

## THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 1. Thông tin chung

**Tên đề tài:** Nghiên cứu, chế tạo vật liệu anode (nanocarbon composite) từ nguồn than đá Việt Nam định hướng ứng dụng cho pin Li-ion

**Mã số:** B2023-TNA-07

**Chủ nhiệm đề tài:** PGS.TS Đỗ Trà Hương

**Email:** huongdt.chem@tnue.edu.vn

**Điện thoại:** 0977.583.899

**Cơ quan chủ trì:** Đại học Thái Nguyên

**Thời gian thực hiện:** Từ tháng 01/2023 - tháng 12/2024

### 2. Mục tiêu

- Làm chủ các công nghệ chế tạo vật liệu nano carbon từ than đá Việt Nam; ứng dụng làm điện cực anot cho pin Li-ion đáp ứng được yêu cầu tính năng, kỹ thuật và về môi trường.

- Chế tạo được nano carbon làm vật liệu anode cho pin Li-ion, có tính năng kỹ thuật theo đăng ký.

- Xác lập 01 quy trình chế tạo vật liệu anode lắp ghép pin Li-ion.

### 3. Tính mới và sáng tạo

Lần đầu áp dụng phương pháp Hummer cải tiến và áp dụng phương pháp thủy nhiệt kết hợp với hoạt hóa bằng  $ZnCl_2$  để chế tạo thành công vật liệu nano carbon từ than đá Việt Nam và ứng dụng làm anode trong pin Li-ion.

### 4. Kết quả nghiên cứu

1. Từ than đá (than bitum) của mỏ than Phấn Mễ - Phú Lương - Thái Nguyên chế tạo thành thành công vật liệu nano carbon CDC, NCC theo phương pháp Hummer cải tiến. Các vật liệu chế tạo được có kích thước nano, xốp. Nhiệt độ, thời gian khuấy trong quá trình chế tạo vật liệu bằng phương pháp Hummer cải tiến có ảnh hưởng đến kích thước vật liệu và diện tích bề mặt riêng vật liệu, đường kích lỗ xốp của vật liệu. Từ đó đã lựa chọn được quy trình chế tạo vật liệu NCC theo phương pháp Hummer cải tiến.

Từ than đá (than bitum) của Mỏ than Phấn Mễ - Phú Lương - Thái Nguyên chế tạo thành thành công vật liệu nano CP, PC theo phương pháp thủy nhiệt kết hợp hoạt hóa  $ZnCl_2$ . Đã lựa chọn được tỷ lệ  $CD : ZnCl_2 = 3:1$  tối ưu cho quá trình chế tạo vật liệu bằng phương pháp thủy nhiệt. Vật liệu đã bị oxi hóa hoàn toàn thành graphene oxide. Vật liệu PC có cấu trúc xốp là vật liệu nano phân lớp 2D, kích thước cỡ 5-10 nm. Diện tích bề mặt riêng 348,00  $m^2/g$ . Khối lượng riêng là  $0,5g/cm^3$  Từ đó lựa chọn được quy trình chế tạo vật liệu PC theo phương pháp thủy nhiệt kết hợp hoạt hóa  $ZnCl_2$ .

2. Đo khả năng chống cháy nổ của điện cực trong dung dịch  $LiPF_6$  1M pha trong dung môi theo tỷ lệ về thể tích EC: DEC : DMC bằng 1:1:1 với các lực ép 5 tấn và khi thay đổi thành phần tỉ lệ khối lượng vật liệu nano carbon CP : graphite : carbon nanotube : chất kết dính PVDF bằng 70 : 10 : 10 : 10 và tỉ lệ khối lượng vật liệu nano carbon CP: carbon nanotube : chất kết dính PVDF bằng 80 : 10 : 10. kết quả cho thấy cho thấy dung dịch  $LiPF_6$  có trong thành phần của điện cực đã giảm sự mất khối lượng của điện cực PC5A và PC5. Điều này có thể được giải thích là do dung dịch  $LiPF_6$  có trong thành phần điện cực đã khuếch tán vào sâu vào trong vật liệu nano carbon xốp và làm tăng độ bền của điện cực hay làm tăng khả năng chống cháy nổ của điện cực. Sự mất khối lượng điện cực PC5 có nhỏ hơn PC5A cho thấy điện cực PC5 bền và khả năng chống cháy nổ tốt hơn điện cực PC5A.

3. Nghiên cứu độ độ bền nén của điện cực ở các lực ép 4,5,6 tấn của điện cực PC cho thấy điện cực với lực ép 5 tấn có độ bền nén tốt nhất.

4. Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần vật liệu điện cực, lực ép, nhiệt độ sấy của điện cực đến khả năng lưu trữ, tích thoát năng lượng của vật liệu nano carbon cho thấy lựa chọn tỉ lệ vật liệu nano carbon xốp : graphite : carbon nanotube : Polyme Polyvinylidene fluoride (PVDF) bằng 70:10:10:10, lực ép 5 tấn, nhiệt độ sấy điện cực  $250\text{ }^\circ\text{C}$  tối ưu cho quá trình chế tạo điện cực anode.

5. Nghiên cứu ảnh hưởng chất kết dính, dung môi hòa tan đến khả năng lưu trữ, tích thoát năng lượng của vật liệu nano carbon đã lựa chọn dung môi N-methylpyrrolidine, chất kết dính Polyme Polyvinylidene fluoride (PVDF) cho quá trình chế tạo điện cực anode.

6. Kết quả đo khả năng lưu trữ, tích thoát năng lượng của các điện cực CDC, CDPC, NCC, CP, PC lựa chọn được điện cực NCC, CP và PC tốt và ổn định nhất. Cụ thể:

- Điện dung riêng ban đầu của điện cực CP cao hơn điện cực NCC, CDC, CDPC. Tuy nhiên sau 500 và 1000 chu kỳ CV thì điện dung riêng của điện cực CP lớn hơn điện cực CNN không đáng kể.

- Bằng phương pháp phóng nạp dòng không đổi tính được điện dung riêng của CP là 275, NCC là 253F/g ở mật độ dòng 0,1A.g.

- Tính được mật độ năng lượng E của CP là 6,4 Wh/kg ứng với mật độ dòng là 1 A/g và 4 Wh/kg ứng với mật độ dòng là 5 A/g.

- Phương pháp đo tổng trở tính được  $R_{ct}$  của PC, CP, NCC bằng 0,2869, 1,34 và 2,15  $\Omega$ .

7. Đã lựa chọn được quy trình chế tạo điện cực anode từ vật liệu nano carbon xốp CP, PC và NCC.

8. Đã lắp ghép điện cực CDC, NCC, CP, PC thành anode trong cell pin Li-ion, các điện cực đều có khả năng lưu trữ ion  $Li^+$ . Điện cực NCC có dung lượng riêng tại C/10 là 306,0 mAh/g, tại C/20 là 435,5 mAh/g. Điện cực CP dung lượng riêng tại mật độ dòng tiêu chuẩn C/10 là 336,0 mAh/g, tại C/20 là 425,5 mAh/g. Điện cực PC có dung lượng riêng tại mật độ dòng tiêu chuẩn C/10 là 354,6,0 mAh/g, tại mật độ dòng C/20 là 503,3 mAh/g.

9. Lựa chọn được điện cực NCC chế tạo theo phương pháp Humer cải tiến và điện cực CP, PC chế tạo theo phương pháp thủy nhiệt kết hợp hoạt hóa  $ZnCl_2$  là điện cực để chế tạo anode trong cell pin Li- ion.

## 5. Sản phẩm

### 5.1. Sản phẩm khoa học:

1. **Tra Huong Do**, Van Tu Nguyen, Thi Nga Nguyen, Xuan Linh Ha, Quoc Dung Nguyen and Thi Kim Ngan Tran (2024) “Synthesis of Porous Carbon Nanomaterials from Vietnamese Coal: Fabrication and Energy Storage Investigations”, Appl. Sci. 2024, 14,965.<https://doi.org/10.3390/app1403096501> 2. Q2, IF 2.5

2. **Do Tra Huong**, Nguyen Van Tu, Ha Xuan Linh, Nguyen Thi Hien Lan, Nguyen Quoc Dung, Chu Mạnh Nhung, Nguyen Khanh Long<sup>1</sup>, Truong Xuan Vuong, Thi Kim Ngan Tran (2024) “Applying nano carbon prepared from coal as an anode in lithium-ion batteries”, *Green Processing and Synthesis*, 2025; 14: 20240151<https://doi.org/10.1515/gps-2024-0151>. Q2, IF 4.24

3. **Đỗ Trà Hương**, Nguyễn Thị Nga, Nguyễn Văn Tú, Nguyễn Quốc Dũng (2023). “Chế vật liệu nano carbon từ than cốc định hướng ứng dụng làm anode trong

pin Li-ion”, *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học* - Tập 29, số 03/2023, Tr 102-107. (Điểm HDGSNN 0,75 điểm)

**4. Đỗ Trà Hương, Hà Xuân Linh, Nguyễn Văn Tú, Trần Quốc Toàn, Nguyễn Thị Thu Hà, (2024),** “Nghiên cứu khả năng tích trữ năng lượng của vật liệu nano carbon chế tạo từ than đá”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, số 491, Kỳ 2, tháng 10 năm 2024, tr 93-100. (Điểm HDGSNN 1 điểm)

**5. 01 sáng chế (Đã được chấp nhận đơn).**

## **5.2. Sản phẩm đào tạo**

### **- Hướng dẫn 01 luận văn thạc sĩ:**

1. Hoàng Minh Hảo (2024), Nghiên cứu, chế tạo vật liệu anode (nano carbon composite) từ nguồn than cốc và định hướng ứng dụng cho pin Li-ion). Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên, bảo vệ tháng 5 năm 2024.

## **5.3. Sản phẩm ứng dụng**

- 50 g vật liệu anode cho pin Li-ion từ nguồn than đá Việt Nam. Kích thước hạt D50:  $10 \pm 3 \mu\text{m}$ ; Tỷ trọng: 0,3-0,8 g/cm<sup>3</sup>; Diện tích bề mặt (tính theo BET) 300-700 m<sup>2</sup>/g; Dung lượng tích trữ năng lượng  $\geq 500 \text{ mAh/g}$

- 01 quy trình công nghệ sản xuất vật liệu anode cho pin Li-ion từ nguồn than đá Việt Nam.

- 01 quy trình công nghệ chế tạo điện cực anode lắp ghép pin Li-ion.

## **6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu**

### **6.1. Phương thức chuyển giao**

Kết quả nghiên cứu của đề tài bao gồm các vật liệu điện cực, quy trình chế tạo pin có thể chuyển giao cho các Nhà máy sản xuất pin trong nước.

### **6.2. Địa chỉ ứng dụng**

- Nhà máy pin Li-ion Vinfast, Công ty Cổ phần Công nghệ nano ứng dụng

- Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ là tài liệu tham khảo quan trọng cho sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh ngành hóa học, hóa môi trường, công nghệ hóa học.

### **6.3. Tác động và lợi ích mang lại của đề tài**

#### **6.3.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo:**

Kết quả nghiên cứu của đề tài là tài liệu phục vụ nghiên cứu, đào tạo sinh viên, học viên cao học ngành hóa học, công nghệ điện hóa, hóa môi trường, hóa kỹ thuật. Đặc biệt bồi dưỡng khả năng nghiên cứu của các giảng viên trẻ, góp phần nâng cao chất lượng, hiệu quả đào tạo và nghiên cứu khoa học của Trường Đại học Sư phạm, - Đại học Thái Nguyên. Đồng thời là sự gắn kết giữa việc học tập lý thuyết với thực hành và ứng dụng các tiến bộ của khoa học công nghệ hiện đại trong điều kiện thực tiễn Việt Nam

### **6.3.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan:**

- Khi nghiên cứu và triển khai áp dụng công nghệ tiên tiến này trên qui mô lớn, sẽ góp phần thúc đẩy công nghệ vật liệu phát triển.

- Kết quả nghiên cứu của đề tài hứa hẹn sẽ được công bố trên các tạp chí khoa học chuyên ngành uy tín và trên tạp chí quốc tế. Đây cũng là cơ hội tốt để mở rộng sự hợp tác với các trường và trung tâm nghiên cứu trong nước..

### **6.3.3. Đối với phát triển kinh tế - xã hội:**

- Đề tài nghiên cứu, thử nghiệm thành công sẽ có ý nghĩa về kinh tế - xã hội, góp phần đưa khoa học công nghệ gắn liền với công tác bảo đảm phát triển kinh tế ổn định, bền vững, bảo vệ môi trường.

- Khi kết quả nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu anode (nanocarbon composite) từ nguồn than đá Việt Nam định hướng ứng dụng cho pin Li-ion góp phần nâng cao hiệu quả, giá trị kinh tế chế biến sâu của khoáng sản

### **6.3.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu:**

- *Đối với tổ chức chủ trì, cá nhân tham gia thực hiện đề tài:*

+ Nâng cao trình độ nghiên cứu, cải tiến công nghệ cho các cán bộ tham gia thực hiện đề tài trong lĩnh vực chế tạo vật liệu, chế tạo pin Li-ion.

+ Kết quả nghiên cứu của đề tài là tài liệu phục vụ nghiên cứu, đào tạo sinh viên, học viên cao học ngành sư phạm cử nhân hóa học của Trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên.

+ Các công trình công bố (nhất là công bố bài báo ISI) sẽ góp phần nâng cao chất lượng nghiên cứu của các giảng viên trẻ, góp phần nâng cao chất lượng, hiệu quả đào tạo và nghiên cứu khoa học của Đại học Thái Nguyên, tiếp cận với trình độ nghiên cứu khoa học của khu vực và thế giới.

+ *Đối với cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu:*

+ Nâng cao được chất lượng, ổn định công nghệ, giảm giá thành là những điều kiện quan trọng áp dụng công nghệ vào thực tiễn của các công ty sản xuất.

+ Kết quả của đề tài sẽ là hướng nghiên cứu và triển khai lâu dài nhằm phục vụ cho việc sử dụng vật liệu, tăng giá trị sử dụng than đá.

*Ngày..... tháng 02 năm 2025*

**Xác nhận của tổ chức thực hiện**

**Chủ nhiệm đề tài**

**Đỗ Trà Hương**

**MINISTRY OF EDUCATION AND TRAINING**  
**THAI NGUYEN UNIVERSITY**

**INFORMATION OF RESEARCH RESULTS**

**1. General information**

**Project name:** Research and manufacture of anode materials (nanocarbon composite) from Vietnamese coal sources with an application orientation for Li-ion batteries

**Code:** B2023-TNA-07

**Project leader:** Assoc. Prof. Dr. Do Tra Huong

**Email:** huongdt.chem@tnue.edu.vn

**Phone:** 0977.583.899

**Presiding agency:** Thai Nguyen University

**Implementation time:** From January 2023 to December 2024

**2. Objectives**

- Master the technology of manufacturing nanocarbon materials from Vietnamese coal; apply as anode electrode for Li-ion batteries to meet the requirements of features, techniques and environment.

- Fabricate nanocarbon as anode material for Li-ion batteries, with technical features according to registration.

- Establishing 01 process for manufacturing anode materials for Li-ion batteries.

**3. Novelty and creativity**

For the first time, the improved Hummer method and the hydrothermal method combined with activation by  $ZnCl_2$  were applied to successfully fabricate carbon nanomaterials from Vietnamese coal and apply them as anodes in Li-ion batteries.

**4. Research results**

1. From coal (bituminous coal) of Phan Me - Phu Luong - Thai Nguyen Coal Mine, CDC and NCC nanocarbon materials were successfully manufactured using the improved Hummer method. The manufactured materials have nano-sized and porous materials. The temperature and stirring time during the manufacturing process using the improved Hummer method affect the material size and specific surface area, and pore diameter of the material. From there, the process of manufacturing NCC materials

using the improved Hummer method was selected. From coal (bituminous coal) of Phan Me - Phu Luong - Thai Nguyen Coal Mine, CP and PC nanomaterials were successfully manufactured using the hydrothermal method combined with  $ZnCl_2$  activation. The optimal ratio of CD:  $ZnCl_2 = 3:1$  was selected for the manufacturing process of materials using the hydrothermal method. The materials were completely oxidized into graphene oxide. From there, the process of manufacturing PC materials using the hydrothermal method combined with  $ZnCl_2$  activation was selected.

2. Measure the explosion-proof ability of the electrode in 1M  $LiPF_6$  solution mixed in solvent at the volume ratio EC: DEC: DMC equal to 1:1:1 with the pressing force of 5 tons and when changing the composition of the mass ratio of CP carbon nanomaterial: graphite: carbon nanotube: PVDF binder equal to 70: 10: 10: 10 and the mass ratio of CP carbon nanomaterial: carbon nanotube: PVDF binder equal to 80: 10: 10. The results showed that the  $LiPF_6$  solution in the composition of the electrode reduced the mass loss of the PC5A and PC5 electrodes. This can be explained by the fact that the  $LiPF_6$  solution in the composition of the electrode diffused deep into the porous carbon nanomaterial and increased the durability of the electrode or increased the explosion-proof ability of the electrode. The mass loss of PC5 electrode is smaller than that of PC5A, showing that PC5 electrode is more durable and has better explosion-proof ability than PC5A electrode.

3. Research on the compressive strength of the electrode at the pressing forces of 4,5,6 tons of PCelectrode shows that the electrode with the pressing force of 5 tons has the best compressive strength.

4. Research on the influence of electrode material composition, pressing force, electrode drying temperature on the energy storage and release capacity of carbon nanomaterials shows that the choice of the ratio of porous carbon nanomaterial: graphite: carbon nanotube: Polyvinylidene fluoride (PVDF) polymer by 70:10:10:10, pressing force of 5 tons, electrode drying temperature of 250 0C is optimal for the anode electrode fabrication process.

5. Studying the influence of binder and solvent on the energy storage and discharge capacity of carbon nanomaterials, N-methylpyrrolidine solvent and Polyvinylidene fluoride (PVDF) polymer binder were selected for the anode electrode fabrication process.



6. The results of measuring the energy storage and discharge capacity of CDC, CDPC, NCC, CP, PC electrodes selected the best and most stable NCC, CP and PC electrodes. Specifically:

- The initial specific capacitance of CP electrode is higher than that of NCC, CDC, CDPC electrodes. However, after 500 and 1000 CV cycles, the specific capacitance of CP electrode is insignificantly larger than that of CNN electrode.

- Using the constant current charge-discharge method, the specific capacitance of CP is 275, NCC is 253F/g at a current density of 0.1A.g.

- Calculated energy density E of CP is 6.4 Wh/kg corresponding to current density of 1 A/g and 4 Wh/kg corresponding to current density of 5 A/g.

- The method of measuring the total impedance calculated Rct of PC, CP, NCC is 0.2869, 1.34 and 2.15  $\Omega$ .

7. The process of manufacturing anode electrodes from porous carbon nanomaterials CP, PC and NCC has been selected.

8. The CDC, NCC, CP, PC electrodes have been assembled into anodes in Li-ion battery cells, all electrodes have the ability to store Li<sup>+</sup> ions. The NCC electrode has a specific capacity at C/10 of 306.0 mAh/g, at C/20 of 435.5 mAh/g. The CP electrode has a specific capacity at standard current density C/10 of 336.0 mAh/g, at C/20 of 425.5 mAh/g. The PC electrode has a specific capacity of 354.6.0 mAh/g at standard current density C/10, and 503.3 mAh/g at current density C/20.

9. Selected NCC electrode fabricated by improved Humer method and CP, PC electrode fabricated by hydrothermal method combined with ZnCl<sub>2</sub> activation as electrodes to fabricate anode in Li-ion battery cell.

## **5. Products**

### **5.1. Scientific products**

**1. Tra Huong Do**, Van Tu Nguyen, Thi Nga Nguyen, Xuan Linh Ha, Quoc Dung Nguyen and Thi Kim Ngan Tran (2024) “Synthesis of Porous Carbon Nanomaterials from Vietnamese Coal: Fabrication and Energy Storage Investigations”, Appl. Sci. 2024, 14,965.<https://doi.org/10.3390/app14030965012>. Q2, IF 2.5.

**2. Do Tra Huong**, Nguyen Van Tu, Ha Xuan Linh, Nguyen Thi Hien Lan, Nguyen Quoc Dung, Chu Mạnh Nhung, Nguyen Khanh Long<sup>1</sup>, Truong Xuan Vuong, Thi Kim Ngan Tran (2024) “Applying nano carbon prepared from coal as an anode in

lithium-ion batteries”, *Green Processing and Synthesis*, 2025; 14: 20240151.  
<https://doi.org/10.1515/gps-2024-0151>. Q2, IF 4.24

3. **Do Tra Huong**, Nguyen Thi Nga, Nguyen Van Tu, Nguyen Quoc Dung (2023). “Preparation of carbon nanomaterials from coke for application as anodes in Li-ion batteries”, *Journal of Analytical Chemistry, Physics and Biology - Volume 29*, No. 03/2023, pp. 102-107.

4. **Do Tra Huong**, Ha Xuan Linh, Nguyen Van Tu, Tran Quoc Toan, Nguyen Thi Thu Ha, (2024), “Research on the energy storage capacity of carbon nanomaterials made from coal”, *Journal of Agriculture and Rural Development*, No. 491, Issue 2, October 2024, pp. 93-100.

5. 01 invention (Application accepted).

### **5.2. Training products**

- Guidance for 01 master's thesis:

1. Hoang Minh Hao (2024), Research and manufacture of anode materials (nano carbon composite) from coke and application orientation for li-ion batteries). Master's thesis, Thai Nguyen University of Education, defended in May 2024.

### **5.3. Applied products**

- 50 g anode material for Li-ion batteries from Vietnamese coal. Particle size D50:  $10\pm 3\mu\text{m}$ ; Density: 0.3-0.8 g/cm<sup>3</sup>; Surface area (calculated by BET) 300-700 m<sup>2</sup>/g; Energy storage capacity  $\geq 500$  mAh/g

- 01 technological process for producing anode materials for Li-ion batteries from Vietnamese coal.

- 01 technological process for manufacturing anode electrodes for assembling Li-ion batteries.

## **6. Transfer method, application address, impact and benefits of research results**

### **6.1. Transfer method**

The research results of the topic include electrode materials, battery manufacturing processes that can be transferred to domestic battery factories.

## **6.2. Application address**

- Vinfast Li-ion battery factory, Applied Nanotechnology Joint Stock Company
- In addition, the research results of the topic will be an important reference document for students, graduate students, and researchers in chemistry, environmental chemistry, and chemical technology.

## **6.3. Impact and benefits of the topic**

### **6.3.1. For the field of education and training:**

The research results of the topic are documents serving the research and training of students and graduate students in chemistry, electrochemical technology, environmental chemistry, and chemical engineering. In particular, fostering the research ability of young lecturers, contributing to improving the quality and effectiveness of training and scientific research of the University of Education, - Thai Nguyen University. At the same time, it is the connection between theoretical learning and practice and the application of advances in modern science and technology in the practical conditions of Vietnam

### **6.3.2. For related fields of science and technology:**

- When researching and applying this advanced technology on a large scale, it will contribute to promoting the development of materials technology.
- The research results of the topic promise to be published in prestigious specialized scientific journals and in international journals. This is also a good opportunity to expand cooperation with domestic schools and research centers.

### **6.3.3. For socio-economic development:**

- Successful research and testing topics will have socio-economic significance, contributing to linking science and technology with the work of ensuring stable and sustainable economic development and environmental protection.
- When the research results on anode material manufacturing technology (nanocarbon composite) from Vietnam's coal resources are oriented towards application to Li-ion batteries, it contributes to improving the efficiency and economic value of deep processing of minerals.

### **6.3.4. For the host organization and facilities applying research results:**

For the host organization and individuals participating in the project implementation:

+ Improve the research level and technology innovation for staff participating in the project implementation in the field of material manufacturing and Li-ion battery manufacturing.

+ The research results of the project are documents serving the research and training of students and graduate students in the Bachelor of Chemistry pedagogy major of the University of Education - Thai Nguyen University.

+ The published works (especially the publication of ISI articles) will contribute to improving the research quality of young lecturers, contributing to improving the quality and effectiveness of training and scientific research of Thai Nguyen University, approaching the level of scientific research in the region and the world.

+ For the facilities applying the research results:

+ Improving quality, stabilizing technology, and reducing costs are important conditions for applying technology into the practice of manufacturing companies.

+ The results of the topic will be a long-term research and development direction to serve the use of materials and increase the value of coal use.

*Date. Month 02 year 2025*

**Certification of implementing organization**

**Topic leader**

**Do Tra Huong**

