thước >10 cm.

Trong NC này, ta thấy số BN được chụp CT toàn thân đánh giá giai đoạn trước điều trị cao hơn gấp 2 lần so với phim PET/CT, lý giải điều này phần lớn do BN ở nước ta điều kiện kinh tế còn hạn chế, do đó có thể dành cho chụp interim PET/CT để có tiên lượng và lựa chọn phác đồ tiếp theo

cho quá trình điều trị hoặc những BN không đủ không đủ tiêu chuẩn tham gia NC do BN đánh giá đáp ứng điều trị bằng PET/CT khi hoàn thành phác đồ hóa chất ABVD sau 6 chu kỳ. Nhóm NC có 1 BN có tổn thương tuỷ xương được chụp phát hiện trên PET/CT nên trước điều trị, điều này thể hiện tính ưu việt của PET/CT mà trên CT thông thường khó đánh giá được.

NC của chúng tôi có 75,9 % BN đến ở giai đoạn sớm theo Ann Arbor (I-II), điều này có thể thấy việc phát hiện bệnh và y tế cơ sở được cải thiện hơn trước so với các nghiên cứu của Đỗ Tuyết Mai và cs (2007) và Seshachalam và cs (2018) [1], [4].

Kết quả iPET/CT2 (+) hoặc (-) ở cả giai đoạn sớm và tiến triển được cho là một dự đoán tốt về tiên lượng kết quả điều trị của phác đồ, mục đích điều trị sớm và phù hợp không làm gia tăng tác dụng phụ và độc tính của hoá chất lên cơ thể người bệnh. Trong nhóm NC chúng tôi, số BN ở giai đoạn sớm (I-II) có iPET/CT2 (-) chiếm tỷ lệ cao 77,8%, số BN giai đoạn tiến triển (III-IV) đáp ứng ngay sau 2 chu kỳ hoá chất ABVD là 22,2%. Tuy nhiên, giai đoạn sớm (I-II) cũng có 11 BN sau điều trị 2 chu kỳ chỉ đáp ứng 1 phần hoặc không đáp ứng, từ đó có những tiên lượng để điều chỉnh điều trị cho phù hợp. NC hồi cứu đa trung tâm của tác giả Gallamini và cs [7] năm 2017 đánh giá trên 260 BN được chụp PET/CT sử dụng các tiêu chí đánh giá bởi các chuyên gia y học hạt nhân theo thang điểm 5-PS xác định sau 2 đợt hoá chất ở BN ULH với hóa chất thì kết quả 45 BN (17,3%) iPET/CT2 (+) (DS 4-5 điểm), 251 (82,6%) và iPET/CT2 (-) (DS 1-3 điểm).

Thời gian sống thêm không bệnh (PFS) của nhóm iPET/CT2 (-) là 95,2% và của nhóm iPET/CT2 (+) là 81,25% cao hơn so với NC của Gallamini và cs [7] có PFS là 83% cho toàn bộ nhóm nghiên cứu, 28% ở nhóm iPET/CT2 (+) và 95% ở nhóm iPET/CT2 (-) ( $p < 0,0001$ ). Và điều quan

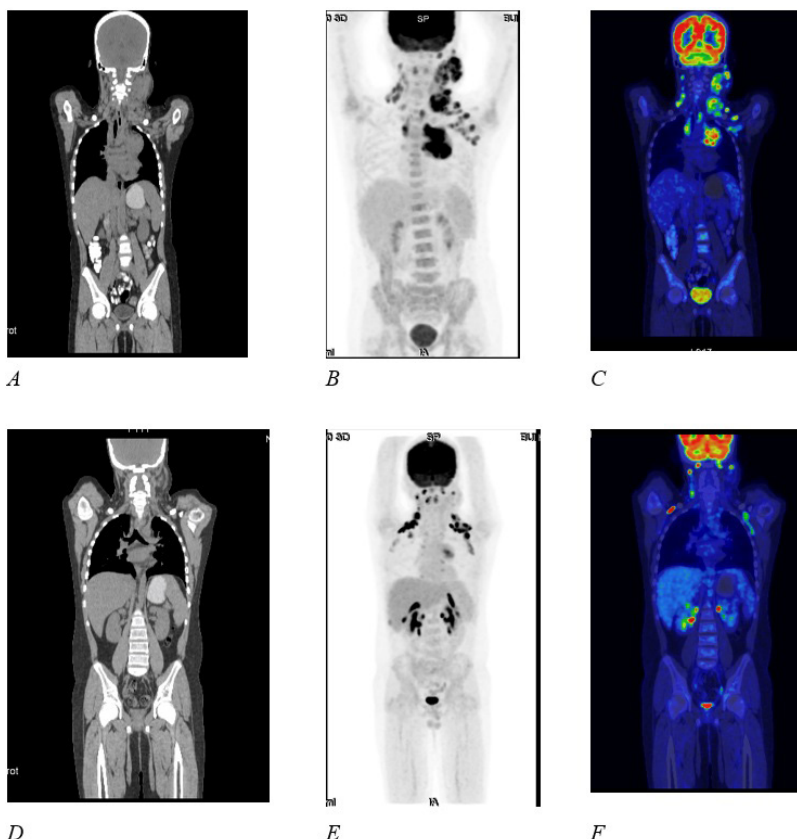
trọng nhất, NC này chứng minh giá trị dự báo âm tính (NPV) rất cao (94%) và độ chính xác tổng thể (91%) để tiên lượng đáp ứng điều trị sử dụng iPET/CT2. Kết quả này cũng cho thấy ABVD có hoặc không phối hợp xạ trị củng cố là phương pháp điều trị thích hợp cho khoảng 80% BN ULH giai đoạn tiến triển.

Kết quả NC của chúng tôi cũng khá tương đồng với NC thử nghiệm lâm sàng 50604 của nhóm Alliance – Mỹ (2018), bệnh nhân ở giai đoạn sớm (I/II), không tổn thương lớn được điều trị với 2 chu kỳ hóa chất ABVD theo dõi bởi iPET/CT2 kết quả: BN mà iPET/CT2 (-) tiếp tục được điều trị với ABVD, BN mà iPET/CT2 (+) sẽ chuyển sang điều trị tiếp với BEACOPP x 2 chu kỳ và hỗ trợ bằng xạ trị. Với thời gian theo dõi khoảng 3 năm PFS  $\geq 85\%$  cho BN mà iPET/CT2 (-) và iPET/CT2 (+) 66%. NC của tác giả Al-Ibraheem và cs (2022) trên 111 BN thì PFS sau 3 năm ở

nhóm iPET/CT2 (-) và iPET/CT2 (+) tương tự là 91% và 41% [5].

Việc cân bằng giữa hiệu quả điều trị và độc tính trong quá trình điều trị ở BN giai đoạn tiến triển, iPET/CT2 thay thế cho các yếu tố tiên lượng kết quả điều trị hóa chất ABVD theo các hướng dẫn của NCCN và ASCO. Điều này cũng là vấn đề quan trọng nhất mà đề tài này chúng tôi thực hiện để nhấn mạnh tầm quan trọng của iPET/CT sau 2 liệu trình hóa chất ABVD ở cả nhóm bệnh nhân giai đoạn sớm và tiến triển để tiên lượng và lựa chọn phác đồ tiếp theo điều trị phù hợp và đúng đắn nhất nhằm giảm tác dụng phụ, độc tính lên người bệnh mà vẫn đạt được hiệu quả điều trị.

Case lâm sàng: BN Lê Đức B, nam, 13 tuổi, MHS: 213144007, Chẩn đoán: U Lympho Hodgkin, typ hỗn hợp tế bào, giai đoạn IIIA, được chụp PET/CT trước và sau 2 chu kỳ hóa chất ABVD.



Hình 2. BN có hạch vùng cổ, trung thất, hạch nách trên phim PET/CT trước điều trị (Hình A-C, Điểm Deauville: 5 điểm); Phim chụp Interim PET/CT (Hình D-F), tổn thương hạch giảm đáng kể về kích thước và chuyển hóa Điểm Deauville: 4 điểm.

### 3. KẾT LUẬN

Đánh giá bệnh nhân U lymphoma Hodgkin bằng PET/CT sau 2 chu kỳ điều trị hóa chất ABVD thực sự hiệu quả, mang lại rất nhiều thông tin hữu ích về việc đáp ứng điều trị của bệnh nhân U lymphoma Hodgkin cả giai đoạn sớm và giai đoạn tiến triển, từ đó có thể tiên lượng và thay đổi phác đồ phù hợp với từng bệnh nhân. Cần thêm thời gian để đánh giá sự thay đổi của iPET/CT2 tác động đến phác đồ và kết quả điều trị thông qua thời gian sống còn và thời gian bệnh không tiến triển.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Tuyết Mai, Nguyễn Bá Đức và cs (2007) Nghiên cứu lâm sàng, cận lâm sàng và kết quả điều trị bệnh Hodgkin bằng phác đồ ABVD kết hợp xạ trị tại bệnh viện K, Luận văn Tiến sĩ y khoa, Trường ĐHY Hà Nội, mã 3.01.31.
- [2] Ung thư, Bộ Môn Ung Thư (2015), Bệnh Hodgkin, Ung thư học, Trường Đại Học Y Hà Nội, Nhà xuất bản y học, pp, 294-302.
- [3] Cheson, B. D. (2015). Staging and response assessment in lymphomas: the new Lugano classification. *Chinese clinical oncology*, 4(1), 5-5.
- [4] Seshachalam, A., Karpurmath, S. V., Rathnam, K., Raman, S. G., Janarthinakani, M., Prasad, K., ... & Shewade, H. D. (2019). Does interim PET scan after 2 cycles of ABVD predict outcome in Hodgkin lymphoma? Real-world evidence. *Journal of global oncology*, 5, 1-13.
- [5] Al-Ibraheem, A., Anwer, F., Juweid, M. E., Shagera, Q. A., Khalaf, A. N., Obeidat, S., ... & Mansour, A. (2022). Interim FDG-PET/CT for therapy monitoring and prognostication in Hodgkin's Lymphoma. *Scientific Reports*, 12(1), 17702.
- [6] NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines®). Hodgkin Lymphoma, 5. (2023).
- [7] Gallamini A., Barrington S.F., Biggi A., et al. (2014). The predictive role of interim positron emission tomography for Hodgkin lymphoma treatment outcome is confirmed using the interpretation criteria of the Deauville five-point scale. *Haematologica*, 99(6), 1107–1113.
- [8] Cerci J.J., Pracchia L.F., Linardi C.C.G., et al. (2010). 18 F-FDG PET After 2 Cycles of ABVD Predicts Event-Free Survival in Early and Advanced Hodgkin Lymphoma. *J Nucl Med*, 51(9), 1337–1343.