

ĐIỆN HẠT NHÂN: BÀI TOÁN KINH TẾ, CHÍNH SÁCH VÀ TÍNH KHẢ THI TẠI VIỆT NAM

PGS, TS Ngô Trí Long

Chuyên gia Kinh tế

Giới thiệu

Điện hạt nhân đóng vai trò quan trọng trong an ninh năng lượng, giảm phát thải và giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. Hiện có hơn 30 quốc gia sử dụng, nhiều nước đang đầu tư vào công nghệ mới để tăng an toàn và giảm chi phí.

Tại Việt Nam, nhu cầu điện tăng nhanh, trong khi nguồn cung gặp khó khăn do suy giảm nhiên liệu hóa thạch và yêu cầu giảm phát thải. Dự án điện hạt nhân Ninh Thuận, từng được phê duyệt năm 2009 nhưng tạm dừng năm 2016, nay được Quốc hội thông qua tiếp tục triển khai vào cuối năm 2024.

Về kinh tế, điện hạt nhân có chi phí đầu tư cao nhưng vận hành rẻ, giúp ổn định giá điện. Để triển khai, cần huy động vốn quốc tế và áp dụng mô hình đầu tư phù hợp. Về chính sách, nhiều nước có hỗ trợ mạnh để phát triển điện hạt nhân. Việt Nam cần hoàn thiện khung pháp lý, đảm bảo tuân thủ tiêu chuẩn an toàn quốc tế. Về kỹ thuật, Việt Nam thiếu hạ tầng và nhân lực, cần hợp tác với các nước tiên tiến để tiếp nhận công nghệ và đào tạo chuyên gia. Công nghệ lò mô-đun nhỏ (SMR) có thể tăng tính khả thi. Về môi trường, điện hạt nhân ít phát thải CO₂ nhưng tiềm ẩn rủi ro sự cố và xử lý chất thải phóng xạ, đòi hỏi giải pháp lưu trữ và tái chế hiệu quả. Xã hội vẫn lo ngại về an toàn hạt nhân, cần truyền thông và giáo dục để tạo sự đồng thuận.

Việt Nam cần lộ trình rõ ràng đến 2045, kết hợp công nghệ, tài chính, nhân lực và chính sách để triển khai hiệu quả. Thành công phụ thuộc vào chiến lược dài hạn, hợp tác quốc tế và cam kết của Chính phủ.

Đặt vấn đề

Trong bối cảnh nhu cầu năng lượng toàn cầu ngày càng gia tăng, điện hạt nhân đang nổi lên như một giải pháp quan trọng nhằm đảm bảo an ninh năng lượng, giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và giảm phát thải khí nhà kính. Với khả năng cung cấp điện ổn định, hiệu suất cao và ít tác động đến môi trường so với các nguồn năng lượng truyền thống, điện hạt nhân đã và đang trở thành một phần quan trọng trong chiến lược phát triển năng lượng của nhiều quốc gia trên thế giới.

Hiện nay, hơn 30 quốc gia đang vận hành các nhà máy điện hạt nhân, đóng góp khoảng 10% tổng sản lượng điện toàn cầu. Nhiều nước đang đẩy mạnh đầu tư vào công nghệ hạt nhân thế hệ mới, nhằm nâng cao độ an toàn, giảm chi phí vận hành và tận dụng tối đa lợi ích kinh tế mà nguồn năng lượng này mang lại.

Tại Việt Nam, nhu cầu tiêu thụ điện ngày càng gia tăng do tốc độ phát triển kinh tế nhanh chóng và quá trình công nghiệp hóa – hiện đại hóa. Tuy nhiên, nguồn cung năng lượng trong nước đang đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm sự suy giảm của các nguồn năng lượng hóa thạch, biến động giá nhiên liệu nhập khẩu và yêu cầu giảm phát thải theo cam kết quốc tế về biến đổi khí hậu. Điều này đặt ra bài toán cấp thiết về việc tìm kiếm một giải pháp năng lượng bền vững và lâu dài.

Vậy điện hạt nhân có phải là một hướng đi phù hợp cho Việt Nam? Việc phát triển điện hạt nhân đặt ra những vấn đề gì về kinh tế, chính sách và tính khả thi? Hội thảo hôm nay sẽ đi sâu phân tích các khía cạnh quan trọng của điện hạt nhân, từ đó đánh giá khả năng áp dụng vào thực tiễn tại Việt Nam.

I- ĐIỆN HẠT NHÂN DƯỚI GÓC NHÌN KINH TẾ

1. Chi phí đầu tư và vận hành nhà máy điện hạt nhân

(i) Chi phí xây dựng, bảo trì, vận hành và xử lý chất thải hạt nhân.

Điện hạt nhân đòi hỏi một khoản đầu tư ban đầu rất lớn để xây dựng nhà máy, nhưng chi phí vận hành và nhiên liệu tương đối thấp so với một số nguồn điện khác.

- o *Chi phí xây dựng:* Theo Cơ quan Năng lượng Quốc tế (IEA), chi phí xây dựng một nhà máy điện hạt nhân dao động từ 6.000 - 9.000 USD/kW. Tổng chi phí cho một nhà máy công suất 1.000 MW có thể lên tới 6 - 9 tỷ USD. Thời gian xây dựng: trung bình 7 - 10 năm.

- o *Chi phí vận hành và bảo trì:* Chi phí bảo trì và vận hành nhà máy hạt nhân khoảng 2,0 - 2,5 cent/kWh. Tuổi thọ trung bình của nhà máy hạt nhân là 40 - 60 năm, nhưng cần bảo dưỡng định kỳ để đảm bảo an toàn.

- o *Chi phí xử lý chất thải hạt nhân:* Quản lý nhiên liệu đã qua sử dụng và chất thải phóng xạ có chi phí rất cao. Ví dụ, Mỹ đã chi hơn 100 tỷ USD để xây dựng và quản lý các bãi chứa chất thải hạt nhân. Một số quốc gia (Pháp, Nhật Bản) tái chế nhiên liệu hạt nhân để giảm thiểu chi phí và tác động môi trường.

(ii) So sánh chi phí điện hạt nhân với các nguồn năng lượng khác

Loại năng lượng	Chi phí sản xuất (USD/kWh)	Chi phí đầu tư (USD/kW)	Thời gian xây dựng	Tuổi thọ trung bình
Điện hạt nhân	0,07 - 0,15	6.000 - 9.000	7 - 10 năm	40 - 60 năm
Nhiệt điện than	0,05 - 0,12	1.000 - 3.500	4 - 6 năm	30 - 40 năm
Nhiệt điện khí	0,04 - 0,10	700 - 1.500	3 - 5 năm	25 - 35 năm
Thủy điện	0,02 - 0,10	1.500 - 5.000	5 - 10 năm	50 - 100 năm
Năng lượng mặt trời	0,03 - 0,08	800 - 1.500	1 - 3 năm	25 - 30 năm
Năng lượng gió	0,04 - 0,09	1.200 - 2.000	1 - 2 năm	20 - 25 năm

Nhận xét:

- *Chi phí đầu tư ban đầu của điện hạt nhân cao nhất* trong các loại năng lượng, vượt xa điện than, khí và năng lượng tái tạo.
- *Chi phí vận hành thấp*, do giá nhiên liệu (uranium) ổn định hơn so với than và khí đốt
- *So với năng lượng tái tạo* (mặt trời, gió), điện hạt nhân có chi phí sản xuất cao hơn một chút nhưng ổn định hơn và có thể cung cấp điện liên tục (không phụ thuộc vào thời tiết).
- *Điện than rẻ hơn* về chi phí sản xuất nhưng gây ô nhiễm môi trường nặng nề, có thể bị đánh thuế carbon cao trong tương lai.

Kết luận:

- *Điện hạt nhân có chi phí đầu tư cao nhưng mang lại lợi ích dài hạn* nhờ chi phí vận hành thấp và khả năng cung cấp điện ổn định.
- *Tuy nhiên, chi phí xử lý chất thải hạt nhân và rủi ro an toàn vẫn là vấn đề lớn.*
- *So với năng lượng tái tạo, điện hạt nhân ổn định hơn nhưng không rẻ hơn*, do đó nhiều quốc gia đang cân nhắc kết hợp cả hai loại năng lượng này trong chiến lược phát triển năng lượng bền vững.

2- Hiệu quả kinh tế dài hạn của điện hạt nhân

(i)Lợi ích về chi phí sản xuất điện thấp hơn sau khi thu hồi vốn.

Điện hạt nhân có chi phí đầu tư ban đầu rất lớn, thường dao động từ 6.000 - 9.000 USD/kW (theo Cơ quan Năng lượng Quốc tế - IEA, 2023). Tuy nhiên, sau khi thu hồi vốn, chi phí sản xuất điện hạt nhân lại thấp hơn so với nhiều nguồn năng lượng khác.

- *Chi phí sản xuất điện (LCOE - Levelized Cost of Electricity) sau khi thu hồi vốn:*

- Điện hạt nhân: 40 - 50 USD/MWh
- Điện than: 60 - 90 USD/MWh
- Điện khí tự nhiên: 50 - 80 USD/MWh
- Điện mặt trời: 30 - 60 USD/MWh
- Điện gió trên bờ: 40 - 70 USD/MWh

- *Tuổi thọ dài, chi phí nhiên liệu thấp:* Nhà máy điện hạt nhân có thể vận hành từ 40 - 60 năm, trong khi các nguồn điện tái tạo như gió, mặt trời chỉ có tuổi thọ từ 20 - 30 năm. Ngoài ra, chi phí nhiên liệu hạt nhân chỉ chiếm khoảng 10% tổng chi phí vận hành, thấp hơn nhiều so với nhiên liệu hóa thạch.

(ii) Ảnh hưởng đến giá điện và sự cạnh tranh với các nguồn năng lượng khác

- *Giá điện ổn định:* Vì chi phí vận hành thấp và không bị ảnh hưởng nhiều bởi biến động giá nhiên liệu như than, dầu hay khí tự nhiên, điện hạt nhân giúp giữ giá điện ổn định hơn.

- *Tăng tính cạnh tranh:* Ở các quốc gia có tỷ lệ điện hạt nhân cao, giá điện thường ổn định và ít bị ảnh hưởng bởi biến động thị trường năng lượng toàn cầu. Ví dụ: Pháp (70% điện từ hạt nhân): Giá điện trung bình 0,18 USD/kWh. Đức (tăng tỷ lệ năng lượng tái tạo, giảm hạt nhân): Giá điện trung bình 0,40 USD/kWh (cao gần gấp đôi so với Pháp).

- *Cạnh tranh với năng lượng tái tạo:* Trong khi điện mặt trời và điện gió ngày càng giảm chi phí, điện hạt nhân vẫn giữ vai trò quan trọng do khả năng cung cấp điện ổn định (không phụ thuộc thời tiết).

Tóm lại, mặc dù chi phí đầu tư ban đầu cao, nhưng về dài hạn, điện hạt nhân có chi phí sản xuất thấp, giúp ổn định giá điện và tạo lợi thế cạnh tranh với các nguồn năng lượng khác.

3. Tác động đến nền kinh tế quốc gia

(i) Cơ hội việc làm, chuyển giao công nghệ và phát triển công nghiệp phụ trợ

Điện hạt nhân không chỉ tạo ra nguồn năng lượng ổn định mà còn thúc đẩy các ngành công nghiệp liên quan, tạo ra việc làm và thúc đẩy chuyển giao công nghệ.

Cơ hội việc làm, việc xây dựng, vận hành và bảo trì các nhà máy điện hạt nhân tạo ra số lượng lớn việc làm: Việc làm trực tiếp công nhân xây dựng, kỹ sư hạt nhân, chuyên gia an toàn, nhà khoa học. Việc làm gián tiếp cung ứng nguyên vật liệu, logistics, dịch vụ hỗ trợ. Theo OECD-NEA, mỗi nhà máy điện hạt nhân với công suất 1.000 MW tạo ra khoảng 500-800 việc làm trực tiếp và 2.000-3.000 việc làm gián tiếp.

Chuyển giao công nghệ việc phát triển điện hạt nhân đòi hỏi sự hợp tác quốc tế trong chuyển giao công nghệ, bao gồm: Công nghệ lò phản ứng thế hệ mới (Gen III, Gen IV); Công nghệ an toàn và xử lý chất thải phóng xạ. Công nghệ sản xuất nhiên liệu hạt nhân. Ví dụ, Hàn Quốc đã phát triển công nghệ lò phản ứng APR-1400 sau khi hợp tác với Mỹ và hiện đang xuất khẩu sang UAE (Nhà máy Barakah, 5.6 GW).

Phát triển công nghiệp phụ trợ ngành công nghiệp hỗ trợ bao gồm sản xuất vật liệu hạt nhân, linh kiện kỹ thuật cao, thiết bị cơ khí. Các quốc gia có ngành điện hạt nhân phát triển đều có ngành công nghiệp hỗ trợ mạnh, ví dụ: Pháp ngành công nghiệp hạt nhân đóng góp 6% GDP, với hơn 220.000 việc làm (theo CEA). Nga xuất khẩu công nghệ hạt nhân đạt 8-10 tỷ USD/năm (Rosatom, 2022).

(ii) Tác động đến tăng trưởng kinh tế và xuất khẩu năng lượng trong tương lai

Điện hạt nhân có thể đóng vai trò quan trọng trong chiến lược năng lượng quốc gia, góp phần vào tăng trưởng kinh tế và xuất khẩu năng lượng.

Đóng góp vào GDP và tăng trưởng kinh tế Điện hạt nhân giúp giảm chi phí nhập khẩu năng lượng, đảm bảo an ninh năng lượng. Theo IEA, ngành điện hạt nhân có thể đóng góp 1-2% GDP ở các quốc gia có tỷ lệ điện hạt nhân cao như Pháp, Hàn Quốc, Nga. Trung Quốc: Đầu tư vào điện hạt nhân giúp GDP tăng thêm 0,3-0,5%/năm, với kế hoạch nâng tổng công suất lên 180 GW vào năm 2035.

Xuất khẩu năng lượng và công nghệ các nước có công nghệ điện hạt nhân phát triển có thể xuất khẩu điện hoặc công nghệ hạt nhân. Ví dụ: Nga (Rosatom) đã xuất khẩu công nghệ cho hơn 35 quốc gia, với doanh thu hơn 133 tỷ USD (tính đến 2023). Hàn Quốc ký hợp đồng 20 tỷ USD xây dựng 4 lò phản ứng tại UAE (Nhà máy Barakah).

Ổn định giá điện và giảm phụ thuộc vào năng lượng nhập khẩu. Điện hạt nhân có chi phí sản xuất trung bình thấp và ổn định (khoảng 30-60 USD/MWh). Giúp giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch nhập khẩu, đặc biệt là khí đốt tự nhiên. Các nước có tỷ trọng điện hạt nhân cao như Pháp có giá điện trung bình thấp hơn 15-30% so với các nước phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch (theo Eurostat, 2023).

Kết luận :Điện hạt nhân có tác động tích cực đến nền kinh tế quốc gia thông qua việc tạo ra hàng trăm nghìn việc làm, thúc đẩy chuyển giao công nghệ, phát triển công nghiệp phụ trợ, đóng góp vào tăng trưởng GDP và giảm chi phí năng lượng. Bên cạnh đó, các nước có công nghệ điện hạt nhân tiên tiến còn có thể xuất khẩu công nghệ, đem lại lợi ích kinh tế dài hạn.

II. CHÍNH SÁCH VÀ QUY ĐỊNH PHÁP LÝ PHÁT TRIỂN ĐIỆN HẠT NHÂN

1. Chính sách phát triển điện hạt nhân trên thế giới

Điện hạt nhân đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh năng lượng và giảm phát thải khí CO₂. Hiện nay, hơn 30 quốc gia đang vận hành khoảng 440 lò phản ứng hạt nhân, cung cấp khoảng 10% sản lượng điện toàn cầu. Dưới đây là các mô hình phát triển thành công và bài học kinh nghiệm từ một số quốc gia đi đầu.

(i) Các mô hình phát triển thành công

Hoa Kỳ :Hiện có 93 lò phản ứng hạt nhân (chiếm khoảng 18,2% tổng sản lượng điện năm 2023). Chính phủ hỗ trợ phát triển hạt nhân thông qua Đạo luật Năng lượng Nguyên tử (Atomic Energy Act - 1954) và Đạo luật Chính sách Năng lượng (Energy Policy Act - 2005). Công nghệ mới như Lò phản ứng mô-đun nhỏ (SMR) được tài trợ và hỗ trợ thương mại hóa. Mỹ dẫn đầu thế giới trong xuất khẩu công nghệ hạt nhân và hợp tác với nhiều quốc gia.

Pháp : Điện hạt nhân chiếm khoảng 62% tổng sản lượng điện (năm 2023). Chính sách "Messmer Plan" (1974) giúp nước này trở thành cường quốc điện hạt nhân. Hệ thống các lò phản ứng đồng bộ (hầu hết là PWR) giúp tối ưu chi phí và an toàn vận hành. Chính phủ Pháp cam kết kéo dài tuổi thọ các lò phản ứng cũ lên 50-60 năm.

Trung Quốc: Hiện có 55 lò phản ứng hạt nhân, đóng góp khoảng 5% tổng sản lượng điện. Đặt mục tiêu đạt 10% vào năm 2035 và phát triển lò phản ứng thế hệ IV. Chính phủ mạnh tay đầu tư: hơn 440 tỷ USD vào phát triển hạt nhân đến

năm 2050. Ứng dụng công nghệ nội địa như Hualong One để giảm phụ thuộc vào nước ngoài.

Nhật Bản: Trước thảm họa Fukushima (2011), điện hạt nhân chiếm 30% tổng sản lượng điện. Sau sự cố, nhiều lò phản ứng bị tạm dừng, nhưng từ năm 2022, Nhật Bản tái khởi động chính sách hạt nhân để đảm bảo nguồn cung năng lượng. Chính phủ Nhật cam kết nâng tỷ lệ điện hạt nhân lên 20-22% vào năm 2030.

(ii) Những bài học kinh nghiệm trong quản lý và phát triển điện hạt nhân

- Chính sách dài hạn & ổn định. Thành công của Pháp và Mỹ cho thấy sự ổn định trong chính sách năng lượng giúp ngành hạt nhân phát triển bền vững.
- Quản lý an toàn hạt nhân. Nhật Bản đã nâng cao tiêu chuẩn an toàn sau sự cố Fukushima, chứng minh tầm quan trọng của hệ thống quản lý rủi ro và công nghệ tiên tiến.
- Đầu tư vào công nghệ mới. Trung Quốc và Mỹ đang dẫn đầu trong nghiên cứu và triển khai lò phản ứng thế hệ IV và lò SMR, giúp nâng cao tính an toàn và giảm chi phí vận hành.
- Sự chấp thuận của công chúng. Tại Pháp, sự minh bạch và cam kết đảm bảo an toàn giúp duy trì niềm tin của người dân. Trong khi đó, Đức quyết định đóng cửa toàn bộ nhà máy hạt nhân vào năm 2023 do lo ngại về an toàn và phản đối từ cộng đồng.
- Hợp tác quốc tế xu hướng hợp tác giữa các quốc gia như Mỹ - Nhật - EU trong nghiên cứu và chuyển giao công nghệ giúp đẩy nhanh phát triển ngành hạt nhân.

Kết luận

Điện hạt nhân tiếp tục là một trụ cột quan trọng trong chuyển đổi năng lượng toàn cầu. Các mô hình thành công của Mỹ, Pháp, Trung Quốc, Nhật Bản cho thấy rằng việc phát triển hạt nhân đòi hỏi chính sách ổn định, đầu tư công nghệ, quản lý an toàn và sự đồng thuận từ công chúng.

2. Chính sách và định hướng của Việt Nam đối với điện hạt nhân

(i) Chủ trương, chính sách của Chính phủ Việt Nam về điện hạt nhân

- Chính phủ Việt Nam đã coi điện hạt nhân là một phần trong chiến lược phát triển năng lượng bền vững nhằm đảm bảo an ninh năng lượng và giảm phát thải CO₂.

- Nghị quyết số 55-NQ/TW năm 2020 của Bộ Chính trị về định hướng phát triển năng lượng quốc gia nhấn mạnh việc nghiên cứu điện hạt nhân như một phương án dài hạn.

- Theo Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia (Quy hoạch điện VIII, ban hành năm 2023), Việt Nam đang xem xét nghiên cứu phát triển điện hạt nhân sau năm 2035.

(ii) Những kế hoạch trước đây và lý do tạm dừng chương trình điện hạt nhân năm 2016

- Trước năm 2016, Việt Nam đã có kế hoạch phát triển điện hạt nhân với hai nhà máy tại Ninh Thuận (Ninh Thuận 1 & Ninh Thuận 2) với tổng công suất dự kiến **4.000 MW**, sử dụng công nghệ từ Nga và Nhật Bản.

- Năm 2016, Quốc hội Việt Nam ra Nghị quyết số 31/2016/QH14 về tạm dừng dự án điện hạt nhân, do:

- Áp lực tài chính: Tổng mức đầu tư hai nhà máy lên tới 200.000 tỷ đồng (khoảng 9-10 tỷ USD), gây gánh nặng lớn cho ngân sách quốc gia.

- Điều chỉnh cơ cấu năng lượng: Việt Nam tập trung vào năng lượng tái tạo như điện gió và điện mặt trời.

- Lo ngại về an toàn sau sự cố Fukushima (Nhật Bản, 2011).

(iii) Tái khởi động các dự án điện hạt nhân

- Mặc dù bị tạm dừng, điện hạt nhân vẫn được xem xét như một lựa chọn trong dài hạn, nhất là khi nhu cầu điện tăng nhanh.

- Theo Bộ Công Thương, dự báo năm 2045, nhu cầu điện của Việt Nam có thể đạt 950-1000 TWh, tăng gần 3 lần so với năm 2020 (khoảng 370 TWh).

- Một số yếu tố thúc đẩy khả năng tái khởi động điện hạt nhân:

- Công nghệ điện hạt nhân thế hệ mới an toàn hơn, như Lò phản ứng mô-đun nhỏ (SMR).

- Các quốc gia như Nhật Bản, Hàn Quốc, Mỹ đang hỗ trợ Việt Nam trong việc nghiên cứu công nghệ này.

- Cam kết giảm phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050 của Việt Nam tại COP26 có thể khiến điện hạt nhân trở thành giải pháp khả thi.

o Việt Nam đã quyết định tái khởi động chương trình điện hạt nhân. Cuối tháng 11 năm 2024, Quốc hội đã thông qua nghị quyết tiếp tục thực hiện chủ trương đầu tư dự án điện hạt nhân Ninh Thuận, sau 8 năm tạm dừng. Quyết định này nhằm đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia và đáp ứng nhu cầu tiêu thụ điện ngày càng tăng.

Để thực hiện dự án, Chính phủ đã thành lập Ban Chỉ đạo xây dựng nhà máy điện hạt nhân vào ngày 10 tháng 1 năm 2025. Các đối tác quốc tế như Nga, Nhật Bản, Hàn Quốc, Pháp và Hoa Kỳ đang được xem xét để hợp tác trong việc phát triển các nhà máy điện hạt nhân đầu tiên của Việt Nam.

o Theo kế hoạch, Việt Nam dự kiến hoàn thành xây dựng các nhà máy điện hạt nhân đầu tiên vào cuối năm 2030, với mục tiêu đạt công suất gần 5 GW vào giữa thế kỷ này. Việc tái khởi động chương trình điện hạt nhân không chỉ giúp đa dạng hóa nguồn cung cấp điện mà còn góp phần vào quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế xanh và bền vững.

Kết luận : Chính phủ Việt Nam vẫn duy trì quan điểm thận trọng với điện hạt nhân, nhưng việc nghiên cứu và chuẩn bị nguồn nhân lực, công nghệ đang được thực hiện. Việc tái khởi động điện hạt nhân để đáp ứng nhu cầu một nguồn cung cấp ổn định, không phát thải CO₂.

3-Khung pháp lý và quy định an toàn

(i)Tiêu chuẩn an toàn hạt nhân theo quy định quốc tế và Việt Nam

Tiêu chuẩn an toàn quốc tế - Các tiêu chuẩn an toàn hạt nhân được quốc tế công nhận do các tổ chức lớn ban hành, bao gồm:

o Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA) đề ra các tiêu chuẩn an toàn như IAEA Safety Standards Series để bảo đảm vận hành an toàn các nhà máy điện hạt nhân.

o Cơ quan Nghiên cứu hạt nhân Châu Âu (CERN) và các tổ chức liên quan cũng đặt ra các hướng dẫn về an toàn bức xạ

o Hiệp hội Giám sát hạt nhân Thế giới (WANO) cung cấp các hướng dẫn về đánh giá rủi ro và quản lý sự cố trong ngành năng lượng hạt nhân.

Theo báo cáo của IAEA năm 2022, có 410 lò phản ứng hạt nhân đang vận hành trên toàn cầu, trong đó 53 lò mới đang được xây dựng. Mức độ an toàn của các nhà máy hạt nhân ngày càng được nâng cao: Số lượng sự cố cấp độ 2 trở lên

theo thang INES giảm từ 20 vụ (giai đoạn 2000-2010) xuống chỉ còn 5 vụ (giai đoạn 2011-2022).

Tiêu chuẩn an toàn hạt nhân tại Việt Nam - Việt Nam cũng áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế vào hệ thống pháp lý quốc gia. Một số văn bản pháp lý quan trọng bao gồm:

- o Luật Năng lượng nguyên tử năm 2008 (sửa đổi năm 2018): Đặt nền tảng cho hoạt động quản lý an toàn hạt nhân.
- o Thông tư 24/2014/TT-BKHCN của Bộ Khoa học và Công nghệ: Quy định về bảo vệ chống phóng xạ trong hoạt động liên quan đến năng lượng nguyên tử.
- o Nghị định 70/2010/NĐ-CP về kiểm soát an toàn bức xạ và ứng phó sự cố hạt nhân.

Theo Bộ Khoa học và Công nghệ, đến năm 2024, Việt Nam đã có hơn 150 cơ sở sử dụng nguồn phóng xạ và hơn 20 trung tâm nghiên cứu liên quan đến năng lượng nguyên tử. Việt Nam đã ký kết hơn 10 hiệp định hợp tác với IAEA và các quốc gia như Nhật Bản, Nga, Pháp để nâng cao năng lực an toàn hạt nhân.

(ii) Công tác kiểm soát và quản lý rủi ro trong vận hành nhà máy điện hạt nhân

Kiểm soát rủi ro trong vận hành. Các biện pháp kiểm soát rủi ro bao gồm:

- o Hệ thống bảo vệ đa lớp (Defense-in-Depth) gồm 5 lớp bảo vệ để đảm bảo không có sự cố hạt nhân nghiêm trọng xảy ra.
- o Công nghệ lò phản ứng thế hệ mới áp dụng công nghệ AP1000, VVER-1200 với hệ thống làm mát thụ động giúp giảm nguy cơ tan chảy lõi hạt nhân.
- o Hệ thống quan trắc và cảnh báo sớm sử dụng cảm biến phóng xạ, radar và AI để giám sát các chỉ số an toàn.

Theo nghiên cứu của WANO, các lò phản ứng thế hệ IV có nguy cơ tan chảy lõi hạt nhân thấp hơn 1/10.000 lần so với thế hệ II (thế hệ Chernobyl) và thấp hơn 100 lần so với thế hệ III (như Fukushima). Báo cáo từ IAEA cho biết 98% nhà máy điện hạt nhân trên thế giới đã thực hiện ít nhất một bài kiểm tra ứng phó sự cố mỗi năm để đảm bảo khả năng xử lý tình huống khẩn cấp.

(iii) Quản lý sự cố và ứng phó khẩn cấp

- o Xây dựng đội ngũ phản ứng nhanh. Các nhà máy điện hạt nhân phải có lực lượng ứng phó sự cố 24/7.

- o Diễn tập sự cố định kỳ. Chính phủ và các tổ chức quốc tế phối hợp thực hiện diễn tập sự cố phóng xạ định kỳ.

- o Hợp tác quốc tế trong ứng phó sự cố. Việt Nam là thành viên của Công ước An toàn Hạt nhân (CNS) và Công ước về Hỗ trợ trong trường hợp sự cố hạt nhân (CACN).

Theo Cục An toàn Bức xạ và Hạt nhân (VARANS), Việt Nam đã thực hiện 5 cuộc diễn tập an toàn hạt nhân cấp quốc gia từ năm 2015 đến 2023. Thống kê của IAEA cho thấy, trong 30 năm qua, hơn 50 quốc gia đã tham gia vào các chương trình hỗ trợ ứng phó sự cố hạt nhân do IAEA điều phối.

III-TÍNH KHẢ THI CỦA ĐIỆN HẠT NHÂN TẠI VIỆT NAM

1. Thách thức kỹ thuật và công nghệ.

(i) Đòi hỏi về công nghệ, nhân lực và cơ sở hạ tầng

Việt Nam chưa có hệ thống hạ tầng đầy đủ để triển khai điện hạt nhân. Việc phát triển ngành này yêu cầu:

- o Công nghệ: Các loại lò phản ứng hiện đại như lò PWR (lò áp lực), BWR (lò nước sôi) và các lò thế hệ IV đều cần được chuyển giao từ các quốc gia phát triển.

- o Nhân lực: Theo các báo cáo, Việt Nam cần ít nhất 2.000 - 3.000 kỹ sư, chuyên gia trình độ cao để vận hành một nhà máy điện hạt nhân quy mô trung bình. Hiện nay, Việt Nam chỉ mới đào tạo được khoảng 300 - 500 chuyên gia.

- o Cơ sở hạ tầng: Hệ thống truyền tải điện và lưới điện chưa đủ tốt để đáp ứng cho việc tích hợp nguồn điện hạt nhân vào hệ thống hiện có.

(ii) Khả năng tiếp cận công nghệ hạt nhân tiên tiến

Việt Nam đang đứng trước lựa chọn giữa nhiều quốc gia cung cấp công nghệ hạt nhân, trong đó có:

- o Nga: Hỗ trợ công nghệ lò phản ứng VVER, đã có kinh nghiệm với các dự án ở Trung Quốc và Ấn Độ.

- o Nhật Bản: Cung cấp công nghệ lò ABWR và ATMEA1, nhưng chi phí cao.

- o Hoa Kỳ: Sở hữu các công nghệ lò AP1000, SMR (lò module nhỏ), an toàn cao nhưng yêu cầu nghiêm ngặt về chuyên gia.

- o Trung Quốc: Phát triển các lò Hualong-1, chi phí thấp nhưng còn mới.

Theo dự báo, chi phí đầu tư ban đầu cho một nhà máy điện hạt nhân có công suất 1.000 MW rơi vào khoảng 4 - 6 tỷ USD. Các quốc gia đang phát triển như

Việt Nam thường gặp khó khăn trong việc huy động vốn, như vậy, cân nhắc nguồn tài trợ từ các đối tác quốc tế là cần thiết.

Tóm lại, Việt Nam có tiềm năng phát triển điện hạt nhân nhưng đồng thời đối mặt với nhiều thách thức về công nghệ, nhân lực và nguồn vốn. Sự chuẩn bị và quy hoạch kỹ lưỡng là yếu tố quan trọng để đảm bảo tính khả thi trong tương lai.

2-Nguồn vốn đầu tư và đối tác chiến lược

Điện hạt nhân là một giải pháp quan trọng giúp đảm bảo an ninh năng lượng, giảm phát thải carbon và đáp ứng nhu cầu điện năng đang tăng cao của Việt Nam. Tuy nhiên, tính khả thi của điện hạt nhân phụ thuộc rất nhiều vào nguồn vốn đầu tư và các đối tác chiến lược.

(i) Các mô hình đầu tư và tài trợ quốc tế

Việc phát triển điện hạt nhân đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn, ước tính từ 5 - 9 tỷ USD cho mỗi lò phản ứng có công suất khoảng 1.000 - 1.200 MW. Do đó, Việt Nam có thể tham khảo các mô hình đầu tư phổ biến trên thế giới:

(ii) Mô hình đầu tư trực tiếp từ chính phủ

Chính phủ huy động ngân sách nhà nước hoặc vay vốn từ các tổ chức tài chính quốc tế để đầu tư. Ví dụ: Trung Quốc, Pháp và Nga đã sử dụng mô hình này để phát triển điện hạt nhân. Ưu điểm chủ động trong quản lý và vận hành. Nhược điểm gánh nặng nợ công lớn.

(iii) Mô hình hợp tác công - tư (PPP - Public-Private Partnership)

Nhà nước liên kết với doanh nghiệp tư nhân để chia sẻ chi phí và rủi ro. Ví dụ Anh (Dự án Hinkley Point C), Ấn Độ, Nam Phi. Ưu điểm giảm áp lực tài chính cho chính phủ. Nhược điểm cần khung pháp lý minh bạch và hấp dẫn.

(iv) Mô hình BOT (Build-Operate-Transfer)

Nhà đầu tư nước ngoài xây dựng, vận hành nhà máy trong một thời gian, sau đó chuyển giao cho Việt Nam. Ví dụ: Dự án điện hạt nhân Akkuyu của Thổ Nhĩ Kỳ với Nga. Ưu điểm giảm gánh nặng vốn ban đầu cho Việt Nam. Nhược điểm phụ thuộc vào nhà đầu tư nước ngoài.

(v) Vai trò của các tổ chức tài chính và công ty năng lượng lớn

□ Các tổ chức tài chính quốc tế

Các tổ chức tài chính đóng vai trò quan trọng trong việc cấp vốn và đảm bảo tính khả thi tài chính cho dự án. Một số tổ chức có thể hỗ trợ Việt Nam: Ngân hàng Thế giới (WB) có thể hỗ trợ nghiên cứu và tài trợ một phần chi phí ban đầu. Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) có thể cung cấp các khoản vay ưu đãi. Cơ quan

Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA) hỗ trợ tư vấn về an toàn và kỹ thuật. Ngân hàng Xuất nhập khẩu Nga, Trung Quốc, Nhật Bản (JICA, EXIM Bank) có thể cung cấp các khoản vay lãi suất thấp.

Ví dụ : Dự án Akkuyu (Thổ Nhĩ Kỳ) Nga đầu tư 20 tỷ USD theo mô hình BOT, với phần lớn vốn đến từ ngân hàng Nga. Dự án Hinkley Point C (Anh) Tổng mức đầu tư 32 tỷ USD, với sự tham gia tài trợ của EDF (Pháp) và China General Nuclear (CGN).

□ Các công ty năng lượng lớn

Các tập đoàn năng lượng đóng vai trò then chốt trong việc triển khai công nghệ, cung cấp tài chính và hỗ trợ vận hành nhà máy. Một số công ty tiềm năng: Rosatom (Nga) đã có kinh nghiệm hợp tác với Việt Nam. EDF (Pháp) có kinh nghiệm trong các dự án điện hạt nhân châu Âu. Westinghouse (Mỹ) nổi bật với công nghệ lò AP1000 tiên tiến. China General Nuclear (CGN - Trung Quốc) đang mở rộng thị trường ra Đông Nam Á.

- KEPCO (Hàn Quốc) đã xuất khẩu công nghệ hạt nhân sang UAE.

Ví dụ minh họa:

- Rosatom (Nga) đã tài trợ và xây dựng nhà máy hạt nhân ở Belarus, Bangladesh và Thổ Nhĩ Kỳ.
- KEPCO (Hàn Quốc) xây dựng lò phản ứng APR1400 tại UAE với tổng mức đầu tư 24,4 tỷ USD.

3. Đề xuất cho Việt Nam

Dựa trên tình hình kinh tế và chính sách năng lượng hiện nay, Việt Nam có thể lựa chọn mô hình đầu tư hợp lý:

- Hợp tác với Nga, Hàn Quốc hoặc Pháp để tận dụng công nghệ và vốn vay ưu đãi.
- Áp dụng mô hình PPP hoặc BOT để giảm áp lực tài chính.
- Tận dụng nguồn vốn từ ADB, WB và JICA để hỗ trợ hạ tầng ban đầu.

Kết luận :

Điện hạt nhân là một lựa chọn quan trọng trong tương lai, nhưng Việt Nam cần có chiến lược tài chính và hợp tác quốc tế hợp lý để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của dự án.

Tổng hợp Dự án điện hạt nhân của một số nước

Dự án điện hạt nhân	Quốc gia	Công suất (MW)	Tổng vốn đầu tư (USD)	Mô hình đầu tư
Akkuyu	Thổ Nhĩ Kỳ	4.800	20 tỷ	BOT (Nga tài trợ)
Hinkley Point C	Anh	3.200	32 tỷ	PPP (EDF & CGN)
Barakah	UAE	5.600	24,4 tỷ	KEPCO (Hàn Quốc)
Loviisa	Phần Lan	976	5 tỷ	Chính phủ đầu tư

3. Vấn đề môi trường và an toàn

□ Rủi ro môi trường và biện pháp giảm thiểu

(i) Rủi ro môi trường. Điện hạt nhân có một số rủi ro môi trường, bao gồm:

- **Chất thải phóng xạ.** Chất thải phóng xạ có thể tồn tại hàng nghìn năm. Việt Nam chưa có cơ sở lưu trữ chất thải hạt nhân dài hạn. Theo IAEA, một lò phản ứng hạt nhân 1.000 MW tạo ra khoảng 25-30 tấn chất thải phóng xạ cao cấp mỗi năm.

- **Nguy cơ sự cố hạt nhân.** Tai nạn tại Chernobyl (1986) làm ô nhiễm hơn 200.000 km² đất đai. thảm họa Fukushima (2011) gây thiệt hại hơn 200 tỷ USD và làm rò rỉ 770.000 tấn nước nhiễm xạ ra môi trường. Với vị trí ven biển, các nhà máy hạt nhân Việt Nam có thể bị ảnh hưởng bởi sóng thần hoặc bão lớn.

- **Sử dụng và tiêu hao nước làm mát.** Nhà máy điện hạt nhân sử dụng lượng nước lớn để làm mát. Một lò phản ứng 1.000 MW có thể tiêu thụ 50-80 triệu m³ nước mỗi năm.

(ii) Biện pháp giảm thiểu.

- **Quản lý chất thải phóng xạ.** Xây dựng kho lưu trữ chất thải hạt nhân trung và dài hạn. Ứng dụng công nghệ tái chế nhiên liệu như chu trình MOX (Mixed Oxide).

- **Công nghệ an toàn.** Các thế hệ lò phản ứng mới như Gen III+ và Gen IV có hệ thống làm mát thụ động giúp giảm nguy cơ tai nạn. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong giám sát và cảnh báo sự cố.

- **Chính sách bảo vệ môi trường.** Ban hành quy định về đánh giá tác động môi trường trước khi xây dựng nhà máy. Hợp tác quốc tế với IAEA để đảm bảo quy chuẩn an toàn.

□ Ảnh hưởng của điện hạt nhân đến biến đổi khí hậu và phát triển bền vững

(i) Giảm phát thải CO₂

Điện hạt nhân có lượng phát thải CO₂ rất thấp, khoảng 12g CO₂/kWh, so với: Nhiệt điện than: 820g CO₂/kWh; Nhiệt điện khí: 490g CO₂/kWh; Điện mặt trời: 48g CO₂/kWh; Điện gió: 11g CO₂/kWh=> Nếu Việt Nam thay thế 50% điện than bằng điện hạt nhân, có thể giảm 70-80 triệu tấn CO₂ mỗi năm.

(ii) Phát triển bền vững

- Nguồn cung năng lượng ổn định. Điện hạt nhân có hệ số công suất trên 90%, cao hơn so với thủy điện (40-60%) hay điện mặt trời (20-30%). Giảm phụ thuộc vào nhập khẩu nhiên liệu như than, khí.
- Đóng góp kinh tế. Xây dựng một nhà máy điện hạt nhân 1.000 MW tạo ra 4.000-5.000 việc làm trong giai đoạn xây dựng và 500-800 việc làm lâu dài. Kinh nghiệm từ Pháp, Hàn Quốc cho thấy điện hạt nhân giúp giảm chi phí điện năng trong dài hạn.

(iii) Thách thức về tính bền vững

- Chi phí đầu tư ban đầu cao. Một nhà máy điện hạt nhân 1.000 MW có chi phí khoảng 5-9 tỷ USD. Thời gian hoàn vốn thường kéo dài 15-20 năm.
- Vấn đề xử lý chất thải. Hiện nay, chưa có quốc gia Đông Nam Á nào có hệ thống xử lý chất thải hạt nhân hoàn chỉnh.

Kết luận : Điện hạt nhân giúp giảm phát thải CO₂, đảm bảo nguồn cung năng lượng ổn định và có tiềm năng phát triển bền vững. Tuy nhiên, Việt Nam cần chuẩn bị kỹ về công nghệ, chính sách quản lý chất thải, đảm bảo an toàn trước rủi ro môi trường. Việc triển khai điện hạt nhân cần một lộ trình rõ ràng, với sự hỗ trợ từ quốc tế để đảm bảo tính khả thi và bền vững.

4. Đồng thuận xã hội và dư luận

(i) Nhận thức của người dân về điện hạt nhân

Sự quan tâm và hiểu biết của người dân. Theo khảo sát của Viện Năng lượng Việt Nam năm 2023, khoảng 55% người dân có hiểu biết cơ bản về điện hạt nhân, nhưng chỉ 30% tin tưởng vào sự an toàn của công nghệ này.

Lo ngại về rủi ro. Một nghiên cứu của Đại học Bách khoa Hà Nội (2022) cho thấy 68% người dân lo ngại về nguy cơ tai nạn hạt nhân, với các nguyên nhân

chính: 45% do sợ sự cố tương tự như Chernobyl (1986) hoặc Fukushima (2011). 30% lo ngại về tác động môi trường và xử lý chất thải phóng xạ. 25% chưa tin vào năng lực quản lý và vận hành của Việt Nam.

Sự chấp nhận điện hạt nhân. Một khảo sát của Bộ Công Thương (2023) cho thấy 40% người dân đồng ý triển khai điện hạt nhân nếu đảm bảo tiêu chuẩn an toàn, trong khi 35% phản đối và 25% chưa có ý kiến rõ ràng.

(ii) Giải pháp truyền thông và tạo sự đồng thuận trong xã hội

Giáo dục và nâng cao nhận thức. Tăng cường chương trình giáo dục về điện hạt nhân trong các trường đại học, THPT. Phát triển các khóa học trực tuyến miễn phí về lợi ích và rủi ro của năng lượng hạt nhân.

Minh bạch thông tin và truyền thông hiệu quả. Thành lập trang web chính thức cung cấp thông tin khoa học về điện hạt nhân. Hợp tác với các tổ chức truyền thông để sản xuất các chương trình, phim tài liệu về ứng dụng an toàn của điện hạt nhân. Công khai các báo cáo đánh giá rủi ro và kế hoạch ứng phó sự cố.

Xây dựng lòng tin qua thực tế. Tổ chức các chuyến tham quan thực tế tại các nhà máy điện hạt nhân hiện đại ở các nước như Nhật Bản, Hàn Quốc, Pháp. Mời chuyên gia quốc tế tham gia các hội thảo khoa học để giải đáp lo ngại của công chúng. Tổ chức khảo sát định kỳ để đo lường mức độ đồng thuận của xã hội và điều chỉnh chính sách phù hợp.

Kết luận : Việc phát triển điện hạt nhân tại Việt Nam phụ thuộc rất lớn vào sự đồng thuận của xã hội. Các khảo sát cho thấy nhận thức của người dân còn hạn chế và nhiều lo ngại vẫn tồn tại. Để giải quyết vấn đề này, cần có chiến lược truyền thông minh bạch, nâng cao giáo dục, tổ chức tham quan thực tế và tăng cường đối thoại với công chúng. Nếu thực hiện tốt, tỷ lệ chấp nhận điện hạt nhân có thể tăng lên trong tương lai, tạo nền tảng cho sự phát triển bền vững của ngành năng lượng hạt nhân tại Việt Nam.

IV- NHỮNG VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM XEM XÉT KHI VIỆT NAM XÂY DỰNG ĐIỆN HẠT NHÂN

Việt Nam đã từng có kế hoạch phát triển điện hạt nhân nhưng đã tạm dừng vào năm 2016 do nhiều yếu tố. Hiện nay, việc xây dựng điện hạt nhân một số vấn đề quan trọng nhất cần quan tâm :

1. An toàn hạt nhân và rủi ro sự cố

Điện hạt nhân tiềm ẩn nguy cơ sự cố nghiêm trọng như Chernobyl (1986) hay Fukushima (2011). Cần có hệ thống kiểm soát nghiêm ngặt, công nghệ tiên

tiến để đảm bảo an toàn vận hành và xử lý sự cố. Việt Nam có vị trí gần biển, có thể chịu ảnh hưởng từ thiên tai như động đất, sóng thần.

Vấn đề an toàn hạt nhân

- Đảm bảo tiêu chuẩn an toàn nghiêm ngặt theo quy định quốc tế (IAEA).
- Xây dựng hệ thống quản lý rủi ro và phản ứng sự cố.
- Lựa chọn công nghệ hiện đại, có hệ thống tự động hóa và phòng chống rò rỉ phóng xạ.

2. Chi phí đầu tư và hiệu quả kinh tế

Xây dựng nhà máy điện hạt nhân có chi phí rất cao (hàng chục tỷ USD). Việc thu hồi vốn lâu dài (20-30 năm) và các chi phí bảo trì, xử lý nhiên liệu hạt nhân cũng rất lớn. Cần so sánh lợi ích với các nguồn năng lượng khác như điện mặt trời, điện gió.

Về hiệu quả kinh tế và tài chính:

- Đánh giá chi phí đầu tư ban đầu và chi phí vận hành.
- So sánh với các nguồn năng lượng khác về mặt hiệu suất và chi phí.
- Tìm kiếm nguồn vốn và chính sách hỗ trợ tài chính.

2. Tác động môi trường

- Kiểm soát chất thải phóng xạ và xử lý nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng
 - Nhiên liệu hạt nhân sau khi sử dụng vẫn còn phóng xạ cao trong hàng nghìn năm. Việt Nam chưa có cơ sở hạ tầng xử lý chất thải hạt nhân. Việc lưu trữ và xử lý chất thải cần đảm bảo an toàn tuyệt đối.
 - Chất thải phóng xạ có thể gây ảnh hưởng lâu dài đến môi trường và sức khỏe con người.
 - Cần có biện pháp lưu trữ an toàn và xử lý chất thải để tránh rò rỉ phóng xạ.
 - Các công nghệ như tái chế nhiên liệu hạt nhân có thể giảm thiểu ô nhiễm.
- Đánh giá tác động đến hệ sinh thái, nguồn nước và khí hậu
 - Nhà máy điện hạt nhân có thể làm thay đổi nhiệt độ nước, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh.
 - Nguy cơ rò rỉ phóng xạ có thể làm ô nhiễm nguồn nước và đất đai.
 - Phát thải nhiệt từ nhà máy có thể ảnh hưởng đến vi khí hậu khu vực xung quanh.
- Xây dựng cơ chế giám sát và đánh giá dài hạn

- o Cần hệ thống giám sát liên tục để kiểm soát mức độ phóng xạ và tác động môi trường.
- o Các cơ quan quản lý phải thực hiện kiểm tra định kỳ để đảm bảo tuân thủ quy định an toàn.
- o Cần nghiên cứu và cải tiến công nghệ để giảm thiểu ảnh hưởng của điện hạt nhân trong dài hạn.

Tác động môi trường của điện hạt nhân đòi hỏi các biện pháp kiểm soát chặt chẽ, đánh giá toàn diện và cơ chế giám sát lâu dài để đảm bảo an toàn và bền vững.

4. Chấp nhận của xã hội, dư luận và truyền thông

Người dân thường lo ngại về rủi ro phóng xạ và ảnh hưởng môi trường. Cần có truyền thông minh bạch, khoa học để giải thích rõ lợi ích và rủi ro.

- Tuyên truyền nâng cao nhận thức của người dân về lợi ích và rủi ro.
- Minh bạch thông tin về dự án, đảm bảo sự tham gia của cộng đồng.
- Xây dựng lòng tin từ công chúng để tránh sự phản đối.

5. Chính sách pháp lý và quản lý nhà nước

Việt Nam cần xây dựng khung pháp lý rõ ràng cho việc quản lý điện hạt nhân. Cần có sự giám sát chặt chẽ từ các tổ chức quốc tế như IAEA (Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế).

- Hoàn thiện khung pháp lý về phát triển, quản lý và giám sát điện hạt nhân.
- Xây dựng cơ quan quản lý độc lập để kiểm soát an toàn.
- Tăng cường hợp tác với các tổ chức quốc tế để đảm bảo tính minh bạch.

6. Chủ động về công nghệ và nhân lực

Việt Nam chưa có đội ngũ chuyên gia và kỹ sư hạt nhân đủ mạnh. Phải phụ thuộc vào công nghệ nước ngoài, gây rủi ro về vận hành và bảo trì.

Việc chủ động về công nghệ và nhân lực là điều kiện tiên quyết để phát triển điện hạt nhân một cách bền vững.

- **Chủ động về Công Nghệ**

- o Hạn chế phụ thuộc vào nước ngoài, tăng cường nội lực trong nghiên cứu, thiết kế, vận hành và bảo trì nhà máy điện hạt nhân.

- o Đầu tư vào khoa học và công nghệ, bao gồm các lò phản ứng nghiên cứu, hệ thống an toàn hạt nhân và xử lý chất thải phóng xạ.

- o Chuyển giao công nghệ từ các nước có kinh nghiệm.

- o Hợp tác với các quốc gia tiên tiến để tiếp thu công nghệ, đồng thời phát triển công nghệ nội địa phù hợp với điều kiện Việt Nam.

- **Phát Triển Nhân Lực**

- Đào tạo đội ngũ chuyên gia có chuyên môn cao trong vận hành, bảo trì.
- Xây dựng đội ngũ chuyên gia về điện hạt nhân thông qua đào tạo trong nước và quốc tế.
 - Đưa điện hạt nhân vào chương trình đào tạo đại học và sau đại học, khuyến khích nghiên cứu chuyên sâu.
 - Thành lập các viện nghiên cứu và trung tâm đào tạo chuyên ngành để phát triển nguồn nhân lực có trình độ cao và hợp tác quốc tế.

Kết Luận:

- Chủ động về công nghệ và nhân lực là yếu tố then chốt để Việt Nam có thể phát triển điện hạt nhân một cách hiệu quả và bền vững.
- Cần có chiến lược dài hạn với sự phối hợp giữa Chính phủ, doanh nghiệp và cơ sở đào tạo để đảm bảo nguồn nhân lực chất lượng cao.
- Việc đầu tư vào nghiên cứu và công nghệ sẽ giúp Việt Nam từng bước làm chủ điện hạt nhân, giảm phụ thuộc vào nước ngoài và đảm bảo an ninh năng lượng trong tương lai.

VI- KINH NGHIỆM CÁC TẬP ĐOÀN KINH TẾ LẦN ĐẦU TIÊN ĐẦU TƯ DỰ ÁN ĐIỆN HẠT NHÂN

Các tập đoàn kinh tế lần đầu tiên đầu tư vào dự án điện hạt nhân đã giúp rút ra bài học quan trọng về chiến lược, quản lý rủi ro và công nghệ. Sau đây là một số nội dung chính:

1. Chuẩn bị và Lập kế hoạch

- Nghiên cứu khả thi kỹ lưỡng: Đánh giá chi phí, lợi ích, tác động môi trường và an toàn.
- Hợp tác với chuyên gia: Kết hợp với các công ty có kinh nghiệm trong thiết kế và xây dựng nhà máy.
- Xây dựng lộ trình phát triển: Lập kế hoạch dài hạn để đảm bảo tiến độ, vốn đầu tư và công nghệ phù hợp.

2. Quản lý tài chính và rủi ro

- Chi phí đầu tư rất lớn: Các tập đoàn thường phải huy động vốn từ nhiều nguồn khác nhau (chính phủ, quỹ đầu tư, vay ngân hàng).

- Rủi ro cao về tài chính: Các dự án điện hạt nhân thường bị đội vốn và chậm tiến độ, gây áp lực tài chính.
- Bảo hiểm rủi ro: Nhiều tập đoàn ký hợp đồng bảo hiểm lớn để giảm thiểu tổn thất từ sự cố hoặc chậm trễ.

3. Công nghệ và Nhân lực

- Chuyển giao công nghệ. Liên kết với các quốc gia có kinh nghiệm như Mỹ, Pháp, Nga, Nhật Bản để tiếp nhận công nghệ.
- Đào tạo nhân sự. Xây dựng đội ngũ kỹ sư và chuyên gia vận hành bằng cách cử người đi đào tạo tại các nước có nhà máy điện hạt nhân.
- Ứng dụng công nghệ hiện đại. Áp dụng các tiêu chuẩn an toàn nghiêm ngặt và công nghệ tiên tiến để giảm thiểu rủi ro.

4. Tuân thủ quy định pháp lý và an toàn

- Chấp hành quy định quốc tế. Các tập đoàn phải đáp ứng tiêu chuẩn của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA).
- Giấy phép và kiểm soát an toàn. Xin cấp phép từ chính phủ và tuân thủ các quy định nghiêm ngặt về an toàn bức xạ, xử lý chất thải hạt nhân.
- Minh bạch và truyền thông. Xây dựng kế hoạch truyền thông để nâng cao nhận thức của công chúng, tránh phản đối từ xã hội.

5. Kinh nghiệm từ các tập đoàn lớn

- EDF (Pháp): Đòi mất với chi phí đội vốn lớn và sự phản đối từ người dân, nhưng thành công nhờ chính sách hỗ trợ của chính phủ.
- TEPCO (Nhật Bản): Sự cố Fukushima nhấn mạnh tầm quan trọng của việc chuẩn bị cho thảm họa thiên nhiên và minh bạch thông tin.
- Rosatom (Nga): Thành công nhờ chiến lược xuất khẩu công nghệ và cung cấp tài chính cho các nước đối tác.
- KEPCO (Hàn Quốc): Tăng cường đào tạo nhân lực và mở rộng thị trường bằng cách xây dựng nhà máy ở UAE.

Bài học rút ra:

- Không nên đầu tư nếu thiếu chuyên môn. Cần hợp tác với đối tác có kinh nghiệm.
- Quản lý chặt chẽ tài chính. Giám sát chi phí và tiến độ để tránh tổn thất.
- Đảm bảo an toàn tuyệt đối. Chú trọng vào công nghệ tiên tiến và tuân thủ các tiêu chuẩn nghiêm ngặt.
- Chuẩn bị cho phản ứng xã hội. Minh bạch và giải thích rõ lợi ích, rủi ro của dự án.

Việc đầu tư vào điện hạt nhân là một thách thức lớn, nhưng nếu được thực hiện đúng cách, đây có thể là nguồn năng lượng bền vững và hiệu quả cho tương lai.

VII- NHỮNG VẤN ĐỀ CẦN LƯU TÂM ĐỐI VỚI PETROVIETNAM KHI ĐƯỢC CHÍNH PHỦ GIAO XÂY DỰNG NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN 2

Việc Chính phủ giao Petrovietnam thực hiện dự án Nhà máy điện hạt nhân 2 là một nhiệm vụ lớn, đòi hỏi sự chuẩn bị kỹ lưỡng và tính toán cẩn trọng. Dưới đây là những vấn đề quan trọng mà Petrovietnam cần lưu tâm khi triển khai dự án này:

1. Các vấn đề kỹ thuật và công nghệ

□ Lựa chọn công nghệ phù hợp:

- o Lựa chọn công nghệ lò phản ứng hạt nhân tối ưu giữa các phương án như PWR (áp lực nước), BWR (nước sôi), hay SMR (lò phản ứng mô-đun nhỏ).
- o Xem xét khả năng hợp tác với các đối tác công nghệ hàng đầu từ Nga, Nhật Bản, Hàn Quốc, Mỹ hoặc Pháp.
- o Tính đến tiêu chuẩn an toàn và hiệu suất vận hành của công nghệ.

□ Đảm bảo an toàn hạt nhân

- o Tuân thủ tiêu chuẩn an toàn hạt nhân quốc tế (IAEA).
- o Thiết lập hệ thống phòng chống sự cố, đảm bảo có phương án xử lý khi xảy ra rò rỉ phóng xạ.
- o Kiểm soát chất thải phóng xạ và các tác động môi trường.

□ Đào tạo nhân lực chuyên môn

- o Đào tạo đội ngũ kỹ sư, chuyên gia hạt nhân có chuyên môn cao.
- o Hợp tác với các viện nghiên cứu và đại học có uy tín trong lĩnh vực năng lượng hạt nhân.

- o Tổ chức các khóa huấn luyện thực tế tại các nhà máy điện hạt nhân ở nước ngoài.

2. Vấn đề tài chính và kinh tế

□ Nguồn vốn đầu tư

- o Xác định tổng mức đầu tư và các nguồn vốn từ ngân sách nhà nước, vốn vay ODA, hoặc hợp tác với doanh nghiệp nước ngoài.
- o Lập kế hoạch tài chính đảm bảo dòng tiền ổn định để triển khai dự án.

□ Hiệu quả kinh tế và giá thành điện

- o Tính toán chi phí sản xuất điện so với các nguồn điện khác (than, khí, thủy điện, năng lượng tái tạo).
- o Đánh giá tác động của giá thành điện hạt nhân đối với nền kinh tế và người tiêu dùng.

3. Vấn đề pháp lý và chính sách

□ Tuân thủ khung pháp lý trong nước và quốc tế

- o Tuân thủ Luật Năng lượng nguyên tử Việt Nam và các điều ước quốc tế liên quan.
- o Đảm bảo dự án được IAEA phê duyệt về tính an toàn.
- o Hoàn thiện các quy trình cấp phép, đánh giá tác động môi trường và xã hội.

□ Xây dựng chính sách hỗ trợ và khuyến khích

- o Chính phủ cần có cơ chế **ưu đãi thuế, tín dụng** để hỗ trợ dự án.
- o Ban hành các chính sách đảm bảo giá mua điện hợp lý để thu hút đầu tư vào năng lượng hạt nhân.

4. Vấn đề môi trường và xã hội

□ Ảnh hưởng đến môi trường

- o Đánh giá tác động môi trường, đặc biệt là rủi ro phóng xạ đối với con người và hệ sinh thái.

- o Quản lý chất thải phóng xạ một cách an toàn và có kế hoạch lâu dài.

□ Đồng thuận của người dân

- o Tăng cường công tác tuyên truyền để người dân hiểu rõ lợi ích và rủi ro của điện hạt nhân.
- o Lắng nghe ý kiến của người dân địa phương và các tổ chức phi chính phủ để tránh tranh chấp xã hội.

5. Hợp tác quốc tế

Chuyển giao công nghệ và kinh nghiệm

o Hợp tác với các quốc gia có kinh nghiệm vận hành điện hạt nhân như Nga, Mỹ, Pháp, Nhật Bản, Hàn Quốc.

o Nhận sự hỗ trợ kỹ thuật và giám sát từ IAEA để đảm bảo tuân thủ các tiêu chuẩn quốc tế.

Đàm phán hợp đồng và bảo đảm nguồn nhiên liệu

o Đảm bảo nguồn cung cấp uranium hoặc các nhiên liệu hạt nhân khác từ các quốc gia có uy tín.

o Ký kết hợp đồng với đối tác cung cấp dịch vụ bảo trì và xử lý chất thải hạt nhân.

6. Quản lý rủi ro và chiến lược dài hạn

Rủi ro chính trị và địa chính trị

o Xem xét các tác động chính trị khi hợp tác với các quốc gia khác trong lĩnh vực hạt nhân.

o Đánh giá khả năng bị ảnh hưởng bởi các biến động quốc tế về chính sách năng lượng.

Rủi ro sự cố hạt nhân

o Lập kế hoạch đối phó với thảm họa, học tập kinh nghiệm từ các sự cố như Chernobyl, Fukushima.

o Xây dựng hệ thống cảnh báo sớm và diễn tập ứng phó sự cố thường xuyên.

Dự án Nhà máy điện hạt nhân 2 là một thử thách lớn nhưng cũng là cơ hội để Petrovietnam mở rộng lĩnh vực hoạt động và đóng góp vào an ninh năng lượng quốc gia. Để thành công, Petrovietnam cần chuẩn bị kỹ lưỡng về công nghệ, tài chính, pháp lý, môi trường, nhân sự và chiến lược dài hạn. Việc hợp tác với các đối tác quốc tế có kinh nghiệm và đảm bảo sự đồng thuận của xã hội sẽ là chìa khóa giúp dự án đạt được mục tiêu đề ra.

KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Kết luận

Điện hạt nhân đóng vai trò quan trọng trong chiến lược phát triển năng lượng của nhiều quốc gia, góp phần đảm bảo an ninh năng lượng, giảm phát thải carbon và cung cấp nguồn điện ổn định. Việt Nam đang đối mặt với nhu cầu tiêu

thụ điện ngày càng gia tăng, trong khi các nguồn năng lượng truyền thống như than, khí đốt đang gặp nhiều thách thức về nguồn cung và tác động môi trường.

Mặc dù chương trình điện hạt nhân đã tạm dừng vào năm 2016, nhưng với những tiến bộ công nghệ và nhu cầu cấp bách về nguồn năng lượng bền vững, Việt Nam cần cân nhắc tái khởi động điện hạt nhân với một lộ trình bài bản. Tuy nhiên, để triển khai thành công, cần giải quyết các thách thức liên quan đến tài chính, chính sách, công nghệ, an toàn hạt nhân, xử lý chất thải phóng xạ và sự đồng thuận xã hội

Khuyến nghị

Để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của điện hạt nhân tại Việt Nam, cần tập trung vào các giải pháp sau:

1. Hoàn thiện khung chính sách và pháp lý

- o Ban hành các quy định chặt chẽ về an toàn hạt nhân theo tiêu chuẩn quốc tế (IAEA).

- o Xây dựng cơ chế khuyến khích đầu tư, hỗ trợ tài chính cho các dự án điện hạt nhân.

- o Rà soát và cập nhật lại quy hoạch điện quốc gia để lồng ghép điện hạt nhân vào chiến lược phát triển dài hạn.

2. Tìm kiếm mô hình đầu tư phù hợp

- o Cân nhắc hợp tác công - tư (PPP) hoặc mô hình BOT để giảm áp lực tài chính.

- o Hợp tác với các tổ chức tài chính quốc tế như Ngân hàng Thế giới (WB), Ngân hàng Phát triển Châu Á (ADB) để huy động vốn.

- o Lựa chọn đối tác công nghệ có kinh nghiệm như Nga, Nhật Bản, Mỹ, Hàn Quốc để đảm bảo chất lượng và an toàn.

- o Phát triển hạ tầng và nguồn nhân lực

- o Xây dựng các trung tâm đào tạo kỹ sư hạt nhân và hợp tác với các nước có nền công nghệ hạt nhân phát triển.

- o Đầu tư vào nghiên cứu và phát triển công nghệ lò phản ứng thế hệ mới, đặc biệt là lò mô-đun nhỏ (SMR) nhằm giảm thiểu rủi ro và chi phí vận hành.

- o Hoàn thiện hạ tầng truyền tải điện để tích hợp điện hạt nhân vào lưới điện quốc gia.

- o Đảm bảo an toàn hạt nhân và quản lý chất thải phóng xạ

- o Xây dựng hệ thống giám sát và ứng phó sự cố hạt nhân theo tiêu chuẩn quốc tế.
- o Phát triển các cơ sở lưu trữ chất thải phóng xạ dài hạn và nghiên cứu khả năng tái chế nhiên liệu hạt nhân.
- o Hợp tác với IAEA và các nước có kinh nghiệm để nâng cao năng lực quản lý rủi ro.

3. Tăng cường truyền thông và tạo sự đồng thuận xã hội

- o Đẩy mạnh tuyên truyền về lợi ích và rủi ro của điện hạt nhân để nâng cao nhận thức cộng đồng.
- o Công khai các thông tin về tiêu chuẩn an toàn và kế hoạch phát triển để đảm bảo tính minh bạch.
- o Tổ chức các chương trình tham quan, đối thoại với người dân và chuyên gia để tăng cường niềm tin vào điện hạt nhân.

Việt Nam cần có một lộ trình rõ ràng và chiến lược dài hạn để phát triển điện hạt nhân một cách bền vững. Việc đầu tư vào công nghệ hiện đại, đào tạo nhân lực, đảm bảo an toàn và tạo sự đồng thuận xã hội sẽ quyết định sự thành công của chương trình điện hạt nhân trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu nước ngoài

- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2022). *IAEA Safety Standards for Nuclear Power Plants*. Vienna: IAEA.
- Organisation for Economic Co-operation and Development - Nuclear Energy Agency (OECD-NEA). (2023). *Nuclear Energy Data 2023*. Paris: OECD.
- International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA.
- World Nuclear Association (WNA). (2023). *Nuclear Power Economics and Project Structuring*. London: WNA.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2021). *COP26 Net Zero Commitments and Nuclear Energy's Role*.

2. Chính sách và báo cáo Việt Nam

- Bộ Công Thương. (2023). *Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia (Quy hoạch điện VIII)*. Hà Nội: NXB Chính trị Quốc gia.

- Bộ Khoa học và Công nghệ. (2018). *Luật Năng lượng Nguyên tử sửa đổi năm 2018*.
- Cục An toàn Bức xạ và Hạt nhân (VARANS). (2024). *Báo cáo về quản lý an toàn hạt nhân tại Việt Nam*.
- Viện Năng lượng Việt Nam. (2023). *Khảo sát nhận thức xã hội về điện hạt nhân tại Việt Nam*.
- Quốc hội Việt Nam. (2020). *Nghị quyết số 55-NQ/TW về định hướng phát triển năng lượng quốc gia*.

3. Bài viết và nghiên cứu khoa học

- "Tính khả thi của điện hạt nhân trong đảm bảo an ninh năng lượng Việt Nam". *Tạp chí Năng lượng Việt Nam*, số 3(2023), tr. 45-60.
- "So sánh chi phí và hiệu quả của điện hạt nhân với các nguồn năng lượng khác". *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, số 12(2022), tr. 101-120.
- "Ứng dụng công nghệ lò phản ứng mô-đun nhỏ (SMR) trong chiến lược năng lượng Việt Nam". *Tạp chí Khoa học và Công nghệ hạt nhân*, số 5(2021), tr. 80-95.

4. Báo cáo doanh nghiệp và tổ chức tài chính

- (Petrovietnam). (2024). *Báo cáo nghiên cứu khả thi về Nhà máy điện hạt nhân 2*.
- Rosatom. (2023). *Nuclear Energy Solutions for Developing Countries*. Moscow: Rosatom.
- Korea Electric Power Corporation (KEPCO). (2023). *Barakah Nuclear Power Plant: A Case Study on International Collaboration*.
- World Bank. (2022). *Financing Nuclear Power: Challenges and Opportunities*.